

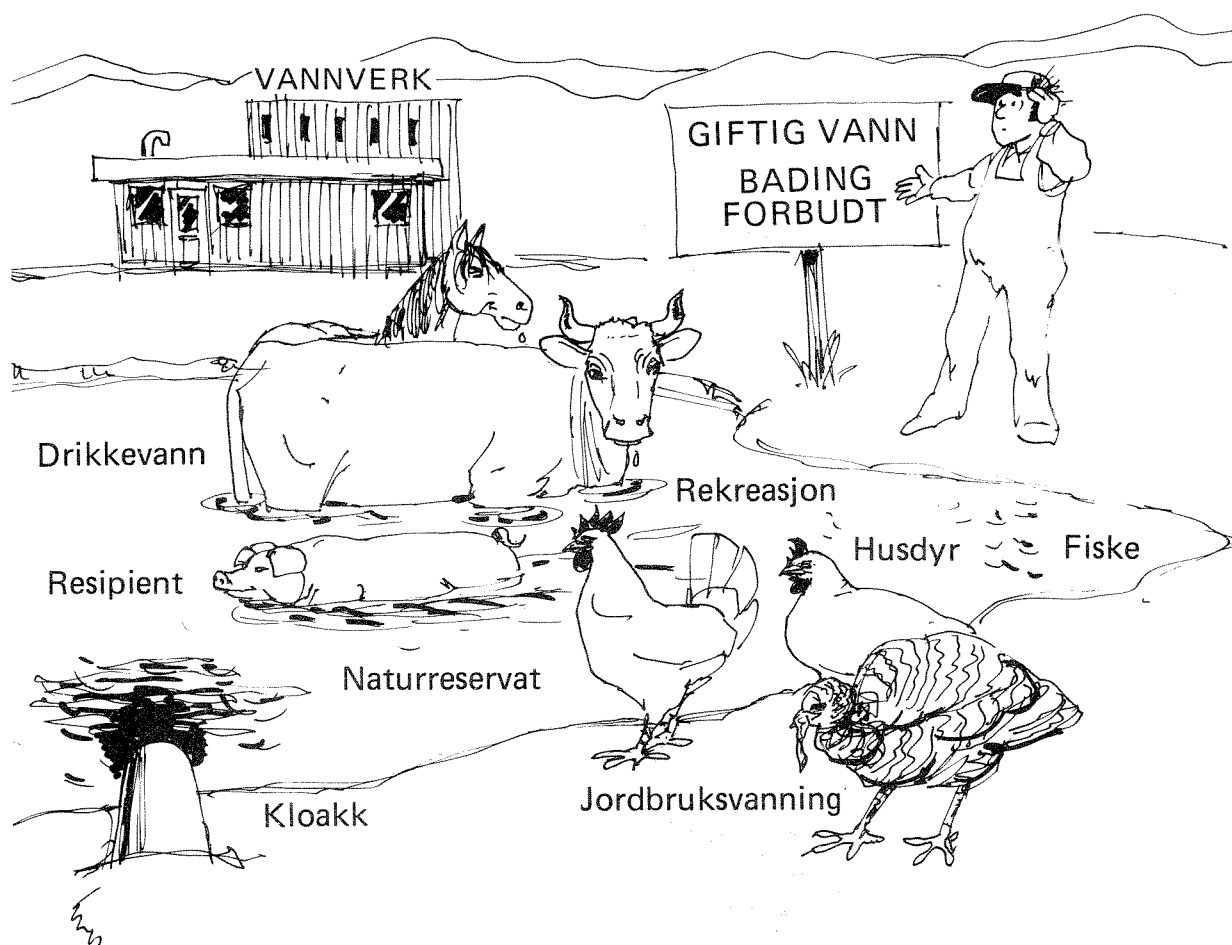
0-  
85118

ARKIV  
EKSEMPLAR 0-85118

1878

# Bruksplan for Akersvannet

Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**

Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**

Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-85118

Undernummer:

Løpenummer:

1878

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  BRUKSPLAN FOR AKERSVANNET Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak	Dato: 18/8-86
	Prosjektnummer: 0-85118
Forfatter (e):  Dag Berge	Faggruppe: VASSDRAGSAVD.
	Geografisk område: Vestfold
	Antall sider (inkl. bilag): 107

Oppdragsgiver: Vestfold Interkommunale Vannverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

**Ekstrakt:** Målet med bruksplanen er å legge opp til en bruk og fremtidig utnyttelse av Akersvannet med nedbørfelt som i størst mulig grad tilfredsstiller de vannbaserte brukerinteressene i området: Vannforsyning, jordbruksvanning, resipient, rekreasjon og fiske, naturvern og landskapsvern. Dagens næringsrike vannkvalitet, med bl.a. problemer med giftige blågrønnalger, er ikke tilfredsstillende. Fosfortilførslene må reduseres fra nåværende nivå på ca 800 kgP/år til ca 500 kgP/år for at økologisk stabile tilstander skal gjenopprettes. En rekke tiltak må gjennomføres for at dette skal oppnås. Jordbruk og sanitæravløp er de største forureningskilder.

4 emneord, norske: Akersvannet
1. Bruksplan
2. Brukerinteresser
3. Vannkvalitet
4. Tiltak

4 emneord, engelske: Lake Akersvatn
1. Water management
2. Users
3. Water quality
4. Measures

Prosjektleder:

*Dag Berge*

For administrasjonen:

*Bix Foss*

ISBN 82-577-1095-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

**BRUKSPLAN FOR AKERSVANNET**

Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak.

Brekke 18/8-86

Saksbehandler: Dag Berge

Medarbeidere : Trygve Asheim  
Arne Erlandsen

## FORORD

I forbindelse med utbyggingen av Akersvannverket som hovedreserve for Vestfold interkommunale vannverk (VIV) satte Statens institutt for folkehelse (SIF) som godkjenningsbetingelse at det ble utarbeidet en bruksplan for vannet med nedbørfelt. På ny-året 1985 tok VIV kontakt med NIVA for bistand med arbeidet. NIVA fremla et program som etter en del justeringer fant sin endelige form 10/5-85. Dette programmet har i det alt vesentlige vært fulgt.

Cand real Dag Berge (NIVA) har ledet undersøkelsen. Han har vært med på deler av feltarbeidet, bearbeidet det meste av materialet og stått for rapporteringen. Cand real Arne Erlandsen (NIVA) har utført de eksperimentelle undersøkelsene av sedimentene. Vannverksjef Trygve Asheim (VIV) har samlet inn og bearbeidet data angående forurensende aktiviteter i Akersvannets nedbørfelt. Den rutinemessige innsamlingen av vannprøver er foretatt av Jan Magnussen (VIV). Cand real Pål Brettum (NIVA) har analysert og artsbestemt planteplanktonmaterialet. Kjemiske analyser er hovedsaklig utført ved NIVA, men det er også benyttet analyseresultater fra SIF og fra den stedlige næringsmiddelkontrollen.

Rapporten har vært til høring hos cand. real. Bjørn Faafeng og siv. ing. Hans Olav Ibrek (begge NIVA), hos VIV ved vannverkssjef Trygve Asheim, hos Næringssjefen i Vestfold ved cand. real. Anne Cathrine Sverdrup, hos Fylkesmannens miljøvern avdeling ved overing. Werner Olsen, hos Fylkeslandbrukskontoret ved fylkesagronom Per Bjerkø. Alle takkes for konstruktiv kritikk. Rapporten er rettet opp i den grad saksbehandler har funnet anmerkningene relevante. Ved siden av en del mindre feil i datagrunnlaget, har den viktigste kommentaren dreid seg om hvem som har det administrative ansvar for utarbeidelse av en vannbruksplan i området. En diskusjon om dette er tatt inn i rapporten, i kapitlet "Utarbeidelse av handlingsplan".

Undersøkelsen er finansiert av Vestfold Interkommunale Vannverk.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1 KONKLUDERENDE SAMMENDRAG	1
1.1 Bakgrunn og målsetting.	1
1.2 Brukerinteresser.	1
1.2.1 Vannforsyning.	2
1.2.2 Jordbruksvanning.	2
1.2.3 Resipient.	2
1.2.4 Rekreasjon og fiske.	2
1.2.5 Naturvern og landskapsvern.	3
1.3 Brukerinteressenes krav til vannkvalitet.	3
1.4 Vannkvaliteten i Akersvannet.	4
1.5 Sedimenter.	4
1.6 Forurensninger i Akersvannets nedbørfelt.	5
1.7 Forurensninger i innløpsbekkene.	6
1.8 Modellbasert beregning av fosfortilførslene til Akersvannet.	7
1.9 Nødvendig reduksjon av fosfortilførslene.	7
1.10 Hvordan redde Akersvannet?	8
1.10.1 Utarbeidelse av handlingsplan	8
1.10.2 Tiltak som kan være aktuelle	9

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
2 INNLEDNING	11
2.1 Bakgrunn for vannbruksplanen	11
2.2 Problembeskrivelse og målsetting	12
3 OMKRINGINFORMASJON	14
3.1 Beliggenhet	14
3.2 Arealfordelinger i nedbørfeltet	14
3.3 Klimatiske og meteorologiske forhold	16
3.4 Innsjømorfometri og hydrologi	18
4 BRUKERINTERESSER I DAG OG I FREMTIDEN	21
4.1 Vannforsyning	21
4.2 Jordbruksvanning	23
4.3 Resipient	24
4.4 Rekreasjon og fiske	25
4.4.1 Rekreasjon utenom fiske	25
4.4.2 Fiske	26
4.5 Naturvern og landskapsvern	27

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
5 BRUKERINTERESSENE KRAV TIL VANNKVALITET	30
5.1 Vannforsyning	30
5.2 Jordbruksvanning	32
5.3 Bading	32
5.4 Fiske	34
5.5 Naturvern og landskapsvern	35
5.6 Konklusjon.	36
6 VANNKVALITETEN I AKERSVANNET	37
6.1 Generelt om vannkjemi	37
6.2 Næringssalter	38
6.2.1 Fosfor	38
6.2.2 Nitrogen	41
6.3 Siktedyp	43
6.4 Oksygen	43
6.5 Bakteriologisk vannkvalitet	45
6.6 Planteplankton	45
6.7 Konklusjon.	48

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
7 SEDIMENTER	50
7.1 Materiale og metoder	50
7.2 Resultater	50
7.3 Konklusjon	52
8 FORURENSNINGER I AKERSVANNETS NEDBØRFELT	53
8.1 Forurensninger fra sanitæravløp	53
8.2 Forurensning fra husdyrhold	56
8.3 Forurensninger fra silo	60
8.4 Forurensning fra melkerom	61
8.5 Forurensninger fra kunstgjødsel	62
8.6 Atmosfærisk avsetning av P og N direkte på innsjøoverflaten	63
8.7 Bakgrunnsavrenning fra dyrket mark	64
8.8 Overflateavrenning fra tettsteder	64
8.9 Avrenning fra skog myr og diverse uproduktive områder	65
8.10 Samlet næringssalttilførsel fra ulike aktiviteter.	66



<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
9 FORURENSNINGER I INNLØPSBEKKENE	70
9.1 Vannkvaliteten i innløpsbekkene.	70
9.2 Hvor mye betyr disse bekkene for Akersvannets fosforbelastning	73
9.3 Konklusjon	76
10 MODELLBASERT BEREGNING AV FOSFORTILFØRSLENE TIL AKERSVANNET	77
10.1 Fosfortilførsler etter Vollenweider 1976	77
10.2 Fosfortilførsler etter Larsen og Mercier (1975)	78
10.3 Kommentarer til beregningene	79
11 NØDVENDIG REDUKSJON AV FOSFORTILFØRSLENE	80
12 HVORDAN REDDE AKERSVANNET?	83
12.1 Utarbeidelse av handlingsplan	83
12.2 Tiltak som kan være aktuelle	85
12.3 Kommentarer til punktene	86
12.3.1 Stans i all nyutbygging innen Akersvannets nedbørfelt	86
12.3.2 Punktkilder	86
12.3.3 Vegetasjonssoner langs bekker og strender.	87
12.3.4 Innfiltrasjonsgrøfter og voller ved bekkeutløpene.	88
12.3.5 Renseanlegg i bekkene.	88
12.3.6 Heving av vannstand til gammelt nivå.	88

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
12.3.7 Gjennomspyling med overskuddsvann fra Farris i vinterhalvåret.	89
12.3.8 Utbygging av Akersvannverkets renseanlegg.	89
12.3.9 Sprøyting av Akersvannet med kobbersulfat.	89
12.3.10 Luke ut småfisken.	90
12.3.11 Endrede pløyerutiner.	90
12.3.12 Tidspunkt for spredning av naturgjødsel	91
12.3.13 Gjødselplan	91
12.3.14 Besetninger	92
12.3.15 Gjødselbank.	92
12.4 Kontroll og overvåking	92
12.5 Virkemidler	93
13 LITTERATUR	95
14 VEDLEGG	99

## 1. KONKLUDERENDE SAMMENDRAG

### 1.1 Bakgrunn og målsetting.

Akersvannet er en grunn og næringsrik innsjø beliggende 5-6 km sydvest for Tønsberg. Innsjøen har i mange år vært drikkevannskilde for befolkningen i Tønsbergdistriktet. Etter 1968 har Akersvannet bare vært brukt som reservevannkilde.

Blant de betingelser Statens institutt for folkehelse (SIFF) har stilt for godkjenning av Akersvannverket som hovedreserve for Vestfold interkommunale vannverk (VIV), er at det utarbeides en bruksplan for Akersvannet med nedbørfelt. Målet med planen er å legge opp til en bruk og fremtidig utnyttelse av innsjøen med nedbørfelt som i størst mulig grad tilfredsstiller de vannbaserte brukerinteressene i området. Ønske om å bruke Akersvannet som fortsatt reservevannkilde for VIV står sentralt.

Den foreliggende rapport tar for seg følgende hovedaspekter:

- 1) Identifisering av brukerinteresser.
- 2) Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Akersvannet.
- 3) Identifisering og kvantifisering av næringssalttilførslene til Akersvannet.
- 4) Beregninger av nødvendig reduksjon av fosfortilførslene til Akersvannet.
- 5) Forslag til tiltak som kan bidra til reduksjon av tilførsler.

### 1.2 Brukerinteresser.

De viktigste brukerinteresser som knytter seg til Akersvannet er:

Vannforsyning  
Jordbruksvanning  
Resipient  
Rekreasjon og fiske  
Naturvern og landskapsvern

### 1.2.1 Vannforsyning.

Tønsberg og Nøtterøys gamle vannverk ved Akersvannet ble i begynnelsen av 1980-åra bygget ut som reservevannverk for VIV-kommunene Sandefjord, Tønsberg, Nøtterøy m/ Tjøme, Sem og Stokke. I disse kommuner er ca 87 000 personer tilknyttet VIV, og er avhengig av Akersvannverket hvis noe går galt med Farrisvannverket.

### 1.2.2 Jordbruksvanning.

Akersvannet brukes aktivt til jordvanning. I tillegg til gårdsbrukene som grenser direkte til innsjøen (26 grunneiere), har 24 andre brukere gått sammen og dannet Stokke jordvanning A/L. Arealet som vannes er i dag ca 3600 da. Det totale vannbehov kan komme opp i 700000 m<sup>3</sup> i tørre somre.

### 1.2.3 Resipient.

Akersvannet mottar husholdningskloakk og diverse landbruksforurensninger. Industrieforurensninger er det lite av. I alt bor det 1800 mennesker i innsjøens nedbørfelt, hvorav 1450 er tilknyttet offentlig kloakknnett og pumpes ut av feltet. De resterende kloakkerer til Akersvannet.

Det er 36 gårdsbruk i nedbørfeltet. Ca halvparten av disse driver med husdyr. Totalt er det ca 60 000 husdyr i feltet, hvorav ca 50000 utgjøres av høner og kalkuner, ca 3500 gris og resten storfe. Det dyrkedearealet er ca 5470 dekar. Avrenning av kunstgjødsel og naturgjødsel gjør at jordbruket er den største forurensningskilden til Akersvannet.

### 1.2.4 Rekreasjon og fiske.

Utenom fiske pekes det på at Akersvannet brukes til følgende former for rekreasjon:

Ornitologiske studier

Padling  
 Ski og skøyter  
 Seiling med iskjelke  
 Radiostyrte modellfly og biler

Ingen av de forespurte instanser nevnte bading, kanskje ikke så rart med den vannkvaliteten Akersvannet har hatt de seneste årene.

Det drives både fritidsfiske og næringsfiske i Akersvannet. I tillegg er lokaliteten interessant for fiskeribiologiske studier. Den relative sammensetningen av fiskefaunaen i Akersvannet er i henhold til Zoologisk museum:

Gjedde	1-5 %
Brasme	25-30 %
Sørv	35-40 %
Vederbuk	10-15 %
Brasme x sørv	1 %
Abbor	15-20 %
Gjørs	1 %
Al	5-10 %

#### 1.2.5 Naturvern og landskapsvern.

Akersvannet er ansett som et viktig våtmarksområde og ble ved kgl. res. av 2. oktober 1981 fredet som naturreservat. Fredningen gjelder selve innsjøen og et smalt strandområde rundt denne. Hensikten med fredningen er å bevare et viktig våtmarksområde i sin naturgitte tilstand og verne om et spesielt rikt og interessant fugleliv, vegetasjon og annet dyreliv som naturlig et knyttet til området.

#### 1.3 Brukerinteressenes krav til vannkvalitet.

Vurdert ut fra de fleste brukerinteressene har ikke Akersvannets tilfredsstillende vannkvalitet. Vannet er for næringsrikt med for høye konsentrasjoner av alger. Det må settes i verk forurensningsbegrensende tiltak med sikte på å redusere næringsstofftilførselen til vannet. Kommer man ned i næringsnivå der blågrønnalgeoppblomstringene blir borte, er de fleste brukerinteresser tilfredsstillt. Det må ikke tillates nyetablering av forurensende aktiviteter i nedbørfeltet.

#### 1.4 Vannkvaliteten i Akersvannet.

Akersvannet er et ionerikt (Kond. ca 23 mS/cm 25<sup>0</sup>) og grumsete lavlandsvatn (turb. ca 4,5 FTU). Vannet har hovedsaklig basisk reaksjon (pH ca 7-9).

Akersvannet er betydelig forurensset. De svært næringsrike (høyeutrofe) vannmassene vitner om at innsjøen er kraftig overgjødslet av plantenærings saltene fosfor og nitrogen (middelkons. hhv. 38 µgP/l og 1600µgN/l). Dette resulterer i utvikling av store algemengder (middel 36 µg kla/l, med maks. på 94 µg kla/l) som gjør vannet uklart og lite tiltalende. På ettersommeren og høsten utvikles det oppblomstringer av giftige blågrønnalger av arten Microcystis aeruginosa. Forholdet mellom nitrogen og fosfor (stort sett mellom 30 og 40) viser at fosfor er biomassebegrensende faktor for algene.

Til tross for en meget høy produksjon av organisk materiale i sommermånedene, oppstår det ikke fullstendig oksygensvinn under isen på ettervinteren. Dette kan imidlertid bli resultatet om utviklingen ikke stanses. Nærings salttilførselene til innsjøen må reduseres om økologisk stabile tilstander skal gjenopprettes.

Bakterielt sett er også innsjøen betydelig forurensset.

#### 1.5 Sedimenter.

Sediment fra 5 m dyp viste liten tilbøyelighet til å avgi fosfor ved eksponering for høy pH. Bunns substratet bestod her av et typisk grått leirsediment. Dypvannssedimentet var også velmineralisert og grått. Det hadde relativt lavt oksygenforbruk. Innholdet av fosfor var heller ikke faretruende høyt. Det samme gjaldt utlekking av fosfor ved eksponering for oksygenfritt vann. Sedimentundersøkelsene tyder på at forurensningssituasjonen i innsjøen er reversibel. Dvs., hvis forurensningstilførselene reduseres vil forholdene raskt bedres, uten at sedimentene vil bidra med intern gjødsling og forsinke bedringen nevneverdig.

### 1.6 Forurensninger i Akersvannets nedbørfelt.

Det største forurensningsproblemet i Akersvannet er den alt for store tilførselen av plantenæringssalter som innsjøen mottar. Det meste av dette kommer fra jordbruksaktiviteter, men innsjøen mottar også en del sanitæravløp. Det bor ca 1800 mennesker i nedbørfeltet, ca 1450 av disse er tilknyttet offentlig kloaknett og ført ut av feltet. Det er 36 gårdsbruk i nedbørfeltet, og ca halvparten av disse driver med husdyr. Dyrket areal er ca 5470 dekar. Nedenstående tabell (tabell 18) viser en beregning av næringssalttilførselen til Akersvannet fordelt på de forskjellige kilder.

Tabell 18 Samlede tilførsler av fosfor og nitrogen til Akersvannet fra ulike kilder.

	Fosfor		Nitrogen	
	kg P/år	%	kg N/år	%
=====				
NATURLIGE KILDER				
Nedbør direkte på innsjøen	58	7,1	1495	7,7
Skog, myr, m.m.	37	4,6	1260	6,5
Bakgr.avrenning fra dyrket mark	44	5,4	1203	6,2
SUM NATURLIGE KILDER	139	17,2	3958	20,5
JORDBRUK				
Silolekkasjer	0	0	0	0
Melkeromsavrenning	10	1,2	13	0,07
Gjødsellagre, lekkasjer	12	1,5	161	0,8
Sommerspredt gjødsel	121	15,0	4965	25,7
Vinterspredt gjødsel	0	0	0	0
Kunstgjødsel	246	30,4	8478	43,9
Silosafspredning	2	0,2	54	0,3
SUM JORDBRUK	391	48,3	13671	70,8
BEFOLKNING				
Tettstedsarealer	21	2,6	147	0,76
Lekkasjer fra avløpsnett	100	12,4	475	2,5
Ikke tilknyttet avløpsnett	158	19,5	1060	5,5
SUM BEFOLKNING	279	34,5	1682	8,7
INDUSTRI				
	0	0	0	0
TOTAL TILFØRSEL TIL AKERSVANNET	809		19311	
=====				

### 1.7 Forurensninger i innløpsbekkene.

Det er tatt 2 prøveserier i Akersvannets tilløpsbekker. Disse viste at de fleste bekkene var betydelig forurenset, se tabell 20.



Tabell 20. Prøveresultater fra Akersvannets tilløpsbekker

	Tot fosfor		Ortofosfat		Tot N		NO <sub>2</sub>	
	µg P/l		µg P/l		µg N/l		µN/l	
	12/11	26/2	12/11	26/2	12/11	26/2	12/11	26/2
	85	86	85	86	85	86	85	86
1. Eldrebekken	20	380	4	340	1400	4700	<10	28
2. Råstadbekken	120	-	92	-	8100	-	<10	-
3. Gilebekken	460	180	200	52	6600	26000	65	200
4. Grimestadbekken*	119	310	93	270	3900	4200	24	43
5. Haslestadbekken	66	550	42	510	7900	10500	20	18
6. Buerbekken Syd	9	-	6	-	13600	-	<10	-
7. Buerbekken Nord	25	21	6	11	6600	2720	<10	<10
8. Akersmyrbekken	160	325	110	280	9400	4700	50	14

Et grovt estimat antydnet at ca 90% av fosfortilførslene til Akersvannet kommer via bekkene. Hvor mye av dette er direkte utslipp og hvor mye er arealavrenning, er vanskelig å vurdere uten nærmere undersøkelser. De høye konsentrasjonene av ortofosfat antyder at det er betydelige punktkilder til bekkene.

### 1.8 Modellbasert beregning av fosfortilførslene til Akersvannet.

Med bakgrunn i de fosforkonsentrasjonene man observerte i innsjøvannet, ble fosfortilførslene beregnet til hhv. 760 og 770 kgP/år ved bruk av 2 fosforbelastningsmodeller. Det er mulig at dette er en viss underestimert som følge av næringsfiltrerende effekt fra de store makrovegetasjonsområdene rundt innsjøen. Det empiriske datagrunnlaget som inngår i modellene er nemlig for det meste hentet fra større innsjøer hvor makrovegetasjonsbelter har liten betydning.

### 1.9 Nødvendig reduksjon av fosfortilførslene.

De forskjellige beregningsmåter har fremkommet med fosforbelastninger på Akersvannet i størrelsesorden 760-896 kgP/år. Midlere belastning er 810 kgP/år.

For at de fleste brukerinteressene skal tilfredsstilles mht. vannkvalitet, er det nødvendig å bli kvitt de store oppblomstringene av blågrønnalger. Blågrønnalger synes å bli dominerende i denne type innsjøer når midlere fosforkonsentrasjon overstiger 20-30 µgP/l. Utregnet via modeller gir dette at dagens tilførsel må reduseres med ca 38 %.

## 1.10 Hvordan redde Akersvannet?

### 1.10.1 Utarbeidelse av handlingsplan

Det er ingen tvil om at den alvorlige forurensningssituasjonen i Akersvannet skyldes for store tilførsler av plantenæringsstoffer, hvor fosfor er nøkkelfaktoren. Alle resultater, både fra de frie vannmassene og fra sedimentundersøkelsene tyder klart og entydig på at forurensningssituasjonen i Akersvannet er reversibel. Dvs., greier man å redusere tilførselene, vil situasjonen i innsjøen raskt bedres. Fosfortilførselene til vannet må reduseres med ca 38 % for at økologisk stabile tilstander skal gjenopprettes, og blågrønnalgeproblemene forsvinne. Enhver reduksjon av næringsstoffs tilførsel vil imidlertid bedre på situasjonen, og trolig vil de giftige blågrønnalgene kunne forsvinne før man har nådd 38% reduksjon.

Det store spørsmålet er hvorvidt forurensningsproduksjonen i Akersvannets nedbørfelt er større enn det feltet kan omsette uten at for mye havner i Akersvannet, uansett hvilke tiltak man setter inn på tillførselsida. Alternativet er da å sette begrensninger på forurensningsproduksjonen innen feltet. I så fall er det høyst trolig at man må inn med klausuleringsbestemmelser og erstatningsskjønn. Det er nemlig mulig at noen av de skisserte tiltak vil kunne ramme deler av jordbruksdriften økonomisk.

I denne presentasjonen er det ikke gjort noen inngående diskusjon omkring den rent juridiske gjennomførbarheten av de ulike tiltak. Heller ikke det økonomiske aspektet er vurdert. Vi gir kun en oversikt over tiltak vi mener er aktuelle, og prøver å gi en enkel vurdering av effekten i den grad det er mulig med vår nåværende kjennskap til forholdene i og rundt Akersvannet.

Før man går igang med for mange tiltak, bør det utarbeides en prioritert handlingsplan der både de økonomiske, juridiske og effektsmessige sider er grundig utredet. Det kan ellers hende at man bruker en masse tid og penger på tiltak som man burde vite ikke ville føre fram.

Det videre arbeid med vannbruksplan/handlingsplan bør administreres av planmyndighetene i området, Sem og Stokke kommuner, med deltakelse fra de andre berørte VIV-kommuner, samt fylkeskommunen. Handlingsplanen bør knyttes til vannforsyningsplanen for Vestfold, samt til kommuneplanene for Sem og Stokke. Det bør nedsettes et styringsutvalg bestående av politisk valgte representanter fra de nevnte instanser.

Den videre organiseringen av planarbeidet er det noe tidlig å trekke opp her, men det kan være rasjonelt at styringsutvalget legger under seg en faggruppe som står for den praktiske utarbeidelsen av tiltaksplanen. Denne bør ha representanter fra de viktigste brukerinteressentene til vannet, som vannverket, landbruksetaten, teknisk etat, helsemyndighetene, miljøvernmyndighetene i fylket, Statens institutt for folkehelse, samt eventuelle konsulenter.

Vannbruksplanen med handlingsplan bør føres frem til et politisk stadfestet plandokument som regulerer bruken av Akersvannet med nedbørfelt på en slik måte at brukerinteressene tilfredsstilles i størst mulig grad.

### 1.10.2 Tiltak som kan være aktuelle

Under er det satt opp en liste over tiltak som kan tenkes nyttet for å bedre forurensningssituasjonen i Akersvannet. Kommentarer til de enkelte punkter er gitt i kapittel 12.

1. Stans i all ny utbygging innen Akersvannets nedbørfelt.
2. Alle punktkilder saneres i tråd med gjeldene forskrifter.

Gjødselkjellere  
Siloer  
Melkerom  
Fjøs  
Ev. avfallsdeponier  
Sanitæravløp

## Veksthus

3. Vegetasjonssoner langs bekker og strender.
4. Innfiltrasjonsgrøfter og voller ved bekkeutløpene.
5. Renseanlegg i bekkene.
6. Heving av vannstand til gammelt nivå.
7. Gjennomspyling med overskuddsvann fra Farris i vinterhalvåret.
8. Utbygging av Akersvannverkets renseanlegg.
9. Sprøyting av vannet med herbicider.
10. Luke ut småfisken.
11. Endrede pløyerutiner.
12. Det tillates kun vårspredning av naturgjødsel.
13. Gjødsellagere må utvides til 12 måneders kapasitet.
14. Det settes begrensninger på gjødsling, dvs. unødvendig overgjødsling tillates ikke (utarbeidelse av gjødselplan).
15. Husdyrholdet begrenses etter tilgjengelig spredningsareal for gjødsel.

## 2 INNLEDNING

### 2.1 Bakgrunn for vannbruksplanen

I mer enn 50 år har Akersvannet ved Tønsberg vært nyttet som drikkevannskilde. I begynnelsen av 1930-åra bygget Tønsberg og Nøtterøy et felles vannverk på østsiden av Akersvannet, i Sem kommune, like ved grensa mot Stokke. Midt i 1950-åra ble vannverket utvidet og kapasiteten øket. På denne tid bygget Stokke sitt vannverk i sydenden av Akersvannet.

Kommunene Sandefjord og Sandar (som senere ble slått sammen) hadde fra ca 1930 felles vannverk med Goksjø som kilde.

Både Akersvann og Goksjø hadde, bl.a. som følge av økende forurensning, en vannkvalitet som gjorde dem lite egnet som drikkevannskilder. På denne bakgrunn gikk Tønsberg, Sandefjord, Nøtterøy og Sem sammen og dannet Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) for å bygge et felles vannverk med Farris som kilde. Dette vannverket ble satt i drift våren 1968. Akersvannverket og Goksjøvannverket ble beholdt som reservevannverk.

Flere kommuner har etter hvert kommet med i VIV. Stokke ble tilknyttet i 1972 og Horten og Borre i 1975. Flere kommuner vil komme til i framtiden.

I begynnelsen av 1980-åra ble Akersvannverket bygget ut til felles reservevannverk for alle VIV-kommunene, unntatt Horten og Borre som beholdt sitt gamle vannverk ved Borrevannet som reserve. Goksjøvannverket og Stokke vannverk ble nedlagt.

Planene for utbyggingen av Akersvannverket som hovedreserve for VIV ble godkjent av Statens institutt for folkehelse (SIFF). Blant de betingelser som SIFF stilte for godkjenning, var et krav om at det skulle utarbeides en bruksplan for Akersvannet og nedbørfeltet. Det er utkast til denne bruksplanen som nå fremlegges.

## 2.2 Problembeskrivelse og målsetting

Målet med vannbruksplanen er å legge opp til en bruk og fremtidig utnyttelse av Akersvannet med nedbørfelt, som i størst mulig grad tilfredsstiller de vannbaserte interessene i området. Ønske om å bruke Akersvannet som fortsatt reservevannkilde for Vestfold Interkommunale Vannverk, står sentralt. Men det knytter seg også mange andre brukerinteresser til Akersvannet.

Hovedproblemet med fortsatt bruk av Akersvannet som reservevannkilde har vært det høye algeinnholdet i vannet. I de seneste åra har problemene forsterket seg ytterligere ved at det er påvist betenkelig høyt innhold av giftige blågrønnalger (Skulberg & Underdal 1985, 1986). Det ser ut som om giften har mulighet til å passere renseanlegget og komme ut på nettet (Skulberg & Underdal 1986).

Akersvannet må kunne karakteriseres som såkalt "hypereutroft", eller meget næringsrikt. Vannet har gjennom en årrekke vært tilført alt for store mengder næringssalter fra menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet. Hovedkildene til forurensning har vært sanitæravløp og landbruk. Førstnevnte kilde har gradvis blitt redusert gjennom avskjærende kloakkledninger, mens sistnevnte har øket ved økt bruk av kunstgjødsel og overgang til "industripreget" husdyrhold.

Hva som er den direkte årsak til at det oppstår giftproduserende blågrønnalger av arten Microcystis aeruginosa, vet man ikke sikkert. Det ser imidlertid ut til at problemet nærmest utelukkende er knyttet til høyeutrofe lokaliteter og helst der hvor det er stort husdyrhold i nedbørfeltet, som f.eks. Orrevatn, Horpestadvatn og Frøylandsvatn på Jæren (Skulberg 1979, Faafeng og medarb. 1985). Den eneste sikre måte å bli kvitt problemene på er å redusere næringssalttilførslene, særlig av fosfor. Men hvor mye, og hvordan, hvilke kilder skal angripes?

Det er slike spørsmål vannbruksplanen tar sikte på å besvare. Stikkordsmessig kan hovedmålsetningen med bruksplanen sies å bestå av følgende elementer:

- 1) Gi en oversikt over dagens og fremtidens brukerinteresser i Akersvannet.
- 2) Skissere hvilken vannkvalitet man bør ha for å tilfredsstille brukerinteressene.

- 3) Vurdere Akersvannets tilstand i dag.
- 4) Vurdere hvor store fosfortilførsler innsjøen kan tåle.
- 5) Skaffe en oversikt over næringssalttilførslene til innsjøen i dag og fordele disse på de ulike forurensende aktiviteter.
- 6) Finne ut hvor mye tilførslene må reduseres og hva som kan gjøres med de ulike kildene.
- 7) Vurdering av eventuelle andre tiltak som kan bidra til å bedre vannkvaliteten.
- 8) Skissere forslag til handlingsplan for hva som må til for å få Akersvann på fote igjen, samt et opplegg for regulering av forurensende aktiviteter i nedbørfeltet med tanke på bevaring av en brukbar vannkvalitet i Akersvannet i fremtiden.
- 9) Skissere et overvåkingsopplegg.

### 3. OMKRINGINFORMASJON

#### 3.1 Beliggenhet

Akersvannet ligger i Vestfold fylke, 5-6 km i sydvestlig retning fra Tønsberg. Det aller meste av vannet og nedbørfeltet ligger i Stokke kommune, resten i Sem. I vest avgrensnes nedbørfeltet av det store Raet og følger stort sett E-18 fra Semsbyen til Gjennestad. I nord avgrensnes feltet i nordenden av Akersmyra, mens sydgrensen går gjennom Stokke sentrum. I øst avgrensnes nedbørfeltet av åsdraget rett opp for vannet. Vannet har utløp til Tønsbergfjorden ved Melsomvik via den ca 2 km lange Melsombekken. Fig.1 gir en oversikt over nedbørfeltet.

Berggrunnen består vesentlig av Larvikitt, løsavsetningene for det meste av marin silt og leire. I vest er det store morenemasser mot nedbørfeltets grense (Raet).

Nedbørfeltet er relativt lite, ca 14 km<sup>2</sup>, hvorav innsjøen selv utgjør 2,3 km<sup>2</sup>. Hele 46% av det terrestriske feltet utgjøres av dyrket mark, noe som er mye etter norske forhold. Med hensyn til tettsteder ligger Stokke sentrum delvis innen feltet, mens Sem tettsted ligger såvidt utenfor. Tabell 1 gir en oversikt over arealer i nedbørfeltet, se også fig. 1.

#### 3.2 Arealfordelinger i nedbørfeltet

Arealene av dyrket mark, skog og myr er oppgitt av landbrukskontorene i Sem og Stokke kommuner. Arealet av tettsteder er funnet ved planimetrering av kart, det samme gjelder innsjøoverflaten. Til tettsteder er regnet bebyggelsen i Stokke sentrum (på begge sider av jernbanen), bebyggelsen i Døvleskogenområdet langs E-18 og ved Gihle. Fig. 1 viser en oversikt over arealfordelingene. Mer detaljerte opplysninger er gitt i tabell 1.



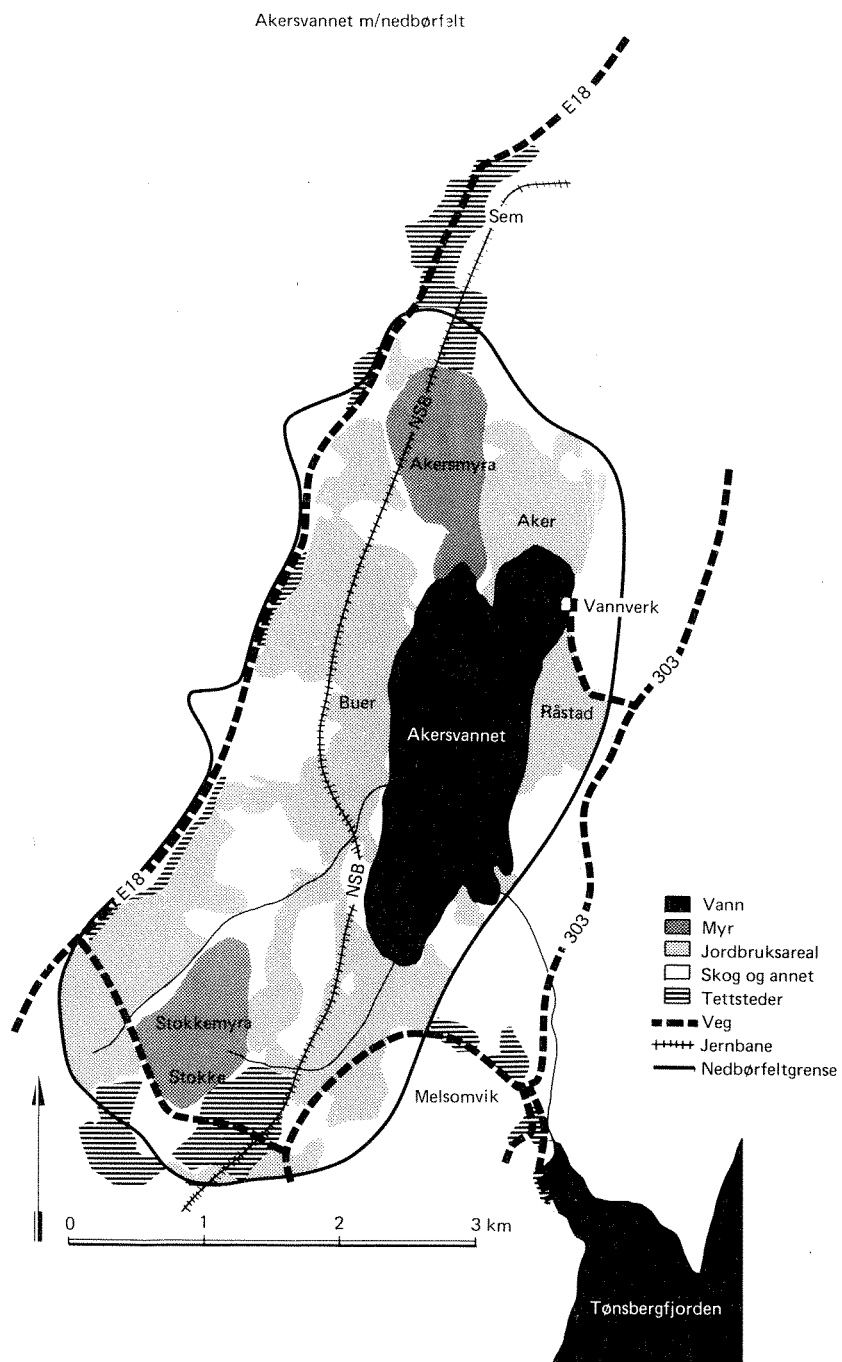


Fig. 1. Skisse over Akersvannets nedbørfelt.

Tabell 1. Arealfordelinger i Akersvannets nedbørfelt, arealer i km<sup>2</sup>.

	Totalt	Vann	Land	Dyrket	Prod.	Myr	Tettsted	Annet
				mark	skog			
Stokke	-	-	10,4	4,90	2,47	0,59	0,7	1,74
Sem	-	-	1,5	0,57	0,32	0,33	0,0	0,28
SUM	14,2	2,3	11,9	5,47	2,79	0,92	0,7	2,02

### 3.3 Klimatiske og meteorologiske forhold

Akersvannet ligger bare et par km fra Tønsbergfjorden og har derfor et relativt oceanisk klima. Vintrene er vanligvis karakterisert av vekslende mildværs- og kuldeperioder, dvs man får ofte smelteperioder i løpet av vinteren, som er gunstige mht. vannutskifting under isen.

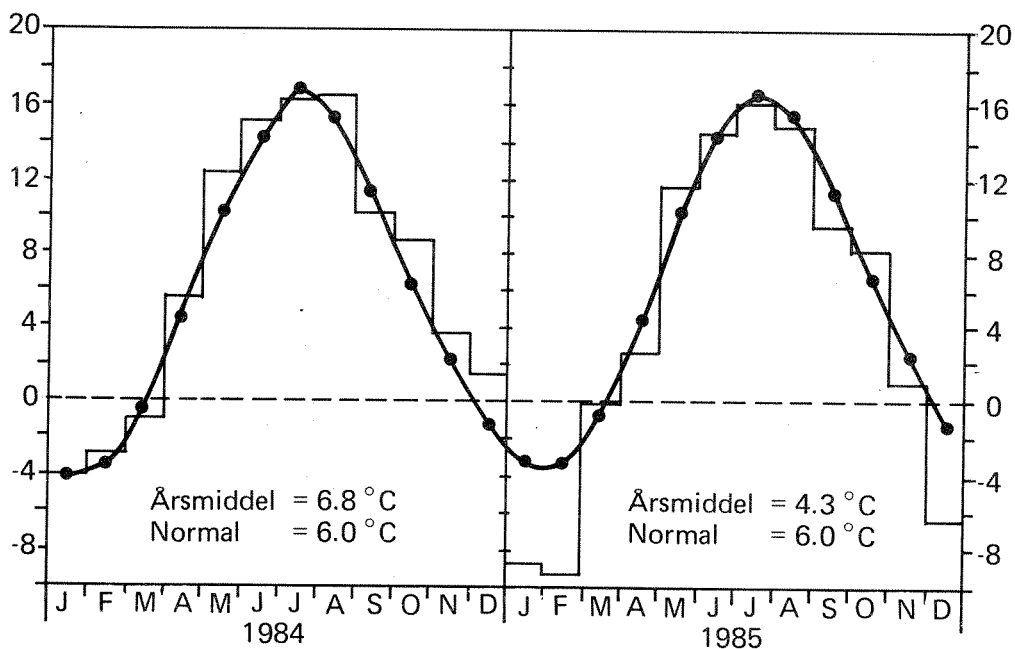


Fig. 2. Temperaturforhold ved den meteorologiske målestasjonen ved Melsom (månedsmidler).

I fig.2 er temperaturforholdene i 1984 og 85 fremstilt sammen med normalen. Normalt er årsmiddeltemperaturen  $6^{\circ}\text{C}$ , mens høyeste månedsmiddel har juli, med  $16,8^{\circ}\text{C}$  og januar laveste med  $-4^{\circ}\text{C}$ . Det fremgår umiddelbart er at 1985 var et meget kaldt år, middeltemperatur  $4,3^{\circ}\text{C}$ . I følge Meteorologisk Institutt må man helt tilbake til 1915 for å finne noe kaldere. Hele sommeren hadde temperaturer under normalen. 1984 var noe varmere enn normalen. Særlig var høsten 1984 varm (oktober, november og desember), noe som resulterte i at isen la seg på Akersvannet først ved årsskiftet. November og desember 1985 var imidlertid svært kalde, og islegging fant sted i slutten av november.

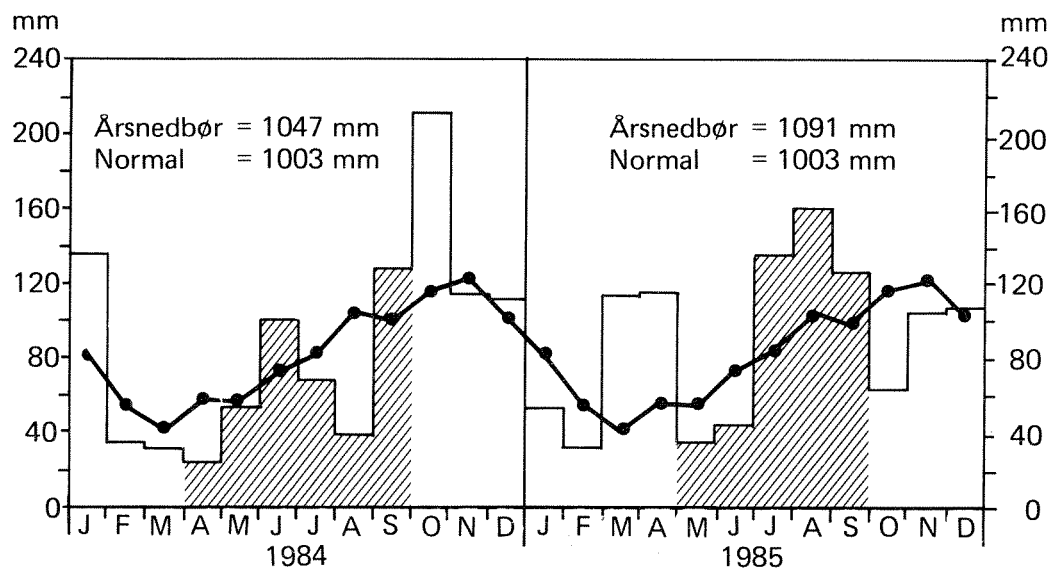


Fig. 3. Nedbørforhold ved den meteorologiske målestasjonen ved Melsom (månedssummer).

Akersvannet ligger i et relativt nedbørsrikt strøk, med  $1003\text{ mm/år}$  som normalverdi. I 1985 var det nedbør langt over normalen i store deler av sommeren, mens i 1984 var det bare juli som oversteg normalen. Nedbørforholdene er vist i fig.3.

Vurdert ut fra meteorologiske forhold bør 1984 ha vært et gunstigere vekstår for planteplanktonet i Akersvannet enn 1985.

### 3.4 Innsjømorfometri og hydrologi

Akersvannet har en overflate på  $2,3 \text{ km}^2$ . Det er ca 3 km langt og 1 km bredt. Innsjøen er forholdsvis grunn med et midlere dyp på 6 m og et maksimaldyp på 13 m. Overflatens høyde over havet er 14 m.

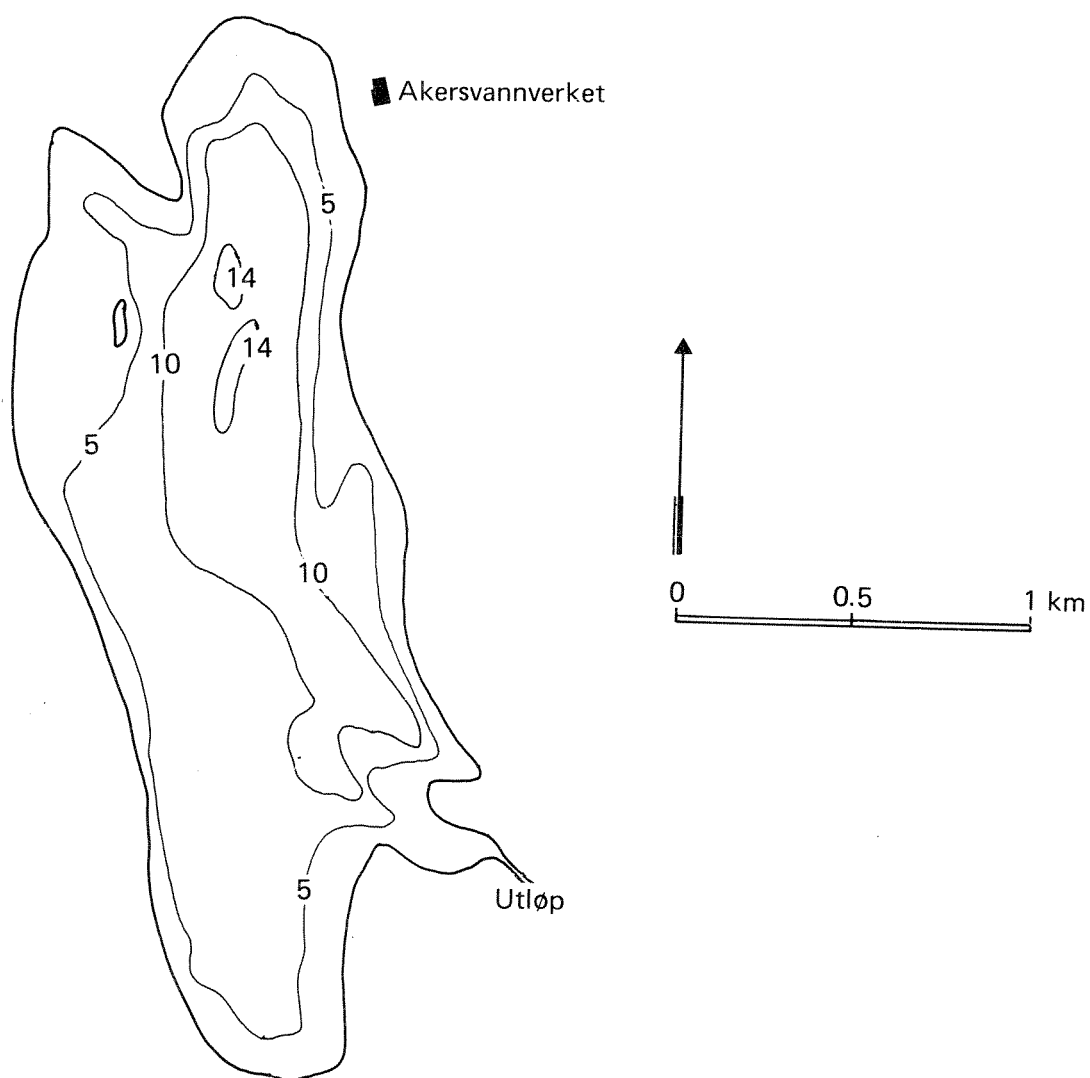


Fig. 4. Dybdekart over Akersvannet. Etter Einar Mathiesen 1931, korrigert for senkning i 1968.

Volumet er beregnet til ca  $14,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Midlere avrenning fra området er i følge NVE ca  $20 \text{ l/km}^2 \text{ sek}$ . Dette gir et årlig avløp fra Akersvannet på  $8,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ . Vannets teoretiske oppholdstid (bassengets oppfyllingstid) blir da 1,7 år. Morfometriske og hydrologiske data er gitt i tabell 2, dybdekart er vist i fig.4.

Tabell 2. Morfometriske og hydrologiske data for Akersvannet.

Parameter	Verdi
Areal av nedbørfelt	14,0 km <sup>2</sup>
Høyde over havet	14 m
Areal av overflate	2,3 "
Volum	$14,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Største dyp	13 m
Største lengde	3 km
Største bredde	1 km
Middeldyp	6 m
Årlig avløp	$8,7 \times 10^6 \text{ m}^3$
Teoretisk oppholdstid	1,7 år

Dybdekartet ble tegnet i 1931 av Einar Mathiesen, med utgangspunkt i at overflaten lå på kote 16. I 1968, da Farrisvannverket ble satt i drift, ble Akersvannet senket vel 2 m for å innvinne jordbruksarealer. Før denne senkningen gjaldt det strenge reguleringsbestemmelser for denne viktige vannkilden:

Fra 1799-1964:

Høyeste vannstand 20. mai - 20. juni.....kote 16,70  
 " " 24. juni - 20. august .....kote 15,87  
 " " 20. august - 20. mai .....kote 16,74

Fra 1964 til 1968:

Høyeste vannstand 15. april - 15. oktober .....kote 16,00  
 " " 15. oktober - 15. april .....kote 16,74

I dag ligger utløpsterskelen på 14 m, og overflaten går raskt ned til dette nivå etter vårflommen og ligger stort sett på dette nivå hele sommeren.

Man kan tenke seg at denne senkningen har virket negativt på vannkvaliteten, da et mindre vannvolum må motta de samme forurensningene.

Det er nå på tale å fastsette nytt reguleringsreglement for innsjøen for å kunne utnytte den mer effektivt til jordbruksvanning.

#### 4 BRUKERINTERESSER I DAG OG I FREMTIDEN

Brukerinteressene til Akersvannet er ført opp i nedenstående liste, hvoretter de ulike interesser kommenteres mer i detalj.

Vannforsyning  
Jordbruksvanning  
Resipient  
Rekreasjon og fiske  
Naturvern og landskapsvern

##### 4.1 Vannforsyning

En ny vannforsyningsplan for Vestfold fylke er under utarbeidelse i regi av Næringssjefen (Fylkeskommunen). I denne forbindelse har Ing. C.F. Grøner A/S utredet de alternative løsninger man mener er aktuelle både når det gjelder hovedvannforsyning og reservevannforsyning (Grøner 1985). Fra rapportens konklusjoner fremgår det at det er kun en utbygging av Eikeren som gir rom for å bygge ned Akersvannet og Borrevannet som reservevannkilder. Farrisvatn og Eikeren skal da kunne virke gjensidig som reserve i tilfelle havari på et av anleggene. Denne utbyggingen, som kalles C3 i Grønners rapport, anses for å være den ideelle ut fra tekniske forhold, men den er svært dyr. Bare anleggskostnadene er stipulert til 286 mill. kr. Utbygging av Eikeren vil blant annet av denne grunn kunne bli skjøvet langt frem i tid. Grønners rapport finner det uaktuelt å sikre reservevannforsyningen ved å bygge ut andre kilder. Derfor synes det høyst sannsynlig at Akersvannet vil være reservevannkilde for VIV i lang tid framover.

Som nevnt side 11, er Tønsberg og Nøtterøy's gamle vannverk ved Akersvannet bygget ut til reserve for VIV-kommunene Sandefjord, Tønsberg, Nøtterøy m/Tjøme, Sem og Stokke. Folketallet i disse kommunene var pr. 1.1.85 ca 94500 hvorav ca 87000 er knyttet til VIV. Disse personer, hvis vannforbruk for tiden er ca 58000 m<sup>3</sup>/døgn, er avhengig av Akersvannverket hvis noe går galt med Farrisvannverket. Reservevannverkets kapasitet vil være avhengig av råvannskvaliteten, men regnes å ligge på ca 70000 m<sup>3</sup>/døgn.

En overenskomst med grunneierne ved Akersvannet bestemmer at dette ikke skal tappes lenger ned enn til kote 12,50. I et nedbørfattig år vil det da være vann nok til full drift av reservevannverket i 3-4 uker. Det er da regnet med at de grunneiere som har rett til det, tar ut vann til jordvanning.

Råvannskvaliteten i Akersvannet er så dårlig at det er nødvendig med en nokså omfattende vannbehandling. Den består i kjemisk felling med aluminiumsulfat, filtrering gjennom sand/antrasittfiltre, alkalisering med lut og desinfisering med klor (fullrensing). Vannverket blir prøvekjørt én gang pr. kvartal, og det blir da tatt vannprøver for bakteriologisk og kjemiske undersøkelser, hhv. ved den lokale næringsmiddelkontroll og ved SIFF. En del analyser gjøres også ved VIVs eget laboratorium.

Renset vann har hele tiden oppfylt de bakteriologiske krav til drikkevann. Også de øvrige analyseresultatene har vært tilfredsstillende etter at det er vunnet erfaring med kjøring av vannverket.

Akersvannet har gjennom flere 10-år vært preget av sterk algevekst. Høsten 1984 ble det for første gang påvist masseforekomst av giftproduserende blågrønnalger, og fra da av har utviklingen vært fulgt ved omfattende undersøkelser i regi av NIVA og Norges veterinærhøgskole (Skulberg og Underdal 1985, 1986). Algeproblemet blir også omtalt i kapittel 6.

I forbindelse med algeundersøkelsene er Akersvannverket blitt prøvekjørt spesielt for å vurdere dets evne til å fjerne algetoksiner. De foreløpige resultater tyder på at renseanlegget ikke fungerer tilfredsstillende i så måte. Det vil bli undersøkt om en bedre innblanding av aluminiumsulfaten i råvannet vil rette på dette.

Farrisvannverket har hittil vist seg å være så driftssikkert at det sjelden har vært nødvendig å ta i bruk reservevannverkene, og Akersvannet har ikke vært brukt som reserve etter at det her ble påvist giftproduserende blågrønnalger. Ut fra et beredskapshensyn er vannforsyningen i Vestfold sårbar. Alt er avhengig av den ene overføringsledningen fra Farris, som lett kan settes ut av drift ved f.eks. sabotasje. Man må regne med at flere kommuner ønsker å bli knyttet til VIV i fremtiden, for øyeblikket er det konkrete søknader fra Våle og Ramnes. Behovet for en sikker reservevannforsyning er bare økende, og det er helt nødvendig å ha et reservevannverk med tilfredsstillende kvalitet og kapasitet. De giftproduserende blågrønnalgene representerer et nytt og vanskelig problem for



reservevannforsyningen, og det er meget viktig å finne fram til en løsning på problemet.

#### 4.2 Jordbruksvanning

Det er i alt 26 grunneiere som grenser til Akersvannet og som dermed har rett til å ta ut vann til jordvanning. For tiden er det 9 grunneiere som aktivt bruker Akersvannet til jordvanning, og det areal som vannes er 1680 dekar.

Grunneierne rundt vannet har tilsammen ca 4800 da dyrket mark. Antar man at 75% av dette vil bli vannet i fremtiden, vil det areal som vannes være 3600 da. I tørre somre kan det være behov for tilskudd på 200 mm i løpet av vekstsesongen, eller 200 m<sup>3</sup>/da. Det totale vanningsbehov kan da komme opp i 700000 m<sup>3</sup> i tørre somre.

24 gårdbrukere, som har sine eiendommer i nærheten av Akersvannet uten å grense direkte til dette, og dermed ikke automatisk har vanningsrett, har gått sammen i "Stokke jordvanning A/L". Laget har fått tillatelse til å ta ut inntil 300.000 m<sup>3</sup> vann fra Akersvannet pr. sesong til vanning av inntil 2000 da. Tillatelsen er gitt på visse betingelser som er fastsatt i avtale, bl.a. disse:

- VIVs- og grunneiernes vannbehov skal sikres først.
- Vannuttaket skal sikres ved bygging av en reguleringsdam. Den regulerte vannstanden skal ikke overstige kote 14,35 i juni og juli og ikke kote 14,25 i mai og august. De laveste vannstander i de samme perioder er hhv. kote 14,25 og 14,15. Underskriver vannstanden kote 14,00 må Stokke Jordvanning stanse sitt vannuttak.
- Stokke Jordvanning er ansvarlig for at interessentene i laget overholder de betingelser for jordvanning som helsemyndighetene setter.

Byggingen av jordvanningsanlegget er godt i gang og det ventes ferdig våren 1986.

Etter ovenstående opplysninger er det rimelig å anta at det fremtidige behov for vann til jordvanning vil kunne bli på inntil 1 mill. m<sup>3</sup> pr. sesong.

Det er foreløpig ikke klarlagt om forekomsten av giftige blågrønnalger i Akersvannet vil ha betydning for bruken av vannet til jordvanning, men det kan ha betenkelige sider (Skulberg og Underdal 1986 b).

#### 4.3 Resipient

Akersvannet mottar husholdningskloakk og diverse landbruksforurensninger. Industrieforurensninger er det lite av. Da forurensningen av Akersvannet blir behandlet inngående i et senere kapittel, gis det bare en orienterende beskrivelse her.

I alt bor det ca 1800 mennesker i Akersvannets nedbørfelt om man korrigerer for internatskoler og annen inn- og utpendling. I og med at innsjøen har vært en viktig drikkevannskilde i mer enn 50 år, har man hindret etablering av tettbebyggelser nær innsjøen. Det meste av bebyggelsen er konsentrert langs nedbørfeltets grenser, og det aller meste av denne kloakkerer ut av feltet. Sanitæravløpene tilknyttet gårdsbrukene er imidlertid bare delvis knyttet til det kommunale nettet. Av den totale befolkning på 1800 p.e. er ca 1450 tilknyttet offentlig kloaknett. Se forøvrig kapittel 8 for mer inngående behandling.

Landbruksforurensninger utgjøres både av avrenning fra kunstgjødsel og naturgjødsel, lekkasjer fra silo og gjødsellagre, melkerom mm. Det er 36 gårdsbruk i nedbørfeltet. Ca halvparten av disse driver med husdyr. På flere gårdsbruk er husdyrholdet meget intensivt og medfører store mengder blautgjødsel, som ofte må spres på et alt for lite areal. Totalt er det ca 60.000 husdyr i nedbørfeltet, hvorav ca 50.000 utgjøres av høner og kalkuner, ca 3500 gris og resten storfe. At det overgjødsles betydelig i Akersvannets nedbørfelt får man et greitt inntrykk av om man summerer den totale produksjon av naturgjødsel og forbruket av kunstgjødsel og fordeler dette på hele det dyrkede arealet i nedbørfeltet, så blir dette ca 2-3 ganger så mye gjødsel pr. arealenhet enn det som er anbefalt til korndyrking. Naturgjødsel spres på et mye mindre areal, dvs. stort sett bare på jorda til dem som driver med husdyr. Mye av naturgjødsla kjøres ut om høsten. Prøver vi har tatt fra bekkene tyder på at det er betydelige direkte tilførsler til disse, trolig fra gjødsellagre og boligkloakk, etc. Se forøvrig

kapittel 9 for flere opplysninger.

Det er ingen forurensende industri innen feltet, og vi har sett bort fra forurensning herfra med unntak av santiæravløp fra de ansatte.

Jordbruket er den absolutt største forurensningskilden til Akersvannet.

#### 4.4 Rekreasjon og fiske

Som vanlig for innlandsvassdrag er fritidsfiske en av de viktigste rekreasjonsinteressene knyttet til en lokalitet, og det er naturlig å se rekreasjon og fiske i sammenheng. For å skaffe grunnlag for en beskrivelse av denne brukerinteressen ble det bedt om uttalelser fra følgende etater:

- Friluftsfisker og miljønemdene i Stokke og Sem kommuner samt Vestfold fylke.
- Innlandsfiskenemnda i de to kommuner.
- Stokke jeger og fiskelag.
- Akersvannets grunneier- og fiskelag.
- Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo.

Det er mottatt svar fra de fleste av disse.

##### 4.4.1 Rekreasjon utenom fiske

Utenom sportsfiske pekes det på at Akersvannet brukes til følgende former for rekreasjon:

Sommer: Ornitologiske studier  
Padling

Vinter: Ski  
Skøyter  
Seiling med iskjelke  
Radiostyrte modellfly og biler

Ingen av de forespurte etater nevner bading, kanskje ikke så rart da vannet er blitt nokså lite tiltalende etter hvert som forurensningen har tiltatt. Dette sammen med Tønsbergfjordens nærhet er nok hovedårsaken for at badingen etterhvert har opphørt. Ble vannkvaliteten bra nok må man kunne anta at badeinteressen tok seg opp da det er mer enn 2000 mennesker som har Akersvannet som nærmeste badeplass.

#### 4.4.2 Fiske

Det drives både fritidsfiske og næringsfiske i Akersvannet. I tillegg er lokaliteten interessant for fiskeribiologiske studier.

For å ta sistnevnte først uttaler Zoologisk museum at deres interesse for Akersvannet først og fremst er knyttet til en sjelden hybrid, en kryssning mellom brasme og sørv. De er også interessert i bestandsutviklingen av gjørs, en fiskeart som ble satt ut i 1975. På bakgrunn av bl.a. prøvefiske anslår de følgende sammensetning av fiskeartene i Akersvannet, tabell 3.

Tabell 3. Relativ sammensetning av fiskefauna i Akersvannet (Pethon 1985)

Art	Anslått andel
Gjedde	1-5 %
Brasme	25-30 %
Sørv	35-40 %
Vederbruk	10-15 %
Brasme x Sørv	1 %
Abbor	15-20 %
Gjørs	1 %
Al	5-10 %

I museets uttalelse heter det blant annet at det er et meget stort antall pelagisk levende ungfisk i Akersvannet, noe de mener bidrar til å opprettholde en høy algeproduksjon. Småfisk spiser for mye dyreplankton, dvs. algebiomassen utsettes i mindre grad for dyreplanktonbeiting enn hva tilfellet ville ha vært om ungfiskbestandene hadde

vært mindre.

Det har i mange år vært drevet et aktivt fritidsfiske i Akersvannet både sommer og vinter. Dette fisket er i prinsippet fritt. Det har blant annet vært arrangert flere større isfiskemesterskap her. Om våren foregår et aktivt garnfiske etter gjedde, noe som er vanlig i flere næringsrike innsjøer i Vestfold. Grunneierlag og fiskelag har planer om å få fritidsfisket inn i organiserte former.

Akersvannets grunneier og fiskelag har i en årrekke fisket ål for salg, i størrelsesorden 500 kg pr. sesong (sensommer). I de to siste årene har dette fisket vært innstilt som følge av at det ble oppdaget giftige blågrønnalger i vannet.

I den senere tid er det bygget ut flere boligområder i nærheten av Akersvannets nedbørfelt, blant annet Vearområdet i Stokke der utbyggingen pågår fremdeles. I Sem er nye boligfelt på Hogsnes og Bjellandsåsen nylig tatt i bruk. Det er grunn til å tro at den sterke økningen i befolkningen i nærheten av Akersvannet vil øke interessen og behovet for å bruke vannet til rekreasjon og fiske.

Skal imidlertid folk ha glede av å bruke Akersvannet til rekreasjon og fiske er det helt nødvendig at vannet har en akseptabel kvalitet. Dagens store tilførsler av gjødselstoffer resulterer i store algeoppblomstringer som setter lukt, smak og farge på vannet og gjør det uappetittelig og lite innbydende.

Et annet forhold som nevnes i noen av uttalelsene om rekreasjon og fiske er at adkomsten til vannet må bedres for almenheten. Det finnes i dag ingen adkomst til vannet via offentlig veg.

#### 4.5 Naturvern og landskapsvern

Akersvannet har rike siv- og vegetasjonsområder langs store deler av strandsonen, hvor det blant annet er en særlig rik fuglefauna. Det er blitt ansett som et viktig våtmarksområde og ble ved kgl. res. av 2. oktober 1981 fredet som naturreservat. Fredningen gjelder selve innsjøen og et smalt strandområde rundt denne.

Fredningsbestemmelsene er gitt i sin helhet bak i vedlegget. Her siteres punktene III-V:

### III

Formålet med fredningen er å bevare et viktig våtmarksområde i sin naturgitte tilstand og verne om et spesielt rikt og interessant fugleliv, vegetasjonen og annet dyreliv som naturlig er kryttet til området.

### IV

For reservatet gjelder følgende bestemmelser:

1. Vegetasjonen i vann og på land er fredet mot skade og ødeleggelse som ikke følger av tillatt ferdsel eller tiltak i medhold av punktene V-VII.

Nye plantearter må ikke innføres.

2. Dyrelivet, herunder fuglenes reir og egg, er fredet mot enhver form for skade, ødeleggelse og unødig forstyrrelser. Jakt, fangst og bruk av skytevåpen er forbudt. Hunder må ikke slippes ut i reservatet. Nye dyrearter må ikke innføres.

3. Det må ikke iverksettes tiltak som kan endre de naturgitte forhold, herunder oppføring av bygninger, anlegg og liknende innretninger, framføring av luftledninger, jordkabler og kloakkledninger, bygging av veger, drenering, uttak eller oppfylling av masse, ny utføring av kloakk eller andre konsentrerte forurensningstilførsler, henleggelse av avfall, gjødsling og bruk av kjemiske bekjempningsmidler.

Camping, teltslagning og oppsetting av kamouflasjeinnretninger for fotografering er forbudt.

### V

Bestemmelse i punktene IV er ikke til hinder for:

1. Gjennomføring av tiltak i ambulanse-, politi-, brannvern-, oppsyns-, skjøtsels- og forvaltningsøyemed.

2. Drift og vedlikehold av anlegg i forbindelse med tilliggende landbruk, herunder gjerder, avløp som drenerer områder med naturlig fall til reservatet, voller, kanaler, pumpeanlegg, jordvanningsanlegg, o.l., jfr. dog punkt VI, 2.
3. Bruk av eksisterende fiskerett og båtrett i samme utstrekning som tidligere, men bruk av skytevåpen ved gjeddefiske er ikke tillatt.
4. Bruk og vedlikehold av beiter, herunder gjødsling og manuell fjerning av kratt og ugras.
5. Bruk av vannet som reserve drikkevannskilde og som vannkilde for jordvanning, jfr. dog punkt VI, 2.

Fredningsbestemmelsene begrenser altså aktivitetsmulighetene i Akersvannet, noe som kan være til hinder blant annet for rekreasjon og fiske. Fylkesmannen og Miljøverndepartementet kan gjøre unntak fra fredningsbestemmelsene i spesielle tilfeller dersom det ikke strider mot formålet med fredningen.

Landskapet rundt Akersvannet bør vernes mot aktiviteter eller inngrep som kan virke skjemmende eller nedsette verdien av naturreservatet. Det bør bemerkes at verneverdien kan forurenses "i hjel" fra aktiviteter utenfor det vernede området.

## 5 BRUKERINTERESSENE KRAV TIL VANNKVALITET

For de fleste bruksformer av ferskvann er det ikke utarbeidet noen generelt gyldige og allment aksepterte grenseverdier for vannkvalitet. Det er først og fremst SIFF som har arbeidet med disse spørsmål i Norge, men i det vesentlige begrenset til det hygieniske aspektet hva angår menneskers direkte befatning med vann, drikkevann, bading, etc. Deres publikasjon "Kvalitetskrav til vann, Drikkevann - Vann for omsetning - Badevann" (Helsedirektoratet - SIFF 1976) er i det alt vesentlige det man har å holde seg til mht. skriftlige nedfelte krav. SIFF holder for øyeblikket på med en videreføring av denne publikasjonen, som vil utkomme rundt årsskiftet 1986/87. NIVA har også helt nylig utarbeidet et forslag til system for egnethetsvurdering av vann til ulike bruksformer (Ibrekk 1986).

### 5.1 Vannforsyning

Det er i Norge stilt spesifikke krav til kranvann, dvs. drikkevann etter eventuell vannbehandling. Ved prosjektering og bygging av nye vannverk som forsyner mer enn 1000 personer, har SIFF i lang tid praktisert krav om det de kaller dobbel sikring, hvilket i praksis betyr at også kilden skal tilfredsstillende krav til drikkevann. Med andre ord, ingen skal ta skade av at det oppstår teknisk svikt ved rensprosessen. Med bakgrunn i dette blir det ofte pålagt beskyttelsestiltak, f.eks. klausuleringer av nedbørfeltene til drikkevannskilder.



Tabell 4. En del verdier fra Akersvannet sett i relasjon til SIFFs generelle krav til drikkevann. (< = mindre enn)

Parameter	Benevning	Middelverdi Akersvannet	SIFFs generelle krav
Farge	mgPt/l	21	<15
Turb.	FTU	4,2	<1
Kond.	mS/cm	22,5	
pH		7,33	8-8,5
Alk.	mmol/l	0,80	
KOF(Perm)	mgO/l	4,78	< 4
Ca	mgCa/l	14,2	<35
Mg	mgMg/l	4,81	<10
Fe	mgFe/l	0,21	<0,2
Mn	mgMn/l	0,17	<0,1
NO <sub>3</sub>	mgN/l	0,816	<2,5
Cl	mgCl/l	23,2	<100
SO <sub>4</sub>	mgSO <sub>4</sub> /l	22,6	<100
TotN	µgN/l	1,33	
TotP	µgP/l	37,7	
Al	mgAl/l	0,24	<0,1
Kimtall*	ant/ml	100-3000	<100
37 <sup>0</sup> Coli*	ant/100ml	10-200	<1
44 <sup>0</sup> Coli*	ant/100ml	2-50	0

\* Angitt som det vanligste intervallet prøveresultatene ligger innenfor. Vanskelig å beregne middel da flere resultater er angitt som større enn en gitt verdi, f.eks. >1000.

I tabell 3 er SIFFs krav til drikkevann (SIFF 1976) ført opp for en del parametre sammenliknet med karakteristiske tall fra Akersvannet. Man ser med en gang at Akersvannet ikke tilfredsstiller SIFF's krav i ubehandlet tilstand. Etter den relativt omfattende fullrensingen som foretas ved Akersvannet viser de aller fleste kontrollprøver tilfredsstillende resultat. Det er imidlertid problemer med å levere mye vann over lang tid om sommeren da sand/antrasitt-filtrene tetter seg raskt pga store mengder alger. Det er også resultater som tyder på at renseanlegget fungerer dårlig mht. fjerning av algetoxinene som produseres av blågrønnalgen Microcystis aeruginosa (Skulberg og Underdal 1986).

Den ønskede dobbeltsikringen kan neppe oppnås i Akersvannet, dvs. man vil aldri få Akersvannet til å tilfredsstille SIFFs krav i ubehandlet tilstand. Dette er normalt heller ikke nødvendig, forutsatt at man har egnet renseanordning, jfr. St. meld. nr. 55 (1984-85) om vannforsyningen. Men med den forurensede tilstanden vannkilden befinner seg i dag, må situasjonen karakteriseres som uholdbar. Det kan være fare for forgiftning av store mengder mennesker hvis noe skulle gå galt med renseprosessen under perioder med oppblomstring av blågrønnalger.

### 5.2 Jordbruksvanning

Såvidt oss bekjent fins det hverken kvalitetskrav eller normer til vann brukt til vanning. I en del land på kontinentet fins det normer basert på koliforme bakterier når det gjelder vanning av bær og grønnsaker.

Det fins neppe forskningsmessige resultater som gir noe klart svar på om det er betenkeligheter med å bruke Akersvannet til jordbruksvanning som følge av giftige blågrønnalgene. Skulberg og Underdal (1986b) mener at slike betenkeligheter er tilstede. Blågrønnalgene er slimete, og har lett for å klistre seg fast. Siden giftstoffet er svært kraftig, mener de at det kan være uheldig å spise grønnsaker som er nylig vannet med Microcystisholdig vann. Dette burde imidlertid vært utredet særskilt.

### 5.3 Bading

SIFF har satt opp kvalitetskrav til vann for friluftsbad, se tabell 5.

Tabell 5. Kvalitetskrav til vann for friluftsbad (SIF 1976)

Parameter	Enhet	Grenseverdi
E-Coli	ant/100 ml	<50
Farge	mg Pt/l	<20-30
KOF (Perm.)	mg O/l	<5-7,5
Siktedyp	m	>2-3
Smak		Ingen ubehagelig
Surhetsgrad	pH-verdi	5-9
Turbiditet	FTU	<1
Uestetiske forhold		Ingen
Lukt		Ingen ubehagelig

Det er klart at de fleste av disse grenseverdier må betraktes som normer og ikke som krav. F.eks. vil svært få grunne lavlandsinnsjøer tilfredsstillende kravet om turbiditet mindre enn 1 FTU eller mer enn 2-3 m siktedyp selv om alle forurensningstilførsler fjernes. Nå heter det riktig nok at krav til klart vann også er vurdert ut fra sikkerhetshensyn, dvs. folk som synker skal kunne finnes igjen. At det ikke bør være mer enn 50 termotabile kolibakterier pr. 100 ml i badevann er et relevant krav, som normalt tilfredsstilles av Akersvannet.

De giftige blågrønnalgene gjør det helt uholdbart å bygge ut noen kommunale badeplasser ved Akersvannet, da disse algene har tendens til å la seg stue opp i store mengder langs åpne strender under perioder med pålandsvind. Barn får alltid i seg en vann når de bader, og med den giftighet disse algene kan ha, kan bading være forbundet med stor helsefare. Bading i blågrønnalgevann kan dessuten gi allergireaksjoner i luftvegene og hudirritasjoner. I tillegg gjør den store algemengden vannet svært turbid og det vil være vanskelig å finne igjen noen som går under, selv på grunt vann. Det grumsete vannet med klumper og flak av blågrønnalger flytende rundt er dessuten svært uestetisk og det er mildest talt lite fristende å ta seg et bad der.

Algemengden må reduseres betraktelig for at Akersvannet skal være tilfredsstillende som badevann.

#### 5.4 Fiske

Det er ikke satt opp noen klare krav til vannkvalitet ut fra fiske i Norge. Den europeiske innlandsfiskekommisjonen (EIFAC) har satt opp en del retningslinjer (Alabaster & Lloyd 1980), men dette dreier seg vesentlig om utslipp av giftige forbindelser eller konsentrasjoner av stoffer som kan være skadelige for fisk, og ikke som effekten av noe så generelt som eutrofiering (overgjødning).

Eutrofiering kan ha tildels betydelig innvirkning på fiske. En svak eutrofiering kan fra et fiskerisynspunkt være positiv, da som regel fiskeavkastningen kan økes. Gjødning av rene ørretvann har således gitt positive resultater (Lande og medarb. 1982, Johannessen og medarb. 1983). I innsjøer som inneholder flere fiskearter, er som regel responsen på eutrofiering negativ, i allefall hvis det er snakk om hypereutrofiering slik som i Akersvannet. Man får et skifte i bestanden, hvor de edle fiskeslagene (ørret osv.) taper i konkurransen. Ofte opptrer det fullstendig dominans av småvokste karpefisker.

Årsakene til dette er mange og kompliserte og det er ikke rom for en inngående diskusjon av dette her, men noen hovedgrunner kan nevnes:

- dårlige oksygenforhold, særlig om vinteren
- noen arter for dårlige gyteforhold (bekkegytere)
- rovfisk ser ikke byttet pga høy turbiditet
- endring av konkurranseforhold mellom artene
- muligheter for episoder med fri ammoniakk i vannet.

Zoologisk Museum's undersøkelser tyder på at denne utviklingen også har skjedd i Akersvannet. "I vannet er det i dag et meget stort antall pelagisk levende ungfisk (brasme, sørv, vederbuk, abbor)" .. (Pethon 1985).

Slike småfisk er oftest helt uinteressant i fiskesammenheng. I tillegg er opplevelsesverdien av en fisketur i et "grønnsaksuppelignende" vatn nokså tvilsom rent estetisk. Vannets forurensede karakter leder uunngåelig mange til slutningen at der er sikkert fisken også full av ulumskheter.

Flere giftstoffer kan akkumuleres i fisk, f.eks. kvikksølv og diverse organiske mikroforurensninger. I jordbruksområder er det vanlig at stor gjedde har for høyt kvikksølvinnhold til at den bør spises. I de eutrofe innsjøene i Eikernvassdraget overskrider gjedde 1 ppm kvikksølv ved ca 7 kg størrelse (Jan Økland pers. medd.). 1 ppm Hg er øvre grense som aksepteres i Sverige for fisk til konsum. I Norge har man ikke satt noen slik grense, men helsemyndighetene anbefaler folk ikke å spise for mye stor rovfisk fra utsatte lokaliteter. Kvikksølvforurensning skjer fortsatt fra jordene, og er etterlevninger fra den tiden da man brukte kvikksølvbeiset såkorn. Det er også mulig at giftstoffet microcystin, som produseres av blågrønnalgen Microcystis aeruginosa i Akersvannet, kan akkumuleres i fisk (Skulberg pers. medd.), men dette er ikke avklart ennå. Hvis dette er tilfelle så bør man være forsiktig med å spise fisk fra Akersvannet i det hele tatt.

Dagens vannkvalitet i Akersvannet er ikke tilfredsstillende, hverken for fiske til rekreasjon eller matauk. Da blågrønnalger generelt er ansett som ugunstig mht. energitransport i næringskjeden, bør det være relevant ut fra et fiskerisynspunkt å redusere næringssalttilførsler så mye at de store blågrønnalgeoppblomstringene uteblir.

### 5.5 Naturvern og landskapsvern

Akersvannet ble vernet først og fremst for å bevare den rike fuglefaunaen tilknyttet det rike vegetasjonsbeltet i strandsonen. Slike våtmarksområder er blitt sterkt redusert i dette århundrede, en følge av senkninger og dreneringer for å innvinne jordbruksland.

Det finnes ikke noen klare krav til vannkvalitet utfra et vernesynspunkt. Man er heller ikke helt klar over hvordan forurensninger av ulike slag kan virke inn på et naturområdes verneverdi. Imidlertid er det helt klart at forholdene i Akersvannet nå, med store mengder giftige blågrønnalger som samler seg langs strendene er helt uholdbar i så måte. Mange ender spiser vegetasjon, både flytende på overflaten (f.eks. andemat) og på bunnen. Det er ikke utenkelig at de giftige blågrønnalgene vil gjøre skade på fuglefaunaen på denne måten. Fra utlandet finnes det flere eksempler på dette og det er også mulig at en fugledød i Goksjø noen år tilbake også skyldtes giftige blågrønnalger (Skulberg pers. medd.).

For høy algebiomasse vil dessuten gjøre lysgjennomgangen i vannet dårligere, slik at utbredelsen av undervannsplanter kan gå tilbake. Disse er svært viktige for en rekke fuglearter.

For stor organisk belastning på strandområdene kan føre til oksygenfrie forhold i overflatesedimentet og grobunn for botulismebakterier. Ender og andre fugler kan da få i seg giftstoffet botulin og episoder med fugledød kan inntre. Dette har forekommet i Østensjøvannet ved Oslo, men må regnes som relativt sjeldent fenomen.

Ut fra et skjøtselssynspunkt for vernede våtmarksområder bør næringssalttilførslene til Akersvannet reduseres såpass mye at de giftige blågrønnalgene blir borte.

#### 5.6 Konklusjon.

Ut fra de aller fleste brukerinteressene er det nødvendig med bedring av vannkvaliteten i Akersvannet. Det må settes i verk forurensningsbegrensende tiltak med sikte på å redusere næringssalttilførselen til vannet. Kommer man ned i næringsnivå der blågrønnalgeoppblomstringene blir borte, er de fleste brukerinteresser tilfredsstilt. Det forutsettes fortsatt at Akersvannverket har fullrenseanlegg. Det må ikke tillates nyetablering av forurensende aktiviteter i nedbørfeltet.

## 6. VANNKVALITETEN I AKERSVANNET

### 6.1 Generelt om vannkjemi

I tabell 6 er det ført opp karakteristiske verdier for en del vannkvalitetsparametre. Akersvannet er et ionrikt vann, med en elektrolyttisk ledningsevne på 20 mS/m (25<sup>0</sup>C). Dette er i første rekke en funksjon av at innsjøen ligger i et område bestående hovedsakelig av gamle marine sedimenter. pH ligger i snitt noe over nøytralpunktet. Sommerstid kan pH komme opp i 9 i overflatelagene under perioder med sterk algevekst. Om vinteren går pH ned i ca 6,8.

Tabell 6. Middelverdier fra råvannsprøver (9 m dyp) fra Akersvannverkets prøvekjøringer de fire siste år (82-85), analysert ved SIFF.

Parameter	Benevning	Middelverdi 82-85 ± Standardfeil
Farge	mg Pt/l	21,0 ± 1,0
Turbiditet	FTU	4,2 ± 0,40
Konduktivitet	mS/m (25 <sup>0</sup> C)	22,5 ± 0,22
pH		7,33 ± 0,13
Alkalitet	mmol/l	0,80 ± 0,02
KMnO <sub>4</sub> forbr.	mg O/l	4,78 ± 0,11
Kalsium	mg Ca/l	14,2 ± 0,24
Magnesium	mg Mg/l	4,81 ± 0,06
Jern	mg Fe/l	0,21 ± 0,02
Mangan	mg Mn/l	0,17 ± 0,03
Nitrat	mg N/l	0,816 ± 0,138
Klorid	mg Cl/l	23,2 ± 0,31
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	22,6 ± 0,67
Totalnitrogen	mg N/l	1,33 ± 0,12
Totalfosfor	µg P/l	37,3 ± 1,69
Aluminium	mg Al/l	0,24 ± 0,06

Vannet har en gjennomsnittlig fargeverdi på 21 mg Pt/l og karakteriseres som relativt lite humuspåvirket.

Alkaliteten er ca 0,8 mekv./l, noe som betyr at vannet er godt bufret mot sur nedbør.

Kalsium og magnesiumverdiene på hhv. 14,5 og 4,8 mg/l klassifiserer vannet som middels kalkrikt.

Jern og manganverdiene, hhv. 210 og 170 µg/l er forholdsvis lave. Det synes heller ikke å skje noen særlig akkumulasjon under vinterstagnasjonen og dette skulle ikke skape noen problemer for bruk f.eks. til drikkevann, noe som kan være tilfelle i eutrofe lokaliteter.

Sulfat og kloridverdiene ligger begge på ca 23 mg pr. liter. Dette er svært høye verdier sammenliknet med innsjøer lenger inn i landet, og er et resultat av at innsjøen ligger i marine avsetninger nær havet.

Turbiditeten er i middel 4,2 FTU og indikerer at vannet inneholder mye partikler. En del av dette er alger og en del erosjonsmateriale. Det kan se ut som om turbiditeten har økt noe de siste årene, se tabell P1 i vedlegget.

Aluminium har en midlere konsentrasjon på 240 µg/l. Det kan se ut som om konsentrasjonen har økt noe de siste åra (tabell P1), men da man har hatt de samme svingningene i turbiditeten, er det mest sannsynlig at det dreier seg om leirebundet aluminium og ikke noen økning som skyldes utvasking pga. sur nedbør.

## 6.2 Næringssalter

### 6.2.1 Fosfor

Totalfosfor har en midlere konsentrasjon på 38 µg P/l (1982-85). Den har ligget på dette nivå siden 1980. Eldre data er vanskelig å vurdere, da det var stort sett bare én observasjon pr. år.



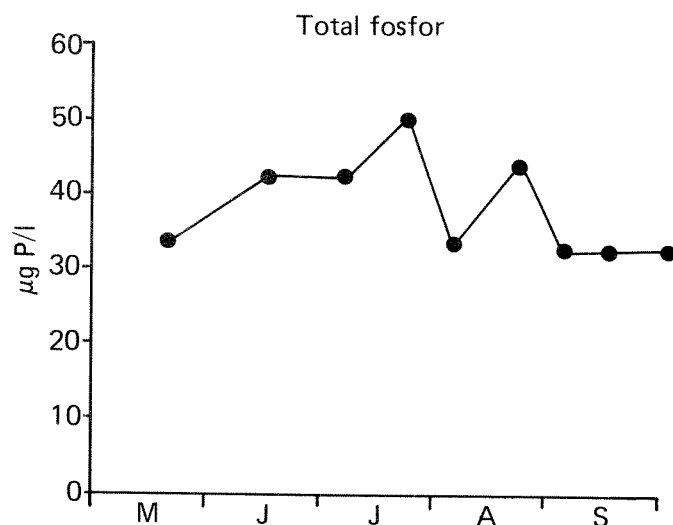


Fig. 5. Fosforkonsentrasjoner i 0-4m sjiktet i Akersvannets sentrale områder.

Fig.5 viser fosforkonsentrasjonen i 0-4 m sjiktet under sommeren 1985. Middelerdien ble også 38 µg P/l for dette tidsrommet. Høyeste verdi var 50 og laveste var 32 µg P/l. Ofte øker fosforkonsentrasjonene i høyeutrofe innsjøer om sommeren som en følge av en del såkalte andre gjødslingsprosesser. Disse kan være oppkonsentrering i en økende algebiomasse, regenerering av P via fisk og bunndyr, mobilisering av sedimentfosfor ved høye pH-verdier i vannet, vindgenerert resuspensjon av gruntvannssediment m.m. I Akersvannet skjedde det i 1985 kun en mindre sommerøkning i fosforkonsentrasjonen. Dette kan ha en viss sammenheng med at det var mye dårlig vær denne sommeren. Sommerakkumuleringen av P i vannmassene var imidlertid ikke noe større i 1983 (Weideborg 1984). Sedimentundersøkelsene tydet på at regenereringspotensialet av sedimentfosfor ikke er så stort i Akersvannet. Man måtte opp i meget høye pH-verdier før det skjedde noen pH betinget frigivelse fra gruntvannssedimenter. Eksperimentene viste også at P-frigiving fra dypvannssedimenter neppe er av stor betydning i Akersvannet, lite fosfor ble frigitt selv ved lavere oksygenkonsentrasjoner enn det som ble observert i selve innsjøen.

At anaerob P-frigiving hadde liten betydning "in-situ" i Akersvannet vinteren 1984/85, fremgår dessuten av fig.6, som viser vertikalfordelingen av næringssalter ved slutten av vinterstagnasjonen 1985. Den moderate økningen man finner for totalfosfor kan godt forklares ut fra sedimentasjonsprosesser alene. Hadde det hatt sin årsak i utløsning fra sedimentet, ville konsentrasjonen av ortofosfat

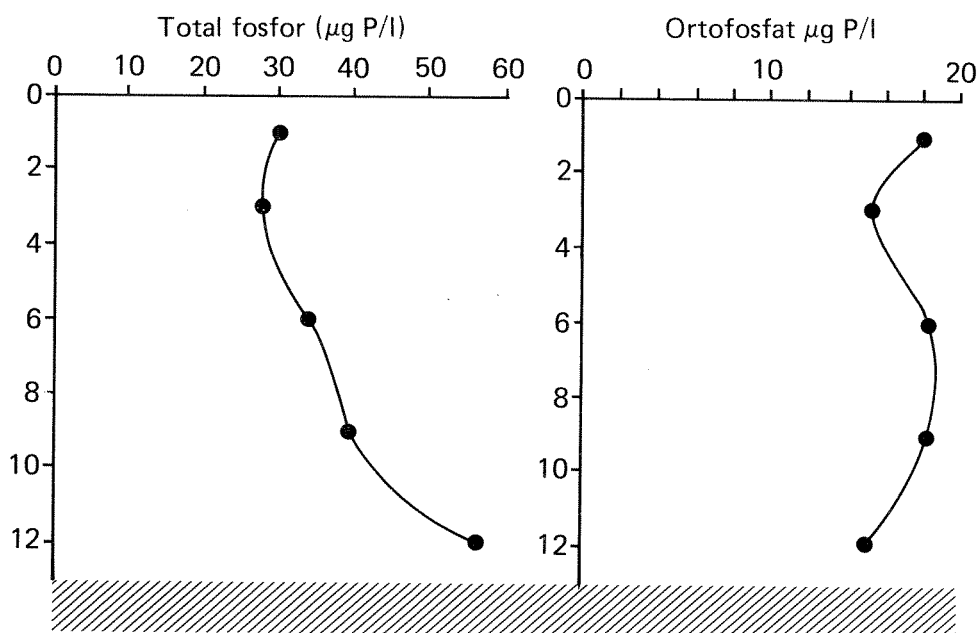


Fig. 6. Vertikalfordeling av fosfor i Akersvannet ved slutten av vinterstagnasjonen 1985 (22/3-85).

ha økt kraftig mot bunnen. Dessuten var oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet høyere enn det som vanligvis må til for å få utlekking av fosfor fra sedimentet, se kapittel 7.

Disse betraktninger taler alle for at det er tilførselene utenfra som styrer fosforkonsentrasjonen i Akersvannet. Dette støttes også av den jevne fordelingen man har av ortofosfat (fig. 6) i hele vannsøylen under isen ved slutten av vinterstagnasjonen. Med unntak av en svak anaerob frigiving av P fra sedimentet er de interne P-frigjøringsmekanismer lite aktive om vinteren.

Målinger som Miljøvernavdelingen har tatt i mars 1986 viser et kraftigere oksygenavtak enn vi fant i 85, og også en sterkere anrikning av fosfor nær bunnen. Disse resultatene tyder på at utlekking av fosfor skjer til en viss grad. Det bør bemerkes at vinteren 85/86 var ekstremt lang og kald og så og si uten mildværsperioder som kan ha bidratt med tilførsel av oksygenrikt smeltevann til den islagte innsjøen. Forholdene under isen vil således kunne variere betydelig fra år til år. Sedimentundersøkelsene tyder imidlertid på at potensialet for utløsning av fosfor er forholdsvis lite, noe som bl.a. vil si at det er godt håp om at innsjøen vil

bedres raskt etter en avlastning.

### 6.2.2 Nitrogen

Konsentrasjonen av total nitrogen ligger i middel på ca 1,3 mg/l. Den varierer fra vel 2 mg om vinteren til ca 1 mg på slutten av sommeren. Det kan se ut som om konsentrasjonen har økt fra begynnelsen av 1970-åra og fram til nå, selv om det tidligste analyse materialet var noe sparsomt. Middelerdien av SIFFs fire og NIVAs elleve prøveserier i 1985 var på 1,6  $\mu\text{g N/l}$ .

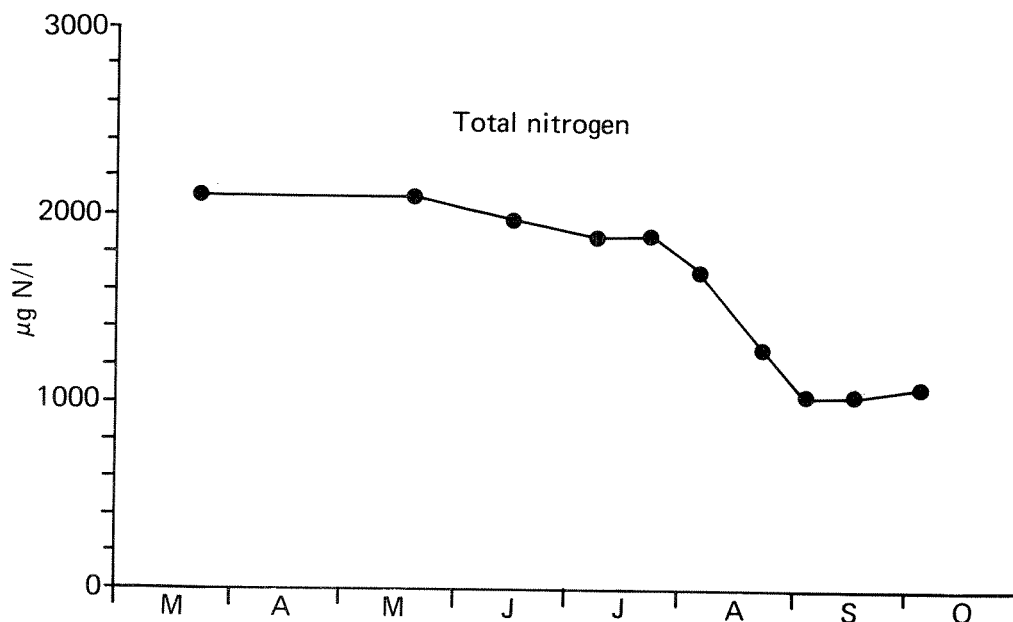


Fig. 7. Konsentrasjoner av total nitrogen i Akersvannets overflatelag (0-4m) sommeren 1985.

Analyseresultater av total nitrogen i Akersvannets fri vannmasser sommeren 1985 er gitt i fig.7.

Nitratkonsentrasjonene viser betydelige årstidsvariasjoner fra 1500  $\mu\text{g N/l}$  om vinteren og ned mot upåviselige verdier i august/september. Under perioder da vannmassene er utarmet på nitrat er det vanlig å anta at blågrønnalger har en konkurransemessig fordel da flere arter har evnen til å fikse molekylært nitrogen. Hvorvidt Microcystis

arten i Akersvannet er nitrogenfikserende er ikke klarlagt, men det vanlige er at Microcystis ikke kan fikse  $N_2$ . I 1985 ble ikke vannets nitratinnhold utarmet, noe det derimot ble i begynnelsen av september 1984.

Det er vanlig å anta at nitrogen først blir biomassebegrensende for algevekst når forholdet mellom nitrogen og fosfor i vannmassene (vektbasis) blir mindre enn 12 (Dillon & Rigler 1974). I Akersvannet ligger dette forholdet stort sett mellom 30 og 40.

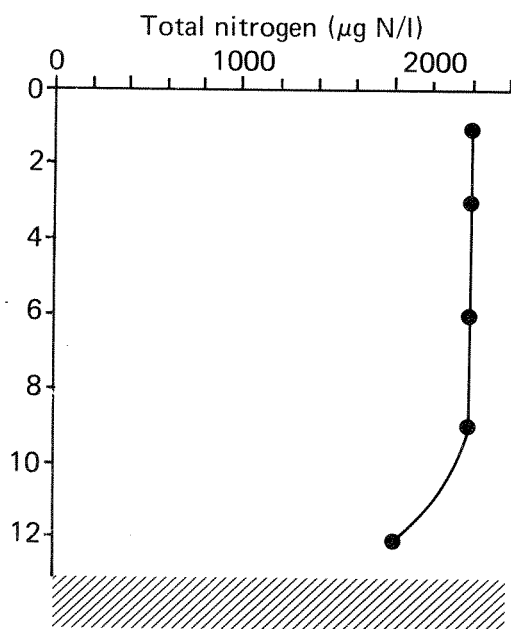


Fig. 8. Vertikalfordeling av total nitrogen i Akersvannet ved slutten av vinterstagnasjonen 1985 (22. mars).

Fig.8 viser konsentrasjonen av total nitrogen under vinterstagnasjonen. Konsentrasjonen er relativt lik i hele vannmassen til tross for termisk sjiktning. I sterkt forurensede sedimenter skjer det ofte en utlekking av ammonium, noe som ikke ser ut til å skje i Akersvannet.

### 6.3 Siktedyp

Siktedyp er et mål på vannets grumsethet. Det er gitt som det dypet der en hvit skive som senkes ned i vannet blir usynlig fra overflaten. I Akersvannet bestemmes siktedypet vesentlig av alger og oppvirvlede leirpartikler.

Om vinteren (22. mars 85), da det er lite alger, en følge av lysmangel, og heller ikke bølgeaktivitet som kan hvirvle opp bunnslam, var siktedypet relativt stort (3,5 m). I sommerhalvåret lå det mer eller mindre konstant like over 1 meter, middelerdi (mai-september) var 1,18 m. Det lave siktedypet indikerer at innsjøen har en høyeutrof næringsstatus.

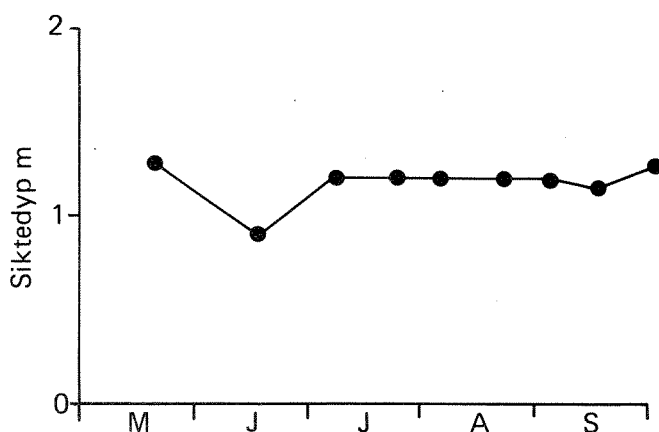


Fig. 9. Siktedyp i Akersvannet sommeren 1985.

Resultatene er fremstilt i fig.9.

### 6.4 Oksygen

Det organiske materiale som produseres i en innsjø (hovedsakelig alger) vil for en stor del synke til bunns og nedbrytes der. Dette krever oksygen. Jo mer næringsrik en innsjø blir, jo mer organisk materiale produseres. Det organiske "regnet" på dypområdene øker, det samme gjør oksygenforbruket.

Ved slutten av stagnasjonsperiodene sommer og vinter kan da oksygenkonsentrasjonen i dypvannet reduseres betydelig. Nærmer konsentrasjonen seg null, begynner fosfor å frigjøres fra sedimentet. "Gamle forurensningssynder" som er lagret i sedimentet gjennom mange år kan mobiliseres, og eutrofieringen vil aksellereres.

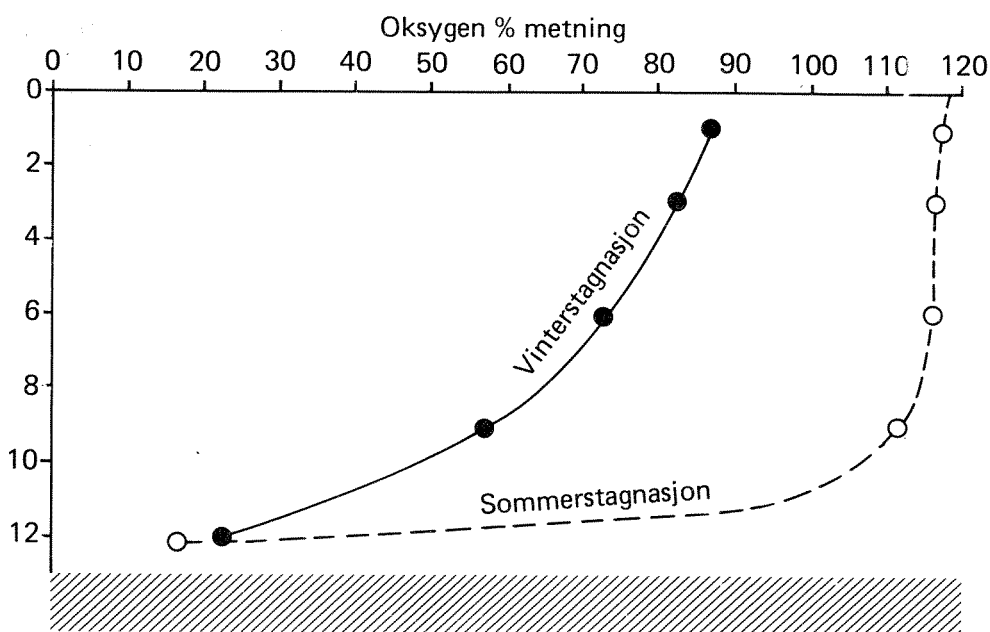


Fig. 10. Oksygenforholdene i Akersvannet ved slutten av de 2 stagnasjonsperiodene, sommer og vinter, hhv. 22. mars og 21. august 1985.

Oksygenforholdene i Akersvannet ved slutten av de to stagnasjonsperiodene er vist i fig 10. I forhold til den store algeproduksjonen som preger innsjøen må oksygenforholdene karakteriseres som relativt gode. Nedre vannprøve, ca 1/2 m over bunnen, viste ca 20% metning både sommer og vinter. Om sommeren er ikke innsjøen stabilt sjiktet, en følge av at den er grunn og sterkt vindpåvirket. Det blandes da oksygenrikt overflatevann inn i dypvannet fra tid til annen.

Innsjøen sirkulerer mer eller mindre permanent fra 1. september til islegging i desember. Denne lange høstsirkulasjonen medfører at det sedimenterte algematerialet nedbrytes mer eller mindre fullstendig før isen legger seg. Dette er hovedårsaken til at ikke oksygeninnholdet utarmes i løpet av vinteren. I tråd med dette var sedimentet i Akersvannet meget velmineralisert og besto vesentlig av uorganisk

leirgyttje, se kap. 7. Det bør bemerkes at prøver som Miljøvern avdelingen har tatt i mars 86 viser at oksygenforholdene denne vinteren var mye dårligere enn forrige vinter. Dette har sammenheng med at vinteren 85/86 har vært usedvanlig lang og kald (se også side 40).

Sommerstid var det overmetning av  $O_2$  i de øvre vannsjikt, en følge av høy algevekst. Algene skiller nemlig ut oksygen ved fotosyntese.

### 6.5 Bakteriologisk vannkvalitet

Tarmbakterier har bare en begrenset levetid etter at de har kommet ut i vann. Dels dør de, og dels sedimenterer de ut. De omsettes raskere om sommeren enn om vinteren p.g.a høyere temperatur.

Det er svært store variasjoner i datamaterialet fra Akersvannet mht. bakteriell forurensning, både i tid og rom. Dessuten er materialet uregelmessig innsamlet. Det er derfor ikke mulig å presentere noe tilfredsstillende middeltall, og vi nøyer oss med noen kommentarer omkring de foreliggende data.

Ved de aller fleste observasjoner av råvannet finnes det ekte tarmbakterier ( $Coli 44^0C$ ), hvilket tilsier at vannet ikke er godkjent som drikkevann uten rensing. Etter å ha passert rensanlegget er imidlertid vannkvaliteten tilfredsstillende.

I sommerhalvåret ligger innholdet av termostabile koliforme bakterier vanligvis på under 10 pr. 100 ml, dvs. det er ikke noen fare med hensyn til badevannskvaliteten pga bakterieforurensning. Vinterstid er det imidlertid observert hele 70  $44^0C$  Coli pr 100 ml. Selv da ligger det normalt mye lavere.

### 6.6 Planteplankton

Klorofyll-a-konsentrasjonen gir et relativt mål på algemengden i vannet. I fig.11 er verdiene fra 0-4m sjiktet midt ute på innsjøen framstilt. Den gjennomsnittlige sommerverdien (20. mai - 1. oktober) var på 36  $\mu g/l$ . Høyeste verdi var i slutten av august på hele 94  $\mu g/l$ .

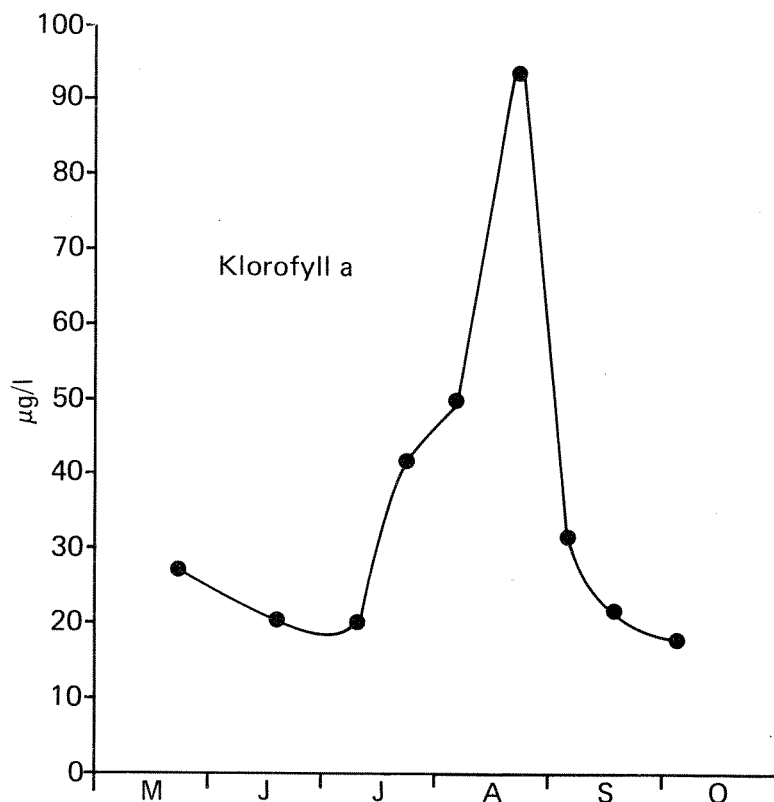


Fig. 11. Algemengden i Akersvannet sommeren 1985 (0-4m sjiktet) angitt som klorofyll a.

Begge disse verdiene er høye, og bekrefter Akersvannets høyeutrofe status. De store oppblomstringene av blågrønnalger (Weideborg 1984) som også inneholder giftproduserende "stammer" av arten Microcystis aeruginosa, forteller klart at økosystemet er ute av likevekt. Tilsvarende lavlandssjøer andre steder i Vestfold, f.eks. Borrevatn, Goksjø, Bergsvatn i Vassås, Bergsvatn i Eidsfoss m.fl., har alle langt mindre alger enn Akersvannet (se Brettum et al. 1975, Holtan et al. 1982, Berge og Johannessen 1979).

Det kan antas nokså sikkert at algemengden må ned mot 20 µg klorofyll a/l som sommermiddel om man skal gjenopprette økologisk stabile tilstander i innsjøen. Hva dette vil si i redusert fosforbelastning behandles i kapittel 11.



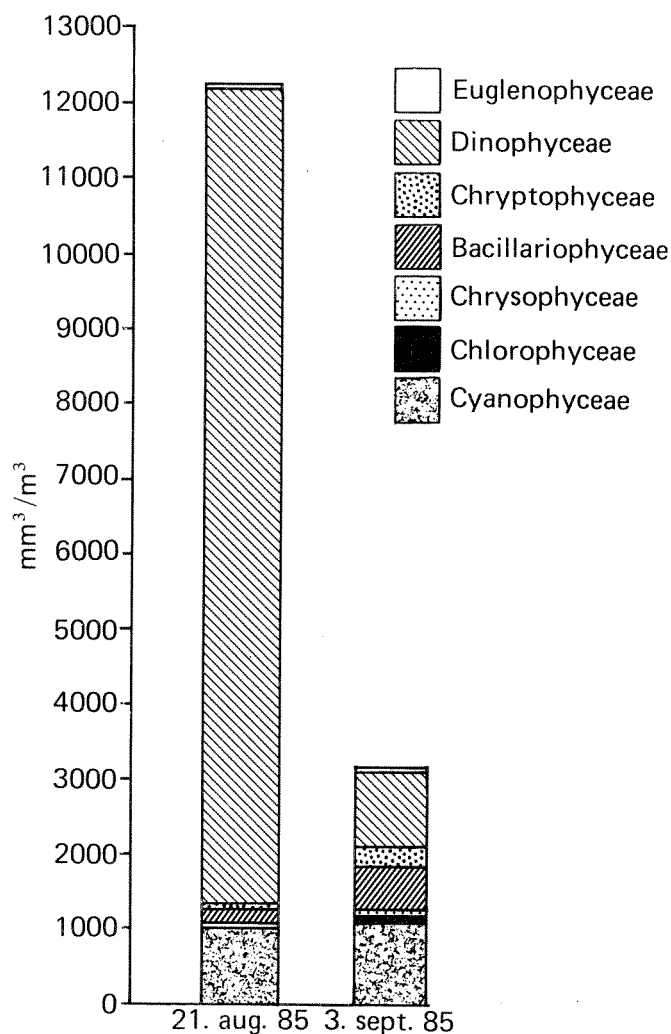


Fig. 12. Algevolum og sammensetning i Akersvannet i slutten av august og begynnelsen av september 1985 (0-4m sjiktet).

Algevolum og -sammensetning er vist i fig.12. De høye algemengder som ble observert i slutten av august 1985 skyldes en fureflagellat, Ceratium Hirundinella, som hadde en eksplosiv biomasseutvikling og et like raskt sammenbrudd (se også fig. 11). Blågrønnalgene utgjøres vesentlig av Microcystis aeruginosa og Aphanizomenon flos-aquae. Begge disse kan under bestemte høyeutrofe forhold (særlig næringsrike) danne giftstoffer. Giftstoffene dannes gjerne når algesamfunnet er gammelt, dvs. når algene begynner å flyte opp og samler seg langs land i bukter og viker i store konsentrasjoner. Det ble påvist giftig Microcystis fra juli og ut september både i 1984 og 1985 (Skulberg og Underdal 1986).

Det var mindre innslag av blågrønnalger i Akersvannet i 1985 enn det som er rapportert tidligere (kfr. Weideborg 1984, Skulberg og Underdal 1986). Dette har høyst trolig sammenheng med at i 1985 var det både kaldt og nedbørsrikt hele sommeren, slik at algeveksten generelt var noe lavere enn normalt. Det ble heller ikke noen fullstendig utarming av nitrat i 1985, noe som har vært vanlig i august/september i de foregående år. En del blågrønnalger får ofte en konkurransemessig fordel framfor andre alger under perioder med nitratutarming, noe man regner har sammenheng med at de har evnen til å fikserer molekylært nitrogen. Aphanizomenon flos-aquae har denne egenskapen, mens Microcystis aeruginosa regnes som "ikke nitrogenfikserende" (Fogg 1975). Zevenboom & Mur (1980) referer at i Nederland skjer det en suksisjon fra eutrofe til hypereutrofe lokaliteter ved at nitrogenfikserende blågrønnalger erstattes av ikke N-fikserende arter. De forklarer dette paradokset ved at sistnevnte gruppe er bedre tilpasset lave lysintensiteter, noe som blir mer og mer fremtredende ettersom algemengden øker (selvskygging). Under hypereutrofe forhold er dessuten Microcystis aeruginosa meget effektiv til å utnytte ammonium og kan leve på konsentrasjoner under vanlig analytisk deteksjonsnivå (Kappers 1980). Reynolds (1984) mener endog at den er avhengig av ammonium. Dette rimer godt med at den oftest danner store oppblomstringer i lokaliteter som forurenses fra husdyrhold. Avrenning fra naturgjødsel og silo er rik på ammonium.

Andre fremtredende arter var diatoméen Melosira ambigua, en vanlig alge i alle grunne Vestfold-innsjøer.

De andre algegruppene Chrysophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae og Euglenophyceae hadde helt ubetydelige forekomster.

### 6.7 Konklusjon.

Akersvannet er betydelig forurensset. De svært næringsrike (høyeutrofe) vannmassene vitner om at innsjøen er kraftig overgjødset av plantenæringssaltene fosfor og nitrogen. Dette resulterer i utvikling av store algemengder som gjør vannet uklart og lite tiltalende. På ettersommeren og høsten utvikles det oppblomstringer av giftige blågrønnalger av arten Microcystis aeruginosa. Forholdet mellom fosfor og nitrogen viser at fosfor er biomassebegrensende faktor for algene. Til tross for en meget høy produksjon av organisk materiale i sommermånedene, oppstår det ikke fullstendig oksygenvinn under isen på ettervinteren. Dette kan imidlertid bli resultatet om utviklingen

ikke stanses. Næringssalttilførslene til innsjøen må reduseres om økologisk stabile tilstander skal gjenopprettes. Bakterielt sett er også innsjøen betydelig forurenset.

## 7. SEDIMENTER

### 7.1 Materiale og metoder

Fem sedimentkjerner ble tatt inn fra 5 meters dyp i området syd for Sivøya. Fire kjerner ble tatt fra innsjøens dypeste punkt, 12.5 meter. Sedimentkjernene ble tatt opp fra is den 21. mars 1985 med en rørhenter (Skogheim 1979).

En kjerne fra hvert prøvetakningsområde ble analysert på innhold av karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P) i de øverste centimetrene av sedimentet. Analysene ble utført på frysetørket materiale. Karbon og nitrogen ble analysert på Carlo-Erba elementanalysator, mens fosfor ble analysert etter Norsk Standard etter oppløsning i 7 N HNO<sub>3</sub>.

### 7.2 Resultater

Tabell 7. Analyseresultater av sediment fra Akersvannet 21. mars 1985.

Lokalitet	Sedimentdyp (cm)	Karbon -----	Nitrogen mg/g tørrvekt	Fosfor ---	C/N
Littoral	0 - 1	9.6	0.9	3.5	11.0
5 m dyp	1 - 2	8.5	0.8	2.2	10.6
Profundal	0 - 2	37.4	4.3	2.2	8.7
12.5 m dyp	2 - 4	39.3	4.4	1.7	8.9

Tabell 8. Resultater av utvekslingsforsøk med sedimentkjerner fra Akersvannet. Resultatene viser gjennomsnittlig flux av fosfor fra sedimentet ved anaerobe forhold og aerobe forhold ved ulik pH.

Sedimenttype	Flux (mg P/m <sup>2</sup> .d)
Littoralsediment/ pH 6.6 - 7.5	0.4
pH 9.0	0.2
pH 9.3 - 9.5	0.5
pH 10.1 - 10.2	2.7
Profundalsediment/ anaerobe forhold	1.4
	1.1
	3.6

Sedimentet fra 5 meters dyp var et typisk uorganisk leiresediment. Innholdet av organisk materiale var lavt, henholdsvis 9.6 mg C/g tørrvekt og 0.9 mg N/g tørrvekt i den øverste centimeteren av sedimentet (tabell 7). Fosforinnholdet i det samme sjiktet var forholdsvis høyt, 3.5 mg P/g tørrvekt.

For å få indikasjoner om dette fosforet var labilt under perioder med høy pH i innsjøen, ble det gjennomført utvekslingsforsøk med sedimentet ved ulike pH- nivåer. Resultatene av disse forsøkene er gitt i tabell 8 og viser at svært små mengder fosfor ble frigitt fra sedimentet ved pH mindre enn 9,5. Selv ved såvidt høye pH-verdier som 10.1 - 10.2 var fosforlekkasjen fra dette sedimentet liten, i størrelsesorden 2.7 mg P/m<sup>2</sup>.d.

Sedimentet fra 12.5 meters dyp var mer preget av innslag av organisk materiale. Tatt i betraktning de store algemengdene som er registrert i innsjøen, var innholdet av organisk materiale i dette sedimentet lavt. En av årsakene til det lave innholdet er trolig at mye av det organiske materialet nedbrytes i vannmassene før det sedimenterer. Dessuten er antagelig andelen av uorganisk materiale som sedimenterer betydelig pga erosjon fra jordbruksområdene (leire) samt resuspensjon i gruntområdene i innsjøen. Det lave C/N- forholdet (<9) i dette sedimentet tyder på at det organiske materialet vesentlig er produsert i innsjøen og at innslaget av humusstoffer er forholdsvis lite.

Fosforkonsentrasjonen i dypvannssedimentet er ikke spesielt høy sammenliknet med mange andre eutrofierte innsjøer. Forsøk med anaerob utveksling av fosfor fra sedimentet viste at det var relativt små mengder fosfor som ble frigitt til vannfasen. Gjennomsnittlig flux fra sedimentet i 3 kjerner med 10 døgns intervall over 30 døgn, var 1.1 - 3.6 mg P/m<sup>2</sup>.d (tabell 8). De forholdsvis lave verdiene skyldes sannsynligvis at sedimentets oksygenforbruk ikke er tilstrekkelig stort til å skape anaerobe forhold i vannfasen.

Sedimentets relativt lave oksygenforbruk indikeres også av resultatene fra innsjøundersøkelsen. På det tidspunktet sedimentkjernen ble tatt opp, 21.mars 1985, altså mot slutten av vinterstagnasjonen, var oksygenkonsentrasjonen i 12 meters dyp, 3.0 mg/l. I mars 1986 var imidlertid oksygenforholdene dårligere, se side 40 og 44.

### 7.3 Konklusjon

Sediment fra 5 m dyp viste liten tilbøyelighet til å avgi fosfor ved eksponering for høy pH. Bunnssubstratet bestod her av et typisk grått leirsediment. Dypvannssedimentet var også velmineralisert og grått. Det hadde relativt lavt oksygenforbruk. Innholdet av fosfor var heller ikke faretruende høyt. Det samme gjelder utlekking av fosfor ved eksponering for oksygenfritt vann. Sedimentundersøkelsene tyder på at forurensningssituasjonen i innsjøen er reversibel. Dvs., hvis forurensningstilførslene reduseres vil forholdene raskt bedres, uten at sedimentene vil bidra med intern gjødsling og forsinke bedringen nevneverdig.

## 8 FORURENSNINGER I AKERSVANNETS NEDBØRFELT

Dette kapittel omhandler en sammenstilling av data om forurensende aktiviteter, arealavrenning, kunstgjødsel, silo, kloakk osv. Det er skilt mellom produksjon og tilførsler i den grad det har vært mulig. Med produksjon menes den totale mengden som skapes i / tilføres feltet, f.eks. hvor mye kunstgjødsel som anvendes i Akersvannets nedbørfelt, mens tilførsler dreier seg om den delen av dette som regnes å nå fram til Akersvannet. Da eutrofiering er det største problemet, omfatter beregningene kun de viktige plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen, samt organisk stoff, som ved nedbrytning kan gi vekststimulering.

### 8.1 Forurensninger fra sanitærløp

Det bor i underkant av 1800 mennesker i Akersvannets nedbørfelt. Hovedtyngden av befolkningen bor i "kanten" av nedbørfeltet og er kloakkert ut av feltet, delvis en følge av at Akersvannet som drikkevannskilde gjennom lang tid har vært vernet mot forurensning.

Antall fastboende er funnet ved å telle boliger (leiligheter) i de forskjellige hustyper i feltet og multiplisere med antall personer pr. bolig i følge folke- og bolig tellingen i 1980.

Ved Gjennestad Gartnerskole er det internat. Oppgave over antall elever er innhentet fra skolen. Skolen varer i 10 måneder og antatt botid er satt lik 280 dager.

Det er skaffet oppgave via teknisk etat i Stokke over navnet på arbeidsgivere i feltet. Antall arbeidsplasser er dels oppgitt av den enkelte arbeidsgiver, dels av arbeidsformidlingen. Folke- og bolig tellingen i 1980 inneholder også en del opplysninger om pendling ut og inn av Stokke til arbeid.

Det finnes også en del skolependling ut og inn av feltet. Antall elever i barne og ungdomsskolen er satt lik folketallet for årskullene 7-15 år innen feltet etter folke- og bolig tellingen. For den videregående skole er elevtallet satt lik årskullene 16-19 år innen feltet, med fradrag av andel som er i arbeid. Det er antatt at

forholdet mellom elever og totalt folketall er det samme innen feltet som i Stokke forøvrig. Det er ca 20 elever på Gjennestad Gartnerskole som ikke bor på internatet, og alle disse er regnet for å pandle inn. Foruten Gjennestad Gartnerskole finnes det kun en liten skole innen feltet (1-3 klasse) med ca 20 elever som alle rekrutteres innen feltet. Skoleåret er satt lik 200 dager.

Det er fortsatt en del boliger innen den avkloakkerte del av nedbørfeltet som ikke er knyttet til kloakknettet. I forståelse med teknisk etat i Stokke er dette anslått til ca 30 boliger. En arbeidsplass med 52 ansatte er heller ikke tilknyttet.

Forurensningen pr. P.E.(personequivivalent) er satt som i NIVAs Håndbok (Vennerød 1984) som også er benyttet i Miljøvernabdelingens forurensningsregnskap (Wold 1985).

Lekkasjene fra nettet er satt lik 20% for den største delen av bebyggelsen, dvs. den delen som føres ut av feltet nær jernbanen i Stokke sentrum. Det er antatt at ca 30% av lekkasjemengdene når fram til Akersvannet.

Den resterende del av bebyggelsen (ca 15%) går via eldre ledninger til Melsomvik. For denne delen er det anslått en lekkasje på 40% og at 40% av disse lekkasjene når fram til Akersvannet.

Tabell 9 viser forurensning fra befolkning i den avkloakkerte del av Akersvannets nedbørfelt.



Tabell 9. Akersvannet - Forurensning fra den del av befolkningen som er knyttet til kloakknettet.

Antall personekvivalenter (P.E) på årsbasis:		P.E.
Fastboende .....		1.520
Elever som bor i internat: $95 \frac{280}{365}$ .....		73
Pendling ut av feltet minus pendling inn i feltet:		
Til arbeid: $(370-340) \cdot 0,4 \frac{230}{365}$ .....	-	8
Til skole: $(320-20) \cdot 0,2 \frac{200}{365}$ .....	-	32
		<u>1.553</u>
Herav ikke tilknyttet kloakknettet:		
Antar : 30 boliger à 3 personer	= 90 P.E.	
52 arbeidsplasser = $52 \cdot 0,4 \frac{230}{365}$	= 13 "	- 103
Tilknyttet kloakknettet		1.450

Forurensning	P	N	BOF <sub>7</sub>
Produksjon pr.P.E.pr døgn	2,5 g	12 g	70 g
" av befolkningen pr.år	1.322 kg	6.351 kg	37.048 kg
Tilførsel fra " " "	100 "	475 "	2.778 "

Fra den delen av Akersvannets nedbørfelt som ennå ikke er avkloakkert er framgangsmåten som beskrevet over med hensyn til forurensningsproduksjon. Andel av produksjon som tilføres Akersvannet er satt lik 50% for P og BOF<sub>7</sub> og 70% for N.

Tabell 10 viser forurensning fra befolkning i den delen av nedbørfeltet som ennå ikke er avkloakkert.

Tabell 10. Akersvannet - Forurensning fra den del av befolkningen som ikke er tilknyttet kloakknett.

Antall personekvivalenter (P.E.) på årsbasis:			
	P.E.		
Fastboende .....	260		
Pendling ut av feltet minus pendling inn i feltet:			
Til arbeid: $(50-5) \cdot 0,4 \frac{230}{365}$ .....	- 11		
Til skole: $55 \cdot 0,2 \frac{200}{365}$ .....	- 6		
	<hr/> 243		
Hertil kommer antall P.E. som finnes i avkloakkert felt, men som ikke er tilknyttet kloakknett (se tabell 7).....	<hr/> 103		
	<hr/> Ikke tilknyttet kloakknett		
	<hr/> 346		
Forurensning	P	N	BOF 7
Produksjon pr.P.E.pr.døgn	2,5 g	12 g	70 g
" av befolkningen pr.år	316 kg	1.515 kg	8.840 kg
Tilførsel fra " " "	158 "	1.060 "	4.420 "

### 8.2 Forurensning fra husdyrhold

Det er 36 gårdsbruk i Akersvannets nedbørfelt, og ca halvparten driver med husdyr. Antall og fordeling av husdyr er innhentet av herredsaagronomen i Stokke og Sem. Tallene avviker tildels mye fra det som er gitt i Fylkesmannens forurensningsregnskap (Wold 1985). En oversikt over antall husdyr i nedbørfeltet framgår av tabell 11.

Tabell 11. Oversikt over antall husdyr av ulike slag i Akersvannets nedbørfelt, fremskaffet via herredsağronomene i Stokke og Sem kommuner.

Husdyrslag	Stokke	Sem	Totalt
Hester	20	0	20
Melkekuer	40	40	80
Ungdyr av storfe	75	45	120
Avlspurker	250	0	250
Slaktegriser	3300	0	3300
Verpehøns	1000	0	1000
Slaktekyllinger	43500	0	43500
Slaktekalkuner	8700	0	8700

Totalt er det nesten 60.000 husdyr i nedbørfeltet, noe som er et meget høyt tall for et så lite område. Til sammenlikning bor det under 1800 mennesker i det samme området.

Ved beregning av forurensningsproduksjonen fra husdyrene er det i tillegg til koeffisienter angitt i Vennerød (1984) og Wold (1985), brukt dels svenske verdier (Ahl & Wiederholm 1975) og fra NLH (Tveitenes 1985). Dette fordi det ikke finnes egnede tall for alle typer dyr i NIVAs håndbok. I tillegg drives det mye med slaktedyr, slaktegris, slaktekyllinger og slaktekalkuner i Akersvannets nedbørfelt, dvs. dyrene er ikke voksne. Ahl og Wiederholm (1975) og Tveitenes (1985) relaterer forurensningsproduksjonen til kroppsvekt for de ulike dyr, og gir mulighet for beregning av forurensningsproduksjonen fra ikke voksne dyr.

For slaktekalkuner, slaktekyllinger og slaktegriser refererer tallene i tabell 11 til årsproduksjonen av dyr. Det er tatt hensyn til dette ved forurensningsberegningen, idet levetiden for slaktkyllinger er satt til 6 uker, slaktekalkuner til 20 uker, og slaktegriser til 5mnd.

Fra fylkeslandbrukskontoret er det for de aktuelle dyregrupper oppgitt følgende omtrentlige vekter:

Hest	500 kg
Melkeku	550 kg
Ungdyr	200 "
Avlspurker	130 "
Slaktegriser	50 "
Verpehøns	1,5 "
Slaktekyllinger	0,4 "
Slaktekalkuner	2,5 "

Brukes de svenske verdiene (Ahl & Wiederholm 1977) får man en forurensningsproduksjon som vist i tabell 12 A.

Tabell 12A. Forurensningsproduksjon fra husdyr i Akersvannets nedbørfelt basert på koeffisienter gitt i Ahl og Wiederholm (1977).

	<u>Forurensningsproduksjon i kg/år</u>			
	pr. dyr		Totalt	
	Fosfor	Nitrogen	Fosfor	Nitrogen
Hester	9,1	62	182	1240
Melkekuer	9,3	85	744	6800
Ungdyr	3,4	31	408	3720
Avlspurker	5,8	20	1450	5000
Slaktegriser	0,92	3,15	3049	10395
Verpehøns	0,05	0,13	60	130
Slaktekyllinger	0,0018	0,0047	76	206
Slaktekalkuner	0,031	0,084	274	727
Total forurensningsproduksjon			6243	28182

Bruker man imidlertid de nyeste tallene fra Norges Landbrukshøgskole (Tveitnes 1985) får man et forurensningsregnskap fra husdyr som vist i tabell 12B.

Tabell 12B. Forurensningsproduksjon fra husdyr i Akersvannets nedbørfelt basert på koeffisienter gitt ved NLH (Tveitnes 1985).

	Forurensningsproduksjon i kg/år			
	pr. dyr		Totalt	
	Fosfor	Nitrogen	Fosfor	Nitrogen
Hester	8,0	44	160	880
Melkekuer	14,4	86	1152	6880
Ungdyr	6,4	38	768	4560
Avlspurker	8,5	26	2125	6500
Slaktegriser	1,6	4,9	5266	16077
Verpehøns	0,2	0,5	200	500
Slaktekyllinger	0,0014	0,0041	59	176
Slaktekalkuner	0,024	0,072	222	628
Total forurensningsproduksjon			9952	36201

De svenske koeffisientene ga en total fosforproduksjon på 6243 kg P/år, mens de norske ga hele 9952 kg P/år. Hvilke av disse er mest riktige er ikke lett å avgjøre. Det er imidlertid klart at man fører mer med kraftfor i Norge enn i Sverige og derfor må regne med noe mer næringsrik gjødsel. I mangel av noen mulighet for å vurdere denne forskjellen kvantitativt, velges middelverdien for videre betraktninger:

Forurensningsproduksjon fra husdyr i Akersvannets nedbørfelt er beregnet til 8098 kg P/år og 32192 kg N/år.

Til sammenlikning kan nevnes at forurensningsproduksjonen fra befolkning innen feltet er ca 1600 kg p/år og ca 7900 kg N/år.

Hvor mye av denne produksjonen når fram til vassdraget er helt avhengig av hvordan gjødselen disponeres. Man vet at gjødsel som spres i starten av vekstsesongen og under vekstsesongen gir svært liten avrenning. For fosfor er tilbakeholdelsen ofte 98-99%, hvilket er å sammenlikne med de mest avanserte renseanlegg. I Norge er det i prinsippet forbudt å spre gjødsel og silosaft utenom vekstsesongen, og det er påbudt å ha tette gjødsellagre og silokummer. Praksis viser imidlertid at det er vanskelig å etterleve disse påbudene. I beregningene her tar vi utgangspunkt i verdier som er gitt i NIVAS

håndbok, dvs. lekkasjer fra gjødsellagre på 0,15% for fosfor og 0,5 % for nitrogen, samt at all gjødsel spres i vekstsesongen og avrenningen settes lik 1,5% for fosfor og 15,5% for nitrogen. I prinsippet vil dette si tilnærmet ideell gjødselhåndtering, og vi kan da anslå forurensningsmengden fra husdyrgjødsel som antas å nå fram til Akersvannet som angitt i tabell 13.

Tabell 13. Forurensningstilførsel til Akersvannet som stammer fra husdyrgjødsel, forutsatt ideell gjødselhåndtering.

	Fosfor kgP/år	Nitrogen kgN/år
Lekkasjer fra gjødsellagre	12	161
Avrenning fra sommerspredt gjødsel	121	4965
Tilsammen	133	5126

### 8.3 Forurensninger fra silo

Oppgave over nedlagt silomasse er innhentet fra herredsagronomene i Sem og Stokke. Koeffisienter for forurensningsproduksjonen er tatt fra NIVAs håndbok (Vennerød 1984). Lekkasjene er satt lik null. Avrenningsprosentene er satt som for naturgjødsel. Resultatene er gitt i tabell 14.

Tabell 14. Forurensninger fra silo i Akersvannets nedbørfelt. Nedlagt silomasse, produksjon av forurensninger, samt antatt tilførsel til Akersvannet.

Nedlagt silomasse m <sup>3</sup> /år			Produksjon av forurensninger kg/år					
Stokke	Sem	Totalt	pr m <sup>3</sup> silomasse			Totalt		
			P	N	BOF <sub>5</sub>	P	N	BOF <sub>5</sub>
610	550	1160	0,1	0,3	12	116	348	13920
Tilførsel av forurensninger								
			i %			til Akersv. kg/år		
			1,5	15,5	1,0	2	54	139

#### 8.4 Forurensning fra melkerom

Det er her brukt koeffisienter som angitt i NIVAs håndbok (Vennerød 1984). Omregning fra produksjon til tilførsler er gjort ved å anta en middels infiltrasjon av utslippet, 50% retensjon på P og BOF<sub>7</sub> og 20% retensjon for N. Resultatene er gitt i tabell 15.

Tabell 15. Forurensning fra melkerom i Akersvannets nedbørfelt. Antall melkekyr, produksjon av forurensninger, samt antatt tilførsel til Akersvannet.

Antall melkekyr			Produksjon av forurensninger kg/år					
Stokke	Sem	Totalt	pr. ku			Totalt		
			P	N	BOF <sub>5</sub>	P	N	BOF <sub>5</sub>
40	40	80	0,25	0,20	4,1	20	16	328
Tilførsel av forurensninger								
			i %			til Akersv. kg/år		
			50	80	50	10	13	164

### 8.5 Forurensninger fra kunstgjødsel

Opplysninger om forbruk av kunstgjødsel er fremskaffet av fylkeslandbrukskontoret. Avrenningsprosenten er brukt fra NIVAs håndbok (Vennerød 1984) og Fylkesmannens forurensningsregnskap (Wold 1985). Resultatene er gitt i tabell 16.



Tabell 16. Forurensning fra kunstgjødning i Akersvannets nedbørfelt.

Areal dyrket mark	Produksjon av forurensninger kg/år			
	pr. km <sup>2</sup>		Totalt	
5,46 km <sup>2</sup>	P	N	P	N
		3000	10000	16410
	Tilførsel av forurensninger			
	i %		til Akersv. kg/år	
	1,5	15,5	246	8478

### 8.6 Atmosfærisk avsetning av P og N direkte på innsjøoverflaten

I forbindelse med Telemarksundersøkelsene (Rognerud og medarb. 1979) fant NIVA en årlig atmosfærisk fosforavsetning (middel av 18 målesteder) på 34 kg P/km<sup>2</sup>år. Tyrifjordutvalget fant en midlere avsetning (4 målesteder) på 20 kg P/m<sup>2</sup>år (Berge 1983). Akersvannområdet har en nedbørintensitet som ligger mellom de ovennevnte områder, så vi setter 25 kg P/km<sup>2</sup>år som antatt koeffisient for atmosfærisk fosforavsetning.

For nitrogen brukes samme koeffisient som gitt i NIVAs håndbok (Vennerød 1984) som også er anvendt i Fylkesmannens forurensningsregnskap (Wold 1985).

Multiplisert med overflatearealet på 2,3 km<sup>2</sup> får man at Akersvannet tilføres årlig 58 kg P og 1495 kg N via atmosfærisk avsetning, nedbør + tørravsetning.

### 8.7 Bakgrunnsavrenning fra dyrket mark

Det er to måter å beregne avrenning fra jordbruksarealer på. Den ene er å anvende empiriske arealspesifikke avrenningskoeffisienter som inkluderer kunstgjødsel, naturgjødsel, spredning av silosaft m.m. Den andre metoden er å regne med en naturlig bakgrunnsavrenning fra jordbruksområdene, dvs. fra tilsvarende jordsmonn om man tenker seg at det ikke drives jordbruk der. Man finner da den totale avrenningen ved å plusse på den anvendte gjødselmengde multiplisert med en tapsprosent. Denne siste metoden er den mest egnede når man er ute etter å belyse hvilke kilder som betyr mest, noe som er nødvendig når det dreier seg om å foreslå tiltak for å redusere forurensningsbelastningen til innsjøen.

Det finnes lite med data om naturlig bakgrunnsavrenning fra jordbruksområder. Det drives jo i dag jordbruk på alle egnede jordsmonn, og det er praktisk umulig å luke "driftseffekten" fra totalavrenningen ved vanlige avrenningsstudier ute i naturen. På NLH har man tilnærmet seg problemets løsning gjennom lysimetereksperimenter (Uhlen 1973). Det er blitt vanlig å benytte resultatene derfra som naturlig bakgrunnsavrenning fra jordbruksarealer, og anbefales også i NIVAs håndbok (Vennerød 1984) og er brukt i Fylkesmannens forurensningsregnskap (Wold 1985). De samme koeffisienter anvendes her, 8 kg P/km<sup>2</sup>år og 220 kg N/km<sup>2</sup>år.

Naturlig bakgrunnsavrenning fra jordbruksarealene (5,47 km<sup>2</sup>) i Akersvannets nedbørfelt blir da 44 kg P/år og 1203 kg N/år.

### 8.8 Overflateavrenning fra tettsteder

Dette omfatter forurensning fra tettsteder som ikke går inn på det kommunale kloakkledningsnett, gater, gårdsplasser, hager, parker m.m. Det er brukt "Villa"-koeffisientene i NIVAs håndbok, 50 kg P/km<sup>2</sup>år og 350 kgN/km<sup>2</sup>år.

Arealavrenningen fra tettsteder (0,7 km<sup>2</sup>) ble da i alt 35 kg P/år og 245 kg N/år. Regner man med 40% retensjon, vil 21 kg P/år og 147 kg N/år nå fram til Akersvannet.

### 8.9 Avrenning fra skog myr og diverse uproduktive områder

Det er her benyttet koeffisienter som angitt i NIVAs håndbok. De anvendte koeffisientene er de samme for alle tre typer flater, 6,5 kg P/km<sup>2</sup>år, og 220 kg N/km<sup>2</sup>år. Resultatene er gitt i tabell 17.

Tabell 17. Avrenning fra skog, myr og diverse uproduktive områder.

Arealtype	Areal km <sup>2</sup>	Fosfor kgP/år	Nitrogen kg N/år
Skog	2,79	18	614
Myr	0,92	6	202
Uprod. områder	2,02	13	444

### 8.10 Samlet næringssalttilførsel fra ulike aktiviteter.

I tabell 18 har vi summert opp de ulike kildene til nitrogen og fosfortilførsel til Akersvannet basert på ovenstående aktivitetsanalyse.

Tabell 18. Samlede tilførsler av fosfor og nitrogen til Akersvannet fra ulike aktiviteter.

	Fosfor		Nitrogen	
	kg P/år	%	kg N/år	%
=====				
NATURLIGE KILDER				
Nedbør direkte på innsjøen	58	7,1	1495	7,7
Skog, myr, m.m.	37	4,6	1260	6,5
Bakgr.avrenning fra dyrket mark	44	5,4	1203	6,2
SUM NATURLIGE KILDER	139	17,2	3958	20,5
JORDBRUK				
Silolekkasjer	0	0	0	0
Melkeromsavrenning	10	1,2	13	0,07
Gjødsellagre, lekkasjer	12	1,5	161	0,8
Sommerspredt gjødsel	121	15,0	4965	25,7
Vinterspredd gjødsel	0	0	0	0
Kunstgjødsel	246	30,4	8478	43,9
Silosafspredning	2	0,2	54	0,3
SUM JORDBRUK	391	48,3	13671	70,8
BEFOLKNING				
Tettstedsarealer	21	2,6	147	0,76
Lekkasjer fra avløpsnett	100	12,4	475	2,5
Ikke tilknyttet avløpsnett	158	19,5	1060	5,5
SUM BEFOLKNING	279	34,5	1682	8,7
INDUSTRI	0	0	0	0
TOTAL TILFØRSEL TIL AKERSVANNET	809		19311	
=====				

Det er mange usikkerheter i et slikt teoretisk forurensningsbudsjett og de enkelte tall må ikke tas som absolutte sannheter. De bør imidlertid kunne gi et noenlunde riktig bilde av størrelsesorden av de ulike kilders bidrag.

Noen vil kanskje savne bidraget fra jorderosjon i dette bildet. Det ligger til en viss grad implisitt i regnestykket, under bakgrunnsavrenning fra jordbruksområder, og avrenning av gjødsel. Når man feks. måler fosfortransport i en jordbruksbekk, finner man gjerne at den totale transporten tilsvarer 2-3% av anvendt gjødselmengde innen feltet, i spesielle tilfeller kan det være mer, feks. på Jæren (Faafeng et al 1985). Deler av denne transporten skyldes gjødsling, og deler skyldes erosjon, mens kanskje det meste skyldes en kombinasjon. Dvs. gjødsel fosforet bindes til jordpartikler, som transporteres tilvassdraget som følge av den økte erosjon som moderne jordbearbeiding medfører. Å skille disse kategoriene fra hverandre er nærmest umulig. Det er mulig at vi burde ha med et lite ekstra bidrag fra erosjon, men med det materialet vi har for hånden, har vi ingen mulighet til å kvantifisere det. Hadde man hatt jevnlig transportmålinger i bekkene kunne man fått en peiling på dette ved differanseregnskap. Vi har imidlertid bare 2 observasjonsserier av konsentrasjoner i bekkene og ingen vannføringsmålinger.

Den alternative metode å beregne næringssaltbidrag fra landbruk, er å anvende empiriske arealspesifikke avrenningskoeffisienter som inkluderer alle aktiviteter untatt boligkloakken fra gårdsbrukene. Tar vi den totale tilførslen vi estimerte kom fra landbruksaktiviteter i tabell 18, 391 kgP/år, og dividerer på det dyrkede arealet i nedbørfeltet, 5,47 km<sup>2</sup>, får vi en avrenningskoeffisient på 71,5 kgP/km<sup>2</sup>år. Denne er nærmest identisk med hva NIVA fant som middelerdi for 13 tilsvarende jordbruksarealer i Bø/Gvarv-området i Telemark (Rognerud et al 1979).

I kapittel 9 og 10 har vi estimert fosfortilførslene via analyser i bekkene og fosforbelastningsmodeller og oppnådd verdier av samme størrelsesorden som her (fra 760kg-896 kgP/år). Fylkesmannens forurensningsregnskap for Akersvannet gav også tilsvarende tall (Wold 1985).

De naturlige kildene utgjør bare 17% av fosfortilførslene og 20% av nitrogentilførslene, noe som anskueliggjør at det kanskje ikke er så rart at innsjøens vannkvalitet har et klart forurenset preg.

Jordbruket er den klart største enkeltkilden til forurensning, og står for hhv. 48% av fosfortilførslene og 71% av nitrogentilførslene. Trekker man fra de naturlige tilførslene, bidrar jordbruket med 58% av forurensningene mht fosfor og hele 89% med hensyn til nitrogen.

En av hovedårsakene til jordbrukets store bidrag er at dette, imotsetning til annen forurensende virksomhet, mer eller mindre har fått utvikle seg fritt. "Vanlig forurensning fra landbruk" er unntatt fra Forurensningsloven. Begrepet "vanlig" har forandret seg meget med årene. Det har skjedd , og skjer fortsatt, en stadig økning av gjødselforbruket. Naturgjødselen som før var ansett som en ressurs, betraktes nå hovedsaklig som et avfallsproblem. I tråd med dette kjøres den nå for det meste ut om høsten, og man bruker kunstgjødsel om våren i stedet. Resultatet er at det, særlig i husdyrområder, skjer en kraftig overgjødsling. Det tilføres og produseres mer forurensning i nedbørfeltet enn jorda kan omsette. Overskuddet havner delvis i vassdraget. Både ut fra forurensnings- og ressurs synspunkt er dette forkastlig.

Nedenstående vurderinger vil gi et inntrykk av overgjødslingen i Akersvannets nedbørfelt. Den totale mengde gjødsel som anvendes i feltet er gitt i tabell 19.

Tabell 19. Gjødselmengde som i dag anvendes i Akersvannets nedbørfelt

	Fosfor kg P/år	Nitrogen kg N/år
Total naturgjødselproduksjon	8098	32192
Totalt forbruk av kunstgjødsel	16410	54700
Total silosaftmengde	116	348
Sum gjødselmengde	24624	87240

Fordeles dette på dyrket mark, 5,47 km<sup>2</sup>, får man at det anvendes ca 4502 kg P/km<sup>2</sup> og 15949 kg N/km<sup>2</sup>. anbefalt gjødselmengde, f.eks. til kornproduksjon, er 52 kg fullgjødsel (21-4-10) pr. dekar, som tilsvarer 1800 kg P/km<sup>2</sup> og 11000 kg N/km<sup>2</sup> (Ivar Aasen, Institutt for jordkultur, NLH, pers. medd.). På fosforrik jord anbefales det brukt fullgjødsel (25-3-6) tilsvarende 1200 kgP/km<sup>2</sup> og 10000 kgN/km<sup>2</sup>. Av denne enkle sammenlikningen fremgår det altså at jordene rundt Akersvannet overgjødsles . betydelig grad.

Trolig har jorda rundt Akersvannet vært overgjødslet i lang tid, dvs. jorden har akkumulert en næringsriktighet som gjør at man kan gå betydelig ned i gjødselmengde før man får negativt resultat på avlingen. I alle fall gjelder dette fosfor.

## 9 FORURENSNINGER I INNLØPSBEKKENE

### 9.1 Vannkvaliteten i innløpsbekkene.

Det er i alt 8 definerte innløpsbekker til Akersvannet, hvorav kun to har navn som er nevnt på kartet, nemlig Grimestadbekken og Haslestadbekken. Utløpsbekken heter Melsombekken. Flere av bekkene er delvis lukket. Vi har satt navn på de resterende 6 bekker etter området de drenerer. Bekkenes plassering er gitt i fig.13.

Det er gjort 2 observasjoner i bekkene, nemlig 12.11.85 og 26.2.86. Resultatene er ført opp i tabell 20.

De aller fleste bekkene må betraktes som sterkt forurensede, med høye fosfor og nitrogenkonsentrasjoner. I flere bekker er det også høyt nitrittinnhold, noe som tyder på ferske utslipp, dvs. punktkilder, av lett nedbrytbart organisk materiale, f.eks. kloakk eller husdyrgjødsel. Det er ikke foretatt noen befaring langs bekkene for å forsøke å avdekke de direkte kildene til forurensning i de enkelte tilfeller.

6 bekker er særlig sterkt forurensede, Gilebekken, Grimestadbekken, Akersmyrbekken, Haslestadbekken, Råstadbekken og Eldrebekken. De 2 gjenværende, Buerbekken Syd og Buerbekken Nord er mye bedre.

Bekk nr.6, Buerbekken Syd skiller seg spesielt fra de andre bekkene ved at den har svært lave fosforkonsentrasjoner, mens nitrogenkonsentrasjonene er høye. Dette tyder på at den er foret med nitrogenforurenset grunnvann. Nitrogenet stammer trolig fra jordbruksområdene på Raet. Fosforet holdes igjen i moreneavsetningene mens nitrogenet vaskes gjennom.

Det er relevant å spørre hvor representative disse to prøveseriene er for forurensningssituasjonen i bekkene. Høsten er ofte en periode da mye landbruksforurensninger tilføres vassdragene. Jordene er pløyde, nedbøren er ofte stor, noe som øker eroderbarheten kraftig. Ofte er det kjørt ut møkk før vinteren. Særlig parametre som er knyttet til erosjonsaktivitet er høye i slike perioder, f.eks. total fosfor, mens løste stoffer, som f.eks. ortofosfat, gjerne blir lave som følge av



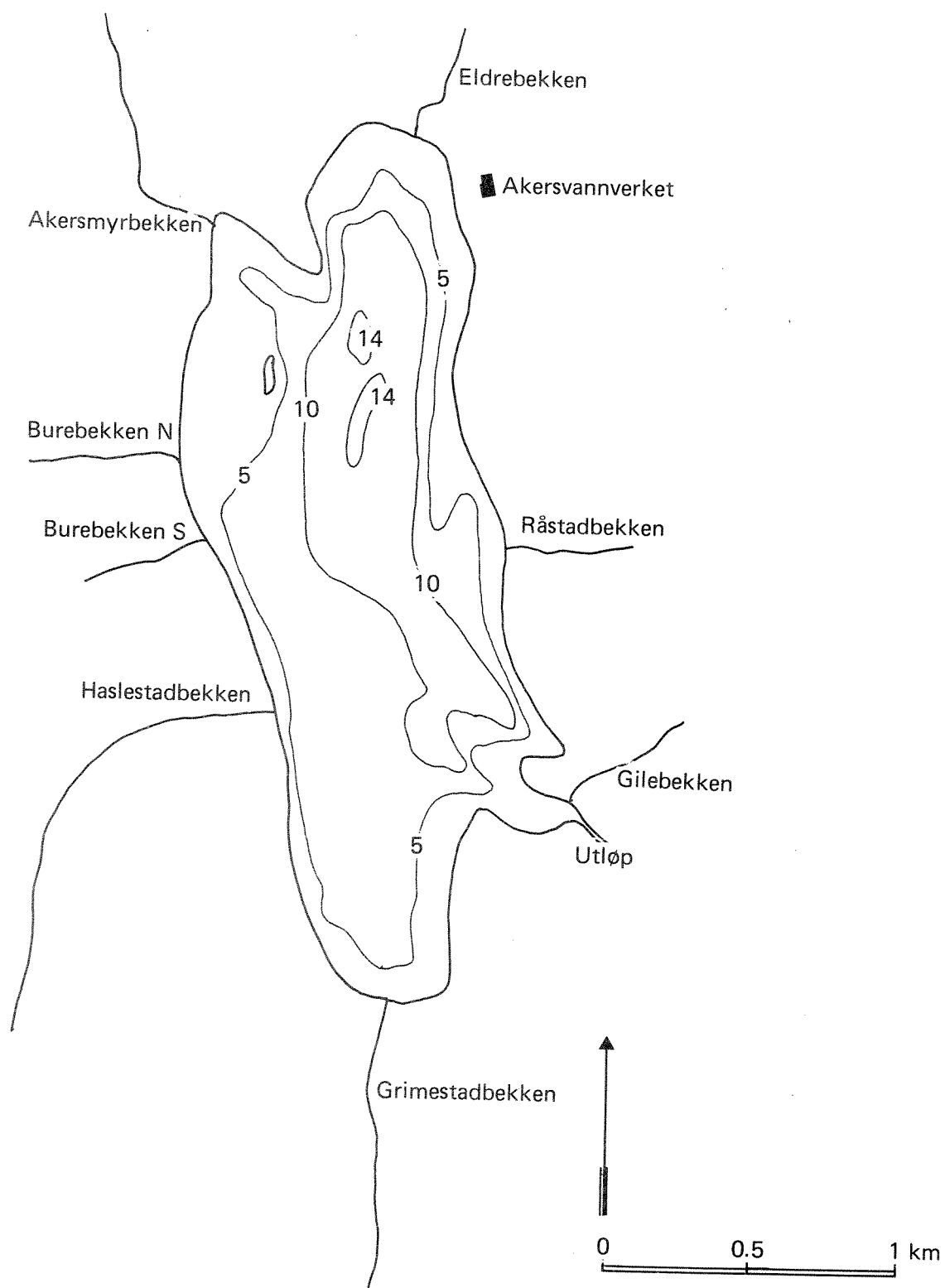


Fig. 13. Oversikt over Akersvannets tilløpsbekker.

fortynning.

Midtvinteres er vannføringen i vassdragene liten, en følge av at nedbøren magasineres i form av snø. Markoverflaten er dessuten frossen, noe som fører til at overflateavrenning og erosjonsaktivitet er minimal. Konsentrasjonene av stoffer som assosieres til jordpartikler f.eks. fosfor, blir da normalt lave. Det er kun punktkilder som kan forårsake høye konsentrasjoner i slike perioder.

De fleste bekkene har mye høyere konsentrasjoner midtvinters enn om høsten. Sett i lys av ovennevnte resonnementer er det da bare Buerbekkene som ikke mottar punktutslipp av betydning.

Det er vanskelig å vurdere hvordan årsmiddelkonsentrasjonen av f.eks. fosfor i bekkene ligger i forhold til de målingene vi har gjort. Trolig er novemberverdiene mer representative enn de fra februar, som følge av at avrenningen da, vurdert ut fra meteorologiske forhold, i mindre grad avvek fra normalavrenningen enn i kuldeperioden i februar.

Den kraftige økningen av forurensningen i Eldrebekken, Haslestadbekken og Akersmyrbekken fra november til februar kan tyde på at det er gjødsellagre som har gått fulle slik at det overskytende går rett ut i vassdraget.

Med unntak av Buerbekkene må Akersvannets tilløpsbekker sies å være sterkt forurensede.

Tabell 20. Prøveresultater fra Akersvannets tilløpsbekker

	Tot fosfor		Ortofosfat		Tot N		NO <sub>2</sub>	
	µg P/l		µg P/l		µg N/l		µN/l	
	12/11	26/2	12/11	26/2	12/11	26/2	12/11	26/2
	85	86	85	86	85	86	85	86
1. Eldrebekken	20	380	4	340	1400	4700	<10	28
2. Råstadbekken	120	-	92	-	8100	-	<10	-
3. Gilebekken	460	180	200	52	6600	26000	65	200
4. Grimestadbekken*	119	310	93	270	3900	4200	24	43
5. Haslestadbekken	66	550	42	510	7900	10500	20	18
6. Buerbekken Syd	9	-	6	-	13600	-	<10	-
7. Buerbekken Nord	25	21	6	11	6600	2720	<10	<10
8. Akersmyrbekken	160	325	110	280	9400	4700	50	14

\*) Prøven fra Grimestadbekken den 12/11-85 har vist seg å være feil. Det ble derfor tatt en kontrollprøve fra bekken den 12/3-86, og det er verdiene fra denne dato som er ført opp i venstre kolonne. I de videre beregninger har vi for denne bekken benyttet middelverdien av analyseresultatene fra 26/2-86 og 12/3-86.

### 9.2 Hvor mye betyr disse bekkene for Akersvannets fosforbelastning

Den eneste måten å få et fullgodt svar på dette hadde vært å måle konsentrasjoner og vannføring i bekkene jevnt utover året. Dette har det ikke vært rom for i prosjektet. Vi kan imidlertid gjøre noen beregninger som vil si noe om det er mye eller lite.

Bekkene er små, de ligger i relativt flatt landskap hvor de fores med både dreneringsvann og grunnvann. Det er derfor ikke lett å avgrense bekkenes nedbørfelt korrekt. I tabell 21 vises resultatet av en grov planimetrering av de enkelte bekkers nedbørfelt. Det er mulig at dette er 10-30% overestimering av de reelle felter, da en større andel av de lokale felters nedre deler kan drenere direkte til innsjøen enn det vi har antatt.

Ut fra områdets middelavrenning ( $20 \text{ l/km}^2\text{sek}$ ) kan vi beregne vannføringen i bekkene, se tabell 22.

Antas videre at de observerte konsentrasjoner i novemberprøvene (den minst forurensningspregete prøveserien) er i nærheten av årsmiddelkonsentrasjonen, og denne multipliseres med årlig avløp, fremkommer fosfortransportverdier for bekkene, se tabell 23.

Tabell 21. En grov beregning av nedbørfeltarealet til de enkelte  
bekker

Navn	Areal km <sup>2</sup>
Grimestadbekken	3,1
Haslestadbekken	2,5
Akersmyrbekken	2,3
Buerbekken Syd	0,4
Buerbekken Nord	0,4
Eldrebekken	0,6
Råstadbekken	0,2
Gilebekken	0,1
Tilsammen	9,6

Tabell 22. Beregnet vannføring i Akersvannets innløpsbekker

Navn	Middelvannføring	Arlig avløp
Grimestadbekken	62 l/sek	1,95x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år
Haslestadbekken	50 "	1,58 "
Akersmyrbekken	46 "	1,45 "
Buerbekken Syd	8 "	0,25 "
Buerbekken Nord	8 "	0,25 "
Eldrebekken	12 "	0,38 "
Råstadbekken	4 "	0,13 "
Gilebekken	2 "	0,063 "

Tabell 23. Årlig fosfortransport i de angitt bekker.

Navn	kgP/år
Grimestadbekken	417
Haslestadbekken	104
Akersmyrbekken	232
Buerbekken Syd	2,25
Buerbekken Nord	6,25
Eldrebekken	7,6
Råstadbekken	15,6
Gilebekken	29,0
Tilsammen tilføres via bekker	813

Bekkenes nedbørfelt utgjør  $9,6 \text{ km}^2$  av et terrestrisk felt på ca  $11,5 \text{ km}^2$ . Tilbake står da  $1,9 \text{ km}^2$ . Antar vi at infiltrasjonsvannet har en P-konsentrasjon på ca  $20 \mu\text{g P/l}$ , dvs. omtrent som middelet av de minst forurensede bekkene, kan det beregnes at det tilføres ca  $23 \text{ kg P/år}$  via infiltrasjon/sigevann direkte til innsjøen.

Antar man videre at tilførslene direkte på overflaten via nedbør og tørravsetning er ca  $25 \text{ kg P/km}^2\text{år}$  (Rognerud et al 1979, Berge 1983) får man på Akersvannets  $2,4 \text{ km}^2$  overflate tilført  $60 \text{ kg P/år}$ .

Den totale fosfortilførselen til Akersvannet blir da:

Via bekker	813 kg P/år = 91,3%
Via sigevann	23 " " = 2,4%
Via nedbør og tørravsetning	
<u>direkte på innsjøoverflate</u>	<u>60 " " = 6,3%</u>
Tilsammen	896 kg P/år

Dette er ikke vesensforskjellig fra den tilførslen man fikk ved forurensningsregnskapet, se tabell 18. I følge dette regnestykket kommer altså vel 90% av fosforet via bekkene. Tar man inn usikkerhetene nevnt foran er det allikevel åpenbart at en meget vesentlig del av fosfortilførslene transporteres til Akersvannet via bekkene. Bekkevannets høye konsentrasjoner av løste næringssalter tyder på at det skjer direkte utslipp til disse.

En sannering av samtlige punktkilder til de største bekkene vil derfor være et svært aktuelt tiltak.

### 9.3 Konklusjon

Akersvannets tilløpsbekker er sterkt forurenset med plantenærings-salter. En enkel beregning antyder at en meget vesentlig del av Akersvannets forurensninger transporteres via disse bekkene. De høye konsentrasjonene av løste plantenærings-salter, f.eks. ortofosfat, tyder på at bekkene mottar direkte utslipp, trolig fra gjødsellagre og boligkloakk. Tiltak i og langs bekkene synes derfor å være svært aktuelle tiltak.

## 10 MODELLBASERT BEREGNING AV FOSFORTILFØRSLENE TIL AKERSVANNET

Alle kjente tilfeller av innsjøeutrofiering har økning av eksterne fosfortilførsler som primærårsak. Denne erkjennelse ga anstøtet til utvikling av såkalte fosforbelastningsmodeller, som koplet eutrofiutviklingen til fosforbelastning gjennom kvantifiserbare matematiske relasjoner. Størst generell gyldighet, og derfor mest benyttet i forvaltningssammenheng, har de enkle empiriske modeller av "Vollenweidertypen". Vollenweiders arbeid fra 1976 er særlig mye benyttet.

Vi skal i det følgende ta utgangspunkt i observasjoner i Akersvannets fri vannmasser og regne tilbake å finne hvor mye tilførslene må være for at konsentrasjonen i sjøen er det den er. Vi bruker da Vollenweider (1976) og Larsen & Mercier (1975).

### 10.1 Fosfortilførsler etter Vollenweider 1976

Vollenweider definerer sammenhengen mellom fosforkonsentrasjonen i innsjøen  $[P]_{\lambda}$  og fosforkonsentrasjonen i innløpene  $[P]_i$  ved følgende uttrykk.

$$[P]_i = [P]_{\lambda} \cdot (1 + \tau_w)$$

$\tau_w$  = vannets oppholdstid (år).

Setter man inn den middelkonsentrasjonen av totalfosfor vi fant for Akersvannet, 38  $\mu\text{g P/l}$ , og oppholdstiden  $\tau_w = 1,7$  år, får vi at middelkonsentrasjonen av totP i tilløpene er ca 87,5  $\mu\text{g P/l}$ . Multipliseres denne med årlig vanntilførsel,  $Q_w = 8,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ , får man at:

Fosfortilførselen til Akersvannet er ca 760 kg P/år

## 10.2 Fosfortilførsler etter Larsen og Mercier (1975)

Disse fant ved analyse av et stort datamateriale fram til at en innsjø's tilbakeholdelse av fosfor (retensjon) vesentlig var en funksjon av innsjøens hydrologiske egenskaper. Dette fungerte over et stort spenn av næringsstatus, og har vist seg også å passe godt for norske innsjøer. Fosforretensjonen R gis ved følgende formel:

$$R = \frac{1}{1 + \rho w^1 \cdot 2}$$

der  $\rho w$  = gjennomstrømming (flustringrate,  $\text{år}^{-1}$ ). Flustringrate for Akersvatn er  $0,59 \text{ år}^{-1}$ , og innsatt gir dette at 57% av fosforet som tilføres Akersvatn holdes tilbake i sjøen ( $R = 0,57$ ).

Antar vi nå at fosforkonsentrasjonen i det vann som renner ut av innsjøen er den samme som den middelkonsentrasjonen vi målte i sjøen, er det bare å sette inn i den generelle retensjonslikningen og løse den mhp  $P_{\text{inn}}$ .

$$P_{\text{inn}} - R \cdot P_{\text{inn}} = P_{\text{ut}}$$

der  $P_{\text{inn}}$  = fosfortilførsler

$R \cdot P_{\text{inn}}$  = fosfor som holdes tilbake

$P_{\text{ut}}$  = fosfor som renner ut av sjøen

$$P_{\text{inn}} = \frac{P_{\text{ut}}}{1-R} = \frac{[P] \lambda \cdot Q_w}{1-R}$$

$$P_{\text{inn}} = 770 \text{ kg P/år}$$

=====



### 10.3 Kommentarer til beregningene

Det bør bemerkes at det er en overvekt av store sjiktede innsjøer i det empiriske datagrunnlaget til de fleste fosforbelastningsmodellene. Av de to vi har anvendt gjelder det særlig den første. Det er mulig at beregningene for Akersvannet er underestimert noe, som følge av at de store makrovegetasjonsbeltene i strandsonen har en næringsfiltrerende effekt som modellene ikke har innebygget korreksjon for.

## 11. NØDVENDIG REDUKSJON AV FOSFORTILFØRSLENE

Akersvannet er kraftig eutrofiert (overgjødslet), en følge av for store tilførsler av plantenæringsstoffer fra nedbørfeltet. Først og fremst er det fosfor som styrer biomasseutviklingen av planteplankton selv om nitrogen også er et viktig plantenæringsstoff. Det er vanlig å anta at fosfor er biomassebegrensende for planteplankton ved N:P forhold i vannmassene på 12 og mer (cf. Dillon og Rigler 1974). I Akersvannet ligger dette forholdet stort sett mellom 30 og 50, hvilket gjør det helt innlysende at fosfor er den drivende faktor bak eutrofieringen.

I de foregående kapitler har vi beregnet fosfortilførslene til Akersvannet på tre forskjellige måter, via teoretisk vurdering av forurensende aktiviteter i nedbørfeltet, via fosforbelastningsmodeller og via analyser i tilløpsbekkene. Resultatene har variert fra 760-896 kg P/år. Hvilket tall som er mest riktig, er ikke lett å avgjøre, men høyst trolig befinner vi oss i den riktige størrelsesorden. Vi velger derfor en midlere verdi for videre beregninger:

Akersvannets midlere forforbelastning = 810 kg P/år  
 =====

Blir det for mye alger i naturlige innsjøsystemer, inntreer det nærmest alltid omslag til blågrønnalger, noe som skaper problemer både for innsjøens eget økosystem og for innsjøens bruksverdi. Hvilke blågrønnalger som slår til til ulike tider og i ulike innsjøer er for en stor del en uløst gåte, og vil være det i mange år ennå (se side 48). Innenfor nåværende kunnskapsnivå er det klart at:

Den eneste sikre måten å bli kvitt problemene med den giftproduserende blågrønnalgen *Microcystis aeruginosa* i Akersvannet er å redusere næringsstatusen i innsjøen til under det nivå der blågrønnalgene inntreer i nevneverdig omfang.

I fig.14 er det fremstilt fosforkonsentrasjoner fra en del lavlandssjøer i Vestfold som det kan være naturlig og sammenlikne med. De er alle av typen som lokalt kalles "grunne gjeddevann" med rik makrovegetasjon rundt. Problemer med blågrønnalger er det først og fremst i Akersvann, Hillestadvatn og delvis Haugestadvatn. Vikevann, som ligger rett nedstrøms Haugestadvatn i Eikernvassdraget kan ha et visst innslag i perioder, men dette er trolig mer et resultat av

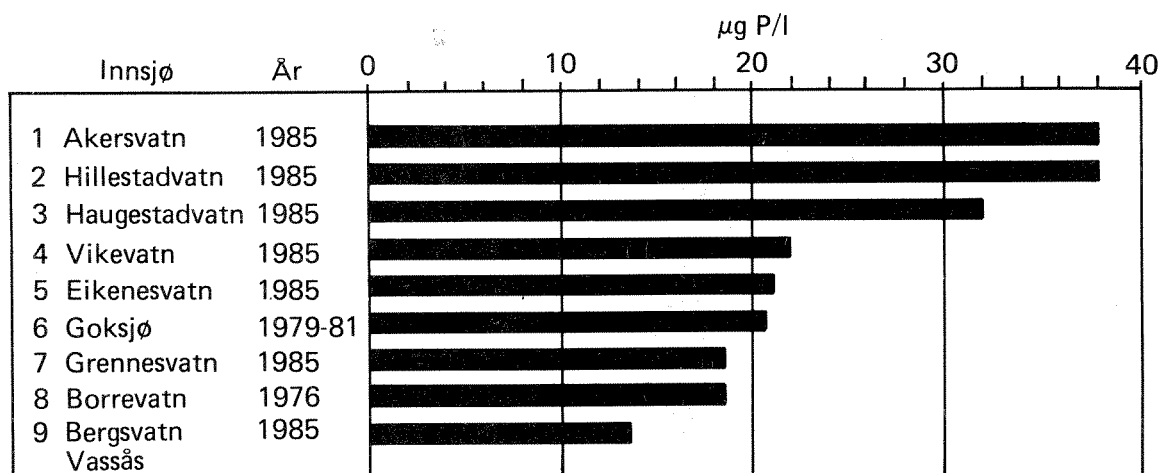


Fig. 14. Midlere konsentrasjoner av total fosfor i en del eutrofe innsjøer i Vestfold (midlet over produksjonssjiktet og perioden mai-sept.).

inokulering (poding) fra Haugestadvatn enn at Vikevatn er en blågrønnalgesjø. Overgangen til blågrønnalgesamfunn i denne type innsjøer ser altså ut til å skje mellom 20 og 30 µg P/l målt som middelværdi. Vi kan derfor sette opp en målsetting i 2 ambisjonsnivåer.

Ambisjonsnivå 1. Bringe innsjøen ned i 30 µg P/l som middel. Sannsynligvis vil da blågrønnalgeproblemerkene bli vesentlig redusert. Tillatelig fosforbelastning kan da beregnes til 607 kgP/år, hvilket krever en reduksjon av dagens tilførsler på ca 25%.

Ambisjonsnivå 2. Bringe innsjøen ned i 20 µg P/l som middel. Man kan da med overveiende stor sannsynlighet anta at blågrønnalgene ikke lenger vil være noen mengdemessig betydningsfull gruppe i planteplankton-samfunnet. Tillatelig belastning kan da beregnes til ca 404 kgP/år, hvilket krever en reduksjon av dagens fosforbelastning på ca 50%.

=====  
Som utgangspunkt for et eventuelt rehabiliteringsarbeid bør det være relevant å sette det som målsetting å komme ned i en fosforbelastning på 500 kgP/år. Dette tilsvarer en reduksjon av dagens belastning på 38%.  
=====

Dette er en noe større reduksjon enn det Løvstad (1985) foreskriver. Årsakene til dette avviket kan blant annet skyldes at Løvstad i det alt vesentlige baserer seg på den relativt gunstige algesituasjonen man hadde i 1985. Det var betydelig mindre blågrønnalger i Akersvannet dette år enn f.eks. da SIFF gjorde sin undersøkelse i 1983 (Weideborg 1984). Våre beregninger baserer seg på å komme ned i næringsnivåer der blågrønnalger som gruppe høyst sannsynlig vil bli mengdemessig ubetydelig i planktonsamfunnet. Det er trolig at de giftproduserende stammene kan forsvinne før disse nivåer er nådd.

## 12. HVORDAN REDDE AKERSVANNET?

### 12.1 Utarbeidelse av handlingsplan

Det er ingen tvil om at den alvorlige forurensningssituasjonen i Akersvannet skyldes for store tilførsler av plantenæringsstoffer, hvor fosfor er nøkkelfaktoren. Alle resultater, både fra de frie vannmassene og fra sedimentundersøkelsene tyder klart og entydig på at forurensningssituasjonen i Akersvannet er reversibel. Dvs., greier man å redusere tilførslene, vil situasjonen i innsjøen raskt bedres. Fosfortilførslene til vannet må reduseres med ca 38 % for at økologisk stabile tilstander skal gjenopprettes, og blågrønnalgeproblemene forsvinne. Enhver reduksjon av næringssalttilførslen vil imidlertid bedre på situasjonen.

Oversikten over forurensningsproduksjonen i nedbørfeltet, og fordelingen av denne, viste klart at jordbruket er største kilde, men også at det kommer urensset sanitærløp ut i vassdraget. Hvor mye av de ulike kilder som havner i vassdraget er det imidlertid vanskelig å gjøre noe eksakt anslag over. Siden fire forskjellige beregningsmåter gav noenlunde samme resultat (760-896 kgP/år), er antakelig anslaget i nærheten av sann verdi. Det store spørsmålet er hvorvidt forurensningsproduksjonen i Akersvannets nedbørfelt er større enn det feltet kan omsette uten at for mye havner i Akersvannet, uansett hvilke tiltak man setter inn på tillførselsida. Alternativet er da å sette begrensninger på forurensningsproduksjonen innen feltet. I så fall er det høyst trolig at man må inn med klausuleringsbestemmelser og erstatningsskjønn. Det er nemlig mulig at noen av de skisserte tiltak vil kunne ramme deler av jordbruksdriften økonomisk.

I denne presentasjonen er det ikke gjort noen inngående diskusjon omkring den rent juridiske gjennomførbarheten av de ulike tiltak. Heller ikke det økonomiske aspektet er vurdert. Vi gir kun en oversikt over tiltak vi mener er aktuelle, og prøver å gi en enkel vurdering av effekten i den grad det er mulig med vår nåværende kjennskap til forholdene i og rundt Akersvannet. Før man går igang med for mange tiltak, bør det utarbeides en prioritert handlingsplan der både de økonomiske, juridiske og effektmessige sider er grundig utredet. Det kan ellers hende at man bruker en masse tid og penger på tiltak som

man burde vite ikke ville føre frem.

I henhold til Plan- og Bygningsloven er det kommunene som har ansvaret for utarbeidelse av vannbruksplaner. I Akersvannet er imidlertid både brukerinteresser og ansvar knyttet til betydelig større områder enn Sem og Stokke kommuner. Som eksempel kan nevnes at Fylkeskommunen har ansvaret for utarbeidelse av vannforsyningsplan for Vestfold, et arbeid de har kommet relativt langt med allerede. Fylkesmannen har ansvaret for at det ikke forurenses utover det som tillates etter Forurensningsloven m/ forskrifter. Han har også ansvaret for at fredningsbestemmelsene i naturreservatet ved Akersvannet etterleves. Naturreservatet har nasjonal interesse. Vestfold interkommunale vannverk har ansvaret for at abonnentene får tilfredsstillende vann til enhver tid. Statens institutt for folkehelse fører tilsyn med vannverket og kan gi dette pålegg om tiltak dersom ikke abonnentene får vann av tilfredsstillende kvalitet, alternativt kan de trekke godkjenningen tilbake. De 6 VIV-kommunene som har Akersvannet som reservevannkilde, er alle interessert i at Akersvannverket kan levere tilfredsstillende vann. Det er imidlertid klart at Sem og Stokke kommuner har langt flere brukerinteresser knyttet til Akersvannet m/nedbørfelt enn de andre fire. Problemet er at en del av aktivitetene i nedbørfeltet produserer forurensninger, og at for mye av disse havner i Akersvannet.

Det videre arbeid med vannbruksplan/handlingsplan bør administreres av planmyndighetene i området, Sem og Stokke kommuner, med deltakelse fra de andre berørte VIV-kommuner, samt fylkeskommunen. Handlingsplanen bør knyttes til vannforsyningsplanen for Vestfold, samt til kommuneplanene for Sem og Stokke. Det bør nedsettes et styringsutvalg bestående av politisk valgte representanter fra de nevnte instanser.

Den videre organiseringen av planarbeidet er det noe tidlig å trekke opp her, men det kan være rasjonelt at styringsutvalget legger under seg en faggruppe som står for den praktiske utarbeidelsen av tiltaksplanen. Denne bør ha representanter fra de viktigste brukerinteressentene til vannet, som vannverket, landbruksetaten, teknisk etat, helsemyndighetene, miljøvernmyndighetene i fylket, Statens institutt for folkehelse, samt eventuelle konsulenter.

Vannbruksplanen med handlingsplan bør føres frem til et politisk stadfestet plandokument som regulerer bruken av Akersvannet med nedbørfelt på en slik måte at brukerinteressene tilfredsstilles i størst mulig grad.

## 12.2 Tiltak som kan være aktuelle

Under er det satt opp en liste over tiltak som kan tenkes nyttet for å bedre forurensningssituasjonen i Akersvannet.

1. Stans i all ny utbygging innen Akersvannets nedbørfelt.
2. Alle punktkilder saneres i tråd med gjeldene forskrifter.

Gjødselkjellere  
Siloer  
Melkerom  
Fjøs  
Ev. avfallsdeponier  
Sanitæravløp  
Veksthus

3. Vegetasjonssoner langs bekker og strender.
4. Innfiltrasjonsgrøfter og voller ved bekkeutløpene.
5. Renseanlegg i bekkene.
6. Heving av vannstand til gammelt nivå.
7. Gjennomspyling med overskuddsvann fra Farris i vinterhalvåret.
8. Utbygging av Akersvannverkets renseanlegg.
9. Sprøyting av vannet med herbicider.
10. Luke ut småfisken.
11. Endrede pløyerutiner.
12. Det tillates kun vårspredning av naturgjødsel.
13. Gjødsellagere må utvides til 12 måneders kapasitet.
14. Det settes begrensninger på gjødsling, dvs. unødvendig overgjødsling tillates ikke (utarbeidelse av gjødselplan).

15. Husdyrholdet begrenses etter tilgjengelig spredningsareal for gjødsel.

### 12.3 Kommentarer til punktene

#### 12.3.1 Stans i all nyutbygging innen Akersvannets nedbørfelt

Nye utbyggingstiltak, f.eks. boligbebyggelse, industrietablering osv., bør ikke tillates i Akersvannets nedbørfelt p.g.a. faren for økte forurensningstilførsler.

Ny stedbunden bebyggelse på gårdsbrukene bør pålegges strenge avløpstekniske tiltak.

Nydyrking innenfor nedbørfeltet bør forbys. Andre tiltak innen landbruket bør også vurderes strengt ut fra et forurensningsmessig synspunkt.

#### 12.3.2 Punktkilder

NIVA fant ved undersøkelse av avrenning fra 13 jordbruksfelter i Bø i Telemark (Rognerud og medarb. 1979) i 1978-79 at OrtoP utgjorde bare ca 20% av den totale fosfortransporten regnet som middel. I felter helt uten punktkilder var andelen av ortofosfat enda lavere. Jordbruksområdene i Bødalen ligger også på marin leire og burde således være sammenliknbare med områdene rundt Akersvannet rent jordsmonnsmessig. Ved vinterobservasjonene i Akersvannets tilløpsbekker utgjorde ortofosfat jamt over 90% av totalen, med unntak av Buerbekkene. I den største bekken, Haslestadbekken, var 510 µg P/l som ortofosfat av en total fosforkonsentrasjon på 550 µg P/l. Det er helt umulig at slike konsentrasjoner med en slik fordeling kan komme fra arealavrenning. De må komme som direkte utslipp fra punktkilder.

Teoretisk bør man kunne redusere punktkildene såpass at orto-P ikke vil utgjøre mer enn 30-40% av totP. For de aller fleste bekkene vil dette føre til reduksjoner i transporten på bortimot 50%. På side 75 ble det beregnet at Akersvannet tilføres over 800 kgP/år via bekkene.



Det man trengte for å bli kvitt blågrønnalgeproblemet i Akersvannet var en reduksjon av tilførslene på ca 300 kg P/år. For eksempel kan nevnes at i det teoretiske forurensningsregnskapet (side 75) utgjør punktkilder 280 kg P/år. I følge ovennevnte resonnement kan det se ut som om sanering av punktkildene til bekkene kan være tilstrekkelig for å oppnå ønsket reduksjon. Denne betraktningen er imidlertid svært usikker. Sanering av punktkilder bør være tiltak nr.1.

Bekker og strandsone må nøye inventeres og alle punktkilder registreres. Ingen direkte avløp, hverken på overflata eller i lukket rør må tillates hverken til bekkene eller til innsjøen. I praksis vil dette si at forurensning fra husholdningskloakk, gjødsellagre, siloer, melkerom, fjøs, avfallsdeponier o.l. direkte ut i vassdrag/bekk må bringes til opphør. Prøveresultatene fra bekkene indikerer at i dag så skjer dette i betydelig grad.

Sanitæravløpene fra husholdningen på gårdene og fra en annen spredt bebyggelse som fremdeles kloakkerer til Akersvannet, må enten tilkoples det kommunale ledningsnett, sandfiltergrøft eller tilfredsstillende infiltrasjonsanlegg, eller til godkjente minirenselanlegg (dvs utbedres i henhold til gjeldende forskrifter). Man kan også bruke vannklosett med tett tank som tømmes ut av feltet. Resten av sanitæravløpet kan da gå som før forutsatt at man bruker fosfatfrie vaskemidler.

### 12.3.3 Vegetasjonssoner langs bekker og strender.

I flere land, f.eks. i Danmark har man begynt å sette igjen et belte med vegetasjon langs vassdragene, bl.a. for at denne skal ta opp næringssalter som kommer med sigevann fra jordbruksområder. I USA lager man nå kunstige sumpområder som siste trinn på renseanlegg. I San Diego, Syd California, drives et slikt anlegg nå med meget gode resultater (Gersberg et al 1986). Det er særlig nitrogen som fjernes effektivt på denne måten. Imidlertid fungerer slike anlegg bare i vekstsesongen og får derfor begrenset effekt i Norge. Det man kunne gjøre var å kombinere infiltrasjonsgrøfter (se neste punkt) og vegetasjonsbelter, feks plante næringskrevende vannvegetasjon i grøftene og rasktvoksende vier på voldene. Hvis man på denne måten hindret forurensede bekker i å komme direkte ut i innsjøen, samt hadde et 50m bredt belte med feks vier og selje mot jordbruksarealene, ville det ganske sikkert ha en betydelig effekt mht. å redusere næringssalttilførselen til Akersvannet.

#### 12.3.4 Innfiltrasjonsgrøfter og voller ved bekkeutløpene.

Det graves infiltrasjonsgrøfter og voller ved utløpet av tilløpsbekkene. Det forurensede bekkevannet må da innfiltreres før det kommer ut i Akersvannet. Dette er samme prinsipp som nyttes ved en del vannverk hvor de feks. tar ut rent vann i en sandavsetning like ved en forurenset elv eller innsjø. Vannet kommer fra elven, men infiltreres gjennom sanden. I hvilken grad det finnes egnede masser langs Akersvannets strandsone er usikkert, men med Raet like ved burde det være muligheter for å skaffe egnede masser til voller. Man kunne også tenke seg å pumpe noen av bekkene til steder med infiltrerende masser, f.eks. opp i Raet. Man må da skaffe oversikt over grunnvannstrømmen på stedet slik at man ikke pumper vannet ut av nedbørfeltet.

#### 12.3.5 Renseanlegg i bekkene.

Det er også mulig å bygge tekniske renseanordninger i innløpsbekkene. I Tyskland anvendes dette i stor stil. I Det store Wahnbach reservoaret  $840 \times 10^6 \text{ m}^3$  (ca 4 ganger så stort som Akersvannet) renses hovedinnløpene i store renseanlegg med 96% effekt mht fosfor (Bernhardt and Clasen 1981). Siktedypet i innsjøen ble mer enn fordoblet og problemene med blågrønnalger forsvant i løpet av det første året etter at renseanlegget ble satt i drift. I Akersvannet burde dette være mulig i og med at bekkene er små. Rent geografisk ville det være lett og slå sammen Haslestadbekken og Grimestadbekken. Men man burde nødvendigvis ikke bygge et så avansert renseanlegg som i Wahnbach (prinsipp omtrent som Akersvannverket, kapasitet opp til  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Enkle fellingsbassenger med eller uten kjemikalietilsetting, eller virveloverløp kan også vurderes. På NIVA vil man prøve å komme i gang med et prøveprosjekt mht til fosforfjerning i åpne bekker sommeren 1986 (Holtan pers. medd.).

#### 12.3.6 Heving av vannstand til gammelt nivå.

Som nevnt i innledningen ble Akersvannet senket ca 2,5m i 1968, for å innvinne mer jordbruksland. Resultatet ble at man fikk mer forurensning fra et større dyrket areal ut i et mindre vannvolum, et

foretak som nærmest alltid resulterer i økt eutrofiering. Det er foreløpig ikke gjort noe forsøk på å beregne effekten av å demme opp innsjøen til gammelt nivå.

#### 12.3.7 Gjennomspyling med overskuddsvann fra Farris i vinterhalvåret.

I vinterhalvåret har man overskuddskapasitet på farrisvannverket. Man har da muligheten til å kjøre ca 10000m<sup>3</sup>/døgn gjennom Akersvannet. Farrisvannet har ca 5-6 µgP/l, hvilket er mye mindre enn Akersvannets middel på ca 38 µgP/l. Vannverket og utløpet ligger i hver sin ende av Akersvannet, slik at man burde ha et godt utgangspunkt for å redusere fosforkonsentrasjonen ved begynnelsen av vekstsesongen. Effekten av dette lar seg delvis beregne, men er ikke tatt med her.

#### 12.3.8 Utbygging av Akersvannverkets renseanlegg.

Dette er ikke noe tiltak som har noen verdi mht å bedre vannkvaliteten i Akersvannet, men det kan bidra til at den viktigste brukerinteressen, nemlig drikkevannsforsyning ivaretas på en bedre måte. Hva som kan gjøres med vannverkets renseanlegg er under vurdering på NIVA (Saksbehandler Lasse Vråle).

#### 12.3.9 Sprøyting av Akersvannet med kobbersulfat.

Hvis ikke renseanlegget kan bygges ut slik at det kan fjerne algetoksinene på en sikker måte, har det vært foreslått av Olav Skulberg (NIVA) å sprøyte vannoverflaten med kobbersulfat (herbicid) for å drepe algene. Dette er ment som et rent krisetiltak inntil man har kommet i gang på tiltakssida. Filosofien bak denne løsningen er at kobbersulfat i så små konsentrasjoner som skal til for å drepe alger, ikke er giftig for mennesker og dyr. Under alle omstendigheter er det mindre giftig enn algetoksinet Microcystin. Det er imidlertid flere betenkelige sider ved denne løsningen, blant annet er Akersvannet vernet, og det står klart i fredningsbestemmelsene (se vedlegget) at bruk av kjemiske bekjempningsmidler innen det vernede området (vannet + vegetasjonsbeltet rundt) er forbudt. Verneverdien er bl. a. knyttet til det rike plantelivet i Akersvannet, og kobbersulfat kan også virke på andre planter enn Microcystis. Dessuten innfører man en for Norge helt ny, og nokså omdiskutert metode i kampen mot forurensninger.

Miljøverndepartementet har imidlertid mulighet til å gi dispensasjon fra fredningsbestemmelsene.

#### 12.3.10 Luke ut småfisken.

Akersvannet har store bestander av ung og pelagisk levende småfisk. Det er vist at ved å rotenonbehandle innsjøer, dvs. drepe mer eller mindre all fisken, kan man oppnå mindre algemengder i vannet. Dette er nylig vist i et eksperiment i Helgetjernet ved Ørje i Østfold (Brabrand & Faafeng, pers. medd.). Dette har sammenheng med to forhold: 1) Uten fisk blir det mer store Daphnier, en gruppe krepsdyr som er effektive algespisere. Pelagisk småfisk er eksperter på å spise opp disse krepsdyrene. 2) Mange karpfisker mobiliserer sedimentfosfor til vannmassene ved at de virvler opp og dels spiser fosfatholdig sediment. Det er antatt at samme resultat som ved rotenonbehandling kan oppnås gjennom et kontrollert fiske etter småfisken. Dette er i midlertid ikke vist i praksis enda. Vi har diskutert saken med to av de forskerne i Norge som har jobbet mest med denne problemstillingen, nemlig Bjørn Faafeng (NIVA) og Åge Brabrand (Zool. Mus., Univ. Oslo.), og kommet fram til at dette neppe er noen løsning for Akersvannet. For det første ønsker man ikke noe fisketomt Akersvann. For det andre er det svært vanskelig å få rotenon-behandlet en så stor innsjø med så store vegetasjonsbelter særlig effektivt. Dessuten vil en rotenon-behandling stride mot fredningsintensjonene i betydelig grad, og er heller ikke å anbefale i og med at Akersvannet er drikkevannskilde. Å drive et kontrollert fiske etter småfisk i dette vannet anses også som nytteløst. Det antas imidlertid at man muligens kan redusere mengden av småfisk ved å sette ut egnet rovfisk. Dette er foreløpig hypotetisk. I Akersvannet har det alltid vært mye gjedde. Gjørs ble satt ut i 1975, men har ikke greid å bygge opp noen nevneverdig bestand. Det kan tenkes at å øke bestanden av gjørs kan ha en viss effekt.

#### 12.3.11 Endrede pløyerutiner.

I den senere tid har man blitt mer opmerksom på at erosjonsmateriale fra jordbruksarealer kan stimulere algevekst i betydelig grad (Cf. Løvstad 1984). At jordene ligger pløyd fra tidlig september til mai, resulterer i en kraftig erosjon sammenliknet med om de hadde hatt vegetasjonsdekke gjennom vinteren. Noen nøyaktig effekt av et forbud mot høstpløying mht redusert næringssaltavrenning fra jordbruksarealer,

er imidlertid vanskelig å frembringe. Institutt for geossurs- og forurensningsforskning (GEFO) holder for øyeblikket på med stort prosjekt for SFT som skal klargjøre tiltak som kan redusere arealavrenningen fra landbruket. Såkalt konturpløying, eller pløying på tvers av helningen, er et enkelt tiltak som i visse tilfeller kan dempe på erosjonen.

#### 12.3.12 Tidspunkt for spredning av naturgjødsel

Naturgjødselen bør kjøres ut om våren umiddelbart før såing, slik som kunstgjødsel. Man vil da kunne oppnå en tilbakeholdelse av P på 97-99%. Ved lekkasjer og vinterspredning vil mer eller mindre 100% havne i vassdraget. Ved utkjøring av møkka etter skuren, dvs etter vekstsesongen, som er det vanligste i dag, vil langt mer havne i vassdraget enn om det kjøres ut om våren. Man har da ikke noe opptak i planter, ofte er det mye nedbør om høsten slik at mye vaskes ut før vinteren. Det som eventuelt måtte være igjen før vinteren, går tapt i løpet av snøsmeltingen. Gjødseleffekten av høstspredd møkk er svært liten. Ved NLH får vi opplyst at gjødseleffekten er fra 50-90% lavere enn ved vårspredning (Steinar Tveitnes, Institutt for jordkultur, pers. medd.). Man gjødsler derfor oftest like mye med kunstgjødsel om våren som på jorder som ikke har vært høstgjødset med møkk. Det er gjort lite undersøkelser av hvor mye fosfor som holdes tilbake av høstspredd møkk, men det er ingen grunner til å tro at det er mer enn middelretensjon ved infiltrasjon, dvs. ca 50%. Det bør settes krav til 12 måneders lagringskapasitet for gjødsel og silo.

#### 12.3.13 Gjødselplan

Det bør lages en gjødselplan for hvert bruk, basert på jordprøver og vårgjødsling, samt ettergjødsling med kalksalpeter eller urea, eventuelt land, under vekstsesongen. Gjødsling etter vekstsesongens slutt bør unngås. Vårgjødslingen må skje etter at all snøen har gått. Total anvendt gjødselmengde skal ikke tilsvare mer enn det som er anbefalt for den aktuelle dyrkningsart. Ved bruk av naturgjødsel må mengden kunstgjødsel reduseres tilsvarende. Utarbeidelse av gjødselplaner og omarbeidelse av gjødselsrutiner vil trolig på sikt kunne medføre besparelser for den enkelte bruker i form av mindre behov for kunstgjødsel.

#### 12.3.14 Besetninger

Besetningene bør ikke tillates større enn at man disponerer arealer som kan motta møkka uten at ovennevnte maksimale gjødslingsplan overstiges. Hvis man ikke disponerer arealer selv, må man eventuelt "leie spredningsrett" hos naboer, eller kjøre møkka ut av feltet. At kontraktsfestet spredningsareal og besetning er i overensstemmelse må dokumenteres hvert år.

#### 12.3.15 Gjødselbank.

Alternativt til slike strenge reguleringer av den enkelte bondes husdyrhold er at flere brukere går sammen og lager en "gjødselbank". Dette er store gjødsellagre hvor man kan levere fra eget lager når dette er fullt. Fra gjødselbankene kan det ordnes praktiske lesse og utkjøringsanordninger som kan gjøre møkkakjøringen rasjonell for den enkelte. Det kan også tenkes at gjødsla kan videreforedles og selges. I Nederland har man ordninger med slike gjødselbanker.

#### 12.4 Kontroll og overvåking

Det innarbeides kontrollrutiner for at beskyttelsestiltakene etterleves. Dette vil dels dreie seg om inspisering av de forurensningsproduserende aktiviteter, som landbruk og kloakkering, osv., kontroll med at nye forurensende aktiviteter ikke blir igangsatt innen nedbørfeltet, samt overvåking av vannkvalitet i Akersvannet med tilløp. Noe nøyaktig oppsett over dette er ikke mulig å gi før tiltaksplanen er klar, men vi kan gi en cirka ramme for hva et overvåkingsopplegg bør inneholde.

I Akersvannet tas det månedlige prøver fra overflatevannet (0-4 m) som analyseres på totP, TotN,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , samt klorofyll. Prøvene fra juli, august og september analyseres for kvantitativt planteplankton. I august og i slutten av mars tas det ut vertikalserie over dypeste pkt. som analyseres på  $\text{O}_2$ , totP,  $\text{PO}_4$ , TotN,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ . Siktedyp, pH og temp måles i felten. I tilløpsbekkene tas det prøver 4 ganger i året, i

alle bekkene skal det være en stasjon nederst ved utløpet i innsjøen. I de større bekkene tas det i tillegg prøver oppstrøms og nedstrøms potensielle forurensningskilder. I tillegg foretas det befarings langs bekkene for å avdekke eventuelle "ureglementerte" rør og grøfter.

Hvis det observeres Microcystis sendes prøver til Veterinærhøgskolen for toksisitetsstest.

Undersøkelsene rapporteres hvert år i februar/mars.

### 12.5 Virkemidler

Mye kan oppnås ved samarbeid og motivering hos de berørte parter. Imidlertid vil det trolig være begrenset hvor langt man kan komme uten hjelp av lovverket. Dagens juridiske virkemidler er neppe tilstrekkelige for å gjennomføre alle de foreslåtte beskyttelsestiltak mot forurensning av Akersvannet. Det kan derfor bli aktuelt med klausulering av nedbørfeltet etter Vassdragsloven, noe som vil kreve erstatningsskjønn. Hvilke virkemidler som må tas i verk for å gjennomføre de nødvendige tiltak, vil bli et hovedtema ved handlingsplanen. Det juridiske og økonomiske aspektet må klareres i forbindelse med utarbeidelse av denne. En del bør man imidlertid kunne gjøre ut fra bestående lovverk.

Det kan med hjemmel i Forurensningsloven gis pålegg om sanering av punktutslipp. For spredte sanitærutslipp kan det gis pålegg om bygging av godkjent renseanordning i henhold av "forskrifter for spredt bebyggelse og fritidsbebyggelse", §3.

Gjødselkjellere og siloer skal være tette i henhold til forurensningsloven. Pålegg om utbedring kan gis i medhold av "Forskrifter om lagring og spredning av husdyrgjødsel (januar 1982)", samt "Forskrifter om silopressaft av juni 1982".

Det er fylkesmannens ansvar at punktutslipp utbedres i overensstemmelse med gjeldende forskrifter. Kommunene har ansvar for utslipp fra spredt boligbygging.

Når det gjelder begrensninger på husdyrhold, så kan dette gis i medhold av "Lov om ervervsmessig husdyrhold av 13. juni 1975". I en del tilfeller medfølger det da et erstatningsansvar, som for Akersvannets del da må bekostes av vannverkseierne.

### 13 LITTERATUR

- Ahl, T. og T. Wiederholm, 1977: Svenska vattenkvalitetskriterier. Eutrofierande emnen. Statens Naturvårdsverk, SNV PM 918, 124 sider.
- Alabaster, J. S., and R. Lloyd 1980: Water Quality Criteria for Fresh-water Fish. EIFAC-FAO., Butterworths, London - Boston - Toronto. ISBN 0-408-10673-5., 297 sider.
- Berge, D. 1983: TYRIFJORDEN, Sammenfattende sluttrapport fra Tyrifjordundersøkelsen 1978-81. Tyrifjordutvalget, Drammen, ISBN 82-90356-31-5.
- Berge, D. og M. Johannessen 1979: Limnologiske undersøkelser i Eikernvassdraget 1978. NIVA-rapport 0-74102, 45 sider.
- Brettum, P. og medarb. 1976: En undersøkelse av Borrevannet 1975. NIVA-rapport 0-174/73, 119 sider.
- Dillon, P. J. and F. H. Riegler 1974: The chlorophyll - phosphorus relationship in lakes. Limnol. Oceanogr. 19: 767-773.
- Fogg, G. E. 1975: Algal cultures and phytoplankton ecology. Univ. Wisconsin Press, Madison, USA. ISBN 0-299-06760-2., 175 sider-
- Faafeng, B. og medarb. 1985: Overvåking av Orrevassdraget. Hovedrapport 1979-83. NIVA-rapport 0-8000217, 128 sider.
- Gersberg, R.M., B. V. Elkins, S. R. Lyon and C. R. Goldman 1986: Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water Res. 20(3):363-368.
- Helsedirektoratet - SIFF 1976: Drikkevann, vann for omsetning og badevann., Statens institutt for folkehelse, SIFF, rev utg., 50 sider.
- Holtan, H. og P. Brettum 1982: Undersøkelser i Goksjø 1979-81. NIVA-rapport 0- 78081, 47 sider.
- Ibrekk, H. O. 1986 (in prep.): Forslag til system for egnethets-



- vurdering av ulike bruksformer i vassdrag. NIVA-rapport 0-85278.
- Johannessen, M., A. Lande og Ø. Skar, 1983: Gjødsling av fiskevatn, rapport nr. 3. TDH-skrifter nr 91, 52 sider.
- Kappers, F. I., 1980: The cyanobacterium Microcystis aeruginosa and the nitrogen cycle of the hypereutrophic Lake Brielle (The Netherlands). Pp 37-43 in Barica, J. and L. R. Mur 1980(Eds): Hypertrophic Ecosystems., Developments in Hydrobiology, Vol 2. Dr. W. Junk Publishers, Haag, Nederland.
- Lande, A., M. Johannessen, S. Rognerud, A. Moksnes, Ø. Skar og S. T. Hansen, 1982: Gjødsling av fiskevatn, Rapport nr. 2. TDH-skrifter nr 74. 34 sider + 10 i vedlegg.
- Larsen, D. P. and H. T. Mercier 1976: Phosphorus retention capacity of lakes. J. Fish. Res. Bd. Canada. 33(8): 1742-1750.
- Løvstad, Ø. 1984: Effekter av erosjonen: Tilgjengelig fosfor og algerespons. Side 69-77 in Proc. fra: Jordbrukets førorening av vattenmiljøen. Tjugonde nordiska symposiet om vattenforskning, Hagersten 1984-05-08,-10. Nordforsk, Miljøvårdserien. publikasjon 1984:2.
- Løvstad, Ø. og T. Wold 1985: Eutrofiering av innsjøer i Vestfold. Rapport fra Limnoconsult A/S.
- Pethon, P. 1985: Uttalelse fra Zoologisk museum om fiskeribiologiske forhold ang. bruksplan for Akersvannet. Brev av 30/9-85.
- Reynolds, C. S. 1984: The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 384 sider.
- Rognerud, S., D. Berge, og M. Johannessen 1979: Telemarksvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-79. NIVA-rapport 0-70112, 82 sider.
- Skogheim, O.K. 1979: Beskrivelse av en sedimenthenter konstruert for prøvetaking av korte sedimentkjerner. Arungenprosjektet, rapport nr. 2. ISBN 82-990528-2-3.
- Skulberg, O.M. 1968: Studies on eutrophication of some Norwegian inland waters. Mitt. Int. Verein. Limnol. 14: 187-200.

- Skulberg, O. M. 1979: Giftvirkninger av blågrønnalger - første tilfelle av Microcystis forgiftning registrert i Norge. NIVA, Temarapport nr 4, 42 sider.
- Skulberg, O. M., og B. Underdal 1985: Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelsene i 1984. NIVA-rapport O-84135, 21 sider.
- Skulberg, O. M., og B. Underdal 1986: Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelsene i 1985. Niva rapport O-84135.,
- Skulberg, O. M. og B. Underdal 1986 b: Toksiske blågrønnalger i vann til jordvanning, Akersvannet, Vestfold. Notat - Norsk inst. vannforsk. NIVA, 21/1-86.
- Tveitnes, S. 1985: Husdyrgjødsel: Gjødsel, jordforbedringsmiddel og avfall med forurensningsrisiko. Serie B 5/85, Institutt for jordkultur, NLH.
- Uhlen, G. 1973: Jordbruk og skogbruk. Beskrivelse av utslipp av forurensende spillprodukter. St. Meld. 71 (1972-73).
- Vennerød, K. 1984: Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-rapport O-82014., 48 sider.
- Vollenweider, R. A. 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33: 53-83.
- Weideborg, M. 1984: Planteplankton i Akersvannet 1983. SIFF SK - rapport nr 2/84. ISSN 0333-4643, 15 sider.
- Wold, T. 1985: Forurensningsregnskap for vassdrag i Vestfold 1985. Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvernadv., 65 sider.

Zevenboom, W. and L. R. Mur, 1980: Nitrogen fixing cyanobacteria: Why they do not become dominant in Dutch, hypertrophic lakes. Pp. 123- 130 in Barica, J. and L. R. Mur, 1980(Eds): Hypertrophic Ecosystems., Developments in hydrobiol., Vol. 2. Dr. W. Junk Publishers, Haag, Nederland.

**14 VEDLEGG**

FREDNINGSBESTEMMELSER FOR AKERSVANNET NATURRESERVAT, STOKKE OG SEM  
KOMMUNER, VESTFOLD FYLKE

I

I medhold av lov om naturvern av 19. juni 1970 nr. 63, §8, jfr. §10 og §§21, 22 og 23, er et våtmarksområde ved Akersvannet i Stokke og Sem kommuner fredet som naturreservat ved kgl.res. av 2. oktober 1981 under betegnelsen "Akersvannet naturreservat".

II

Det fredete området berører følgende gnr./bnr.:

Stokke kommune: 4/1; 4/2; 5/2,17; 5/9; 6/1 m.fl.; 11/2;  
12/2; 13/1; 15/2; 15/5; 16/1; 17/2; 18/1;  
19/2,10; 19/3; 19/12; 77/3; 78/1; 79/1;  
79/2,3; 80/1; 82/1; 83/1; 84/1; 84/2; 85/4.

Sem kommune : 46/1 og 46/3

Reservatet dekker et areal på ca 2320 dekar, hvorav ca 2135 dekar er vannareal.

Grensene for naturreservatet framgår av vedlagte kart i målestokk 1:10.000, datert Miljøverndepartementet august 1980. Kartet oppbevares i Miljøverndepartementet, hos fylkesmannen i Vestfold og i Stokke og Sem kommuner.

Under henvisning til nærmere angitte referansepunkter (i parentes) på ovennevnte kart går grensen for reservatet fra et utgangspunkt i ei grøft (som går over Akersmyra i grensen mellom Stokke og Sem kommuner) (1) ca 130 meter sør for grøftedele, i vestlig retning ca 65 meter til (2), deretter ca 250 meter i sør-sørvestlig retning (3) og videre ca 500 meter i noe mer vestlig retning fram til grensen mellom gnr. 84 bnr. 1 og gnr. 83 bnr. 1 (4), herfra ca 125 meter i omtrent samme retning til grensen mellom gnr. 83 bnr. 1 og gnr. 82 bnr. 1 (5) og videre ca 130 meter i sørlig retning (6) og herfra ca 220 meter i sør-sør-østlig retning fram til grensen mellom gnr. 80 bnr. 1 og gnr. 77 bnr. 3 (7). Videre ca 180 meter i sør-sørøstlig retning og ca 100 meter i noe mer østlig retning til grensen mellom gnr. 77 bnr. 3 og gnr. 79 bnr. 2,3 (8), herfra i markslaggrensen mot dyrka mark fram til grensen mellom gnr. 79 bnr. 1 og gnr. 78 bnr. 1 (9) og herfra i sørlig retning ca 50 meter til Haslestadbekken (10). Herfra går grensen ca 20 meter oppover langs bekken (11) for deretter å følge markslaggrensen mellom strandarealer og skog langs vannets sørvestlige side fram til

et punkt ca 50 meter nordvest for Stokke vannverks pumpestasjon (12). Herfra ca 200 meter i øst-sørøstlig retning og videre ca 100 meter i østlig retning fram til åpen grøft (13). Fra dette punkt går grensen 30 meter nordvestover langs kanalen før den bryter av mot nord-nordøst og går ca 470 meter i nordlig retning til grensen mellom gnr. 15 bnr. 5 og gnr. 15 bnr. 1 (14), og videre ca 180 meter i nordøstlig retning (15). Herfra går grensen ca 170 meter i sørøstlig retning (16), deretter ca 110 meter i østlig retning (17) og videre 100 meter i nordlig retning (18). Fra dette punkt videre i markslagsgrensen mellom strandområde og dyrka mark eller skog langs vannets østside fram til grensen mellom gnr. 11 bnr. 2 - gnr. 12 bnr. 2 og gnr. 5 bnr. 2, 17 (19). Herfra ca 130 meter i nord-nord-østlig retning og videre ca 140 meter nesten rett nord til grensen mellom gnr. 5 bnr. 2, 17 og gnr. 5 bnr. 1, 3 (20). Herfra ca 240 meter i noe mer nordvestlig retning (21), videre ca 15 meter i vestlig retning (22), deretter ca 180 meter nesten rett mot nord til grensen mellom gnr. 4 bnr. 1 og gnr. 4 bnr. 2 (23). Herfra ca 150 meter i nord-nordøstlig retning og videre ca 170 meter i nordøstlig retning til grense mellom gnr. 4 bnr. 2 og gnr. 4 bnr. 1 (24), og videre i markslagsgrensen mot dyrka mark og mot skog fram til grensen mellom Stokke og Sem kommuner (25). Herfra videre nordover i markslagsgrensen mot skog og fram til prosjektert dreneringskanal på gnr. 46 bnr. 1 og langs denne kanal fram til grensen mellom gnr. 46 bnr. 1 og gnr. 46 bnr. 3 (26). Fra dette punkt ca 90 meter i sørvestlig retning, videre ca 75 meter i sørsørvestlig retning, herfra ca 200 meter i sørlig retning til sørspissen av "Tangen" (27). Herfra går grensen ca 210 meter i nord-nordvestlig retning (28) og videre ca 160 meter i nordlig retning (29) og videre ca 120 meter i nordvestlig retning (30) og deretter de resterende 25 meter mot vest tilbake til utgangspunktet.

Grensene for reservatet skal avmerkes i marka i samsvar med de angitte referansepunkter etter nærmere anvisning av forvaltningsmyndigheten.

### III

Formålet med fredningen er å bevare et viktig våtmarksområde i sin naturgitte tilstand og verne om et spesielt rikt og interessant fugleliv, vegetasjonen og annet dyreliv som naturlig er knyttet til området.

### IV

For reservatet gjelder følgende bestemmelser:

1. Vegetasjonen i vann og på land er fredet mot skade og ødeleggelse

som ikke følger av tillatt ferdsel eller tiltak i medhold av punktene V-VII.

Nye plantearter må ikke innføres.

2. Dyrelivet, herunder fuglenes reir og egg, er fredet mot enhver form for skade, ødeleggelse og unødige forstyrrelser.

Jakt, fangst og bruk av skytevåpen er forbudt.

Hunder må ikke slippes ut i reservatet.

Nye dyrearter må ikke innføres.

3. Det må ikke iverksettes tiltak som kan endre de naturgitte forhold, herunder oppføring av bygninger, anlegg og liknende innretninger, framføring av luftledninger, jordkabler og kloakkledninger, bygging av vegger, drenering, uttak eller oppfylling av masse, ny utføring av kloakk eller andre konsentrerte forurensningstilførsler, henleggelse av avfall, gjødsling og bruk av kjemiske bekjempningsmidler.

Camping, teltslagning og oppsetting av kamuflasjeinnretninger for fotografering er forbudt.

## V

Bestemmelsene i punktene IV er ikke til hinder for:

1. gjennomføring av tiltak i ambulanse-, politi-, brannvern-, oppsyns-, skjøtsels- og forvaltningsøyemed.
2. drift og vedlikehold av anlegg i forbindelse med tilliggende landbruk, herunder gjerder, avløp som drenerer områder med naturlig fall til reservatet, voller, kanaler, pumpeanlegg, jordvanningsanlegg, o.l., jfr. dog punkt VI, 2.
3. bruk av eksisterende fiskerett og båtrett i samme utstrekning som tidligere, men bruk av skytevåpen ved gjeddefiske er ikke tillatt
4. bruk og vedlikehold av beiter, herunder gjødsling og manuell fjerning av kratt og ugras
5. bruk av vannet som reserve drikkevannskilde og som vannkilde for jordvanning, jfr. dog punkt IV, 2.

## VI

1. Forvaltningsmyndigheten kan gi tillatelse til:
  - regulering av bestanden av arter som kan forstyrre den naturlige balansen i området.
  - tiltak for drenering av tilliggende jordbruksarealer.
2. Vannstanden i Akersvannet må ikke endres utover de øvre og nedre grenser som er gitt i henhold til gjeldende avtale om vannuttak og regulering mellom grunneiere og rettighetshavere av Akersvannet og Stokke Jordvanning A/L. Endring av avtalen kan bare skje i samråd med naturvernmyndighetene.

## VII

Skjøtsel som er nødvendig for å oppfylle formålet med fredningen, skal utføres av forvaltningsmyndigheten eller av den forvaltningsmyndigheten bestemmer. Skjøtselen skal skje etter plan godkjent av Miljøverndepartementet.

## VIII

Miljøverndepartementet kan gjøre unntak fra fredningsbestemmelsene for vitenskapelige undersøkelser og arbeider av vesentlig samfunnsmessig betydning og i spesielle tilfelle dersom det ikke strir mot formålet med fredningen.

## IX

Forvaltningen av fredningsbestemmelsene tillegges fylkesmannen i Vestfold.



Tabell P1. Kjemisk vannkvalitet i Akersvannet basert på råvannsprøver fra vannverkets prøvetaking (9m), analysert ved Statens institutt for folkehelse (SIFF).

	10/3	10/9	18/11	x	23/2	30/5	5/10	6/12
	82	82	82	82	82	83	83	83
Farge mg P/l	20	20	15	18,3	20	25	20	20
Turb. FTU	3,0	3,3	3,5	3,26	5,2	5,4	3,2	2,1
Kond. mS/m	23,7	22,0	22,9	22,9	22,6	21,3	22,4	22,4
pH	6,8	7,5	7,4	7,23	6,9	7,3	7,7	7,2
Alk. mmol/l	0,88	0,89	0,83	0,87	0,78	0,69	0,81	0,77
Kod. mg O/l	4,5	4,5	4,4	4,47	4,6	5,4	4,8	5,1
Ca mg/l	14,5	14,0	14,5	14,3	12,5	12,0	14,5	14,0
Mg mg/l	5,0	4,8	4,9	4,9	4,9	4,5	4,6	4,8
Fe mg/l	0,23	0,17	0,15	0,18	0,25	0,28	0,22	0,12
Mn mg/l	0,38	0,16	-	0,27	0,15	0,09	0,21	0,12
NO <sub>3</sub> mg N/l	1,0	<0,05	1,2	0,74	1,4	1,5	0,42	0,66
Cl mg/l	24	23	23	23,3	23	21	24	24
SO <sub>4</sub> mg SO <sub>4</sub> /l	22	20	24	22,0	23	25	25	20
Tot.N mg N/l	1,3	0,53	1,6	1,14	1,8	2,0	1,0	1,1
Tot.P µg P/l	35	46	36	39	38	44	44	30
Al mg/l	0,1	0,1	0,12	0,11	0,1	0,15	0,10	0,07

Tabell P1 forts.

	9/2		11/5		4/9		12/11		x		20/2		14/5		21/8	
	84	85	84	85	84	85	84	85	84	85	84	85	84	85	84	85
Farge mg P/l	15		20		25		25		21,3		20		30		20	
Turb. FTU	2,4		2,8		8,6		5,0		4,7		5,0		5,4		4,4	
Kond. mS/m	23,9		21,9		22,7		22,6		22,8		23,6		21,3		21,4	
pH	6,9		7,3		7,5		7,2		7,23		7,0		7,0		8,9	
Alk. mmol/l	0,81		0,73		0,87		0,82		0,81		- 3		0,68		0,8	
Kod. mg O/l	5,3		4,2		4,9		4,9				5,3*		5,0*		5,4*	
Ca mg/l	15,5		15,0		14,0		15,0		14,9		15,0		14,0		14,5	
Mg mg/l	5,2		4,5		4,9		4,7		4,8		5,2		4,7		4,7	
Fe mg/l	0,2		0,13		0,39		0,2		0,23		0,21		0,26		0,17	
Mn mg/l	0,2		0,06		0,41		0,13		0,17		0,07		0,09		0,08	
NO <sub>3</sub> mg N/l	0,74		0,82		<0,05		0,80		0,60		1,3		1,5		0,36	
Cl mg/l	24		23		24		24		23,8		25		21		22	
SO <sub>4</sub> mg SO <sub>4</sub> /l	28		23		25		20		24,0		18,5		22		21	
Tot.N mg N/l	1,2		1,2		0,6		1,3		1,08		1,8		2,1		1,1	
Tot.P µg P/l	32		27		50		34		36		33		40		39	
Al mg/l	0,21		0,09		0,90		0,35		0,19		0,42		0,48		0,21	

\* TOC

Tabell P2. Analyseresultater fra Akersvannet 1985 (0-4m blandprøver).

	20/5	18/6	9/7	23/7	6/7	21/8	3/9	17/9	1/10	x
Siktedyp m	1,3	0,9	1,2	1,2	1,2	1,25	1,2	1,15	1,25	1,25
Tot. P µg P/l	34	42	42	50	33	44	32	32	33	38
Tot. N µg N/l	2100	2000	1900	1900	1700	1240	1020	1010	1059	1548
KlaS µg/l	27	20	20	42	50	94	31	20	18	36
Temp.	10	17	20	18,2	17,6	18	16,4	12		
pH					7,7					
NO <sub>3</sub>							365	375	530	
Algevolum										

Tabell P3. Vertikalserie under sommerstagnasjonen (21/8-85).

Siktedyp 1,25 m

Dyp m	O <sub>2</sub> mg/l	Temp. °C	STP	O <sub>2</sub> metn.-
1	11,09	18,0	9,43	117,6
3	10,97	18,0	9,43	116,3
6	10,92	18,0	9,43	115,8
9	10,58	18,0	9,43	112,2
12	1,74	14,6	10,13	17,2

Tabell p4. Kvantitative planteplanktonprøver fra Akersvannet, 0-4m  
blandprøver. Volum angitt i mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

GRUPPER/ARTER	Dato=)	850821	850903
-----			
Cyanophyceae (Blågrønnalger)			
Anabaena spiroides		4.0	-
Aphanizomenon flos-aquae		356.7	612.6
Chroococcus minutus		1.7	-
Gomphosphaeria lacustris (v.compressa)		37.4	37.4
Gomphosphaeria naegelianae		74.7	-
Løse celler av Microcystis aeruginosa		433.6	396.2
Microcystis aeruginosa		84.0	76.0
Sua .....		992.1	1122.2
Chlorophyceae (Grønnalger)			
Ankva judai		.9	1.2
Chlamydomonas sp. (l=10)		1.1	-
Chlamydomonas sp.3 (l=12)		-	13.1
Coelastrum sphaericum		2.8	9.3
Dictyosphaerium pulchellum		7.6	2.4
Gyromitus cordiformis		-	2.2
Microactinium pusillum		-	12.1
Oocystis lacustris		12.1	23.1
Oocystis parva		1.4	1.4
Pediastrum duplex		2.4	-
Scenedesmus arcuatus		-	1.1
Scenedesmus quadricauda		3.7	-
Staurastrum planktonicum		21.0	18.0
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)		3.9	1.2
Sua .....		57.1	85.2
Chrysophyceae (Gullalger)			
Aulomonas sp.		-	.4
Craspedomonader		1.0	1.4
Sua chrysomonader (<7)		3.0	11.1
Sua chrysomonader (<7)		11.1	11.5
Sua .....		15.2	24.5
Bacillariophyceae (Kiselalger)			
Asterionella formosa		1.2	5.9
Cyclotella meneghiniana		-	10.9
Fragilaria crotonensis		79.2	200.2
Melosira ambigua		109.1	375.1
Stephanodiscus hantzschii v.pusillus		-	14.2
Synedra acus v.anqustissima		3.5	1.1
Sua .....		193.0	607.3
Cryptophyceae			
Cryptomonas cf.erosa		11.2	52.3
Cryptomonas marssonii (erosa v.reflexa?)		6.9	17.1
Cryptomonas spp. (l=24-28)		-	31.1
Cyathomonas truncata		.4	-
Katablepharis ovalis		2.5	20.9
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)		26.5	133.3
Sua .....		47.5	254.8
Dinophyceae (Fureflagellater)			
Ceratium hirundinella		10899.0	935.0
Gyrodinium cf.lacustre		-	3.3
Feridinium cinctum		21.0	42.0
Sua .....		10920.0	980.3
Euglenophyceae			
Trachelomonas volvocina		10.9	32.7
Sua .....		10.9	32.7
My-alger			
Sua .....		14.0	26.7
-----			
Total .....		12250.0	3135.5
=====			