

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Nasjonalt referanselaboratorium for vannanalyser

0-8101201

SAMMENLIGNING OG TILPASNING AV METODER

Forbehandling av filtre
til bruk ved bestemmelse av ortofosfat og nitrat

17. juni 1981

Saksbehandler: Håvard Hovind

Leder for
referanse-

aktivitetene: Ingvar Dahl

Instituttstjef: Kjell Baalsrud

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: O-81012-01
Undernummer: I
Løpenummer: 1287
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: SAMMENLIGNING OG TILPASNING AV METODER Forbehandling av filtre til bruk ved bestemmelse av ortofosfat og nitrat	Dato: 17. juni 1981
	Prosjektnummer: O-8101201, F-80418
Forfatter(e): Hovind, Håvard	Faggruppe: SEKKOI
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 21

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn / NIVA	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Kontaminering ved filtrering av vannprøver til bestemmelse av ortofosfat og nitrat er studert. Undersøkelsene omfatter Whatman GF/C og GF/F glassfiberfiltre, Sartorius og Millipore membranfiltre samt Nuclepore kapillærfiltre. Alternative metoder for rengjøring av filtrene er utprøvet og en anbefalt fremgangsmåte beskrevet.

4 emneord, norske:
1. Filtrering
2. Kontaminering
3. Ortofosfat
4. Nitrat

4 emneord, engelske:
1. Filtration
2. Contamination
3. Orthophosphate
4. Nitrate

Håvard Hovind
Prosjektleders sign.:

Pål E. Amundsen
Seksjonsleders sign.:

Kjell Baalsrud
Instituttetsjefs sign.:

ISBN 82-577-0384-2

INNHOOLD

Side:

FORORD	3
1. INNLEDNING	4
2. UTSTYR OG METODER	4
2.1 Filtertyper	4
2.2 Utstyr	6
2.3 Metoder	7
3. EKSPERIMENTELT ARBEID	8
3.1 Kontaminering fra ulike typer filtre	8
3.2 Forbehandling av filtre	10
3.3 Filtrering av naturlige vannprøver	12
4. DISKUSJON	13
5. ANBEFALT RENGJØRINGSMÅTE	15
LITTERATUR	15
TILLEGG	
Analyseresultater	16

FIGURER


1. Illustrasjon av forskjellige typer filtre	5
2. Prinsippskisse av utstyret som ble benyttet ved filtreringsforsøkene	7
3. Utløsning av ortofosfat fra ulike typer filtre	9
4. Utløsning av nitrat fra ulike typer filtre	9
5. Utløsning av ortofosfat fra Sartorius SM 11406 membranfilter etter ulik forbehandling	11

F O R O R D

Referanselaboratoriets arbeid med sammenligning og tilpasning av metoder skal gi grunnlag for innføring av felles, rasjonelle laboratorierutiner på landsbasis og danne faglig plattform for den løpende standardiseringsvirksomheten innen området vannanalyse. Den foreliggende rapport er et ledd i dette arbeidet.

Det er et generelt behov for klare retningslinjer vedrørende forbehandling av vannprøver til kjemisk analyse. Kontamineringsproblemer i forbindelse med filtrering av prøver ble opprinnelig tatt opp under NIVAs forskningsprosjekt "Kjemisk analysemetodikk". De praktiske undersøkelser som er rapportert her, er finansiert av midler fra dette prosjektet.

Brekke, juni 1981


Ingvar Dahl

1. INNLEDNING

Filtrering har lenge vært den mest benyttede metode til å skille mellom løste og partikulære komponenter i vannprøver. Begrepet "løste komponenter" må ikke oppfattes bokstavelig, etter som for eksempel membranfiltre med porevidde $0.45 \mu\text{m}$ også vil kunne slippe gjennom uløst materiale, blant annet leirekolloider.

I kjemisk vannanalyse benyttes i stor grad glassfiberfiltre (Whatman GF/C) og membranfiltre med nominell porevidde $0.45 \mu\text{m}$. Valg av filtertype og porevidde er ofte et kompromiss mellom filterets evne til å holde tilbake små partikler, og dets evne til relativt raskt å slippe gjennom et gitt prøvevolum.

I litteraturen (1-3) er det vist at filteret er en potensiell kilde til kontaminering. Dette kan være et alvorlig problem når konsentrasjonen av den aktuelle komponent i prøven er lav. Det er derfor nødvendig å forbehandle filteret for å unngå kontaminering av filtratet. En slik behandling kan imidlertid endre filterets overflateegenskaper, slik at det lettere vil kunne adsorbere komponenter fra prøven og derved gi for lave verdier ved analyse av filtratet.

I denne rapporten er risikoen for kontaminering av ortofosfat og nitrat fra forskjellige typer filtre undersøkt. Antall parametre ble begrenset til disse to av praktiske årsaker. Forskjellige metoder for forbehandling av filtre er testet. På dette grunnlag anbefales benyttet én bestemt rengjøringsmetode.

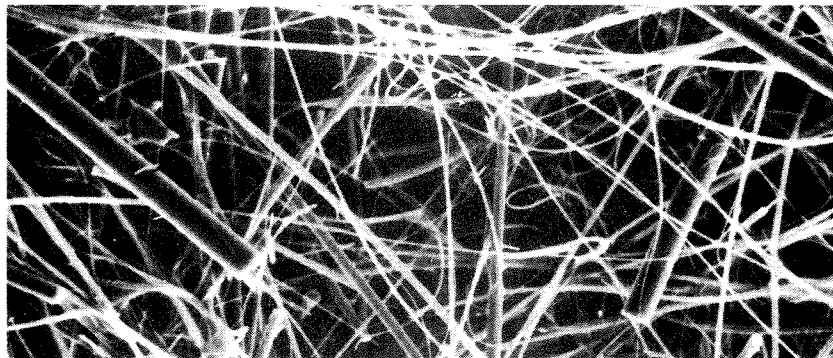
2. UTSTYR OG METODER

2.1 Filtertyper

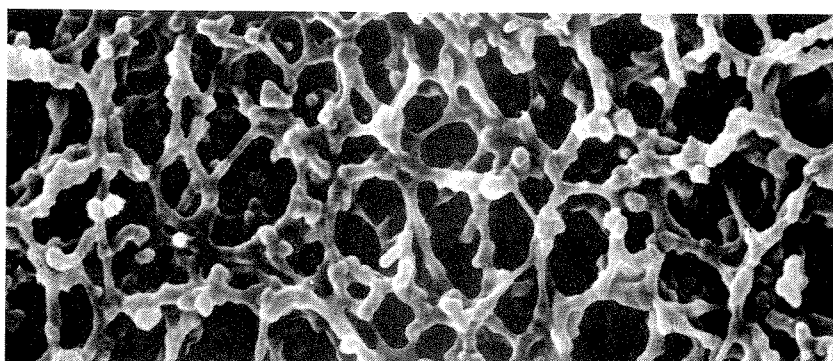
Glassfiberfiltrene består av en meget tynn plate av glassfibre som er "stabet" på kryss og tvers uten veldefinerte poreåpninger (figur 1a). Disse filtrene er typiske dybdefiltre da de fjerner partikler gjennom hele filterets tykkelse og ikke bare på overflaten. Dette medfører blant annet at de - til forskjell fra membranfiltrene - ikke tettes

igjen så lett. Glassfiberfiltre inneholder ikke bindemiddel eller organisk materiale, slik at de er enkle å rengjøre. Ved NIVAs kjemilaboratorium brukes vanligvis glassfiberfiltre av typen Whatman GF/C, men i enkelte tilfeller benyttes også Whatman GF/F, som har en noe mindre porevidde.

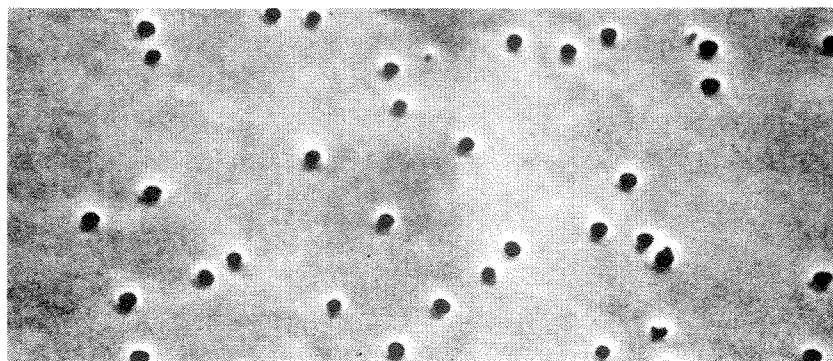
a) Glassfiberfilter



b) Membranfilter



c) Kapillærfilter



Figur 1. Illustrasjon av forskjellige typer filtre (forstørret)

De mest benyttede membranfiltre består av en tynn folie av ufullstendig sammenbundne polymerer av celluloseacetat og/eller cellulosenitrat. Det finnes også membranfiltre fremstilt av andre materialer. Dette er typiske membraner, idet filterene har en kontinuerlig struktur av hull i plastmaterialet gjennom hele filterets tykkelse (figur 1b). Porevidden viser en meget høy grad av uniformitet gjennom filteret, og likeledes fra ett filter til et annet, slik at det er mulig å oppnå filtre med relativt veldefinert porevidde. I kjemisk vannanalyse er det blitt vanlig å benytte membranfiltre med nominell porevidde $0.45 \mu\text{m}$ til å skille mellom løste og partikulære komponenter.

Membranfiltre kan karakteriseres som overflatefiltre da de fjerner partikler bare på selve overflaten av filteret. Av denne grunn har de relativt lett for å tettes igjen ("clogging"). Dette kan være et betydelig problem når store prøvevolumer skal filtreres.

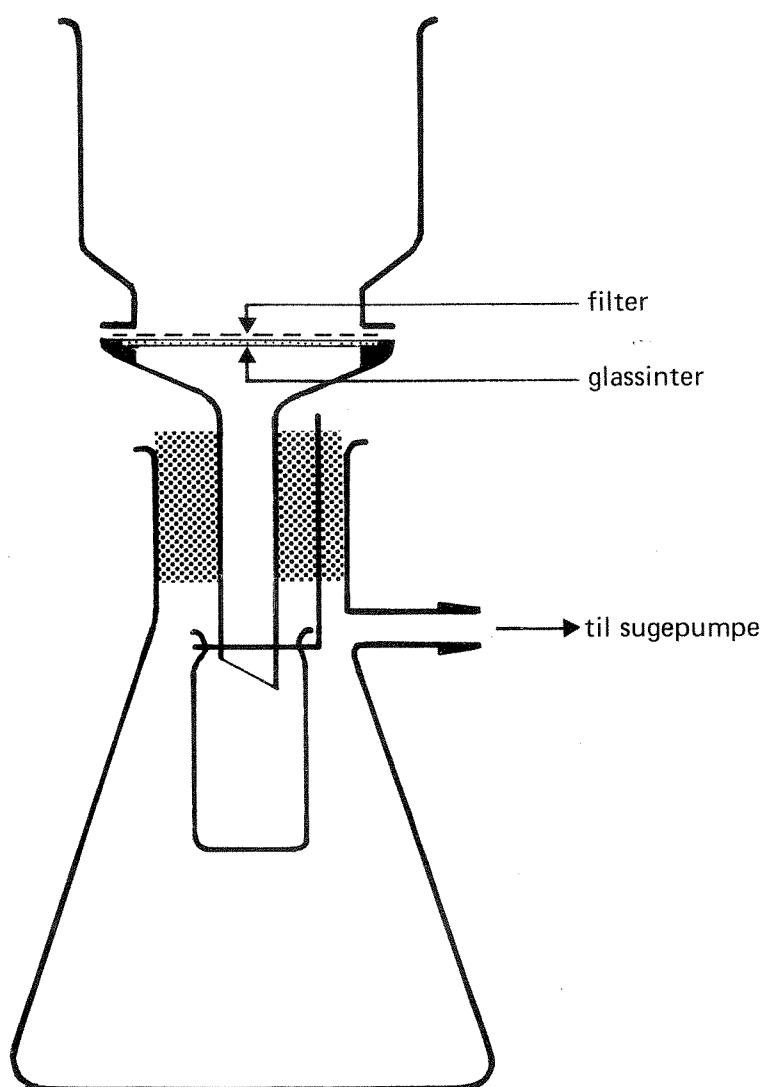
En spesiell type membranfiltre er de såkalte kapillærfiltre, som består av meget veldefinerte hull i et ellers tett plastmateriale (figur 1c). Disse filterene fremstilles ved å perforere en plastmembran med elektrisk ladete partikler.

Fabrikantene oppgir spesifikasjoner for de fleste filtre, men disse innskrenker seg som regel til fysikalske karakteristika, samt totalinnholdet av enkelte elementer. Generelt gis utilstrekkelig informasjon når det gjelder filternes egenskaper med hensyn til utløsning av stoffer eller adsorpsjon av komponenter fra prøven under selve filtreringen.

2.2 Utstyr

Ved alle filtreringsforsøkene ble det benyttet en Millipore filtreroppsett der filteret hviler på et glassinter. For å redusere risikoen for kontaminering fra selve utstyret når porsjoner på bare 20 ml skulle filtreres, ble det laget et spesielt holdersystem slik at filtratet rant fra trakten og direkte ned i prøveglasset (figur 2).

Ved enkelte forsøk (kap. 3.1 og 3.2) samt til vasking og skylling av filterene, ble det benyttet ionebyttet destillert vann. Dette er senere i denne rapporten omtalt som vann.



Figur 2. Prinsippskisse av utstyret som ble benyttet ved filtreringsforsøkene

2.3 Metoder

Gjennom hvert filter ble det suget fem porsjoner á 20 ml av den aktuelle prøve. Hver fraksjon ble samlet opp i et eget prøveglass som på forhånd var syrevasket. (Prøveglassene ble oppbevart ett døgn i saltsyre (1 mol/l) og deretter skyllet fire ganger i destillert vann). Umiddelbart etter filtrering ble prøvene konservert med 0.2 ml svovelsyre (4 mol/l). Prøvenes innhold av ortofosfat og nitrat ble bestemt ved hjelp av autoanalysator i henhold til NIVAs rutinemetoder.

3. EKSPERIMENTELT ARBEID

3.1 Kontaminering fra ulike typer filtre

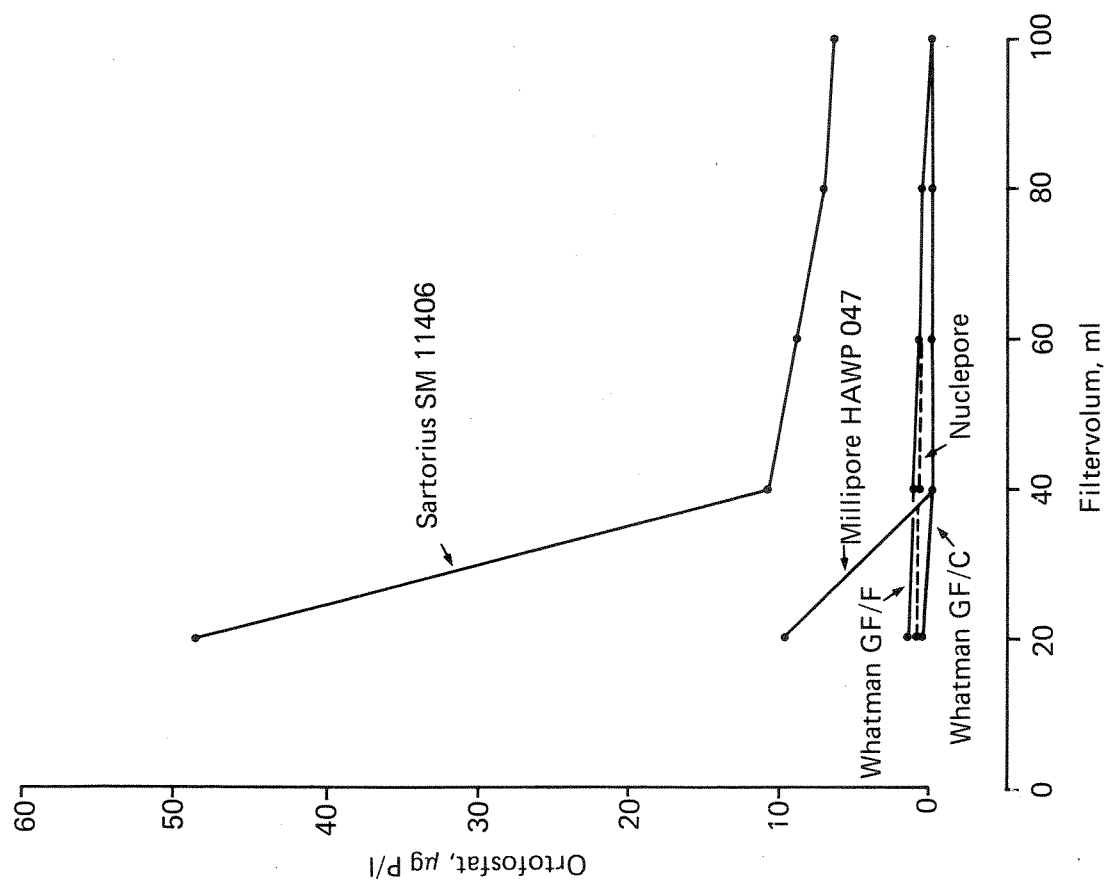
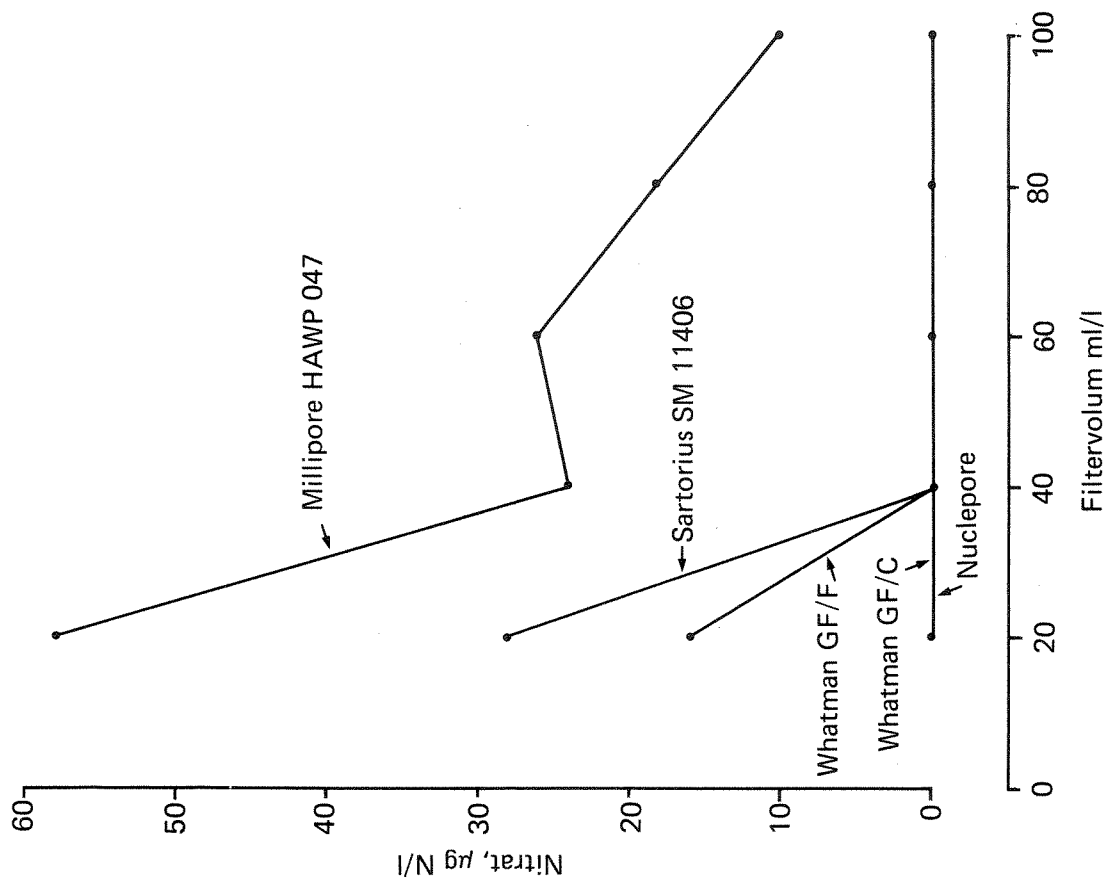
Til undersøkelse av kontamineringsrisiko ved selve filtreringen ble benyttet følgende filtertyper:

- Whatman GF/C glassfiberfilter
- Whatman GF/F glassfiberfilter
- Sartorius membranfilter, 0.45 μm (SM 11406, cellulosenitrat)
- Millipore membranfilter, 0.45 μm (HAWP 047, blanding av celluloseacetat og cellulosenitrat)
- Nucleopore kapillærfilter, 0.4 μm (polykarbonat)

For å redusere eventuelle effekter av variasjoner mellomde enkelte filtre av samme type, ble det plukket ut fem filtre av hver. Fem porsjoner vann ble suksessivt suget gjennom hvert enkelt filter. Ingen av filtrene var forbehandlet.

Resultatene ved bestemmelse av ortofosfat og nitrat i filtratet er presentert i tabellene 1 og 2 i tillegget. Av Sartoriusfiltrene ble det plukket ut fem filtre fra hver av to forskjellige produksjonsserier, men da resultatene ble like er bare den ene serien gjengitt i tabellene. Av de fem enkeltverdiene for hver filtertype ble den midlere ortofosfat- og nitratkonsentrasjon i de enkelte fraksjoner beregnet. Åpenbart avvikende verdier (kontaminering fra prøveglass etc.), ble utelukket ved beregningene og verdier lavere enn deteksjonsgrensen ble satt lik null.

I figurene 3 og 4 er middelkonsentrasjonene av henholdsvis ortofosfat og nitrat fremstilt grafisk som funksjon av filtrervolumet. Som det fremgår av disse kan filtrering av små volumer føre til at filtratet blir kontaminert med ortofosfat og nitrat. Graden av kontaminering er avhengig av hvilken type filter som er benyttet. Glassfiberfiltrene og kapillærfilteret avgir gjennomgående svært små mengder både av ortofosfat og nitrat. Selv ved filtrering av store prøvevolumer vil disse filtrene ikke gi signifikant kontaminering.



Figur 3. Utløsning av ortofosfat fra ulike typer filtre. Figur 4. Utløsning av nitrat fra ulike typer filtre.

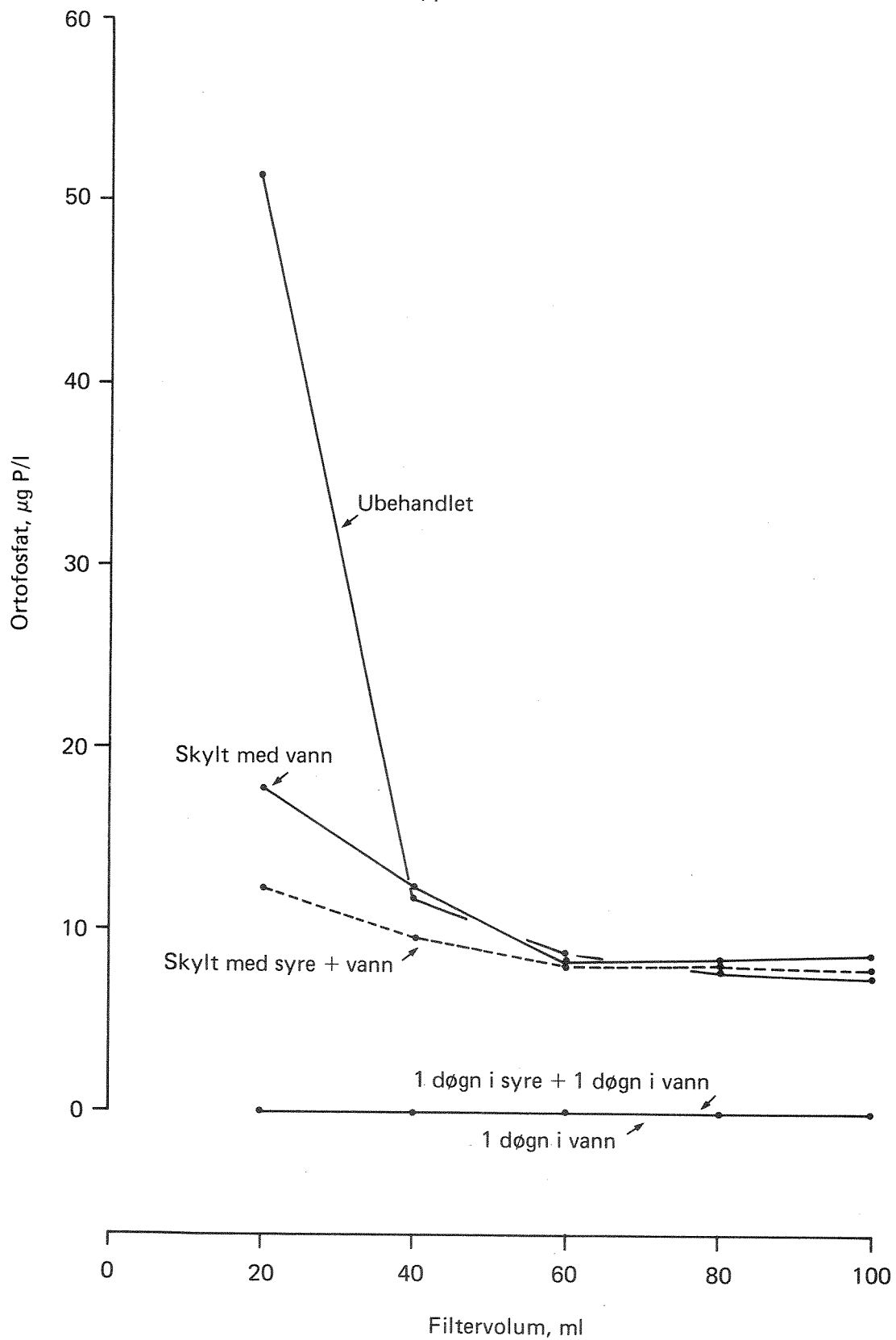
Relativt mye ortofosfat utløses fra Sartorius membranfilter, som består av cellulosenitrat. Selv etter filtrering av 100 ml vann er ikke alt ortofosfat vasket ut. For nitrat ble det funnet høye verdier med Millipore membranfilter, som består av en blanding av celluloseacetat og cellulosenitrat. For å kunne benytte disse filterne ved filtrering av vannprøver med lave ortofosfat- og nitratkonsentrasjoner, er det helt avgjørende å finne frem til en egnet rengjøringsmetode.

3.2 Forbehandling av filtre

Etter som Sartoriusfilterne avga mest ortofosfat ved filtreringen, ble disse benyttet til utprøving av forskjellige vaskemetoder. For å redusere effekten av eventuelle variasjoner filterne imellom, ble det brukt ialt fem filtre til de enkelte forbehandlingsforsøkene. Til kontroll av "bakgrunnskontamineringen" ble benyttet ubehandlede Sartoriusfiltere:

- Den enkleste forbehandlingen besto i å spyle gjennom filterne med åtte små porsjoner vann fra en sprøyteflaske umiddelbart før filtrering.
- Skylling med syre ble antatt å være en noe mer effektiv behandlingsmetode, og ble gjennomført ved at 20 ml saltsyre (0.1 mol/l) ble suget gjennom filteret, etterfulgt av 20 ml vann. Dette ble utført umiddelbart før filtreringen fant sted.
- Ved syrevask ble filterne lagt i fortynnet saltsyre (0.1 mol/l). Etter ett døgn ble de overført til et kar med vann der de ble oppbevart i ytterligere ett døgn. Filterne ble spylt med litt vann fra sprøyteflasken umiddelbart før filtrering.
- Ved vasking med vann ble filterne lagt i vann minst ett døgn før de skulle brukes. Også i dette tilfellet ble filteret spylt med litt vann fra sprøyteflasken umiddelbart før filtrering.

Ved hver av de nevnte forbehandlingsmetoder ble fem porsjoner vann suksessivt suget gjennom filteret, slik som beskrevet foran (kap. 2.3). Ortofosfatkonsentrasjonene i de enkelte fraksjoner av filtratet er presentert i tabell 3 i tillegget. Middelveiene er fremstilt grafisk som funksjon av filtrervolumet i figur 5.



Figur 5. Utløsning av ortofosfat fra Sartorius SM 11406 membranfilter etter ulike forbehandlinger

Det fremgår av figuren at skylling av membranfilteret med vann, eventuelt med syre etterfulgt av vann, ikke er tilstrekkelig effektivt. Det er karakteristisk at ortofosfatkonsentrasjonen i filtratet ser ut til å stabilisere seg på et nivå signifikant høyere enn deteksjonsgrensen. Selv etter filtrering av 100 ml vann er ikke alt ortofosfat vasket ut.

Det er først ved en grundigere form for vasking at filterene blir tilstrekkelig rene. Resultatene - både etter syrevask og oppbevaring bare i vann - tyder dessuten på at det "pseudostabile" nivået som nås etter skylling av filterene (figur 5), ikke skyldes kontaminering fra andre kilder, f.eks. luften.

3.3 Filtrering av naturlige vannprøver

For å kontrollere om filterets overflateegenskaper endres ved syrevask, ble forskjellige naturlige vannprøver filtrert etter samme opplegg som tidligere. Det ble benyttet syrevaskede Sartorius membranfiltre (SM 11406), som var oppbevart i ionebyttet destillert vann inntil de skulle brukes. Til forsøket ble det nokså tilfeldig valgt fire forskjellige prøver:

- Maridalsvann fra kran
- Vann fra Gjersjøens tilløpselver (blandprøve)
- Vann fra Hølenelva
- Sjøvann fra Borgundfjorden (blandprøve)

Resultatene fra bestemmelse av ortofosfat og nitrat ved dette forsøket er presentert i tabellene 4 og 5 i tillegget. Det ser ut til å være en tendens til at konsentrasjonene i den første fraksjonen av filtratet er lavere enn i de etterfølgende. Årsaken til dette antas å være at ioner adsorberes i aktiviserte posisjoner i det rengjorte filteret. Ved filtrering av vann fra Hølenelva var det problemer med gjentetting av filteret. Dette kan forklare at konsentrasjonen viser en svakt synkende tendens når filtrervolumet øker ut over en viss størrelse.

Resultatene gir en klar indikasjon på at filteret - når det er syrevasket - bør skylles med litt av prøven før filtratet samles opp.

For å undersøke dette nærmere ble filterene behandlet på følgende måter:

- Oppbevaring i saltsyre (0.1 mol/l) i ett døgn, deretter ett døgn i vann. Spyles med vann fra sprøyteflasken.
- Samme som ovenfor, men filteret skylles dessuten med 20 ml av prøven før filtratet samles opp.
- Filterene oppbevares i vann i minst ett døgn før bruk. Spyles med vann fra sprøyteflasken før filtreringen.
- Samme som foran, men filteret skylles dessuten med 20 ml av prøven før filtratet samles opp.

Til filtreringen ble det brukt en vannprøve fra Hølenelva og sjøvann. Konsentrasjonene av ortofosfat i de enkelte fraksjoner av filtratet er presentert i tabell 6 i tillegget. Resultatene tyder på at filterenes overflateegenskaper er ganske like etter syrevask og etter oppbevaring i vann. Skylling av filteret med 20 ml prøvevann fører åpenbart til en stabilisering av konsentrasjonene i den første fraksjon av filtratet.

4. DISKUSJON

I en produktkatalog hevdes det at membranfilterene er sammensatt av rene, biologisk inerte, blandinger av celluloseacetat og cellulosenitrat, og at denne filtertypen ikke angripes av fortynnede syrer. Tilsvarende utsagn finner man i kataloger over filtre fra andre fabrikanter. Dette er en sannhet med visse modifikasjoner da filtreringsforsøkene helt klart viser at membranfiltere kan gi tildels betydelige bidrag av ortofosfat og nitrat til filtratet. For å redusere risikoen for kontaminering er det derfor helt nødvendig at filterene vaskes før bruk.

Gjennom utprøvingen av alternative forbehandlingsmetoder er det vist at skylling med vann er utilstrekkelig for å fjerne alle rester av ortofosfat og nitrat fra membranfiltere. For glassfiberfiltere derimot, er skylling med et lite prøvevolum før filtratet samles opp en effektiv rengjøringsmåte.

Ved sammenligning av effekten av syrevask med vasking bare med vann, er det vist at oppbevaring av membranfiltre i vann i minst ett døgn før bruk er tilstrekkelig til å løse ut restene av de to aktuelle komponenter. Begge vaskemetoder fører til en endring av filterets overflateegenskaper, slik at både ortofosfat og nitrat blir adsorbent fra den første del av prøven ved filtrering. Etter som det ikke er registrert noen signifikant forskjell mellom de to vaskemetodene, anbefales vasking med vann da dette er enklere å gjennomføre i praksis.

Skylling av filteret med litt av prøven vil redusere risikoen for at adsorpsjon skal føre til for lave analyseresultater. Det ville selvfølgelig være sikrest å skylle med et relativt stort prøvevolum, for derved å sikre at størst mulig grad av likevekt er oppnådd mellom prøve og filter. Men da mange vannprøver er av en slik karakter at de lett fører til gjentetting av filteret, f.eks. ved høyt innhold av leirpartikler eller humus, bør skylling med prøven reduseres til et minimum. Det anbefalte volum på ca. 20 ml prøve er således et kompromiss mellom ønsket om å redusere adsorpsjonseffekten og kontamineringsrisikoen mest mulig, og behovet for å kunne filtrere tilstrekkelig store prøvevolumer. Virkningen av eventuell kontaminering eller adsorpsjon til filteret er dessuten størst ved filtrering av små volumer.

Ved rutinemessig filtrering kan det oppstå problemer på grunn av kontaminering fra selve filtreringsutstyret. Dette gjelder særlig når konsentrasjonen av de aktuelle komponenter varierer svært fra prøve til prøve. Ved filtrering av en prøve med lave konsentrasjoner umiddelbart etter en prøve med høye konsentrasjoner av de samme komponenter, er det en reell risiko for at prøven kan bli kontaminert fra selve filtreringsopsatsen og sugokolben. Dette er et større problem når enkeltprøver fra mange forskjellige lokaliteter filtreres, enn for lange prøveserier fra samme lokalitet. Det er meget viktig at den som utfører filtreringen er seg dette problemet bevisst.

Det er i utgangspunktet naturlig å velge den filtertype som fører til minst risiko for kontaminering av filtratet. Av de tre undersøkte membranfiltre peker Nucleporefilteret seg ut som det beste, men til gjengjeld er dette dobbelt så dyrt som de to øvrige (omtrent kr. 4,50 og kr. 2,00 pr. filter, henholdsvis). Dessuten er gjentetting av filteret

et større problem når man benytter kapillærfilter enn vanlige membranfiltre. Av disse avgir Milliporefilteret (HAWP 047) minst ortofosfat. På den annen side avgir Sartoriusfilteret (SM 11406) minst nitrat. Her må det understrekes at de to filterne er fremstilt av litt forskjellige materialer, noe man bør ha i minne når man velger filter.

5. ANBEFALT RENGJØRINGSMETODE

Glassfiberfiltre gir helt ubetydelige bidrag av ortofosfat og nitrat til filtratet. De er enkle å rengjøre og er heller ikke så utsatt for gjentetting som membranfiltre. Det anses derfor tilstrekkelig å skylle glassfiberfiltre med 50 ml av prøven før filtratet samles opp.

Membranfiltre må legges i ionebyttet destillert vann minst ett døgn før bruk, og oppbevares i vann til de skal benyttes. Vannet bør skiftes daglig hvis forbruket av filtre er relativt stort, noe sjeldnere hvis risikoen for kontaminering av det vannet filterne ligger i, er mindre. Når man skal skifte vann er det tilstrekkelig å dekantere av det gamle og fylle på nytt.

Når filteret skal benyttes, tas det opp av vannet og plasseres på filteroppsatsen (bruk pinsett). Det skylles minst tre ganger med små porsjoner vann og til slutt med 20 ml av prøven før filtratet tas vare på.

LITTERATUR

1. H. SCHIERUP, B. RIEMANN: Effects of filtration on concentrations of ammonia and orthophosphate from lake water samples. Arch. Hydrobiol. 1979, 86, 204-16.
2. R. WAGEMANN, B. GRAHAM: Membrane and glass fibre filter contamination in chemical analysis of fresh water. Water Res. 1974, 8, 407-12.
3. C. P. HWANG, T. H. LACKIE, R. R. MUNCH: Correction for global organic carbon, nitrate, and chemical oxygen demand when using the MF-millipore filter. Environ. Sci. Tech. 1979, 13, 871-2.

T I L L E G G

Analyseresultater

Tabell 1. Ortofosfatutløsning, i $\mu\text{g P/l}$, fra ulike typer filtre
 (Resultater i parentes er utelatt ved beregning av middelve-
 diene og resultatene mindre enn $0.5 \mu\text{g P/l}$ er satt lik null)

Filtertype	Fraksjon, ml	1	2	3	4	5	Middel- verdi
Whatman, GF/C	0-20	0.5	0.5	1.5	0.5	<0.5	0.6
	20-40	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	40-60	<0.5	<0.5	(4.5)	<0.5	<0.5	<0.5
	60-80	<0.5	1.0	<0.5	0.5	0.5	<0.5
	80-100	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Whatman, GF/F	0-20	3.0	0.5	0.5	1.0	2.0	1.4
	20-40	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.1
	40-60	(11.5)	<0.5	2.0	1.0	0.5	0.7
	60-80	0.5	<0.5	1.0	<0.5	1.0	0.5
	80-100	<0.5	1.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sartorius, SM 11406	0-20	47.0	48.0	45.5	50.0	52.0	48.5
	20-40	8.0	10.0	15.0	10.0	16.0	11.8
	40-60	8.0	7.0	8.0	8.5	13.0	8.9
	60-80	5.5	(16.5)	6.5	8.0	8.0	7.0
	80-100	6.5	7.0	5.5	6.5	6.5	6.4
Millipore, HAWP 047	0-20	17.0	8.5	7.5	8.0	7.5	9.7
	20-40	1.0	0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5
	40-60	0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	60-80	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	80-100	1.0	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Nuclepore, polykarbonat	0-20	1.5	1.0	<0.5	1.5	<0.5	0.8
	20-40	2.0	<0.5	2.5	<0.5	<0.5	0.9
	40-60	2.0	<0.5	<0.5	1.5	0.5	0.8
	60-80	1.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	80-100	1.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Tabell 3. Ortofosfatutløsning, i $\mu\text{g P/l}$, fra Sartorius membranfilter (SM 11406) etter ulik forbehandling av filteret
(Resultater i parentes er utelatt ved beregning av middelværdiene og resultater mindre enn $0.5 \mu\text{g P/l}$ er satt lik null)

Forbehandling	Fraksjon, ml	Filter nr.					Middelværdi
		1	2	3	4	5	
Ingen	0-20	55.0	50.0	49.5	60.0	43.0	51.5
	20-40	11.0	11.5	11.0	13.5	11.5	11.7
	40-60	8.0	7.5	8.5	9.5	10.0	8.7
	60-80	7.5	7.5	7.0	8.0	8.0	7.6
	80-100	(12.5)	8.0	7.0	7.0	8.0	7.5
Skylt med vann	0-20	20.5	20.5	18.0	14.5	15.0	17.7
	20-40	14.5	12.0	11.5	11.0	12.5	12.3
	40-60	8.0	7.5	8.0	8.5	9.0	8.3
	60-80	(14.0)	7.5	8.0	9.5	8.5	8.4
	80-100	8.0	8.0	8.5	8.0	10.0	8.5
Skylt med syre + vann	0-20	13.5	13.5	7.5	16.0	12.0	12.5
	20-40	6.5	(46.0)	8.5	7.5	16.0	9.6
	40-60	8.0	12.0	5.5	7.0	7.5	8.0
	60-80	7.0	8.5	10.5	7.0	(28.0)	8.3
	80-100	4.0	8.0	5.0	8.0	13.5	7.8
1 døgn i vann	0-20	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	20-40	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5
	40-60	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	60-80	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5
	80-100	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
1 døgn i syre + 1 døgn i vann	0-20	0.5	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5
	20-40	0.5	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5
	40-60	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	60-80	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5	<0.5
	80-100	<0.5	<0.5	(7.5)	<0.5	<0.5	<0.5

Tabell 4. Ortofosfatinnhold, i $\mu\text{g P/l}$, i ulike vannprøver etter filtrering gjennom syrevasket Sartorius membranfilter (SM11406)

Fraksjon, ml	Maridalsvann	Tilløp, Gjersjøen	Hølenelva	Sjøvann
0-20	0.5	37.5	490	81
20-40	<0.5	39.5	520	90
40-60	<0.5	39.0	520	91
60-80	<0.5	39.5	510	91
80-100	<0.5	39.0	490	91

Tabell 5. Nitratinhold, i $\mu\text{g N/l}$, i ulike vannprøver etter filtrering gjennom syrevasket Sartorius membranfilter (SM 11406)

Fraksjon, ml	Maridalsvann	Tilløp, Gjersjøen	Hølenelva	Sjøvann
0-20	190	730	820	190
20-40	190	780	890	210
40-60	190	770	860	210
60-80	190	770	860	220
80-100	190	770	850	210

Tabell 6. Ortofosfatinnhold, i $\mu\text{g P/l}$, i to vannprøver etter filtrering gjennom Sartorius membranfilter (SM 11406), som ble forbehandlet på ulike måter
(Forbehandlingen er nærmere omtalt i teksten)

Forbehandling	Fraksjon, ml	Hølenelva	Sjøvann
1 døgn i syre + 1 døgn i vann, skylt med vann	0-20	47	40
	20-40	51	44
	40-60	50	44
	60-80	51	44
	80-100	51	44
1 døgn i syre + 1 døgn i vann, skylt med prøve	0-20	51	44
	20-40	52	44
	40-60	51	44
	60-80	52	44
	80-100	51	44
1 døgn i vann, skylt med vann	0-20	46	40
	20-40	51	44
	40-60	51	44
	60-80	52	44
	80-100	51	44
1 døgn i vann, skylt med prøve	0-20	51	44
	20-40	51	45
	40-60	52	44
	60-80	51	45
	80-100	51	45