

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

0 - 137.

Forurensning av Nordåsvatn i Fana.

Del 4.

SAMMENDRAG OG DISKUSJON.

Saksbehandler: Siv ing. Kjell Baalsrud,

Rapporten avsluttet: 10/12 1962.

INNHOLDSFORTEGNELSE.

	Side:
1. Forord	3
2. Innledning	5
3. Naturgrunnlaget	6
4. Tidligere undersøkelser	7
5. Problemstilling	8
6. Forurensningstilførsler	10
7. Vannutveksling ved Straume (Delrapport 1)	11
8. Hydrografi og strømninger (Delrapport 2)	13
9. Fastsittende alger (Delrapport 3)	16
10. Diskusjon om forurensningssituasjonen	18
11. Krav til Nordåsvatnet	19
12. Tekniske muligheter	20
13. Praktiske konklusjoner	27

1. FORORD.

I april 1959 fikk vårt institutt (NIVA) en henvendelse fra kommuningeniøren i Fana om å foreta undersøkelser av kloakkforurensninger i Fana. Forholdene var meget komplisert idet utslipp av kloakkvann foregikk en rekke steder spredt i mindre vassdrag i Fana, og fordi det var klart fra begynnelsen av at forholdene i Nordåsvatnet ville bli utslaggivende for løsningen av hele områdekloakkproblem. Etter en rekke befaringer og konferanser og etter en konferanse holdt i Bergen 21. mars 1960 ble retningslinjene for bearbeidelsen av problemet trukket opp. Det endelig omfang for undersøkelsene med omkostningsberegning ble fremlagt for Fana kommune i brev av 4. september 1961. Dette opplegget har senere vært fulgt.

Det ble bestemt at NIVA skulle legge opp rammen for de enkelte deler av undersøkelsene og enten utføre arbeidet selv eller ta kontakt med andre instanser som kunne hjelpe til. Bearbeidelsen av materialet skulle utføres av NIVA. Det var ønskelig at arbeidet skulle lede frem til konklusjoner som kunne danne utgangspunktet for kommunens videre behandling av dette problemet.

Rapporten er lagt frem som fire delrapporter hvor dette er den fjerde. De andre tre delrapporter omfatter følgende:

Del 1. Tidal current choking in the land-locked fjord of Nordåsvatn. B.Glenne og T.Simensen.

Del 2. Some observations on hydrography and currents in Nordåsvatn, 1960 - 61. K.Baalsrud.

Del 3. Fastsittende alger i Nordåsvatn. I.Munda.

Denne fjerde del-rapport vil gjengi hovedtrekkene i de tre andre del-rapporter og dessuten omtale problemstillingen og de praktiske forhold som kommer inn.

Bearbeidelsen av problemene i forbindelse med Nordåsvatnets tiltagende forurensning har strukket seg over nærmere 3 år og instituttet har i denne tiden hatt betydelig hjelp av en rekke instanser og personer ved Fana kommunes tekniske etater, ved Universitetet i Bergen, Fiskeridirektoratet, Universitetet i Oslo m.v. Instituttet

ønsker å uttrykke sin takk for den verdifulle støtte som er motta og for den interesse som alle har vist for denne vanskelige oppgaven. Nordåsvatnet er det første fjordavsnittet i Norge som er blitt systematisk undersøkt og vurdert med henblikk på forurensninger. Arbeidet har derfor måttet foregå uten tilsvarende arbeidsmessige og resultatmessige erfaringer fra andre steder. Det hadde vært ønskelig å føre denne oppgaven videre ved å forlenge undersøkelsesperioden og å intensivere visse undersøkelser. Imidlertid har det vært funnet praktisk å avslutte arbeidet på det nåværende tidspunkt, slik at de impliserte instanser kan danne seg en oversikt over problemets status.

Blindern, 1. november 1962,

Kjell Baalsrud
instituttetsjef.

2. INNLEDNING.

I følge folk som ferdes ved Nordåsvatnet har forurensningen av denne fjord tiltatt i omfang, særlig i perioden etter den annen verdenskrig. Det foreligger ingen objektive undersøkelser eller annet erfaringsgrunnlag som tillater en tallmessig vurdering av hvorledes forurensningen har øket. Selv om man holder seg til rent subjektive uttalelser er det vanskelig å få et godt skjønn for hvorledes forurensningene har tiltatt i de senere år.

Nordåsvatnet har flere ganger vært gjenstand for vitenskapelige undersøkelser. Derved er det på enkelte områder foretatt observasjoner som kan brukes til vurdering av fjordavsnittets forurensningstendenser. Da imidlertid undersøkelsene har hatt forskjellige siktepunkter, kan resultatene bare i liten utstrekning sammenliknes.

Før det nåværende arbeid tok til, var det ansett ønskelig å skaffe en best mulig oversikt over den samlede viten og erfaring både med hensyn til Nordåsvatnets naturvitenskapelige forhold og med hensyn til befolkningens reaksjon på tilstanden og krav til forholdene.

Dette ble oppnådd ved å sammenkalle til et dagslangt møte i Bergen den 21. mars 1960. Ved dette møtet deltok en rekke vitenskapsmenn fra Bergen og Oslo som har hatt direkte tilknytning til forholdene i Nordåsvatnet. Videre deltok representanter for Fana kommune og NIVA. Forhandlingene ble i sin helhet tatt opp på lydbånd og er arkivert.

En rekke av de opplysninger som fremkommer i rapportene, er hentet fra denne konferansen.

Foruten å skaffe en utmerket oversikt over det man visste om Nordåsvatnet på dette tidspunkt, bidro møtet sterkt til å skape forståelse for problemstillingen blant kommunens representanter og til å diskutere retningslinjene for det videre arbeid med denne saken.

Vurdering av Nordåsvatnets fremtidige rolle som kloakkresipient er ikke bare et spørsmål om kloakkbelastning og forurensningsulemper, men også et spørsmål om de krav som stilles til det. Fjorden tjener en rekke formål. Det er mange private grunneiere en betydelig bebyggelse, flere kommunale badestrender og annen offentlig eiendom som sokner til fjorden. Det foregår et visst fiske, både yrkesmessig og som sportsfiske. Endelig er det en betydelig båttrafikk, og det er ønskelig at båtene til enhver tid skal kunne gå ut og inn til de ytre fjordområder. Fjorden hører med til Bergensområdets viktigste rekreasjonsområder. All disse forhold må tas i betraktning når tiltak mot forurensningen skal vurderes.

3. NATURGRUNNLAGET.

Nordåsvatnet er en fjord som er forbundet med de ytre kystområde gjennom en trang kanal ved Straume (se fig.1). Vannmassene i Nordåsvatnet er via kanalen og Knappesund like utenfor forbundet med Grimstadfjorden og Vattlestraumen. Både i Grimstadfjorden og Vattlestraumen er det sterk strøm og god vannutveksling.

Kanalen ved Straume har et midlere vannverrsnitt på ca. $63,6 \text{ m}^2$ og et maksimalt dyp på 4 m. Selve Nordåsvatnet består av 2 hovedbasseng:

Det ytre basseng som strekker seg fra Straume til terskelen ut fra Bones. Denne terskelen er ca. 12 m dyp.

Det indre basseng, som vi regner omfatter hele fjordområdet innenfor Bones-tersekelen.

Både i det ytre og det indre basseng er det forskjellige dypholer men disse er forbundet gjennom såvlavertørskler at de for den praktiske problemstilling i alt vesentlig kan betraktes som et basseng hver.

Det er en rekke innsjøer i nedbørfeltet som har en betydelig regulerende virkning på tilføringen av ferskvann. I særstilling står Sælevatn som ligger så lavt at saltvann regelmessig strømme inn fra det ytre basseng ved Straume.

Sølevatn har i likhet med Nordåsvatnet fått utiltalende foruren-
ningssymptomer, men er stort sett holdt utenfor den foreliggende
problemstilling.

I følgende tabell er gitt noen data om Nordåsvatnets to bassenger
og Sølevatn:

Tabell 1.

	Ytre basseng	Indre basseng	Sølevatn
Nedbørfelt, km ²	86	72,7	11,7
Innsjøflate, km ²	0,57	4,09	0,6
Største dyp, m	53	84	26
Totalt våtvolum ved middels vannstand, mill. m ³	11,2	126,2	6,9
Midlere avrenning av ferskvann, m ³ /sek	4,1	3,5	0,6
Minste avrenning av ferskvann, over 2 mndr. om sommeren. m ³ /sek	0,5	0,42	0,07
Teoretisk oppholdstid for ferskvann i november, dager		7	
Teoretisk oppholdstid for ferskvann om sommeren, dager		20	

Nordåsvatnets innløp ved Straume har flere ganger vært forandret
Av praktisk betydning er det at utløpet ble vesentlig forstørret
i 1955. Ved siden av det tidligere 4 m dype innløp ble det åpne
en kanal som er noe bredere, men noe grunnere. Kanaltverrsnitte
ble ca fordoblet ved denne ombygging.

Midlere flo og fjære differanse i Bergensområdet var i følge de
offisielle tidevannstabeller i månedene mai, juni og juli 1961
henholdsvis 94, 95 og 96 cm. I Nordåsvatnet er variasjonene
betydelig mindre som følge av motstand for tidevannsutvekslingen
gjennom kanalen ved Straume.

4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER.

Siden Nordåsvatnet har en eiendommelig utformning som fjord be-
traktet, og siden det ligger i Bergens umiddelbare nærhet, er de

lett å forstå at det har tiltrukket seg forskernes oppmerksomhet opp gjennom årene.

Dels har fjorden vært gjenstand for vitenskapelige undersøkelser som er beskrevet i faglitteraturen, og dels har den vært brukt forsøksobjekt for metodiske studier og som øvelsesobjekt for studenter. Mange verdifulle opplysninger er fremkommet gjennom disse siste undersøkelsestyper, men da resultatene ikke er publisert eller vitenskapelig bearbeidet, må de stort sett holdes utenfor en diskusjon om fjordforholdene.

De hydrografiske forhold ble første gang grundig undersøkt av Thorbjørn Gaarder (1) i tidsrommet 1912 - 1914. Senere har hydrografiske observasjoner vært utført av Strøm (2) i 1933, av Wiborg (3) 1941 - 42 og av Mosby og Vogelsang (4) 1948.

Blant de biologiske undersøkelser bør først og fremst nevnes Wiborgs (3) arbeid om Zooplankton og Braarud og Hopes (5) arbeid om phytoplankton. Materialene til disse undersøkelser ble innsamlet i tidsrommet 1941 - 42.

Strøm (2) tok en bunnpropp på det dypeste sted i Nordåsvatnet. Denne viste seg å bestå av et snaue 10 cm tykt svart gjørmelag overst, og under der et lysere sjikt som var rikt på skjell. Andre bunnprøver er så vidt vites ikke blitt tatt og det er ikke gjort noe forsøk på å tolke fjordens historiske utvikling på denne måten.

5. PROBLEMSTILLING OG ARBEIDETS RAMME.

Det er en alminnelig oppfatning blant folk som bor nær Nordåsvatnet at fjordens tilstand har forandret seg til det verre i senere år. Forandringen er så tydelig at sterke røster har hevet seg for å få bragt fjorden tilbake til de tidligere og mere tilfredsstillende tilstander.

Fjorden er fra naturens side omfintlig for påvirkninger og samtlige undersøkelser har vist at de dypere vannlag er fri for oksygen og inneholder til dels betydelige mengder med hydrogensulfid.

Dette forholdet har Nordåsvatnet til felles med en rekke avstengt fjordarmer med grunne terskler i innlopet. Mange små og større fjorder utviser liknende egenskaper uten at man alltid kan se en klar sivilisasjonspåvirkning eller direkte forurensningspåvirkning.

Imidlertid har det tilsynelatende foregått forandringer i de ovre vannlag idet vannets klarhet har avtatt sterkt. Vannet er stadig blitt mere grumsete og det har vært en tiltagende vekst langs stranden av forskjellige alger (grønske) som nedsetter strandens brukbarhet som badeplass. I det hele har det estetiske utseende forandret seg i uheldig retning. Veksten av blåskjell har tilsynelatende også øket betydelig og skaper ubehag for dem som bader. Endelig plages folk som bor nær Nordåsvatnet av luktulemper, særlig ved fjære sjø og under ugunstige vindforhold. Foruten at de estetiske forhold ved Nordåsvatnet er dårlige, er mange redd for at vannet er uhygienisk for bading.

Den foreliggende undersøkelse hadde en problemstilling i tre punkter:

1. Klarlegging av fjordens forurensningstilførsler.
2. Undersøkelse av fjordens biologiske og kjemiske tilstand, hydrografi og vannutveksling.
3. Vurdering av praktiske tiltak for å bedre på forholdene.

Med de nåværende bolig-, industri- og kloakkforhold i Fana er det ikke gjorlig å komme frem til et nøyaktig uttrykk for den forurensningsmengde som tilføres selve fjorden. Dette skyldes dels at man vet for lite om de forurensninger som kommer fra boliger, bedrifter m.v., og dels at kloakknettets er svakt utbygget og har avløp en rekke steder både til vassdrag og selve fjorden. Vurderinger av tilførslene og selvrensningsevnen i vassdragene, lar seg ikke utføre og vi har vært nødt til å bruke skjønsmessige anslag for denne del av oppgaven.

Den foretatte undersøkelse har omfattet både tidevannsvekslingene gjennom Straume og forholdene inne i selve fjorden. Hovedtrekkene i det som er fremkommet, er summarisk gjengitt i kapittel 7, 8 og 9. Det er dessuten av cand.mag. Eivind Softeland utført en undersøkelse over bunndyr i Nordåsvatnet. Hans arbeid har bl.a. fort

til interessante observasjoner om blåskjellbegroingen. Av formelle grunner kan hans avhandling ikke tas med her, men vil bli vurdert særskilt overført Fana kommune når den kan frigis fra Universitetet i Bergen.

6. FORURENSNINGSTILFØRSLER.

I Fana kommune bor det ca. 34 000 mennesker. Av disse har vi antatt at 25 000 sokner til Nordåsvatn. En del av Bergen by ligger innenfor Nordåsvatnets nedbørfelt. Kloakkvannet fra denne bebyggelse blir ført til Bergen, men under regnvarssituasjoner vil noe kloakkvann via overløp komme til Nordåsvatnet gjennom Kristianborgvatnet. Det forekommer videre mange industribedrifter hvorav enkelte slipper ut betydelige mengder forurenset avlopsvann. Vi har antatt at belastningen i organisk stoff fra disse kilder kan dreie seg om ca. 15 000 mennesker. Nordåsvatnet tilføres dermed anslagsvis forurensninger fra 40 000 personer. Da en vesentlig del av kloakkene munner ut oppe i vassdragene, vil en betydelig selvrensning finne sted. Dette vil redusere mengden med organisk stoff som føres til Nordåsvatnet, men ikke nevneverdig redusere mengden med næringssalter.

I flomperioder er vassdragene i nedbørfeltet tydelig preget av humusstoffer. Denne mengde organisk stoff betyr utvilsomt en viss belastning for Nordåsvatn. Det er sannsynlig at humus-stoffene er fattige på næringssalter, og at de derfor ikke skulle stimulere algeveksten i Nordåsvatnet i nevneverdig grad. Overflatevannet som renner av fra de bebyggede områder, vil sannsynligvis være betydelig påvirket i forhold til avrenningsvann fra uberørt skog og mark. Det foreligger ingen opplysninger som tillater å vurdere denne kulturpåvirkning og eventuelt sammenlikne den med betydningen av kloakkvannet.

Tilførslene av forurensninger til Nordåsvatn antas å ha øket vesentlig i tidsrommet fra 1950 og utover, fordi et større kommunalt vannverk da ble tatt i bruk og vannforbruket i området dermed øket betydelig.

Som et ledd i tiltak mot forurensningene er det sannsynligvis nødvendig at dreneringsnettene for kloakk- og industrivann utvides

betydelig og samler alt forurenset vann til et mindre antall steder rundt Nordåsvatn. Det er ytterst vanskelig å forutsi hvilke mengde forurenninger og forurenset vann de enkelte drenerings-systemer vil kunne føre. For vurderingen av enkelte tekniske tiltak er det gjort visse anslag som imidlertid må vurderes på nytt når nærmere informasjoner eller bedre bedømmelsesgrunnlag foreligger.

7. VANNUTVEKSLINGEN VED STRAUME.

Dette er behandlet i del-rapport 1.: "Tidal current choking in the land-locked fjord of Nordåsvatn", B.Glenne og T.Simensen, som er under trykking i "Sarsia". En kort sammenfatning av dette arbeid gis nedenfor.

Kanalen ved Straume er så trang at tidevannsvariasjonene innenfor kanalen er mindre enn tidevannsvariasjonene utenfor. Denne forskjellen er bestemt av motstanden som det strømmende vann har i selve kanalen. Denne motstand er igjen bestemt av kanalens form og dimensjoner og beskaffenheten av kanalvegg og bunn. En rekke målinger ble utført for å finne tallmessige uttrykk for forholdene. Målingene viste for det første at mens det er stor forskjell på tidevannsvariasjonene umiddelbart utenfor og innenfor kanalen ved Straume, er det ingen forskjell mellom Nordåsvatn ved Fjøsanger og Nordåsvatn ved Straume. Problemet var således begrenset til selve kanalen. Som utgangspunkt for tidevannsvariasjonene utenfor Straume ble brukt tidevannstabellene for Bergen utgitt av Norges Sjøkartverk. Det ble påvist at høy- og lavvann utenfor Straume opptrådte ca. 20 min. tidligere enn i Bergen. Høy- og lavvann inntreffer senere i Nordåsvatn enn utenfor Straume. Tidsforskyvningen er ca. 110 min. for høyvann og ca. 148 for lavvann. Høyvann i Nordåsvatn var i middel 56 % av høyvannstanden utenfor, mens lavvann var 25 % av lavvann utenfor. Disse tall er beregnet i forhold til middelvannstand. Den samlede dempning av høy- og lavvann ble ca. 40 %. Dette vil si at tidevannsutskiftningen i Nordåsvatnet i dag er ca. 40 % av hva den ville ha vært med et relativt bredt sund ved Straume.

Sølevatn ligger som en avstengt innsjø innenfor Nordåsvatns ytre basseng, og en viss mengde tidevann strømmer regelmessig ut og inn

fra Sælevatn. Denne vannmengden er så liten at den ikke er antatt å ha betydning for vannutvekslingen i selve Nordåsvatnet. Som følge av forholdene vil middelvannstanden i Nordåsvatnet være noe høyere enn middelvannstanden utenfor Straume og middelvannstanden i Sælevatn vil være ennå høyere.

Tilførslen av ferskvann til nedbørfeltet innenfor Straume har betydning for vannutvekslingen idet dette ferskvannet må ut gjennom kanalen. Overslag over ferskvannstilførslen er utført. Middellavrenningen fra Nordåsvatn, som ferskvann, er anslått til $4,1 \text{ m}^3/\text{sek}$. I de to tørreste sommermånedene, mai og juni, er vannføringen anslått til $0,5 \text{ m}^3/\text{sek}$. Ved hjelp av en matematisk formulering av tidevannsvariasjonene utenfor og innenfor Straume, samt vannhastigheten i kanalen ved Straume er det lyktes å komme frem til en differentiallikning som binder alle faktorene sammen. Likningen kunne enkelt løses ved hjelp av en analog-regnemaskin. Ved å ta utgangspunkt i en rekke tidevannsvariasjoner som er målt samtidig utenfor og innenfor Straume var det mulig å finne de konstanter som gjelder den fastsatte likning. Analog-regnemaskinen gjenga direkte de aktuelle forhold ved innsettelse av konstantene.

Ved hjelp av denne matematiske behandlingen var det mulig, på papir, å foreta tverrsnittsforandringer ved Straume for å se hva det vil medføre for vannutskiftningen og for strømforholdene ved Straume.

Beregningene har kort sagt vist at om det nåværende kanaltverrsnitt på ca. $63,5 \text{ m}^2$ blir utvidet til ca. 135 m^2 , vil dempningsfaktoren forandre seg fra 0,40 til nærmere 1,0. Med andre ord, med et tverrsnitt på 135 m^2 vil man oppnå praktisk talt maksimal tidevannsutveksling i Nordåsvatnet. Samtidig som tidevannsvariasjonene vil nærme seg dem utenfor Straume vil tidspunktene for høy- og lavvann også bli mere sammenfallende.

Ved beregninger er det vist at vannhastigheten i kanalen etter en slik utvidelse vil bli omtrent den samme som i dag. Ved en utvidelse som ligger mellom disse to tverrsnitt vil strømhastigheten bli høyere enn i dag, mens den ved tverrsnitt som er større enn 135 m^2 vil bli mindre.

Undersøkelsen om utvekslingen ved Straume har behandlet viktige opplysninger om vannutveksling i dag og etter en eventuell forandring av kanallopet. Imidlertid har det ikke vært mulig å skaffe noe tallmessig uttrykk for hvorledes vannmassene inne i Nordåsvatnet vil bli påvirket av en øket vannutveksling ved Straume. Vi vet i dag at en del av vannmassene omkring Straume pendler frem og tilbake, og dette vil fortsatt skje etter en eventuell utvidelse. Det er sannsynlig at effekten av en kanalutvidelse vil bli betydelig i Nordåsvatnets ytre områder, men at den vil gjøre seg mindre gjeldende jo lenger inn man kommer.

8. HYDROGRAFI OG STRØMNINGER.

Det som er fremkommet om disse forhold, er gjengitt i del-rapport 2.: "Some observations on hydrography and currents in Nordåsvatn, 1960-61". Undersøkelsene har vist at de viktigste trekk i fjordens hydrografi ikke har forandret seg nevneverdig fra tidligere undersøkelser. Bunnvannet er stadig rikt på hydrogensulfid og strekker seg fra fjordens dypområder oppover til ca. 15 m under overflaten. Det ble påvist tydelige variasjoner i saltgehalten i det aller øverste vannsjiktet, mens variasjonene mot dypet var små. Det ble ikke ansett mulig innenfor arbeidets ramme å foreta et fullt sett hydrografiske undersøkelser gjennom et helt år. Disse har derfor vært begrenset til stikkprøver og undersøkelse av prøver som har vært tatt i forbindelse med merkebakterieforskning.

Det knytter seg særlig interesse til variasjonene i saltgehalten i det øverste vannlag og hvorledes mektigheten av det mest ferskvannspregede topplag er avhengig av nedbør og vindforhold. Det ville imidlertid ha krevet et meget omfattende apparat å få tilstrekkelig med data til en statistisk sett tilfredsstillende behandling av dette.

Nå som for viser de hydrografiske undersøkelser at det er en vesentlig forskjell på det ytre basseng mellom Straume og Bonester-skelen og det indre basseng innenfor Bones.

Ut fra de observasjoner som finnes, er det sannsynlig at vannutvekslingen i det ytre basseng er blitt bedre enn den var før. Dette kan lett forklares ved at utvidelsen av kanallopet ved

Straume i 1955 har medført en øket vannmengde som går ut og inn med tidevannet. Sannsynligvis har forandringen medført en øket strømhastighet og dermed også en øket turbulenseffekt i de dypere lag.

For å bedømme strømningene i Nordåsvatn og ved Straume er det 4 ganger blitt utført forsøk med merkebakterier. Disse bakteriene kan i stort antall tilsettes vannmassen på et på et bestemt sted og vil blande seg med denne. Ved senere prøvetakinger til forskjellige tidspunkter og på forskjellige steder og dyp, kan man påvise hvor og hvor fort de vannmasser som er merket med bakteriene, brer seg. Antallet bakterier som gjenfinnes i prøvene, viser til en viss grad hvorledes disse vannmasser er blitt for-
tynnet med andre vannmasser, men en betydelig forsiktighet må anvendes ved å bruke kvantitative vurderinger på funnene av merkebakterier. Slike forsøk viser først og fremst forholdene kvalitativt sett.

Det første merkebakterieforsøk foregikk ved at inngående vannmasser ved Straume ble merket. Bakteriene ble tilsatt en time etter at strømmen begynte å gå innover mot Nordåsvatn. Prover ble tatt forskjellige steder i de øverste 16 meter ved stasjonene 1, 14 og 6 (se fig. 1). Resultatene viste at de merkede vannmasser spredte seg innover i overflatelaget, forbi stasjon 1 og 14, men ikke nådde frem til stasjon 6 innen tidevannet snudde og strømmen gikk for utgående. De inngående vannmasser ble funnet å ha en hastighet som var 20 cm/sek det første stykket frem til stasjon 1, og 11 cm/sek videre frem til stasjon 14.

Det andre merkebakterieforsøk ble utført med meget nær de samme betingelser. Inngående vannmasser ble nå merket sist under innstrømningsperioden ca. 1 time før strømmen snudde. Resultatene viste at denne merkede vannmasse sank ned og spredte seg innover i de dypere lag i Nordåsvatnets ytre basseng. Ingen bakterier ble funnet igjen i de øvre 4 m, mens hovedmengden lå omkring 8 og 12-meters dypet. Innenfor Bonesterskelen ble hovedmengden gjenfunnet i 12-meters dypet.

Den følgende tidevannssyklus ble det hver halvtime tatt prøver i kanalen. Det vistest en synkende mengde med merkebakterier i

det utgående vann. Det sist utgående vann var ganske fattig på merkebakterier. Det dernest innkommende vann var igjen rikere på merkebakterier, særlig til å begynne med, men mengden avtok nå igjen og ble ganske lav på slutten av denne innstrømningsperioden.

Disse observasjoner stemmer bra med den antagelse at den første vannmengde som passerer gjennom kanalen ved Straume har passert kanalen en gang før og bare den siste delen for hver inn- eller utstrømningsperiode representerer vannmasser som før ikke har del- tatt i ut- og innstrømningen. Det er dette som markerer forskjellen i resultater av det første og andre merkebakterieforsøket. I det første forsøket ble det først innstrømmende vann merket. Dette vannet som nettopp hadde strømmet ut som overflatevann, kom tilbake igjen og oppførte seg som Nordåsvatnets overflatevann.

Ved det andre forsøket var det det sist innkommende tidevann, d.v.s. relativt tungt og friskt saltvann som ble merket, og dette sank ned rett innenfor Straume og fordelte seg i de dypere vannmasser. Dette siste forsøket er særlig interessant for såvidt som det indikerer en viss regelmessig utskiftning av vannmassene minst ned til 16 m under en vanlig tidevannssyklus.

Det tredje merkebakterieforsøket ble utført ved at det først utstrømmende vann ved Straume ble merket. Det ble så tatt prøver 4 steder i Knappesundet og Grimstadfjorden. Det viste seg at de merkede vannmasser raskt passerte stasjonen ytterst i Knappesundet, mens fortynningen i Grimstadfjorden tilsynelatende var meget stor, slik at gjenfangsten der var ubetydelig. Det er fra andre undersøkelser brakt på det rene at det gjennomgående er kraftige strømforhold i alle dyp i Grimstadfjorden, antagelig forårsaket av den kraftige strøm i Vattlestraumen utenfor. Utskiftningen i Grimstadfjorden antas derfor å være meget god. Det tredje merkebakterieforsøket tillater ingen slutninger om hvor meget av det utgående vann som kommer tilbake til Nordåsvatnet, men det viser at det er lite sannsynlig at forurenset, utstrømmende vann fra Nordåsvatn kan ha særlig betydning for forholdene i Grimstadfjorden.

Det fjerde og siste merkebakterieforsøket ble utført ved at elven fra Kristianborgvatnet inne i Fjøsangerbukten ble merket. Det ble tatt prøver dels samme dag og dels de to påfølgende dager i begge basseng av Nordåsvatnet. Disse prøvene viste at bakteriene fra Fjøsangerbukten spredte seg raskt over hele Nordåsvatnet og tilsynelatende nådde en maksimal utbredelse etter 1 - 2 døgn. Antallet bakterier viste deretter en rask synkende tendens som kan forklares ved at bakteriene ble eliminert ved aktive selvrensningsprosesser. I det forurensede vann til Nordåsvatnet er de biologiske omsetninger raske og det er naturlig å anta at de hurtig vil redusere antallet av en tilført bakterie som ikke selv har naturlige eksistensbetingelser og vekstmuligheter. Merkebakteriene fra Fjøsanger bredte seg først og fremst i overflate-laget i Nordåsvatnets indre og ytre basseng.

Samtidig med det fjerde merkebakterieforsøket ble det tatt prøver for å bestemme antallet coliforme bakterier. Disse prøvene viste tydelig en maksimal fordeling i overflatelaget og 2-meters dypet, mens antallet fra 4 m og nedover var betraktelig lavere. Bare i det ytre basseng ved stasjon 14 var forholdene noe annerledes, idet fordelingen av coliforme bakterier ned til et dyp av 16 meter var mere jevn enn i indre basseng.

Det ble under dette forsøk også tatt en del prøver for bestemmelse av salinitet og fosfatinnhold. Disse prøvene viste at fosfatinnholdet i de øvre 12 metrene er forholdsvis jevnt og omkring $0,05 \text{ mg PO}_4/1$. I 16 meters dypet var innholdet betydelig høyere. Tidligere undersøkelser har godtgjort at fosfatinnholdet i de stagnerende bunnmasser fra 15 meter og nedover er ganske høyt.

9. FASTSITTENDE ALGER.

Algebegroingen i strandsonen er beskrevet i delrapport 3.: "Fastsittende alger i Nordåsvatnet" ved Ivka Munda. Ved dette arbeidet er det gjort et forsøk på å karakterisere algesamfunnene og algebegroingen i de forskjellige avsnitt i Nordåsvatnet for om mulig å påvise gradienter som kan sammenholdes med forurensningsforholdene. Undersøkelsen viser at de vanlig algesamfunn som finnes i kystområdene bare strekker seg noen få meter innenfor kanalen ved Straume. Disse samfunnene er preget av brunalger

som Fucaceer og Laminaria-arter. I resten av Nordåsvatnet var forholdene ganske annerledes og strandbegroingen var dominert av grønnalger (særlig Enteromorpha-arter) i form av grønske og trådformige brunalger (særlig Ectocarpus-arter). I de innerste deler, spesielt innenfor Marmorøya og inn mot Fjøsanger, var denne algebegroingen mindre kraftig. I stedet forekom blågrønnalger mange steder som et tynnt belegg på fjell og stener. Våtvekten av algene ble bestemt, likesom algesamfunnene ble beskrevet. Det er nærliggende å tolke de markerte forandringer som ble observert ut fra virkning av forurensningstilførsler. Imidlertid er forholdene komplisert ved at Nordåsvatnet i overflatelaget inneholder varierende ferskvannsmengder, og at fjorden vanligvis fryser over om vinteren slik at de fastsittende algene derved utsettes for ispåvirkning. Disse to faktorer kan ikke entydig skilles ut fra forurensningspåvirkningen, slik at betydelig forsiktighet må utvises ved tolkningen. Det synes imidlertid klart at næringsgrunnlaget for algene må ha forandret seg betydelig de senere år.

En del av algebevoksningen i de indre fjordområder sitter så løst festet til bunnen at den ved vind og bølgebevegelse rives av og føres som drivende algematter over fjorden. De samler seg på strendene og bidrar sterkt til å gjøredem estetisk utilfredsstillende. Ved lengre tørrlegging vil algene gå i forråtnelse og føre til en formulding av sanden som gjør denne stadig mindre egnet for badeformål.

De utførte undersøkelser av algeforekomstene vil danne et utmerket utgangspunkt for fremtidige vurderinger. Ved nye undersøkelser vil man lett kunne trekke sammenlikninger og konklusjoner om de forandringer som forårsakes av økede forurensningstilførsler eller tekniske tiltak for å bedre på forholdene. En av grunnene til at de fastsittende alger vanskelig kan jevnføres med forurensningsbelastningen, er at det desverre ennå ikke er påvist egenskaper som med sikkerhet kan settes direkte i forbindelse med forurensning. Dette forhold representerer en betydelig vanskelighet i alle land som har sjøvannsforurensning, og det arbeides stadig med å komme frem til bedre klarhet over dette viktige punkt. Vi har av denne grunn ikke villet trekke for entydige konklusjoner om forholdet mellom utbredelsen av de fastsittende alger og forurensningsbelastningen.

10. DISKUSJON OM FORURENSNINGSSITUASJONEN.

En diskusjon om de nåværende forhold må dels baseres på det inntrykk og de klager som kommer fra publikum og dels på den naturvitenskapelige beskrivelse av forholdene.

De fremherskende anklagepunkter angående forurensningene i Nordåsvatnet fra publikum er, etter det vi har oppfattet:

grumsete, stygt vann,
 grønskebevokste, slimete strender,
 drivende grønskedotter i vannet,
 overhåndtagende vekst av blåskjell på fjell, stener og peler
 i strandsonen,
 luktulemper nær stranden,
 generell følelse av uappetittlige og uhygieniske badeforhold.

En rekke kommentarer kunne knyttes til disse punktene, og man vil ikke finne samme utsagn og samme vurdering av forskjellige folk som har fulgt med i utviklingen. Selv om det klages mest på forholdene i indre basseng, og spesielt i de innerste buktene i Fjøsanger og Skjold, er det ingen vesentlig forskjell på ulempene i indre og ytre basseng.

Det har ikke vært mulig å komme frem til bestemte kriterier i Nordåsvatn som direkte viser graden av forurensning i de enkelte avsnitt. De naturvitenskapelige undersøkelser bekrefter at det i overflatelaget er en betydelig produksjon av alger og andre organismer, både i de løse vannmasser og knyttet til strandsonen omkring fjorden. Det er tydelig at de ulemper som knytter seg til Nordåsvatnet gjør seg gjeldende i de aller øverste vannlag, ned til maksimum 1 á 2 m dyp.

Da hovedulempene knytter seg til vekst av planktoniske og fastsittende alger, er det rimelig å anta at det er tilførslenes innhold av næringsstoffer som er særlig viktige for forholdene i fjorden. Dette er en viktig konklusjon fordi forurensningsulempene ellers ofte er knyttet til kloakkvannets innhold av organiske stoffer eller mikroorganismer. Når vi i dette tilfellet mener at den direkte belastning med organiske stoffer er mindre betydningsfull, henger det sammen med at tilførslen av kloakkvann

vesentlig skjer oppe i vassdragene og at betydelige selvrensningsprosesser fører til en vesentlig reduksjon i innholdet av organisk stoff før kloakkvannet kommer til fjorden.

Det er viktig å ta med i vurderingen at det foregår en rask utvikling i områdene rundt Nordåsvatnet som vil føre til en betydelig økning i tilførsel av forurensninger fra boliger og industri. En økende belastning vil medføre en forsterkning av de ulemper som allerede er observert og kan føre til nye ulemper som fiske-død og lukt av selve vannmassene. Ved vurdering av de ulemper som forurensningene betyr, er det derfor nødvendig å tenke seg hvorledes forholdene kan bli et stykke frem i tiden, hvis utviklingen i området fortsetter som nå og det ikke tas spesielle forholdsregler for å redusere påvirkningen av Nordåsvatnet.

11. KRAV TIL NORDÅSVATNET.

Ulempene som følger den tiltagende forurensning av Nordåsvatnet har gjennom årene langsomt øket i omfang og styrke. Forskjellen fra år til år har sikkert vært like meget bestemt av klimatiske forhold som av den direkte økning av tilførsler. Vi har ikke vært i stand til å beskrive hvorledes Nordåsvatnet var før disse ulempene ble merkbare. De opprinnelige forhold kunne ellers være et naturlig utgangspunkt for å vurdere de krav som kan stilles til Nordåsvatnet.

Vi kan heller ikke angi hvor fort de uheldige forhold har utviklet seg. For en ingeniørmessig behandling av problemene er det nødvendig å operere med tallmessige uttrykk. Dette lar seg ikke gjøre for Nordåsvatnets vedkommende når det gjelder å fastsette økningen i belastning og forurensningssymptomer.

De krav som kan stilles, bør fremsettes, diskuteres og vedtas av de lokale interesser som har særlig tilknytning til Nordåsvatnet, som kommunestyret, helseråd, friluftsansjasjoner, vel-foreningene og fiskere, sportsinstitusjoner m.v.

Vi vil foreslå at følgende krav medtas ved denne diskusjon:

1. Sikkerhet mot hygieniske faremomenter.
2. Ingen luktulemper utover den naturlige fjærelukt.
3. Et rimelig siktedyp i vannet (ned til f.eks. 1 eller 2 m).
4. En reduksjon av begroing av grønske, slik at mengden med flytende grønskedotter blir vesentlig redusert.
5. Reduksjon av blåskjellbegroingen, slik at fare for beskadigelse under bading reduseres.
6. Opprettholdelse av slike forhold ved Staume at de fleste motorbåter kan gå igjennom uansett tidevannsforhold.
7. Opprettholdelse av kanalen ved Salevatn, slik at småbåter kan gå ut og inn.
8. Opprettholdelse av minst mulig tidevannsvariasjoner inne i fjordbassenget,
9. Opprettholdelse av gunstige fiskeforhold.

Det sees at disse kravene faller i forskjellige kategorier, som hygieniske forhold, rekreasjonsmessige forhold, fiskerimessige forhold og rene strømnings- og vannstandsmessige forhold. Det er nødvendig at de interesserte instanser drøfter alle forhold av betydning, slik at det kan oppnås klarhet over de forskjellige krav og ønskemål til Nordåsvatnet.

Når det er fastsatt en målsetting, kan det vurderes om spesielle tiltak er nødvendig, hvilke tiltak som kan komme på tale og hvilke omkostninger det dreier seg om. Det kan også tenkes at målsetting til dels setter krav med så vidtgående teknisk-økonomiske konsekvenser at den må tas opp til revisjon. Det er ganske innlysende at selv om betydelige tekniske tiltak settes ut i livet, vil man ikke kunne vente at Nordåsvatnet skal få samme utseende som de åpne kystområder. Det vil alltid forbli et lukket basseng med særegne hydrografiske og biologiske forhold og en viss innflytelse av det sterkt kulturpåvirkede landskap vil i alle tilfelle måtte gjøre seg gjeldende.

12. TEKNISKE MULIGHETER.

Teoretisk foreligger der en rekke forskjellige muligheter for å

bedre forholdene i Nordåsvatnet. De forskjellige alternativer må vurderes nøye for å avgjøre om de er praktisk gjennomførbare og hvilke teknisk-økonomiske forhold som er forbundet med dem. Vurderingen må omfatte anlegg, drift og vedlikehold. Til slutt bør det foreligge informasjoner som muliggjør et kompromissvalg mellom beskyttelsen av Nordåsvatnet på den ene side, og omkostninger på den annen side.

Det har ikke ligget innefor dette arbeidets ramme å komme frem til prosjekterte tekniske løsninger med omkostningsberegninger. Denne del av arbeidet bør være neste fase i problembehandlingen, og bør utføres av kommunens tekniske etat, eventuelt i samarbeid med NIVA og spesialkonsulenter. For dette arbeid tar til kan det imidlertid tas et foreløpig standpunkt til hovedprinsippene.

Det er to prinsipielle løsninger for kloakkavledningen i det aktuelle området:

1. å samle opp mest mulig kloakkvann og industrielt avløpsvann til et ferrest mulig antall sentrale steder som naturlig vil ligge ved Nordåsvatnet,
2. å fordele kloakkrensaneanlegg mest mulig ut over hele nedbørfeltet, slik at utslipp av rensed kloakkvann og industrielt avløpsvann skjer på flest mulige steder i de forskjellige vassdragene, med en maksimal utnyttelse av disses selvrensningsevne.

På grunnlag av de utførte undersøkelser og overslag som kan gjøres ser det ut til at løsning 2 må bortfalle, såfremt man ønsker å forhindre en fortsatt forverring av forholdene i Nordåsvatnet. Forholdene i dag er nettopp et resultat av løsning 2, og en fortsatt kloakkering etter spredningsprinsippet må nødvendigvis føre til økede ulemper. Man kan med en viss grad av sikkerhet forutsi bolig- og industriutviklingen i nedbørfeltet i årene fremover og vet dermed at belastningen med rensed avløpsvann til vassdragene og selve fjorden vil øke tilsvarende.

Vi forutsetter derfor at det i første omgang søkes anlagt et kloakksystem som samler alt forurenset vann til et mindre antall

(3 - 4) steder langs Nordåsvatnet: Da vi kan forutsi at kloakkvannet enten må renses eller føres langt avsted, må det sørges for at det kommer minst mulig overvann og drensvann inn i kloakk-systemet.

Når det gjelder behandlingen av kloakkvannet etter at det er ført til Nordåsvatnet; er det tre muligheter:

- 1.1. rensing av vannet slik at det kan ledes ut til nærmeste vannmasse uten å påvirke denne uheldig,
- 1.2. utslipp av delvis rensset kloakkvann på et så stort dyp at forurensningene vil fordele seg på en gunstig måte i Nordåsvatnets dypere vannlag og forårsake et minimum av ulemper i overflatelaget,
- 1.3. bortledning (ved pumping) av kloakkvannet, slik at det føres ut til et rimelig sted og dyp i Grimstadfjorden hvor mulighetene for umiddelbar tilbakeføring til Nordåsvatnet er tilfredsstillende redusert.

Noen kommentarer kan knyttes til disse tre alternativene:

Ad. 1.1. Om rensing av kloakkvannet skal gi tilfredsstillende resultater, må den innbefatte fjerning av sedimenterbare stoffer, nedbrytning av organisk stoff og fjerning av en eller flere av de næringskomponenter som bestemmer intensiteten av algeveksten i fjorden. Det siste rensekrevet er det viktigste samtidig som det er det teknisk minst kurrante innen kloakkteknikken i dag. En rekke steder rundt i verden har det vært arbeidet spesielt med dette problemet og mindre forsøksanlegg har vært drevet bl.a. i Amerika, Sveits og Norge. De forskningsbetonte undersøkelser med dette problemet pågår stadig og det er å håpe at utviklingen om ikke for lenge vil føre til anleggstyper som man finner det teknisk og økonomisk forsvarlig å bygge.

Det må også foretas en økonomisk avveining mellom renseprosesser på den ene side og andre måter å bli kvitt forurensningene på den annen side. Inntil videre bør renseanlegg for å fjerne næringsalter eller organisk stoff anslås til å koste det samme som høyverdig, biologisk rensing i aktiv-slam-anlegg.

Selv om en ikke finner det hensiktsmessig å benytte rensing for å fjerne næringssalter, bør utviklingen på dette området følges nøye. Det kan f.eks. hende at visse mindre kloakkavløp ikke lar seg lede til hovedkloakkene, og at det derfor kan bli aktuelt med rensing for slike avsidesliggende kloakksystemer.

Ad. 1.2. Utviklingen innen kloakkteknikken viser at det stadig vies mere oppmerksomhet på selve innblandingen av avløpsvannet i resipienten. Særlig i sjøvannsområder er det blitt alminnelig med dypvannsutslipp hvor selve utslippanordningen kan gjøres som et diffusjonsanlegg som sikrer rask innblanding.

Vi har forsøkt å vurdere hva som kan oppnås ved å lede kloakkvann til de dypereliggende områder i Nordåsvatnets sentrale partier og har tenkt oss utslipp på ca. 40 m dyp. Det er teknisk ikke vanskelig å få til slike dypvannsutslipp.

Når kloakkvannet ledes ut på dette dyp i sjøen vil det stige mot overflaten fordi kloakkvannet er vesentlig lettere enn saltvannet. Under oppstigningen vil kloakkvannet blande seg med saltvannet, slik at blandingsforholdet blir større jo høyere opp det kommer. På et visst dyp, avhengig av en rekke faktorer, vil det sjøvannsblandede kloakkvann få samme tetthet som vannet i fjorden. Kloakkvannet vil da spre seg horisontalt ut på dette dypet.

Under en slik prosess vil man derfor oppnå at kloakkvannet i første omgang blir lagret inn på et bestemt dyp. Ved å gjøre visse antagelser for kloakkvannføring, utslippningsdyp, diffusjonsanlegget, utformning og tetthetsfordeling i fjorden er det mulig å beregne innlagringsdypet. Ved utslipp på 40 m dyp er det sannsynligvis lett å oppnå at forurensningen lagrer seg inn mellom 5 og 10 m under overflaten.

Forurensningen videre skjebne er bestemt av strømminger og vannutvekslinger i fjorden slik at vi ved hydrografiske betraktninger kan vurdere den senere langsomme viderefordeling av kloakkvannet. I den første oppstigningsfase vil kloakkvannet rive med seg en god del saltvann. I Nordåsvatnet er vannet under 15 m dyp som

regel fritt for oksygen og inneholder tiltagende mengder hydrogen-sulfid mot dypet. Under visse forutsetninger er det mulig å beregne hvor meget saltvann som kan rives med fra de forskjellige dyp, og hvordan dette kan influere på de hydrografiske forhold i Nordåsvatnet. Det er lett å skjønne at dypvannsutledningen vil medføre en betydelig øket vertikalsirkulasjon i Nordåsvatnets vannmasser. Det vann som rives opp med kloakkvannet vil til å begynne med være hydrogensulfidholdig. Etter en viss tid vil sirkulasjon føre til at oksygenholdig vann trenger dypere ned, og det vil skje en blanding av oksygenholdig og hydrogensulfidholdig vann som kan føre til at hydrogensulfidgrensen trykkes mot dypet. Det er videre en betydelig mulighet for at den økede vertikalsirkulasjon vil fremme utvekslingen av vannmasser mellom Nordåsvatnets indre og ytre basseng, og dermed i det hele tatt økere renseseffekten til tidevannsstrømmene.

Det er mulig at dypvannsutslipp med fordel kan kombineres med en betydelig utvidelse av kanalen ved Straume. Ved overkommelige midler skulle kanalen kunne utvides slik at vannutvekslingen blir ca. dobbelt så stor som den er i dag. Øket tidevannsutveksling ved Straume vil først og fremst få betydning for det ytre basseng, mens effekten vil avta innover mot Fjøsanger og Skjoldbukten. Samtidig vil imidlertid tidevannsvariasjonene bli tilsvarende stør i hele Nordåsvatnet og det vil bli øket vannutveksling med Sælevat. Betydningen av de to siste forhold er ytterst vanskelig å forutsi. Øket tidevannsutveksling vil også føre til at temperaturforholdene i Nordåsvatnet blir mere like dem i Grimstadfjorden (mindre is om vinteren, kaldere vann om sommeren). Vi vil anbefale at kanalen ved Straume beholdes i sin nåværende form inntil resultatet av andre tiltak blir konstatert, og at eventuelle forandringer tas opp til ny vurdering på et senere tidspunkt.

Ad. 1.3. Den sikreste måten å bedre forholdene i Nordåsvatnet på, vil utvilsomt være å lede kloakkvannet bort fra hele fjordområdet.

Hvis kloakkvannet ikke skal ledes ut i Nordåsvatnet må vi undersøke hvilke andre resipienter som kan komme på tale. Det sier seg selv at det må bli fjordområdene, enten syd for Fana, vest for Nordåsvatnet eller Byfjorden.

Vi mener at det bør tas sikte på at alle tre resipienter utnyttes så langt råd er, men at hovedmengden av kloakkvannet naturlig bør havne i Grimstadvfjorden utenfor Nordåsvatnet.

Fjordområdene syd for Fana ligger svært uheldig til i forhold til tyngdepunktet av Fanas nåværende bebyggelse. Det må nødvendigvis bli lange tunneller eller store pumpeomkostninger for å lede kloakkvannet dit. Det er imidlertid klart at all fremtidig boligreisning i søndre del av Fana kommune naturlig bør få Fanafjorden som sin kloakkresipient. Allerede nå vil det være riktig å legge an på å drenere mest mulig bebyggelse sydover.

Byfjorden nord for Fana er allerede i dag resipient for Bergens og Laksevågs bebyggelse. Det er sannsynlig at denne resipienten også kunne ta imot betydelige mengder kloakkvann fra Fana. Bergens nåværende hovedkloakker fra områdene øst for Tveitevatn er overbelastet, slik at det under regnværssituasjoner via overløp må ledes kloakkvann til Kristianborgvassdraget. Dette viser at om ytterligere kloakk skal ledes til Byfjorden må det skje i helt nye ledninger og ikke i Bergens nåværende kloakksystem. Vi finner det naturlig at kloakkeringsproblemene i områdene hvor Fana og Bergen støter sammen blir diskutert på det interkommunale plan og at Fana søker å sikre seg adgang til bortledning av kloakkvann og industrielt avløpsvann til Byfjorden. Omfanget av en slik ordning bør bestemmes ut fra tekniske betraktninger.

Imidlertid vil hovedtyngden av kloakkvann fra de sentrale områder i Fana ikke kunne ledes sydover eller nordover, men må sendes i retning av Grimstadvfjorden. Grimstadvfjorden er en sidearm til Vattlestraumen med betydelig vannutveksling og gunstige strømforhold i alle dyp. Hvis derfor kloakkvann kan utledes slik at det blandes inn i Grimstadvfjordens hovedvannmasser, er det all grunn til å tro at forurensningsulempene er redusert på en tilfredsstillende måte.

For å oppnå slik innblanding er det ikke nok at kloakkvannet slippes ut i Knappesundet rett utenfor kanalen ved Straume eller Dolviken. Det bør ledes ut i selve Grimstadvfjorden ut for Knappefjellet. Endepunktet bør antagelig være på omtrent samme sted

som Bergen har valgt som endepunkt for sin kloakktunnel fra Fyllindalen. Kloakkvannet kan ikke slippes ut så umiddelbart ved Knappefjellet, men må føres ut til et visst dyp.

Ved bortledning av kloakkvann fra Fana til Grimstadfjorden bør det altså settes som mål å føre det frem til et punkt i Grimstadfjorden utenfor Knappefjellet. Det kan være flere måter å føre kloakkvannet dit ut på, vi nevner tre muligheter.

- 1.3.1. Avskjærende fjelltunnel fra Fjøsanger til Knappefjellet.
Kloakkvannet fra Fana må ved gravitasjon eller pumping bringes til tunnel. Med tiden må det eventuelt anlegges avskjærende tunnel også på sydsiden av Nordåsvatnet.
- 1.3.2. Trykkledninger gjennom Nordåsvatnet til Straume hvorfra det føres videre i tunnel gjennom Knappefjellet.
- 1.3.3. Trykkledninger gjennom Nordåsvatnet via kanalen og Knappefjellets sundet direkte ut i Grimstadfjorden.

Det er mulig å omkostningsberegne anleggs- og driftsomkostninger for disse tre alternativene.

Ved bortledning av kloakkvann til Grimstadfjorden vil bare en beskjedent rensing av kloakkvannet være nødvendig. De eneste kloakkvannskomponenter som virkelig kan sjenere, er de som flyter opp til overflaten.

13. PRAKTISKE KONKLUSJONER.

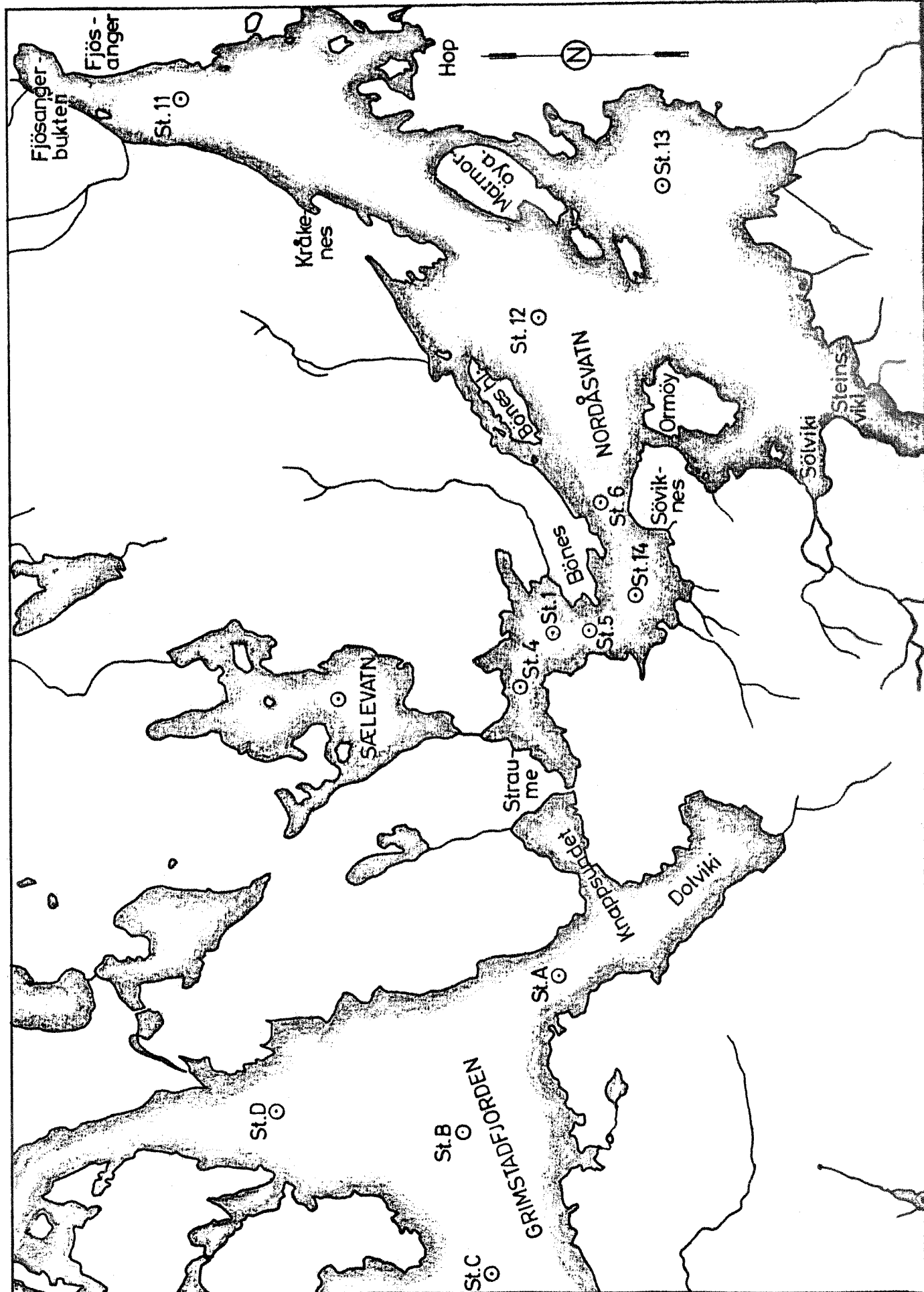
1. Nordåsvatnet er i dag tydelig påvirket av kloakk- og industriforurensninger og det er grunn til å tro at fjorden fortsatt vil utvikle seg i uheldig retning.
2. Kommunen bør ta stilling til om den ønsker å sette tiltak ut i livet for å bedre forholdene i Nordåsvatnet og i tilfelle hvilken målsetting som bør følges.
3. Bedring av kloakkforholdene må starte med hel omlegging av kommunens kloakknett.

Følgende retningslinjer anbefales:

- 3.1. Basert på teknisk-økonomisk skjønn og overenskomst med Bergen bør en del kloakkvann og industrielt avløpsvann fra områdene nær Bergen dreneres til Byfjorden.
- 3.2. Mest mulig kloakkvann fra de sydlige områder av nedbørfeltet bør dreneres til Fanafjorden.
- 3.3. For de områder som da gjenstår anlegges avskjærende kloakker som samler alt kloakkvann og industriavløpsvann til et litet antall steder ved Nordåsvatnet. Kloakkanleggene bør bygges som separatsystem.
4. Det samlede kloakkvann må uskadeliggjøres slik at det ikke forårsaker skadevirkninger i Nordåsvatnet:
 - 4.1. Kloakkvannet kan renses, slik at algevekst og andre forurensningssymptomer ikke gjør seg gjeldende.
 - 4.2. Kloakkvannet kan blandes inn i fjordens dypere hovedvannmasser. En utvidelse av innløpet ved Straume kan øke den effekten som dypvannsutledningen gir.
 - 4.3. Kloakkvannet kan ledes utenom Nordåsvatnet og til Grimstadfjorden via tunnel eller plastslanger.
5. Vi foreslår at kommunen tar stilling til punkt 2 og 3 og at utledningsmåte 4.2 foreløpig legges til grunn for den videre behandling. Dette alternativ vil bli rimeligere enn 4.1 eller 4.3 samtidig som det ikke står i veien for at andre alternativer kan velges i fremtiden.

L I T T E R A T U R .

1. GAARDER, T.: "Die Hydroxylzahl des Meereswassers".
Bergens Museums Aarbok 1916 - 1917. Bergen 1919.
2. MUNSTER STRØM, K.: "Land-Locked Waters".
Det Norske Videnskaps-Akademi. I Mat.- Naturv. klasse
1936. No. 7. Oslo 1936.
3. WIBORG, K.F.: "The Production of Zooplankton in a
Landlocked Fjord". Fiskeridirektoratets Skrifter.
Vol. VII. No. 7. Bergen 1944.
4. MOSBY, H., Vogelsang, T.M.: "Sjøbadene i Bergen".
A/S John Griegs Boktrykkeri, Bergen 1949.
5. BRAARUD, T., Hope, B.: "The Annual Phytoplankton Cycle
of a Landlocked Fjord near Bergen". Fiskeridirektoratets
Skrifter. Vol. IX, No. 16. Bergen 1952.



NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Skisse av Nordåsvatnet,
Sælevatnet og
Grimstadfjorden.

M.

Nr. 0-137.
4113.