

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80

Rapportnummer: 0-81117
Undernummer:
Løpenummer: 1593
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: RESIPIENTUNDERSØKELSE I SANDVATN PÅ BLEFJELL 1983 Effekt av 18 års utslipp av urensset kloakk til dypvannet, behov for rensing - valg av resipient	Dato: 17.2. 1984
	Prosjektnummer: 0-81117
Forfatter(e): Dag Berge	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag): 21

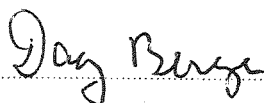
Oppdragsgiver: Fagerfjell Turistsenter A/S Fagerfjell Feriesenter A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Formål : Vurdere forurensningssituasjonen i Sandvatn etter 18 års utslipp av urensset kloakk til dypvannet, vurdere Sandvatns og Hoppestadvatns resipientkapasitet. Undersøkt : Vannkjemi, planteplankton og bakteriologi. Resultater: Sandvatn er betydelig forurenset fra turistsenterets kloakkutslipp. Vannets innhold av alger, næringsalter og bakterier er flere ganger høyere enn i upåvirkede lokaliteter i tilsvarende områder. Sandvatn synes ikke å tåle den omsøkte utvidelsen av turistsenteret. Det anbefales derfor å lede utslippet fra det nye rensanlegget til Hoppestadvatn, som har den nødvendige resipientkapasitet.
--

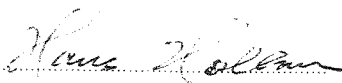
4 emneord, norske:
1. Resipientundersøkelse 1983
2. Dypvannsutslipp av kloakk
3. Resipientkapasitet
4. Sandvatn
Blefjell 1983

4 emneord, engelske:
1. Recipient survey
2. Deep water sewage discharge
3. Recipient capacity
4. Lake Sandvatn

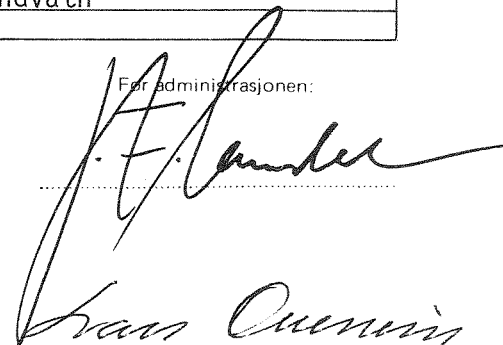
Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0747-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

O - 81117

RESIPIENTUNDERSØKELSE I SANDVATN PÅ BLEFJELL 1983

Effekt av 18 års utslipp av urensset kloakk til
dypvannet - Behov for rensing - Valg av resipient

Oslo 17. februar 1984

Saksbehandler: Dag Berge

Medarbeidere : Brynjar Hals
Pål Brettum
Hans Holtan

For administrasjonen: J. E. Sandal

FORORD.

I forbindelse med utvidelses planer ved Fagerfjell Turistsenter A/S er det gitt pålegg om å gjennomføre en resipientundersøkelse i Sandvatn. Sandvatn har hittil vært mottager av urensset avløpsvann fra turist-senteret.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) la 5. november 1982 fram et undersøkelsesprogram som baserte seg på undersøkelser vinteren og sommeren 1983. Undersøkelsesprogrammet ble akseptert av Norsk Folkeferie i brev av 29. nov. 1982, hvor NIVA blir bedt om å gjennomføre undersøkelsen.

Etter at undersøkelsen var kommet i gang, solgte Norsk Folkeferie Fagerfjell Turistsenter våren 1983. De nye eierne var representert ved herr Terje Lassen-Urdahl. Han tok kontakt med NIVA og ble orientert om undersøkelsene i møte på NIVA 26. mai 1983. Man ble da enige om at undersøkelsene også skulle omfatte en vurdering av mulighetene for å bruke Holmevatn/Hoppestadvatn som resipient framfor Sandvatn. Det har hele tiden vært en forutsetning at hotellet må bygge et høygradig renseanlegg.

Den praktiske delen av undersøkelsen startet senhøstes 1982 og ble avsluttet høsten 1983. Feltarbeidet er utført av cand. real. Dag Berge og forskn. ass. Brynjar Hals, begge NIVA. Alle analyser er foretatt ved NIVA. Cand real Pål Brettum har artsbestemt og bearbeidet planteplanktonet. Prosjektleder har vært Dag Berge som også har skrevet rapporten.

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. KONKLUSJON	1
2. INNLEDNING	2
2.1 Områdebeskrivelse	2
2.1.1 Vassdraget fra kilde til utløp	2
2.1.2 Geologi i nedbørfeltet	3
2.1.3 Klimatiske forhold	3
2.1.4 Befolkning	3
2.1.5 Morfologiske og hydrologiske trekk ved Sandvatn og Hoppestad	3
2.2 Vannbruk og forurensninger	5
2.2.1 Reguleringer	5
2.2.2 Rekreasjon og fiske	5
2.2.3 Drikkevann	6
2.2.4 Forurensning	6
2.3 Tidligere undersøkelser fra området	6
2.4 Målsetting og undersøkelsesprogram	7
2.4.1 Målsetting	7
2.4.2 Undersøkelsesprogram	7
3. RESULTATER FRA UNDERSØKELSENE	7
3.1 Temperatur og sjiktningsforhold	7
3.2 Generell vannkjemi	8
3.3 Eutrofirelaterte parametre	8
3.3.1 Fosfor og nitrogen	8
3.3.2 Oksygen	10
3.3.3 Siktedyp	10
3.3.4 Planteplanktonet i Sandvatn	10
3.4 Bakterieforurensning	12
4. VALG AV RESIPIENT	13
5. LITTERATUR	15

1. KONKLUSJON

Sandvatn har vært resipient for urensset kloakkvann fra Fagerfjell Turistsenter A/S (ca 250 pe.) siden midten av 1960-årene. Utslipppet har funnet sted på 20m dyp.

Sandvatn er betydelig forurenset med kloakkvann fra Fagerfjell turistsenter. Det er en kraftig anrikning av næringssalter mot dypet. Total fosforkonsentrasjon i dypvannet er periodevis oppe i hele 200 ugP/l, med ortofosfatverdier opp mot 100 ugP/l. Det er også betydelig oksygenvinn i dypvannet i stagnasjonsperiodene, særlig på ettervinteren.

Algemengden i Sandvatn er ca 3 ganger så stort som det er vanlig å finne i denne type innsjøer. Klorofyll konsentrasjoner i blandprøver i produksjonssjiktet er funnet helt opp i 6,5 ug kl. μ /l med et veid middel over produksjonssesongen på 4,3 ug/l. Tilsvarende verdier for algevolum er hhv 2063 og 951 mm³/m³.

Vannet hadde også høyt innhold av tarmbakterier, særlig dypvannet. Det var imidlertid også betydelig bakteriologisk forurensning i overflaten, noe som tyder på at en del av utslippsvannet/slam flyter opp. Ansamling av fettholdig slam er funnet i innsjøens lo-ende under vindvær.

Forøvrig var vannet i Sandvatn meget surt, slik at det må kalking til for å få brukbare forhold for fisk. For å øke pH opp i optimalt område for fisk (pH=6,5), er det beregnet at det må brukes ca 17 tonn CaCO₃ pr. år, dvs. vel et par lastebillass.

Hoppestadvatn har en mye større resipientkapasitet enn Sandvatn, og det anbefales derfor at avløpet fra turistsenterets planlagte renseanlegg ledes dit. Utvidelse av turistsenteret til 350 pe., vil da ikke skape noen resipientproblemer, forutsatt at renseanlegget virker med ca. 80% effekt mht. fosfor. Det må være et tilstrekkelig utjammingskammer inn på anlegget for at ikke støtbelastninger skal skape problemer for driften. Bruk av kalkfelling i renseanlegget vil gi lite bidrag til å øke pH i Hoppestadvatn, der gjennomstrømmingen er så stor at en eventuell kalking vil bli meget omfattende. Dessuten vil fiskeproduksjonen her aldri kunne bli god som følge av for store vannstandsvariasjoner.

2. INNLEDNING

2.1 Områdebeskrivelse

2.1.1 Vassdraget fra kilde til utløp

Området ligger på Blefjells østside rett opp for Flesberg tettsted i Numedal. Skisse over vassdrag med nedbørfelt er gitt i fig.1.

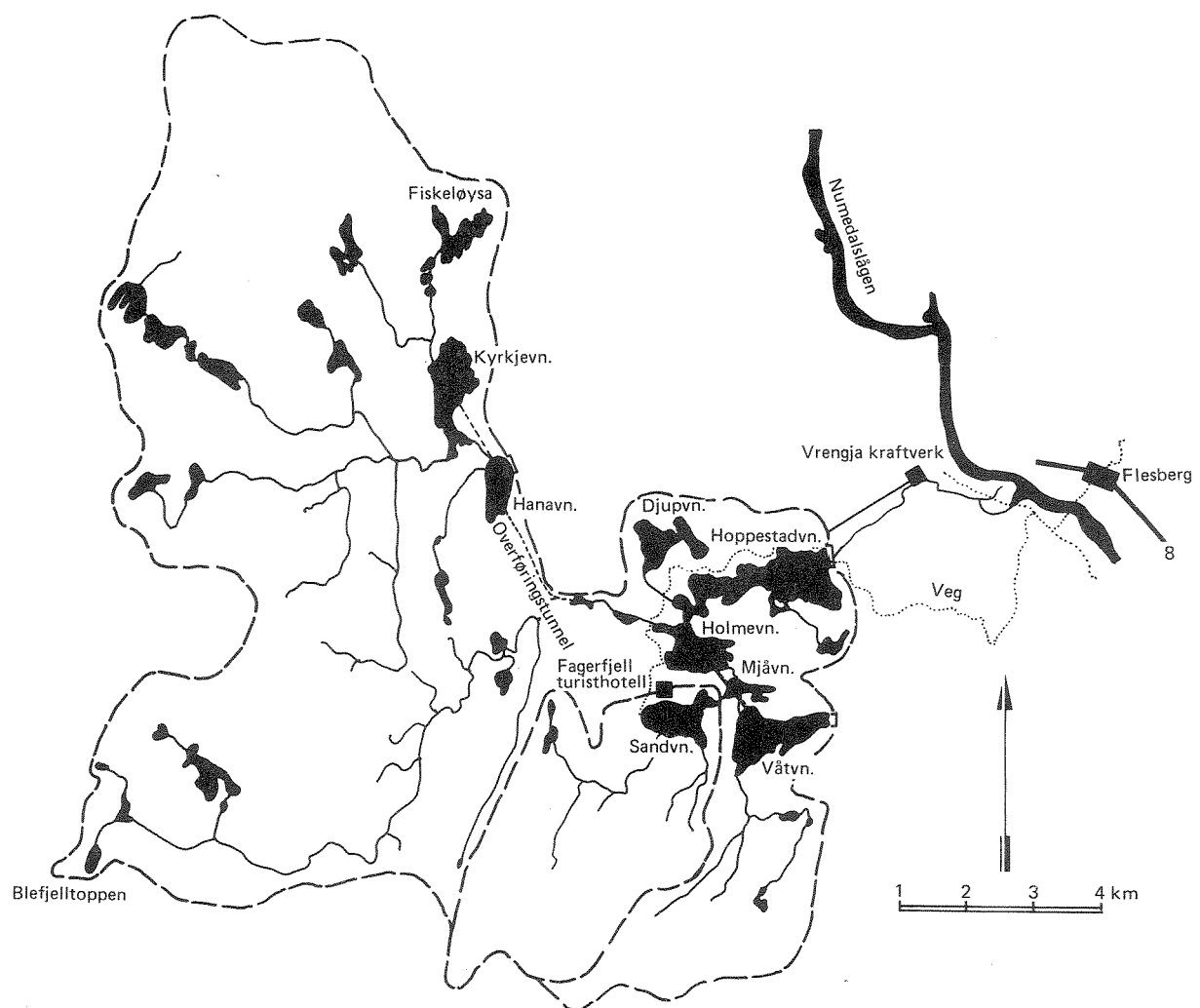


Fig. 1. Oversikt over Sandvatns og Hoppestadvatns nedbørfelt.

Hoppestadvatn er reguleringsmagasin for Vrenga kraftverk og har et

nedbørfelt på ca 100 km². I tillegg til Vrengas naturlige nedbørfelt er store områder lagt til ved tunneloverføringer. Dette gjelder særlig i nordvest, Gjuvas nedbørfelt, dernest deler av Høymyrselvas nedbørfelt i syd. Således drenerer nå en betydelig del av Blefjells østside mot Hoppestadvatn.

Vassdraget har sine kilder helt inne ved Bletoppen (1341 m.o.h.) og høydedragene langs Telemarksgrensen. Hoppestadvatn ligger 566 m.o.h. når det er fullt. Det er demmet opp og har betydelige vannstandsvariasjoner som følge av reguleringen (12-15m). Sandvatns nedbørfelt er lite og drenerer til vannet ved to små bekker. Det ligger i sin helhet innen Hoppestadvatns nedbørfelt. Sandvatn renner ut i Mjåvatn som er "punktert" og renner ned i tunnelen mellom Våtvannet og Holmevannet/Hoppestadvatn. Sandvatn er også demmet opp og vannstandsvariasjonene er ca 5m som følge av regulering. Sandvatn ligger 605 moh når det er fullt.

2.1.2 Geologi i nedbørfeltet

Berggrunnen består vesentlig av grunnfjell hvor granitt, gneiss og kvartsitter er dominerende innslag. Det er relativt sparsomt med løsavsetninger som består av et tynt lag med bregrus. I hele området, og særlig i Sandvatns nedbørfelt er det stort innslag av myr. Overflatevannet i området er derfor surt og kraftig brunfarget (myrvann).

2.1.3 Klimatiske forhold

Området har et typisk innlandsklima, med kalde vintre og varme somre. Det er mye snø om vinteren, vanligvis mellom 1,5 og 2m. Isen på vannene legger seg gjerne i november og går i slutten av mai eller begynnelsen av juni. Om vinteren er det få eller ingen mildvårsperioder som medfører snøsmelting. Sandvatn har derfor liten gjennomstrømning i vinterhalvåret. Hoppestadvatn derimot, har stor gjennomstrømning om vinteren som følge av reguleringen. Arlig nedbør er ca 1200mm.

2.1.4 Befolkning

Foruten ved Fagerfjell Turistsenter er det ingen fastboende personer i nedbørfeltet. Hotellet har i dag ca 250 senger, dette er søkt utvidet til vel 300. I høysesongen (mars-april) er det normalt fullt belegg ved turistsenteret

I tillegg til turistsenteret er det ca 40 hytter i Sandvatns nedbørfelt. I Hoppestadvatns nedbørfelt er det totalt ca 240 hytter.

2.1.5 Morfologiske og hydrologiske trekk ved Sandvatn og Hoppestadvatn

Dybdekart over Sandvatn er gitt i fig.2. Dybdekartet refererer seg til høyeste vannstand, dvs. vanlig sommervannstand. Vannet er dypest helt i vest innunder skråningen ned fra Fagerfjellet med ca 3lm. Midlere dyp er beregnet til ca 10m og volumet ca 4,2 mill. m³.

Innsjøoverflaten er $0,41 \text{ km}^2$. Med en midlere avrenning på ca 35 l/sek km^2 fra nedbørfeltet på ca 10 km^2 , vil innsjøvannet skiftes ut i løpet av ca $0,4$ år (teoretisk oppholdstid = 0.4 år).

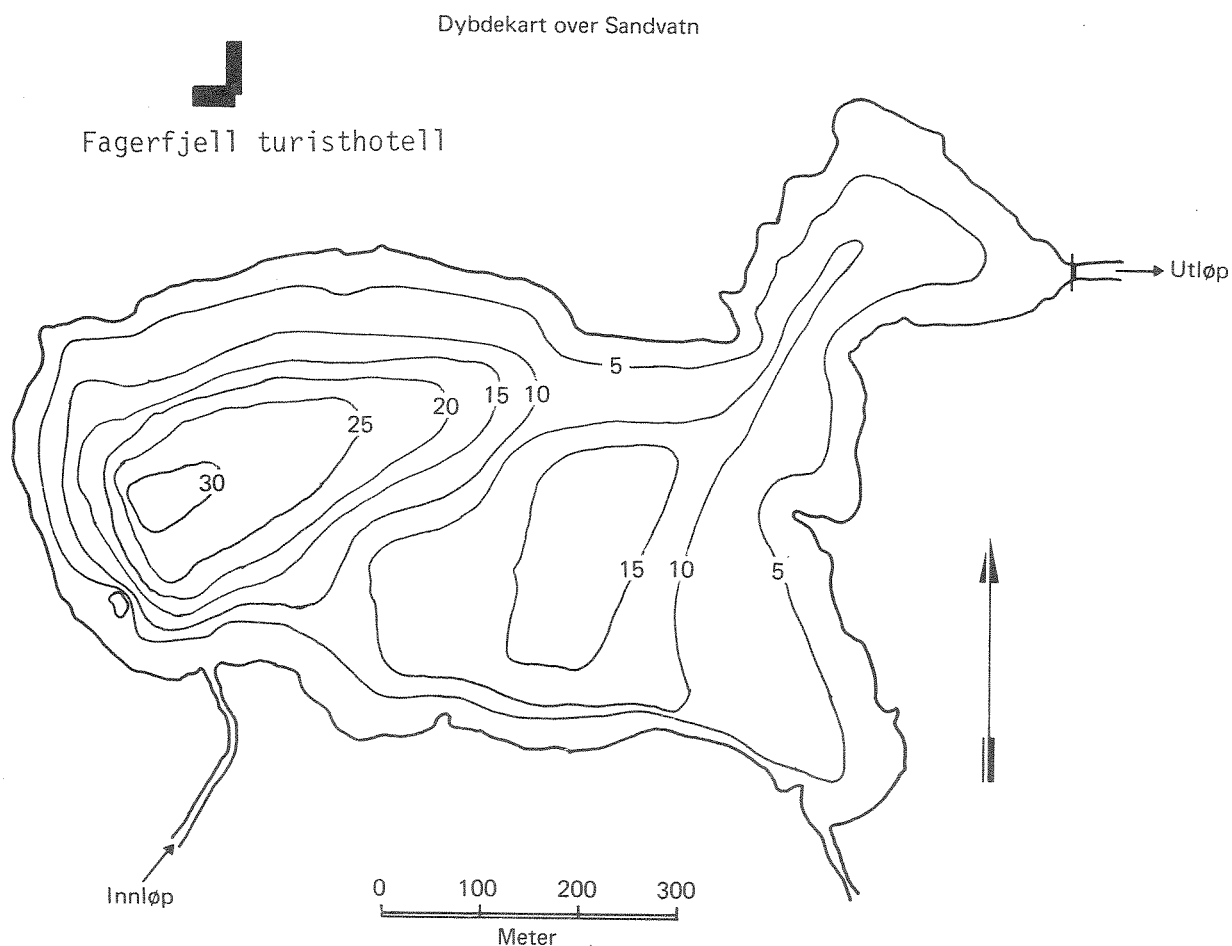


Fig. 2. Dybdekart over Sandvatn.

Holmevatn/Hoppestadvatn var før kraftutbyggingen 2 separate innsjøer. Kanalen mellom dem er gravd ut og vannet demmet kraftig opp, slik at det i dag må betraktes som en innsjø.

Morfometriske og hydrologiske trekk for Sandvatn og Hoppestadvatn er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske trekk ved Sandvatn og Hoppestadvatn.

		Hoppestadvatn	Sandvatn
Nedbørfelt	km ²	100	10
Innsjøareal	km ²	1,8	0,41
Høyde over havet	m	566	605
Maks. dyp.	m	ukjent	31
Middeldyp	m	ca 7	10
Volum	x10 ⁶ m ³	12	4,2
Midlere avrenning	l/km ² sek.	35	35
Arlig avløp	x10 ⁶ m ³ /år	110	11
Teoretisk oppholdstid	år	0,1	0,4
Reguleringshøyde	m	12-15	5

2.2 Vannbruk og forurensninger

2.2.1 Reguleringer

Hoppestadvatn er reguleringsmagasin for Vrenga Kraftverk som eies og drives av Asker og Bærum Energiselskap. Hoppestadvatn har betydelige vannstandsvariasjoner som følge av tappingsreglementet (12-15 m), noe som er stort nok til å gi betydelige negative effekter for både gytemuligheter og næringsgrunnlag for fisk. Det er gjort to overføringer av vatn fra nabovassdrag, fra Gjuva i nordvest og fra Høymyrselva i sydøst (se områdebeskrivelsen kap. 2.1.1). Sandvatn er regulert ca 5 m. Nedtappingen skjer vesentlig i vinterhalvåret.

I overføringen fra Hanavatn til Holmevatn er det også en kraftstasjon, Hølseter.

2.2.2 Rekreasjon og fiske

Området er et meget populært utfartssted for skiturister. Både ved Fagerfjell turistsenter og ved Blåbærstua er det alpinanlegg, samt at det er et omfattende turløypenett på Blefjell. Trafikken er noe mindre om sommeren, noe som bl.a. har sammenheng med at de fleste vannene er så sure at de ikke har fisk. Dette gjelder forøvrig det meste av det østlige Blefjell. I Sandvatn er det meget lite fisk og det regnes i praksis som fisketomt. I riktig gammel tid (før 1925) skal Sandvatn ha vært et riktig godt fiskevatn (Bjelke 1965). I følge lokalkjente personer vi har truffet under feltarbeidet, skal Sandvatn ha vært nærmest fisketomt siden krigen. Asker og Bærum Energiselskap har som konsesjonsbetingelse å sette ut fisk i flere av vannene, bl.a. Sandvatn, for å bøte på reduserte gyteforhold. Utsettingene har imidlertid gitt lite resultat, og er i følge nye undersøkelser foretatt av Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF) av liten verdi uten kalking (Garnås & Gunnerød 1983). Blefjellområdet er utsatt for forsurening i betydelig grad og kun i svært få vatn er det nå

fiskebestander av noe størrelse.

2.2.3 Drikkevann

Det er ikke drikkevannsinteresser i hovedvassdraget, etter det vi har bragt på det rene ved kontakt med teknisk etat ved Flesberg kommune. De mange hyttene i området dekker sitt drikkevann ved oller/brønner i bekker og vannsig. Fagerfjell Turistsenter har vannforsyning fra åsen sydvest for hotellet.

2.2.4 Forurensning

Foruten langtransporterte forurensninger i form av sur nedbør, kommer all annen forurensning som påvirker Sandvatn, fra kloakkutslippet ved Fagerfjell Turistsenter. Det urensede utslipp kommer ut på ca 20 m dyp, og har pågått siden byggingen av hotellet i midten av 1960-åra. Det ligger et lite mekanisk renseanlegg nedenfor hotellet (slamavskiller), men dette ble vist (Balmer 1973) å ha nærmest ingen renseseffekt.

Hyttene i området har for det meste utedo, eller bømpeprivet som tømmer i tette containere som er satt ut langs vegen. Flesberg kommune besørger tømning av disse. Det antas derfor at hyttene utgjør lite i forurensningssammenheng.

2.3 Tidligere undersøkelser fra området

I 1964 gjorde NIVA (Bjelke 1965) en forundersøkelse i forbindelse med byggingen av Fagerfjell Turistsenter og bruk av Sandvatn som resipient for avløpsvannet. Det ble anbefalt å lede kloakkvannet via et mekanisk renseanlegg (slamavskiller) og ut i Sandvatn på dypt vatn (20 m). Renseanlegget skulle også kunne bygges ut med en biologisk enhet.

Holtan (1969) presenterte en vurdering av "Sandvatn som resipient for Norsk Folkeferies hotell på Blefjell" på NORFORSK-symposiet: Femte Nordiska symposiet om vattenforskning. Han registrerte her en anrikning av næringssalter i bunnvannet og en lavere oksygenkonsentrasjon enn tidligere. For at vannet skulle bli egnet som fiskevatn ble det anbefalt kalking. Forsuring fra nedbør ble angitt som en mulig årsak til det sure vannet. Det var omtrent på denne tiden man først fikk mistanke om at kanskje nedbøren var årsak til den økende forsuring og fiskedød som ble registrert i mange innsjøer.

NIVA gjorde igjen en undersøkelse i 1972 (Balmer 1973). Her ble effekten av slamavskilleren vurdert til å være svært dårlig, og fungerte overhodet ikke mht. til fjerning av næringssalter. I innsjøen kunne man registrere anrikning av næringssalter i bunnvannet og muligens et større oksygenavtak sammenliknet med tidligere. I overflatelagene var det få tegn til forurensning.

I forbindelse ønske om utvidelse av hotellet (1981) har Buskerud fylkeskommune forlangt bygging av et høygradig renseanlegg samt gjennomføring av en resipientundersøkelse. NIVA laget et notat (Holtan

og medarb. 1982) om bruk av kalkfellingsanlegg for da å få en kalking "på kjøpet" når man allikevel skulle rense avløpsvannet.

Sandvatn har inngått i flere fiskeribiologiske undersøkelser fra Blefjellområdet (Borgstrøm 1972, Soldal & Gunnerød 1977, Garnås & Gunnerød 1983). Det konkluderes her med at Sandvatn er uegnet som fiskevatn med mindre det gjøres noe med hensyn til å få opp pH (kalking). I den siste av disse rapportene antydes det at det beste kanskje ville være å prøve med kanadisk bekkerøye, da denne er noe mer resistent mot surt vann enn vanlig ørret. Det må da innhentes tillatelse fra DVF. Det aller meste av Blefjell er kraftig påvirket av forurening og har fisketømme eller nesten fisketømme vatn. Sandvatn ble kalket i 1976 og en del av den utsatte fisken levde i flere år. Effekten av kalkingen ble imidlertid raskt borte.

2.4 Målsetting og undersøkelsesprogram

2.4.1 Målsetting

Formålet med undersøkelsen var først og fremst å vurdere forurensningssituasjonen i Sandvatn på bakgrunn av data innsamlet ved denne undersøkelsen og tidligere undersøkelser. Dernest å vurdere Sandvatns resipientkapasitet for å se om den omsøkte utvidelsen av hotellet var forenelig med opprettholdelsen av en brukbar vannkvalitet i innsjøen. Det var hele tiden forutsatt at det skulle bygges et høygradig renseanlegg for avløpsvannet. Det var også ønskelig å vurdere bruk av Holmevatn/Hoppestadvatn som resipient for Fagerfjell Turistsenter i stedet for Sandvatn.

2.4.2 Undersøkelsesprogram

Kun Sandvatn har vært gjenstand for praktiske vannundersøkelser i denne sammenheng. Undersøkelsesprogrammet har omfattet kjemiske, biologiske og bakteriologiske studier. Det er tatt prøver 6 ganger, april (under is), juni, juli, august, september og oktober. Planteplanktonet er undersøkt i sjiktet 0-4m dyp som antas å være tilnærmet lik Sandvatns produksjonssjikt. Vannkjemi og bakteriologi er undersøkt til bunns. Bare en stasjon har inngått, nemlig over innsjøens dypeste punkt.

3. RESULTATER FRA UNDERSØKELSENE

3.1 Temperatur og sjiktningsforhold

Sandvatn islegges normalt i november, og isen ligger til slutten av mai/begynnelsen av juni. Vårsirkulasjonen er relativt kort, men allikevel ser den ut til å være fullstendig. Fra midten av juni til ut september er innsjøen termisk sjiktet med lettere varmt overflatevann

(ned til ca 4-5m) liggende øverst og avstenge dypvannet. Vinterstagnasjonen er betydelig lenger enn sommerstagnasjonen. Det er derfor ventelig at de største problemer mht oksygenvinn vil forekomme på ettervinteren. Dette forsterkes ytterligere ved at belastningen med kloakkvann også er størst i denne perioden (vinterferie/påskeferie). De laveste oksygenkonsentrasjonene fant vi da også på ettervinteren (kap. 3.3.2). Temperaturmålingene ved denne undersøkelsen er gitt i tabell P1. Temperatursprangsjiktet i sommerhalvåret ligger omtrent på 4m dyp.

3.2 Generell vannkjemi

De vannkemiske data er gitt i tabell P2 bak i vedlegget.

Sandvatn er et typisk myrvatn, eller en dystrof innsjø som det heter i limnologisk terminologi. Det brune vannet har sin årsak i humustilførsel fra de store myrområder i nedbørfeltet. Fargeverdiene ligger på 80-120 mg Pt/l. Vannet er ionefattig med konduktivitet mellom 1,4 og 2,0 mS/m(25 C) tilsvarende 12-18 uS/cm (20 C). Vannet er svært surt med pH-verdier i overflatelagene mellom 4,4 og 5,1. Det aller meste av året ligger pH under 5,0. Innhold av lett oksyderbart organisk materiale er høyt, med KMnO_4 -verdier mellom 7 og 10 mgO/l. Disse høye verdiene har sin årsak først og fremst i høyt humusinnhold, men økningen i dypvannet under stagnasjonsperiodene skyldes i stor grad utslippene fra hotellet. Turbiditeten ligger mellom 1 og 2 FTU, hvilket er noe høyere enn vanlig i fjellsjøer (vanlige verdier rundt 0,5-1,0). Dette skyldes bl.a. vannets høye algeinnhold forårsaket av utslipp av plantenæringssalter, samt noe partikulært humusmateriale. Alkaliniteten er meget lav, med verdier rundt 0,01 mmol/l og lavere. Vannet er således lite bufret mot episoder av sur nedbør/sur avsmelting (og fisken dør bare en gang). Det høye sulfatinnholdet på ca 3 mg SO_4 /l er utvilsomt et resultat av atmosfærisk tilførsel. Kalsiuminnholdet er lavt, verdier stort sett fra 0,5-0,8 mg Ca/l og reflekterer den "skrinne" geologien i nedbørfeltet. Aluminiumskonsentrasjonene er på 80-150 ug Al/l og må regnes som relativt høye. Det er imidlertid ikke vanlig at Al er giftig for fisk før konsentrasjonene blir over 200-300 ug Al/l, særlig når vannet inneholder så mye humus som Sandvatn.

3.3 Eutrofirelaterte parametre

3.3.1 Fosfor og nitrogen

Resultatene er fremstilt i fig.3 og i tabell P2 bak i appendikset. Både total fosfor og total nitrogen viser en markert økning mot bunn og har her verdier som langt overskrider det man kan vente å finne i fjellvatn/skogsvatn. I det bunnære sjikt har vi målt total fosfor konsentrasjoner på 200 ugP/l, og i overflatevannet opp i over 30 ugP/l. I dypvannet er det også betydelig mengder ortofosfat, med verdier opp mot 100 ugP/l. Naturlige total fosforverdier fra tilsvarende områder ligger ligger neppe over 7-8 ugP/l (se tabell 2).

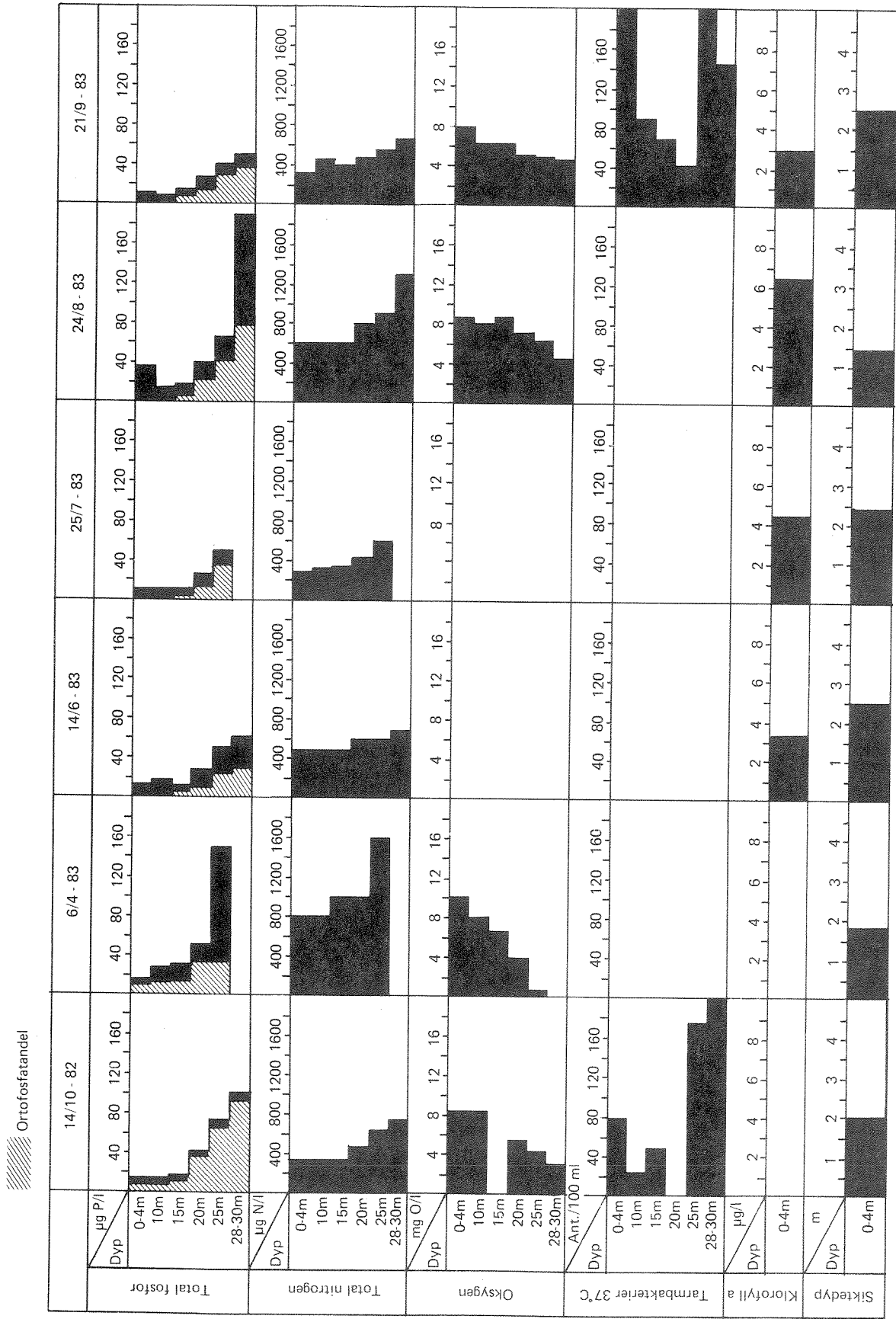


Fig. 3. En del forureningsindikerende parametre fra Sandvatn.

Total nitrogen konsentrasjonene varierer fra 400 ugN/l til 1600 ugN/l, med de høyeste konsentrasjonene i bunnlagene. Naturlige total nitrogen verdier i tilsvarende områder ligger neppe over 250 ugN/l. Nitratkonsentrasjonene er relativt lave, hvilket indikerer at det meste av nitrogenet foreligger som ammonium og ev. noe nitritt, noe som er typisk for sterkt kloakkpåvirkede lokaliteter.

Den markerte økningen mot dypet av både fosfor og nitrogen har helt sikkert sammenheng med at utslippet kommer ut på ca 20m dyp, og at forurensningene i stor grad holdes under temperatursprangsjiktet. Utløsning av fosfor fra sedimentet betyr trolig også en del, særlig for den helt bunnære anrikning.

3.3.2 Oksygen

Oppløst oksygen er en livsnødvendighet for nærmest alle organismer i vann. Når innsjøer eutrofieres, økes produksjonen i overflatelagene. Det produserte materialet synker og fører til økt oksygenforbruk i dypvannet. I Sandvatn belastes dypvannet også direkte ved utslipp av råkloakk fra hotellet som kommer ut på 20m dyp. Vannets naturlige humusinnhold er også oksygenkrevende.

Resultatene fra undersøkelsene er fremstilt i fig.3. Det fremgår at særlig på ettervinteren er oksygensvinnet i dypvannet utpreget. Dette har sammenheng med at vinterstagnasjonen er mye lenger enn sommerstagnasjonen, samt at høysesongen på hotellet, og dermed den største kloakkbelastningen, også finner sted på ettervinteren.

3.3.3 Siktedyp

Siktedypet i innsjøer er normalt bestemt av suspenderte partikler (oftest alger) og fargede løste forbindelser (humusstoffer). I Sandvatn er humusinnholdet hovedbestemmende for det generelt lave siktedypet på 2-2,5m. Resultatene er fremstilt i fig.3 og i tabell P2. Hvis man sammenlikner klorofyll a og siktedyp i fig.3, får man allikevel inntrykk at variasjonene i siktedypet i sommerhalvåret skyldes variasjoner i algemengden. Spesielt kan man merke seg den lave siktedypsverdien på 1,4m i august da man også hadde høyest algemengde (6,5 ug Kl. a /l)

3.3.4 Planteplanktonet i Sandvatn

Klorofyll a er et relativt mål for algemengden i vannet. Analysen baseres på at algene frafiltreres vannet, det grønne pigmentet ekstraheres ut av algene og mengden pigment i ekstraktet bestemmes spektrofotometrisk. Resultatene fra produksjonssjiktet i Sandvatn (0-4m) er gitt i fig.3, samt i tabell P3 bak i vedlegget. I denne type innsjøer i naturlig tilstand er maks. klorofyll a konsentrasjon sjelden over 3 ug/l, og midlere algemengde over vekstsesongen er sjelden over 2 ug/l. I Sandvatn var disse verdiene hhv 6,5 ug/l og 4,3 ugKl. a /l. Man regner med at hvis den midlere algemengde over produksjonssesongen blir nevneverdig over 3,5 ug kl. a /l, vil det være stor fare for utvikling av blågrønnalger (Berge og medarb. 1980).

Algevolum baseres på artsbestemmelse og telling av algene i mikroskop. Fig.4 viser algevolum og prosentvis sammensetning av de ulike grupper i Sandvatns planteplankton. Algevolumet er langt høyere enn det som er vanlig å finne i denne type innsjøer. Høyeste målte verdi som blandprøve i epilimnion var på over 2000 mm^3/m^3 . Se også tabell P3 bak i vedlegget.

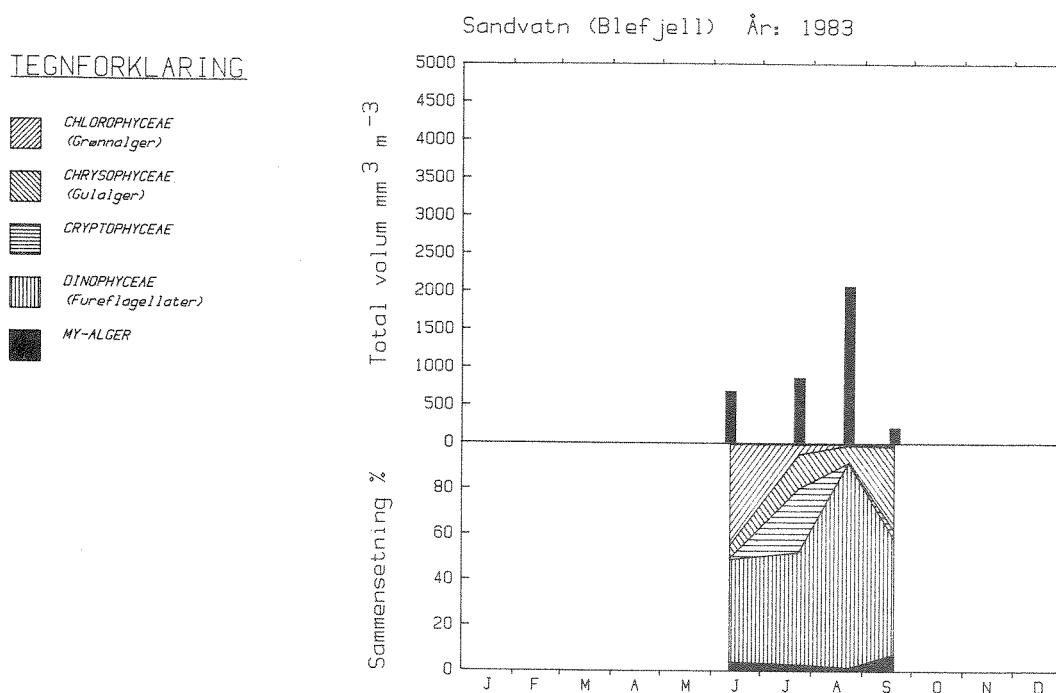


Fig. 4. Planteplanktonet i Sandvatn (0-4m) i 1983. Totalt algevolum og prosentvis sammensetning.

NIVA gjennomførte tilsvarende undersøkelser i 3 liknende innsjøer i Telemark i 1981, også i forbindelse med planer om hotellutbygging (Berge 1982a, 1982b). Alle disse innsjøene lå i tilsvarende områder, øverst i barskogsbeltet like under snaufjellet. En av innsjøene, Førsvatn, ligger på Skafsåheia mellom Dalen i Telemark og Valle i Setesdal, mens de to andre ligger i Tuddalområdet. I tabell 2 er en del resultater fra disse innsjøene stilt sammen med resultater fra Sandvatn. Dette gir en brukbar pekepinn på grad av eutrofipåvirkning i Sandvatn.

Tabell . En del eutrofirelaterte parametre fra Sandvatn sammenliknet med noen tilsvarende innsjøer i Telemark.

		Kovstul- vatn	Toskjær- vatn	Førs- vatn	Sandvatn
		Tuddal	Tuddal	Skafså	Blefjell
Overflateareal	km ²	0,35	0,31	0,95	0,41
maks. dyp	m	24	26,5	31	31
Algevolum	Maks. mm ³ /m ³	450	350	110	2063
	Middel "				951
Klorofyll	Maks. ug/l	2,9	3,0	2,8	6,5
	Middel "	1,7	1,4	1,1	4,3
Total fosfor	Maks. ugP/l	12	9	6	190
	Middel "	7,5	7	4,4	37,5
Total nitrogen	Maks. ugN/l	180	120	155	1600
	Middel "	120	105	107	604

Telemarksinnsjøene har et tilsvarende antall hytter i nedbørfeltet som Sandvatn. Hyttene har utedo. Det er således ikke noe direkte kloakkutslipp. Sandvatn er klart den mest påvirkede av disse innsjøer.

Sandvatn er noe surere enn de andre sjøene. Dette bidrar til at effekten av eutrofieringen blir mindre. Både algemengde og artsmangfold blir mindre når vannet blir så surt som i Sandvatn (Kwiatkowski & Roff 1976).

Fig.4 gir også inntrykk av forekomsten av de viktigste algegruppene i Sandvatns planteplankton. Det mest påfallende er at fureflagellatene er den dominerende gruppe og at kiselalgene ikke er representert i det hele tatt. Dette er imidlertid nokså vanlig i sure, humøse innsjøer. Det tyder ikke på at eutrofieringen foreløpig har ført til store endringer av den relative sammensetningen av Sandvatns planteplankton. Det må imidlertid innrømmes at det er begrenset med erfaring man har mht eutrofiering av så sure innsjøer.

Ved gjødslingsforsøk i ørretvatn i Tinn kommune i Telemark (Gausdalen og Gøysttraktene) ble det heller ikke observert nevneverdige innslag av blågrønnalger i liknende innsjøer til tross for relativt høye algemengder (Lande og medarb. 1982). Det kan se ut som om de problemskapende blågrønnalgene ikke greier seg så godt i surt og ionefattig vatn.

3.4 Bakterieforurensning

Analyser av tarmbakterier er gjort kun ved 2 anledninger, i september og oktober. Resultatene er gitt i fig.3, samt i tabell P2 bak i vedlegget.

Sandvatn må betegnes som sterkt bakteriologisk forurenset. Særlig er de dypere lagene kraftig påvirket, hvilket er naturlig i og med at det

er her utslippet finner sted. Men også i overflaten er det betydelig innhold av tarmbakterier i vannet. Dette har trolig sammenheng med at fettholdig partikulært materiale fra utslippet har tendens til å flyte opp. I lo-enden av innsjøen ble det på flere av observasjonsdagene observert "flyteslam", noe som også indikerer at slamavskilleren fungerer dårlig. I tillegg til å bringe forurensning opp i overflaten, gav dette fettholdige flyteslammet et sterkt negativt inntrykk, estetisk sett. Utslippsvannets temperatur kan også være en årsak til at forurensningen spres til overflatelagene (varmt vann er lettere enn kaldt vann).

4. VALG AV RESIPIENT

Sandvatn har vært belastet med urensset kloakkvann i snart 20 år, og bærer et tydelig forurenset preg. Den synelige eutrofierende effekt av utslippet har vært mindre enn normalt, noe som skyldes at utslippet har funnet sted i dypet. Temperatursprangsjiktet har medført at planteplanktonet, som lever i den øvre belyste delen av vannmassene, ikke har fått tak i næringssaltene i sommerhalvåret (cf. Schindler et al.1982). På lang sikt ser imidlertid ikke dette ut til å være noen erstatning for renseanlegg, da det nå er betydelig akkumulering av næringssalter og organisk materiale i bunnvann og sediment, samt at det skjer et kraftig oksygenvinn under stagnasjonsperiodene. Det bør nå gjøres noe med utslippet om ikke innsjøen skal gå inn i en aksellerert eutrofieringsfase med indre gjødsling via anaerob frigiving av fosfor fra sedimentet. Innsjøen, som ligger rett utenfor hotellet, kan da lett virke frastøtende istedet for tiltrekkende.

Det må som minstekrav bygges et høygradig renseanlegg. I tillegg kan det være aktuelt å velge en annen resipient. Dette siste ble diskutert med de nye eierne (repr. ved herr Terje Lassen-Urdahl) i møte på NIVA 26. mai 1983. Alternativet var da å lede avløpet fra renseanlegget ned til Holmevatn/Hoppestadvatn. Hoppestadvatn er en mye større innsjø enn Sandvatn. Som samlemagasin for Vrenga kraftstasjon er flere felter som naturlig drenerer annen veg, ledet gjennom Hoppestadvatn og gir innsjøen en betydelig gjennomstrømning (vannutskifting). Vannets teoretiske oppholdstid i Hoppestadvatn er ca 0,1 år, mens det i Sandvatn er ca 0,4 år. Disse momenter gjør at Hoppestadvatn tåler mye større fosfortilførsler enn Sandvatn.

Hvor mye mer fosforutslipp Hoppestadvatn tåler fremfor Sandvatn, kan man få en pekepinn på ved å bruke såkalte fosforbelastningsmodeller. I denne sammenheng bruker vi en fornorsket versjon av Vollenweiders modell fra 1976 (Rognerud, Berge og Johannessen 1979). Den er egentlig utviklet for større innsjøer, noe som betyr at den her kanskje vil være noe strengere enn nødvendig. Dette skulle imidlertid gi vurderingene en god sikkerhetsmargin.

For å være helt sikre på at denne typen innsjøer ikke skal få eutrofimessige problemer (symptomer på overgjødsling), bør de ikke tillates å ha en midlere algemengde i produksjonssjiktet over vekstsesongen på mer enn 2 ug kl. a /l. Dette er vårt ene utgangspunkt.

Det andre utgangspunktet er at fosforkonsentrasjonen i den naturlige tilrenningen antas å være ca 6-7 ugP/l. Dette er tall man har funnet ved avrenningsundersøkelser fra tilsvarende områder (Rognerud, Berge og Johannessen 1979).

Et tredje utgangspunkt er at vi regner at det fremtidige renseanlegget renser kloakken fra turistsenteret med 80% effektivitet mht. fosfor (trolig bør man kunne greie 90%).

Ved å regne fullt belegg på turistsenteret vil vi da ved å sette inn i formler gitt av Berge, Rognerud og Johannessen (1980) kunne beregne at:

Hoppestadvatn/Holmevatn vil kunne tåle et turistsenter på ca. 2000 pe.

Sandvatn vil kunne tåle et turistsenter på ca. 300 pe.

I denne beregningen er det ikke tatt hensyn til at Sandvatn allerede nå er betydelig forurenset. Gjør man det, er det enda et argument for å velge Hoppestadvatn framfor Sandvatn.

Et annet moment er at Hoppestadvatn er så sterkt regulert at littoral bunndyrproduksjon (strandsonen) er betydelig nedsatt, noe som gjør at ørretproduksjonen aldri kan bli god. Det har dessuten så stor gjennomstrømning at det må meget omfattende (og dyr) kalking til for å få pH opp i fisketollererbare verdier. Dette er derimot meget mulig å få til i Sandvatn. NIVA (Holtan og medarb. 1982) beregnet at det ville kreve 17 tonn CaCO_3 pr. år. for å få pH opp i 6,5 i Sandvatn. Det ble også vurdert hvor mye "gratis" kalking man kunne få på kjøpet ved å anvende kalkfelling i renseanlegget og fortsatt ha utslipp til Sandvatn. Dette så ut til å utgjøre kun ca 7% av ovennevnte kalkbehov. Med den store gjennomstrømningen man har i Hoppestadvatn er et slikt tilskudd fra kalkfelling helt uinteressant. Kalkfelling er imidlertid bedre mht. å fjerne bakterier enn aluminium/jernfellingsanlegg.

Alt taler for at utslippet fra renseanlegget bør ledes ned til Holmevatn/Hoppestadvatn, og innlagres under laveste regulerte vannstand. Utslipsstedet bør velges ut fra kjennskap til dybde- og gjennomstrømningsforhold.

Det bør til slutt bemerkes at i beregningene for Hoppestadvatns resipientkapasitet ikke er tatt hensyn til at innsjøen er sterkt nedtappet på ettervinteren. Dette vil føre til at resipientkapasiteten trolig blir noe mindre enn de 2000 pe. som er beregnet her.

5. LITTERATUR

- Balmer, P. 1973: Undersøkelse av kloakkutslipp til Sandvatn. NIVA-rapport, O-209/72, 18 sider.
- Berge, D. 1982a: Resipientundersøkelse i Førsvatn - vurdering av utslipp fra et planlagt turistsenter. NIVA-rapport, O-81060, 17 sider.
- Berge, D. 1982b: Resipientundersøkelse i Tuddalvassdraget i forbindelse med planlagt turistsenter. NIVA-rapport, O-81026, 28 sider.
- Berge, D., S. Rognerud og M. Johannessen 1980: Videreutvikling av fosforbelastningsmodeller for store sjiktede innsjøer. Norsk inst. vannforsk. (NIVA), Arbob 1979.
- Bjelke, W. 1965: En vurdering av kloakkforhold ved Norsk Folkeferieshotellanlegg ved Sandvatn, Flesberg kommune. NIVA-rapport, O-58/64, 18 sider.
- Borgstrøm, R. 1972: Fiskeribiologiske undersøkelser på Blefjell. LFI-rapport, Zoologisk Museum, Univ. Oslo., 20 sider.
- Garnås, E. & T.B. Gunnerød 1983: Fiskeribiologiske undersøkelser på Blefjell 1983. DVF, Reguleringsundersøkelsene, Rapport nr. 18, 1983. 27 sider.
- Holtan, H. 1970: Sandvatn som resipient for Norsk Folkeferiehjem på Blefjell. Femte nordiska symposiet om vattenforskning, Kongsberg 6-8. maj 1969. NORDFORSK, Miljøvårdssekretariatet, Publ. 1970:1. 15 sider.
- Holtan, H., M. Johannessen & L. Vråle 1982: Sandvatn, Blefjell, som resipient for Fagerfjell Turistsenter A/S. NIVA-notat, O-81117. 9 sider.
- Johannessen, M., A. Lande & Ø. Skar 1983: Gjødsling av fiskevatn. Telemark distr.h.skole (TDH), Skrifter nr. 91., 52 sider.
- Kwiatkowski, R. E., and J. C. Roff 1976: Effects of acidity on the phytoplankton and primary production of selected northern Ontario lakes. Can. J. Bot. 54: 2546-2561.
- Rognerud, S., D. Berge & M. Johannessen 1979. Telemarksvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979. NIVA-rapport, O-70112., 82 sider.
- Schindler, D. W., T. Ruzsyczynski and E. J. Fee 1980: Hypolimnion injection of nutrient effluents as a method for reducing eutrophication. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 320-327.

Soldal, J. & T. B. Gunnerød 1977: Fiskeribiologiske undersøkingar i Blefjell 1976. DVF, Reguleringsundersøkelsene, rapp. nr. 5 - 1977., 50 sider.

Vollenweider, R.A., 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33: 53-83.

V E D L E G G

P R I M Æ R D A T A

Tabell Pl. Temperaturmålinger i Sandvatn (C).

	1982	1983				
Dyp m	14/10	5/4	13/6	25/7	24/8	21/9
0,5				19,2	16,2	} 8,6
1	6,4	0,6	12,8		15,8	
2			12,2	15,6		
4	6,4		8,6	12,2	13,7	
6			6,5	8,4		
8	6,4					
10		3,2	5,1	5,5	6,3	5,9
12	6,2					
15		3,3	4,4	5,0		5,4
16	6,0					
20	5,4	3,4	4,3	4,6	4,9	5,1
25	5,6	3,5	4,2	4,2	4,6	4,8
28			4,2			4,9
30	5,0				4,6	

Tabell P2. Fysisk/kjemiske og bakteriologiske analyseresultater fra Sandvatn.

Dato	Dyp m	pH	Kond. mS/m (25 ^o)	Farge mg Pt/l	Turb. FTU	KMnO ₄ mg O/l	SO ₄ mg/l	Tot-P µg P/l	LMR-P µg N/l	Tot-N µg N/l	NO ₃ µg N/l	Alk. mmol/l	Ca mg/l	Al µg/l	O ₂ mg/l	Kl _a µg/l	Siktedyp m
6/4 1983	1	5,13	1,88	70,5	1,7	8,2	3,0	15	7	800	100	0,017	1,07	150	10,09		1,8 brun
	10	4,48	2,46	70,5	2,7	8,49	3,1	24	12,0	800	50	-	0,67	120	8,05		
	15	4,64	2,02	68,-	1,6	8,05	3,1	27	12,5	1000	60	0,002	0,71	130	6,97		
	20	4,94	1,87	73,5	2,3	9,92	3,4	50	33,5	1000	50	0,016	0,79	140	4,30		
	25	5,55	1,94	65,5	4,1	10,07	3,6	150	32,0	1600	20	0,053	0,98	170	1,10		
14/6 1983	0-6	4,65	1,48	116,5	1,2	7,2		14	< 0,5	500	40					3,26	2,5 brun
	10	4,59	1,80	104	1,1	6,8		18	0,5	500	70						
	15	4,56	1,87	110	1,0	6,8		13	4	500	70						
	20	4,63	1,82	116,5	1,2	6,8		25	8,5	600	70						
	25	4,86	1,64	131,5	1,4	6,9		51	24	600	70						
25/7 1983	0-4	4,70	1,47	113	1,7	7,0		10	1,0	270	<10					4,58	2,4 brun
	10	4,56	1,87	101	1,8	6,6		6,5	1,0	310	70						
	15	4,60	1,85	101	1,90	6,5		10,0	3,0	350	70						
	20	4,72	1,76	110	1,6	6,5		22,5	16,0	420	70						
	25	5,0	1,66	120	1,6	6,8		47,0	35,0	600	60						
24/8 1983	0-4	5,0	1,43	55,5	1,7	5,94	2,5	36	0,5	600	10	0,015	0,5	95	8,41	6,51	1,4 brun
	10	4,62	1,81	92,5	1,5	6,26	2,6	13	2,0	600	80	0,002	0,44	75	8,08		
	15	4,61	1,85	71,0	1,2	6,37	2,5	16	4,0	600	80	0,003	0,45	75	8,56		
	20	4,88	1,62	68,5	1,3	6,53	2,5	39	21,0	800	70	0,015	0,55	80	7,40		
	25	5,17	1,51	73,5	1,2	6,76	2,5	65	40,5	900	70	0,027	0,60	75	6,31		
	30	5,88	1,81	86,5	2,8	7,66	2,5	190	76	1300	60	0,065	0,79	85	4,88		

forts.

Tabell P2 forts.

Dato	Dyp m	Temp. °C	pH	Kond. mS/m (25°)	Farge mg Pt/l	Turb. FTU	KMnO ₄ mg O/l	SO ₄ mg/l	Tot-P µg P/l	LMR-P µg N/l	Tot-N µg N/l	NO ₃ µg N/l	Alk. mmol/l	Cl. mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Fe µg/l	Al µg/l	O ₂ mg/l	KL _a µg/l	Kim ant./ml	Coli 37°C ant./100 ml	Coli 44°C ant./100 ml	Siktedyp m	Mg mg/l	
21/9 1983	0-4	8,6	4,48	2,01	107	1,0	9,6		9,5	2,0	320	20								7,99	2,95	810	200	3			
	10	5,9	4,54	1,86	89,5	0,65	7,2		7,5	0,5	430	60								6,40		520	89	0			
	15	5,40	4,63	1,84	86,5	0,9	6,4		15,0	7,5	390	70								6,13		540	70	2			
	20	5,1	4,69	1,82	92,5	0,71	6,4		25	17,0	450	70								5,63		520	43	4	2,5		
	25	4,8	4,85	1,69	98	0,90	6,6		39	27,5	570	70								5,63		900	206	7	brun		
	28	4,9	4,98	1,64	110	1,1	6,9		54	38	640	70								5,36		480	146	2			
14/10 1982	1	6,4	6,7	1,86	132	1,8	9,14	3,6	15,0	4,0	360	50	0,008	0,8	0,13	0,42	0,91	340	80	8,66		160	31	0		0,17	
	4	6,4	4,5	2,22	142	1,8	8,95	3,5	15	8,5	350	50	0	0,7	0,13	0,44	0,68	360	75	8,69		310	128	17		0,17	
	8	6,4	4,43	2,26	135,5	1,7	8,75	3,6	14	8,0	350	50	0	0,8	0,14	0,43	0,67	360	80	8,74		180	25	1	2	0,17	
	12	6,2	4,45	2,28	139	2,6	8,71	3,5	14,5	8,0	350	50		0,9	0,13	0,44	0,69	360	75	8,70		170	24	0	brun	0,16	
	16	6,0	4,45	2,28	135,5	1,8	8,67	3,4	15,5	8,0	350	50	0,014	0,9	0,14	0,45	0,69	370	75	-		130	56	4		0,16	
20	5,4	4,82	1,74	145,5	2,0	7,78	3,0	41,5	35,0	470	60		0,014	0,18	0,55	0,63	570	65	5,85		240	178	2		0,14		
25	5,6	5,39	1,55	114,0	2,7	7,78	2,7	74	65	620	50	0,008	1,0	0,24	0,64	0,69	700	90	4,42		510	overgrodd	69		0,15		
30	5,0	5,47	1,59	130,0	3,0	8,25	2,7	100	90	740	60	0,026	1,0	0,27	0,72	0,69	810	85	3,50						0,14		

Tabell P3. Analyseresultater av kvantitative planteplanktonprøver fra Sandvatn (0-4m blandprøve) 1983. Volum er gitt i mm³/m³.

GRUPPER/ARTER	Dato=>	830613	830725	830824	830921
Cyanophyceae (Blågrønnalger)					
Oscillatoria agardhii		-	-	-	2.9
Sum		-	-	-	2.9
Chlorophyceae (Grønnalger)					
Chlamydomonas sp. (1=8)		-	19.9	18.1	-
Monomastix sp.		-	21.5	.7	1.7
Monoraphidium setiforme		-	-	.4	.2
Oocystis lacustris		-	-	-	.8
Paramastix conifera		3.1	-	-	-
Scourfieldia cf.cordiformis		-	-	.6	-
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.)		1.2	-	-	-
cf.Lobomonas sp.		299.6	-	-	-
Sum		303.9	41.4	19.8	2.7
Chrysophyceae (Gulalger)					
Bitrichia chodatii		-	2.2	-	-
Bitrichia phaseolus		.4	-	-	-
Chrysoikos skujai		.6	.3	-	.2
Craspedomonader		5.9	2.2	-	1.6
Cyster av chrysophyceer		4.7	2.0	-	-
Dinobryon korschikovii		-	16.3	.9	7.1
Dinobryon sociale v.americanum		-	5.8	10.4	15.9
Kephyrion spp.		-	2.2	-	-
Løse celler Dinobryon spp.		-	-	-	8.4
Pseudokephyrion taeniatum		-	.8	-	-
Sma chrysomonader (<7)		16.4	51.8	35.6	19.2
Store chrysomonader (>7)		11.1	44.5	113.4	21.3
Ubest.chrysomonade		-	.9	-	-
Ubest.chrysophyce		-	.2	-	-
Sum		39.1	129.4	160.3	73.6
Cryptophyceae					
Cryptomonas marssonii		-	14.0	-	-
Cryptomonas sp.2 (1=15-18)		3.4	-	-	-
Cryptomonas spp. (1=24-28)		-	-	-	7.6
Ubest.cryptomonade		-	227.0	-	-
Sum		3.4	241.0	-	7.6
Dinophyceae (Fureflagellater)					
Cyster av dinoflagellater		-	-	-	12.8
Gymnodinium cf.lacustre		-	36.5	0.0	1.2
Gymnodinium sp.1 (1=14-15)		-	318.6	41.1	3.3
Peridinium inconspicuum		305.6	63.2	1796.2	83.0
Ubest.dinoflagellat		1.4	5.1	17.4	1.4
Sum		307.0	423.4	1854.7	101.6
Xanthophyceae (Gulgrønnalger)					
Isthmochloron trispinatum		-	-	1.4	-
Sum		-	-	1.4	-
Mv-alger					
Sum		25.4	23.1	26.8	14.7
Total					
		678.9	858.2	2062.9	203.1