RAPPORT

03 1997

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

Sverre Husebye

FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD UNDERSØKT I FORBINDELSE MED VANNFORSYNING OG ETABLERING AV VANNINNTAK; TVILLINGVATN, NY-ÅLESUND, SPITSBERGEN

HYDROLOGISK AVDELING

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL **FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD UNDERSØKT I FORBINDELSE MED VANNFORSYNING OG ETABLERING AV VANNINNTAK; TVILLINGVATN, NY-ÅLESUND, SPITSBERGEN**	**RAPPORT** 3/97
SAKSBEHANDLER Sverre Husebye	DATO 15 mars 1997 RAPPORTEN ER ÅPEN
OPPDRAGSGIVER Kings Bay Kull Compani AS	OPPLAG 50

SAMMENDRAG

Vinteren/våren 1996 ble vannkvaliteten på drikkevannet fra Tvillingvatnet sterkt redusert ved både dårlig lukt og gulbrun farge. Forholdet oppsto i siste halvdel av april. Vannkvaliteten ble ikke tilfredsstillende før i midten av juli da isen også forsvant.

For å dekke et fremtidig økt drikkevannsbehov i Ny-Ålesund og også sikre vannforsyning av god kvalitet, vil KBKC bygge et helt nytt drikkevannsinntak i Tvillingvatnet.

Hydrologisk avdeling ved NVE har foretatt fysiske og kjemiske målinger i Tvillingvatnet for å gi supplerende opplysninger vedrørende drikkevanns-inntakets plassering. Hensikten er at plasseringen optimaliseres med hensyn på å redusere mulighetene for at fremtidige situasjoner med dårlig drikkevannskvalitet skal inntreffe.

Feltmålingene som omfatter dybdemålinger, vannprøvetaking og undersøkelse av bunnsedimentene, ble utført av NVE i perioden 14-16 august 1996. Analysene er utført ved Næringsmiddeltilsynets laboratorium i Tromsø, NGUs sedimentlaboratorium i Trondheim og NVEs sedimentlaboratorium i Oslo.

Det er sannsynlig at det dannes et oksygenfattig bunnvann i Tvillingvatnet utover vinteren. Den dårlige vannkvaliteten som oppsto vår/sommer 1996, skyldtes etter all sannsynlighet at anaerobt bunnvann ble tilført drikkevannsystemet. Den dårlige lukt og gulbrune farge forklares med oksydasjon av oppløst jern, mangan og ammonium. Det kan imidlertid ikke utelukkes at en begrenset erosjon i bunnsedimentene også fant sted i denne perioden og derved kan ha bidratt til de nevnte forhold.

Analyser av kjemisk innhold i vannprøver og bunnsedimenter ga verdier innenfor variasjonsbredden som er påvist i drikkevannsmagasiner i Norge. Innholdet suspenderte partikler er lavt og vannkvaliteten betegnes som god.

Bunnsedimentene er meget finkornete, lite konsoliderte og derved lett eroderbare. Faren for partikulær forurensning av drikkevannet er stor ved endring av de hydrauliske forhold rundt inntaket og i situasjoner med blottlagte bunnsedimenter.

EMNEORD/SUBJECT TERMS
Tvillingvatnet/Lake Tvillingvatnet
Svalbard/Svalbard
Vannkvalitet/Water quality
Vannforsyning/Water supply
Magasin morfologi/Reservoir morphology

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
avdelingsdirektør

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091, Maj.
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefax: 22 95 90 00

Bankgiro: 6003 06 04221
Postgiro: 0803 5052055

Org. nr.: NO 970 205 039 MVA

Omslagsbilde: Pumpehus til gammelt vanninntak i
østre basseng i Tvillingvatn, 15. august 1996.
Vannmerket er montert på trekonstruksjon ved pumpehuset
Foto: Kjell Dalviken

Forord

Sommeren 1996 fikk Hydrologisk avdeling, NVE i oppdrag av Kings Bay Kull Compani (KBKC) å foreta måling av fysiske og kjemiske forhold i Tvillingvatn med formål å bidra til en mest mulig optimal plassering av det nye vanninntaket. Prosjektet ble bestilt 11. 07 96 og foreløpige resultater ble rapportert KBKC i slutten av september 1996. Sluttrapporten er hovedsakelig basert på feltmålinger og analyser utført i august 1996, erfaringer fra NVEs måleprogram i Ny-Ålesund området og kommentarer og informasjon fra KBKC.

Feltmålingene som omfatter dybdemålinger, vannprøvetaking og undersøkelse av bunnsedimentene, ble utført av NVE i perioden 14 - 16 august 1996. Analysene er utført ved Næringsmiddeltilsynets laboratorium i Tromsø, NGUs sedimentlaboratorium i Trondheim og NVEs sedimentlaboratorium i Oslo. I tillegg har Folkehelsa bidratt med utlån av måleutstyr.

Driftsansvarlig ved KBKC i Ny-Ålesund, Ingar Rishovd har vært oppdragsgivers kontaktperson, lagt forholdene til rette for den praktiske gjennomføringen i felt og bidratt med nyttige opplysninger. Seksjonsleder Truls Krogh ved Folkehelsa har bidratt med faglig rådgivning og vurdering av vannkjemiske parametere. Feltmålingene ble utført av overingeniør Morten Due (NVE-HH), mens digitalisering og kartfremstilling i GIS er utført av overingeniør Hans-Christian Udnes (NVE-HV) og GIS-medarbeider Trine Fjeldstad (NVE-HM). Senior ingeniør Sverre Husebye (NVE-HM) har vært prosjektansvarlig.

Prosjektets kostnadsramme var NOK 75 000 eksklusive nødvendige analyser.

Oslo 15 mars 1997,

Sverre Husebye
senior ingeniør

Innhold

Innledning 4

Problemstilling 4

Problemløsning 4

Sammendrag og konklusjoner 5

Metoder 7
- Dybdekart og magasinkurve 7
- Vannkjemi 7
- Sedimentmålinger 7

Hydrologisk regime og vannbalanse 9

Måleresultater 11
- Dydbekart og magasinkurve 11
- Vannkjemi 15
- Vanntemperatur, ledningsevne og oksygeninnhold 16
- Suspenderte stoffer i Tvillingvatn 17
- Bunnsedimentene 18

Referanser 21

Innledning

Våren 1995 ble drikkevannet i Ny-Ålesund sterkt redusert i kvalitet. Vannet som var misfarget med en gulbrun farge hadde også en kraftig lukt av "råtne egg" (eller H_2S). Ifølge opplysninger fra KBKC inntraff endringen i vannkvalitet i siste halvdel av april og vedvarte frem til medio juli måned 1996. Isforholdene vinter/vår 1996 beskrives som ekstreme med istykkelse på Tvillingvatn mellom 1,5-2 meter. Muligens kan istykkelsen settes i sammenheng med flere mildværsperioder som inntraff vinteren 95/96. Isen på Tvillingvatn ble liggende til siste halvdel av juli måned. Dette korresponderer tidsmessig godt med bedringen i drikkevannskvaliteten.

Med formål å dekke et fremtidig økt drikkevannsbehov i Ny-Ålesund, og også sikre vannforsyning av god kvalitet, vil KBKC bygge et helt nytt drikkevannsinntak i Tvillingvatnet. Tetting av lekkasjer i eksisterende dam samt en mulig heving av denne, inngår også i planene. Arbeidet med drikkevannsinntaket er i gang og vil være ferdig før isen legger seg høsten 1996.

Hydrologisk avdeling ved NVE har etter forespørsel fra KBKC, foretatt fysiske og kjemiske målinger i Tvillingvatnet med formål å gi supplerende opplysninger vedrørende drikkevannsinntakets plassering. Hensikten er at plasseringen og driften optimaliseres med hensyn på å oppnå en best mulig drikkevannskvalitet samtidig som mulighetene for at fremtidige situasjoner med dårlig drikkevannskvalitet skal inntreffe, reduseres.

Denne rapporten er basert på analyseresultater fra vannprøver tatt i Tvillingvatnet og i Ny-Ålesund av KBKC mens det ennå lå is på vatnet, samt 3 dagers feltarbeid utført av overingeniør Morten Due, seksjon for hydrometri NVE. Formålet med feltarbeidet var å fremskaffe supplerende data med hensyn på vurdering av drikkevannsinntaket. Feltarbeidet omfattet oppmåling av Tvillingvatnet med ekkolodd, vannprøvetaking og målinger av bunnsedimentenes mektighet og sammensetning. Dataene er benyttet til å lage dybdekart og magasinkurve over Tvillingvatnet, analyser av kjemisk og partikulær vannkvalitet, bunnsedimentenes mektighet, partikkelsammensetning og partikulært bundete stoffer.

Problemstilling

Foreta nødvendige feltmålinger og analyser med formål å gi grunnlag for en optimal plassering og drift av nytt drikkevannsinntak i Tvillingvatnet ved Ny-Ålesund på Spitsbergen (Fig. 1).

Problemløsning

Tvillingvatnet kartlegges ved hjelp av ekkolodd og nivellering for fremstilling av magasinkurve og dybdekart. Vannkvaliteten undersøkes ved vannprøvetaking i ulike profiler. Bunnsedimentenes utstrekning, mektighet og sammensetning registreres. Med bakgrunn i de innsamlede data og analyser samt vannprøver tatt av KBKC i mai måned og NVEs data fra tidligere år innen hydrologi, istykkelse og vanntemperatur, vurderes:

1 Mulige årsaker til at vannkvaliteten ble dårlig vår/sommer 1996
2 Den anbefalte plassering av inntak og inntakshøyder
3 Mulige tiltak for å hindre fremtidige situasjoner med tilsvarende dårlig vannkvalitet

Sammendrag og konklusjoner

Vinteren/våren 1996 ble vannkvaliteten på drikkevannet fra Tvillingvatn sterkt redusert ved både dårlig lukt og gulbrun farge. Forholdet oppsto første gang i siste halvdel av april. Vannkvaliteten ble ikke tilfredsstillende før i midten av juli måned da isen også forsvant.

Lukten av H_2S ("råtne egg"), kan skyldes at det under vinterforhold oppstår oksygenfattige (anaerobe) forhold i Tvillingvatnet. Det er ikke noen definert overflatedrenering inn i Tvillingvatn. Når isen legger seg og vindpåvirkningen opphører, vil derfor all omrøring av vannmassene opphøre. Forholdene ligger dermed godt til rette for utvikling av anaerobe forhold mot bunnen av bassenget. Spesielt gjelder dette dersom det er tilførsel av oksygenfattig grunnvann til magasinet. Tykkelsen av dette vannlaget vil kunne øke utover vinteren.

Når oksygenfattige vannmasser kommer i kontakt med luft, vil det oppstå en kjemisk reaksjon der oppløst jern, mangan og ammonium oksyderes og utfelles. Ved denne reaksjonen får vannet en sterk svovellukt og ofte en gulbrun farge. Dersom aneaerobt vann føres inn i vanninntaket, vil det nødvendigvis bli tilført luft når det passerer pumper og rør.

Det ble påvist høyere konsentrasjoner organiske og minerogene partikler i vannet fra en kran i Ny-Ålesund medio juni sammenliknet med tilsvarende måling medio august. Det må imidlertid understrekes at selv om en økning i sedimentkonsentrasjon er påvist, er de registrerte verdier lave. Tilførsel av resuspenderte partikler fra bunnsedimentene vil kunne forekomme, dersom vannstanden blir så lav at bunnsedimenter blottlegges og utsettes for erosjon eller at strømningsforholdene f. eks. i nærheten av inntaket medfører at bunnsedimenter blir erodert.

Ut fra foreliggende opplysninger og kunnskap om forholdene i Tvillingvatnet synes det sannsynlig at årsaken til den reduserte vannkvaliteten utover våren 1996 kan skyldes:

1 Det anaerobe vannlaget var usedvanlig mektig vinteren 1995/96. I siste halvdel av april var mektigheten så stor at det nådde nivået for vanninntaket. Dette kan ha medført både dårlig lukt og misfarging.
2 Lav vannstand og blottlagte bunnsedimenter har medvirket til at drenering av regnvann/smeltevann gjennom sprekker i isen kan ha forårsaket erosjon i bunnsedimentene med misfarging av vannmassen som resultat. Samtidig kan omrøringen ha resultert i at luft er blitt tilført det anearobe bunnvannet. På grunn av omrøring kan hele vannmassen ha blitt påvirket.
3 De hydrauliske forhold rundt det gamle inntaket har medført erosjon i bunnsedimentene noe som igjen kan ha ført til misfarging av vannmassen. Dette kan skyldes en forskyvning av selve inntaket eller at vannstanden har vært så lav at sterkere strømningsforhold enn vanlig har oppstått rundt inntaket.

De kjemiske analysene av vannprøvene tatt i august, viser ingen verdier utover veiledende nivå gitt i drikkevannsforskriften gjeldende for Norge. Selv om det er påvist forekomster av tungmetaller i bunnsedimentene, er verdiene lave og innenfor variasjonsbredden som er påvist i drikkevanns-magasiner i Norge. Innholdet suspenderte partikler er lavt og vannkvaliteten betegnes som god.

Bunnsedimentene er meget finkornete og lite konsoliderte og derved lett eroderbare. Faren for partikulær forurensning av drikkevannet er stor ved endring av de hydrauliske forhold rundt inntaket og i situasjoner med blottlagte bunnsedimenter. Ved erosjon av bunnsedimentene, vil påviste

partikkelbundede stoffer som f. eks. Cu, Pb og Zn kunne bli tilført drikkevannet. Helserisikoen ansees som lav, men større mengder partikler i drikkevannet vil kunne ha negativ innvirkning på tekniske installasjoner i Ny-Ålesund. Synsinntrykket vil imidlertid kunne oppfattes som meget negativt.

Det vurderes som sannsynlig at det dannes et oksygenfattig bunnvann i Tvillingvatnet utover vinteren. Den dårlige vannkvaliteten som oppsto vår/sommer 1996, skyldtes etter all sannsynlighet at anaerobt bunnvann ble sugd inn i drikkevannsystemet. Oksydasjon av oppløst jern, mangan og ammonium er den mest sannsynlige forklaringen på at vannet i Ny-Ålesund fikk en dårlig lukt (hydrogensulfid) og en gulbrun farge. Det kan imidlertid ikke utelukkes at en begrenset erosjon i bunnsedimentene også fant sted. Selv om vannkvaliteten ikke var direkte helseskadelig, er det kjent at slike forhold kan medføre store ubehag i form av kvalme og brekninger.

Med bakgrunn i NVEs målinger og de utførte analyser, kan følgende oppsummering og konklusjoner trekkes:

Forhold	Årsak	Tiltak	Kommentar
Dårlig lukt ("råtne egg") av drikkevannet, høye verdier av jern, mangan og ammonium. Misfarging av drikkevannet.	Oksygenfattig vann føres inn i drikkevann-systemet. Ved tilførsel av oksygen utfelles jern, mangan og ammonium.	Utlufting, filtrering av drikkevannet, plassering av inntak over det oksygenfattige vannlaget. Målinger som kan dokumentere utviklingen av det oksygenfattige laget gjennom vinteren, slik at vanninntakene kan styres i henhold til dette (føre vår).	Det er ikke uvanlig at det dannes oksygenfattige forhold i bunnvannet i innsjøer (men det er mest utbredt i næringsrike sjøer). Ved nedbryting av organiske stoffer forbrukes oksygen. Ved tilførsel av oksygen til anaerobt vann, oksyderes jern og mangan til fast form, noe som kan gi en gulaktig misfarging.
Partikulær forurensning av drikkevannet.	Erosjon av blottlagte bunnsedimenter pga. overflatevann som dreneres gjennom sprekker og hull i isen (i perioder med regn eller snøsmelting) eller endring i de hydrauliske forhold rundt vanninntaket som medfører erosjon i bunnsedimentene.	Inntaket må ikke skape hydrauliske forhold som kan forårsake erosjon i nærliggende bunn-sedimenter. Vannstanden holdes tilstrekkelig høy slik at bunnsedimentene ikke blottlegges for erosjon. Arrangement for utfelling av finpartikler fra drikkevannet (kjemisk eller mekanisk) Bunnsedimentene fjernes.	Bunnsedimentene inneholder stoffer som som kan være helseskadelige (bl. a. Cu, Zn, Pb). Partikler fra bunn-sedimentene bør derfor hindres fra å nå inntaket, og tungmetallinnholdet bør overvåkes.
Vannvolum	Nyttbart vannvolum om vinteren er avhengig av istykkelsen.	Etablere et program for målinger av istykkelsen. Overvåke vannforbruket.	Istykkelsen vil variere fra år til år avhengig av de klimatiske forhold. Grunnvannsbudsjettet virker inn på vannbalansen

Metoder

Dybdekart og magasinkurve

Oppmålingen av Tvillingvatnet ble utført 13 august 1996 ved vannstand 60,5 cm (vannmerket ved gammelt pumpehus) med et Furuno FE881 MARK-2 ekkolodd. Benyttet måleoppløsning var 0-5 m og 0-10 m. Måleusikkerheten i instrumentet er 5 % av dybden. Dataene er bearbeidet digitalt i Arc-Info og fremstilt i NVEs GIS-system. Kartgrunnlaget er Norsk Polarinstitutts (NP) digitale kart over Ny-Ålesund i målestokk 1 :10 000.

For å beregne volumeffekten ved en heving av eksisterende dam, ble det nivellert 40 profiler rundt Tvillingvatnet fra vannkant opp til kotehøyde + 1,55 m over utløpsterskelens overløp.

Vannkjemi

Vannprøvene er tatt med en vannprøvetaker i 4 vertikaler (Fig.2). En sammenlignende prøve ble tatt fra kranen på NPs våt-laboratorium i Ny-Ålesund. Alle vannprøvene ble tatt 15 august 1996.

Ledningsevne, vanntemperatur og oksygeninnhold ble målt i dypbassenget ved det gamle pumpehusfundamentet, mens temperatur og ledningsevne ble målt i ett profil i gruntvannsbassenget. Følgende instrumenter ble benyttet: oksygenmeter ISI 58, Aanderaa temperatursensor type 3444 og en WTW LF 196 ledningsevnemåler.

Analyser av vannkjemien ble utført av laboratoriet ved Næringsmiddeltilsynet i Tromsø kommune, mens sedimentinnholdet er analysert av Hydrologisk avdelings laboratorium ved NVEs hovedkontor i Oslo.

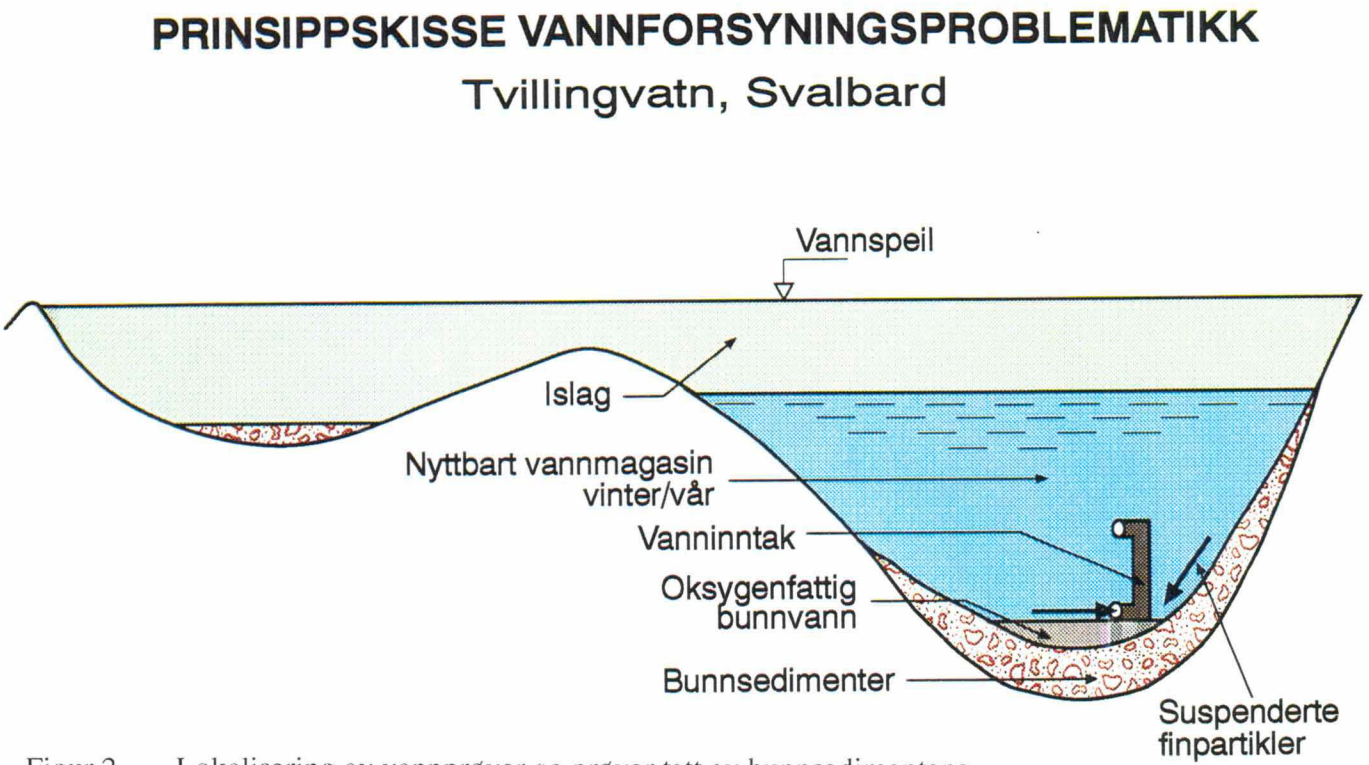
Vannprøver tatt i mai av KBKC er analysert av laboratoriumet ved Næringsmiddeltilsynet i Tromsø.

Folkehelsa har vært behjelpelig med utlån av vannprøvetakingsutstyr samt blitt konsultert i vannkvalitetsspørsmål.

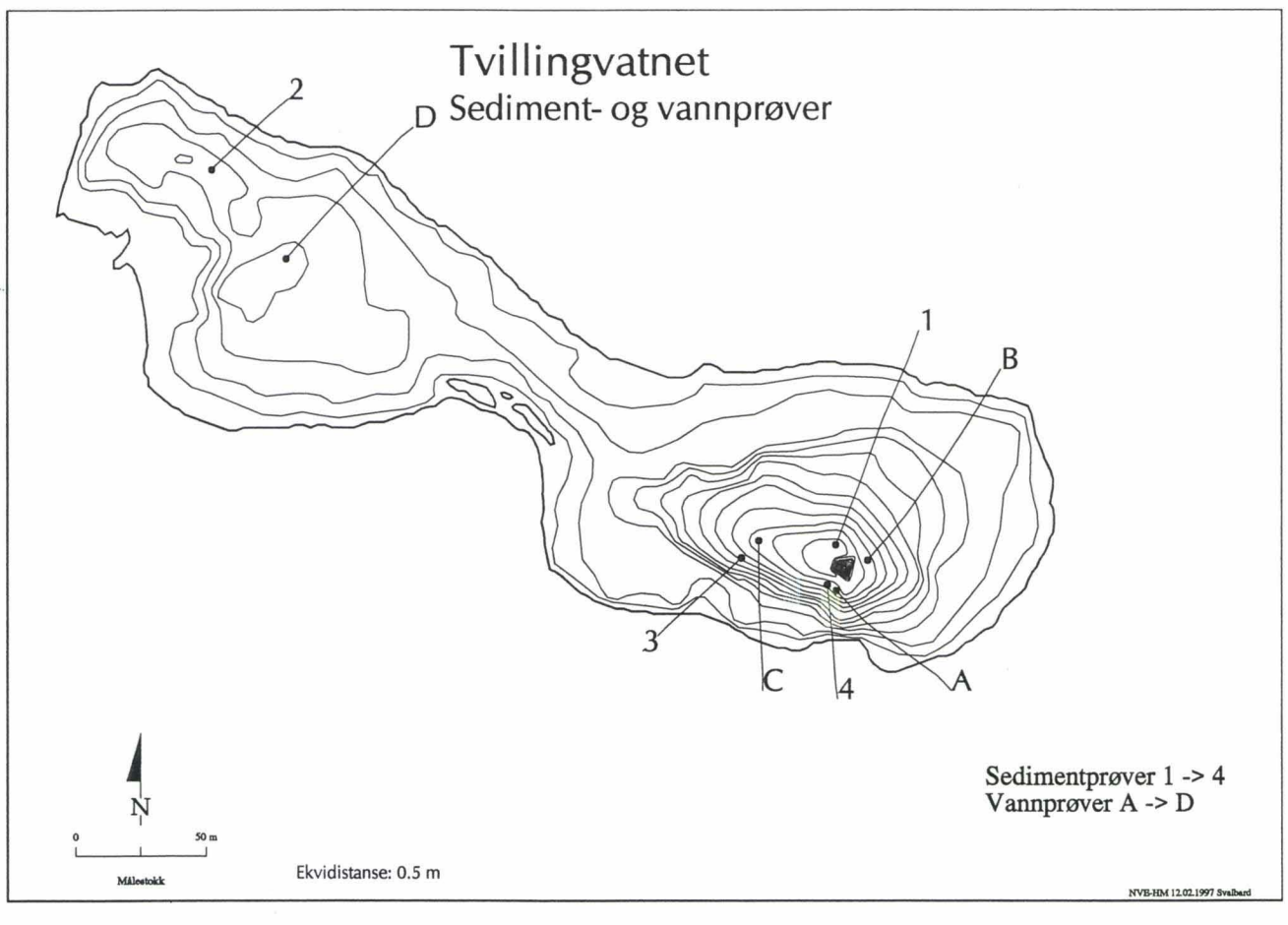
Sedimentmålinger

Bunnsedimentenes tykkelse ble registrert i flere punkter ved bruk av sonderstang. En Eckmann grabb med lodd ble benyttet til å ta 4 sedimentprøver av bunnmaterialet (Fig. 2). Sedimentprøvenes partikkelsammensetning og sedimentmengder i vannprøvene er analysert av Hydrologisk avdelings laboratorium ved NVEs hovedkontor i Oslo. I tillegg er det utført geokjemiske analyser ved NGUs laboratorium i Trondheim.

Figur 1 Problemstillingene som inngår i denne undersøkelsen omhandler vannvolum og forhold av betydning for vannkvaliteten i Tvillingvatnet, Ny-Ålesund. Tilgjengelig vannvolum gjennom vinteren og våren begrenses av istykkelsen. Vannkvaliteten er avhengig av at hverken oksygenfattig bunnvann eller bunnsedimenter føres inn i drikkevannsystemet.



Figur 2 Lokalisering av vannprøver og prøver tatt av bunnsedimentene.



Hydrologisk regime og vannbalanse

Tvillingvatnets nedbørfelt er uten breer og har et areal på ca. 1 km^2.Avrenningssesongen, som har en varighet på ca. 4 måneder, starter vanligvis i begynnelsen av juni når lufttemperaturen stiger over 0 C° (Tab. 1). Snøsmeltingen fra brefrie områder på Svalbard varer normalt frem til begynnelsen av juli. Deretter er avrenningen avhengig av nedbør og eventuelle områder med "evig snø". De største flommene opptrer vanligvis i forbindelse med kraftig nedbør mot slutten av sommeren. Avrenningen stopper brått rundt månedsskiftet september/oktober når temperaturen faller under frysepunktet (Pettersson, 1994).

Tabell 1 Temperaturnormaler (C°) i Ny-Ålesund for perioden 1975 - 89 (Hanssen-Bauer et al., 1990)

JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
-14,2	-14,6	-13,5	-10,9	-3,5	1,5	5,0	3,9	-0,5	-5,7	-9,1	-12,9	-6,2

Tabell 2 Normal nedbør (mm) i Ny-Ålesund for perioden 1975 - 89 (Hanssen-Bauer et. al., 1990)

JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
28	41	49	23	18	18	23	41	40	35	32	27	372

Årlig potensiell fordampning i Ny-Ålesund området er beregnet til ca. 100 mm/år (Killingtveit et. al., 1994).

Tabell 3 Gjennomsnittlig månedsavrenning i prosent av årlig avrenning i et brefritt felt, Londonelva ved Ny-Ålesund. Tabellen er basert på NVEs vannføringsmålinger i årene 1992, 1993 og 1996 (Pettersson, in prep).

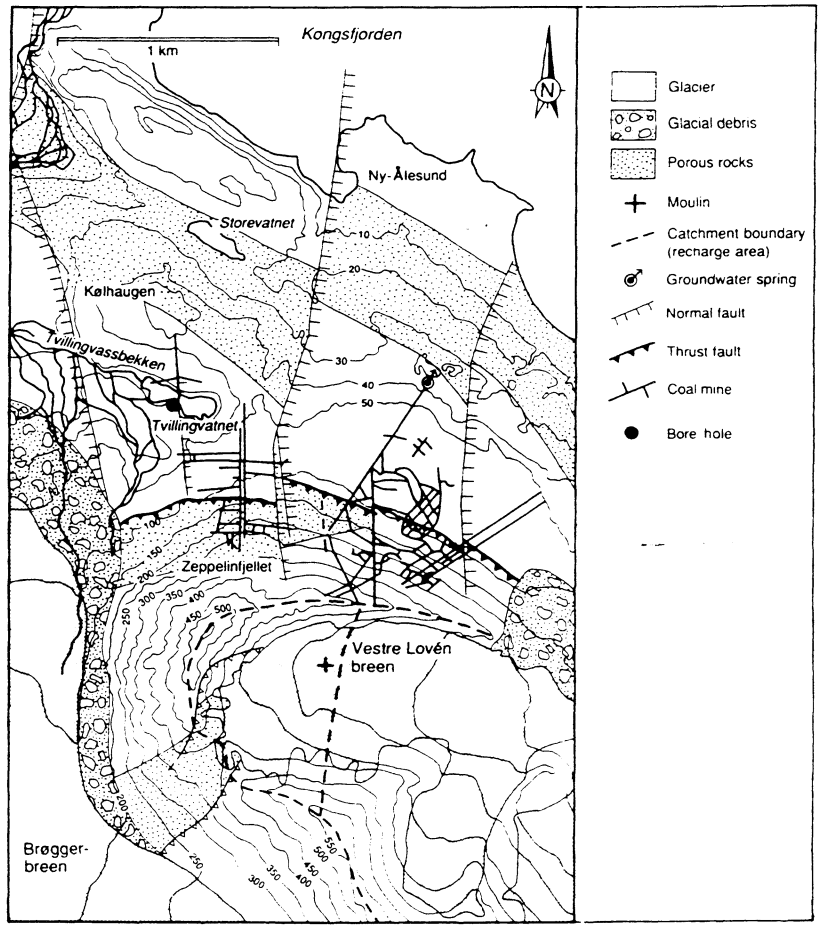
JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
0	0	0	0	0	41,2	31,8	15,4	11,1	0,5	0	0	100

Som det fremgår av tabellene over, er vannforsyningen til Ny-Ålesund fullstendig avhengig av et reservoir der vann kan lagres de 8 månedene når alt overflatevann er frosset. I denne sammenheng er Tvillingvatnet, både med hensyn på volum og kvalitet, av vesentlig betydning for hele Ny-Ålesund-samfunnets drift og virksomhet.

I tillegg til overflateavrenning, kan grunnvannstilsig også ha stor betydning for magasinets vannbalanse. Til tross for at det er permafrost i området, ble artesisk grunnvann påvist bare 2 meter fra Tvillingvatnet under en boring etter kull i 1927. Store mengder vann sprutet opp fra 18 meters dyp i permafrostsonen i tertiær sandstein. Kartlegging utført i forbindelse med den andre gruveperioden, viste at en forkastning krysser Tvillingvatnet nøyaktig der artesisk grunnvann ble påvist i 1927 (Fig. 3). Tidligere studier og observasjoner konkluderer med at det er et visst

grunnvannstilsig og drenering ut av Tvillingvatnet. Mengden og derved effekten på vannbalansen er imidlertid ukjent, men på ingen måte sammenlignbar med det som er påvist fra Estergruven (11,5 l/s vintrene 1993 og 1994) (Haldorsen, 1994).

Eventuelt grunnvannstilsig om vinteren er viktig med hensyn på vannbalansen under denne årstid og dermed også for beregning av tilgjengelig vannvolum. Et annet aspekt er mulig grunnvannsdrenering ut av Tvillingvatnet og hvordan denne påvirker vannbalansen og eventuelt vil kunne påvirkes ved en heving av vannstanden. Det hydrologiske måleprogrammet som gjennomføres i Tvillingvatn burde sammen med observasjoner om isdannelser nedstrøms Tvillingvatnet, kunne gi bedre opplysninger om disse forhold.



Figur 3 Kart som viser antatt grunnvannsfelt, gruver, permeable forkastninger, porøse sedimentære bergarter, grunnvannskilder og borehull (Haldorsen, 1994).

Måleresultater

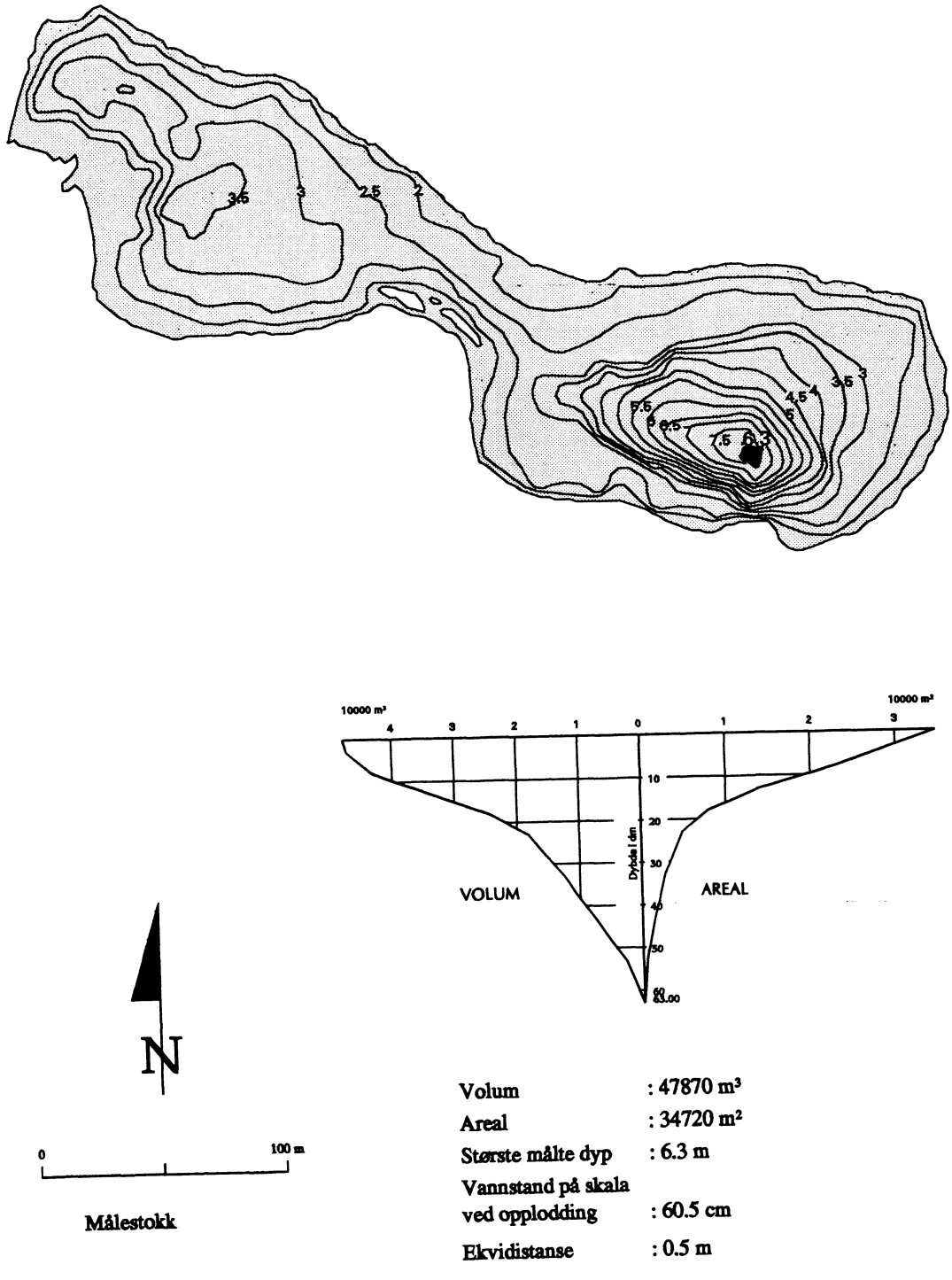
Dydbekart og magasinkurve

Med bakgrunn i ekkoloddingen av Tvillingvatnet, er det konstruert en magasinkurve som viser at volumet 47 870 m^3 ved vannstand 60,5 cm på NVEs måleskala ved gammelt pumpehus. Tvillingvatnets areal ved denne vannstanden er beregnet til 34 720 m^2. Overløpsterskelen ved utløpet har høyden 55 cm referert til samme måleskala.

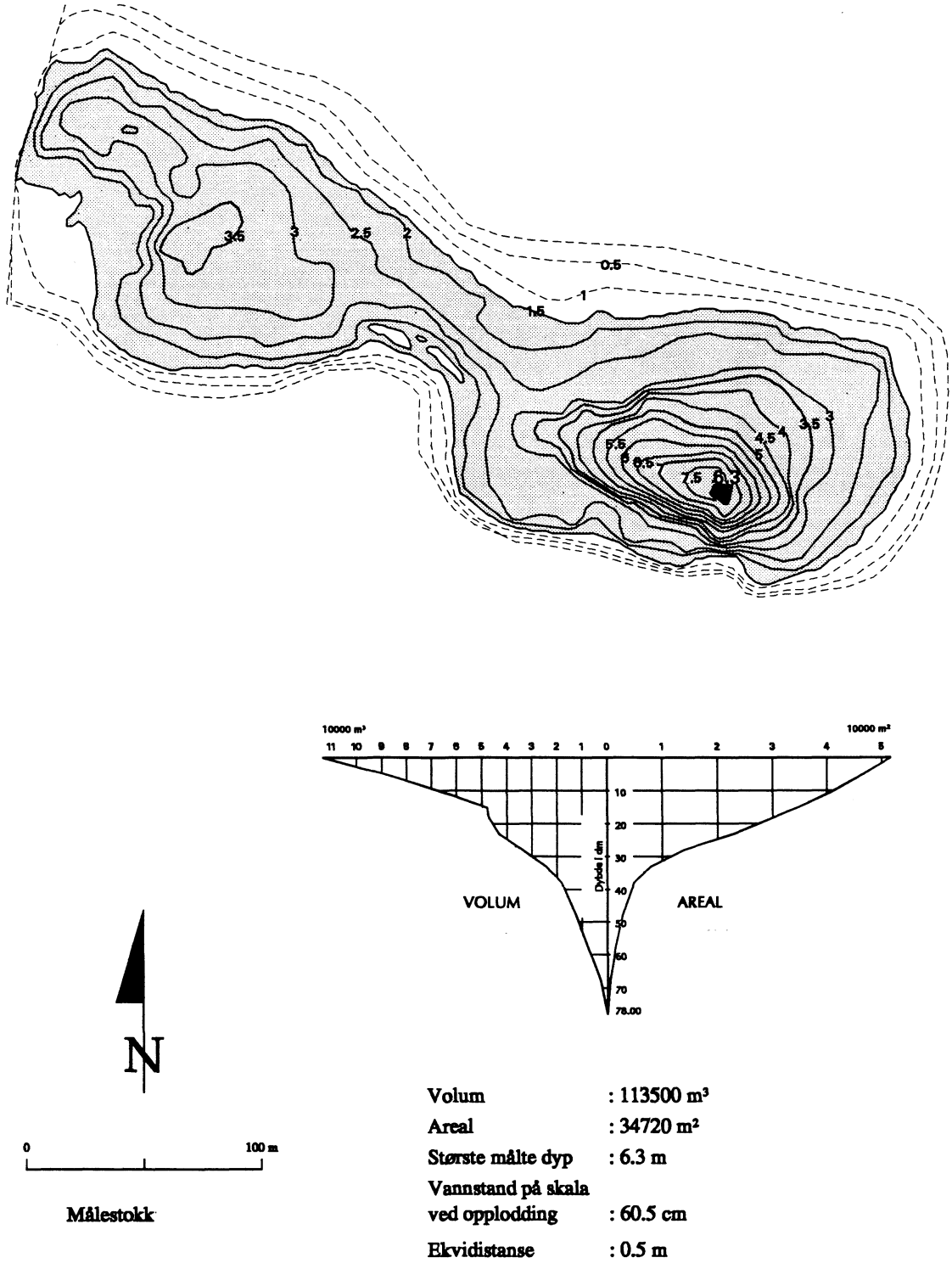
Tvillingvatnet består av 2 basseng (Fig. 4) med maksimale dyp på henholdsvis 6,25 m (østre) og 2,15 m (vestre) i forhold til overløpsterskelen. En smal kanal med dyp på ca. 1,05 m danner kommunikasjonen mellom bassengene. Det vestre basseng faller slakt ned mot det dypeste nivå, mens det østre er karakterisert ved at bunnen på sørsiden faller bratt ned mot det dypeste punktet. De andre sidene faller forholdsvis slakt ned mot det nærmest sirkulære dypområdet som kun er noen få titals meter i diameter. Formen på dypbassenget betyr at vannvolumet under -4 m koten blir lite i forhold til totalvolumet. En relativt betydelig del av dette volumet er fylt igjen som følge av den store betongkonstruksjonen som utgjorde det gamle vanninntaket.

I henhold til NVEs erfaringer (systematiske målinger er ikke utført) kan istykkelsen på Tvillingvatnet bli mellom 1,5 - 2 m tykk (R. P. Asvall, pers med.). Dette tilsier at kanalen mellom de to delene fryser til, slik at det ikke er kommunikasjon mellom bassengene om vinteren. Mye tyder dessuten på at det vestre basseng bunnfryser i denne årstiden.

Alternativene som foreligger for det nye vanninntaket er 2 inntak på kotehøydene -3,5 m og -2,5 m i forhold til overløpsterskelen ved utløpet. Med utgangspunkt i magasinkurven er det foretatt volumberegninger av Tvillingvatnet (Fig. 4, 5 og Tab. 4a, 4b)



Figur 4 Dybdekart med magasinkurve over Tvillingvatn, basert på NVEs ekkolodding medio august 1996. 0-linjen representerer h=60,5 cm på NVEs vannmerkeskala ved gammelt pumpehus. Overløpsterskelen ved utløpet har høyden h=55 cm på samme vannmerke.



Figur 5 Dybdekart med magasinkurve over Tvillingvatn dersom vannstanden heves 1,5 meter. Beregningene er basert på NVEs ekkolodding og nivellering medio august 1996. 1,5 m koten er relatert til vannstand 60,5 cm på NVEs måleskala ved gammelt pumpehus og representerer en høyde 1,555 m over overløpsterskelen ved utløpet.

Tabell 4 Volumberegninger av Tvillingvatnet basert på magasinkurve beregnet av NVE på bakgrunn av ekkolodding og nivellering 13 august 1996. Tallene er avrundet til nærmeste 100 m^3.

a: Dagens situasjon

Kotehøyde	Totalt vannvolum (m^3)	Unyttbart vann volum (m^3)	Regulerings volum sommer (m^3)	Nyttbart regulerings volum (m^3) vinter alt. 1	Nyttbart regulerings volum (m^3) vinter alt. 2	Overflate areal (m^2)
Overløp 0 m	47 700		47 700	28 900	24 000	34 700
Inntak - 2,5 m		16 100	**31 600**	**12 800**	**7 900**	
Inntak - 3,5 m		12 100	**35 600**	**16 800**	**11 900**	
0=dagens overløps-terskel (=55 cm på NVEs måleskala)				Beregnet istykkelse 1,5 m	Beregnet istykkelse 1,8 m	

Forutsatt at "det gamle" vanninntaket lå på kotehøyde - 5,0 m, var det tidligere nyttbare sommervolumet 44 100 m3, mens det nyttbare vintervolumet var 25 300 m3 ved 1,5 m istykkelse.

b: Heving av dam med 1,5 meter

Kotehøyde	Totalt vannvolum (m^3)	Unyttbart vann volum (m^3)	Regulerings volum sommer (m^3)	Nyttbart regulerings volum (m^3) vinter alt. 1	Nyttbart regulerings volum (m^3) vinter alt. 2	Overflate areal (m^2)
Heving av dam + 1,55 m	113 500		113 500	47 700	46 500	51 600
Inntak -2,5 m		16 100	**97 400**	**31 600**	**30 400**	
Inntak -3,5 m		12 100	**101 400**	**35 600**	**34 400**	
+ 1,55 m tilsvarer høyden over dagens overløpsterskel.				Beregnet istykkelse 1,5 m	Beregnet istykkelse 1,8 m	

Vannkjemi

En sammenlikning av vannprøver tatt av KBKC i slutten av mai da vannkvaliteten var dårlig med gulfarget vann og lukt av H_2S, og vannprøver tatt av NVE i midten av august, viste markerte forskjeller (Tab 5). Tabell 5 gir en oversikt over de parametrene der enkeltverdier har oversteget normverdien. Bortsett fra prøven fra vannkrana i "gult hus" der jern og manganinnholdet var langt over "krav verdien" og en overflate prøve tatt 28 mai der turbiditeten også lå over kravverdien, viser samtlige prøver verdier som ligger under kravverdiene til godkjent drikkevann i henhold til Forskrift om vannforsyning og drikkevann (1995). De refererte kravverdier tilsvarer største tillatte verdier, mens normverdien eller veiledende verdier er de ønskelige verdier. Enkelte av disse verdiene er så lave at de veldig sjelden oppnås.

Tabell 5 Oversikt over vannkjemiske parametere der analyseverdien på enkeltmålinger overskrider norm verdien for drikkevann (jfr. Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m., 1995).

Sted	Dato	Dyp (m)	pH	Turb-iditet FTU	Farge-tall	Klorid mg Cl/l	KOF Mn mg O/l	Jern ug Fe/l	Man-gan ug Mn/l	Ammo nium ug NH4/l
Gult hus	28.05	Kran	7,4	2,6	3	6,5	1	977	2700	141
TV 1	28.05	-0,1	7,2	1,8	7	34	1,9	68	16	184
TV 2	28.05	-0,1	7,2	10,7	9	7,8	2,9	104	18	62
NP	15.08	Kran	7,8	0,84	4	ia	ia	32	5	<5
TV A3	15.08	-0,1	7,9	1,32	4	ia	ia	23	10	12
TV A2	15.08	-2,5	7,9	1,6	4	ia	ia	28	19	13
TV A1	15.08	-4,5	7,8	1,88	4	ia	ia	32	15	18
TV B3	15.08	-0,1	8	1,11	4	ia	ia	13	7	10
TV B1	15.08	-5,0	7,9	1,53	4	ia	ia	25	5	16
TV C2	15.08	-0,1	8	1,16	4	ia	ia	18	5	10
TV C1	15.08	-3,0	7,9	1,27	4	ia	ia	16	<5	14
TV D2	15.08	-0,1	7,9	0,84	4	ia	ia	17	<5	7
TV D1	1508	-1,0	7,9	0,88	4	ia	ia	22	<5	8
Norm			7,5-8,5	0,4	<1	<25	<2	<50	<20	<50
Krav			6,5-8,5	<4	<20		<5	<200	<50	<500

ia: ikke analysert; A-D er profiler for vannprøvetaking (se figur?), tallet bak referer dybden under overflaten.

Felles for vannprøvene tatt i mai måned er at analyseverdiene ligger tett oppunder eller over de oppgitte norm verdier. Prøvene tatt i august måned ligger alle godt under disse verdiene. Unntaket er turbiditet og fargetallet. Det må imidlertid bemerkes at norm verdien for fargetall <1 må ansees som

urealistisk. En fargetallverdi på 4 ansees som sjeldent bra sett i relasjon til hva som er vanlig for drikkevannsreservoirer i fastlands-Norge (pers. med. T. Krogh, Folkehelsa).

De meget høye verdiene av jern og mangan som ble målt i mai måned fra kranen i "gult hus" tyder på at anaerobt (oksygenfattig) vann er kommet inn i drikkevannet. Samtidig er også innholdet av ammonium høyt . Høye ammoniumverdier kan også forklares med anaerobe forhold. Vannprøvene tatt i august måned, under isfrie forhold, viser lave verdier av både jern, mangan og ammonium. De vannkjemiske analyseresultatene ligger godt innenfor normverdiene for drikkevann (jfr. Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m., 1995).

Når det gjelder forekomsten av oppløste stoffer i vannmassen, viser analyseresultatene av vannprøvene ingen foruroligende verdier (pers. med. T. Krogh).

Vanntemperatur, ledningsevne og oksygeninnhold

Vanntemperatur, ledningsevne og oksygeninnhold ble målt i en vertikal i østre basseng, mens ledningsevne og vanntemperatur ble målt i vestre basseng. I tillegg ble det målt ledningsevne i ulike profiler i overflatevannet. (Tab. 6, 7)

Tabell 6 Vanntemperatur, ledningsevne og oksygeninnhold i en vertikalprofil ved "gammelt pumpehusfundament i østre basseng i Tvillingvatn, 14 august 1996

Dyp (m)	Vanntemperatur °C	Ledn. evne (µs/cm)	Oksygen %	Oksygen (mg/l)
-0,1	7,67	143	66	6,9
-1,0	7,67	143	48	5,2
-2,0	7,67	143	36	4,0
-3,0	7,39	143	33	3,7
-4,0	6,87	144	31	3,5
-5,0	6,87	145	29	3,2
-5,7	6,82	147	26	2,9

Tabell 7 Vanntemperatur og ledningsevne i en vertikal i vestre basseng i Tvillingvatn, 14 august 1996.

Dyp (m)	Vanntemperatur °C	Ledn. evne (µs/cm)
-0,1	7,3	137
-2,0	7,3	138

Ledningsevnen ble også målt i overflateprofiler, uten at verdiene endret seg i vesentlig grad. Verdiene lå rundt 137 µs/cm. Verdiene for ledningsevne er av samme størrelsesorden som også ble påvist i

slutten av juli i 1992 (K. Sandsbråten, 1995). Ledningsevneverdiene viser at innholdet av kjemiske stoffer i vannmassen er høyt.

Vanntemperaturmålingene viser en jevt fallende tendens fra overflaten mot bunnen. Målingene tyder videre på at det bare meget svakt er utviklet sprangskikt i Tvillingvatnet på det tidspunkt målingene ble foretatt. Forklaringen kan være at vindpåvirkningen fører til en viss omrøring og sirkulasjon av vannmassene.

Verdiene for oksygeninnhold tyder imidlertid på at blandingen ikke er så god som målingene av vanntemperatur og ledningsevne kan tyde på. Oksygeninnholdet viser en signifikant reduksjon fra 66 % i overflaten til 26 % på 5, 7 m dyp. En mulig forklaring kan være at det er et visst tilsig av oksygenfattig grunnvann til Tvillingvatnet. Den svake økningen i ledningsevnen og fallet i vanntemperaturen mot bunnen, kan også indikere at kaldt, mineralholdig grunnvann blir tilført magasinet.

Oksygenfattige forhold oppstår ved at organisk materiale brytes ned. Dersom innholdet av organiske stoffer eller karbon i løsmassene eller berggrunnen er høyt, vil dette kunne favorisere dannelsen av oksygenfattige forhold.

Det har over lengre tid vært spekulert over mulig grunnvannstilførsel til Tvillingvatn. NVEs mangeårige vanntemperaturmålinger ved bunnen av østre basseng gjennom vinteren, viser temperaturer rundt +2 °C (R.P. Asvall, pers. med). Ved isleggingen er overflatevannet nedkjølt til 0 °C. Magasinets dyp og den omliggende permafrosten skulle tilsi en vanntemperatur nær 0 °C i hele vannmassen utover vinteren dersom det ikke blir tilført varme. Sannsynligvis blir denne varmen tilført via grunnvann med temperatur i intervallet +2 - +3 °C.

Spørsmålet om mulig grunnvannstilførsel er imidlertid ikke vitenskapelig dokumentert. Det er flere teorier om grunnvannstilførselen. Sandsbråten (1995) konkluderer med at det høye ioneinnholdet skyldes tilførsel av sigevann med høy ledningsevne fra de omliggende områdene nedenfor gruvesjakt VII og Kolhaugene. Andre undersøkelser tolker det høye ioneinnholdet i Tvillingvatnet som en indikasjon på grunnvannstilførsel (Liestøl 1976, Repp 1979), mens Haldorsen (1994) påpeker at vannkjemien indikerer at en eventuell grunnvannskomponent er relativt moderat sammenliknet med overflatetilførselen, selv i vintermagasinet. Sandsbråten (1995) setter grunnvannstilsig i direkte sammenheng med smelting av snø og is fra breområdene og derved begrenset til perioden medio juni til slutten av september forårsaket av smeltevann fra Austre Brøggerbre og Vestre Lovénbre.

Suspenderte stoffer i Tvillingvatn

Alle stedene der det ble tatt vannprøver for kjemisk analyse, ble det også tatt prøver for analyse av mengde suspendert uorganisk materiale i Tvillingvatnet. Analyseresultatene fra august måned viser at innholdet suspenderte partikler er meget lavt (Tab 8). I den grad det er meningsfullt å tolke så lave verdier, antydes en tendes mot høyere totalkonsentrasjon av suspenderte partikler i den østre delen.

Topografien er brattere rundt denne delen av Tvillingvatnet enn den vestre. Dette tilsier at overflatedreneringen faller med større gradient og derved har større evne til både å erodere i løsmasser og transportere partikler videre nedstrøms til denne delen vatnet sammenliknet med den vestre delen.

Tabell 8 Konsentrasjon av organisk og minerogent materiale i Tvillingvatn, 15.08.96.

Sted	TV A3	TV A2	TV A1	TV B3	TV B2	TV B1	TV C2	TV C1	TV D2	TV D1	NP kran	TV Gj.sn
Dyp (m)	-0,1	-2,5	-4,5	0,1	-3,0	-5,0	-0,1	-3,0	-0,1	-1,0		
Org. (mg/l)	0,5	0,7	0,5	im	0,4	0,9	0,6	0,2	im	0,3	0,8	0,4
Min. (mg/l)	im	1,1	im	0,8	im	im	0,6	0,2	0,2	im	im	0,3
Sum (mg/l)	0,5	1,8	0,5	0,8	0,4	0,9	1,2	0,4	0,2	0,3	0,8	0,7

im: ikke målbart; Referansenivået er vannstand 60,5 cm på NVEs vannmerkeskala ved utløp Tvillingvatnet.

Det er målbare mengder suspenderte minerogene og organiske partikler i vannmassen i Tvillingvatn. Sammenliknet med norske innsjøer, må verdiene karakteriseres som lave og sammenliknbare med det som er påvist i oligotrofe (næringsfattige) innsjøer med stort siktedyp. I denne sammenheng må vannkvaliteten karakteriseres som god.

Mens det ikke ble påvist målbare konsentrasjoner minerogent materiale i en vannprøve tatt fra krana i NPs våtlaboratorium 15.08.96, ble konsentrasjoner på 1,6 mg/l minerogent og 1,5 mg organisk materiale påvist i vannprøve tatt samme sted den 14.06.96. Til tross for at verdiene er lave, viser analyseresultatene en tilnærmet dobling av konsentrasjonen suspenderte partikler sammenliknet med situasjonen i august.

Bunnsedimentene

Registreringen av bunnsedimenter viste at disse hovedsakelig er lokalisert til det østre bassenget (Fig. 6). Her varierer mektigheten mellom ca. 70 cm i det dypeste partiet til 20-30 cm ca.1,5 m under overflaten. Strandsonen ned til ca. 1,5 m består stort sett av steiner uten løsmasseoverdekning. Tilsvarende ble det kun påvist heldekkende bunnsedimenter i partiene som ligger dypere enn ca. 2 m i det vestre bassenget. Forklaringen er at bølgebevegelser vasker ut og fører finpartiklene fra strandsonen ned til 1,5-2 m dyp vaskes ut og sedimenteres i de dypeste partiene.

Hovedinntrykket ved registrering av bunnsedimentene var at disse var lite konsoliderte. Over større områder kan konsistensen karakteriseres som "løst dynn".

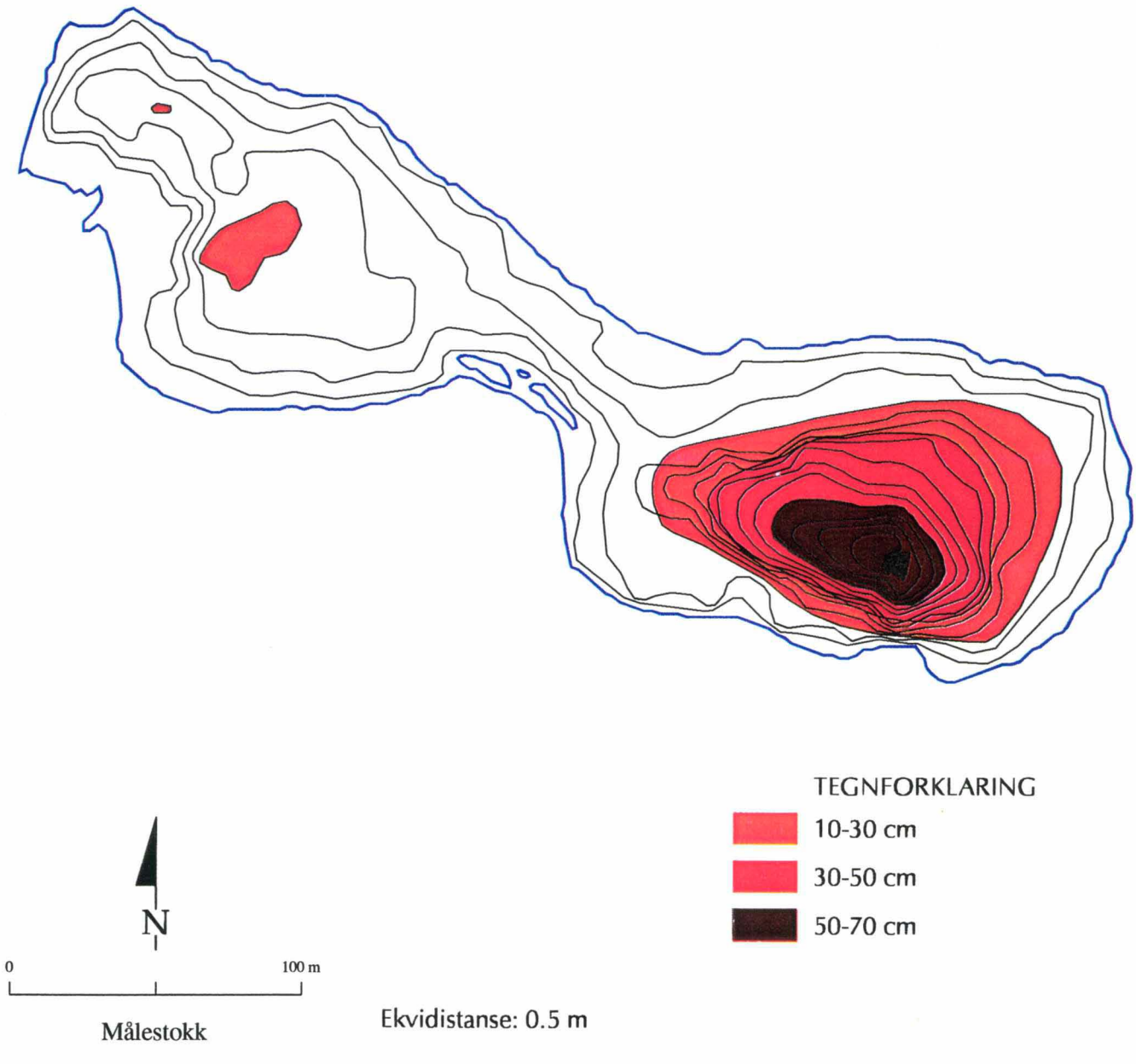
Analyser av partikkelsammensetningen viser en betydelig forskjell i sandinnhold mellom de to bassengene. Bunnsedimentene i vestre Tvillingvatn inneholder kun 4% leire, mens hele 37% ligger i sandfraksjonen. I den østre delen er leirinnholdet rundt 20 %, mens sandinnholdet er helt nede i 3 % i prøven tatt på 3,5 m dyp. Bortsett fra en prøve viser analysene at hele 50-60 % av bunnsedimentene ligger i fraksjonene fin-silt/leire (dvs. finere enn 0,016 mm, se Fig. 7 og Tab. 9).

Leire og siltfraksjonene er små og lett eroderbare. I bassenget der drikkevannsinntaket ligger, varierer innholdet silt/leire i bunnsedimentene fra 75 - 90 % (Tab. 9). Når sedimentene i tillegg er lite konsoliderte, betyr dette at kun små endringer i de hydrauliske forhold (som f.eks. sug fra et inntak)

eller vann som renner over blottlagte avsetninger, vil kunne medføre erosjon og resuspensjon av bunnpartiklene. Finpartikler i leire/finsilt fraksjonen vil holde seg lenge i suspensjon fordi fallhastigheten er meget lav. Erosjon av bunnsedimenter vil derfor kunne påvirke vannkvaliteten ved at partikkel-innholdet øker. Stoffer bundet til partiklene i bunnsedimentene vil under slike forhold kunne tilføres drikkevannsforsyningen.

Geokjemiske analyser av bunnsedimentene viser at forekomsten av kopper (Cu), sink (Zn) og bly (Pb) ligger innenfor den variasjonsbredden som er påvist i drikkevannsmagasiner i Norge. Med hensyn på krom (Cr) er sammenlikningsgrunnlaget dårligere, imidlertid regnes verdier under 50 ppb som lavt i sedimenter. Konsentrasjonen av Cr i vannprøvene er også meget lave.

Figur 6 Bunnsedimentenes mektighet og fordeling, Tvillingvatnet ved Ny-Ålesund.



Tabell 9 Bunnsedimentenes partikkelsammensetning

Sted	Dyp (m)	Leire % < 0,002 mm	Silt (%) 0,002 - 0,063 mm	Sand (%) 0,063 - 1,0 mm
TV 1 (øst)	-6,0	24,5	65,3	10,2
TV 4 (øst)	-4	17,5	56,8	25,7
TV 3 (øst)	-3,5	19,0	78,1	2,9
TV 2 (vest)	-2,0	4,2	58,9	36,9
Middel		16,3	64,8	18,9

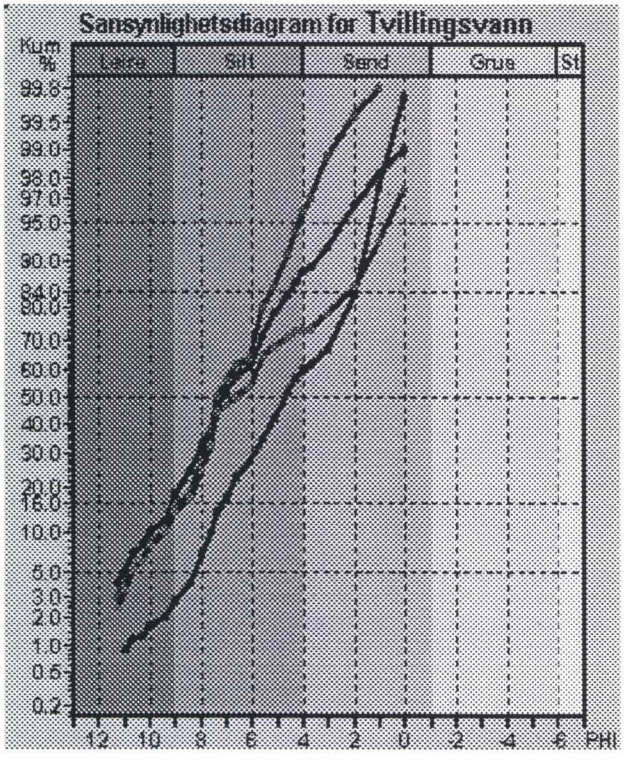


Fig. 7 Partikkelsammensetningen av bunnsedimentene i Tvillingvatn. Sett ovenfra i grenselinjen mellom silt og sand representerer kurvene følgende lokaliteter: TV 3 (øst), TV 1 (øst), TV 4 (øst) og TV 2 (vest).

Referanser

Hanssen-Bauer, I., Kristensen Solås, M., and Steffensen, E. L. 1990. The Climate of Spitsbergen. The Norwegian Meteorological Institute, Report No. 39/90, 40 pp

Haldorsen, S., Heim, M. og Lauritzen, S.-E. 1994. Subpermafrost Groundwater, Western Svalbard. In K. Sand and Å. Killingtveit (eds.) Proceedings "Tenth International Northern Research Basins Symposium and Workshop", Spitsbergen, Norway, August 28 to September 3, 1994, p. 218 - 231

Killingtveit, Å., Pettersson, L.- E. og Sand, K., 1994. Water Balance Studies at Spitsbergen, Svalbard. In K. Sand and Å. Killingtveit (eds.) Proceedings "Tenth International Northern Research Basins Symposium and Workshop", Spitsbergen, Norway, August 28 to September 3, 1994, p. 77 - 94.

Liestøl, O. 1976. Pingos, Springs and Permafrost in Spitsbergen. Norsk Polarinstitutts Årbok 1975, p. 7 - 29

Pettersson, L.-E., 1994. The Hydrological Regime of Spitsbergen, Svalbard. In K. Sand and Å. Killingteit (eds.) Proceedings "Tenth International Northern Research Basins Symposium and Workshop", Spitsbergen, Norway, August 28 to September 3, 1994, p. 95 - 107

Repp, K. 1979. Breerosjon, glasiohydrologi og materialtransport i et høyarktisk miljø. Brøggerbreene, Vest-Spitsbergen. Upublisert hovedfagsoppgave, Geografisk institutt, Universitetet i Oslo, 136 s

Sandsbråten, K., 1995. Vannbalanse i et lite, arktisk nedbørfelt. Tvillingvatn, Svalbard. Rapport nr. 41 Rapportserie: Hydrologi, Universitetet i Oslo, Oslo 1995, 90 s

Sosial- og helsedepartementet. 1995. Forskrift om vannforsyning og drikkevann mm. Oslo 1 februar 1995, nr. 68 I-9/95, 37 s

Personlige meddelelser

Seksjonsleder Truls Krogh, Folkehelsa

Overingeniør Randi Pytte Asvall, Norges vassdrags- og energiverk

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1997 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

Nr 1 Ingebrigt Bævre: Skjøtselsplan for vegetasjon i Surna (112.Z) og regulerte sideelver. (17 s.)

Nr 2 Ånund Sigurd Kvambekk: Temperatur- og saltmålinger og isforhold i Holandsfjorden og Glomfjorden før åpningen av Svartisen kraftverk (1976-1993). (24 s.)

Nr 3 Sverre Husebye: Fysiske og kjemiske forhold undersøkt i forbindelse med vanninntak; Tvillingvatn, Ny-Ålesund, Spitsbergen. (21 s.)