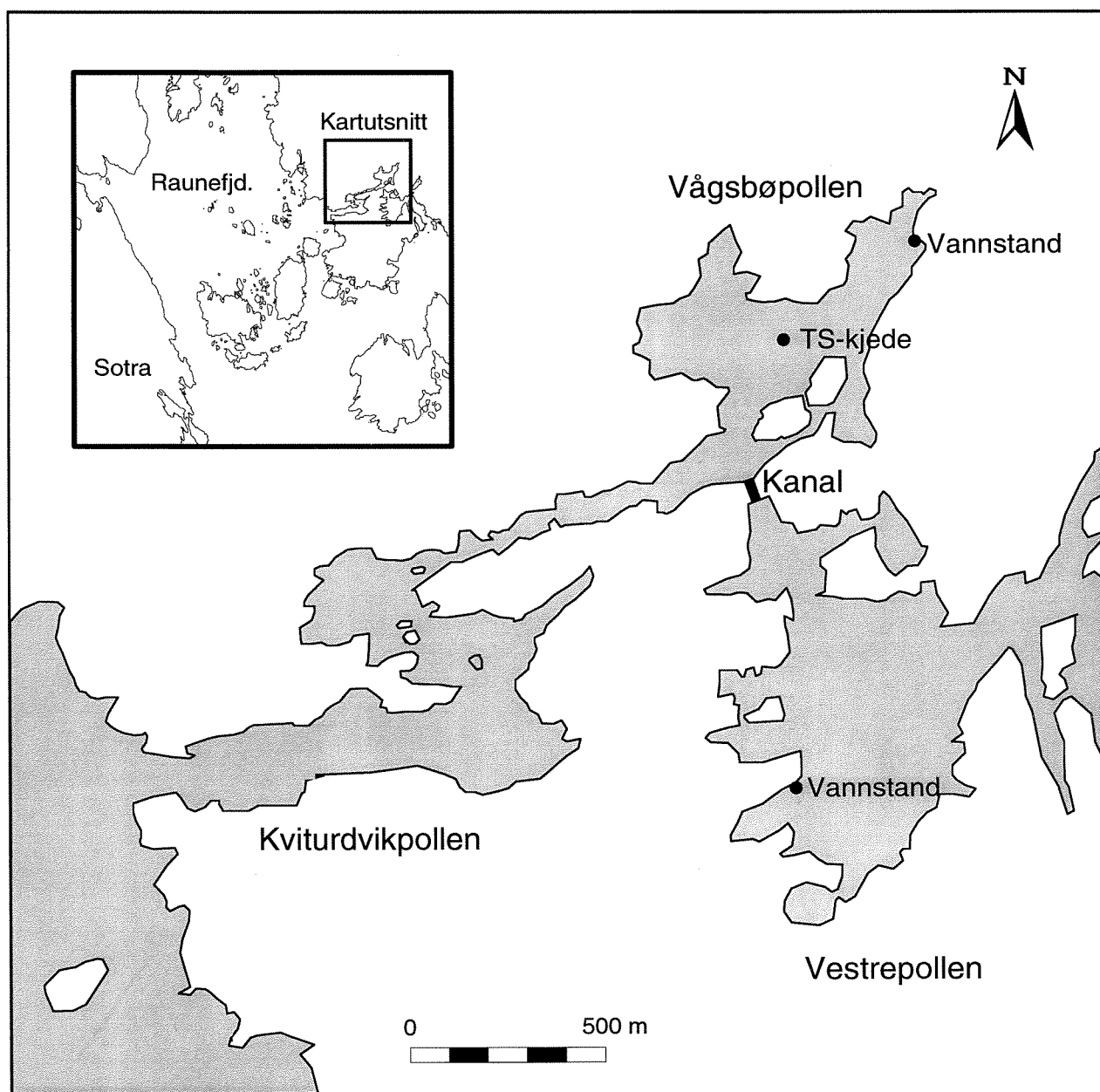


RAPPORT LNR 3627-97

# Kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana

Oppfølgende målinger i samband  
med kanalåpning



## Norsk institutt for vannforskning

## RAPPORT

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>Kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana. Oppfølgende målinger i samband med kanalåpning.</b>	Løpenr. (for bestilling) 3627-97	Dato 14. april 1997
	Prosjektnr. Undernr. 96084	Sider Pris 29
Forfatter(e) Lars G. Golmen Einar Nygaard	Fagområde Hydrofysiske målinger/modeller	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA 1997

Oppdragsgiver(e) Bergen kommune, kommunalavd. teknisk utbygging. Postb. 805, 5002 Bergen	Oppdragsreferanse Arne G. Svendal
---	--------------------------------------

## Foreløpig Sammendrag

Dette er 2. rapport i utredningene omkring mulige endringer i sirkulasjon, vannstand og islegging i Kviturpollen, Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana som følge av etablering av kanal mellom de to sistnevnte pollene. Kanalen ble åpna 11 november 1996. Første rapport var laget før kanal-åpning, og omhandla hvilke endringer som teoretisk sett kunne skje. I perioden 7/9 - 11/12 1996 hadde NIVA måleinstrumenter stående i sjøen i det berørte området for å skaffe data omkring faktiske endringer. Målingene viser at tidevannsamplituden i Vågsbøpollen økte med ca. 40 %, da spesielt p.g.a. lavvannet som nå ligger 30-40 cm lavere enn før. Tidevannet i Vågsbøpollen er nå tilnærmet i fase med tidevannet i Raunefjorden, i følge målingene. Dette stemmer godt med modellberegningene. Det var vesentlig mer is i pollene vinteren 1996/97 enn tidligere. Dette skyldes imidlertid neppe kanalen. Det var en stor dypvannsutskifting i perioden etter at kanalen ble åpnet. Kanal-åpningen kan ha vært en medvirkende årsak til dette. Det er imidlertid uklart om utskiftingshyppigheten har blitt endret og evt. redusert som følge av kanalen, og dette bør derfor undersøkes nærmere.

Fire norske emneord 1. Vågsbøpollen 2. Bergen 3. Kanal 4. Vannstandsending	Fire engelske emneord 1. Vågsbøpollen 2. Bergen 3. Canal 4. Sea level change
--	--



Lars G. Golmen

Prosjektleder

ISBN 82-577-3185-4



Bjørn Braaten

Forsknings sjef

O-96084

## Kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana.

Oppfølgende målinger i samband med kanalåpning.

NIVA Bergen/Oslo  
Februar/april 1997

Lars G. Golmen,      Prosjektleder  
Einar Nygaard,      medarbeider

## Forord

Bergen kommune besluttet i 1996 å bygge en kanal for mindre båter mellom de to pollene eller fjordarmene Vestrepollen og Vågsbøpollen i Fana. Bakgrunnen for dette var ønsket fra båteiere om å kunne etablere ei "indre" sjølei fra Fanafjorden og over i Raunefjorden for å spare vegen rundt Milde/Gjellestad. Kanalen vil også medføre lettere kommunikasjon mellom pollene.

Kanalen vart åpna i november 1996. Forut for åpningen hadde NIVA utført et teoretisk modellstudium for å vurdere sannsynlige effekter på sirkulasjon, vannstand og islegging i pollene som følge av kanalen. Dette vart rapportert separat sommeren 1996. Foreliggende rapport viser resultat av hydrofysiske målinger som NIVA gjennomførte høsten 1996, i perioden forut for og like etter kanalåpning.

Prosjektet kom i stand etter diskusjoner og avtale med Bergen kommune, ved Arne G. Svendal. De lokale beboere Håvard Eldøen og Odmund Røen bistod med opplysninger. Svein Østerhus stilte velvilligst egen målesonde til disposisjon for prosjektet. Helge Botnen v/UiB bistod med opplysninger og koordinering av feltaktiviteter.

Hos NIVA har forskningsassistent Einar Nygaard vært ansvarlig for måleprogrammet og beskrivelsen av måleprogram og resultater. Johan Ahlfors og Morten Wilberg på NIVAs instrumentsentral bistod med teknisk assistanse og kontroll av måleutstyr. Sekretær Inger Midttun stod for sluttredigering av rapporten.

***Lars G. Golmen***

(e-mail: lars.golmen@niva.no)

---

# Innhold

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>7</b>
<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>8</b>
1.1 BAKGRUNN OG FORMÅL MED UNDERSØKELSENE .....	8
1.2 OMRÅDEBESKRIVELSE.....	8
1.2.1 Kanalen.....	10
1.2.2 Hydrografiske forhold .....	10
1.3 NIVÅS MODELLBEREGNINGER FØR KANALÅPNING .....	12
1.4 KONKLUSJONER FRA FORRIGE UTREDNING .....	13
<b>2. MÅLEPROGRAMMET HØSTEN 1996.....</b>	<b>14</b>
2.1 GENERELT.....	14
2.2 INSTRUMENTER .....	14
2.2.1 Måling av vannstand .....	14
2.2.2 Måling av sjikting (hydrografi).....	14
2.3 PLASSERING AV MÅLEUTSTYRET.....	15
2.4 MÅLEPERIODER .....	16
<b>3. RESULTAT AV MÅLINGENE.....</b>	<b>18</b>
3.1 VANNSTAND I VÅGSBØPOLLEN.....	18
3.2 VANNSTAND I VESTREPOLLEN .....	20
3.3 TS-KJEDE I VÅGSBØPOLLEN .....	21
<b>4. DISKUSJON OG KONKLUSJONER .....</b>	<b>27</b>
4.1 GENERELT.....	27
4.2 MÅLINGENES REPRESENTATIVITET .....	27
4.3 KONKLUSJONER.....	27
4.4 SLUTTKOMMENTARER.....	28
<b>5. LITTERATUR.....</b>	<b>29</b>

## Sammendrag

Anleggsarbeidene i samband med bygging av kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana tok til våren 1996, og åpning av kanalen skjedde 11. november 1996. Kanalen er om lag 80 m lang og har seilingsbredde på 7 meter. Seilingsdypet er 2,5 meter. Før anleggsarbeidet startet, gjennomførte NIVA en forundersøkelse for å bedømme vannutskiftingen og de endringer som kunne forventes som følge av kanalen. Mulighet for endringer/forverring i isforholdene ute i Kviturspollen (seilbåthavna) stod sentralt i vurderingene som var basert på teoretiske modellberegninger, uten noe målegrunnlag annet enn det som visuelle observasjoner og tidligere rapporter ga.

De viktigste konklusjonene av NIVAs beregninger var (fra Nygaard og Golmen 1996) at oppholdstiden for overflatevann i Kviturspollen ville øke med anslagsvis 20 %, tidevannstrømmen der ville bli redusert med ca 20 % og maksimal strømsstyrke i løpet mellom Kviturspollen og Vågsbøpollen ville bli redusert med anslagsvis 10 % som følge av kanalen. Vannstandsamplituden i Vågsbøpollen ville øke med ca 50 %, med 30-40 cm lavere lavvann. I perioder kunne det også forventes høyere flo enn tidligere i Vågsbøpollen. Noe mer brakkvannsinnslag og økt oppholdstid for vann i indre deler av Kviturspollen ville kunne bidra til noe mer is der. Men konklusjonen var at dette dreiet seg om så små endringer at betingelsene for islegging neppe ville endres målbart i negativ lei.

Måleprogrammet høsten 1996 hadde som målsetting å påvise faktiske endringer i vannstand og sjikting/hydrografi i de berørte pollene, verifisere de foregående modellberegningene for før-etter situasjonene og få etablert en basis for framtidige vurderinger av eventuelle langtidseffekter i pollene p.g.a. kanalen.

NIVAs modellberegninger fra 1996 (Nygaard og Golmen 1996) for forventede vannstandsendringer stemmer generelt sett godt med det som er målt i ettertid. Vi postulerte at vannstandsamplituden ville øke med ca 50 %. Målingene indikerer en 40 % økning. Modellberegningene antydte at fjære sjø ville ligge 30-40 cm lavere etter kanalåpning enn før. Dette harmonerer både med målingene (ca 30 cm), og med det lokalbefolkningen har observert. Simulert lavvanns- og høyvannsforsinkelse i Vågsbøpollen før kanalåpning var av størrelsesorden 20-25 % lenger enn det som vart målt før kanalåpning. Avviket kan skyldes bruk av litt for høye verdier på friksjonskoeffisientene i modellen.

Målingene i Vågsbøpollen kan indikere en viss reduksjon i saliniteten der som følge av kanalen. Dette harmonerer i så fall med det som forrige rapport sa. Men her er det kun indikasjoner i målingene, og definitive konklusjoner kan ikke trekkes. Det samme gjelder for utskiftingshyppigheten i dypvannet. For oppholdstid kan vil slutte at den har minket i Vågsbøpollens øvre lag som følge av økt tidevannsutskifting. Dette synes bekreftet av lokale oppfatninger om at vannkvaliteten (sikten) er blitt bedre, og at bunnen nær land er blitt fastere. Naturlige variasjoner kan imidlertid forklare noe av dette.

Det var mye is i Kviturspollen høsten/vinteren 1996/97; mer enn på flere ti-år. Forrige utredning konkluderte med at det neppe var risiko for målbar økt islegging i Kviturspollen som følge av kanalen. Isleggingen høsten 1996 i området tok til i begynnelsen av november, altså før kanalen vart åpna. Dette indikerer at ekstraordinære værmessige faktorer nok har spilt den dominerende rollen, og at kanalen likevel har hatt liten betydning for den ekstraordinære isleggingen. Observasjoner fra kun én vinter er under alle omstendigheter for lite til å kunne trekke endelige konklusjoner på dette. Flere års observasjoner trengs. I rapporten anbefales det også at den del faktorer omkring vannkvalitet og vannutskifting følges opp med målinger framover.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn og formål med undersøkelsene

Anleggsarbeidene i samband med bygging av kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana tok til våren 1996. Før dette arbeidet startet, gjennomførte NIVA en for-undersøkelse for å bedømme vannutskiftingen og de endringer som kunne forventes som følge av kanalen. Mulighet for endringer/forverring i isforholdene ute i Kviturspollen (småbåthavna) stod sentralt i vurderingene som var basert på teoretiske modellberegninger, uten noe målegrunnlag annet enn det som visuelle observasjoner og tidligere rapporter ga.

NIVAs rapport (Nygaard og Golmen 1996) understreket usikkerheten i beregningene som følge av mangel på faktiske målinger som beskrev før-tilstanden, spesielt for vannstand i og utafør Vågsbøpollen. Det var også usikkerhet i tilknytting til hvilken effekt kanalen faktisk ville få; om det fortsatt ville være en viss tidevannsdemping inne i Vågsbøpollen.

Etter samråd med Bergen kommune fikk en derfor etablert et måleprogram i september 1996, i god tid før planlagt kanalåpning, med følgende målsettinger,

- Påvise faktiske endringer i vannstand og sjikting/hydrografi i de berørte pollene.
- Verifisere de foregående modellberegningene for før-etter situasjonene.
- Etablere en basis for framtidige vurderinger av eventuelle langtidseffekter i pollene p.g.a. kanalen.

Universitetet i Bergen gjennomførte samtidig kjemisk/biologisk prøvetaking som blir rapportert separat. Noen av aktivitetene i felt høsten 1996 vart imidlertid utført sammen av NIVA og UiB.

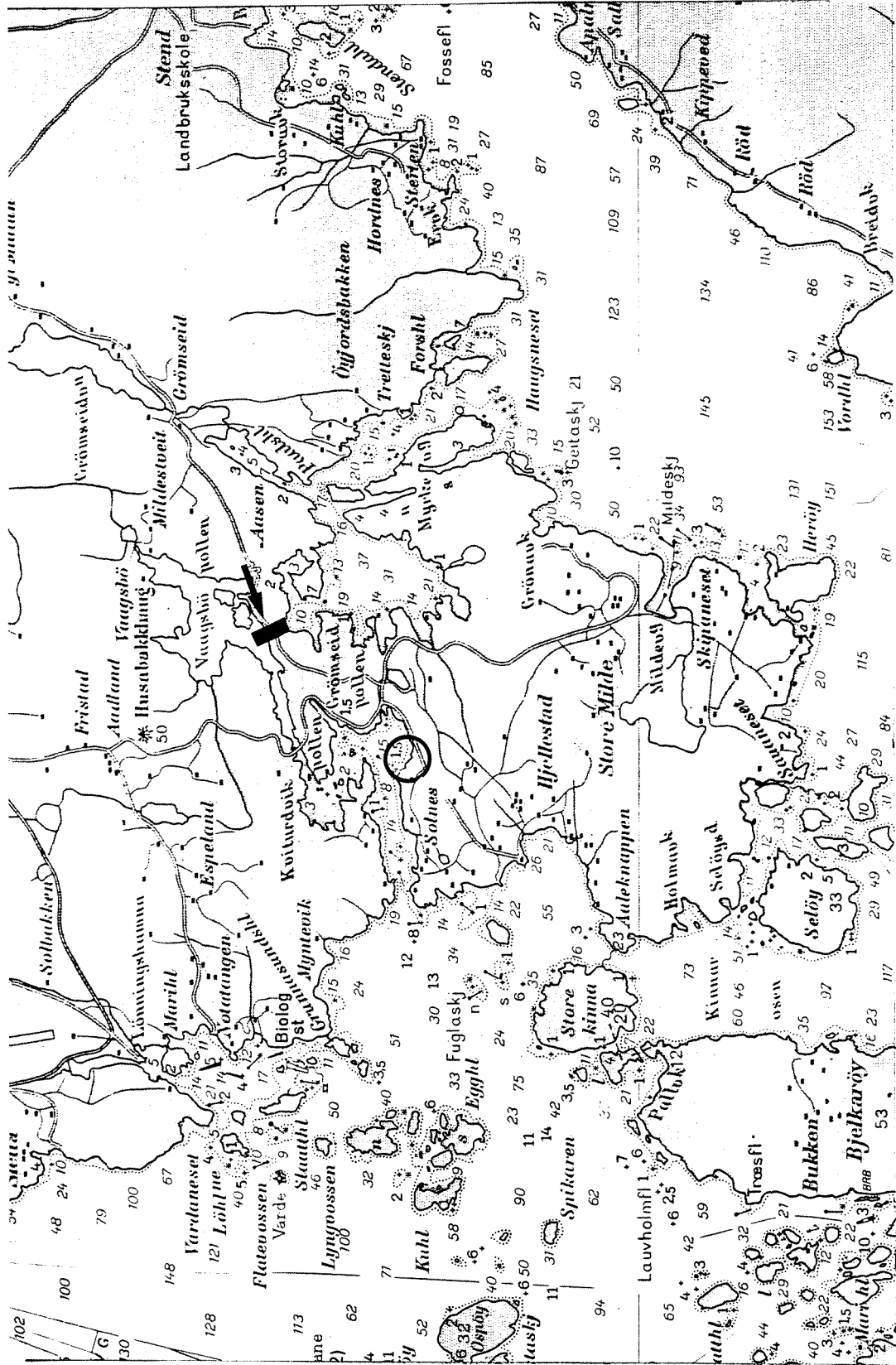
## 1.2 Områdebeskrivelse

Figuren på rapportforsida viser den innbyrdes plasseringa av de tre pollene Kviturspollen, Vågsbøpollen og Vestrepollen (kalt Grimseidpollen i sjøkartet) i området Hjeltestad-Milde i Fana. Området grenser til Raunefjorden i vest, og Fanafjorden i sørøst. Med kanalen som vart åpna høsten 1996, danner de tre pollene en sammenhengende sjøvei, med Mildehalvøya helt omgitt av sjø. **Figur 1.1** viser utsnitt av sjøkartet for de berørte sjøområdene og pollene.

I den forrige NIVA-rapporten (Nygaard og Golmen 1996) vart det gitt en relativt detaljert områdebeskrivelse. Her gis det en mer kortfattet beskrivelse slik at leseren får en viss oversikt.

### Vågsbøpollen

Pollen har et overflateareal på knapt 0,3 mill  $m^2$ , og et største dyp på ca 11 m. Den smale renna mellom Kviturspollen og Vågsbøpollen er om lag 600 m lang, og 30-60 m brei. Det grunneste partiet (terskelen) er bare om lag 0,5 m dyp. Her er også tverrsnittsarealet ekstra mye innsnevret, p.g.a. en holme midt i innløpet. Denne renna var tidligere eneste forbindelse mellom Vågsbøpollen og sjøen.



**Figur 1.1.** Utsnitt av sjøkart nr 21 (noe forstørret), med kanalen markert med tykk strek og pil, og småbåthavna (seilbåtforeningen) markert med ring.



### **Kviturspollen**

Kviturspollen har et overflateareal på ca 0,3 mill m<sup>2</sup>, og største dyp på 16 m. Terskeldypet mellom Raunefjorden og Kviturspollen er 6,5 m. Småbåthavna ligger på sørsida av pollen, nær innløpet (renna) til Vågsbøpollen.

### **Vestrepollen og Grimseidpollen**

Vestrepollen eller Grimseidpollen, som utgjør et sammenhengende pollsystem, har dybder ned mot 37 m, og et terskeldyp på om lag 15 m ut mot Fanafjorden. Vestrepollen har overflateareal på ca. 0,5 mill m<sup>2</sup>.

Både Vestrepollen og Vågsbøpollen er hyppig islagt om vinteren. Vinteren 1996 var det vedvarende is til langt ut i april måned. Dette var også tilfellet under en synfaring 31 mars 1996.

### **1.2.1 Kanalen**

Kanalen som var ferdig åpnet 11. november 1996, er om lag 80 m lang, med en (planlagt) seilingsbredde på 7 meter. Seilingsdypet er i h.h.t. planene 2,5 meter. Over kanalen legges det ei vegbru med begrenset seilingshøyde. **Figur 1.2** syner noen bilder fra anleggsperioden, sommeren 1996.

### **1.2.2 Hydrografiske forhold**

Dybern (1967) presenterte målinger (vertikal-profiler) av salinitet og temperatur for perioden november 1962 - mai 1964 (NB; Dyberns salinitets-isopleter, fig. 15 og 16, har fått ombyttet figur-forklaringene). I tillegg til dette har Universitetet i Bergen foretatt hydrografimålinger i Kviturspollen og i Vestrepollen både i 1980- og 1990 årene.

Målingene til Dybern viste markert sterkere brakkvanns-karakteristikk i Vågsbøpollen enn i Kviturspollen, med hyppig innslag av lavsalint vann ( $S < 5$  ppt) i overflaten i Vågsbøpollen. Det skarpeste sprangsjiktet i Vågsbøpollen lå nær overflaten, som oftest grunnere enn 1 m.

UiB gjorde noen målinger i Vågsbøpollen i oktober 1994, i samband med kloakksanering i området. Overflatesaliniteten var 10,5 ppt, som er noe høyere enn Dyberns verdier fra høstperioder. Dette kan være en effekt av at noe ferskvannstilførsler er ledet vekk fra pollen. Planene om å lede Ådlandsbekken ut på dypere vann i Vågsbøpollen kan isolert sett bidra til å øke overflatesaliniteten. Men kanalen vil nok modifisere bildet vesentlig p.g.a. transport av vann til og fra Vestrepollen.

I Kviturspollen viste Dyberns målinger hele tiden overflateverdier over 22 ppt i salinitet. UiBs målinger fra 1990 og utover synte, med ett unntak (desember 1992), overflateverdier på over 25 ppt.

I Vestrepollen lå UiBs verdier fra 1990-årene over 24 ppt, også med unntaket for desember 1992, som også her hadde lav verdi.



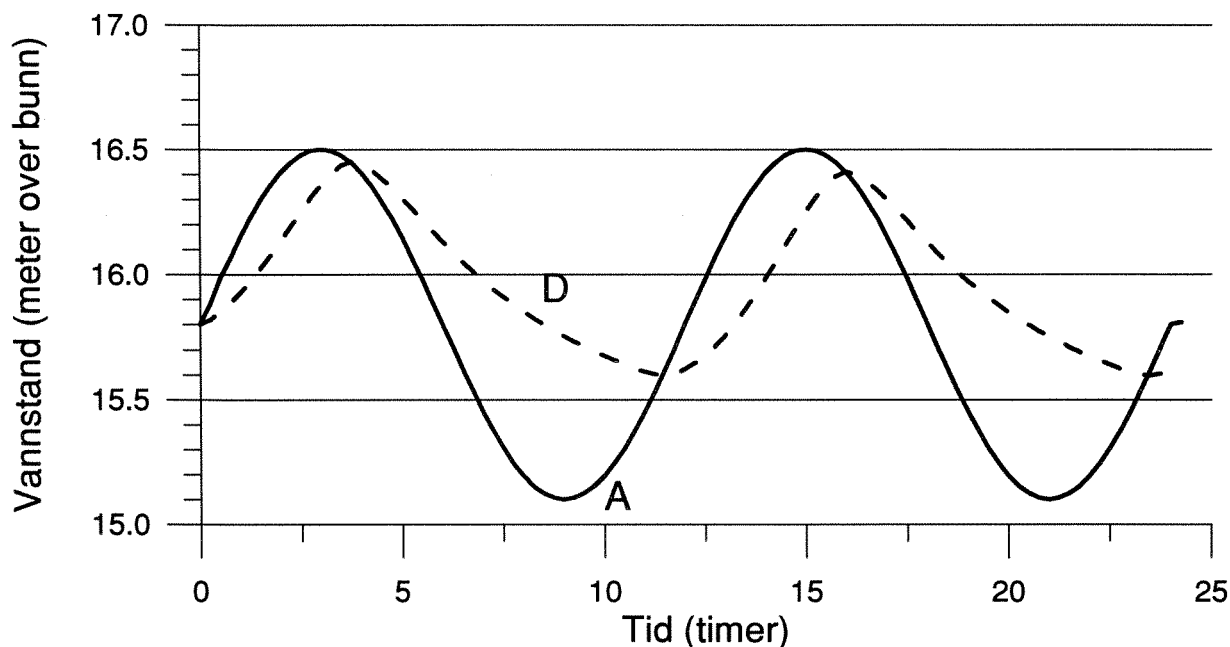
Figur 1.2. Fotografier av anleggsaktiviteten sommeren 1996

### 1.3 NIVAs modellberegninger før kanalåpning

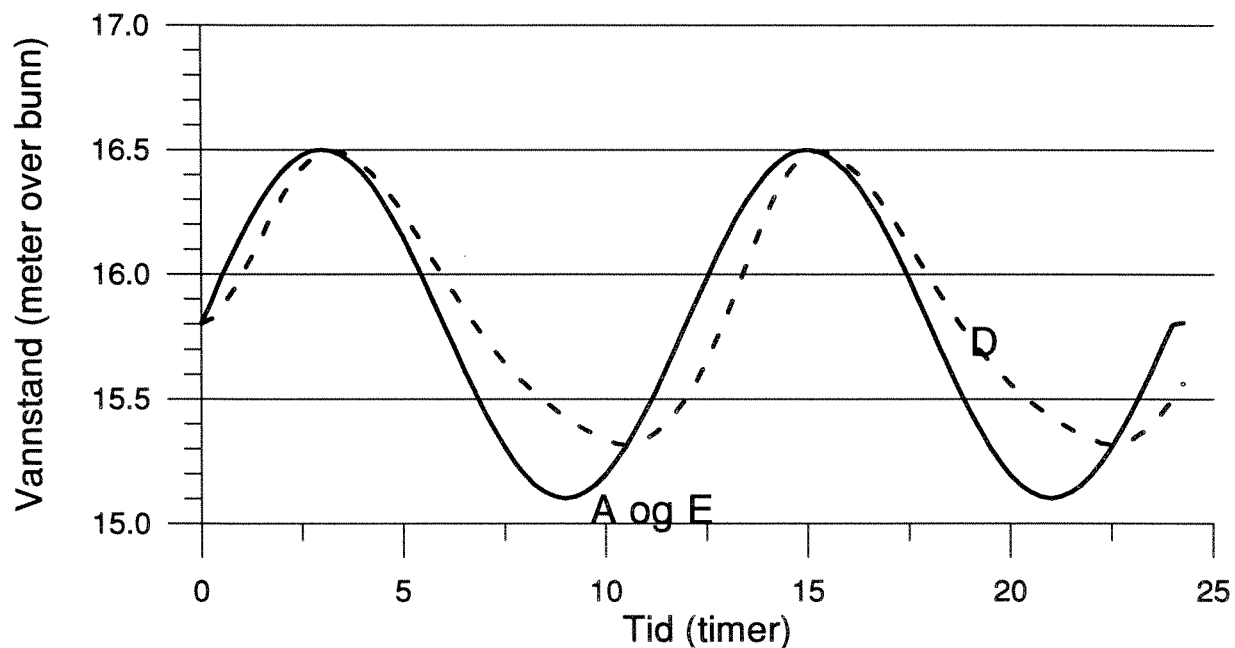
Til beregningene for sirkulasjon vart det benytta en gruntvannsmodell kalt SMS med horisontalt grid (nettverk). Forkortelsen SMS står for "Surface Water Modelling System", og er et interfaceprogram til blant annet den numeriske modellen RMA-2. Modellen er et resultat av tidligere arbeid ved U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, og U.S. Federal Highway Administration (ECGL, 1994).

RMA-2 er en dynamisk, todimensjonal, dybde integrert numerisk modell med fri overflate. Det vil si at modellen egner seg best i områder uten lagdeling i sjøen/vatnet. Modellen beregner løsninger ved hjelp av endelig-element (finite element) metoden. Ligningene i RMA-2 uttrykker bevarelse av bevegelsesmengde og volum (volumkonservering, Navier-Stokes).

**Figur 1.3** viser som døme simulert vannstand i Kviturspollen nær båthavna og midt i Vågsbøpollen. **Figur 1.4** viser resultat for simulert vannstand etter kanalåpning.



**Figur 1.3** Simulert vannstand i Kviturspollen nær båthavna (A) og midt i Vågsbøpollen (D), før ny kanal (fra Nygaard og Golmen, 1996).



**Figur 1.4** Simulert vannstand i Kviturspollen (A), Vestrepollen (E) og Vågsbøpollen (D) med ny kanal (fra Nygaard og Golmen 1996).

Is-beregningene vart utført med en enkel konveksjonsmodell. Modellen drives ved overflateavkjøling. Avkjølingen medfører vertikal-konveksjon til gradvis større dyp. Dersom avkjølingen går helt til frysepunktet er nådd, starter isfrysing. Istykkelser ved ulike varmetap og sjiktingsforhold kan så beregnes.

#### 1.4 Konklusjoner fra forrige utredning

De viktigste konklusjonene av NIVAs beregninger var (fra Nygaard og Golmen 1996):

Oppholdstid for overflatevann i Kviturspollen antas å øke med anslagsvis 20 % som følge av kanalen.

Tilsvarende antas tidevannstrømmen å bli redusert med ca 20 % i Kviturspollen.

Maksimal strømstyrke i løpet mellom Kviturspollen og Vågsbøpollen vil bli redusert med anslagsvis 10 % i forhold til i dag.

Vannstandsamplituden i Vågsbøpollen vil øke med ca 50 % i forhold til i dag, med høyvann opp til tilnærmet samme nivå som utenfor. Dette vil medføre at tørrelagte områder langs land i dag kan bli oversvømmet på flo sjø. Lavvann vil være 30-40 cm lavere enn i dag, slik at nye og relativt store områder blir tørrelagt på fjære sjø.

Brakkvannskarakteristikken i Kviturspollen kan øke noe (litt lavere salinitet) som følge av noe mer innslag av gjennomstrømmende vann fra Vestrepollen, som før kanalåpning hadde noe lavere salinitet enn Kviturspollen. Endringene forventes imidlertid ikke å gi målbare effekter på isfrysingen i Kviturspollen.

Konklusjonen var at kanalen ikke ville endre betingelsene for islegging ved seilbåthavna i Kviturspollen i negativ lei.

## 2. Måleprogrammet høsten 1996

### 2.1 Generelt

Måleprogrammet vart i store trekk gjennomført slik det var skissert for kommunen på forhånd. Målsettingen var på en kostnadseffektiv måte å få målt i minimum 3-4 uker i tida før kanalåpning, og tilsvarende 3-4 uker etter.

Strategien var å benytte mest mulig automatisert måleutstyr med minimalt behov for tilsyn. Det var lagt opp til tre turer i felt: ved utplassering av utstyr, en kontroll undervegs og en avsluttende ekspedisjon med innhenting av utstyr. Allerhelst ville en få dekket perioden for selve åpningen av kanalen, også dersom dette kunne komme til å skje gradvis (over flere dager).

Vannstand vart såleis målt automatisk i to posisjoner (jamfør figuren på rapportens forside, evt. fig. 3.1). I Vågsbøpollen var det utplassert en bøye med en såkalt T-S kjede for automatisk måling av salinitet og temperatur i ulike dyp. Dette for å oppfange tilstand og eventuelle forandringer i de hydrografiske forholda der, både nær overflaten og i dypvannet.

Ved Eikeneset i Vestrepollen vart det i tillegg benytta en bunnforankret STD-sonde til supplerende målinger i sjøen, nær der den ene vannstandsmåleren stod. Sonden og måledataene var stilt til rådighet av lokal grunneier Svein Østerhus.

### 2.2 Instrumenter

#### 2.2.1 Måling av vannstand

I de to posisjonene som er avmerka i figuren på rapportforsida (evt. fig. 3.1) vart det brukt automatiske, batteridrevne Aanderaa vannstandsmålere eller tilsvarende. Selve målesensoren (trykksensoren) var plassert på bunn et lite stykke ut fra land, med kabelforbindelse inn til en instrumentkasse med loggeenhet, batterier etc på land. Målerne har et måleområde fra 0-10 meter, med en målenøyaktighet på 2 cm, og enda bedre relativ nøyaktighet og dataoppløsning. Måleintervallet var satt til 10 minutter, med direkte lagring av måledata på en egen databrikke som seinere kunne avleses.

På grunn av instrumentsvikt fikk vi ikke brukbare data fra den måleren som stod i Vestrepollen. I stedet vart det i oktober utplassert en batteridrevet Sensordata STD-sonde som også målte vannstanden (vanndyp), med oppløsning på 1 cm. Dermed fikk vi likevel relativt gode vannstandsdata fra Vestrepollen fra perioden før kanalåpning.

#### 2.2.2 Måling av sjikting (hydrografi)

En Aanderaa TS-kjede stod forankra i Vågsbøpollen. TS-kjeden består av en automatisk, batteridrevet loggeenhet og 5 temperatur/salinitets sensorer montert serielt på en kabel (kjede) med inngang til loggeenheten. Temperatursensorene har en målenøyaktighet på 0,05°C. Saliniteten blir beregnet ut i fra målt temperatur og konduktivitet (vannets ledningsevne). Konduktiviteten måles med en nøyaktighet på  $\pm 0,1$  mmho/cm. Anslått nøyaktighet for salinitet er  $\pm 0,1$  ppt eller bedre, mens oppløsningen er større enn 0,01 ppt.

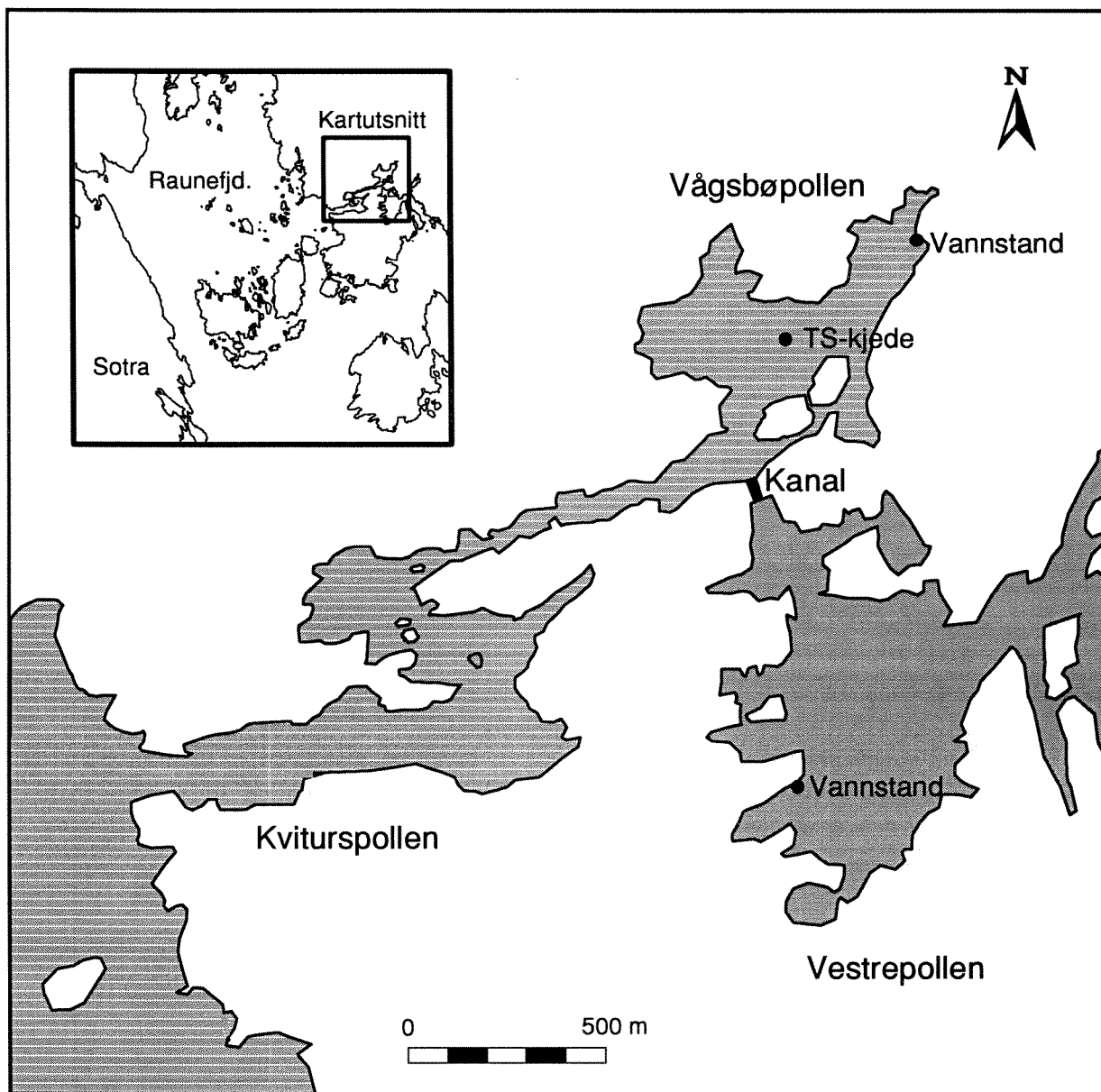


Kjeden m/loggeren var opphengt i en overflatebøye, slik at hver sensor hang i konstant avstand (dyp) fra overflaten. I realiteten var det bare brukbare målinger fra 4 dyp, på grunn av at de nederste sensorene vart liggende for nær bunnen (den sank sannsynligvis delvis ned i bunnsedimentet). Dette hang sammen med at like etter utsetting av utstyret må en klemme rundt kabelen ha løsnet, med den følge at måledypene var noe større enn opprinnelig planlagt og at det nederste sensorsettet kom for nær bunn.

### 2.3 Plassering av måleutstyret

Måleposisjonene er inntegnet i **Figur 2.1**. Målingene i Vestrepollen var tenkt å tjene som målereferanse, med omtrent samme forventede tidevannsvariasjon som i Raunefjorden og sjøområda rundt for øvrig. Posisjonen i Vågsbøpollen var den viktigste for å finne dagens demping/faseforskyving av tidevannet der, og for å se etter eventuelle forandringer i tidevannet etter åpning av kanalen.

TS-kjeden var plassert i det dypeste området av Vestrepollen. Avstanden mellom målesensorene var justert slik at måledypene vart 1,5 m, 4,5, 7,5, 9,5 og 10,5 m. Sensorene i 10,5 m var påvirket av bunnsedimenter (se forklaring til dette i foregående avsnitt), og målingene der var derfor av dårlig kvalitet.



**Figur 2.1** Kart som viser Kviturspollen, Vågsbøpollen og Vestrepollen, med NIVAs måleposisjoner høsten 1996.

## 2.4 Måleperioder

Tabell 2.1 gir noen opplysninger om målingene som vart utført av NIVA i Vågsbøpollen og Vestrepollen høsten 1996. Måling av vannstand og hydrografi foregikk kontinuerlig over en periode på over 2 1/2 måned.

Svein Østerhus stilte til rådighet private vannstandsmålinger fra Vestrepollen fra den 17. oktober til den 11. november 1996. Kanalen ble åpnet den 10-11. november, dvs. at vi ikke har målinger fra Vestrepollen etter at kanalen var helt åpen, d.v.s. etter 11 november.

**Tabell 2.1.** Oversikt over målingene gjennomført av NIVA i Vågsbøpollen og Vestrepollen høsten 1996.

Stad	Type måling	Måleperiode	Måleintervall (min)
Vågsbøpollen	Vannstand	22/9-11/12 1996	10
Vågsbøpollen	Temp/salinitet	5/9-11/12 1996	10
Vestrepollen	Vannstand	Instr. feil	(10)
Vestrepollen	Vannstand, Temp/salinitet	17/10-11/11 1996	30



### 3. Resultat av målingene

Her gis det en summarisk oversikt over måleresultatene. En sammenfattende diskusjon med tilknytting til målsettingene med måleprogrammet blir gitt i kapittel 4.

#### 3.1 Vannstand i Vågsbøpollen

**Figur 3.1** viser målt vannstand i Vågsbøpollen fra 22. september til 8. desember 1996. Vannstanden varierte som forventet i hovedsak med det halvdaglige tidevannet (ca. 12,5 timers periode) og også med månefasen (28 dagers periode). Springflo på vestlandskysten opptrer gjerne 1 1/2 dag etter ny- og fullmåne (tidevannets "alder"). En slik sammenheng framtrer til en viss grad i målingene.

Høstjevndøgns spring høyvann (årets høyeste normalvannstand) var forventet 26-27 oktober. Dagene rundt dette tidsrommet representerte imidlertid ikke noe maksimum i måleserien. Nedbør og avrenning fra land gjør at vannstanden i perioder øker mye, og tildels overskygger høyvannsnivået. Vannstanden øker ekstra mye fordi pollen ikke klarer å "kvitte" seg med vannet like fort som det tilføres. Dette er nok tilfellet både før og etter kanalåpning, selv om kanalen representerer en vesentlig økning i dreneringen.

Luftrykksvariasjoner kan også bidra til ekstra høy eller lav vannstand. Vi har ikke foretatt noen analyse av målingene m.h.t. værfaktorer.

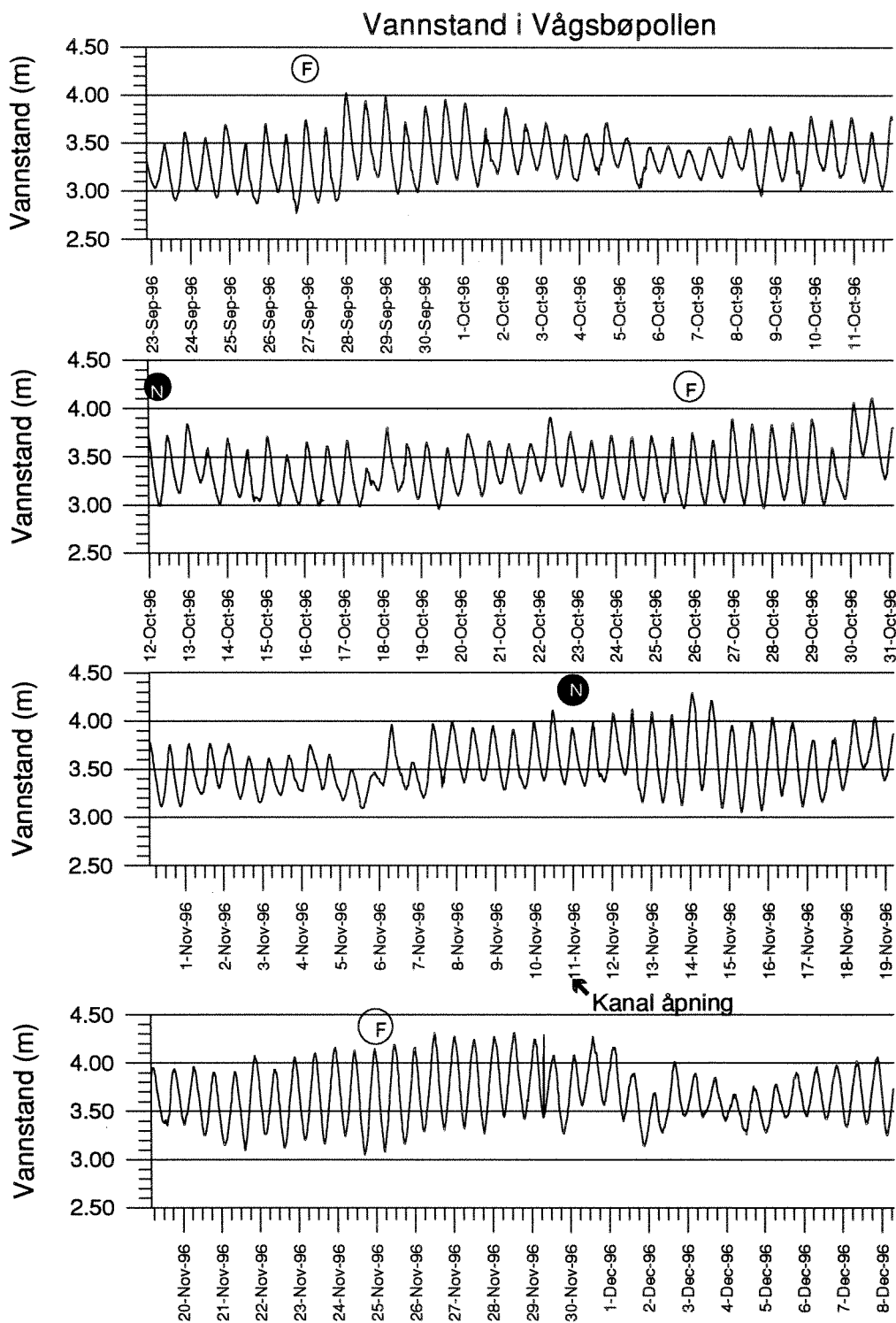
Islegging i Vågsbøpollen tok til i begynnelsen av november 1996. Rundt den 6.-7. november inntrådte en systematisk forskyving (reduksjon) av lav/høyvannsnivået i målingene på ca 30 cm. Dette var forårsaket av at isen har tatt tak i den innefrosne sondekabelen og dradd sonden inn på litt grunnere vann der den så har blitt liggende. For datatolkningen for før/etter situasjonen i forhold til kanalåpning har vi i det påfølgende justert for denne forskyvingen.

Før kanalen vart åpna var det ca. 0,8 m forskjell mellom høyvann og lavvann ved spring (3 ganger). Våre målinger dekket kun én spring-situasjon etter kanalåpning og da var forskjellen mellom høyvann og lavvann ca. 1,1 m. Dette indikerer at vannstandsvariasjonene i Vågsbøpollen har økt betydelig etter åpningen av kanalen, som forventet.

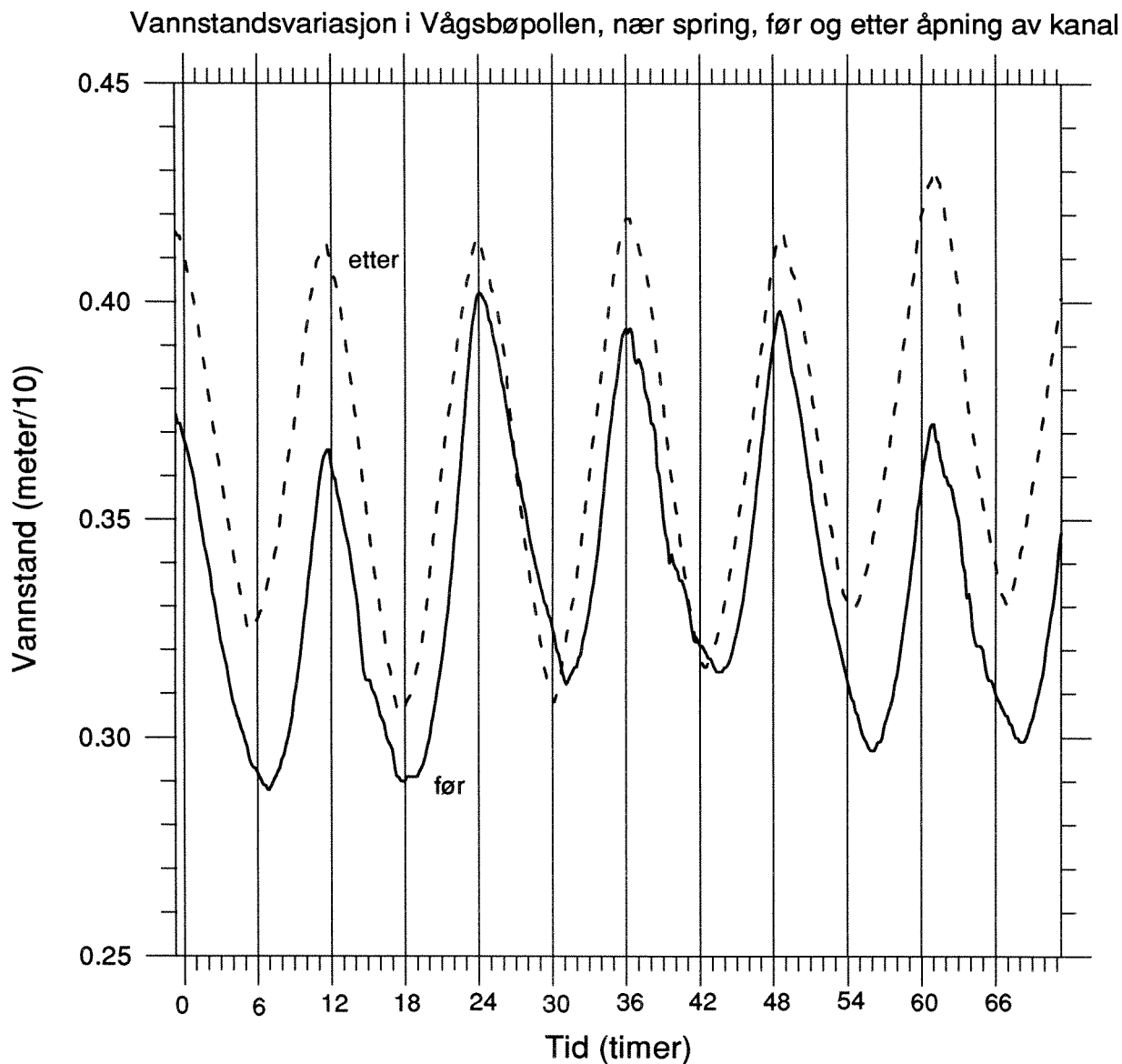
Før kanalåpning kom høyvann i Vågsbøpollen 0,5-1 time seinere enn i Bergen havn, mens lavvann var 1,5-2 timer forsinket. Daværende forskjell mellom høyvann og lavvann skyldes at gjennomstrømningsarealet i utløpet var særlig lite når sjøen falt, og dermed var det høyere vannstand inne i Vågsbøpollen enn utafor selv når vannstanden utafor var godt oppe på fløende sjø. Etter kanalåpningen er både høyvann og lavvann i Vågsbøpollen tilnærmet i fase med høyvann og lavvann i Bergen havn.

Lavvannsnivået i Vågsbøpollen etter korreksjon for dypbdeendringen p.g.a. at målesonden for vannstand vart flytta tidlig i november, ligger i følge målingene ca 30 cm lavere enn før kanalåpning.

**Figur 3.2** viser målt vannstand i Vågsbøpollen i perioder nær spring før og etter kanalen vart åpna. Før åpning steig vannstanden i ca. 5,5 timer, mens den falt i ca. 7 timer (dvs. over en 12,5 timers periode). Etter kanalåpning stiger vannstanden i ca. 6 timer, mens den faller i ca. 6,5 timer. Det vil si at tidevannet har nærmet seg normal symmetri, med nesten like lang tid stigende som fallende sjø.



**Figur 3.1.** Målt vannstand i Vågsbøpollen høsten 1996. Tidspunkt for ny- og fullmåne er avmerka. Kanalen mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen vart åpna ca 11. november, og tidevannsamplituden øker etter dette. Merk at målesonden vart flytta ca 30 cm grunnere av isen i løpet av 6.-7. november.

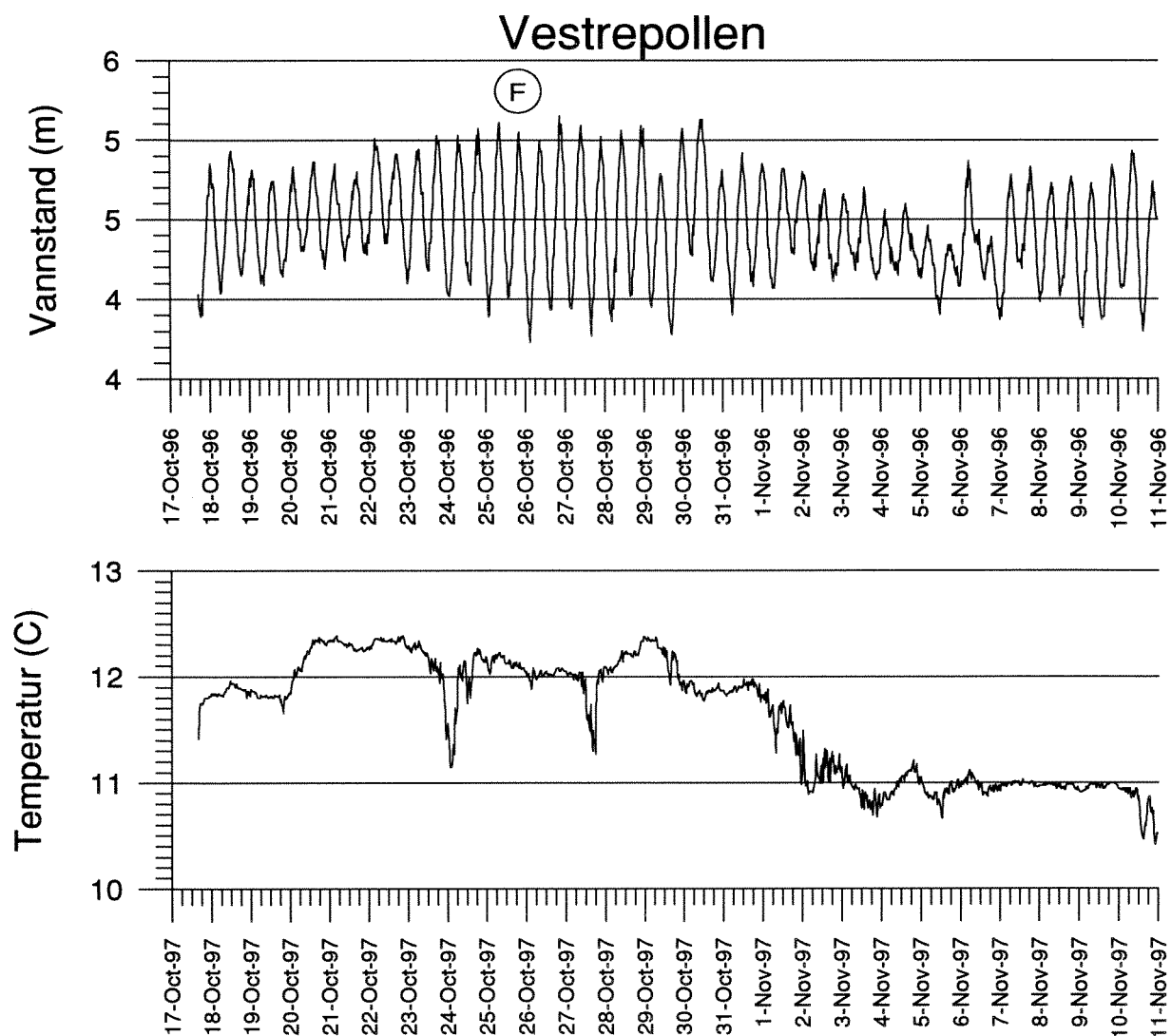


**Figur 3.2.** Målt vannstand i Vågsbøpollen nær spring i to perioder. Den heltrukne kurva er fra før kanalen vart åpna, mens den stiplede kurva er etter kanalåpning. Merk at målingene fra etter-perioden må fratrekkes ca 30 cm (0.03 på X-aksen) p.g.a. forflyttingen av måleseonden mellom de to periodene.

### 3.2 Vannstand i Vestrepollen

Figur 3.3 viser målt vannstand i Vestrepollen over ca 1 mnd før kanalåpning. Sjøen steig om lag like lenge som den falt, og tidevannet var i fase med tidevannet i Bergen. Det vil si at det var høyvann og lavvann omtrent samtidig med Bergen havn. Ved spring var forskjellen mellom lavvann og høyvann omtrent 1,4 meter, av samme størrelse som samtidig for Bergen havn.

Som tidligere nevnt har vi ikke måledata fra Vestrepollen etter at kanalen vart åpna. Men ut fra målingene før åpning og andre faktorer er det rimelig å anta at det ikke har skjedd særlige endringer der som følge av kanalen. Dermed kan målingene fra perioden før åpning også benyttes som referanse for analysene for Vågsbøpollen for periodene både før og etter kanåpning.



Figur 3.3. Målt vannstand med SD200 sonde i Vestrepollen 17. oktober til 11. november 1996.

### 3.3 TS-kjede i Vågsbøpollen

Resultatene fra målingene av temperatur og salinitet i de ulike måledypene gjennomgås her kortfattet og summarisk.

Figur 3.4 til Figur 3.7 viser målt temperatur og salinitet i Vågsbøpollen fra 5. september til 11. desember 1996, for 1,5, 4,5, 7,5 og 9,5 m dyp.

Temperaturmålingene i 1,5 m dyp (**Figur 3.4**) viser at overflatevannet vart avkjølt gjennom hele måleperioden. Dette harmonerer både med forventet årstidsutvikling og med det faktum at det fra tidlig i november inntrådte en kuldeperiode som medførte omfattende og langvarig islegging i området.

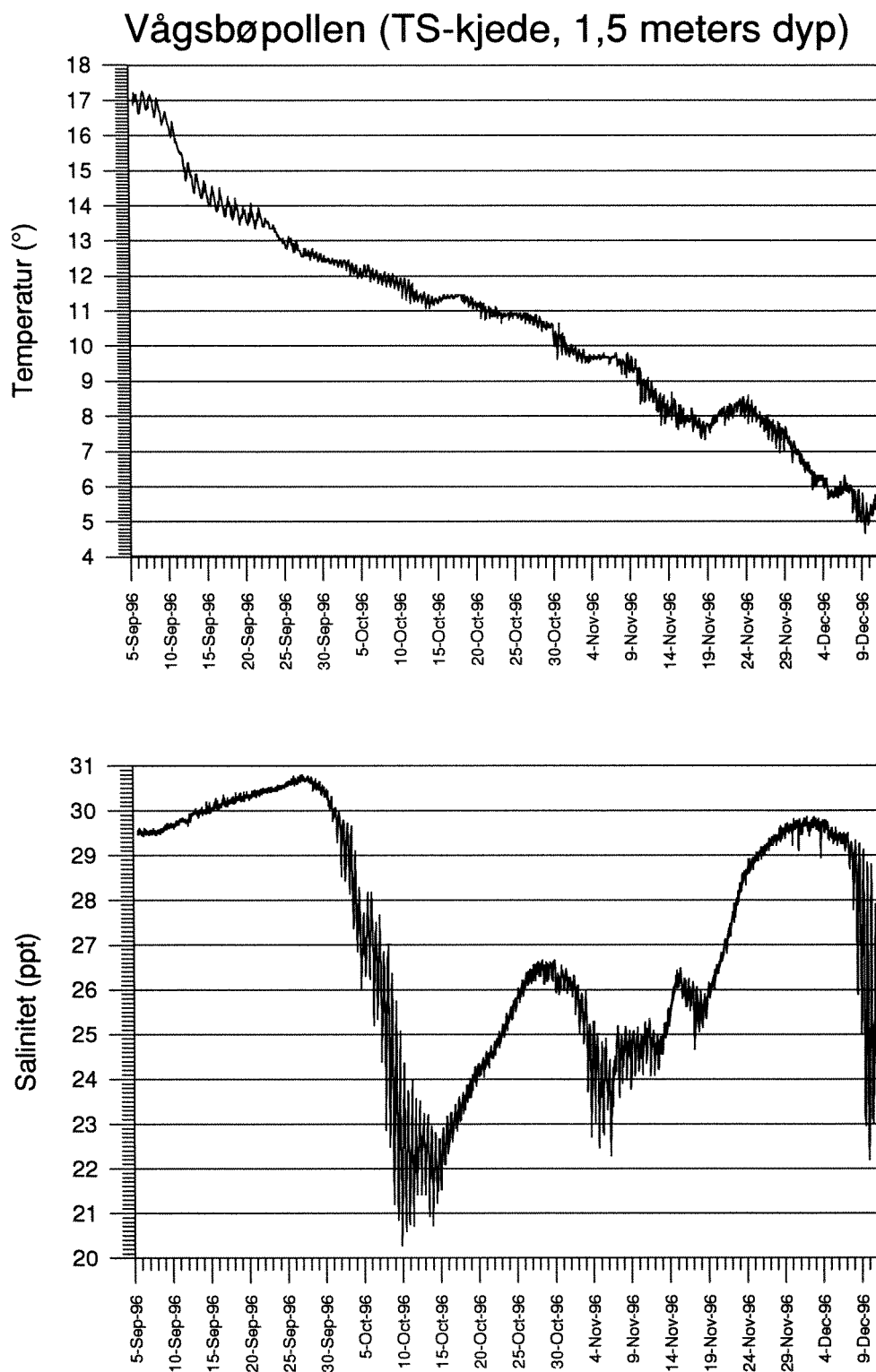
Saliniteten i 1,5 m dyp varierte lite på kort tidsskala, og de kortvarige variasjonene som framkom var av halvdaglig karakter, og knyttet til tidevannsvariasjoner. På lengre tidsskala (uker) var det større variasjoner, sannsynligvis i takt med variasjoner i nedbør/avrenning fra land. Laveste verdier var ned mot 20 ppt rundt 10- 15. oktober. Deretter økte saliniteten igjen, til opp i nesten 30 ppt ved månedsskiftet november-desember.

En liten øking i salinitet som varte en ukes tid inntrådte ca 12. november, altså like etter kanalåpning, og kan være en midlertidig effekt av kanalen. Saliniteten var høyest i september, altså før kanalåpning. Men det er ikke noe belegg i dataene for å hevde at saliniteten i øvre lag generelt sett har blitt endret som følge av kanalen. Evt. endringer som gjenspeiles i målingene, kan også ha skjedd i form av endret sprangsjiktsdyp.

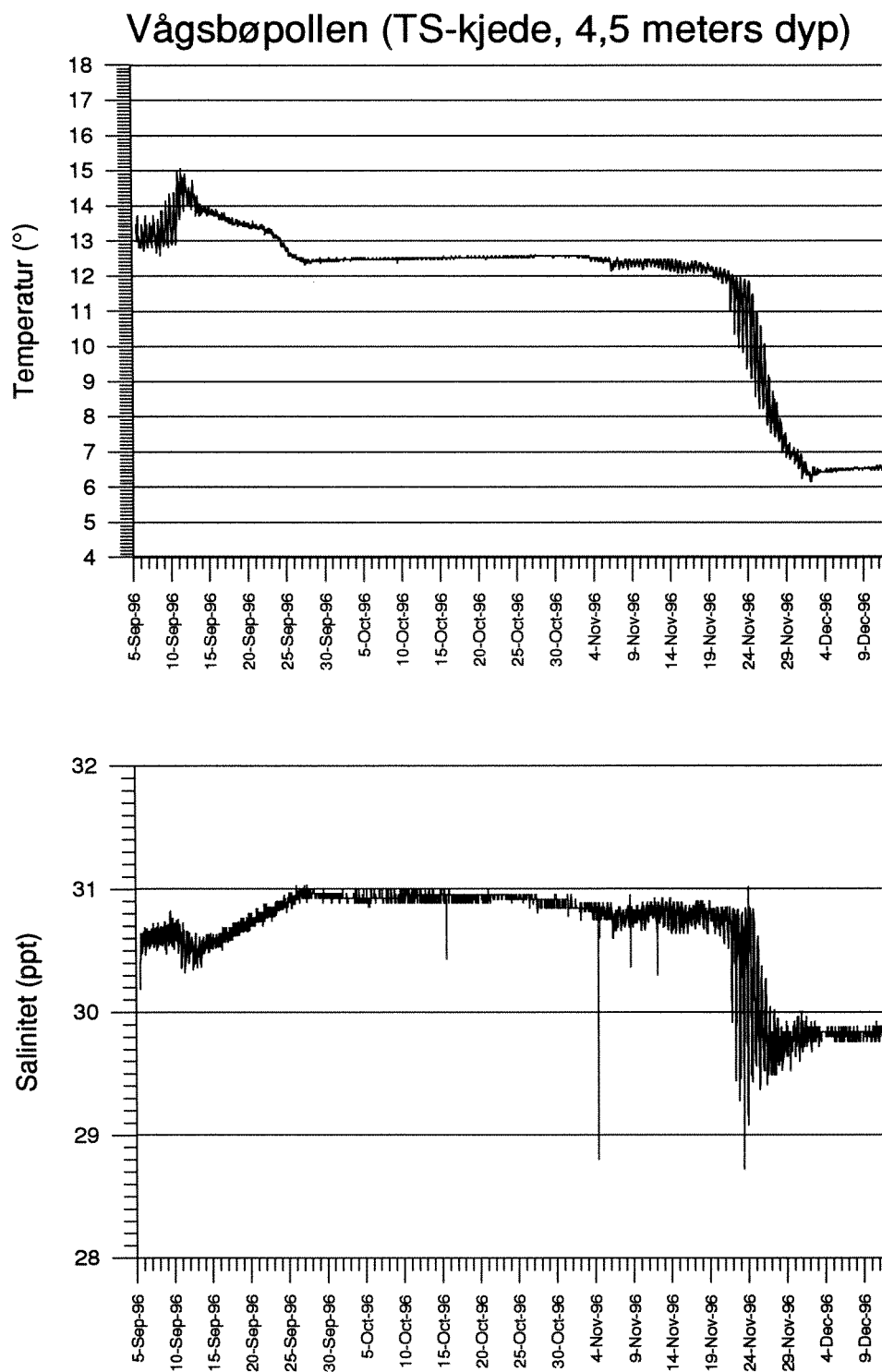
I 4,5 m dyp (**Figur 3.5**) var variasjonene mye mindre enn i 1,5 m. Like etter kanalåpningen inntrådte det imidlertid en tydelig forandring i vann-karakteristikk. Vannet vart ca. 6°C kaldere og 1 ppt ferskere i løpet av perioden mellom den 22.-30. november, og verdiene la seg deretter nesten konstant. Dette indikerer at det inntraff en større vannutskifting. Innstrømming av noe ferskere vann kan harmonere med større påvirkning av vann fra Vestrepollen, slik det var postulert i forrige NIVA-rapport.

I 7,5 m dyp (**Figur 3.6**) var variasjonene og tendensen om lag som i 4,5 m dyp. Den markerte endringen i slutten av november startet imidlertid noen dager seinere enn i 1,5 m dyp, noe som indikerer at innstrømmingen av nytt vann ikke har vært dramatisk, men har skjedd gradvis.

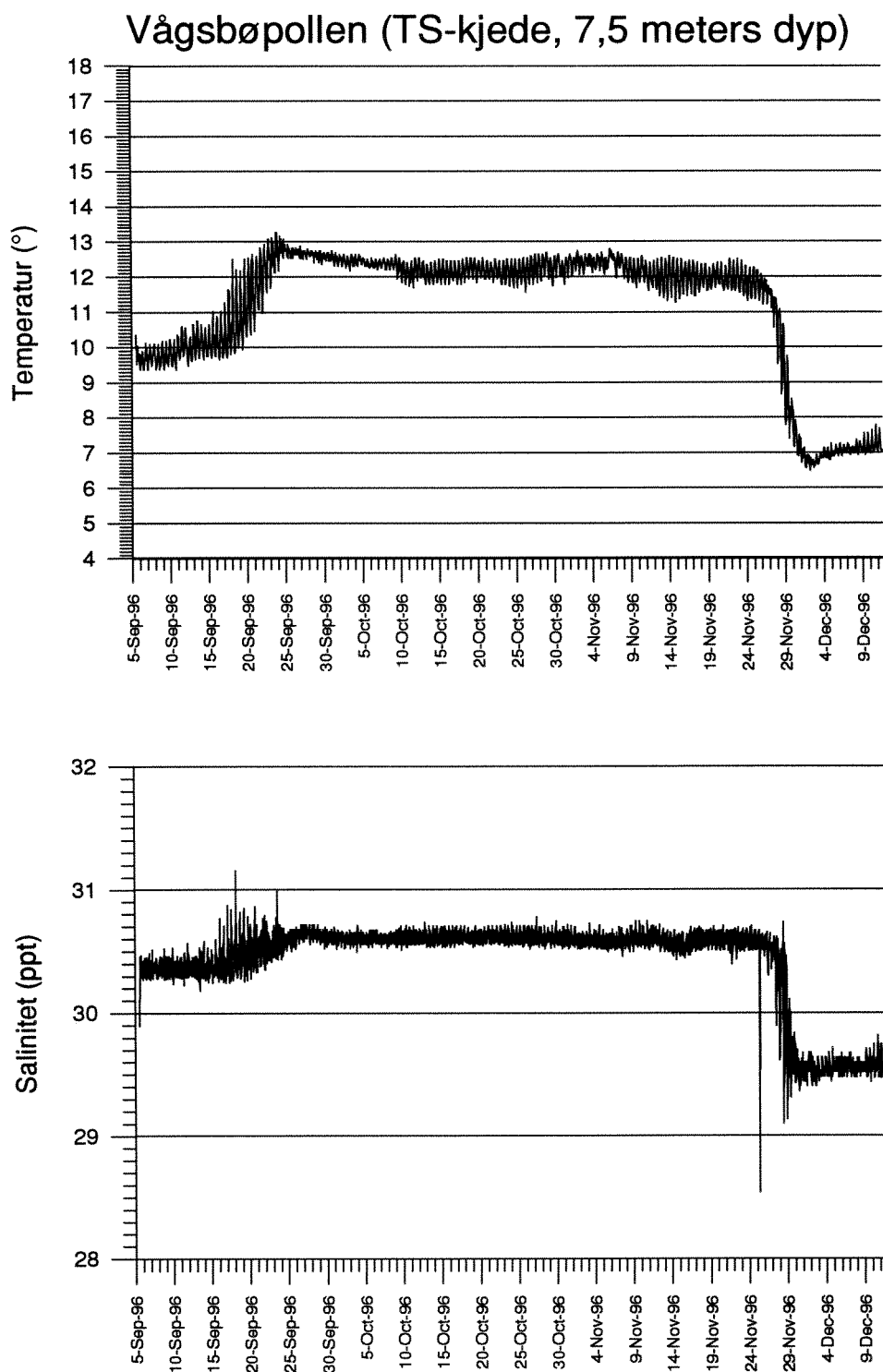
I 9,5 m dyp (**Figur 3.7**) var det langt mindre variasjoner. Saliniteten lå hele tiden over 30 ppt, altså høyere enn verdien for det nye innstrømmende vannet (ca 29,5 ppt). Men det vesle fallet i salinitet mot slutten indikerer at det har skjedd en viss uttyning med ferskere vann. Temperaturkurven viser en tydelig påvirkning av annet vann fra ca 1. desember. Altså vel en uke etter at vannet i 4,5 m dyp begynte å endre seg.



Figur 3.4 NIVAs målinger av temperatur og salinitet med T-S kjede i Vågsbøpollen i 1,5 m dyp.

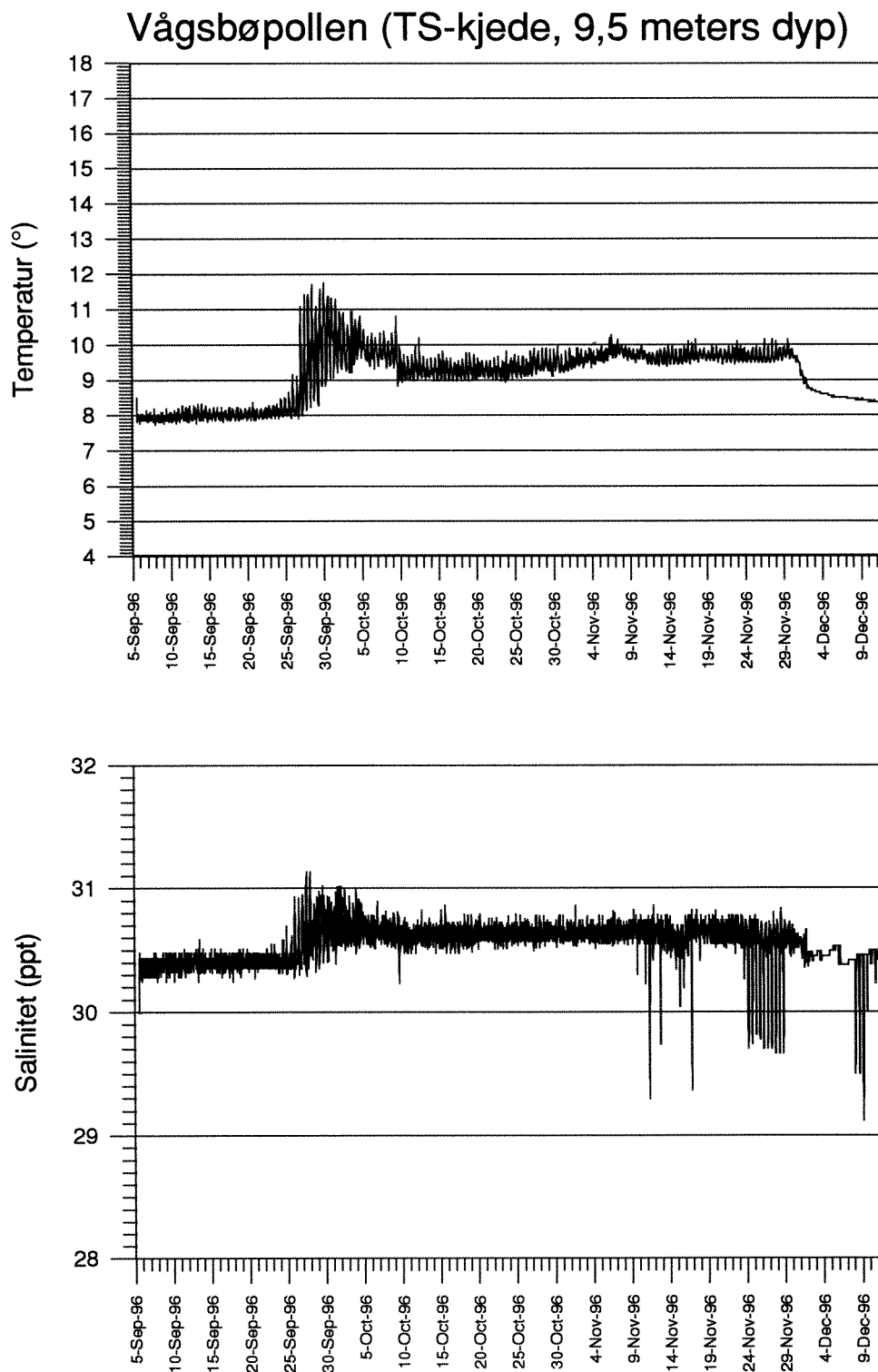


Figur 3.5. NIVAs målinger av sjøens temperatur og salinitet med T-S kjede i Vågsbøpollen i 4,5 m dyp.



Figur 3.6. NIVAs målinger av temperatur og salinitet med T-S kjede i Vågsbøpollen i 7,5 m dyp.





Figur 3.7. NIVAs målinger av temperatur og salinitet med T-S kjede i Vågsbøpollen i 9,5 m dyp.

## 4. Diskusjon og konklusjoner

### 4.1 Generelt

Måleprogrammet fungerte i store trekk etter hensikten. Instrumentsvikt for vannstandsmålingene i Vestrepollen gjorde datagjenfangsten der mindre enn ønskelig. Improvisasjon med etablering av nytt måleoppsett der kompenserte imidlertid for mye av tapet. Måleseriene i Vågsbøpollen var vesentlig lengre enn opprinnelig avtalt. Problemene som isen medførte har vi sannsynligvis kompensert for i rimelig grad ved særskilt analyse og tolking av vannstandsdataene.

Hovedproblemstillingen i forrige utredning (Nygaard og Golmen 1996) gjaldt islegging i Kviturspollen. I det nåværende prosjektet var det ikke satt i verk et eget observasjonsprogram for is, eller målinger av annet slag i Kviturspollen. For isleggingens del ville dette vært betinget av at en hadde gode og ensartede/systematiske ismålinger fra tidligere år, noe som ikke var tilfelle.

### 4.2 Målingenes representativitet

Det viktigste med målingene var å få kontinuerlig dekket periodene før- og etter kanalåpning. Dermed er en diskusjon omkring tidspunkt på året, og måledataenes representativitet i forhold til et middelår av mindre betydning. Målingene dekket høstjevndøgns springflo (som ikke var ekstraordinær høy p.g.a. atmosfæriske faktorer). Den laveste vannstanden er ventet ved vårjevndøgns lavvann (marsfjæra), noe målingene ikke dekket.

Når det gjelder værforhold og tilrenning, kan det nevnes at tiden fra begynnelsen av november og fram til over nyttår var kaldere og sannsynligvis tørrere enn normalt, og dette resulterte også i vedvarende islegging i Vestrepollen, Vågsbøpollen og også i Kviturspollen. I Kviturspollen var det mer is enn på mange ti-år, i følge lokalbefolkningen.

### 4.3 Konklusjoner

NIVAs modellberegninger fra 1996 (Nygaard og Golmen 1996) for forventede vannstandsendringer stemmer godt med det som er målt. Vi postulerte at vannstandsamplituden ville øke med ca 50%. Målingene indikerer en 40 % økning. Avviket kan dels skyldes underrepresentativitet på målinger etter kanalåpning, bruk av ikke-kalibrerte friksjonskoeffisienter i modellberegningene eller at kanalens effektive dybde eller bredde avviker noe fra planene på 2,5 m.

Modellberegningene antydte at fjære sjø ville ligge 30-40 cm lavere etter kanalåpning enn før. Dette harmonerer både med målingene (ca 30 cm), og med det lokalbefolkningen har observert (30-40 cm, H. Eldøen, pers. medd.).

Simulert lavvanns- og høyvannsforsinkelse i Vågsbøpollen før kanalåpning (2,5 resp. 1,25 timer) var av størrelsesorden 20-25 % lenger enn det som vart målt før kanalåpning. Dette må sies å være et bra anslag, og avviket kan igjen skyldes bruk av litt for høye verdier på friksjonskoeffisientene i modellen.

Beregningene i forrige rapport gjaldt også strømming kanalen og i eksisterende løp mot Kviturspollen. Det var ikke lagt opp til noe eget måleprogram for dette p.g.a. fare for problemer med båttrafikk og anleggsarbeid. Dermed har vi ikke fått direkte verifisert kanalens og det gamle løpets relative betydning

for vanntransporten. Men det er opplagt at kanalen her er en viktig faktor, og at den nå sannsynligvis har overtatt "kontrollen" med vannutskiftingen i Vågsbøpollen.

Målingene med T-S kjede i Vågsbøpollen kan indikere en viss reduksjon i saliniteten der som følge av kanalen. Dette harmonerer i så fall med det som forrige rapport sa, at påvirkning fra Vestrepollen ville gi noe lavere salinitet. Men her er det kun indikasjoner i målingene, og definitive konklusjoner kan ikke trekkes.

En del av beregningene i forrige rapport gjaldt størrelser som er vanskelig målbare (is, oppholdstid). For oppholdstid kan vil slutte at den har minket i Vågsbøpollens øvre lag som følge av økt tidevannsutskifting. Dette harmonerer også med lokale oppfatninger om at vannkvaliteten (sikten) er blitt bedre, og at bunnen nær land er blitt fastere (O. Røen, pers. medd.).

Rapporten konkluderte med at det neppe var risiko for målbar økt islegging i Kviturspollen som følge av kanalen, selv om tendensen med påvirkning av noe brakkere vann fra Vestrepollen trakk i retning av litt mer is. Dersom isforholdene vinteren 1996-97 er representative for tilstanden etter kanal, har vi bommet i våre forhåndsregninger for is. Isleggingen høsten 1996 i området tok imidlertid til alt i begynnelsen av november, altså før kanalen vart åpna. Dette indikerer at ekstraordinære værmessige faktorer nok har spilt den dominerende rollen, og at kanalen har hatt liten betydning for den økte isleggingen.

#### **4.4 Sluttkommentarer**

Målingene og analysene danner et godt grunnlag for å kalibrere modellen mot tilsvarende bruk seinere. Datamaterialet utgjør også et grunnlag for vurderinger av problemstillinger i tilknytting til pollene som måtte dukke opp seinere.

Vågsbøpollen har nok fått større vannutskifting i øvre lag, i alle fall i de ytre områdene. Oppfatningen av at vannet er blitt reinere etter kanalåpning kan være en synlig effekt av bedre vannutskifting. Men det kan også skyldes en naturlig sammenfallende nedgang i planktonproduksjon sammen med nedbryting av termoklin og sprangsjikt utover høsten/vinteren. Dette bør avklares nærmere.

Når det gjelder vannutskiftingen i dypere sjikt i Vågsbøpollen tyder målingene på at kanalen forårsaket en utskifting like etter åpning. Det er imidlertid ikke gitt at utskiftingsraten er blitt øket. Tvert imot kan mindre tidevannsblanding enn før medføre svakere vertikalblanding. Tilstanden i dypvannet bør derfor overvåkes i tida framover.

Den mest iøynefallende endringen er nok det at større strandområder tørrelegges ved lavvann. Dette vil endre vilkår for flora/fauna i strandsonen, og tilstanden her bør følges. Dersom noen "problemområder" m.h.t. forurensing er blitt tørrlagt eller har fått endret vanneksponeering, bør dette også undersøkes.

Observasjoner fra kun én vinter når det gjelder islegging er et for spinkelt grunnlag til å trekke konklusjoner på m.h.t. endringer. For å dokumentere evt. signifikante endringer i isleggingen trengs det observasjoner over flere år og sammenlikning med vær-data, slik forrige NIVA-rapport tilsa.

Når det gjelder den generelle brukertilgjengeligheten til Vågsbøpollen er den nok blitt vesentlig økt som følge av kanalen. Seilingsløpet ut mot Kviturspollen tørrelegges mye på lavvann, slik at passasje er vanskelig i periodene rundt lavvann. Dette gjelder også andre grunne passasjer inne i pollen (H. Botnen, pers. medd.). Utgraving eller utsprenning av grunne partier kan kanskje derfor komme til å skje på noe sikt.

## 5. Litteratur

Dybern, B. I. 1967: Topography and hydrography of Kviturspollen and Vågsbøpollen on the west coast of Norway. SARSIA Vol. 30, s. 1-28.

ECGL 1994: SMS Surface Water Modeling System. RMA2/RMA4 Primer. Hydrodynamic Modeling. Brigham Young Univ., Utah, USA.

Nygaard, E. og L. G. Golmen 1996: Kanal mellom Vågsbøpollen og Vestrepollen i Fana. Vurdering av konsekvenser for vannutskifting og islegging. Rapp. nr. 3496-96, NIVA Bergen/Oslo, 32 s.

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3627-97

ISBN 82-577-3185-4