

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O - 21/62

L I L L E L U N G E G Å R D S V A N N

En vurdering av saneringstiltak basert på  
undersøkelser av utskiftningsforhold  
og vannkvalitet

Saksbehandlere: Siv.ing. Svein Stene Johansen  
Siv.ing. Hans Petter Skarheim

Rapporten avsluttet februar 1968

## INNHALDSFORTEGNELSE

	<u>Side</u>
I      INNLEDNING	1
II     EN BESKRIVELSE AV VANNTEKNISKE FORHOLD VED LILLE LUNGEGÅRDSVANN	2
III    BESKRIVELSE AV TIDLIGERE UNDERSØKELSER UTFØRT AV DR. THS. SVANØE	3
IV     BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSE UTFØRT AV NIVA	4
Generelt.	4
Valg av observasjonsstasjoner.	5
Valg av parametre.	7
V      VURDERING AV OBSERVASJONSMATERIALET	7
Lille Lungegårdsvann.	7
Store Lungegårdsvann, Solheimsviken og Vågen.	10
Sammenfattende vurdering.	11
VI     ALTERNATIVE LØSNINGER	12
Generelle betraktninger.	12
Beskrivelse og vurdering av de enkelte alternativ	15
I alternativ.	15
II alternativ.	16
III alternativ.	17
IV alternativ.	18
VII    SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	19
VIII   KONTROLLPROGRAM - LILLE LUNGEGÅRDSVANN	22

TABELLFORTEGNELSE

	<u>Side</u>
Tabell 1: Temperatur, saltholdighet, $\sigma_t$ og oksygenkonsentrasjoner for Lille Lungegårdsvann	23-25
Tabell 2: Oksygenkonsentrasjoner for Store Lungegårdsvann og Solheimsviken	28
Tabell 3: Temperatur, saltholdighet, $\sigma_t$ og oksygenkonsentrasjoner for Lille og Store Lungegårdsvann 18. og 19. august 1966	26-27
Tabell 4: Fosfor og nitrogenholdige komponenter i Lille Lungegårdsvann	28
Tabell 5: Midlere nedbør og frostdager registrert på Fredriksberg for årene 1931-60	29
Tabell 6: Midlere månedlig nedbør registrert på Fredriksberg i perioden juli 65 - aug. 66	29
Tabell 7: Beregnet ferskvannstilførsel til Lille Lungegårdsvann	29

## FIGURFORTEGNELSE

- Fig. 1: LILLE LUNGEGÅRDSVANN  
Variasjoner, temperatur, salinitet, tetthet  
og oksygen.
- Fig. 2: SOLHEIMSVIKEN, LILLE OG STORE LUNGEGÅRDSVANN  
 $\sigma_t$  og oksygenvariasjoner.
- Fig. 3: LILLE LUNGEGÅRDSVANN  
Sprangsjiktets dybde i relasjon til månedlig nedbør.
- Fig. 4: Tidesyklus registrert i Bergen havn under forsøket  
med åpen luke 18. og 19. august 1966.
- Fig. 5: LILLE LUNGEGÅRDSVANN  
Variasjoner i totalfosfat, ortofosfat og nitrat.
- Fig. 6: Beliggenhet av prøvetakingsstasjoner.

## I INNLEDNING

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ble i en henvendelse fra Bergen vann- og kloakkvesen ved vannverkssjef O. Fonn, datert 2.4.1965, bedt om å foreta en undersøkelse av Lille Lungegårds vann med henblikk på å bekjempe luktulempene fra vannet. Man fryktet bl.a. en forverring av forholdene ved at en fontene ble tatt i bruk.

I mars 1962 hadde NIVA fått en lignende henvendelse, hvorpå et undersøkelsesprogram med omkostningsoverslag på ca. kr. 10.000,- ble oversendt. Det ble i den anledning tatt en prøveserie over et døgn, men en videre undersøkelse ble imidlertid utsatt av formannskapet.

Av økonomiske grunner har vi forsøkt å begrense undersøkelsen til det minimum som ble ansett for nødvendig til å belyse de aktuelle tiltak som kan bedre forholdene. Feltarbeidet tok til i juli 1965 og ble avsluttet i august 1966.

Feltarbeidet som har bestått i prøvetakinger og målinger, har vært utført av cand.mag. O. Nakken med assistanse fra Bergen vann- og kloakkvesen.

## Målsetting.

Som nevnt innledningsvis, ønsket man å komme frem til praktiske tiltak som kan føre til en permanent løsning av luktproblemene i forbindelse med Lille Lungegårds vann med spesiell tanke på å tilgodese vannets parkmessige verdi. Undersøkelsen måtte derfor belyse vannkvalitet og variasjoner i denne samt forhold i forbindelse med vannutskiftningen. Eksisterende forhold som kanaldimensjoner, fontene, rørnett og pumpestasjon måtte også gjøres til gjenstand for vurdering.

Vannet har en utpreget og lite tiltalende brungrøn farge som skyldes algevekst, men som gjerne blir oppfattet som forurensningskomponenter og satt i

forbindelse med forhold som f.eks. ubehagelig lukt. Det synes derfor påkrevet med en teknisk løsning for å bedre de estetiske forhold.

## II EN BESKRIVELSE AV VANNTEKNISKE FORHOLD VED LILLE LUNGEGÅRDSVANN

Lille Lungegårdsvann er ca. 200 m langt og 150 m bredt målt som største dimensjoner. Overflaten har et areal på ca. 27.800 m<sup>2</sup>, og med en antatt dybde på 4 m utgjør volumet 111.200 m<sup>3</sup>. Ved en overbygget kanal med utløp fra den nordøstre enden står vannet i direkte forbindelse med Store Lungegårdsvann. Sundet under Nygårdsbroen forbinder Store Lungegårdsvann med Solheimsviken og Puddefjorden.

Nær utløpet av kanalen i Store Lungegårdsvann har to hovedkloakkledninger sine utløp. I dette området pågår en utfylling av strandområdene som betinger en ytterligere forlengelse av kanalen.

Fra et lukehus under plenen ved Strømgaten er det mulig å kontrollere utskiftningen gjennom kanalen. For å opprettholde konstant vannstand er normalt luken lukket. Det har ikke vært ført noen spesiell protokoll for lukens åpning og lukking.

Lille Lungegårdsvann får tilført overvann fra parkanlegget samt fra gater og plasser i det nærmeste området rundt og sydvest for vannet. Alt kloakkvann fra dette området går via pumpestasjonen på hjørnet av Christies gate og Lars Hilles gate til utslippet på Sydnes. Pumpestasjonen har nødutløp til Lille Lungegårdsvann, men dette har såvidt vites, aldri vært i bruk. Man kan derfor regne som sannsynlig at Lille Lungegårdsvann normalt ikke belastes med kloakkvann.

Elektrisitetetsverkets transformatorstasjon på hjørnet av Strømgaten og Lars Hilles gate bruker vann fra Bergen vannverk til kjølevann, og fører dette ut i

Lille Lungegårdsvann etter bruk. Med en pumpe i lukehuset kan man også ta kjølevann fra kanalen, men dette har gitt driftsproblemer slik at pumpen nå bare står som reserve.

Fontenen har en pumpekapasitet på  $11.400 \text{ m}^3/\text{døgn}$  fordelt på 9 buestråler, hver på 8 m, og 3 høydestråler, hver på 15 m. Fontenen kom i drift 17. mai 1965, og dens innflytelse er således inkludert i måleresultatene for Lille Lungegårdsvann.

### III BESKRIVELSE AV TIDLIGERE UNDERSØKELSER UTFØRT AV DR.ING. THS. SVANØE

Lille Lungegårdsvann har forårsaket luktulemper i mange år. De første omfattende undersøkelser ble gjort av dr.ing. Ths. Svanøe allerede i 1926-27, og ble fulgt av videre undersøkelser i 1928-29, i 1929-30 og sist i 1934. Fra disse undersøkelsene har man målinger av saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenkonsentrasjoner målt i varierende dyp og til ulike årstider. Seriene II og III i 1928-30 synes å være representative, og gir et godt bilde av de spesielle forhold som kan opptre i vannet. Undersøkelsen viste at man normalt hadde et markert brakkvannslag i overflaten over et lag havvann som gikk ned til bunnen. Brakkvannslaget varierte fra  $\frac{1}{2}$  til 2 meters tykkelse i løpet av året. Ved bunnen var det ved mange av observasjonene et lag vann som i stedet for oppløst oksygen inneholdt til dels høye konsentrasjoner hydrogensulfid (svovelvannstoff,  $\text{H}_2\text{S}$ ). Laget var  $\frac{1}{2}$  m tykt i tiden juli - oktober, og økte til 2-3 meter om vinteren da kanalen, som hadde vært åpen sommermånedene, ble stengt. Det ble antydnet at brakkvannslaget synes å ha direkte sammenheng med nedbørmengde, mens variasjonene i det  $\text{H}_2\text{S}$ -holdige laget ble referert til bruken av luken.

I undersøkelsesrapporten for 1929-30 ble det også nevnt at ved målingene den 11. november 1929 ble det funnet oppløst  $\text{H}_2\text{S}$  i vannet helt opp til 2 m dybde.

Videre sier Swanøe: "I de ovenfor liggende vandlag var fremdeles surstofinnholdet høit, i 1 meter forekom således 71,6 (% metning). Dvs. at i det ovenfor nævnte lette brakkvandslag hadde man helt friskt og godt vand, men umiddelbart nedenfor H<sub>2</sub>S-holdig. De to vandmasser kunde ikke blandes med hinanden fordi differensene i tetthet var for store."

Fra disse tidligere undersøkelsene har man også en del data med hensyn til dybdeforhold og rekkevidden av tidevannsvariasjonene inn til Lille Lungegårdsvann. Dybden ved målestasjonen var 5 m.

Swanøe konkluderte sin rapport med at pumpeverket og kanalen ville være tilstrekkelig til å holde vannet i Lille Lungegårdsvann godt nok utluftet, slik at selv om det måtte regnes med at hydrogensulfid ville forekomme i noen måneder av året, ville det bare være i små mengder som han mente ikke ville være sjenerende.

#### IV BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSE UTFØRT AV NIVA

##### Generelt.

Forholdene er i dag noe annerledes enn da Swanøe gjorde sine undersøkelser. Således er kanalen mellom Lille og Store Lungegårdsvann blitt forlenget samtidig som området nær utløpet i Store Lungegårdsvann er sterkt forurensset av kloakkvann og industriavløpsvann. Videre tilføres vannet betydelige mengder ferskvann fra elektrisitetsverkets kjølevann, noe som må ventes å gjøre lagdelingen mer markert. Fontenen og dens virkning på omblending og oksygentilførsel er også en viktig ny faktor.

Norsk institutt for vannforskning foretok i 1962 enkelte målinger som et ledd i en forundersøkelse. Blant annet ble det forsøkt å bestemme virkningen av tidevariasjonene på utskiftningen og de fysiske og kjemiske forhold i Lille Lungegårdsvann.



Disse målingene tok sikte på å bestemme eventuelle kort-siktige variasjoner, men det viste seg umulig å gi noen entydige konklusjoner på grunnlag av det innsamlede materialet. En åpning av luken synes å gi noe bedre forhold med hensyn til oppløst oksygen, men førte enkelte ganger til en svak forverring av forholdene. En mulig opphvirvling av bunnslam kan tenkes å være forklaringen på dette. Generelt lot det til at virkningen av den første tidevannssyklus etter at luken ble åpnet, var liten både med hensyn til variasjonen i salt-holdighet og fordelingen av oppløst oksygen.

I 1965 ble undersøkelsene gjenopptatt. Temperatur, salt-holdighet, tetthet og oppløst oksygen ble bestemt i forskjellige dyp fra en stasjon i Lille Lungegårdsvann, en i Store Lungegårdsvann og en i Solheimsviken med tanke på å få fram variasjonene i løpet av året. Resultatene er fremstilt i fig. 1 og 2 samt tabell 1, 2 og 3. Videre ble det i Lille Lungegårdsvann foretatt målinger av totalfosfat, ortofosfat og nitrat. Verdiene fremgår av fig. 5 og tabell 4.

Resultatene fra denne undersøkelsen danner hovedgrunnlaget for rapporten, og er gitt en bredere omtale i det følgende.

#### Valg av observasjonsstasjoner.

Kartskissen, fig. 6, viser beliggenheten av stasjonene i Lille Lungegårdsvann, Store Lungegårdsvann, Solheimsviken og Vågen. På grunn av vanskelige forhold er enkelte målinger tatt på andre nærliggende steder, uten at dette anses å influere på resultatene i nevneverdig grad.

I Lille Lungegårdsvann ble det tatt prøver på følgende dyp: 0 (i overflaten), 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 og 4,0 m. Ved målestasjonen var det slam på 4,5 m.

Fra stasjonene i Store Lungegårdsvann og i Solheimsviken ble det tatt prøver med større dybdeintervaller. Ved målestasjonen i Store Lungegårdsvann var største dyp 20 m og i Solheimsviken 9,5.

Valg av parametre.

- Temperatur. Temperaturen i de forskjellige dyp er målt med presisjonsvendetermometer.
- Salinitet. Saliniteten ble bestemt med salinometer eller titring med sølvnitrat, og angitt som promille (o/oo) natriumklorid.
- Tetthet. Vannets tetthet på de respektive dyp er beregnet ut fra saltholdighet og temperaturmålinger. Normalt uttrykkes vannets tetthet ( $\rho$ ) med tre desimaler, men for å forkorte tetthetsverdiene har man innført begrepet  $\sigma_t$  som angir de to siste desimalene. (Eks.  $\rho = 1,012$ ,  $\sigma_t = 12$ .) Fordelingen av vannets tetthet med dybden er den viktigste faktor i forbindelse med omblendingen av vannmassene ved ytre påvirkning, enten dette skjer mekanisk, som ved bruk av fontener, ved vind eller ved de periodiske temperaturvariasjonene.
- Oksygen. Vannets innhold av oppløst oksygen er angitt som mg  $O_2/1$  og er bestemt med en modifisert Winklermetode. Har vannet oppløst oksygen i målbare mengder, taler man om aerobe forhold. Slike forhold vil vanligvis ikke gi årsak til luktulemper. Har vannet intet oppløst oksygen, taler man om anaerobe forhold, og man kan da finne oppløst hydrogensulfid. Hydrogensulfid, som kan dannes ved forråtnelse av organisk stoff, lukter ubehagelig selv i minimale konsentrasjoner. Vanligvis er det denne gassen det refereres til når det sies at det lukter av vannet.
- Totalfosfat, ortofosfat og nitrat. Mengdene av disse stoffene er normalt meget små, og måles i mikrogram pr. liter ( $\mu g/1$ ). Resultatene er

fremstilt i fig. 5 og tabell 4. Dette er viktige plantenæringsstoffer og bestemmelse av deres konsentrasjon forteller noe om betingelsene for algevekst. Algene tilfører vannet oksygen ved sin metabolisme, og bidrar derfor til å opprettholde aerobe forhold. De produserer også organisk stoff som kan bli gjenstand for forråtnelse. Utviklingen av alger vil dessuten være med å prege utseendet av vannmassene.

## V VURDERING AV OBSERVASJONSMATERIALET

### Lille Lungegårdsvann.

Hydrografiske forhold.

De hydrografiske forhold i Lille Lungegårdsvann er belyst i figurene 1 og 2, samt tabell 1, 2 og 3, som angir variasjonene i temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygeninnhold som funksjon av dypet til forskjellige tider på året. Man merker seg det markerte sprangsjiktet mellom det lette brakkvannslag ved overflaten og de tyngre vannmasser ved bunnen (fig.1). Kurven for saltholdighet viser de samme forhold som for tetthet. Temperaturfordelingen er også influert av denne lagdelingen. Sprangsjiktets dybde varierer fra ca.  $\frac{1}{2}$  til 3 meter i løpet av året. Det foreligger ikke nøyaktige opplysninger om når kanalen mellom Lille og Store Lungegårdsvann har vært åpen, men ved siden av ferskvannstilførselen er det rimelig å anta at bruken av kanalen er den viktigste årsak til variasjonen. Ved å benytte denne kan lagdelingen varieres.

Betrakter man kurven for oppløst oksygen, ser man at også denne viser et tydelig sprang i samme dybde som salinitet, tetthet og til dels temperatur. Lite eller intet oksygen synes å være til stede der saliniteten er høy, uansett om det sterkt saltholdige laget er tykt eller tynt. I hele det lettere brakkvannslaget ved overflaten er konsentrasjonen av oppløst oksygen stort sett konstant med ca. 5,5 mg/l

eller ca. 80 % metning i løpet av året, selv om man kan spore en tendens til noe mer oppløst oksygen ved lav saltholdighet og temperatur.

Den store forskjellen i tetthet over og under sprangsjiktet skiller vannmassene i to lag med hensyn til vertikal blanding. Vindpåvirkning kan blande det øvre vannlaget fullstendig, mens bunnlaget kan forbli nesten helt upåvirket. Av fig. 1 fremgår det at nettopp dette skjer det meste av året. Kurvene for temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygeninnhold viser alle et konstant forløp ned til sprangsjiktet.

Variasjoner i sprangsjiktets dybde samt månedlig nedbør, fig. 3, viser at nedbøren bare spiller en sekundær rolle for brakkvannslagets tykkelse, og vi må derfor anta at bruken av luken må være den bestemte faktor for variasjonene. Minskingen i brakkvannslagets tykkelse i februar - mars 1966 til tross for kraftig regnvær, må antas å ha sin forklaring ved at luken da ble åpnet.

1. august 1966 ble det på ny foretatt et forsøk på å bestemme virkningen av bruken av luken. Luken ble åpnet etter at en vanlig prøveserie var tatt den 18.8. kl. 17.00. Tidekurven, fig. 4, viser vannstanden registrert ved Bergen havn fra dette tidspunkt til en ny prøveserie ble tatt 19.8. kl. 13.15 - 14.15. Tidligere målinger (1962) viste at man bare får en forholdsvis liten tidsforsinkelse og minsking i amplityden for tidevannet inn i Lille Lungegårdsvann. Sammenligning av kurvene fra 18.8. og 19.8., fig. 1, viser at sprangsjiktet ble hevet ca. 75 cm og ble noe diffust. Som man kunne vente av forholdene i Store Lungegårdsvann hvorfra utskiftningsvannet kom, fikk man ingen forbedring med hensyn til oppløst oksygen, men i stedet en svak forverring.

Ved sammenligning med dr.ing. Ths. Swanø's resultater fremgår det at lagdelingen den gang ikke var så utpreget som nå, og at forholdene med hensyn til

oppløst oksygen heller ikke var så dårlige. Bruken av luken vil delvis kunne forklare dette forholdet, men man må anta at hovedårsaken er lagdelingen som skyldes de økede mengder av tilført ferskvann sammen med en dårligere kvalitet på utskiftningsvannet.

Ferskvannstil-  
førsel.

Lille Lungegårdsvann får tilførsel av ferskvann fra nedbøravrenning og fra elektrisitetsverkets kjølevann. Overvannet kommer fra de nærmeste delene av parkanlegget og fra gater og plasser nær vannet. Det antatte nedslagsfeltet utgjør ca. 90.000 m<sup>2</sup>, hvorav ca. 30.000 m<sup>2</sup> utgjør overflaten av Lille Lungegårdsvann. Overvannsmengdene er beregnet på grunnlag av normaltallene for nedbør i Bergen (tabell 5), og en avrenningskoeffisient på 0,85. Kjølevannsmengdene er antatt å være lik elektrisitetsverkets forbruk av ferskvann i 1965, som var 75.000 m<sup>3</sup>, og er fordelt jevnt på årets måneder.

Tabell 7 angir på dette grunnlag ferskvannstilførselen for hver måned. Man ser at det i løpet av et år blir tilført ferskvann som svarer til to ganger vannets samlede volum.

Organisk belast-  
ning.

Selv om Lille Lungegårdsvann ikke tilføres kloakkvann har det en betydelig belastning av organisk materiale både fra overvannet og fra fuglene som holder til i området. Vi har anslått belastningen til å være 4.000 kg BOF<sub>5</sub>/år fra overvannet og 1.000 kg BOF<sub>5</sub>/år fra fuglene. Tilsammen 5.000 kg BOF<sub>5</sub>/år. Disse verdiene er basert på en konsentrasjon av 40 mg BOF<sub>5</sub>/l i gateovervannet og 4 kg BOF<sub>5</sub>/fugl pr. år. Tallene er svært vanskelige å anslå, og de må derfor bare forstås som orienterende om de virkelige verdiers størrelsesorden. I tillegg kommer så den organiske belastning som algeproduksjonen og løvfallet medfører.

En reduksjon i belastningen kan oppnås ved å omlegge svingluken ved den sydvestre enden av Lille Lungegårdsvann, slik at hovedmengdene av overvann føres

til kloakkpumpe-stasjonene og videre til utløpet på Sydnes.

#### Næringssalter.

Verdier for totalfosfat, ortofosfat og nitrat er fremstilt i fig. 5 og tabell 4. Det fremgår at man i sommerhalvåret har de laveste verdier som følge av algeproduksjonen. I vinterhalvåret reduseres denne og dermed algenes forbruk av næringssalter.

#### Fontenen.

Driften av fontenen tilfører overflatelaget vesentlige mengder oksygen og hjelper til med innblandingen i dette laget. Det synes helt klart at den har minimal innflytelse på bunnlaget.

#### Store Lungegårdsvann, Solheimsviken og Vågen.

Kanalen mellom Lille og Store Lungegårdsvann er i dag ca. 380 m lang, og en videre forlengelse på 65 m er prosjektert. Området rundt utløpet i Store Lungegårdsvann er sterkt forurensset, hovedsakelig fra to kloakkutløp som både fører vanlig kloakk og industriavløpsvann. Hele den vestre delen av Store Lungegårdsvann bærer et tydelig forurensningspreg, og en rødbrun farge kan til tider følges helt ut mot midten av vannet. En kontrollprøve tatt forholdsvis langt ut i vannet (se fig. 6), bekrefter at man her har vann av en kvalitet som ikke er egnet for utskiftning med Lille Lungegårdsvann.

Variasjonene i oksygenkonsentrasjoner og tetthet for hovedmålestasjonen i Store Lungegårdsvann og i Solheimsviken er vist i figur 2. For sammenligning er også kurvene for Lille Lungegårdsvann tegnet inn. Både for Store Lungegårdsvann og for Solheimsviken kan man spore et sprangsjikt som for Lille Lungegårdsvann. Ved disse målestasjoner er dette langt mindre markert, det ligger dypere, og saltholdighetsverdiene er langt større i overflaten. Man har her å gjøre med lignende forhold som man finner i mange fjordområder. Kurvene viser at tettheten sjelden er særlig forskjellig ved de to målestasjoner.

Det later til at forholdene med hensyn til oppløst oksygen både ved bunnen og i de høyere lag er noe bedre i Solheimsviken enn i Store Lungegårdsvann. Forskjellen er likevel for liten til å være av særlig betydning. Utskiftningen under Nygårdsbroen er således ikke av kritisk betydning for vurderingen.

Vågen er resipient for relativt store mengder forureningskomponenter som tilføres fra kloakkutløp, som avfall fra torghandelen og fra båttrafikken. Våre målinger viste at man i Vågen nær torget bare finner lite oppløst oksygen, og at man må langt ut for å finne akseptabelt utskiftningsvann.

#### Sammenfattende vurdering.

Lille Lungegårdsvann tilføres sjøvann gjennom kanalen fra Store Lungegårdsvann og ferskvann fra nedbør og avrenning fra et område av byen rundt vannet og fra elektrisitetsverkets kjølevann. Det dannes to vel definerte lag i vannet, ett med høy saltholdighet og tetthet ved bunnen, og ett brakkvannslag ved overflaten. Vannet belastes med forholdsvis store mengder organisk materiale, dels fra fugler, dels fra algeproduksjon, løvfall og gateovervann. I det stagnerte bunnlaget har man anaerobe forhold med utvikling av hydrogensulfid ( $H_2S$ ). Overflatelaget får tilført oksygen dels gjennom opptak fra luften, dels ved driften av fontenen og dels ved algenes fotosyntese. Dette laget omblendes godt, og man finner her konsentrasjoner av oppløst oksygen som normalt er høyere enn i Store Lungegårdsvann, Solheimsviken og Vågen.

Forholdene nær kanalutløpet i Store Lungegårdsvann er ikke av en slik kvalitet at man kan ta utskiftningsvann herfra.

## VI ALTERNATIVE LØSNINGER

Generelle betraktninger.

Luktproblemet har sin årsak i de forhold som hersker i det stagnerte bunnlaget. Man må derfor søke å endre disse forholdene slik at det ikke lenger gir betingelser for de prosesser som skaper ubehagelig lukt.

To synsmåter skiller seg ut ved vurderingen av de tekniske alternativer som kan komme på tale.

Således kan man se forholdene som et omblandingsproblem hvor hovedvanskeligheten ligger i lagdelingen. Kan man skape en ensartet tetthet i vannet, vil bruken av fontenen, vind og temperaturforandringer sikre at hele vannmassen blir godt omblandet, og kan få tilført tilstrekkelige mengder oksygen fra luften eller fra algenes virksomhet til at aerobe forhold opprettholdes helt til bunnen. Ettersom vannet stadig tilføres ganske store mengder ferskvann fra nedbør og brukt kjølevann, kreves det en kontinuerlig utskiftning med sjøvann om man vil oppnå en noenlunde ensartet tetthet. Mengdene av utskiftningsvann må i dette tilfellet tilpasses mengdene av tilført ferskvann. I stedet for utskiftning av ferskvann med saltvann kan man gå den motsatte vei. Etter å ha avstengt kanalen for tilsig av vann fra Store Lungegårds vann kan man foreta en engangsutskiftning av saltvannet med ferskvann, og dermed oppnå en ensartet tetthet som vil opprettholdes i fremtiden.

Man kan også akseptere en lagdeling i vannet og på annet vis sørge for at bunnlaget ikke får anledning til å utvikle anaerobe forhold. Dette kan man sikre seg ved å foreta en utskiftning av disse vannmassene etter hvert som de endrer karakter i retning av anaerobe forhold. En slik utskiftning kan skje kontinuerlig eller diskontinuerlig, og det blir snakk om langt mindre vannmengder enn om man søker å opprettholde ensartet tetthet.



Ved vurderingen må man også ta hensyn til enkelte ytre faktorer av almengyldig karakter. Således er det av parkmessige og andre hensyn ønskelig at den endelige løsningen gir en tilnærmet konstant vannstand selv om noe variasjon kan aksepteres. Fra fontenen føres det nå under visse vindforhold saltholdig vann over på vegetasjonen i parkanlegget rundt vannet. Dette har hatt tydelige skadevirkninger og må tas i betraktning ved vurderingen. Vannets farge og det visuelle inntrykk ellers er nå av svært uestetisk karakter og bør, med tanke på vannets parkmessige verdi, forbedres. Disse forhold er behandlet nærmere i et senere avsnitt.

Vi har konsentrert oss om å behandle følgende alternative løsninger:

- I Pumping av vann fra Vågen til Lille Lungegårds-  
vann. Overskuddsvannet føres via en overløps-  
anordning ut gjennom kanalen til Store Lunge-  
gårds vann.
- II Pumping av vann fra Lille Lungegårds vann via  
pumpe-stasjonen på hjørnet av Christies gate og  
Lars Hilles gate. Utskiftningsvannet tilføres  
fra Store Lungegårds vann.
- III Utskiftning til og fra Store Lungegårds vann med  
utnyttelse av tidevannspumpen.
- IV Utskiftning med ferskvann. Overskuddsvann føres  
via en overløpsanordning ut gjennom kanalen til  
Store Lungegårds vann.

I vårt forprosjekt har vi også nevnt muligheten for å legge en plastslange fra Solheimviken til Lille Lungegårds vann for å kunne tilføre vann av bedre kvalitet enn det som fins i Store Lungegårds vann. Etersom vannkvaliteten viste seg å være noenlunde den samme i Solheimsviken og Store Lungegårds vann, bortfaller dette alternativet.

De alternativene som tar sikte på en utskiftning med saltvann, er her bare vurdert med tanke på utskiftning av bunnelaget og ikke for å oppnå ensartet tetthet. Det er her først og fremst hensynet til beplantningen i parken omkring som har vært avgjørende, idet enda større skadevirkninger måtte ventes dersom også det øvre laget hvor vannet i fontenen hentes, skulle ha høy saltholdighet.

Fontenen spiller en viktig rolle både for oksygentilførselen og for blandingsforholdene. En dyperegående blanding kan oppnås ved å senke inntaket for fontenepumpen, men da dette er uønsket ved alternativene I, II og III og unødvendig ved alternativ IV, vil det likevel ikke kunne anbefales.

Tiltak for å redusere bunnelammets virkning har også vært vurdert, og man har kommet til at påfylling med f.eks. sand ikke vil ha noen merkbar virkning, og at en fullstendig oppmudring sannsynligvis vil være for kostbar i forhold til hva som oppnås.

Utskiftning av bunnelaget som ved alternativene I, II og III, må skje med friskt sjøvann med såpass høy saltholdighet at tettheten er stor nok til at det vil fortrenge det anaerobe bunnavann. Man må også sørge for at dette føres bort. Vannmengdene som må brukes ved en slik utskiftning, kan vanskelig beregnes eksakt på forhånd, da både vertikaldiffusjonen og omsetningshastighet eller oksygenforbruket i bunnelagene er ukjente størrelser.

Resultatene av kontrollprogrammet, omtalt side 22, vil være bestemmende for hvilke minste vannmengder som til enhver tid bør tilføres.

Ved en kontinuerlig utskiftning vil en vannføring på 12 l/sek. erstatte 1 m av bunnelaget i løpet av ca. 1 måned. Med de saneringstiltak som er foreslått på side 20, vil man anta at en utskiftning i løpet av 1 måned vil være tilstrekkelig til å forhindre anaerobe bunnelag som kan forårsake luktulempen.

For samtlige alternativ vil vintertiden være en kritisk periode. Den normale frostperiode for Bergen er totalt på ca. 60 dager pr. år (tabell 5). I den tid vannet er dekket av is, er fontenen ute av drift samtidig som isen forhindrer omblending ved vindpåvirkning. Anaerobe forhold kan da utvikles og gi en periode med ubehagelig lukt ved isløsningsen. Særlig ved alternativ IV hvor man har å gjøre med ferskvann og endrede forhold med større isdannelse, kan dette bli av betydning. Om man i praksis vil få slike problemer etter at en ny biologisk balanse er opprettet, er det likevel vanskelig å si noe sikkert om på grunnlag av teoretiske overlegninger.

Uansett hvilket alternativ som velges, er det hensiktsmessig å sette iverk en kontrollundersøkelse for å kunne bestemme og vurdere virkningen og for å muliggjøre rasjonell drift. Et forslag til et slikt program er gitt på side 22. Ved gjennomføringen av et slikt kontrollprogram må man ta hensyn til at det tar en viss tid før vannet kommer i balanse med hensyn til de fysiske og biologiske forhold etter at en radikal forandring er utført.

### Beskrivelse og vurdering av de enkelte alternativ.

#### I alternativ.

Pumping av vann fra Vågen til Lille Lungegårds vann. Overskuddsvannet føres ut gjennom kanalen til Store Lungegårds vann.

Generell beskrivelse.

Fra et inntak i Vågen pumpes vannet i plastledning beliggende i kommunens kloaknett, så lang som mulig, deretter i grøft til overvannsnett som fører ut i Lille Lungegårds vann. Overskuddsvannet føres via overløp gjennom kanalen til Store Lungegårds vann. Overløpsledningen opprettholder en vannstand som tilsvarende springflo. For å opprettholde et brakkvannslag i overflaten er det nødvendig med en utløpsledning med inntak ved bunnen.

Spesielle problemer. Pumpeledning fra Vågen til overvannsnettets utgjør den største vanskeligheten ved dette alternativet. På grunn av den betydelige forurensningen av Vågens innerste del må inntaket legges lenger ut, anslagsvis ut for Østre Muralmenning. Ledningens plassering i kloakknettet kan gi mulighet for tilstopping særlig ved tilkoblingsstedene for stikkledninger. Mellom kloakknettet og overvannsnettets må ledningen legges i grøft ca. 200 m i trafikkerte gater.

Utløpet til kanalen skjer fra et inntak ved største dyp i Lille Lungegårdsvann, gjennom en plastledning til et overløp som opprettholder en vannstand som svarer til springflo.

Spesielle fordeler. Vannmengdene som brukes til utskiftningen, kan varieres etter behov. Således kan man sikre aerobe forhold også om vinteren.

## II alternativ.

Pumping av vann fra Lille Lungegårdsvann til kloakknettet via pumpestasjonen på hjørnet av Christies gaten og Lars Hilles gate. Utskiftningsvannet tilføres fra Store Lungegårdsvann.

Generell beskrivelse.

For å sikre utskiftning av bunnelaget er det nødvendig å legge et inntak ved bunnen noenlunde midt i Lille Lungegårdsvann. Herfra føres en plastslange gjennom nødutløpet til kummen utenfor pumpestasjonen, hvorfra en pumpe fører vannet over i samlekummen for kloakkpumpestasjonen. Herfra blir det sammen med kloakk og overvann pumpet til utløpet på Sydnes.

Tilførselen av vann fra Store Lungegårdsvann kan skje via den eksisterende kanalen, men da vannet nær enden av denne er sterkt forurenset av to hovedklokker som har sine utløp i dette området, er det nødvendig å tilføre vann fra et annet inntaksområde, eksempelvis fra området utenfor Chr. Michelsens institutt. For å kunne opprett-

holde noenlunde konstant vannstand er det nødvendig med en tilbakeslagsventil eller et pumpearrangement, som kan samkjøres med det som fører vann til pumpestasjonen på hjørnet av Christies gate og Lars Hilles gate.

Spesielle problemer.

Fra inntaket på dypet legges en plastslange fram til pumpestasjonen. Inntaket utenfor Chr. Michelsens institutt bør legges i 2-3 m dybde. Kanalen avstenges ved den østre enden, slik at utskiftningsvannet bare kan komme fra det nye inntaket. Det er tenkt lagt inn en tilbakeslagsventil som reguleres av vannstanden og som minsker variasjonene, eller man har to samkjørte pumper for at en konstant vannstand kan opprettholdes i Lille Lungegårdsvann. For store variasjoner kan føre til en uønsket omblending og økning av saltholdigheten i de øvre lag. Legges strendene bare, kan også lukt og synsinntrykk bli dårlige.

Spesielle fordeler.

Utskiftningen kan varieres etter behov.

### III alternativ.

Aktiv bruk av kanalen med utnyttelse av tidevannspumpen.

Generell beskrivelse.

Vann tilføres fra Store Lungegårdsvann i plastledning lagt i kanalen. Overskuddsvann føres fra et inntak på dypet i en kort ledning til lukehuset og videre ut gjennom kanalen. Kontroll og drift skjer automatisk fra lukehuset under plenen ved Strømgaten.

Spesielle problemer.

Inntaket for utskiftningsvann i Store Lungegårdsvann, som ved alt. II, legges lenger ut i vannet, anslagsvis ved Chr. Michelsens institutt. Kontrollanordningen er tenkt lagt til lukehuset i kanalen. Luken skiller de to vannsystemer, og plastledningen fra Store og Lille Lungegårdsvann ender her. Utskiftningsmengdene kan reguleres ved strupning av ledningstverrsnittet. Variasjonene i vannstand i Lille Lungegårdsvann vil ved dette alternativet bli relativt store og kan gi muligheter for uestetiske lukt og synsinntrykk ved at strendene legges bare, og ved at forandringene i trykk kan frigjøre større gassbobler fra bunnslammet.

Spesielle fordeler. Utnyttelse av tidevannspumpen krever ikke tilført energi, og selv om kontrollanordningen kanskje vil bruke noe, blir det langt mindre enn ved et konvensjonelt pumpeanlegg. Utskiftningen kan til dels varieres etter behov.

#### IV alternativ.

Engangsutskiftning med ferskvann. Overskuddsvannet føres via en overløpsanordning ut gjennom kanalen til Store Lungegårdsvann.

Generell beskrivelse.

Etter at kanalen er avstengt for tilsig fra Store Lungegårdsvann, pumpes det salte bunnlaget ut fra et inntak på dypet i Lille Lungegårdsvann gjennom en ledning til østsiden av luken og slippes ut i kanalen. Samtidig tilføres, om mulig, ferskvann fra vannverkets nett, eller man baserer seg på det ferskvannet som kommer inn som overvann og brukt kjølevann. Etter at en tilfredsstillende utskiftning har funnet sted, føres overskuddsvannet ut gjennom kanalen via en overløpsanordning, som opprettholder en vannstand svarende til springflo. Ved at vannet får en ensartet tetthet, vil oksygenet som føres inn med fontenen og på annen måte, blandes inn i hele vannmassen slik at aerobe forhold opprettholdes helt til bunnen.

Spesielle problemer. Luken kan modifiseres til en enkel overløpsanordning, men man må sikre seg at den er tett for tilsig fra Store Lungegårdsvann. Man må også være oppmerksom på muligheten for at saltvann kan bli brukt som kjølevann, slik at de nødvendige tiltak i så fall kan treffes. Selv om det varme vannet fra elektrisitetsverket vanligvis holder en råk oppe om vinteren, er det mulig at anaerobe forhold med luktproblemer kan utvikle seg under isen. Vi mener at faren for alvorlige problemer er liten, men vil likevel antyde at bruk av kjemikalier eller luftinnblåsing i en kort periode vil kunne forhindre slike problemer.

Spesielle fordeler. Utpumpingen av det salte bunnlaget kan skje med et provisorisk pumpeverk, og det blir senere ikke nødvendig med noen kontrollinnretning eller driftsautomatikk. Da Lille Lungegårdsvann vil være fylt av ferskvann, vil bruken av fontenen ikke ha noen skadevirkning på vegetasjonen.

## VII SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Vannet i Lille Lungegårdsvann har en lite pen brungrønn farge som skyldes algevekst i overflatelaget. Man kan til tider observere hele skyer av alger som også kan ses helt fra Fløyen. Vannets nordre og vestre ende er de grunneste delene, og her ligger ansamlet søppel og avfall av forskjellig slag på bunnen. Sammen med ubehagelig lukt nedsetter dette forholdet vannets estetiske og parkmessige verdi.

De tre første alternativene, I, II og III, som alle forutsetter og aksepterer en lagdeling i vannet, kan ventes å gi noenlunde samme resultat. Alternativ I synes å være det gunstigste fra et driftssynspunkt, men vil gi problemer med kloakknett, og vil også falle relativt kostbart. Alternativ II er bygningsmessig billigere å gjennomføre, men krever mer kompliserte kontrollanordninger. På grunn av komplikasjonene med regulering av tilbakeslagsventilen og variasjonene i vannstand, synes to samkjørte pumper å være å foretrekke. Alternativ III, hvor man aktivt utnytter tidevannspumpen, krever en god kontrollanordning og gir store variasjoner i vannstanden. Av disse tre alternativene synes alternativ II, der vann pumpes fra Store Lungegårdsvann til kanalen og fra bunnen i Lille Lungegårdsvann til kloakkpumpestasjonen, å være den gunstigste.

Alternativ IV, som forutsetter en engangsutskiftning med ferskvann, kan by på problemer i vintertiden, men krever eller minimale omkostninger og tekniske installasjoner. Hensynet til parkanleggets vegetasjon er også ivaretatt særlig godt ved dette alternativ.

Som konkret forslag til løsning av luktproblemene i forbindelse med Lille Lungegårdsvann, foreslås:

Alternativ IV, utskiftning med ferskvann.

Det forutsettes at virkningen av en slik endring i forholdene følges ved videre målinger angitt i kontrollprogram på side 22. En overføring av overvannet til kloakkpumpe-stasjonen vil, som tallene for organisk belastning angir, være av vesentlig betydning for vannkvaliteten. Fontenen bør være i drift i størst mulig utstrekning, særlig er det viktig å få den i gang snarest mulig etter isløsningen.

Saneringstiltak.

Lille Lungegårdsvann bør som den store parkmessige verdi den representerer, bli gjenstand for omhyggelig stell og pleie på likefot med andre deler av parkanlegget.

Uansett hvilke alternativ man velger, bør vannet saneres. Søppel og avfall bør fjernes fra bunnen, likeledes det øverste slamlag hvis dette lar seg gjøre økonomisk. Strendene bør skures og spyles.

Algeproduksjonen bør holdes under kontroll ved hjelp av kjemikalier som f.eks. kobbersulfat (blåstein) som skal tilsettes i meget små mengder (< 10 mg/l), avpasset etter forholdene.

Opprettholdes saltvannslaget ved bunnen, bør dessuten vannmassen tilsettes biocider for å hindre at H<sub>2</sub>S-dannende organismer utvikler seg.

Som konkret saneringstiltak foreslås følgende:

1. Nedtapping av vannet ved opprensning av bunn og strender.
2. Tilsetting av permanganat eller annet oksyderende stoff for å bedre oksygenforholdene ved bunnen.



3. Tilsetting av kobbersulfat for å hindre algeproduksjonen.
4. Tilsetting av biocider for å hindre utvikling av  $H_2S$ -dannende organismer dersom saltvannslag ved bunnen opprettholdes.

Saneringstiltakene bør settes i verk snarest mulig og gjentas etter behov. Kjemikaliene som skal benyttes, er relativt rimelige, og hensiktsmessig sanering og stell vil kunne føre til at luktulempene reduseres eller forsvinner helt.

Skal man imidlertid foruten å hindre luktulempene også sørge for at Lille Lungegårds vann får et estetisk sett tilfredsstillende vann, bør ett av de nevnte alternativene, fortrinnsvis II alternativ, settes i verk.

## VIII KONTROLLPROGRAM - LILLE LUNGEGÅRDSVANN

Settes i verk umiddelbart etter at en endring i forholdene er påbegynt.

1. Det første året.

## A. Posisjon og dyp:

som i 1965-66 undersøkelsene.

## B. Komponenter:

Oppløst oksygen, temperatur, saltholdighet og tetthet.

## C. Frekvens:

En prøveserie annen hver måned.

2. Det andre året.

Posisjon og komponenter som ovenfor, med en prøveserie før isen legger seg og en umiddelbart etter isløsningen.

Tabell 1.

Side 1

Temperatur, saltholdighet,  $\sigma_t$  og oksygenkonsentrasjoner for Lille Lungegårdsvann.

Iyp i m	9.7.65				17.8.65				1.9.65				27.9.65			
	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l
0	14,90	11,05	7,68	5,70	18,10	8,91	5,45	5,08	15,60	8,69	5,76	5,48	14,20	17,11	12,42	7,28
0,5				-	17,58	8,94	5,58	-	14,95	8,21	5,47	5,56	13,84	17,26	12,62	5,45
1,0	14,85	11,09	7,72	5,62	17,51	8,94	5,58	-	14,95	8,21	5,47	5,44	13,78	17,24	12,61	5,11
1,5				-	17,45	9,19	5,66	-	14,73	7,98	5,34	5,51	13,69	17,60	12,92	4,97
2,0	14,65	11,27	7,88	5,37	17,37	9,21	5,80	-	14,61	7,99	5,37	5,30	13,45	20,24	14,96	1,51
2,5				-	17,18	9,32	5,92	-	14,54	7,99	5,39	5,20	13,07	21,36	15,88	0,53
3,0	11,31	26,38	20,01	0	15,39	23,49	17,07	-	13,75	20,26	14,92	1,32	13,00	21,73	16,19	0,22
3,5				-	12,87	26,44	19,84	-	13,00	25,72	19,27	0,11	12,87	23,65	17,68	0
4,0	9,47	26,58	20,49	0				-	11,81	26,38	19,98	0	12,31	26,48	19,97	0

Tabell 1. (forts.)

Side 2

Dyp i m	21.10.65				3.11.65				21.12.65				28.2.66				17.3.66			
	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l
0	5,00	13,68	10,54	5,11	6,80	13,17	10,35	5,72	-0,30	8,47	6,88	4,83	1,00	3,22	2,51	6,46	4,40	3,61	2,76	6,12
0,5	5,10	13,70	10,55	5,13				-	0,70	12,83	10,39	5,16	1,80	15,32	12,30	0	3,83	3,83	2,93	6,07
1,0	8,96	13,68	10,54	-	7,18	13,56	10,61	5,17	0,63	12,84	10,40	5,08	1,73	17,95	14,40	0	3,14	10,62	8,42	0,52
1,5	8,92	13,69	10,56	5,06	7,22	13,59	10,63	-	0,63	12,83	10,40	5,10	3,12	24,99	19,90	0	3,03	25,63	20,40	0
2,0	9,17	13,30	10,21	-	7,29	13,77	10,77	4,78	0,67	12,83	10,40	5,07	4,03	27,38	21,80	0	3,61	27,41	21,80	0
2,5	9,11	13,66	10,50	4,73	7,33	14,25	11,14	4,02	0,72	12,90	10,45	4,85	4,22	27,68	21,96	0	4,06	27,63	21,93	0
3,0	11,09	20,42	15,47	0,47				0,23	2,96	17,69	14,09	1,15	4,42	27,82	22,07	0	4,21	27,76	22,03	0
3,5	12,30	23,94	18,00	0	10,08	18,88	14,44	-	7,20	23,21	18,14	0	4,62	27,88	22,12	0	4,38	27,86	22,10	0
4,0	11,92	25,77	19,48	0	11,26	23,09	17,52	0	8,52	25,04	19,49	0				0	4,49	27,88	22,12	0

Tabell 1. (forts.)

Side 3

Dyp i m	14.4.66				11.5.66				18.8.66				19.8.66			
	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l
0	6,20	4,20	3,18	8,38	10,50	18,07	13,76	6,61	15,20	7,99	5,27	7,78	15,80	9,22	6,82	7,34
0,5	6,28	4,33	3,28	7,97	10,31	18,24	13,92	6,56	15,08	8,02	5,29	7,70	15,29			
1,0	6,28	4,54	3,46	5,82	9,46	23,13	17,83	-	15,06	8,44	5,61	7,74	14,90	11,03	7,67	6,01
1,5	6,22	23,65	18,60	0	7,19	25,66	20,07	2,42	15,06	8,33	5,55	7,27	14,21	15,39	11,14	6,89
2,0	4,97	27,67	21,91	0	6,96	25,84	20,25	0	15,00	8,30	5,54	7,18	14,10	17,15	12,50	1,88
2,5	4,73	27,68	21,96	0	5,90	26,20	20,65	0	15,00	8,21	5,47	6,88	14,00	26,27	19,13	0,83
3,0	4,70	27,72	21,97	0	5,46	26,46	20,89	0	13,04	24,24	18,12	0	11,17	27,05	20,82	0
3,5	4,54	27,84	22,08	0	5,40	27,21	21,48	0	9,96	26,85	20,65	0	9,84	27,53	21,16	0
4,0	4,37	27,86	22,10	0	5,38	27,89	22,01	0	9,93	26,51	20,38	0	8,23	28,49	21,42	0
Fon- tene										8,05						

Tabell 3.

Side 1

Temperatur, saltholdighet,  $\sigma_t$  og oksygenkonsentrasjoner for

Lille og Store Lungegårdsvann 18. og 19. august 1966.

Dato	Lille Lungegårdsvann						Store Lungegårdsvann I						Store Lungegårdsvann II										
	18.8			19.8			19.8			19.8			19.8			19.8							
	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> mg/l			
Fontenen																							
0	15,20	7,99	5,27	5,44	15,80	9,22	6,1	5,14	14,30	25,00	18,47	4,56	15,10	-	-	-	-	-	-	-	-	6,86	
0,5	15,08	8,02	5,29	5,49	15,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,0	15,06	8,44	5,61	5,42	14,90	11,03	7,6	4,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,5	15,06	8,33	5,55	5,09	14,21	15,39	11,1	4,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,0	15,00	8,30	5,54	5,03	14,10	17,15	12,5	1,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,5	15,00	8,21	5,47	4,83	14,00	26,27	19,3	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,0	13,04	24,24	18,12	0	11,17	27,05	20,6	-	12,58	26,79	20,17	2,98	12,66	8,02	5,69	-	-	-	-	-	-	2,93	
3,5	9,96	26,85	20,65	0	9,84	27,53	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,0	9,93	26,51	20,38	0	8,23	28,49	22,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,0																							
6,0																							
9,0									12,29	27,13	20,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,0									12,30	27,14	20,48	2,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15,0									7,02	31,25	24,49	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18,0									5,99	31,81	25,06	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
									5,59	31,89	25,13	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Dyr

Tabell 3. (forts.) Side 2

Analyse-komp.	Solheimsviken						Vågen I						Vågen II					
	19.8						19.8						19.8					
	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	t C°	S o/oo	σ <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> mg/l		
0	12,9	27,21	20,43	-	13,00	27,65	20,75	3,72	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1,5	-	-	-	-	12,76	31,04	23,40	3,73	12,71	28,63	21,56	4,09	-	-	-	-		
2,0	12,81	27,32	20,53	3,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5,0	-	-	-	-	11,74	27,67	20,98	3,79	-	-	-	-	-	-	-	-		
6,0	11,86	30,48	23,11	3,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Dyp

Tabell 2.

Oksygenkonsentrasjoner for Store Lungegårdsvann og Solheimsviken.

Dato Dyp	Store Lungegårdsvann						Solheimsviken					
	18.8	17.9	19.10	2.12	17.3	6.5	18.8	17.9	19.10	2.12	17.3	6.5
0	5,55	2,94	2,72	2,58	4,42	4,15	4,42	3,56	3,42	3,66	4,34	4,17
1	5,41	2,76	2,14	2,41	-	-	4,26	3,40	2,94	2,87	-	-
2	-	-	1,82	2,23	3,64	4,10	4,23	3,47	2,24	3,01	3,90	4,16
3	4,89	2,40	1,81	-	-	-	4,23	3,54	2,09	-	-	-
4	4,35	-	-	2,26	3,39	3,52	3,99	3,67	2,46	3,44	-	4,50
6	4,04	2,45	1,71	2,29	3,44	3,15	3,92	3,40	2,36	-	3,73	4,20
9	0	0,59	0,39	1,88	2,44	1,91	-	-	-	2,94	-	-
12	0	0	0	0	0,41	0,73	2,58	3,07	0,97	-	-	-
15	0	0	0	0	0	0						
18	0	0	0	0	0	-						

Tabell 4.

Fosfor og nitrogenholdige komponenter i Lille Lungegårdsvann.

Dato	Totalfosfat µg P/l	Ortofosfat µg P/l	Nitrat µg N/l
9.7.65	132	< 2	55
17.8.65	128	27	7,5
1.9.65	158	3	3
27.9.65	185	26	7,5
21.10.65	222	16,5	5
6.11.65	310	2,5	150
21.12.65	265	78	150
28.2.66	550	200	10
19.8.66		44	



Tabell 5.

Midlere nedbør og frostdager registrert på Fredriksberg for årene 1931 - 60.

Måned	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Samlet
Nedbør i mm	179	139	109	140	83	126	141	167	228	236	207	203	1958
Ant. frostd. frost.	15,8	15,7	12,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,0	10,0	61,8

Tabell 6.

Midlere månedlig nedbør registrert på Fredriksberg i perioden juli 65 - aug. 66.

Måned	Juli 1965	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Jan. 1966	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.
Nedbør i mm	67	133	201	203	91	83	88	100	250	52	124	106	134	88

Tabell 7.

Beregnet ferskvannstilførsel til Lille Lungegårdsvann.

Måned	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Samlet
Overvann i m <sup>3</sup>	13700	10650	8350	10700	6350	9650	10800	12800	17450	18050	15850	15550	149900
Overvann + kjølev.	19950	16900	14600	16950	12600	15900	17050	19050	23700	24300	22100	21800	224900

# LILLE LUNGEGÅRDSVANN

Variasjoner i temperatur, salinitet, tetthet og oksygen.

— temperatur      — tetthet  
— salinitet      — oksygen

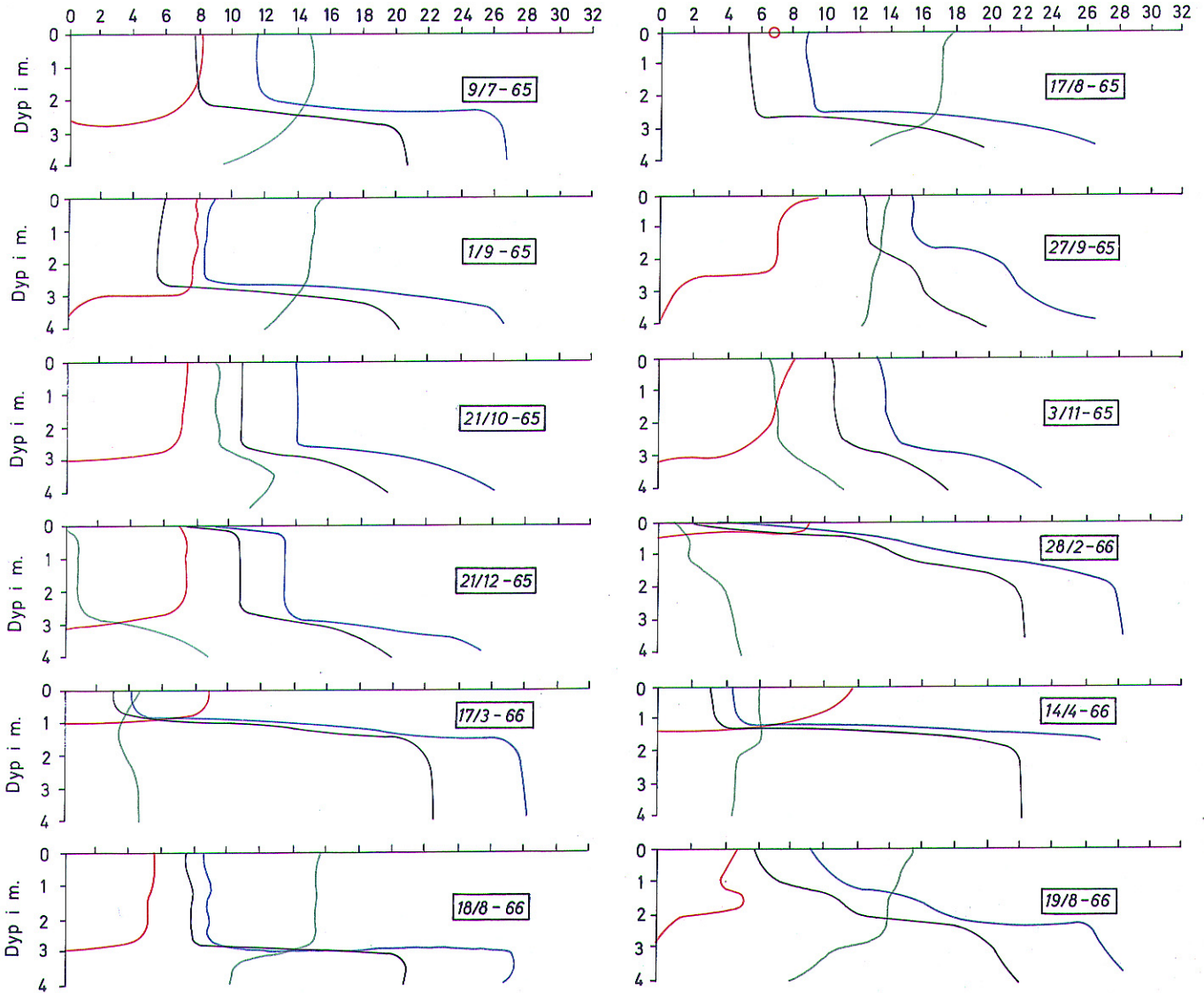
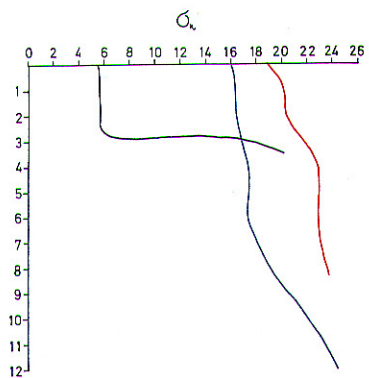


Fig.1

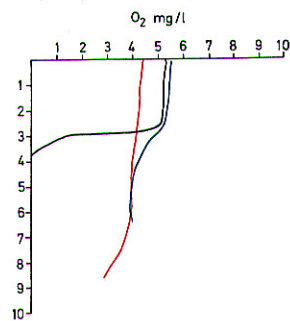
# SOLHEIMSVIKEN, LILLE OG STORE LUNGEGÅRDSVANN

## $\sigma_t$ - og oksygenvariasjoner

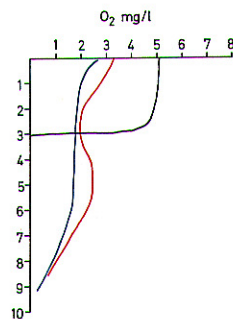
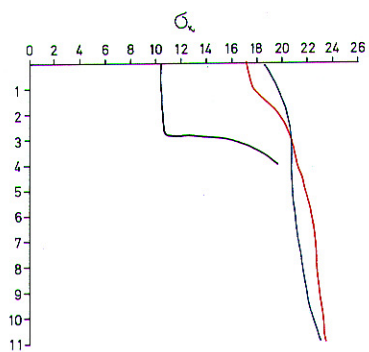
- Lille Lungegårdsvann
- Store Lungegårdsvann
- Solheimsviken



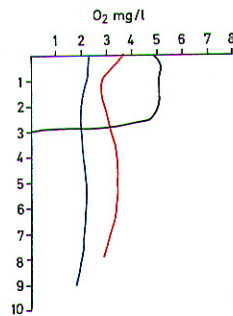
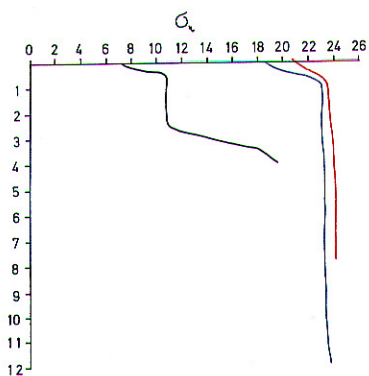
Aug. 1965



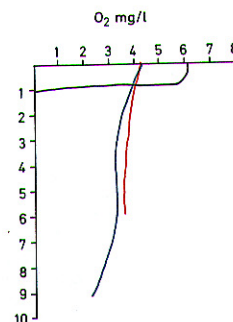
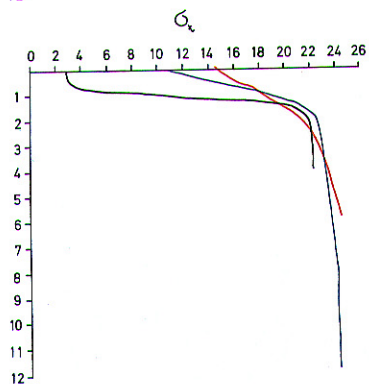
Oktober 1965



Desember 1965



Mars 1966



Mai 1966

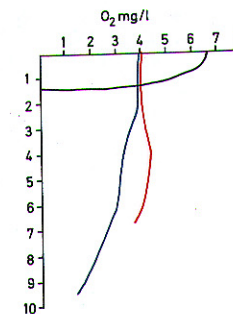
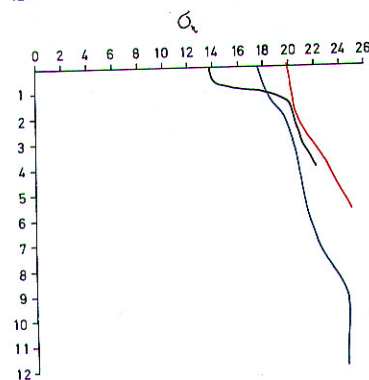


Fig.2

LILLE LUNGEGÅRDSVANN

Sprangskiktet dybde i relasjon til månedlige nedbør

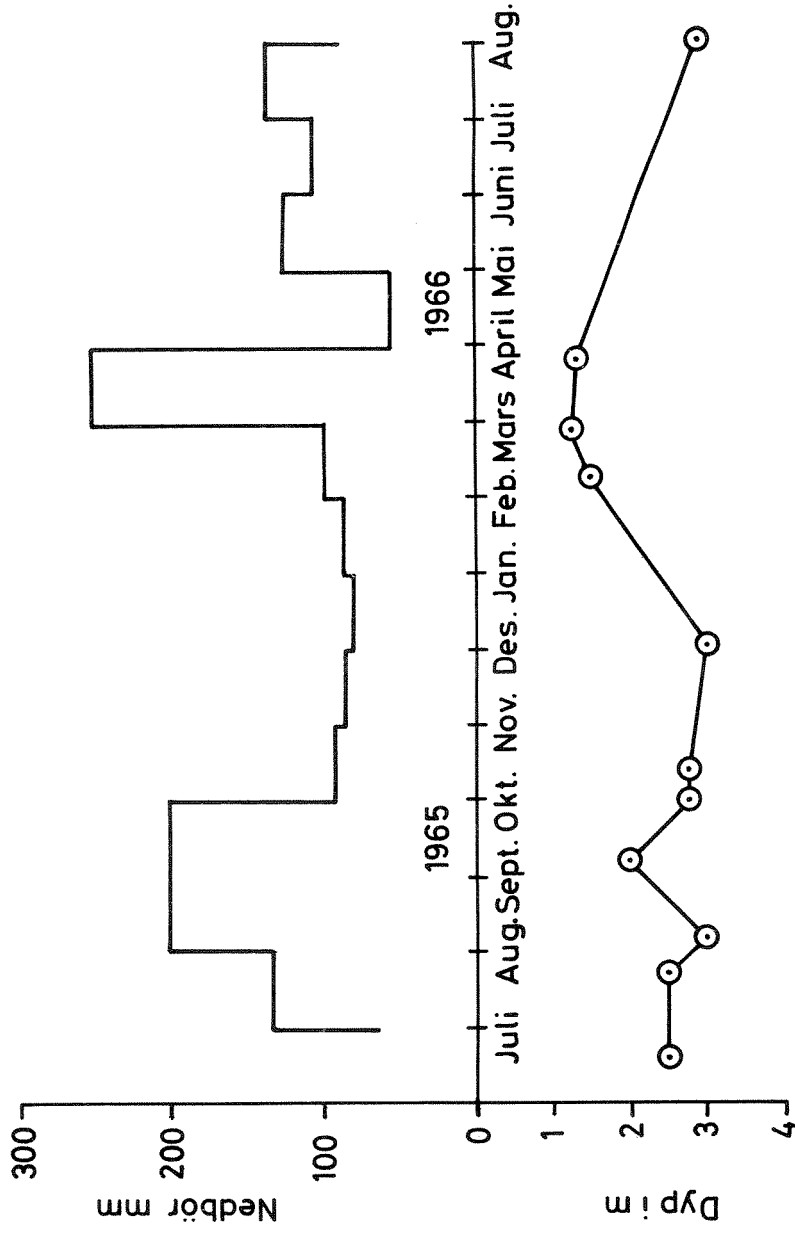


Fig. 3

TIDESYKLUS REGISTRERT I BERGEN HAVN UNDER  
FORSÖKET MED ÅPEN LUKE 18 - 19/8-66

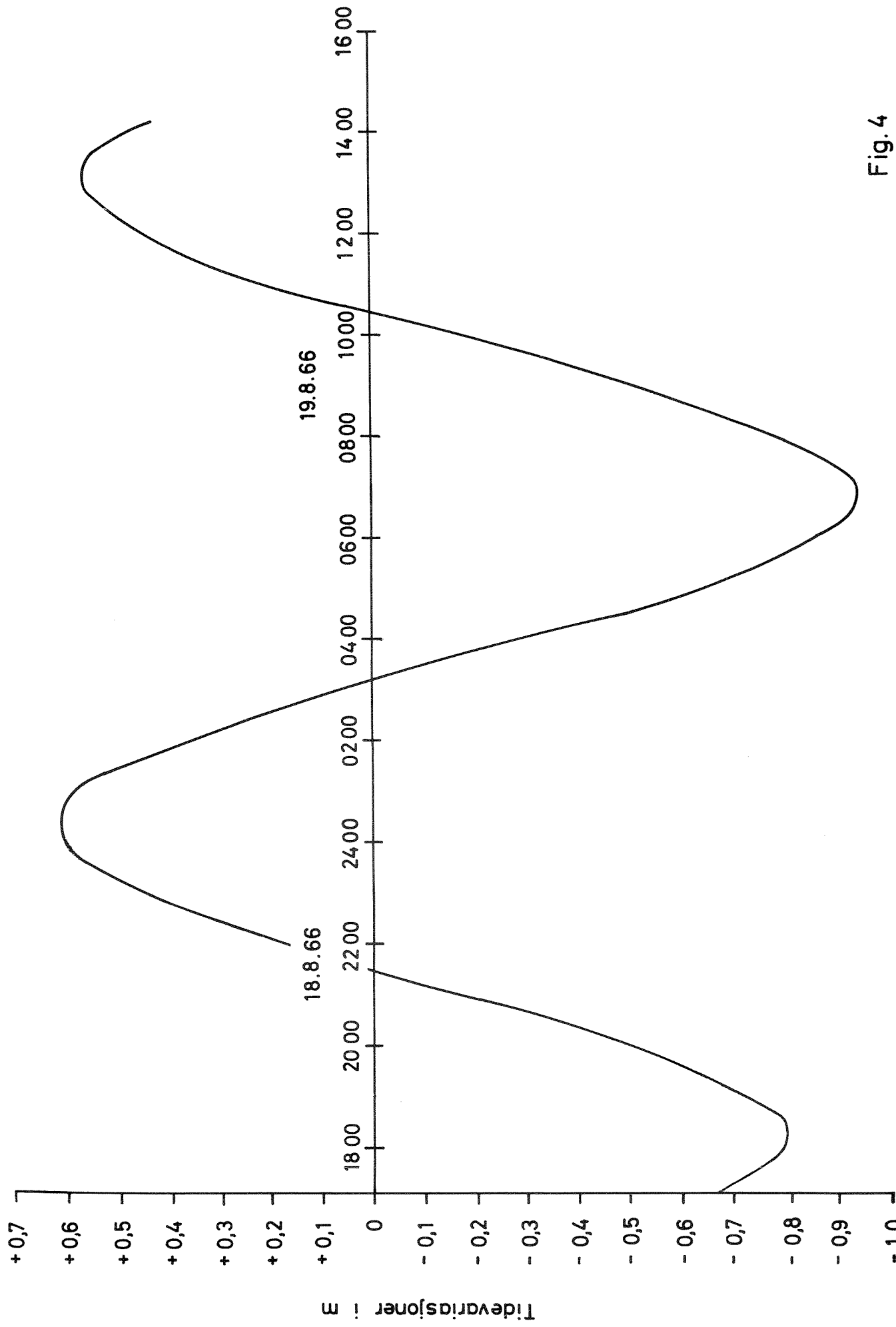
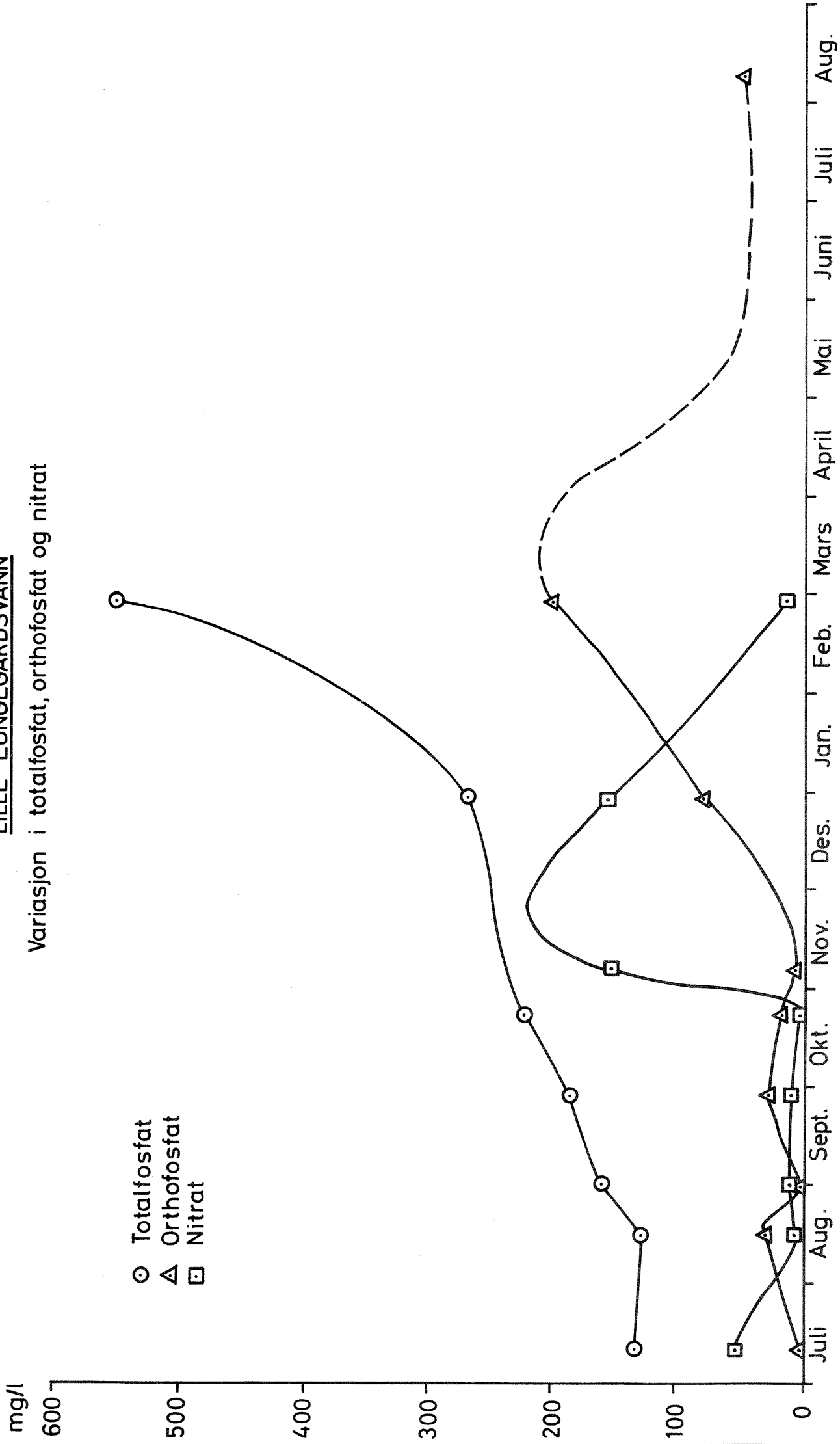


Fig. 4

# LILLE LUNGEGÅRDSVANN

Variasjon i totalfosfat, orthofosfat og nitrat



1965

1966

Fig. 5

BELIGGENHET AV PRÖVETAKINGSSTASJONER

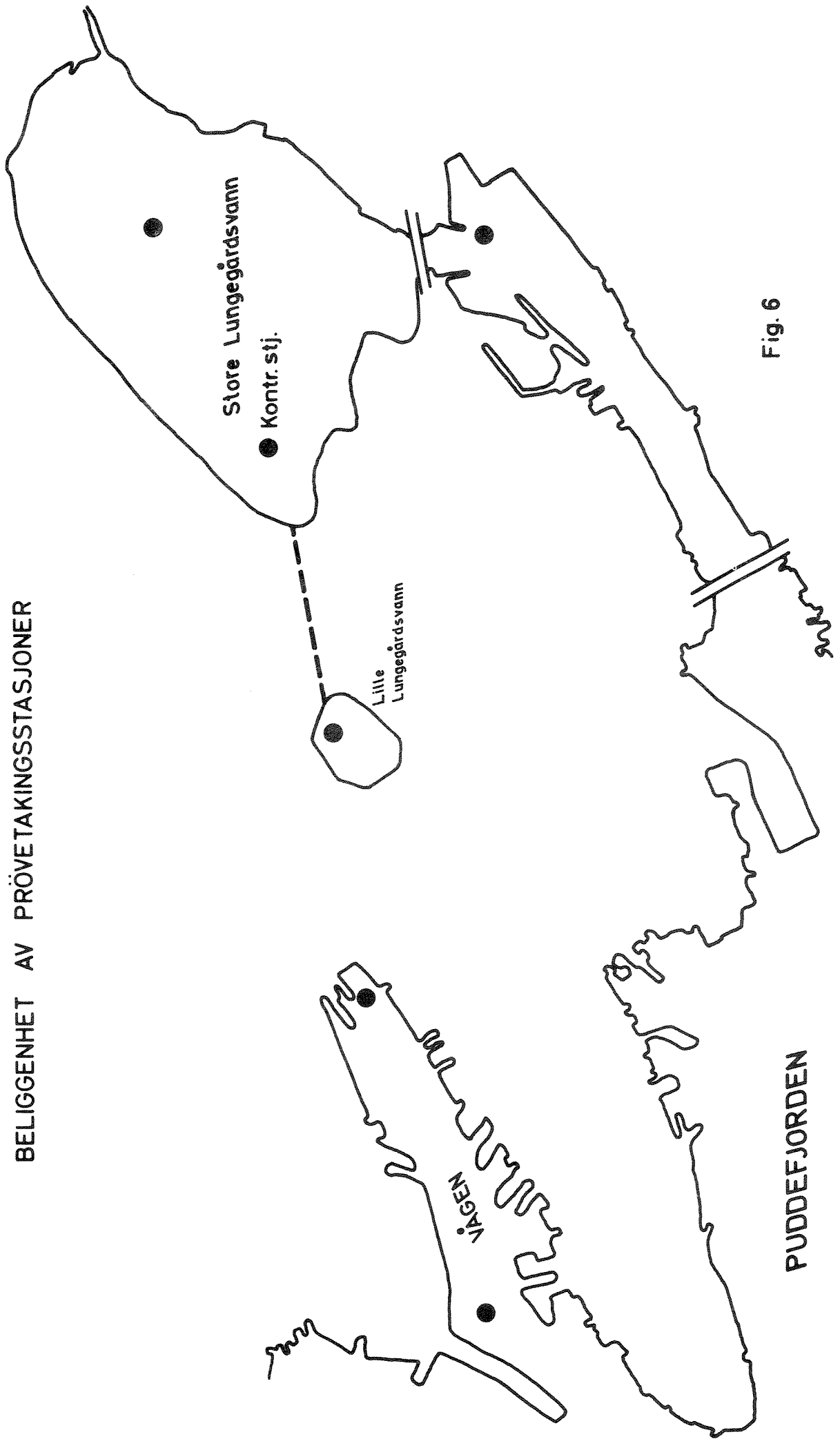


Fig. 6