

0-  
86094

ARKIV  
EKSEMPLAR

1906

0 – 86094

# Vannvegetasjon i Venneslafjorden

Foreløpig vurdering av tilgroing, 1986.



Norsk institutt for vannforskning



NIVA

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**

Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**

Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

86094

Undernummer:

Løpenummer:

1906

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Vannvegetasjon i Venneslafjorden.  
Foreløpig vurdering av tilgroing 1986.

Dato:

27.10. 1986

Prosjektnummer:

86094

Forfatter (e):

Bjørn Rørslett

Faggruppe:

Vassdrag

Geografisk område:

Vest-Agder

Antall sider (inkl. bilag):

25

Oppdragsgiver:

Vennesla kommune

Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):

Ekstrakt:

Vannvegetasjonen dekker 48% av Venneslafjord. Krypsiv utgjør hoveddel av denne vegetasjonen. Vegetasjonen hindrer bruk av innsjøen. Det har blitt mer vegetasjon i Venneslafjord de siste 10 åra. Forsuring kan ikke alene forklare den observerte utviklingen. De endrede hydrologiske forholdene er også gunstige for utvikling av krypsiv. Økning i minstevannføring om sommeren fra 50 til 70-80 m<sup>3</sup>/s er ikke nok til å forhindre vekst av uønsket vannvegetasjon. Tiltak for å redusere vekst av krypsiv må vurderes. En heving av sommervannstand kombinert med en lavere vintervannstand kan bedre forholdene. Dette spørsmål bør utredes særskilt.

4 emneord, norske:

1. Vannvegetasjon  
2. Tilgroing  
3. Reguleringer  
4. Forsuring  
Venneslafjord

4 emneord, engelske:

1.  
2.  
3.  
4.

Prosjektleder:

B. Rørslett

For administrasjonen:

B. Faab

ISBN 82-577-1127-6

0-86094

## VANNVEGETASJON I VENNESLAFJORDEN

FORELØPIG VURDERING AV TILGROING 1986

Brekke, 20. oktober 1986

Saksbehandler: Bjørn Rørslett  
Medarbeidere : Carol A. Brewer  
Norman W. Green  
Eli-Anne Lindstrøm  
Randi Romstad  
For administrasjonen: Bjørn Faafeng

## Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) foretok høsten 1986 en vegetasjonsundersøkelse i Venneslafjorden, på oppdrag av Vennesla kommune. NIVAs saksbehandler har vært fil.dr. Bjørn Rørslett. Begroingsprøver (utover høyere vegetasjon) er vurdert av cand.mag. Randi Romstad og cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm. Cand.real. Norman W. Green og Carol A. Brewer, M.Sc., utførte dykkerarbeidet i Venneslafjorden. I det praktiske opplegget har NIVA hatt utmerket hjelp av Vennesla kommune ved teknisk rådmann Peter Rosendahl og avd.leder Alf T. Neset.

Det er forsøkt å unngå "fagspråk" så langt råd er - men noen begreper er ikke til å komme utenom. Bakerst i rapporten finnes en kort liste med forklaringer som jeg håper kan være nyttig.

Bjørn Rørslett

## INNHO L D S F O R T E G N E L S E

Seksjon	Side
=====	
KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING	2
2 METODER OG TIDLIGERE DATA	3
2.1 Områdebeskrivelse	3
2.2 Gjeldende reguleringsbestemmelser	3
2.3 Vannkjemi og optiske egenskaper	5
2.4 Undersøkelse av vegetasjon	5
3 RESULTATER	6
3.1 Hydrologi	6
3.2 Vegetasjon i Venneslafjorden: Artssammensetning	10
3.3 Begroingsalger	13
3.4 Vertikal- og horisontal utbredelse	13
3.5 Nisjeromsanalyse	17
4 DISKUSJON	19
LITTERATUR	21
ORDFORKLARINGER	23

## KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

- Vannvegetasjon dekker 48% av Venneslafjorden. Krypsiv utgjør hoveddel av denne vegetasjonen. Vegetasjonen hindrer bruk av innsjøen.
- Det har blitt mer vegetasjon i Venneslafjorden de siste 10 åra.
- Forsuring kan ikke alene forklare den observerte utviklingen. De endrede hydrologiske forholdene er også gunstige for utvikling av krypsiv.
- Økning i minstevannføring om sommeren fra 50 til 70-80 m<sup>3</sup>/s er ikke nok til å forhindre vekst av uønsket vannvegetasjon.
- Tiltak for å redusere vekst av krypsiv må vurderes. En heving av sommervannstand kombinert med en lavere vintervannstand kan bedre forholdene. Dette spørsmålet bør utredes særskilt.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) undersøkte vannvegetasjonen i Venneslafjorden høsten 1986, på oppdrag for Vennesla kommune. Data innsamlet ved dykking og flyfotografering er sammenholdt med eldre opplysninger om vegetasjon i innsjøen, og hydrologiske endringer. Den foreliggende rapporten er en foreløpig vurdering av årsak(er) til endringer i vegetasjonsforholdene.

Omkring 48% av Venneslafjordens areal er dekket av vannvegetasjon. Den dominerende arten er krypsiv (*Juncus bulbosus*) som har størst forekomst i strømmende vann. På noe dypere vann var det stor forekomst av torvmoser (*Sphagnum auriculatum*). Kvalitative endringer i artsutvalg er påvist over en 10-års periode. Flybilder viser at vannvegetasjonen i Venneslafjorden dekker større områder i dag enn før.

Vegetasjonen i Venneslafjorden endres som følge av to parallelle påvirkninger, (a) reguleringseffekter og (b) forsuring ved sur nedbør. Den store forekomsten av dødt plantemateriale, påvekstalger, torvmoser og andre forsuringsindikatorer viser at forsuring aktivt påvirker biologiske samfunn og dermed stoff- og næringsomsetning i Venneslafjorden. Årsaken til den store forekomsten av karplanter, og da spesielt krypsiv, kan imidlertid ikke ligge i forsuring alene. NIVAs undersøkelse i 1986 viser at endrede vannstandsforhold i Venneslafjorden også kan bidra til den observerte utviklingen.

NIVA mener at en øking i minstevannføring ved Vigeland fra 50 til 80 m<sup>3</sup>/s ikke alene kan forhindre uønsket vegetasjon i Venneslafjorden. Vi foreslår at det utarbeides tiltaksplaner, som bl.a. ser på muligheten for en heving av sommer- og en senking av vintervannstand i Venneslafjorden. Omfanget av slike tiltak må vurderes særskilt.

## 1 INNLEDNING

Vennesla kommune har via Miljøvernavdelingen i Vest-Agder bedt Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om en undersøkelse av Venneslafjorden. I følge kommunen har de senere års lave sommervannføring i nedre Otra ført til lavere vannstand i fjorden og dermed gunstigere forhold for begroing med uønsket vannvegetasjon.

NIVA drøftet gjennomføring av denne saken på et møte i Vennesla 7. mai 1986, hvor representanter for Vennesla kommune og Miljøvernavdelingen i Vest-Agder var tilstede. For NIVA møtte forsker Bjørn Rørslett. Fra NIVAs side ble det påpekt at flere faktorer ved siden av en endret vannføring i Otra, kan gi en vegetasjonsutvikling lik den som hevdes å ha funnet sted i Venneslafjorden. Slike faktorer kan f.eks. være forsurening og øket belastning av Venneslafjorden med avløpsvann. Skal effekt av slike faktorer vurderes med rimelig sikkerhet, i forhold til regulering/lav vannstand, vil det kreve adskillig mer omfattende undersøkelser enn det Vennesla kommune la opp til for 1986. Møtet ble avsluttet med en felles befarings av Venneslafjorden. NIVAs saksbehandler foretok også en orienterende befarings av Storebukta i Kilefjorden.

Siden en første vurdering av de påklagde forhold hastet for kommunens videre håndtering av saken, bl.a. i samband med hjemfall av reguleringskonsesjon, var det enighet på møtet 7. mai 1986 om å følge saken i to faser videre.

NIVA skulle i løpet av høsten 1986 gjøre en orienterende undersøkelse av vannvegetasjonen i Venneslafjorden, og rapportere denne innen 1. november 1986. Andre forhold enn vegetasjon skulle ikke dekkes av denne undersøkelsen. Situasjonen i Otra nedstrøms Venneslafjorden vurderes således ikke. Eventuell forandring i belastning av Venneslafjorden med kloakkvann etc., og den effekt dette kan ha på vegetasjonen, vil heller ikke bli vurdert.

Kan årsak(er) til de påklagde forhold finnes, kan det være naturlig å fortsette med en tiltaksplan. Dette vil bli fase to og forutsetter at alle nødvendige opplysninger om tilgroingen foreligger eller blir innhentet.

## 2 METODER OG TIDLIGERE DATA

### 2.1 Områdebeskrivelse

Venneslafjorden (fig. 1) er en utvidelse av Otra. Lokaliteten har trekk felles med en elv såvel som en innsjø. Således er oppholdstiden svært kort, temperaturlagdeling kan være ustabil eller manglende, og det er et betydelig fall fra Grovane ned til Vennesla bru (ca. 1m). Det er likevel valgt å betrakte fjorden som en innsjø. Venneslafjorden betegnes som en relativt næringsfattig, lite påvirket lokalitet av Grande og medarb. (1980).

Tabell 1. Bakgrunnsdata for Venneslafjorden.

---

Høyde o. havet	38 m	Oppholdstid	≈ 16 t
Overflateareal (brutto) <sup>1</sup>	1.7 km <sup>2</sup>	Største dyp	≈ 19 m
" (netto)	1.4 km <sup>2</sup>	Midlere dyp	< 5 m

---

<sup>1</sup> Grande og medarb. (1980) oppgir 1.06 km<sup>2</sup> men inkluderer ikke den øvre del, fra Drivenesøya til Steinsfoss-Grovane.

### 2.2 Gjeldende reguleringsbestemmelser

St.prp. 140 (1973-74), vedtatt i Stortinget 15. november 1974, pålegger en minstevannføring i Otra ved Vigeland på 50 m<sup>3</sup>/s. Ingen spesielle tidrom er angitt for denne vannføringen. Dersom spesielle forhold tilsier det, kan minstevannføringen kreves økt til 80 m<sup>3</sup>/s (St.prp. 140, s. 125). Miljøverndepartementet ønsker å heve minstevannføringen ved Vigeland til 65 m<sup>3</sup>/s (A. Tvede, NVE notat 3.10.1986), grunnet økt forurensning i nedre del av Otra fra 1982 av. Dette er foreløpig avvist av NVE, som henviser spørsmålet til den kommende behandling av de eldste konsesjoner i vassdraget. Dette støttes av OED.

Ved konsesjonsbehandlingen på 1970-tallet ønsket Vennesla kommune og industribedriftene Hunsfoss og Vigeland Bruk alle en høyere minstevannføring ved Vigeland, 75 - 80 m<sup>3</sup>/s.



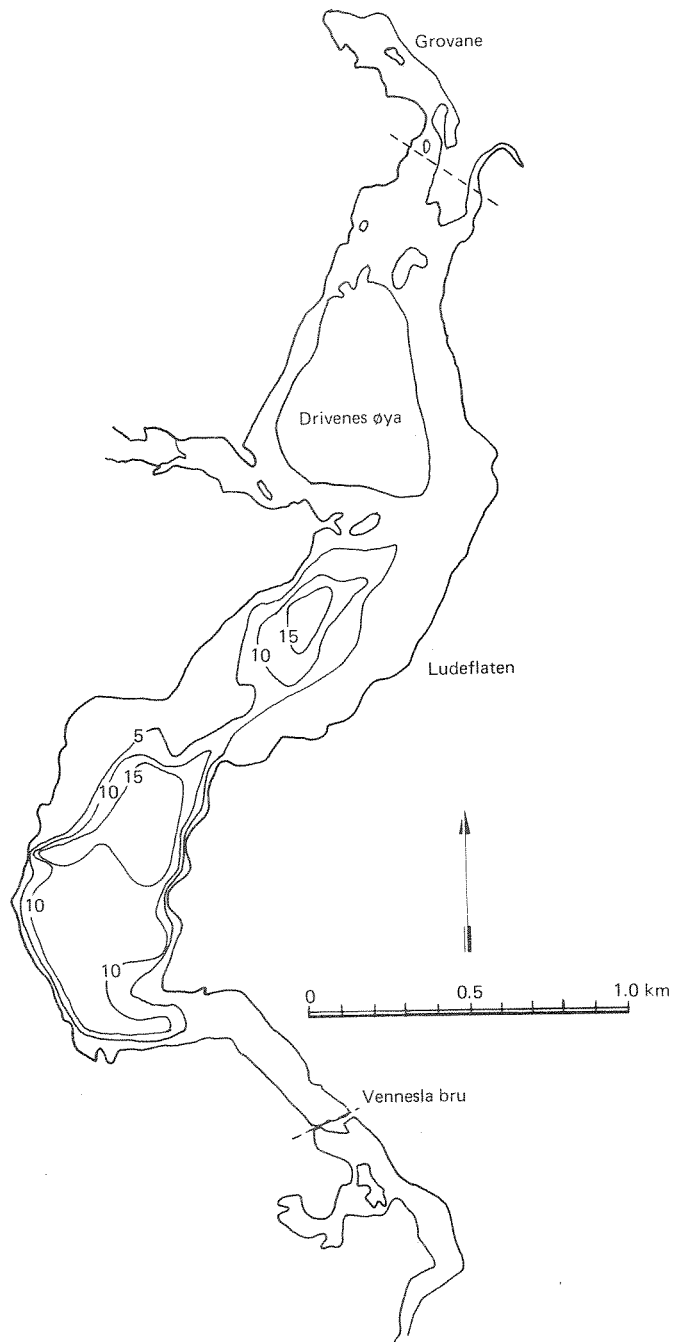


Fig. 1. Venneslafjorden. Oversiktskart med dybdekurver (vannføring 140 m<sup>3</sup>/s). Fra Grande et al. (1980), noe endret med hensyn på dybdekurvene. Stiplede linjer: omtrentlig overgang fra innsjø til elv. Inn- og utløp merket med pil.

### 2.3 Vannkjemi og optiske egenskaper

Vannmassene i Venneslafjorden er gjennomgående sure, elektrolytt- og næringsfattige. Gjennomsverdier for perioden 1976 til 1984 er stilt sammen i tab. 2. Siktedyp er trolig omkring 8-10m, men er målt for sjelden til å tas med i tab.2. Dybdeveid svekningskoeffisient for undervannslys ( $k_{PAR}$ ) viser at vannmassene er klare og lite påvirket av partikler og humusstoffer.

Tabell 2. Karakteristiske data for Venneslafjorden (innløp).

pH	5.4	Totalfosfor	5.5 mg P m <sup>-3</sup>
Ledningsevne	1.7 mS m <sup>-1</sup>	Totalnitrogen	340 mg N m <sup>-3</sup>
$\kappa_{25}^1$	0.36 m <sup>-1</sup>		
$k_{PAR}$			

<sup>1</sup> beregnet for 1984-86 i henhold til Rørslett (1986a).

### 2.4 Undersøkelse av vegetasjon

Venneslafjorden er tidligere (1976) undersøkt av NIVA (Rørslett og medarb., 1981; Rørslett, 1985). Sammenlikningsdata finnes fra Kilefjorden noe høyere opp i vassdraget (Rørslett og medarb., 1981; Rørslett, 1985; Hvoslef, 1986).

Vannvegetasjon ble undersøkt 24. september 1986 ved hjelp av stereofotografering av 0.25 m<sup>2</sup> prøveflater (Rørslett og medarb., 1978). Dette er samme metode som ble brukt i 1976. Bildematerialet er ikke detaljbearbeidet til nå.

Arealutbredelse av vannvegetasjon er målt på IR-falsk farge flybilder 1:10 000 tatt 6.august 1986 (dekning nr. 9087 Norsk luftfoto og fjernmåling, Oslo). Digital planimeter Tamaya Planix 7P og Wild speilstereoskop ST4 ble brukt ved bearbeidingen. Vannføringen i Otra ved optaket var 54 m<sup>3</sup>/s.

Eldre bildemateriale fra Norsk luftfoto og fjernmåling er også benyttet ved vurdering av tilgroings-situasjonen. Bare pankromatisk sv/h bilder forelå. Følgende bildeserier er brukt (vannføring v. Vigeland i parentes):

- nr. 2518 D27-33 (1:15 000) 8.juni 1969 (Q = 115 m<sup>3</sup>/s)
- nr. 5390 A7-9,B5-6 (1:15 000) 20.mai 1977 (Q = 210 m<sup>3</sup>/s)
- nr. 7900 A1-4 (1:15 000) 23.juli 1983 (Q = 109 m<sup>3</sup>/s)

### 3 RESULTATER

#### 3.1 Hydrologi

Den hydrologiske beskrivelsen er basert på vannføringsdata fra VM 1007 Vigeland (nedenfor utløpet av Venneslafjorden). Vannføringen her er kalibrert mot vannstander avlest på et nyopprettet vannmerke i Venneslafjorden (ved Ludeflaten).

NIVA har fått oversendt kalibreringsberegninger for det nevnte vannmerket foretatt av Kristiansand elektrisitetsverk (datert 21.08.1986, ref. TT/BB/657-86). KEV's beregninger er gjort med utgangspunkt i data fra Steinsfoss (oppstrøms Venneslafjorden) og en "resulterende vannføring" som åpenbart søker å anslå evt. magasinering i fjorden. Den statistisk sett "beste" kurven i KEV's brev er,

$$(1) \quad H = 37.74 + 4.35 \cdot 10^{-3} Q_{\text{Steinsfoss}} \quad (r^2 = 96\%)$$

NIVA har brukt data fra Vigeland vannmerke og har anvendt en ikke-lineær minste kvadraters tilpasning. Denne framgangsmåten ga kurven,

$$(2) \quad H = 37.77 + 4.08 \cdot 10^{-3} Q_{\text{Vigeland}}^{1.006} \quad (r^2 = 99\%)$$

Det er i begge tilfelle anvendt data fra juni måned 1986. Forskjellen mellom disse kurvene er svært små for vannføringer under 200 m<sup>3</sup>/s. Uansett vilken kurve som velges vil det bli en betydelig usikkerhet i anslag av vannstander ved høye vannføringer i Otra. Denne mulige feilkilden kan først "fjernes" når tilstrekkelig lange måleserier foreligger fra selve Venneslafjorden.

I følge likning (2) kan vannstanden ved Vennesla vannmerke skrives på formen:

$$(3) \quad H = H_0 + a Q^b$$

med  $b \approx 1$  (forskjellige perioder ga  $b$  mellom 0.9 og 1.1). Formen på bassenget antyder at  $b \leq 1$ . En førstehånds analyse av vannstandene i Venneslafjorden er gjort i hht. (2) med  $b=1$ . Dette vil gi beregnede vannstander som temmelig sikkert er høyere enn de virkelige i fjorden. Størst utslag blir det for stor vannføring i Otra. Eksempelvis vil en vannføring på 800 m<sup>3</sup>/s gi en beregnet vannstand på hhv. 41.22 m (likn.1), 41.03 m (likn.2,  $b=1$ ) og 39.44 m (likn. 3,  $b=0.9$ ); m.a.o. en variasjon på 1.78m.

Beregnete vannstander er satt opp i tab. 3 og fig. 2. Vurdering av reelle maksimale vannstander må utestå pga. den utilfredsstillende kalibreringskurven; maksima i tab. 3 illustrerer godt den usikkerhet som foreligger. Det er grunn til å tro at minimums- og medianverdiene ikke influeres særlig av de nevnte feilkilder, og det samme vil antakelig gjelde beregnede vannstander opp til ca. kote 39. Som det vil framgå av fig. 2, er hyppigheten av slike høye vannstander såvidt liten at dette neppe betyr særlig for vurdering av biologiske forhold.

Tabell 3. Karakteristiske vannstander for Venneslafjorden (Ludeflaten) i perioden 1930-1985. Se tekst for detaljer.

Vannstandsvariabel (beregnet)	1930- 1950	1964- 1979	1980- 1985
Median vannstand $\hat{w}_0$	38.18	38.24	38.27
Minste vannstand $\hat{w}_{\min}$	37.85	37.97	37.94
Største vannstand $\hat{w}_{\max}$	43.48*	41.26*	40.87*
z-område (-+ ref. median) (→ se definisjon s. 17)	-0.33 +5.30*	-0.27 +3.72*	-0.33 +2.60*

\* jfr. tekst om usikkerhet ved beregning av høye vannstander

Det framgår av tab. 3 at laveste vannstand og median vannstand har vært nokså stabil gjennom en lang rekke år. Dette gjenspeiler bassengets morfometriske utforming. Ser vi på fordelingen av vannstandene (fig. 2), finner vi at det er en "hale" av høye verdier. Omfanget av "halen" er usikkert pga. forhold nevnt tidligere, men selve formen på vannstandsfordelingen er rimeligvis korrekt og forøvrig typisk for uregulerte innsjøer med utløpsterskler.

Signifikant vannstandsvariasjon i Venneslafjorden (som kan forventes på årsbasis) er 1-2m, med størst sannsynlighet for en variasjonsbredde på litt over 1m. Sammenliknes vinter mot sommersituasjonen (fig. 3) er det en trend mot tiltakende høyere vannstand vinterstid, og en tilsvarende lavere sommervannstand. Det er bare tale om forskyvninger i størrelsesorden 20-30 cm, men dette ser ut til å ha influert islegging av fjorden. Islegging sies å være redusert i tid og omfang, særlig i øvre del av Venneslafjorden. Et annet trekk fra fig.3 er en tendens til utjevning (stabilisering) av median vannstand opp gjennom åra.

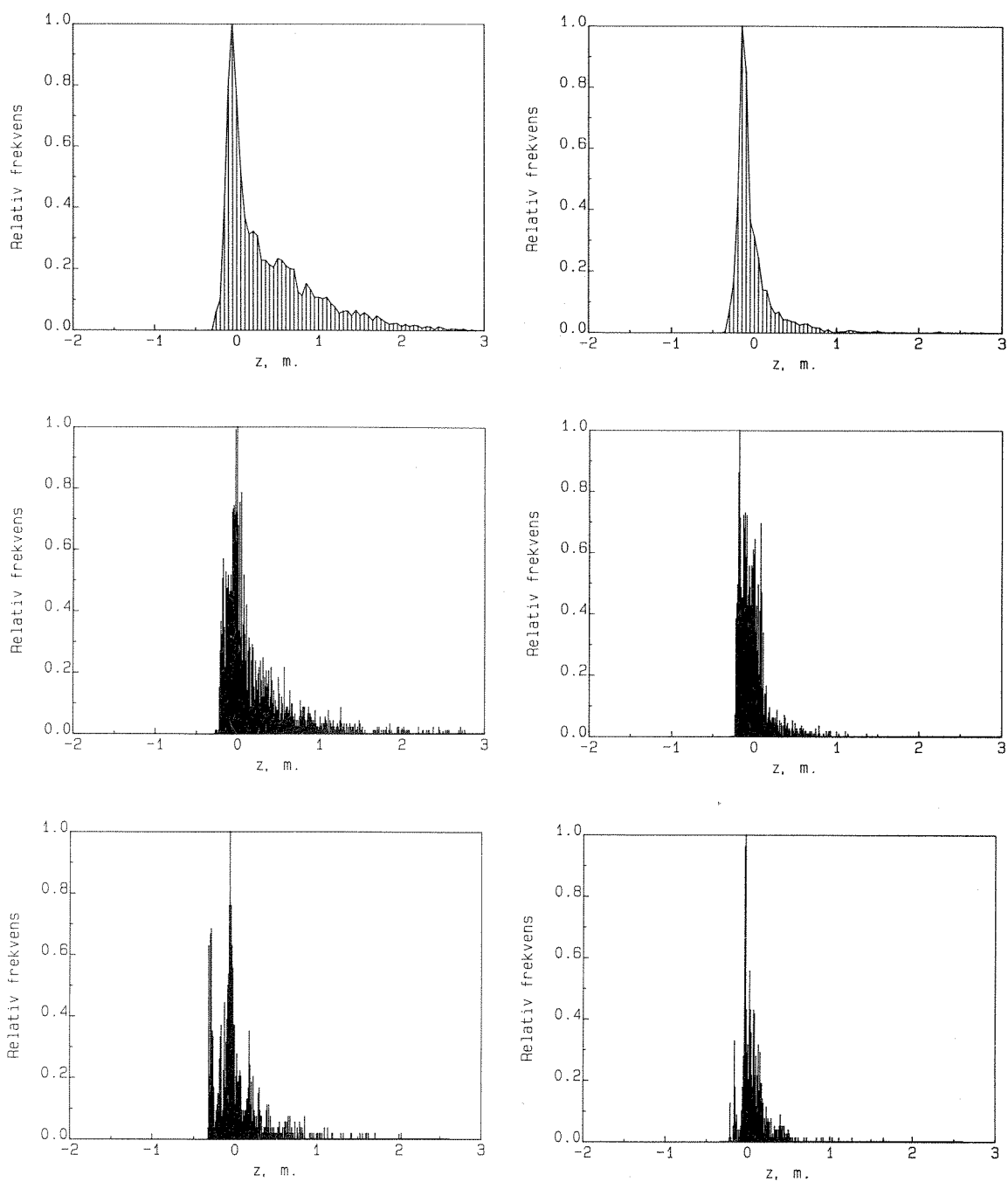


Fig. 2. Fordeling av beregnede vannstander,  $z$ , i Venneslafjorden, fra likn. (2) med  $b=1$ . Fordelt på hvv. sommer (venstre) og vinter (høyre) for åra 1930-1950 (øverst), 1964-1979 (midt) og 1980-1985 (nederst). Vannstand angitt som avvik fra medianvannstand (kote 38.18-38.27, jfr. tab. 2). Negative verdier er under, positive verdier over medianvannstand. Jfr. tekst for usikkerhet i beregnet høy vannstand ( $z \approx +1$  og større). Sommer: uke nr. 17-40 Vinter: uke nr. 1-16, 48-52. Basert på døgnmålinger ved VM 1007 Vigeland.

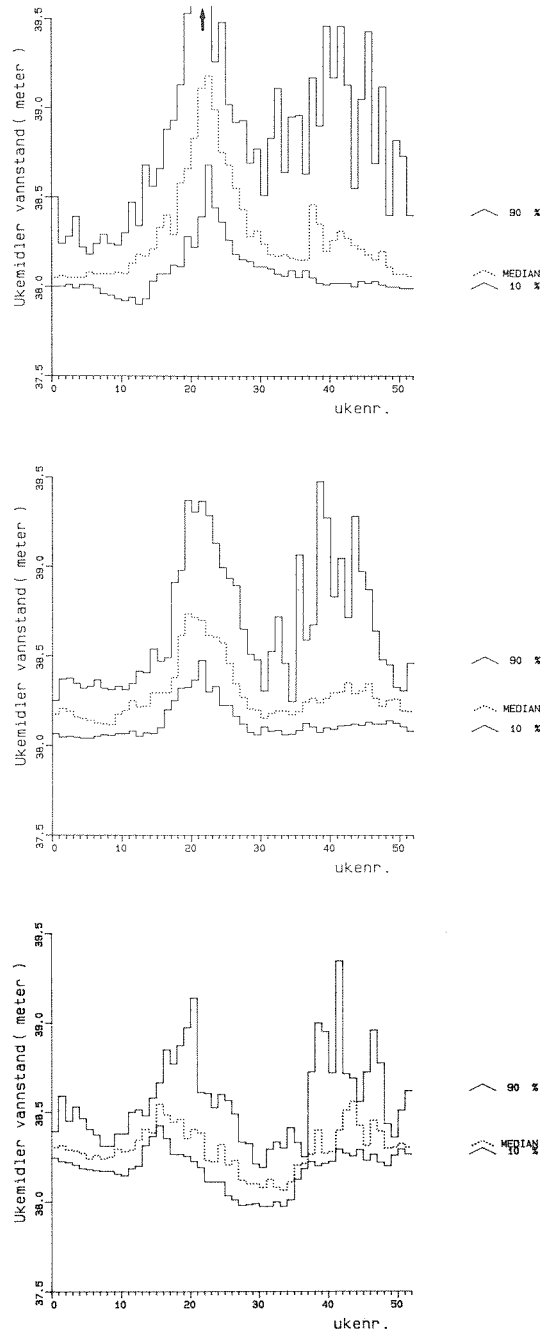


Fig. 3. Ukemidler av beregnet vannstand i Venneslafjorden for åra 1930-1950 (øverst), 1964-1979 (midt) og 1980-1985 (nederst). Vannstand beregnet etter likn. (2) med  $b=1$ . Jfr. tekst for usikkerhet i anslåtte høye vannstander. 10, 50 (median) og 90-persentil for vannstand angitt. Median av ukemidler kan avvike noe fra median beregnet av daglige målinger (fig. 2).

### 3.2 Vegetasjon i Venneslafjorden: Artssammensetning

Vann- og strandvegetasjon observert i Venneslafjorden er gitt i tab. 4. Det er tatt med tidligere observasjoner fra 1976 (Rørslett, 1985b). Etter definisjonen i Hvoslef & Rørslett (1986) er det registrert ca. 15 arter vannplanter (ekskl. moser mv.) i Venneslafjorden. Dette artstallet er noe mer enn ventet etter innsjøens størrelse, fig. 4 (jfr. Rørslett & Hvoslef, 1986). Det ble ikke funnet uventede arter av noe slag i Venneslafjorden.

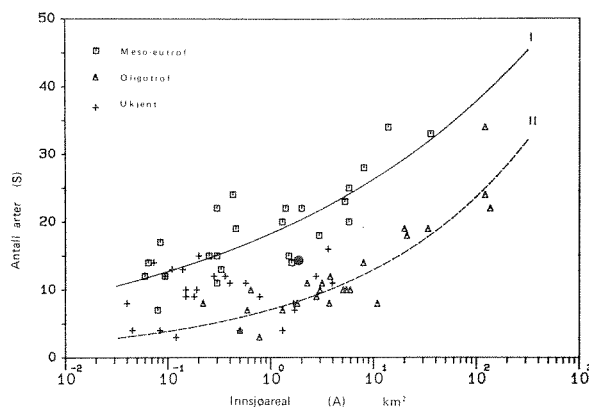


Fig. 4. Samband mellom innsjøareal og antall vannplanter (fra vekstgruppene: isoetider, elodeider, nymphaeider, lemnider) i norske innsjøer. Venneslafjorden merket med '•'. Etter Rørslett & Hvoslef (1986). I = rik, II = fattig innsjø.

Hoveddel av vegetasjonen i Venneslafjorden består av krypsiv (*Juncus bulbosus* L.). Denne planten utmerker seg ved å være uvanlig tilpassningsdyktig for skiftende vannføringer osv. Krypsiv er en ett- eller flerårig plante, som "normalt" hører hjemme på myraktige strender i åpen vegetasjon. Denne landformen danner små tuer som ofte ikke blir mer enn 10-15cm høye, og er gjerne fertile.

I vann kan krypsiv danne en undervannsform (kalt f. *fluitans* (Lam.) Fr.) som i utseende avviker sterkt fra landformen. Vannformen (eller mer korrekt vannmodifikasjonen) danner langstrakte skuddkjeder hvor bladene sitter i knipper. Slike skuddkjeder kan bli flere meter lange.

Krypsiv (undervannsmodifikasjonen) bruker CO<sub>2</sub> fra omgivende vann, har et nokså lavt lyskompensasjonspunkt, og trives i surt vann. Dersom den vokser i rennende vann, viser erfaring fra Norge at høy vannføring om vinteren (evt. kombinert med svakt eller manglende isdekke) kan fremme veksten betydelig. En vesentlig årsak til dette er at plantene under slike forhold ikke visner ned om vinteren, men fortsatt kan være fotosyntetisk aktive.

Tabell 4. Vegetasjon i og omkring Venneslafjorden.

Vegetasjonselement/art		Forekomst
		(●=lite, ●●=middels, ●●●=mye)
<u>Overvannsvegetasjon (□) og helofytter (■)</u>		
Krypkvein	<i>Agrostis stolonifera</i>	■
Vassgro	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	■
Vassrørkvein	<i>Calamagrostis canescens</i>	□ □
Slåttestarr	<i>Carex nigra</i>	■ ■
Flaskestarr	<i>Carex rostrata</i>	■ ■ ■
Beitestarr	<i>Carex tumidicarpa</i>	□
Myrhatt	<i>Comarum palustre</i>	□ □
Sølvbunke	<i>Deschampsia caespitosa</i>	□ □
Sumpsivaks	<i>Eleocharis palustris</i>	■
Elvesnelle	<i>Equisetum fluviatile</i>	■ ■
Myrmaure	<i>Galium palustre</i>	■
Mannasøtgras	<i>Glyceria fluitans</i>	■
Skogsiv	<i>Juncus alpinus</i>	□
Ryllsiv	<i>Juncus articulatus</i>	□
Gulldusk	<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	■
Kattehale	<i>Lythrum salicaria</i>	□
Blåtopp	<i>Molinia coerulea</i>	□ □ □
Strandrør	<i>Phalaris arundinacea</i>	□
Myrrapp	<i>Poa palustris</i>	□
Brønnkarse	<i>Rorippa palustris</i>	□
Veikveronika	<i>Veronica scutellata</i>	□
<u>Kortskuddsplanter (isoetider)</u>		
Nålsivaks	<i>Eleocharis acicularis</i>	●●
Stivt brasmegras	<i>Isoetes lacustris</i>	●
Mykt brasmegras	<i>Isoetes setacea</i>	●
Krypsiv	<i>Juncus bulbosus</i> <sup>1</sup>	●●●
Tjønngras	<i>Littorella uniflora</i>	●
Botnegras	<i>Lobelia dortmanna</i>	●●
Evjesoleie	<i>Ranunculus reptans</i>	●
Sylblad	<i>Subularia aquatica</i>	●

(forts.)

<sup>1</sup> Oppfører seg mer som elodeide i Venneslafjorden



(Tabell 4. Vegetasjon i og omkring Venneslafjorden. Forts.)

Vegetasjonselement/art		Forekomst
		(●=lite, ●●=middels, ●●●=mye)
<u>Flytebladsplanter (nymphaeider)</u>		
Fløtgras	<i>Sparganium angustifolium</i>	●●●
Nøstepiggknopp	<i>Sparganium glomeratum</i> <sup>1</sup>	●
Småpiggknopp	<i>Sparganium minimum</i>	●
<u>Langskuddsplanter (elodeider)</u>		
Klovasshår	<i>Callitriche hamulata</i>	●
Vanlig tusenblad	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	●
Småblærerot	<i>Utricularia minor</i>	●
Mellomblærerot	<i>Utricularia ochroleuca</i>	●●●
Storblærerot	<i>Utricularia vulgaris</i>	●●●
<u>Andre (moser m.v.)</u>		
Torvmoser	<i>Sphagnum auriculatum</i> <sup>2</sup>	●●●
Kransalger	<i>Nitella opaca/flexilis</i>	●
Ferskvannsvamp	<i>Spongilla</i> cf. <i>lacustris</i>	●

<sup>1</sup> Denne arten er ikke normalt en ekte vannplante i henhold til definisjonene i Hvoslef & Rørslett (1986).

<sup>2</sup> Tidligere kalt *S. inundatum* eller *S. subsecundum* var. *inundatum* (Rørslett, 1985).

Ved feltarbeidet i 1986 ble de fleste tidligere observerte artene funnet igjen. Det virket derfor ikke som det hadde skjedd kvalitative endringer av større omfang i fjordens vegetasjon over en 10-års periode. Her må det presiseres at NIVAs bakgrunnsdata utgjør et temmelig spinkelt materiale. En grundig undersøkelse ble ikke foretatt forrige gang (1976), og det materialet som er samlet inn nå (1986) må også ansees å være ufullstendig.

### 3.3 Begroingsalger

Makrovegetasjonen i Venneslafjorden var ved prøvetakingen i september 1986 sterkt overgrodd av alger. Bunnen i innsjøen kunne stedvis være helt dekket av en 5-10cm tykk algematte. En prøve av denne algematten inneholdt en rekke arter trådformede grønnalger, kiselalger (diatoméer) og noen blågrønnalger (tabell 5).

Tabell 5. Dominerende begroingsalger i Venneslafjorden, 24.9.1986

Navn/spesifikasjon	Subjektiv forekomst (jfr. tab.4)
<i>Zygnema</i> 20-21 $\mu\text{m}$	●●●
<i>Microspora</i> cf. <i>palustris</i> 15-16 $\mu\text{m}$	●●
<i>Mougeotia</i> 24 $\mu\text{m}$	●
<i>Mougeotia</i> 15 $\mu\text{m}$	●
<i>Tabellaria flocculosa</i>	●
<i>Hormidium</i> 6 $\mu\text{m}$	●
<i>Merismopedia tenuissima</i>	●
<i>Eunotia</i> cf. <i>sudetica</i>	●
<i>Binuclearia tectorum</i>	●
Coccale grønnalger	●

Begroingsamfunnet karakteriserer Venneslafjorden som en nærings- og elektrolyttfattig, noe sur og svakt humøs innsjø. Dette er helt i samsvar med vannkjemi og makrofytt-vegetasjon.

Samfunn av påvekstalger svært lik det i Venneslafjorden er dokumentert fra Sverige i forsurede innsjøer (Lazarek, 1985). Siden materialet fra Venneslafjorden er såvidt spinkelt, er det ikke klart om påvekstsamfunnet her kan tolkes som en indikasjon på tiltakende forsuring.

### 3.4 Vertikal- og horisontal utbredelse

#### Vertikal (dybde)fordeling

Det er vanskelig å beskrive vannvegetasjonens variasjon i tid og de faktorer som begrenser/øker forekomst av denne vegetasjonen uten å gå inn på vertikalfordelingen. Spesielt viktig er dette i lokaliteter som påvirkes av endringer i vannstanden. Gode modeller finnes nå til-

gjengelige (Rørslett, 1986b). En analyse av vegetasjonens vertikalfordeling ligger imidlertid utenfor rammen for det nåværende oppdrag. Derfor kan vertikalfordelingen 1986 bare kommenteres i korthet.

Situasjonen i 1976 er beskrevet av Rørslett (1985). Stasjonen besøkt i 1976 hadde da relativt rik forekomst av krypsiv, men også stivt brasmegras (*Isoëtes lacustris*) var av betydning. På dypt vann preget torvmoser (*Sphagnum*) vegetasjonen.

Veiarbeid og andre forstyrrelser i strandsonen gjorde 1986-situasjonen noe forskjellig på grunt vann. Det ble f.eks. ikke observert botnegras (*Lobelia dortmanna*) her i 1986; denne arten var vanlig i 1976 men da på grunt vann. Botnegraset forekom 1986 relativt rikelig andre steder i Venneslafjorden. Bildematerialet 1986 viste meget sparsom forekomst av brasmegras-artene, og spesielt var stivt brasmegras nesten ikke representert. Mykt brasmegras (*Isoëtes setacea*) forekom fåtallig på åpne partier uten annen vegetasjon. Denne arten regnes for å være konkurransesvak.

Grovt sett kan vegetasjonen i Venneslafjorden deles opp i dybdegrupper (dyp her som momentanverdier, jfr. Rørslett, 1984, 1986a,b) :

- 
- 0-1m: vegetasjonsfritt på eksponerte lokaliteter, eller i områder med noe strøm. På beskyttede lokaliteter helofyttvegetasjon (flaskestarr, elvesnelle) og stor forekomst av isoetider (nålsivaks, botnegras, evjesoleie) og elodeider (blærerot-arter, tusenblad, krypsiv). Kraftig utvikling av epifyttiske (påvekst) alger.
  - 1-2m: Helt preget av krypsiv med noe fløtgras og blærerot innblandet. Kraftig utvikling av påvekstalger.
  - 2-4(5)m: Som 1-2m sonen, men også innslag av torvmose. Dypere ned blir torvmose mer dominerende. Noe ferskvannssvamp opptrer. Tett dekke av påvekstalger og mye detritus på bunnen.
  - 5-9m: Dypvannssamfunn. Bare blærerot finnes her av karplanter, ned til 6-7m, ellers til dels tett "teppe" av torvmose. Ferskvannssvamp. Mye detritus på bunnen, merkbart mindre påvekstalger.
  - mer enn 9m: Sporadisk ferskvannssvamp, ingen torvmose dypere enn ca. 9.5m. Slamaktig bunn, lite grovdetritus.
- 

Sammenlignet med tidligere observasjoner synes dagens situasjon å være nokså lik, men det er åpenbart større forekomst av påvekstalger enn før. Forøvrig synes bl.a. tjønngras (*Littorella uniflora*) å mangle på den undersøkte stasjonen nå.

### Arealutbredelse av vegetasjonen

I følge vegetasjonskartet (fig.5) forekommer vannvegetasjonen over ca. 0.7 km<sup>2</sup> i Venneslafjorden. Det vegetasjonsdekkede arealet utgjør omkring 48% av innsjøens nettoareal (ca. 1.45 km<sup>2</sup>). Størst utbredelse av vannvegetasjon er i den øvre del av fjorden. Denne fjorddelen har også et tydelig fall og strømmende vann.

Fordi fig. 5 er basert på flybilder, er det totale begrodde arealet sannsynligvis anslått noe lavt. Imidlertid forekom den dominerende arten, krypsiv, bare ned til omkring z=-4m (nivå under median vannstand) og alle større kolonier av denne planten er rimeligvis kommet fram på bildene. Det foreliggende bildematerialet viser også klart at de virkelig tette krypsiv-koloniene forekommer fra Ludeflaten og nordover, spesielt nedstrøms Drivenesøya.

De tette bestandene av krypsiv betyr en alvorlig hindring for bruk av innsjøen til f.eks. båtsport, fiske og andre aktiviteter. NIVAs feltarbeid ble for eksempel sterkt hindret av den tette vegetasjonen.

De eldre flybildene (se s. 5 for bildenumre) er delvis fotografert på noe ugunstige tidspunkter for vegetasjonsformål. Imidlertid kommer den økende tilgroingen med krypsiv klart fram på bildematerialet. Bildene viser også tydelig at den største tilgroingen har funnet sted i øvre deler, dvs. der vannspeilets fall er størst.

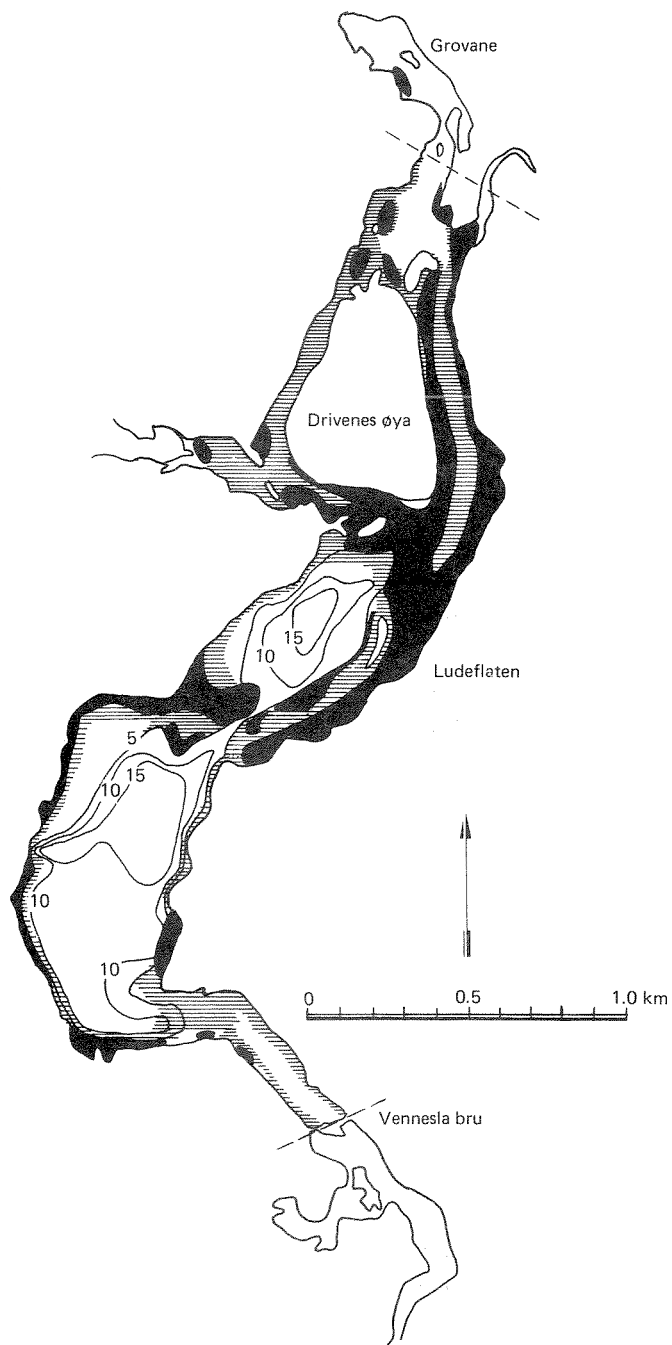


Fig. 5. Vegetasjonskart for Venneslafjorden, 1986. Bare vannvegetasjon er tatt med. Se for øvrig tekst for detaljer.

Heldekkende skravur: meget tett vegetasjon.  
Åpen skravur: mindre tett vegetasjon.

### 3.5 Nisjeromsanalyse

Vegetasjonen forandres meget tydelig langs en gradient fra land til under vann (Hutchinson, 1975). Nye arter kommer til og andre arter forsvinner. Dette kalles sonering, og gradienten betegnes en vertikalgradient (iblant feilaktig en "dybde"gradient). Nisjen til en vannplante er den del av vertikalgradienten hvor planten kan eksistere.

I samband med reguleringsinngrep er det av stor interesse å undersøke hvordan nisjens størrelse påvirkes ved ulike mønstre for vannstandsvariasjoner (Rørslett, 1984). Dette forteller direkte om hvorvidt en art begunstiges av ett inngrep (eller ikke). Beregningene er relativt omfattende og gjøres normalt ved hjelp av en datamaskin. For de matematiske og statistiske detaljene henvises til Rørslett (1984, 1986a,b).

Vegetasjonens vertikale fordeling beskrives best i forhold til medianvannstand (jfr. Rørslett, 1984, 1986b). Koordinatene er gitt ved :

$$z = Z - Z_0$$

hvor  $Z$  = nivåangivelse (vilkaerlig system med  $Z$ -akse positiv opp) og  
 $Z_0$  = median vannstand (paa  $Z$ -akse)

Alle nivåangivelser ( $z$ ) under medianvannstand har dermed negativt fortegn. Det maa understrekes at  $z$ -koordinatene ikke er det samme som dyp, slik dette begrepet normalt brukes (dyp = distanse inn- eller nedover fra en overflate).

Beregninger av nisjerom for krypsiv (*Juncus bulbosus*) er gjort for periodene: 1930-1950, 1964-1979, og 1980-1985. Det er brukt en svekningskoeffisient for undervannsllys paa  $0.36 \text{ m}^{-1}$  og en antatt is-tykkelse paa 0.4m. Det hydrologiske bakgrunns materialet er gitt av fig. 2-3. Fig. 6 viser beregnet nisjerom for de tre periodene. For den siste perioden (1980-1985) er det beregnet nisjerom med og uten islegging. Fra disse beregningene kan det sluttetes at

- nisjerommet er økt i størrelse i 1980-1985 sammenliknet med periodene før.
- ekspansjon er mulig saavel mot dypere som mot grunnere vann.
- en redusert islegging gir tydelig utslag i potensiell utvidelse av artens forekomst.

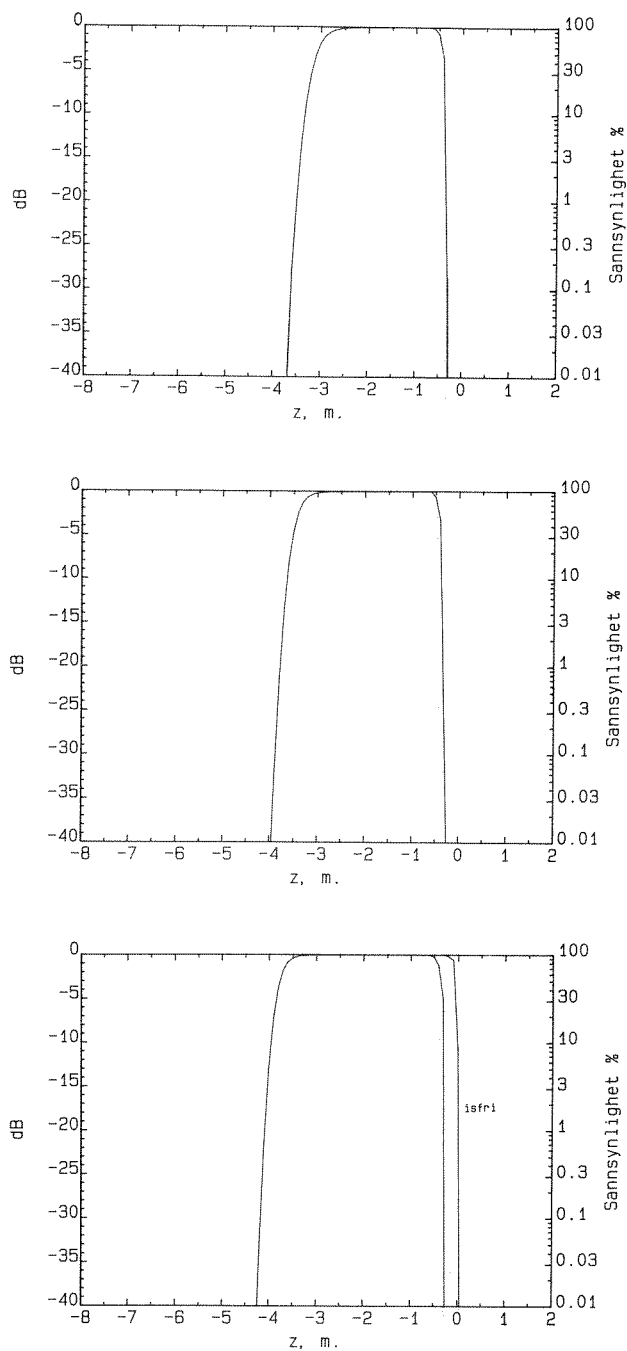


Fig. 6. Teoretisk nisjerom ("survival niche", Rørslett, 1986b) for krypsiv (*Juncus bulbosus*). Se ellers tekst for detaljer. Åra 1930-1950 (øverst), 1964-79 (midt), 1980-1985 (nederst). For 1980-1985 også vist nisjerom ved manglende isdekke. Tidsvindu (Rørslett & Agami, 1986) satt til 1 år.

z = vertikalkoordinat som avvik fra periodens median vannstand. Sannsynlighet for overleving i % på logaritmisk skala.

#### 4 DISKUSJON

Venneslafjorden påvirkes av reguleringer og tiltakende forsuring. Noe utslipp av kloakkvann finner fortsatt sted (våre observasjoner i 1986). Skal alle disse faktorene vurderes på et faglig sett tilfredsstillende måte, ville det kreve en langt mer omfattende undersøkelse enn det NIVA gjennomførte i 1986. Den foreliggende diskusjonen er en foreløpig vurdering av situasjonen i Venneslafjorden 1986, og en begrunnet oppfatning om årsak(er) til problemene i fjorden.

Vannvegetasjonens betydning for innsjøsystemet er velkjent (Hutchinson 1975). Større endringer i vegetasjonens utbredelse og sammensetning kan få alvorlige ringvirkninger (f.eks. endring i erosjonsforhold, lystilgang og dermed algeproduksjon, endring av oppvekstmiljøet for fisk og deres næringsdyr). Slike forandringer skjer oftest nokså langsomt.

Endringene i vegetasjon kan innebære:

- kvalitative aspekter (fler, færre, eller andre arter)
- kvantitative aspekter (større eller mindre vegetasjonsareal)

For Venneslafjordens vedkommende, kan det med stor sikkerhet sies at

- Noen arter er i ferd med å forsvinne helt
- Forholdet mellom artene endres over tid
- Areal med vannvegetasjon øker

Venneslafjorden er noe mer artsrik enn ventet (jfr. fig. 4). Dette kan muligens komme av innsjøens mellomstilling som innsjø betraktet. Det er lite trolig at den svakt forhøyde artsrikdom kan føres tilbake på kloakkvannspåvirkning - siden dette er en stressbelastning som kan ventes å redusere artstall, ikke å øke det.

Forsuringen er utvilsomt medvirkende til vegetasjonsendringene i Venneslafjorden. Dette indikeres av flere forhold. For det første, er nettopp de lite forsuringstolerante artene (jfr. Roelofs, 1983) i ferd med å forsvinne. Klassiske tegn på forsuring: opphoping av dødt plantemateriale, klart vann, økt forekomst av trådformede alger og torvmoser (Grahn, 1985); er til stede i Venneslafjorden. De artene som går ut etter hvert, tilhører alle det såkalte "isoetide"samfunnet (Rørslett, 1986b): tjønngress (*Littorella uniflora*) og brasmegrass (*Isoetes lacustris* og *I. setacea*). Disse artene er viktige komponenter i nærings- og stoffomsetningen i oligotrofe (næringsfattige) innsjøer



(Roelofs, 1983; Grahn, 1985). Artene som øker, er spesielt krypsiv og blærerot-arter blant karplantene, og forøvrig torvmoser og påvekstalger.

Den dominerende arten i Venneslafjorden, krypsiv (*Juncus bulbosus*), er rapportert å øke i forekomst ved forsuring (Nilssen, 1980; Roelofs, 1983; Wetzel og medarb., 1984). Dette baseres mest på en vurdering av "dagens" situasjon mer enn nøye oppfølging på én lokalitet over tid. Krypsiv er utvilsomt særs godt tilpasset et surt miljø, bl.a. ved sin effektive utnyttelse av CO<sub>2</sub> fra vann såvel som sediment (Roelofs og medarb., 1984; Wetzel og medarb., 1984). Om ikke annet, vil dette gi arten en klar konkurransemessig fordel ved en tiltakende forsuring.

Kan så den økte forekomst av krypsiv i Venneslafjorden føres tilbake på forsuring alene? Ser man på Venneslafjorden isolert, og ikke vurderer endringer i hydrologiske forhold, ville det være fristende å svare ja på dette spørsmålet.

Vi mener at en slik slutning ville være forhastet, siden annen tilgjengelig informasjon ikke ble brukt. Det er f.eks. et faktum at krypsiv rapporteres å være et økende problem langs mange deler av Otra, også i områder der forsuring ikke er av betydning (f.eks. øvre deler av vassdraget, nedstrøms Brokke kraftverk, osv.). Ser vi på områdene med kraftig vekst av krypsiv, er det et felles trekk at vinter-vannføringen er økt her. Dette er uten unntak også knyttet sammen med redusert sommervannføring. En følge av slike hydrologiske endringer er sterkt svekket eller manglende islegging.

For krypsiv betyr strømmende vann at næringstilgang sikres selv under klart næringsfattige forhold. Dermed kan planten opprettholde en betydelig skuddbiomasse. Veksten fremmes av manglende isdekke, siden planten da ikke dør ned om vinteren. Planten følger da en flerårig livssyklus. Dette gir igjen mulighet for å danne lange skuddkjeder, noe som er typisk tilstede i Venneslafjorden.

Dersom endret vannføring er en vesentlig forklaring på tilgroing med krypsiv i Venneslafjorden, kan man stille spørsmål om betydningen av den reduserte minstevannføring i Otra.

I følge kalibreringskurvene laget av Kristiansand E-verk og NIVA, tilsvarer en vannføring ved Vigeland på 50 m<sup>3</sup>/s el. 70 m<sup>3</sup>/s en vannstand i Venneslafjorden på henholdsvis ca. 37.97m og 38.06m. For-skjellen er altså bare 9cm. I løpet av årene 1930-1985 har medianvannstand i Venneslafjorden variert mellom 38.18m og 38.27m, dvs. også 9cm. De to vannføringsalternativene, 50 resp. 70 m<sup>3</sup>/s, betyr

med andre ord en (beregnet) forskjell i vannstand omtrent lik den innsjøen selv har i det lange løp. Dette skal også settes i relasjon til årlige endringer i vannstand på 1-2m (jfr. s. 7 og fig.2-3).

Langt viktigere er fordelingen av vannstandene. Gjennom den omfattende regulering av Otra har det skjedd en forskyvning av høye vannstander til vinterhalvåret, kombinert med lave vannstander sommertid (fig.2-3). Modellberegninger (s. 17 og fig. 6) antyder at disse endringene kan ha gitt krypsiv en ekspansjonsmulighet på dypt såvel som på grunt vann. I denne sammenheng vil vi framheve betydningen av redusert isdekke. Nettopp i områder med manglende isdekke har planten nå sin største forekomst.

Siden økt minstevannføring til f.eks. 70-80 m<sup>3</sup>/s fra dagens 50 m<sup>3</sup>/s vil bety lite for vannstanden i Venneslafjorden, må alternative tiltak for å begrense veksten av uønsket vannvegetasjon vurderes. Antydningssvis kan en kombinasjon av forhøyd vannstand om sommeren, og redusert vannstand om vinteren, bidra til en bedring av forholdene. Det kan være mulig å oppnå dette uten dramatiske endringer i OTRAS vannføring, dersom de nødvendige tekniske tiltak gjøres i Venneslafjorden. En slik utredning er utenfor rammen av det nåværende oppdrag.

Til slutt vil vi gjenta at den foreliggende vurderingen er basert på et nokså spinkelt datamateriale, at viktige aspekter ved vegetasjonens forekomst (bl.a. vertikalfordeling) ikke er detaljstudert, og at det delvis mangler tidligere vegetasjonsdata - og midler til en oppfølging av den antatte tilgroingsprosess videre. Forurensningssituasjonen i Otra nedstrøms Venneslafjorden er heller ikke vurdert i samband med spørsmål om ønsket vannføring i Otra og tilsvarende vannstand i Venneslafjorden.

## LITTERATUR

- Grahn, O. 1985: Macrophyte biomass and production in Lake Gårdsjön - an acidified clearwater lake in SW Sweden. *Ecol. Bull.* 37: 203-212.
- Grande, M., Rørslett, B. & Hals, B. 1980: Overvåkingsundersøkelser i Nedre Otra. Fremdriftsrapport for 1979. Norsk institutt for vannforskning, rapport O-73012 VI, 36 s.
- Hutchinson, G.E. 1975: A treatise on limnology. III. Limnological botany. Wiley & Sons, New York, 660 s.
- Hvoslef, S. 1986: Befaring 20.8.85 i Storebukta med tilstøtende vassdrag (Vennesla kommune). Norsk institutt for vannforskning, notat O-85153, 17 s.

- Hvoslef, S & Rørslett, B. 1986: Makrovegetasjon i norske innsjøer. I. Avgrensning av vannvegetasjon og regional forekomst. K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser. 1986: (under trykning)
- Lazarek, S. 1985: Epiphytic algal production in the acidified Lake Gårdsjön, SW Sweden. Ecol. Bull. 37: 213-218.
- Nilssen, J.P. 1980: Acidification of a small watershed in southern Norway and some characteristics of acidic aquatic environments. Internat. Rev. ges. Hydrobiol. 65: 177-207.
- Roelofs, J.G.M. 1983: Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in The Netherlands. I. Field observations. Aquat. Bot. 17: 139-155.
- Roelofs, J.G.M., Schuurkes, J.A.A.R. & Smits, A.J.M. 1984: Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in The Netherlands. II. Experimental studies. Aquat. Bot. 18: 389-411.
- Rørslett, B. 1984: Environmental factors and aquatic macrophyte response in regulated lakes - a statistical approach. Aquat. Bot. 19: 199-220.
- Rørslett, B. 1985: Regulation impact on submerged macrophyte communities in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2927-2936.
- Rørslett, B. 1986a: Statistics of the underwater light field: An empirical model. Internat. Rev. ges. Hydrobiol. 71: (under trykning)
- Rørslett, B. 1986b: A generalized spatial niche model for aquatic macrophytes. Aquat. Bot. (innsendt)
- Rørslett, B. & Agami, M. 1986: Downslope limits of aquatic macrophytes: A test of the transient niche hypothesis. Aquat. Bot. (innsendt)
- Rørslett, B., Green, N.W. & Kvalvågnes, K. 1978: Underwater stereophotography as a tool in aquatic biology. Aquat. Bot. 4: 73-81.
- Rørslett, B. & Hvoslef, S. 1986: Makrovegetasjon i norske innsjøer. II. Empiriske art-areal relasjoner. K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser. 1986: (under trykning)
- Rørslett, B., Tjomsland, T., Løvik, J.E., Lydersen, E., Mjelde, M. & Grande, M. 1981: Undersøkelse av Øvre Otra. Norsk institutt for vannforskning, rapport 0-72198 IV, 180 s.
- Wetzel, R.G., Brammer, E.S. & Forsberg, C. 1984: Photosynthesis of submerged macrophytes in acidified lakes. I. Carbon fluxes and recycling of CO<sub>2</sub> in *Juncus bulbosus* L. Aquat. Bot. 19: 329-342.

## **ORDFORKLARINGER**

*Detritus: dødt, ikke nedbrutt, plantemateriale.*

*Elodeider: (langskuddsplanter) planter med ofte lange, flytende stengler. Næringsopptak fra vann og bunn. Stor forekomst av enkelte arter kan være tegn på god næringstilgang.*

*Flytebladsvegetasjon - under medianvannstand, med flyteblad. Rotfestet (nymphaeider), eller frittflytende (lemnider).*

*Isoetider: (kortskuddsplanter) planter med blader samlet i rosett, ofte uten stengel. Typisk for næringsfattige lokaliteter og steder med vannstandsveksling.*

*Makrovegetasjon : vegetasjon av store, iøynefallende planter ( i motsetninger til mikroskopiske alger og frittsvende plankton). Omfatter gjerne karplanter, bregneplanter, og noen moser og kransalger.*

*Median vannstand: en vannstand som holdes 50% eller mer av tida.*

*Nisje: det sett av miljøfaktorer, og verdier av disse, som skal til for at en plante kan forekomme og evt. formere seg.*

*Dersom de nødvendige faktorene er funksjoner av voksestedets plassering (langs en dybdegradient, f.eks.) kan nisjen avbildes i et nisjerom med tilhørende koordinater.*

*Nisjerommet har tid som én koordinat.*

*Strandvegetasjon (overvannsvegetasjon) - forekommer også over median vannstand, med skudd over vannoverflaten. Se vannveg.*

*De mest typiske artene kalles helofytter.*

*Tidsvindu: tidskoordinat i nisjerommet (se dette).*

*Undervannsvegetasjon - normalt aldri over median vannstand, ned-senkede planter (isoetider, elodeider). Se vannvegetasjon.*

*Vannplanter: Arter som normalt hører til i vannvegetasjonen.*

*Vannvegetasjon: all vegetasjon som finnes under median vannstand.*

*Brukt som samlebegrep for: flyteblads- og undervannsvegetasjon, ikke medregnet strandvegetasjon.*

*z-koordinater: Avvik fra medianvannstand (+ over, - under). Brukes til å angi utbredelse av planter. Er ikke det samme som dyp (nivå og dyp forveksles ofte i limnologiske arbeider).*