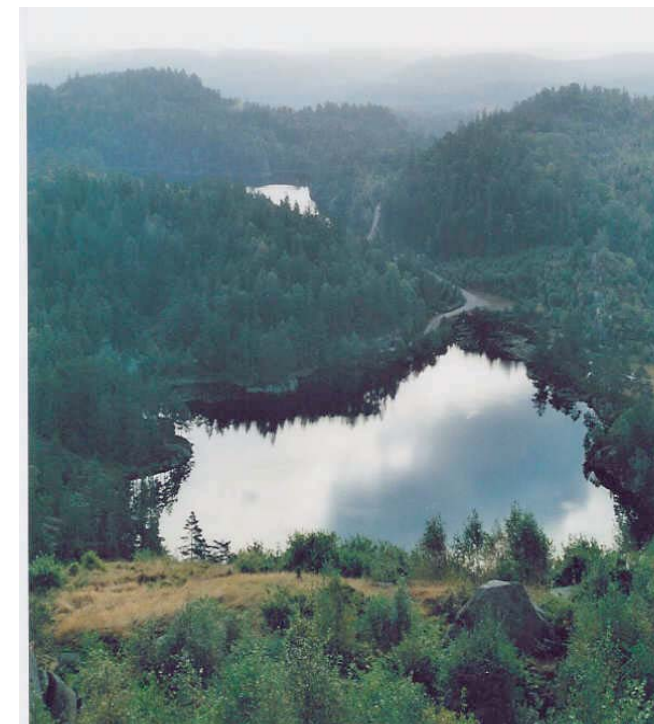


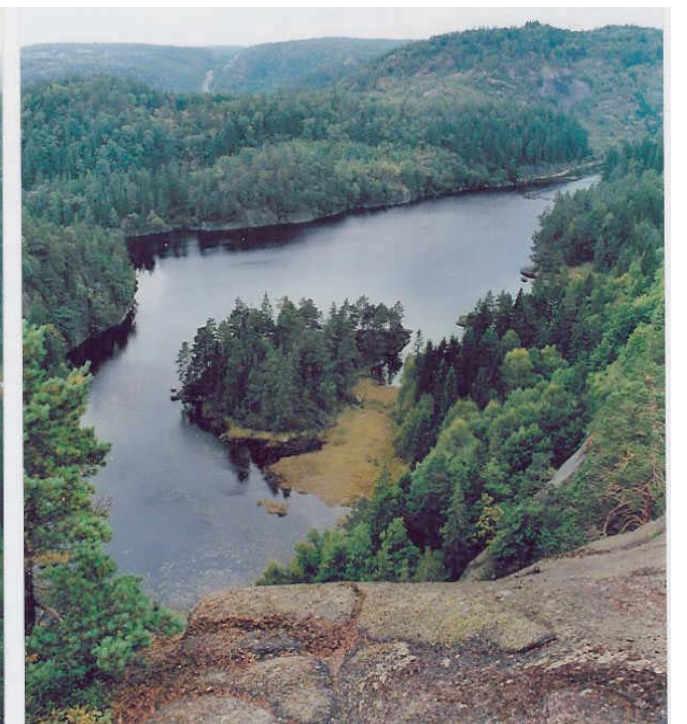


RAPPORT LNR 4881-2004

**U**tvikling av krypsiv -  
*Juncus bulbosus* - i Øvre  
og Nedre Lundetjenn



*Øvre Lundetjenn*



*Nedre Lundetjenn*

*Foto: NIVA*

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 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**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Utvikling av krypsiv - <i>Juncus bulbosus</i> - i Øvre og Nedre Lundetjenn	Løpenr. (for bestilling) 4881-2004	Dato 15.09.2004
	Prosjektnr. Undernr. 24197	Sider Pris 17
Forfatter(e) Marit Mjelde	Fagområde ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges Forskningsråd, NIVA, Fylkesmannen i Vest-Agder	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

I perioden 1999-2001 ble Nedre Lundetjenn i Grimstad kommune gjødslet med fosfor, som et ledd i forskningsprosjektet NITRAP. Øvre Lundetjenn tjente som referanseinnsjø. Utvikling av vannvegetasjon, først og fremst krypsiv (*Juncus bulbosus*), ble undersøkt i begge innsjøene i perioden 1997-2001. I løpet av gjødslingsperioden ble arealdekningen av krypsiv i Nedre Lundetjenn redusert fra 20-25% til ca. 1%. I Øvre Lundetjenn var det ingen nevneverdige endringer i deknningen av krypsivbestandene.

Mulige forklaringsfaktorer for tilbakegangen av krypsiv i Nedre Lundetjenn er diskutert, men årsaken til selve sammenbuddet er fortsatt uavklart. Det ser ut til at økt næringsinnhold i innsjøer kan virke hemmende på veksten av krypsiv. Dette kan være svært nyttig ved framtidig vurdering av ulike tiltak for å hindre eller redusere forekomst av krypsiv. Imidlertid er det en rekke uklarheter som må løses før gjødsling i det hele tatt kan vurderes som mulig tiltak. Det er først og fremst viktig å få sikkerhet i at gjødslingen er årsaken og dernest å få klarhet i hvorfor denne redusjonen skjer, samt i hvilke typer lokaliteter vi kan forvente en slik utvikling.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. makrovegetasjon	1. Aquatic macrophytes
2. krypsiv	2. Bulbosus rush
3. forsuring	3. Acidification
4. gjødsling	4. Fertilisation



Marit Mjelde  
Prosjektleder



Anne Lyche Solheim  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4567-7



Nils Roar Sælthun  
Forskningsdirektør

**O-24197**

**Utvikling av krypsiv - *Juncus bulbosus* - i**

**Øvre og Nedre Lundetjenn**

## Forord

Registrering av vannvegetasjonen i Øvre og Nedre Lundetjenn inngikk som en del av NIVA-prosjektet NITRAP (Nitrate Retention and deacidification in Acidified lakes by Phosphate addition), ledet av Anne Lyche Solheim, med bevilgninger fra Norges Forskningsråd, DN, SFT, Fylkesmannen i Aust-Agder og Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Målet med NITRAP-prosjektet var å øke retensjonen av nitrat og øke pH i en sur innsjø ved hjelp av forsiktig fosfertilsetning.

Resultatene fra vannvegetasjonsundersøkelsene anses å være nyttige ved framtidig vurdering av ulike tiltak for å redusere veksten av kryptosiv, og rapporteringen er derfor gjort med bidrag fra Fylkesmannen i Vest-Agder, Kryptosivprosjektet. Fylkesmannens kontaktperson har vært Edgar Vegge.

Kersti Bakkebø har samlet inn, bearbeidet og analysert biomasseprøvene, samt laget vegetasjonskartet for 1999-situasjonen. Liv Bente Schanke har deltatt i feltarbeidet, mens Stein W. Johansen, Eli-Anne Lindstrøm og Anne Lyche Solheim har kommet med verdifulle innspill og kommentarer til rapporten. Takk til alle for bidrag.

Rapporten er skrevet av Marit Mjelde, som også har vært ansvarlig for denne delen av prosjektet.

Oslo, 15. september 2004

*Marit Mjelde*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn og formål	6
1.2 Lokalitetsbeskrivelse	6
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>7</b>
2.1 Definisjoner	7
2.2 Feltarbeid	7
2.3 Laboratorieanalyser	7
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Generell vegetasjonsbeskrivelse	9
3.2 Utviklingen av krypsiv i perioden 1997-2001	9
3.2.1 Generelt om krypsiv	9
3.2.2 Dekning og årsskudd	10
3.2.3 Biomasse	12
3.2.4 Elementanalyser	12
3.2.5 Observasjoner av krypsiv i 2004	13
3.3 Mulige årsaker til sammenbrudd i krypsivvegetasjonen	13
<b>4. Referanser</b>	<b>16</b>

---

## Sammendrag

Utvikling av vannvegetasjon, først og fremst krypsiv (*Juncus bulbosus*), i Øvre og Nedre Lundetjenn i Grimstad kommune, ble kartlagt i perioden 1997-2001. Undersøkelsen var en del av NITRAP-prosjektet, hvor hensikten var å foreta en forsiktig fosforgjødsling i en sur innsjø, Nedre Lundetjenn, for å øke både pH og retensjonen av nitrat. Gjødslingen av Nedre Lundetjenn pågikk i tre år, 1999-2001, mens Øvre Lundetjenn tjente som referanse.

I 1997 og 1998 var krypsiv en dominerende art i begge bassenger. Krypsivplantene hadde årsskudd på 40-60 cm. I august 1999 var krypsivplantene i Nedre Lundetjenn overvokst med begroingsalger og det ble samtidig registrert store mengder frittflytende krypsiv-planter og -såter. I løpet av gjødslingsperioden (1999-2001) ble arealdekningen av krypsiv i Nedre Lundetjenn redusert fra 20-25% til ca. 1%. I Øvre Lundetjenn var det ingen nevneverdige endringer i dekningen av krypsivbestandene.

Mulige forklaringsfaktorer for tilbakegangen av krypsiv i Nedre Lundetjenn er diskutert, men hverken klimaforandringer, reduserte lysforhold på grunn av økt planteplankton-biomasse, redusert CO<sub>2</sub> og NH<sub>4</sub> i vannmasser og sediment ser ut til å være årsaken. Skyggeeffekter og redusert gass- og næringsutveksling på grunn av økt begroing kan ha betydning. En endring i forholdet mellom nitrogen og fosfor (N/P-forholdet) både i vann og planter kan også være av betydning.

Ut fra våre resultater ser det altså ut til at økt fosforinnhold i innsjøer kan virke hemmende på veksten av krypsiv. Dette kan være svært nyttig ved framtidig vurdering av ulike tiltak for å hindre eller redusere forekomst av krypsiv. Imidlertid er det en rekke uklarheter som må løses før gjødsling i det hele tatt kan vurderes som mulig tiltak. Det er først og fremst viktig å få sikkerhet i at gjødslingen er årsaken og dernest få klarhet i hvorfor denne redusjonen skjer, samt i hvilke typer lokaliteter vi kan forvente en slik utvikling.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn og formål

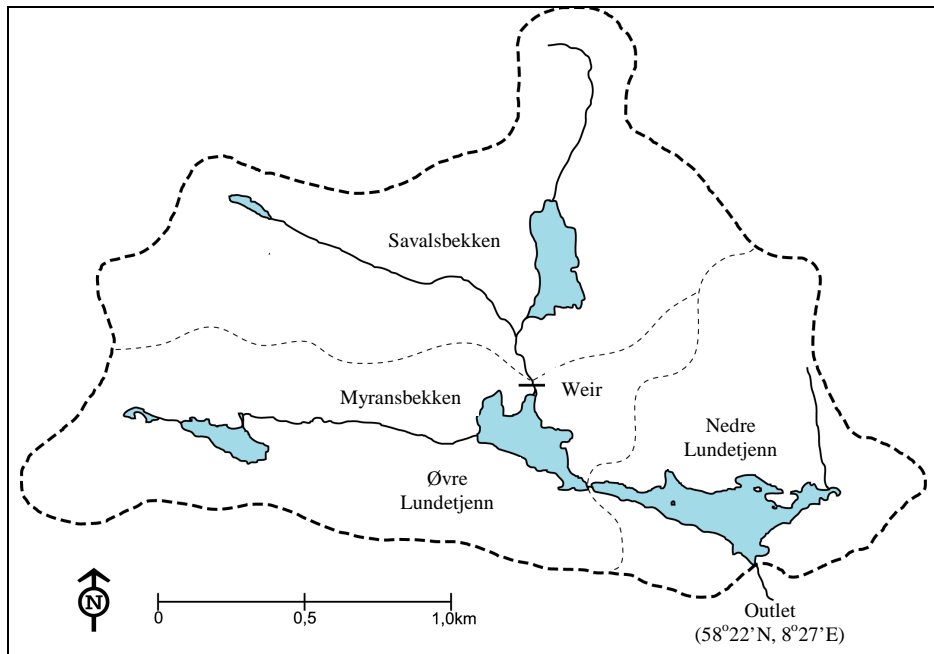
I perioden 1999-2001 ble den forsurete innsjøen Nedre Lundetjenn gjødslet med fosfor, mens Øvre Lundetjenn var referanselokalitet. Hensikten med prosjektet var å undersøke muligheten for økt tilbakeholdelse av nitrogen i et akvatisk økosystem gjennom tilsetning av fosfor, som et mulig alternativ til kalking (Kaste og Lyche-Solheim 2004).

Den foreliggende rapporten presenterer utviklingen av vannvegetasjonen, særlig av krypsiv (*Juncus bulbosus*), i Øvre og Nedre Lundetjenn, i gjødslingsperioden.

## 1.2 Lokalitetsbeskrivelse

Prosjektet inkluderer to mindre innsjøer, Øvre og Nedre Lundetjenn, beliggende i Grimstad kommune, Aust-Agder fylke (figur 1, tabell 1). Berggrunnen i området er kalkfattig og nedbørfeltet består stort sett av skog. Fosfortilførslene fra nedbørfeltet er ubetydelige.

Før gjødsling var begge innsjøene preget av foruring med lav alkalitet, pH rundt 5 og lavt fosforinnhold (Kaste og Lyche-Solheim 2004). Fosforgjødslingen av Nedre Lundetjenn startet i mai 1999 ved tilsetning av fosforsyre ukentlig i hele vekstsesongen (mai-november) i 1999, 2000 og 2001. Totalfosfor-konsentrasjonen i innsjøen økte fra ca. 4 µg/l til 10-12 µg/l i denne perioden (se tabell 2). Utfyllende beskrivelse av gjødslingen og vannkjemiske effekter er gitt i Kaste og Lyche-Solheim (2004) og Donali m.fl. (2004).



Figur 1. De undersøkte innsjøene og deres nedbørfelt (kart hentet fra Kaste og Lyche-Solheim 2004).

Tabell 1. Morfologisk karakteristik av innsjøene (Haande 2001).

	Øvre Lundetjenn	Nedre Lundetjenn
høyde over havet (m)	126	126
innsjøareal (km <sup>2</sup> )	0.044	0.078
maksimum dyp (m)	19	25
middeldyp (m)	7	8.5

Tabell 2. Middelverdier av utvalgte parametre i Øvre og Nedre Lundetjenn før gjødsling og i gjødslingsperioden (etter Donali m.fl. 2004).

		før gjødsling (1998)		gjødslingsperioden (1999-2001)	
		Ø. Lundetjenn	N. Lundetjenn	Ø. Lundetjenn	N. Lundetjenn
total fosfor	mg P/m <sup>3</sup>	5,9	4,0	6,0	10,7
ammonium	mg NH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	16,9	24,0	27,3	20,3
nitrat	mg NO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	174	155	251,0	148
pH	*	4,81	5,27	4,91	5,07
klorofyll	mg/m <sup>3</sup>	1,48	1,0	1,61	4,36

## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Definisjoner

Makrovegetasjon kan deles inn i grupper etter livsform: helofytter (semi-akvatiske arter med hoveddelen av fotosyntetiserende organer over vannflata det meste av tida og et velutviklet rotsystem), isoetider (kortsukksplanter), elodeider (langskuddsplanter), nymphaeider (flytebladsplanter) og lemnider (flytere). De siste fire gruppene blir i denne rapporten omtalt som vannvegetasjon. Navnsettingen følger stort sett Lid og Lid (1994), bortsett fra *Juncus bulbosus* som er navngitt etter Lid (1987).

### 2.2 Feltarbeid

Registrering av vannvegetasjonen ble utført i perioden 1997-2001 i henhold til standard metode for registrering av artsdiversitet i innsjøer. På ulike lokaliteter i innsjøen (med ulike erosjonsforhold, utløp, innløp, grunne eller dype områder osv.) ble artene registrert ved hjelp av båt, vannkikkert og kasterive. Artene er kvantifisert ved hjelp av en semi-kvantitativ skala 1-5, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende. Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstanden ved observasjonstidspunktet. Vegetasjonskartet er basert på dekningsvurderinger i felt i juli 1999, og representerer således situasjonen før effekter av fosfortilsetningen ble registrert i vegetasjonen. Biomasseprøvene ble innhentet i august 1999 fra 2 områder i hver innsjø. Prøver til elementanalyser ble innhentet fra de samme områdene i august 1999 og september 2000.

### 2.3 Laboratorieanalyser

Alle biomasseprøvene ble tatt fra tette krypsivbestander, som antas å representere maksimale biomasser i de to innsjøene. Det ble tatt prøver i to forskjellige områder i hver innsjø fra totalt 5 prøveflater à 0.04m<sup>2</sup> (0.2 x 0.2 m) (tabell 3). Bare overjordisk materiale ble samlet inn (dvs. rot delen er ikke inkludert). Hele planten, inkludert stengel, rosettblad og årsskudd, ble homogenisert, tørket og veid før biomassen ble beregnet. Løst materiale av frittflytende planter og såter i Nedre Lundetjenn ble samlet inn og veid separat.



Elementprøvene (tabell 4) er "bulk" prøver, dvs. de inkluderer stengel, rosettblad og årsskudd. I enkelte av prøvene fra 1999 var det vanskelig å skille friske skudd fra gamle skudd og algebegroing. Flere av prøvene inneholdt dessuten noe røtter. Imidlertid viste elementinnholdet i disse prøvene ingen signifikante forskjeller i forhold til øvrige prøver. Prøvene fra 2000 var svært få og ulike. Mens prøvene fra Øvre Lundetjenn var tilsvarende 1999, besto prøvene fra Nedre Lundetjenn stort sett bare av små, nye rosetter uten årsskudd.

Alt analysearbeidet foregikk på Landbrukshøyskolen på Ås, og ble utført av Kersti Bakkebø.

Tabell 3. Biomasseprøver av tette bestander av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn 26.8.1999 (for plassering se figur 2).

Innsjø	område	ant.prøver	prøvedyp (cm)
Øvre Lundetjenn	II	3	78-100
	I	2	90-113
Nedre Lundetjenn	II	2	65-75
	III	3	60-75

Tabell 4. Prøver for innhold av fosfor, nitrogen og karbon i krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn 26.8.1999 og 26.9.2000. \*dyp ikke oppgitt. (for plassering se figur 2).

Innsjø	område	år	ant prøver	prøvedyp (cm)
Øvre Lundetjenn	I	1999	5	45-70
		2000	1	*
	III	1999	5	50-65
		2000	1	*
Nedre Lundetjenn	II	1999	6	70-100
		2000	1	*
	III	1999	9	70-140
		2000	1	*

## 3. Resultater

### 3.1 Generell vegetasjonsbeskrivelse

Begge innsjøene er sure, oligotrofe og humøse. Arts sammensetningen av vannplanter er typisk for denne vanntypen; med dominans av krypsiv (*Juncus bulbosus*) og gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) (tabell 5). Krypsiv dannet forholdsvis store bestander i de fleste buktene, ut til 1.7-1.8 m dyp. Gul nøkkerose dannet bestander i de samme områdene, ned til 1.4-1.7 m.

Tabell 5. Vannvegetasjonen i Øvre og Nedre Lundetjern i 1998-99.

Mengdeangivelse: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende

Livsformgrupper/arter	Øvre Lundetjern	Nedre Lundetjern
<b>ISOETIDER</b>		
<i>Lobelia dortmanna</i> - botngras	2	2
<b>ELODEIDER</b>		
<i>Juncus bulbosus</i> - krypsiv	4	4
<i>Utricularia minor</i> - småblærerot	3	3
<b>NYMPHAEDER</b>		
<i>Nuphar lutea</i> - gul nøkkerose	4	4
<i>Nymphaea alba</i> - hvit nøkkerose	1	1
<i>Sparganium angustifolium</i> - flotgras	1	1
artsrikdom	6	6

I løpet av gjødslingsperioden (1999-2001) ble veksten av krypsiv kraftig redusert i Nedre Lundetjern, slik at arten i 2001 bare kan omtales som spredt (forekomst 2) på grunt vann, i motsetning til før gjødsling da den var en dominerende art. For de øvrige artene ser det ikke ut til å være store forskjeller i forekomst.

### 3.2 Utviklingen av krypsiv i perioden 1997-2001

#### 3.2.1 Generelt om krypsiv

Krypsiv tilhører standard-inventaret i ultraoligotrofe innsjøer og elver og er en vanlig art i Norge, med et klart tyngdepunkt på Sør- og Vestlandet (bl.a. Johansen m.fl. 2000). Næringskravene er generelt lave og store bestander er bare registrert i oligotrofe innsjøer (Lindstrøm m.fl. 2004). Krypsiv tar mye av næringen fra vannfasen (Roelofs et al. 1984). Friskt grønne krypsiv-planter kan greie seg i flere år uten kontakt med sedimentet. Innholdet av fosfor er usedvanlig lavt i krypsiv, noe som indikerer at fosfor normalt ikke er vekstbegrensende (Roelofs et al. 1994). Planten er imidlertid avhengig av CO<sub>2</sub> for fotosyntese og tilgang på CO<sub>2</sub> er vekstbegrensende for vannformer av krypsiv. I motsetning til de fleste kortskuddsplantene tar den CO<sub>2</sub> fra vannfasen via bladene. Den kan ikke utnytte HCO<sub>3</sub> fra vannfasen, noe som skiller den fra langskuddsplantene.

Krypsiv har en meget fleksibel vekst og livsformstrategi. Den vanligste vekstformen er en kortvokst rosett i strandsonen. Vanligvis med 10-20 cm lange blad og kraftige røtter som tar næring fra sedimentet. Denne vekstformen danner ikke skuddetasjer og forekommer på grunt vann i mange typer lokaliteter, helst i næringsfattig, surt til nøytralt vann (Åtland m.fl. 2001). Under spesielle forhold kan imidlertid planten danne langvokste skuddvaser ut til 3-4 m dyp i innsjøer. Denne vekstformen er vanlig i både forsurete og kalkete lokaliteter. Lengdeveksten hos disse skuddene kan være svært stor ved at det adderes nye årsskudd fra bladhjørnene på gamle skudd og under ekstreme betingelser kan skuddvasene nå vannoverflata fra 2.5-3 m dyp (Brandrud 2000). Store bestander, dominert av såter

med langvokste planter som ofte danner overflatematter, omtales som *problemvekst* (Johansen m.fl. 2000). Problemveksten har vist seg å være særlig stimulert når både CO<sub>2</sub> og NH<sub>4</sub> i vannet har forhøyede verdier (Roelofs et al. 1994) og er ifølge Lucassen m.fl. (1996) bare registrert ved svært høyt CO<sub>2</sub>-innhold, først og fremst ved overkalket sediment og reforsuret vannmasse. Perioder med gunstig klima, i form av milde vintre med liten eller manglende islegging, er også gunstig for krypsiv i og med at det fører til mindre erosjon og mindre slitasje på plantene. Krypsivsåtene får da anledning til å vokse seg store og omfangsrike ved å addere nye årsskudd til de gamle over en årrekke, uten å bli satt tilbake av mekanisk stress (Johansen m.fl. 2000).

Lengde av årsskudd har ofte vært brukt for å si noe om vitaliteten hos krypsiv-plantene (bl.a. Rørslett m.fl. 1990, Hobæk m.fl. 1996, Brandrud & Johansen 1997, Brandrud 1999a,b). Hobæk m.fl. (1996) foretok følgende inndeling: årsskudd <15 cm representerer rosetplanter med få eller lite vitale årsskudd, årsskudd på 15-30 cm representerer vitale planter som kan nå overflaten i grunne områder, årsskudd på >50 cm representerer aggressive vertikalskudd som kan danne overflatematter. Imidlertid vil frodigheten i planteveksten, bl.a lengden av årsskuddene, variere med klimatiske og hydrologiske forhold, slik at en varm og tørr sommer gir frodigere vekst enn en kald og våt (Johansen m.fl. 2000). Frodigheten vil også variere med substratet, bl.a. har planten kraftigst vekst i områder med mudderbunn.

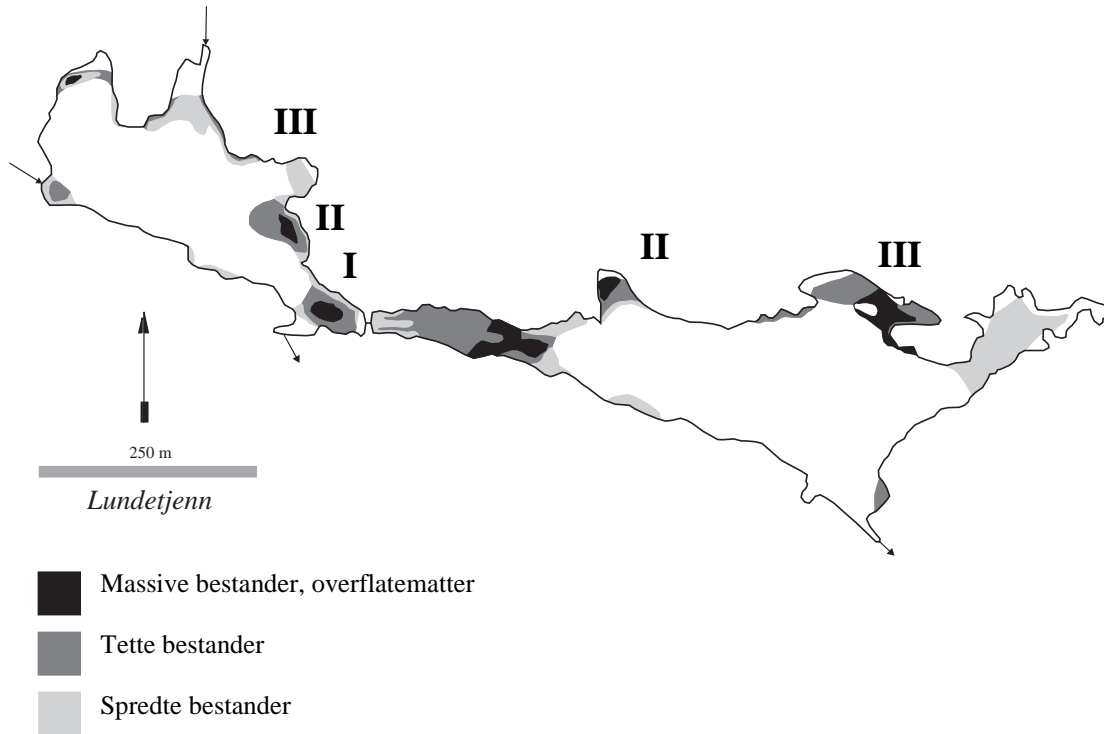
### 3.2.2 Dekning og årsskudd

I 1997 og 1998 var krypsiv en av de dominerende artene i begge innsjøene. Planten hadde størst forekomst på 50-150 cm dyp, flere steder med overflatesåter fra 60-80 cm dyp. Krypsivplantene hadde årsskudd på 40-60 cm (frodigst i 1997). I sundet mellom bassengene var det mye småvokste, delvis visne planter på grunt vann, og i 1998 ble det registrert en god del grå, stagnerende fjorårsskudd. I juli 1999 dannet krypsiv fortsatt store bestander i de fleste buktene i både Øvre og Nedre Lundetjenn (figur 1), med dybdegrensener på ca. 1.7 m.

På seinsommeren 1999 (slutten av august) var krypsivplantene i Nedre Lundetjenn overvokst med begroingsalger og det ble registrert store mengder frittflytende planter og såter. I Øvre Lundetjenn var det ingen nevneverdige endringer i krypsivbestandene. Dybdegrensener for bestandene var ca. 1.6 m i begge innsjøene.

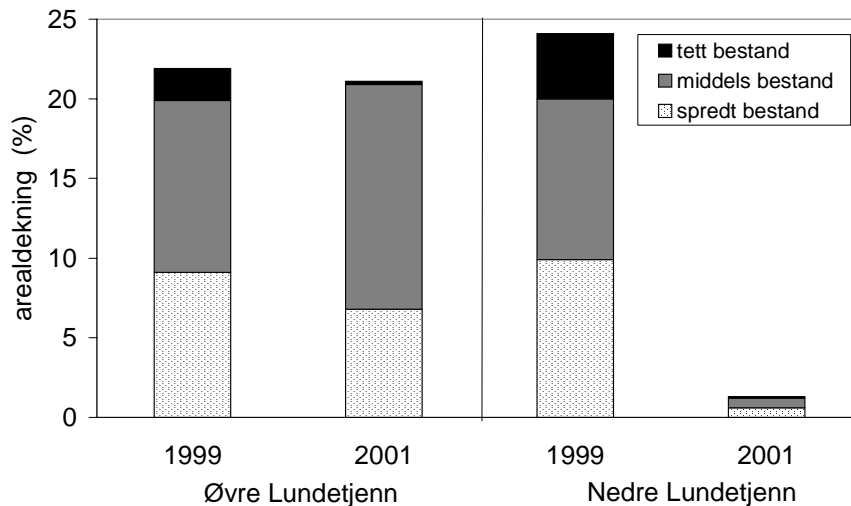
I 2000 ble det nesten ikke registrert krypsiv i Nedre Lundetjenn og ingen årsskudd ble funnet. Årskuddene i Øvre Lundetjenn var omtrent som før gjødsling, med middelvei på ca. 40 cm og enkeltskudd målt til 60 cm.

I 2001 var det fortsatt svært lite krypsiv i Nedre Lundetjenn. Det ble registrert en liten bestand i sundet mot Øvre Lundetjenn, samt noen få skudd i øst. Årskuddene på den ene bestanden i vest var omtrent som i Øvre Lundetjenn, 40-50 cm, og var klart mer influert av dette bassenget enn av forholdene generelt i Nedre Lundetjenn. I øst ble årsskuddene målt til 20-30 cm. I Øvre Lundetjenn ble det registrert svært få overflatematter, kun en liten bestand med frodige og svært vitale planter i vest ved innløpet av Myranstjennbekken. Enkelte av årsskuddene i dette området ble målt til 80 cm. De korteste årsskuddene ble i 2001 registrert på planter i utløpsområdet. Dette var planter som fantes forholdsvis spredt i nøkkerose-beltet og som stort sett lå nede på bunnen. Skuddene var imidlertid friske og fine. Dette området er sannsynligvis tidvis påvirket av gjødslingen i Nedre Lundetjenn.



Figur 2. Dekning av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i Øvre og Nedre Lundetjenn i juli 1999, før effektene av gjødslingen i Nedre Lundetjenn ble synlige. Lokalitetene for biomasse- og elementprøver er markert (se tabell 3 og 4).

Før gjødslingen dekket krypsivbestandene 20-25 % av overflatearealet i begge bassengene. Mens Øvre Lundetjenn i 2001 hadde omtrent samme dekning som i 1999, dekket krypsiv bare ca. 1 % av Nedre Lundetjenn i 2001 (figur 3).



Figur 3. Utviklingen av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn fra 1999 til 2001. Oppgitt som % dekning av innsjøareal.

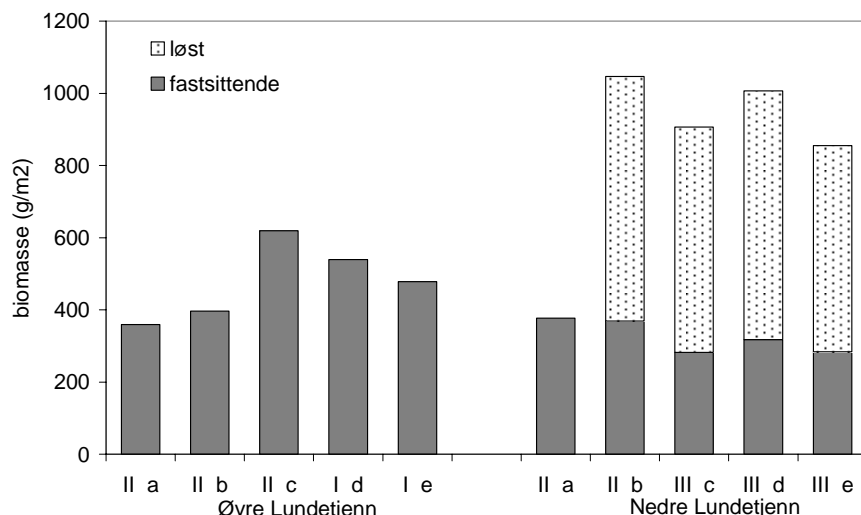
### 3.2.3 Biomasse

Biomassedataene (tabell 6) representerer situasjonen i august 1999, ca. 3 måneder etter første nærings-tilsetning (Kaste & Lyche-Solheim 2004). Biomassen av krypsiv varierer med dypet med maksimum biomasse på 90-100 cm dyp. Alle prøvene i Nedre Lundetjenn er imidlertid tatt på 60-80 cm dyp. De noe lavere verdiene av fastsittende materiale i Nedre Lundetjenn skyldes derfor sannsynligvis ulikt prøvedyp.

Tabell 6. Biomasse av krypsiv i tette bestander i Øvre og Nedre Lundetjenn i august 1999. Oppgitt som g/m<sup>2</sup> tørrvekt.

		n	middel	st.av.
Øvre Lundetjenn	fastsittende	5	478.7	105.4
Nedre Lundetjenn	fastsittende	5	326.2	45.3
Nedre Lundetjenn	<i>løst materiale</i>	5	512.4	290.3

I tillegg til det fastsittende materialet var det i tilknytning til de fleste prøvene i Nedre Lundetjenn store mengder løst materiale av frittflytende planter og såter (figur 4). Hvorvidt dette materialet tilhører lokalitetene eller er tilflytt fra andre deler av innsjøen er noe uklart. Imidlertid hadde ingen andre vegetasjonstyper (for eksempel bestandene av gul nøkkerose) slike oppsamlinger som de av krypsiv. Vi antar derfor at det løse materialet tilhører de enkelte lokalitetene.



Figur 4. Biomasse av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn 1999. I-III representerer ulike områder (jfr. tabell 3 og figur 2, mens a-e representerer ulike prøveruter innefor hvert område).

### 3.2.4 Elementanalyser

Fosforinnholdet i planter fra Øvre Lundetjenn (tabell 7) var lavt sammenliknet med andre forsurede innsjøer i Norge (Rørslett et al. 1990, Lydersen et al. 2000, Roelofs et al. 1994, Johansen m.fl. 2000), men sammenliknbart med kalkete innsjøer (Roelofs et al. 1994). Nitrogeninnholdet var i samme størrelsesorden som både forsurete og kalkete innsjøer i Sør-Norge. I Nedre Lundetjenn medførte fosforgjødslingen en økning både i fosfor- og nitrogen-innholdet i krypsiv sammenliknet med Øvre Lundetjenn (tabell 6). Trolig medførte fosforgjødslingen økt mulighet for nitrogen-opptak for vannplantene. Resultatene viser et lavere N:P forhold i plantene i Nedre Lundetjenn på grunn av fosfortilsetningen; 25:1 i Nedre Lundetjenn sammenliknet med 38:1 i Øvre Lundetjenn. Dette er likevel langt høyere enn det såkalte Redfield forholdet (7:1) som anses som optimalt for plantevekst generelt.

Tabell 7. Næringsinnhold i *Juncus bulbosus* i Øvre og Nedre Lundetjenn 1999.

Innsjø	n	fosfor (mg/g t.v.)		nitrogen (mg/g t.v.)	
		middel	st.av.	middel	st.av.
Ø. Lundetjenn	15	0.424	0.08	16.3	1.0
N. Lundetjenn	15	0.878	0.20	22.0	2.2

På grunn av den dramatiske reduksjonen i krypsiv-biomassen, som startet i slutten av sesongen 1999, var ikke prøvene fra 2000 sammenliknbare med 1999-prøvene. De få analysene vi tok viste fosforinnhold i Øvre og Nedre Lundetjenn på henholdsvis 0.428-0.787 og 0.382-0.822 mg/g tørrvekt, og nitrogeninnhold på henholdsvis 17.9-23.9 og 21.4-25.7 mg/g tørrvekt. Materialet fra den gjødslete innsjøen besto hovedsakelig av noen få små unge planter med rosettblader, uten årsskudd. Disse er vanskelig å sammenlikne med flere år gamle såter av både rosettskudd og årsskudd.

Generelt sett er N/P-forholdet i eksemplarer fra tette bestander og overflatematter klart mer variabelt enn i planter fra spredte bestander. Den store variasjonen skyldes sannsynligvis store ulikheter i type skudd og blad; rosettblad, lange årsskudd og kanskje overflatematter, og inkluderer kanskje plante-materiale fra flere år. Derfor vil "bulk" prøver (samleprøver), som våre, sannsynligvis variere mye avhengig hvor mye av de ulike skudd og bladtyper som finnes i prøven.

### 3.2.5 Observasjoner av krypsiv i 2004

I september 2004 ble det foretatt en enkel befaringsfor å se på forekomsten av krypsiv i innsjøene. Krypsiv i Nedre Lundetjenn viste økt forekomst i forhold til 2001, men var fortsatt mindre enn før gjødslingen. Størst forekomst og frodigste bestander fantes i sundet mot Øvre Lundetjenn. Her var årsskuddene 50-60 cm lange og flere bestander ble observert i overflata fra 1-1.2 m dyp. Det antas at 10-20% av dette smale sundet var dekket av krypsiv-bestander. Også i de øvrige buktene var forekomsten økt sammenlignet med 2001. Flere friske rosetter, med årsskudd på 30-40 cm, ble observert i overflata fra ca. 40-50 cm dyp. Bestandene av krypsiv i sundet ser ut til å ha en dybdegrense på ca. 1.5 m, mens de ellers ikke ble funnet dypere enn 60-70 cm.

I Øvre Lundetjenn var bestandene redusert siden 1999-2001. Kortvokste såter med årsskudd 30-40 cm dominerte. I enkelte bukter var overflatebestandene helt fraværende og bare rosetter på grunt vann ble registrert. Dette kan ha sammenheng med aktiviteter i nedbørfeltet i 2002 og 2003 (se nedenfor).

## 3.3 Mulige årsaker til sammenbrudd i krypsivvegetasjonen

Gjødslingen med fosfor i Nedre Lundetjenn ser ut til å ha medført en kraftig reduksjon av krypsiv-bestandene i innsjøen. De store ansamlingene av løst materiale på lokalitetene i Nedre Lundetjenn kan tyde på at krypsivbiomassen har fått en kraftig oppsving like etter gjødsling, for deretter å bryte sammen.

Mulige forklaringsfaktorer for tilbakegangen av krypsiv i Nedre Lundetjenn kan være en eller flere av følgende faktorer: klimaforandringer, reduserte lysforhold på grunn av økt planteplankton-biomasse, reduserte CO<sub>2</sub> og NH<sub>4</sub> konsentrasjoner i vannmasser og sediment, skygge-effekter og redusert gass- og næringsutveksling på grunn av økt begroing.

De siste 10-15 årene har vært dominert av milde vintre i denne regionen, noe som begunstiger veksten av krypsiv. En økning av krypsiv i sør-norske elver ser delvis ut til å være et resultat av disse milde vintrene (Johansen et al. 2000). Endringer i klima-forholdene skulle altså tilsi en økning i krypsiv-

bestandene og ikke noen reduksjon som i Nedre Lundetjenn. Dessuten vil klimaforandringer selvsagt være like i begge Lundetjennene. Vi kan derfor sannsynligvis se bort fra klimaendringer som årsak til sammenbruddet i Nedre Lundetjenn.

Krypsiv har et svært lavt lys-kompenseringspunkt (Wetzel et al. 1984), dvs. at planten kan vokse under relativt dårlige lysforhold. Det er derfor usannsynlig at den svake nedgangen i siktedyp, som følge av noe økt planteplankton-biomasse (Kaste og Lyche-Solheim 2004), er årsaken til krypsiv-reduksjonen.

Den raske nedgangen i krypsiv i Nedre Lundetjenn ser ut til å være identisk med situasjonen i et finsk reservoir (Aulio 1987), hvor en rask nøytralisering, på grunn av en nedgang i svovel-konsentrasjonen i vannmassene, medførte en sterk reduksjon i areal dekket av krypsiv. Årsaken til denne nedgangen syntes å være reduksjon av fri CO<sub>2</sub> (initiert ved økt pH), men i Nedre Lundetjenn er det ikke observert noen signifikant økning i pH- eller redusert CO<sub>2</sub>-nivå (Kaste og Lyche-Solheim 2004). Heller ikke utvekslingsforsøk i littorale sedimenter viste noen signifikante endringer i NH<sub>4</sub> flux mellom sediment og vann i de to innsjøene (Haande 2001).

Samtidig med nedgangen i krypsiv i den gjødslete innsjøen registrerte vi massive bestander med begroingsalger (dominert av grønnalgen *Zygonium* spp.) rundt bestandene av krypsiv (Lindstrøm, upubl.). Vannplanter som tar opp uorganisk karbon via bladene forventes å konkurrere med begroingsalger (Sand-Jensen og Borum 1991). Begroingsalgene kan benytte både HCO<sub>3</sub> og CO<sub>2</sub> og favoriseres ved økt pH og redusert CO<sub>2</sub> (Svedäng 1990). Sannsynligvis vil algene effektivt kunne redusere gass- og næringsutveksling mellom vannplantene og vannfasen. Særlig redusert CO<sub>2</sub> opptak hos vannplantene vil være negativt. I tillegg vil massive bestander av begroingsalger ha skyggevirksomhet (Phillips et al. 1978) og derigjennom kunne redusere veksten av plantene. Man har imidlertid tidligere registrert krypsiv dekket med massive bestander av begroingsalger (også *Zygonium*-arter) på flere lokaliteter på Sørlandet, uten at det ser ut til å ha noen negativ innvirkning på veksten av planten (Johansen og Lindstrøm, pers.medd.). Dette er også et vanlig fenomen på sensommer og høst i tilknytning til andre typer vannplanter, sannsynligvis i forbindelse med begynnende nedbrytning av plantene. For eksempel er store forekomster av *Cladophora* spp. og andre begroingsalger observert i tilknytning til vasspestbestandene i Steinsfjorden, uten at dette ser ut til å ha hatt betydning for veksten av vasspest. Hvorvidt den kraftige begroingen rundt krypsivet i Nedre Lundetjenn er årsak til krypsiv-reduksjonen, eller kom som et resultat av nedgangen og frigjøring av næringsstoffer i den forbindelse, er uavklart.

Et endret forhold mellom fosfor og nitrogen i vann og plantemateriale har vært diskutert som mulig årsak til endringer i algebegroingsbiomasse (Lindstrøm m.fl. 2004). I Nedre Lundetjenn faller nedgangen i N/P-forholdet i vann sammen med krypsiv-reduksjonen (Kaste og Lyche-Solheim 2004). På hvilken måte et redusert N/P-forhold virker inn på plantene er imidlertid uavklart.

Observasjonene fra 2004 viser en forventet økning av krypsivforekomsten noen år etter at gjødslingen ble avsluttet. Den observerte reduksjonen i Øvre Lundetjenn var imidlertid ikke ventet og kompliserer bildet ytterligere. Reduksjonen i Øvre Lundetjenn kan muligens tyde på at veksten av krypsiv naturlig varierer gjennom en periode, med nedgang og ny vekst. Slike sykluser ser også ut til å forekomme i flere av elvene på Sørlandet, der krypsiv har store forekomster (Johansen, pers.medd.). Man kan altså ikke helt se bort fra at endringene i krypsiv-bestandene (til dels) kan være naturlige, med forskjøvet syklus i de to Lundetjennene. I tillegg har det vært noe aktivitet i Øvre Lundetjenn. I mai-oktober 2002 ble det tilsatt nitrogen (kalksalpeter) i begge innløpsbekkene i Øvre Lundetjenn (Kaste, upubl.). Tilsettingen av kalksalpeter kan ha medført økt CO<sub>2</sub>-begrensninger for krypsiv i Øvre Lundetjenn og kan være en mulig forklaring på nedgangen i krypsivbestanden i 2004.

Ut fra våre resultater ser det altså ut til at økt næringsinnhold i innsjøer kan virke hemmende på veksten av krypsiv. Dette kan være svært nyttig ved framtidig vurdering av ulike tiltak for å hindre

eller redusere forekomst av krypsiv. Imidlertid er det en rekke uklarheter som må løses før gjødsling i det hele tatt kan vurderes som mulig tiltak. Det er først og fremst viktig å få sikkerhet i at gjødslingen er årsaken og dernest få klarhet i hvorfor denne redusjonen skjer, samt i hvilke typer lokaliteter vi kan forvente en slik utvikling.



## 4. Referanser

- Aulio, K. 1987. Elemental composition of *Juncus bulbosus* in an acidified fresh-water reservoir. *Environmental Pollution* 44-1:1-11.
- Brandrud, T.E. 1999a. Arendalsvassdraget. Makrovegetasjon. s37-38 i: DN-Notat 1999-4. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998.
- Brandrud, T.E. 1999b. Mandalselva. Makrovegetasjon. s113-114 i: DN-Notat 1999-4. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998.
- Brandrud, T.E. 2000. Effekter av forsuring og kalking på makrovegetasjon i vann. En kunnskapsstatus. Utredning for DN nr. 2000-6.
- Brandrud, T.E., Johansen, S.W. 1997. Tiltak mot krypsiv. Vegetasjonsfjerning i Sveindalsområdet i Mandalsvassdraget 1996 Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport lnr. 3759. 26s.
- Donali, E., Brettum, P., Kaste, Ø., Løvik, J.E., Lyche-Solheim, A., Andersen, T. 2004. Pelagic response of a humic lake to three years of phosphorus addition. *Can.J.Fish.* (in press)
- Haande, S. 2001. Litoral- og profundalsedimentenes betydning for nitratretensjon og alkalinitetsproduksjon i en sur innsjø ved moderat fosfortilsetning. *Cand.scient. Hovedoppg. NLH.*
- Hobæk, A., Bjercknes, V., Brandrud, T.E., Bækken, T. 1996. Evaluering av fullkalkete innsjøer i Sogn og Fjordane: Fiskebestander, makrovegetasjon, bunndyr og dyreplankton. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport lnr 3385.
- Johansen, S.W., Brandrud, T.E., Mjelde, M. 2000. Konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver. Tilgroing med krypsiv. Kunnskapsstatus. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 4321-2000.
- Kaste, Ø., Lyche-Solheim, A. 2004. Influence of moderate phosphate addition on nitrogen retention in a Norwegian acid-sensitive lake. *Can. J. Fish.* (in press)
- Lid, J. 1987. Norsk , svensk og finsk flora. Det norske samlaget.
- Lid, J. & Lid, D.T. 1994. Norsk flora. Det norske samlaget.
- Lucassen, ECHET., Oonk, M.M.A., Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E. 1996. The effect of acidification, liming and reacidification on water quality, sediment characteristics and macrophyte development of SE and SW Norwegian soft-water lakes. Rapport utgitt i samarbeid mellom Katholieke Universiteit Nijmegen og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) 1996. NIVA-særtrykk S-2190
- Lindstrøm, E.A., Brettum, P., Johansen, S.W., Mjelde, M. 2004. Vannvegetasjon i norske vassdrag. Tålegrenser for forsuring. Effekter av kalking. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 4821.

Lydersen, E., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Lien, L., Lindstrøm, E-A., Mjelde, M., Oredalen, T.J., Solheim, A.L., Rørslett, B. 2001. Limnologiske undersøkelser i Breisjøen og Store Gryta, 1998/1999. - Bakgrunnsrapport Thermosprosjektet. NIVA-rapport Inr. 4307.

Phillips, G.L., Eminson, D., Moss, B. 1978. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany* 4: 103-126.

Roelofs, J.G.M., Schuurkes, J.A.A.R. and Smits, A.J.M. 1984. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities of soft waters in the Netherlands. II. Experimental Studies. *Aquatic Botany*, 18: 389-411.

Roelofs, J.M.G., Brandrud, T.E., Smolders, A.J.P. 1994. Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48: 187-202

Rørslett, B. 1987. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport Inr. 1997.

Rørslett, B., Brandrud, T.E., Johansen, S.W. 1990. Tilgroing i terskelbasseng i Otra ved Valle. Problemanalyse og forslag om tiltak. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 2442.

Sand-Jensen, K. & Borum, J. 1991. Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes, in temperate fresh-waters and estuaries. *Aquatic Botany* 41 (1-3): 137-175.

Svedäng, M.U. 1990. The growth dynamics of *Juncus bulbosus* L. - a strategy to avoid competition. *Aquatic Botany* 37: 123-138.

Wetzel, R.G., Brammer, E.S., Forsberg, C. 1984. Photosynthesis of submersed macrophytes in acidified lakes. I. Carbon fluxes and recycling of CO<sub>2</sub> in *Juncus bulbosus* L. *Aquatic Botany* 19: 329-342.

Åtland, Å., Bjercknes, V., Hobæk, A., Håvardstun, J., Gladstø, J.A., Kleiven, E., Mjelde, M., Raddum, G. 2001. Biologiske undersøkelser i 17 innsjøer i Sogn og Fjordane høsten 2000. Kalkingseffekter, vannkvalitet, fiskebestander, vegetasjon, bunndyr og dyreplankton. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 4354-2001.