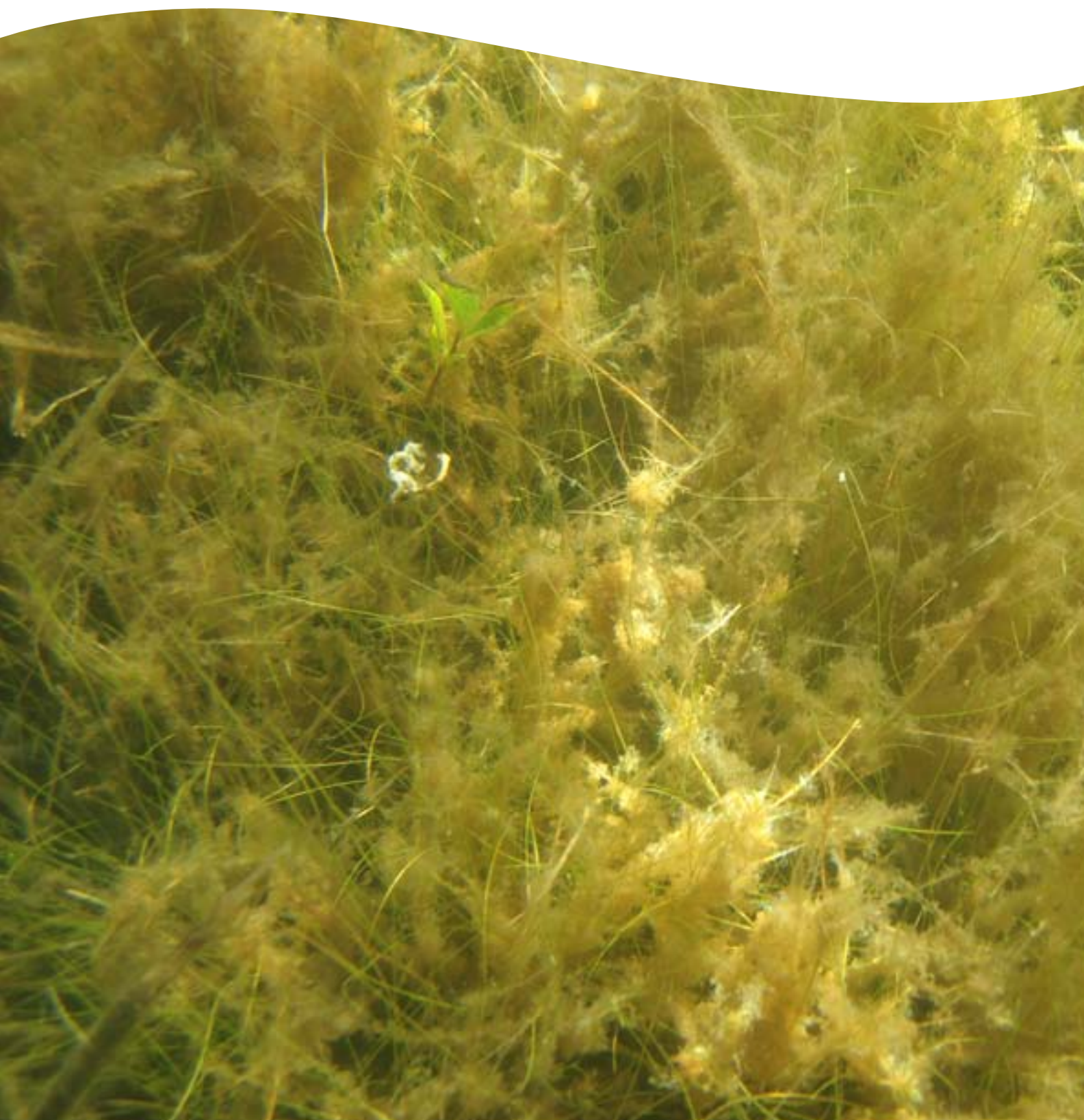


Resultater fra eksperimenter
med fosfortilsetning til Nedre
Lundetjenn,
Aust-Agder 2006-2007



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Resultater fra eksperimenter med fosfortilsetning til Nedre Lundetjenn, Aust-Agder 2006-2007	Løpenr. (for bestilling) 6111-2011	Dato Februar 2011
	Prosjektnr. Undemr. 10179	Sider Pris 31
Forfatter(e) Øyvind Kaste, Marit Mjelde, Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun	Fagområde Forskning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

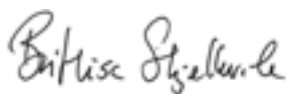
Oppdragsgiver(e) Krypsivprosjektet på Sørlandet	Oppdragsreferanse Edgar Vegge
--	----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Ekspérimentell fosfortilsetning til Nedre Lundetjenn i Grimstad kommune gjennom tre påfølgende vekstsesonger (1999-2001) førte til en dramatisk tilbakegang i forekomsten av krypsiv sammenlignet med en ubehandlet referanseinnsjø like oppstrøms. Gjødslingsforsøket ble gjentatt i 2006 og 2007 for å undersøke om en kunne repetere resultatene fra forrige gang. Selv om krypsivbestandene i Nedre Lundetjenn viste en reduksjon både i mengde og vitalitet i 2006-2007, fikk vi ikke samme dramatiske reduksjon som ved første gjødslingsperiode. Også eksperimentelle gjødslingsforsøk under kontrollerte laboratorieforhold har gitt motstridende resultater. Mangelen på entydige responser av fosfortilsetning i helsjø- og laboratorieforsøk illustrerer derfor at årsakene til variasjonene i krypsivets vekst fortsatt framstår som sammensatte og kompliserte. Problemvekst av krypsiv kan derfor trolig ikke relateres til én spesiell miljøfaktor, men snarere en kombinasjon av flere, samvirkende faktorer.</p>
--

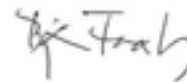
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vannkvalitet Ferskvann Fosfor Krypsiv 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Water quality Freshwater Phosphorus <i>Juncus bulbosus</i>
---	--



Øyvind Kaste
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

O-10179

**Resultater fra eksperimenter med fosfortilsetning til
Nedre Lundetjenn, Aust-Agder 2006-2007**

Forord

Denne rapporten er en oppsummering av eksperimenter med fosfortilsetning som ble gjort i Nedre Lundetjenn, Aust-Agder i 2006 og 2007. Selve fosfortilsetningen ble gjennomført av Jarle Håvardstun, Einar Kleiven, Mette C. Lie og Liv Bente Skancke.

Vegetasjonsprøvene er samlet inn og analysert av Marit Mjelde og Stein W. Johansen. Påvekstalger er analysert av Randi Romstad.

Arbeidet er utført med økonomisk støtte fra Krypsivprosjektet på Sørlandet (KPS). Kontaktperson hos KPS har vært Edgar Vegge.

Grimstad, februar 2011

Øyvind Kaste

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
Summary	6
1. Bakgrunn og mål	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Beskrivelse av gjødslingen	8
2.2 Kjemiske vannanalyser	9
2.3 Analyser av porevann i sediment	9
2.4 Vannvegetasjon	9
2.4.1 Definisjoner	9
2.4.2 Feltarbeid og elementanalyser	9
3. Resultater	11
3.1 Vannføring	11
3.2 Vannkjemi	13
3.3 Porevann	15
3.4 Vannvegetasjon	15
3.4.1 Forekomst av krypsiv 2005-2007	15
3.4.2 Årskudd av krypsiv 1999-2007	17
3.4.3 Elementinnhold i krypsiv 1999-2007	17
4. Diskusjon	21
4.1 Sammenligning av gjødslingsperiodene 1999-2001 og 2006-2007	21
4.2 Feltobservasjoner versus laboratorieforsøk	24
5. Referanser	26
Vedlegg A. Vannkjemi 2005-2007	27
Vedlegg B. Elementinnhold i krypsivplanter	30

Sammendrag og konklusjoner

Nedre Lundetjenn i Grimstad kommune ble tilsatt ekstra fosfor (P) i perioden 1999-2001 i forbindelse med forskningsrådprosjektet NITRAP. I løpet av denne perioden ble det registrert en dramatisk tilbakegang i forekomsten av krypsiv i den behandlede innsjøen sammenlignet med en ubehandlet referanseinnsjø rett oppstrøms. Gjødslingsforsøket ble gjentatt i 2006 og 2007 med økonomisk støtte fra Krypsivprosjektet på Sørlandet. Målet med eksperimentet var å undersøke om en kunne repetere resultatene fra forrige gjødslingsperiode.

Den eksperimentelle fosfortilsetningen i 2006-2007 ble gjennomført etter samme prosedyre som i 1999-2001. Vannprøvene som ble tatt i innsjøen indikerer ingen systematiske forskjeller i fosforkonsentrasjonen i løpet av de fem gjødslingsperiodene (midlere konsentrasjon: 11.9-14.0 µg P/L). Også når det gjelder øvrige vannkjemiske parametre som pH, nitrat, ammonium, total nitrogen og totalt organisk karbon var det ingen dramatiske endringer mellom periodene 1998-2002 og 2006-2007.

Eksperimenter med dosering av kalksalpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i innløpsbekkene til Øvre Lundetjenn i løpet av vekstsesongen 2002 resulterte i klart forhøyede konsentrasjoner av nitrogen (N) i Øvre Lundetjenn og dels også i Nedre Lundetjenn. Konsentrasjonene var imidlertid nede på "normale" nivåer allerede senhøstes samme år. Det antas at nitrogengjødslingen i 2002 hadde relativt små biologiske effekter, i og med at primærproduksjonen i innsjøene antas å være begrenset av fosfor.

Næringsinnholdet i krypsivplantene følger endringene i vannkvaliteten i begge innsjøene. I begge gjødslingsperiodene var både fosfor- og nitrogeninnholdet i krypsivplantene høyere i Nedre Lundetjenn i forhold til Øvre Lundetjenn. Generelt sett viser analysene av elementinnhold i krypsivplantene at de er ekstremt fattige på fosfor i forhold til de fleste vannplanter. Nivåene er mer på linje med landplanter. En mulig implikasjon av dette er at krypsiv kan vokse ved lavere fosforkonsentrasjoner i sediment og vann enn de fleste andre konkurrerende vannplanter. Det lave fosforinnholdet gjør også krypsivplanten lite interessant som næring for beitere.

Selv om krypsivbestandene i Nedre Lundetjenn viste en reduksjon både i mengde og vitalitet i 2006-2007, fikk vi ikke samme dramatiske reduksjon som ved første gjødslingsperiode. I den første gjødslingsperioden som varte i 3 år (1999-2001), inntraff den største reduksjonen i biomasse av krypsiv det siste året. Muligens var de to gjødslingsperiodene i 2006 og 2007 for korte til å gi samme effekt. I tillegg antyder de vannkjemiske analysene noe høyere fosforkonsentrasjoner og noe lavere nitrogenkonsentrasjoner i forkant av gjødslingen i 2006-2007 enn tilfellet var før 1999-2001. En reduksjon i mengde og vitalitet også i Øvre Lundetjenn kan derfor ha sammenheng med at også referansesjøen ser ut til å ha en tendens til høyere verdier for total fosfor i senere år.

Som et supplement til storskalaforsøket i Nedre Lundetjenn i 1999-2001 ble det foretatt eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarieavdelingen ved Universitetet i Oslo. Labforsøket i indikerte at nitrogentilsetning fremmet veksten av krypsiv mens tilsetning av fosfor hemmet og reduserte veksten. Laboratorieforsøkene bekreftet dermed resultatene fra storskalaforsøkene i Nedre Lundetjenn i 1999-2001. Plantene i kassene med P-tilsetning hadde massiv algebegroing. Dette antas å ha stor betydning for veksten av krypsiv, men det er usikkert på hvilken måte dette påvirker plantene.

Høsten 2010 ble det foretatt nye labforsøk med planter og sediment fra Breisjøen, en kalkfattig, men ikke forsuret innsjø i Osloområdet. Det ble benyttet tilnærmet samme tilsetningsdoser av N, P og N+P som i pilotprosjektet, og foreløpige resultater fra de nye forsøkene viste ingen effekt av påvekstlanger på veksten av krypsivet (Fosholt Moe, pers. medd.). Resultatene fra labforsøket i 2010 er imidlertid ikke ferdig bearbejdet, og det er derfor for tidlig å trekke endelige konklusjoner på basis av dette.

Mangelen på entydige responser av fosfortilsetning i helsjø- og laboratorieforsøk illustrerer at årsakene til variasjonene i krypsivets vekst fortsatt framstår som sammensatte og kompliserte. Problemvekst av krypsiv kan derfor trolig ikke relateres til én spesiell miljøfaktor, men snarere en kombinasjon av flere, samvirkende faktorer.

Summary

Title: Results from experimental additions of phosphorus to Lake Nedre Lundetjenn, Aust-Agder county, S Norway 2006-2007.

Year: 2011

Author: Øyvind Kaste, Marit Mjelde, Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun

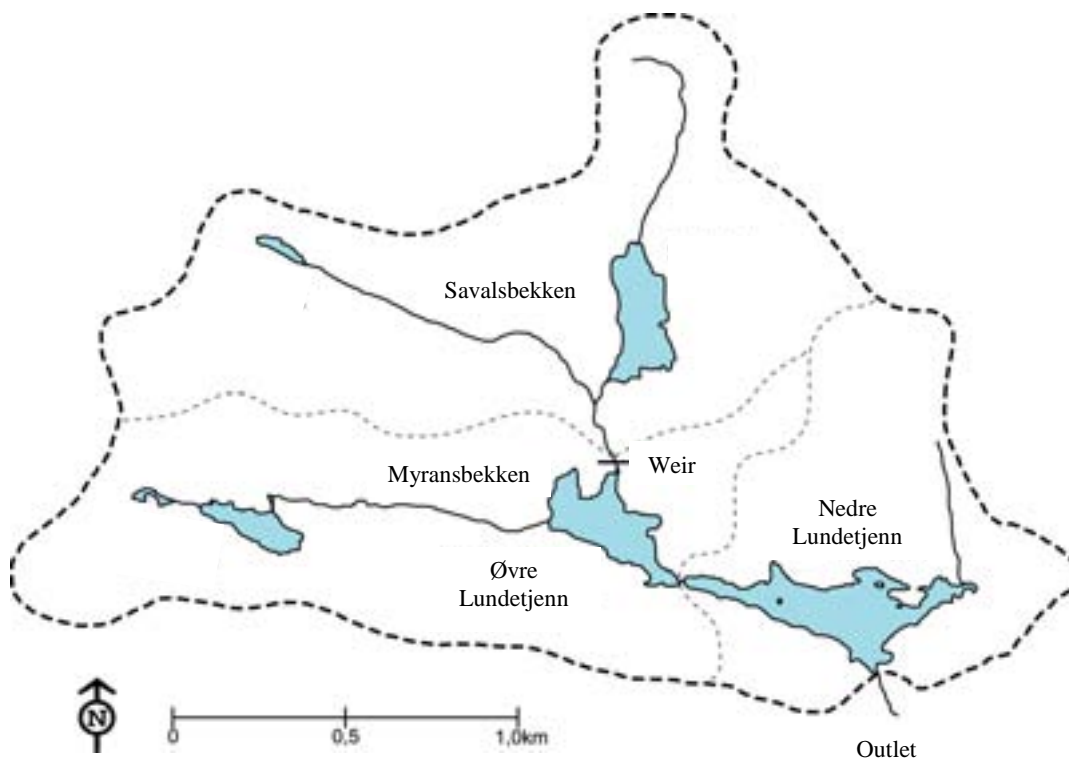
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5846-2

Experimental additions of phosphorus (P) to Lake Nedre Lundetjenn, Grimstad municipality, through three consecutive growing seasons (1999-2001) resulted in a dramatic reduction in the abundance of the aquatic macrophyte *Juncus bulbosus*, when compared to an upstream reference lake. The fertilisation experiment was repeated in 2006 and 2007, in order to investigate whether the results from the previous treatment could be reproduced. Even though the *Juncus* stocks in N. Lundetjenn showed a slight reduction in abundance and vitality, no dramatic dieback was observed after the treatment in 2006 and 2007. Also two independent experiments with P additions under controlled laboratory conditions gave contradictory results. The lack of unambiguous responses both in large-scale and lab experiments suggests that mass development of *Juncus bulbosus* can not be explained by one single factor, but more likely a combination of several interacting factors.

1. Bakgrunn og mål

Nedre Lundetjenn (**Figur 1**), Grimstad kommune, ble tilsatt ekstra fosfor i perioden 1999-2001 i forbindelse med forskningsrådprosjektet NITRAP. I løpet av denne perioden ble det registrert en dramatisk tilbakegang i forekomsten av krypsiv i den behandlede innsjøen sammenlignet med en ubehandlet referanse rett oppstrøms (Mjelde 2004). Gjødslingsforsøket ble gjentatt i 2006 og 2007 med økonomisk støtte fra Krypsivprosjektet på Sørlandet. Målet med eksperimentet var å undersøke om en kunne repetere resultatene fra forrige gjødslingsperiode.

Foreløpige resultater fra gjødslingsforsøkene i 2006 er presentert i NIVA-rapport (Kaste et al. 2007), samt i form av årlige feltrapporter. Målet med dette prosjektet er å foreta en samlet rapportering av gjødslingsforsøkene i 2006-2007, hvor en også trekker linjene tilbake til eksperimentene som ble gjennomført under NITRAP-prosjektet i 1999-2001.



Figur 1. Øvre og Nedre Lundetjenn med nedbørfelt.

2. Materiale og metoder

2.1 Beskrivelse av gjødslingen

Fosforsyre, som på forhånd var pH-justert med natronlut, ble begge år tilsatt ukentlig fra båt i vekstsesongen fra mai til oktober. Målet med gjødslingen var å øke konsentrasjonen av total fosfor i innsjøen fra en bakgrunnskonsentrasjon på omlag 5 µg/l til et nivå rundt 12-15 µg/L. Det ble tatt ukentlige vannanalyser for å sjekke fosforkonsentrasjonen i innsjøen, og disse ble også brukt som grunnlag for å beregne nødvendig fosformengde i forkant av hver tilsetning (**Tabell 1**).

Tabell 1. Tilsatt fosforløsning, oppgitt i liter og som kg rent fosfor.

Dato	Tilsatt løsning, L	Tilsatt fosfor, kg
11.05.2006	40	1,8
18.05.2006	10	0,4
25.05.2006	40	1,8
01.06.2006	0	0,0
08.06.2006	0	0,0
15.06.2006	10	0,4
22.06.2006	7	0,3
29.06.2006	0	0,0
06.07.2006	7	0,3
13.07.2006	20	0,9
20.07.2006	9	0,4
27.07.2006	14	0,6
03.08.2006	14	0,6
10.08.2006	14	0,6
17.08.2006	22	1,0
24.08.2006	3	0,1
31.08.2006	0	0,0
07.09.2006	0	0,0
14.09.2006	4	0,2
21.09.2006	6	0,3
28.09.2006	0	0,0
05.10.2006	25	1,1
12.10.2006	0	0,0
SUM	245	11,0
11.05.2007	35	1,6
16.05.2007	25	1,1
01.06.2007	20	0,9
15.06.2007	16	0,7
22.06.2007	9	0,4
29.06.2007	15	0,7
06.07.2007	20	0,9
13.07.2007	20	0,9
27.07.2007	30	1,3
24.08.2007	12	0,5
07.09.2007	11	0,5
SUM	213	9,6

2.2 Kjemiske vannanalyser

Det ble tatt fem prøver ved utløp av Øvre - og Nedre Lundetjenn i 2005 (12.juli-24.oktober). Disse prøvene ble analysert mht. pH, alkalitet, total fosfor (Tot-P), ortofosfat (PO_4), total nitrogen (Tot-N), ammonium (NH_4), nitrat (NO_3) og total organisk karbon (TOC). Med unntak av første prøverunde, ble også uorganisk karbon (UOC) og karbondioksyd (CO_2) analysert. I 2006 ble det tatt prøver ved utløp av Øvre - og Nedre Lundetjenn i hver av månedene mai, juni og juli. Disse hadde nesten samme analyseprogram som prøvene året før, men konduktiviteten og kalsium (Ca) ble analysert mens alkaliteten ble tatt ut av programmet.

I periodene mai til oktober 2006 og mai til september 2007 ble det jevnlig tatt blandprøver i Nedre Lundetjenn samt i innsjøens utløp i forbindelse med gjødslingen av innsjøen. Disse prøvene ble kun analysert for total fosfor.

Alle prøvene er analysert på NIVAs laboratorium, med unntak av noen få analyser av total fosfor sommeren 2006 og 2007 som ble analysert av laboratoriet AnalyCen.

2.3 Analyser av porevann i sediment

Det ble samlet inn sedimentprøver fra Øvre og Nedre Lundetjenn 1. juni og 26. september 2006. Sedimentet ble sentrifugert og porevann tatt ut. Porevannet er analysert på med hensyn på fosfat (PO_4) og ammonium (NH_4).

2.4 Vannvegetasjon

2.4.1 Definisjoner

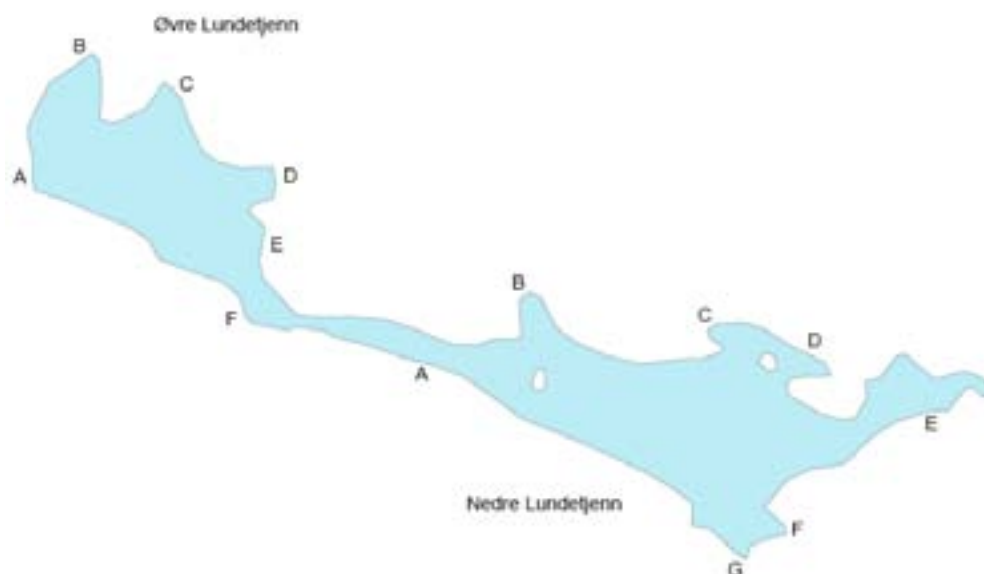
Makrovegetasjon kan deles inn i grupper etter livsform: helofytter (semi-akvatiske arter med hoveddelen av fotosyntetiserende organer over vannflata det meste av tida og et velutviklet rotsystem), isoetider (kortsukksplanter), elodeider (langskuddsplanter), nymphæider (flytebladsplanter) og lemnider (flytere). De siste fire gruppene blir i denne rapporten omtalt som vannvegetasjon. Navnsettingen følger Lid og Lid (2005).

2.4.2 Feltarbeid og elementanalyser

Undersøkelse av vannvegetasjonen, med hovedfokus på utbredelse av krypsiv (*Juncus bulbosus*), ble foretatt i august/september hvert år i perioden 2005-2007. Ved hjelp av båt, vannkikkert og kasterive ble det foretatt en kvalitativ beskrivelse av tilstand og utbredelse av krypsiv. I 2005 ble omfanget av krypsivbestander kartlagt ved hjelp av GPS-målinger (44 og 43 punkter i henholdsvis Øvre og Nedre Lundetjenn). GPS-kartleggingen ble foretatt fra båt og hadde hatt fokus på såter og bestander i og nær overflata. Skissen som er utarbeidet omfatter derfor først og fremst disse vekstformene. Også i 2006 og 2007 ble det foretatt GPS-kartlegging, men med færre antall punkter. Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstanden ved observasjonstidspunktet.

I alle tre årene ble det samlet inn krypsivplanter fra 3-5 områder i hver innsjø. Disse er analysert med hensyn på innhold av fosfor, nitrogen og karbon. I 2005 ble det bare samlet inn "bulk" prøver, dvs. samleprøver som inkluderer stengel, rosettblad og årsskudd, mens prøvene i 2006 og 2007 også omfattet separate årsskudd- og rosettprøver (**Tabell 2**). Innsamlet plantemateriale fra våren 2005 (bulkprøver) omtales ikke her.

Figur 2 viser områder som ble besøkt en eller flere ganger i perioden 2005-2007.



Figur 2. Besøkte områder i Øvre og Nedre Lundetjenn.

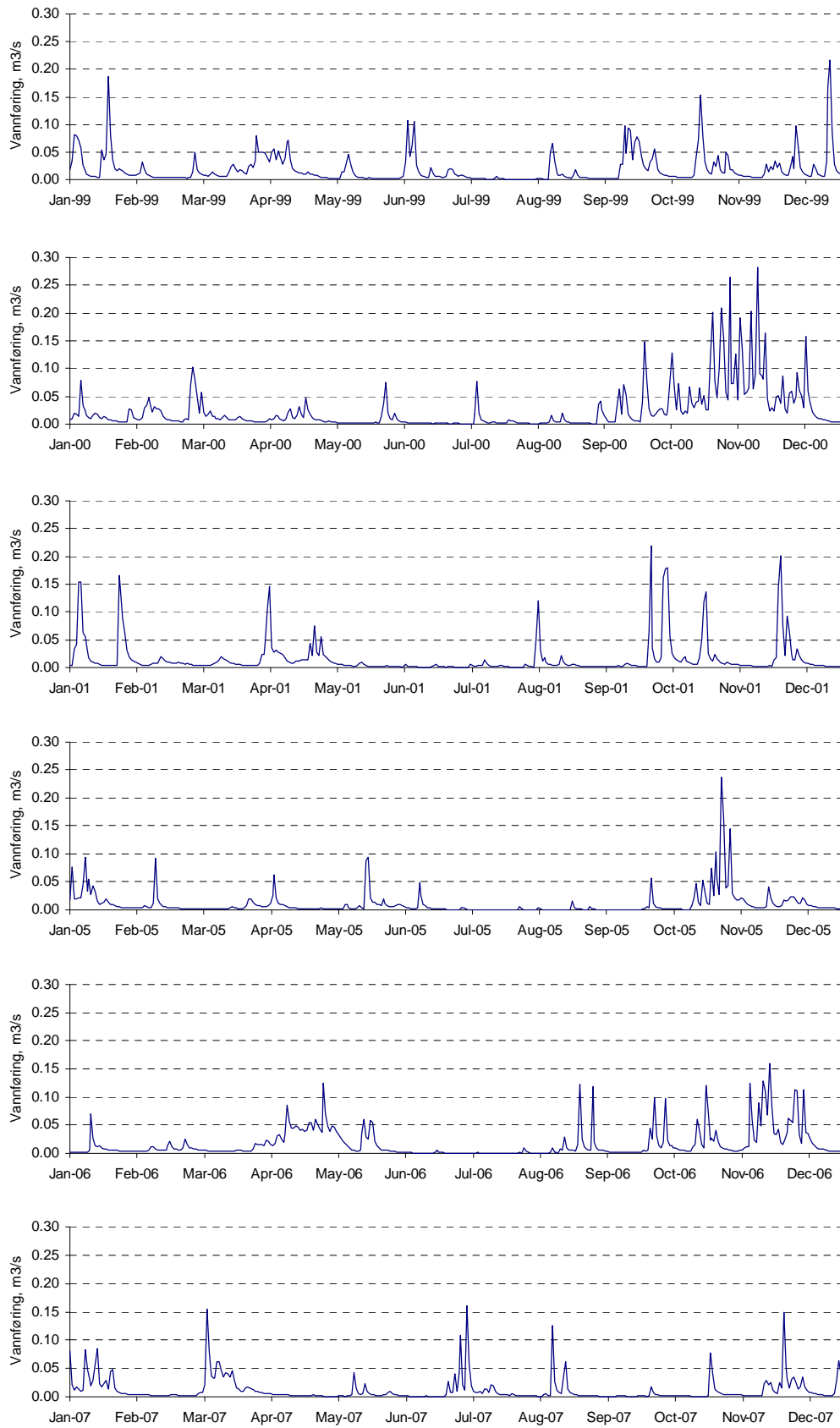
Tabell 2. Prøver for elementanalyser av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn 2005-2007.

	Dato	område	prøvetype	Prøvedyp (m)
Øvre Lundetjenn	31.8.2005	A	bulk	0.5
	31.8.2005	B	bulk	0.5
	31.8.2005	C	bulk	0.4
	31.8.2005	D	bulk	0.45
	31.8.2005	F	bulk	0.5
	31.5.2006	A	bulk, rosetter	0.6
	31.5.2006	B	bulk, rosetter	0.5
	31.5.2006	C	bulk, rosetter	0.65
	26.9.2006	A	bulk, årsskudd, rosetter	1.0
	26.9.2006	B	bulk, årsskudd, rosetter	0.65
	26.9.2006	C	bulk, årsskudd, rosetter	1.3
	20.9.2007	A	bulk, årsskudd, rosetter	0.3
	20.9.2007	B	bulk, årsskudd, rosetter	0.5
	20.9.2007	F	bulk, årsskudd, rosetter	0.4
	Nedre Lundetjenn	31.8.2005	A	bulk
31.8.2005		B	bulk	0.5
31.8.2005		C	bulk	0.65
31.8.2005		Ea	bulk	0.55
31.8.2005		Ec	bulk	0.7
31.5.2006		A	bulk, rosetter	0.7
31.5.2006		B	bulk, rosetter	0.8
31.5.2006		C	bulk, rosetter	0.75
26.9.2006		A	bulk, årsskudd, rosetter	0.8
26.9.2006		B	bulk, årsskudd, rosetter	0.85
26.9.2006		C	bulk, årsskudd, rosetter	0.7
20.9.2007		A	bulk, årsskudd, rosetter	0.6
20.9.2007		B	bulk, årsskudd, rosetter	0.4
20.9.2007		C	bulk, årsskudd, rosetter	0.4

3. Resultater

3.1 Vannføring

Tidligere sammenligninger har vist at vannføringsmønsteret i Øvre og Nedre Lundetjenn er godt representert ved overvåkingsstasjonen Birkenes, som er en del av overvåkingsprogrammet for lagtransportert forurenset luft og nedbør (Skjelkvåle et al. 2010). **Figur 3** viser midlere døgnvannføring i Birkenesfeltet i årene 1999-2001 og 2005-2007.

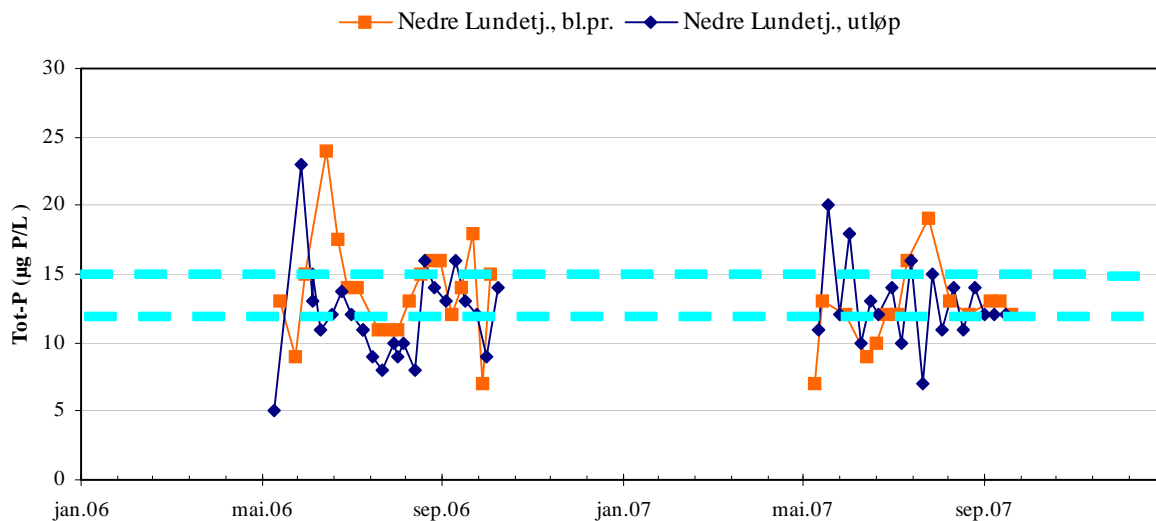


Figur 3. Midlere døgnvannføring i Birkenesfeltet, Aust-Agder (Skjelkvåle et al. 2010).

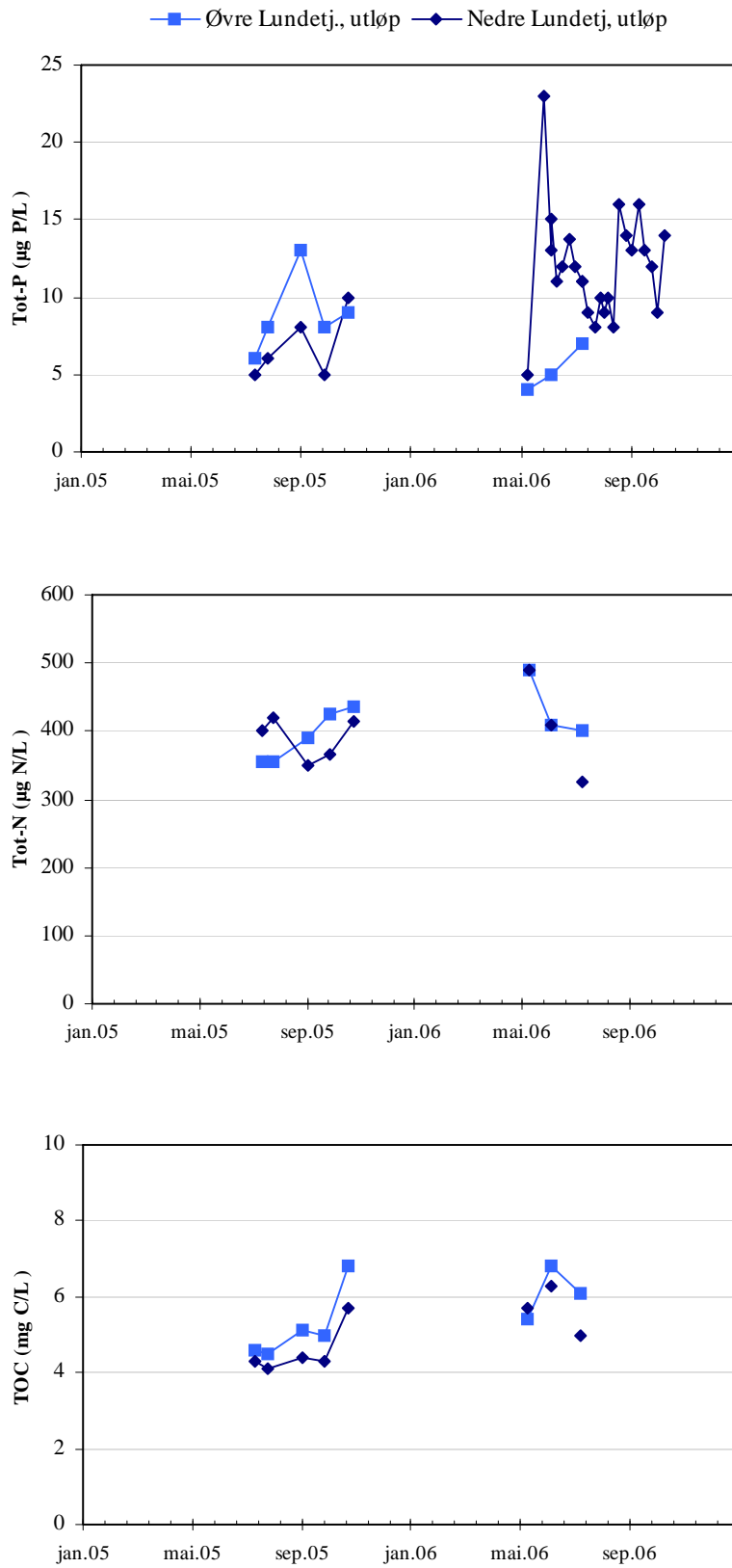
3.2 Vannkjemi

Det ble analysert et bredt spekter av vannkjemiske parametre i utløpet av innsjøene 5 ganger i 2005 og 3 ganger i 2006. I tillegg ble det analysert total fosfor i blandprøver fra Nedre Lundetjenn i forbindelse med gjødslingen i 2006 og 2007. Prøvene ble tatt fra de øvre sirkulerende vannmassene, dvs. ned til sprangsjiktet (**Figur 4**).

pH-verdiene var relativt like i Øvre og Nedre Lundetjenn i 2005 og 2006, og det samme gjaldt konduktivitet, alkalitet og kalsium (vedlegg A). Konsentrasjonene av ortofosfat (uorganisk del av fosfor) var svært lave i begge innsjøene, både i 2005 og 2006 ($<1-4 \mu\text{g P/L}$). Målt fosfor forelå derfor hovedsakelig som organisk fosfor ($4-15 \mu\text{g P/L}$). I 2005 var verdiene for total fosfor generelt noe høyere i Øvre Lundetjenn enn i Nedre Lundetjenn (**Figur 5**). For 2006 var det noe mer variasjon mellom innsjøene, og økede verdier i Nedre Lundetjenn pga. gjødslingen som ble igangsatt på forsommeren dette året. Det var kun mindre forskjeller mellom innsjøene og årene (2005 og 2006) med hensyn til total nitrogen og total organisk karbon.



Figur 4. Utvikling i total fosfor under gjødslingsforsøkene somrene 2006 og 2007 i Nedre Lundetjenn. Konsentrasjonene er målt i blandprøver fra de øvre sirkulerende vannmassene (ned til sprangsjiktet). Gjødslingen startet 11. mai både i 2006 og 2007. Gjødslingsmålet på $12-15 \mu\text{g P/L}$ er lagt inn med stiplet linje.



Figur 5. Total fosfor, - nitrogen og – organisk karbon i prøver fra Øvre- og Nedre Lundetjenn i 2005 og 2006.

3.3 Porevann

Analyseresultatene mht. ortofosfat og ammonium i porevann fra sediment fra ubehandlet innsjø (Øvre Lundetjenn) og gjødslet innsjø (Nedre Lundetjenn) i 2006 er gitt i **Tabell 3**. Det var små forskjeller mellom de to innsjøene i fosfat (PO₄). Mengden var relativ høy i sommerprøvene (juni), mens høstprøvene (september) ikke inneholdt målbare mengder. Det var derimot forskjell mellom lokalitetene mht. ammonium. Mens verdien doblet seg i løpet av sommeren i Øvre Lundetjenn, holdt verdien seg uendret i Nedre Lundetjenn.

Tabell 3. Fosfat og nitrogen i porevann fra sediment i Øvre- og Nedre Lundetjenn i juni og september 2006, målt som hhv ortofosfat og ammonium.

Lokalitet	Dato	PO ₄ -P µg P/L	NH ₄ -N µg N/L
Øvre Lundetjenn	01.06.06	34	930
Nedre Lundetjenn	01.06.06	26	1350
Øvre Lundetjenn	26.09.06	<1	2150
Nedre Lundetjenn	26.09.06	<1	1400

3.4 Vannvegetasjon

Begge innsjøene er sure, oligotrofe og humøse, og arts sammensetningen gjenspeiler dette, med dominans av krypsiv (*Juncus bulbosus*) og gul nøkkerose (*Nuphar lutea*). I perioden 2005-2007 dannet gul nøkkerose bestander i de samme områdene som tidligere (jfr Mjelde 2004), ned til 0.7-2.2 m.

3.4.1 Forekomst av krypsiv 2005-2007

2005

I 2005 dannet krypsiv i Øvre Lundetjenn tette bestander langs land og til dels frodige såter ut til 1.5-1.8 m dyp i de fleste buktene (**Figur 6**). De største og frodigste såtene fantes ved innløpet av Myranstjennbekken. Overflatebestander fantes bare på grunt vann, ut til 0.2-0.3 m dyp i vest og til 0.4-0.5 m dyp i øst. Algebegroingen på krypsivplantene var størst i innsjøens østre del. Krypsivplantene hadde årsskudd på 60-140 cm, med de lengste i nordvestre bukt.

I Nedre Lundetjenn dannet krypsiv i 2005 spredte såter og mindre bestander i flytebladsbeltet i innløpsområdet. Dessuten fantes det en svært frisk og fin bestand i ytre del av bukta (ut til 1-1.1 m dyp). Overflatebestander ble bare registrert på grunt vann (0.3-0.4 m dyp). Flere av de øvrige buktene hadde friske såter og bestander av krypsiv, oftest ut til 0.8-1 m dyp, men med enkelte såter ut til 1.3-1.5 m. Ved område C dekket en tett krypsivbestand store deler av bukta ut til 0.6-0.7 m dyp. Til dels store algeskyer med (*Zygogonium* spp.) ble registrert i nordvestre (B) og nordre bukt (C), samt på bunnen i nordøst (E).

2006

Observasjoner på våren 2006 viste krypsivbestander med stor vinteroverlevelse både i Øvre og Nedre Lundetjenn. En del drivmateriale i buktene tydet imidlertid på noe vinteravgang og gammelt materiale ble observert i overflaten i begge innsjøene, men friske og fine krypsiv-såter i begge innsjøene. Plantene i Øvre Lundetjenn hadde ingen framtreddende begroing på eller rundt seg, mens plantene i Nedre Lundetjenn hadde tydelig algebegroing (*Zygogonium* sp.).

Registreringene på høsten 2006 viste mindre utbredelse av krypsiv i Øvre Lundetjenn i forhold til tidligere år. Det ble ikke observert bestander i overflata, bare noen enkeltsåter nær overflata. Friske grønne rosetter på grunt vann var vanligst. Krypsivplantene på 0.8-1.3 m dyp i nordvestre bukt var omkranset av algeskyer, og så lite vitale ut.

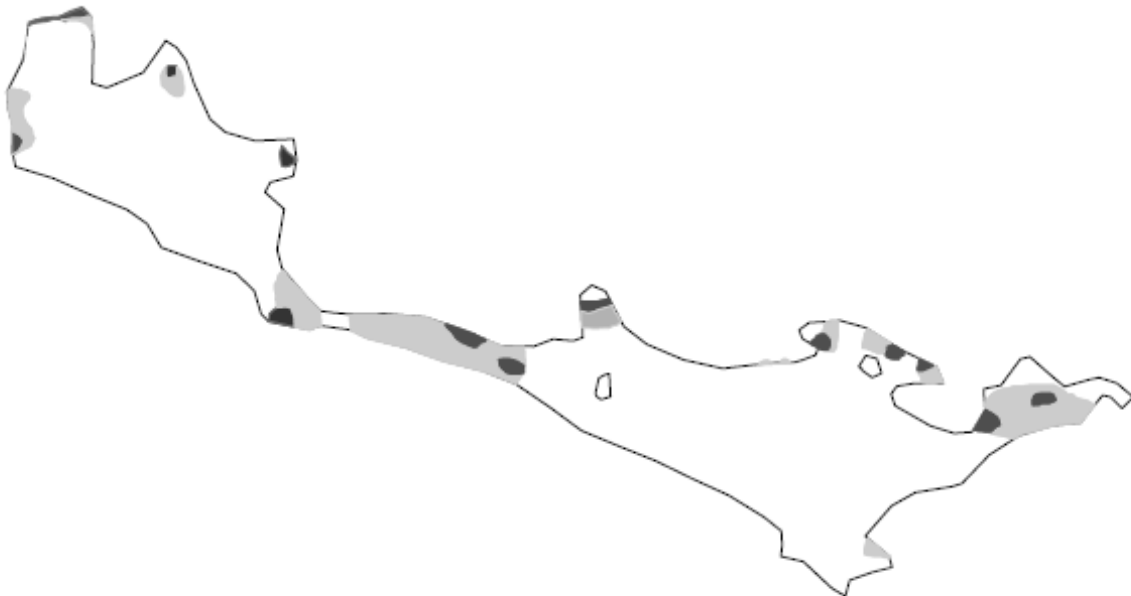
I Nedre Lundetjenn ble det i 2006 registrert svært frodige såter i ytre del av innløpsområdet (ut til ca. 1 m dyp), noen av disse også i overflata. Ellers i området fantes spredte såter opp mot overflata. Plantene gikk lett fra hverandre og enkelte såter så ut til å ha løsnet (begynnende oppløsning og reduksjon?). Ellers var friskt grønne rosetter på grunt vann, ut til 0.2-0.4 m dyp, den vanligste vekstformen. Ingen tydelig algebegroing på plantene, men litt rester av trådformede grønnalger ble observert enkelte steder.

2007

Det var lav vannstand i Lundetjennene høsten 2007. I Øvre Lundetjenn hadde krypsiv omtrent samme utbredelse som høsten 2006, med friske grønne rosetter på grunt vann flere steder. Enkeltsåter eller små bestander opp mot eller i overflata ble registrert på noen lokaliteter, vanligst på 0.3-0.6 m dyp, mens de i nordvestre og nordre bukt gikk ut til 0.8-1 m dyp. I nordvestre bukt ble det registrert noe algeskyer (*Zygonium* sp.) rundt plantene, på andre lokaliteter lite algebegroing.

Innløpsområdet av Nedre Lundetjenn hadde i 2007 fortsatt såter her og der i flytebladsbeltet, med de frodigste såtene i ytre del, på 0.6-0.8 m dyp. De fleste av disse såtene var imidlertid løse og årsskuddene var ikke røde. Plantene virket ikke så friske som i Øvre Lundetjenn og hadde algebegroing på stengler og blad, i tillegg til algeskyer rundt plantene. På øvrige lokaliteter fantes også krypsiv-såter ut til 0.6-0.7 m dyp, men friske rosetter og frodige bestander fantes bare på grunt vann, ut til ca 0.3 m. I østre bukt (område E) fantes gul nøkkerose spredt i hele bukta, mens krypsiv dannet en bestand på grunt vann i nordvest. Flere steder fantes algeskyer (*Zygonium* sp.) rundt krypsivplantene.

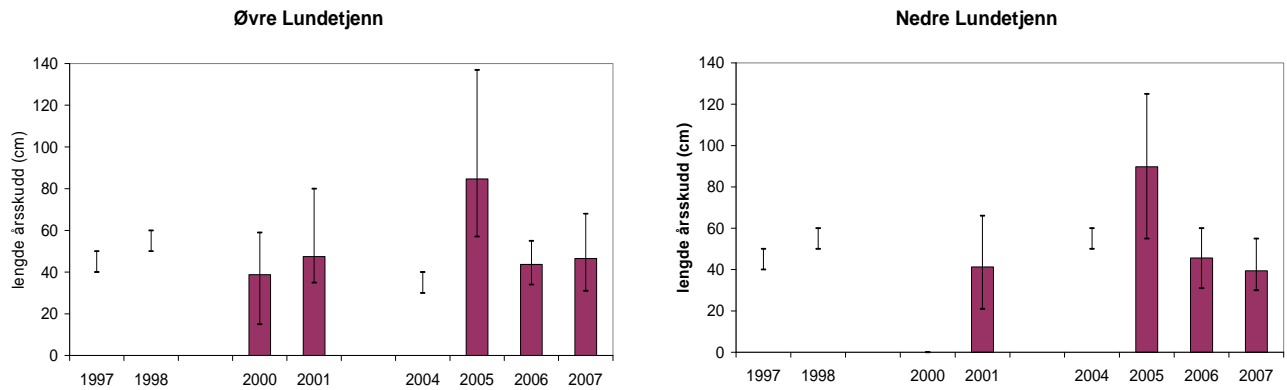
Algebegroingen på stengler og blad av krypsiv i Nedre Lundetjenn var dominert av kiselalgene *Frustulia rhomboides*, *Tabellaria flocculosa* og *Actinella punctata*, som alle foretrekker humusrikt vann, samt mye av cyanobakterien *Hapalosiphon hibernicus*, som er vanlig i næringsfattig vann.



Figur 6. Enkel skisse over utbredelsen av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn 2005. Basert på observasjoner fra båt og 87 GPS-punkter. Svart: tette forekomster (inkl overflatematter). Grått: spredte forekomster. Det var ikke nok GPS-punkter til å lage tilsvarende kart for 2006 og 2007.

3.4.2 Årskudd av krypsiv 1999-2007

Årskuddene i 2006 og 2007 var i samme størrelsesorden som tidligere år, også før første gjødslingsperiode og i gjødslingsperiodene (**Figur 7**). Gjødslingene ser altså ikke ut til å ha gitt noen merkbar effekt på årskuddlengden. Kaste m.fl. (2007) antok at de lange årskuddene i 2005 kunne skyldes klimaforhold, eventuelt en forsinket effekt av tilsetningen av kalksalpeter i innløpsbekkene til Øvre Lundetjenn i 2002 (jfr. Mjelde 2004).



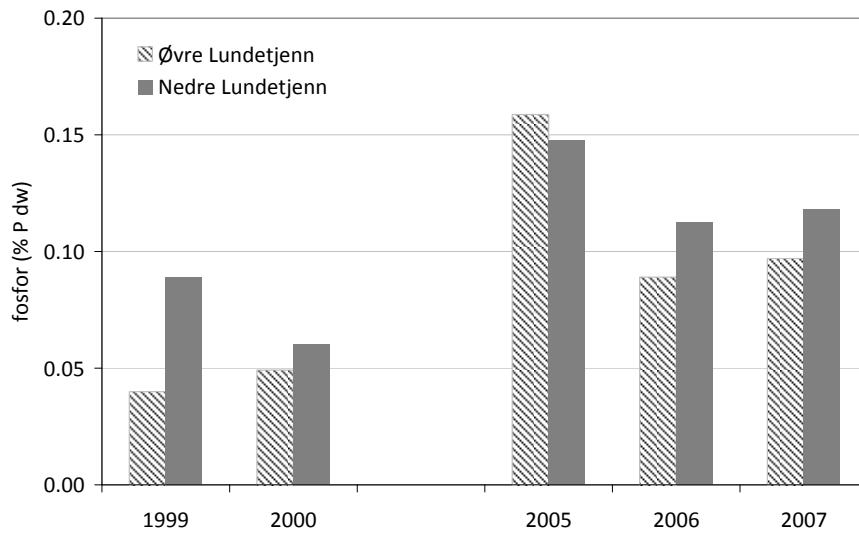
Figur 7. Årskudd av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn.

3.4.3 Elementinnhold i krypsiv 1999-2007

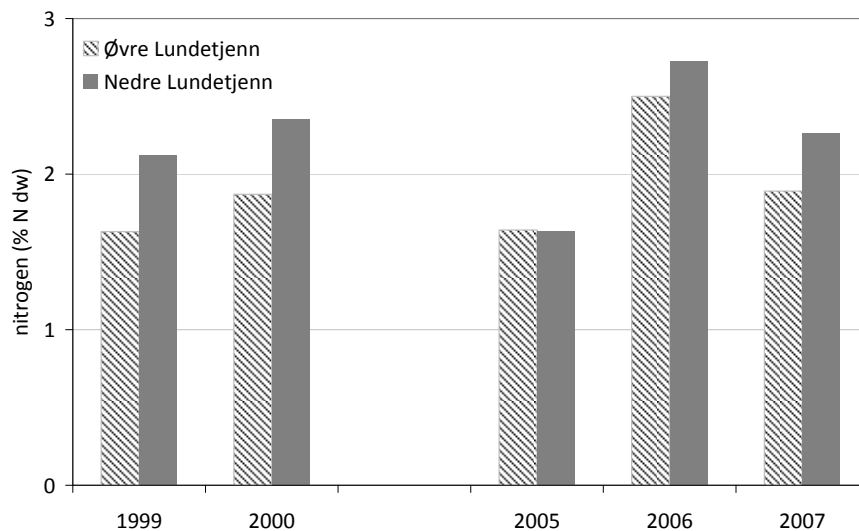
Generelt sett viser analysene av elementinnhold i krypsivplantene at de er ekstremt fattige på fosfor i forhold til de fleste limniske makrofyter. Nivåene er mer på linje med terrestriske planter. En mulig implikasjon av dette er at krypsiv kan vokse ved lavere fosforkonsentrasjoner i sediment og vann enn de fleste andre konkurrerende vannplanter. Det lave fosforinnholdet gjør også krypsivplanten lite interessant som næring for beiter. Nedenfor fokuseres det bare på elementinnholdet i prøver fra høstperiodene.

Karboninnholdet i bulk-prøvene fra Øvre og Nedre Lundetjenn varierte mellom 38 og 50 % C i hele perioden 1999-2007. Begge innsjøer hadde høyeste verdier (48-49 % C) i 2006. Et noe lavere nivå i Nedre Lundetjenn i 2000 kan skyldes av denne prøven var dominert av rosettplanter (se Mjelde 2004).

I begge gjødslingsperiodene (1999-2000 og 2006-2007) hadde plantene fra Nedre Lundetjenn høyere fosfor- og nitrogeninnhold enn i Øvre Lundetjenn (**Figur 8** og **Figur 9**). Mjelde (2004) antok at fosforgjødslingen trolig også medførte økt mulighet for nitrogenopptak for vannplantene. I 2005 var forholdet motsatt, med de høyeste verdiene i Øvre Lundetjenn. I 2005 ble det målt høyt fosforinnhold og unormalt lavt nitrogeninnhold i plantene fra begge innsjøene. Årsaken til dette er ikke klarlagt. Imidlertid viste analyser fra flere innsjøer at det var en tendens til lavere nitrogeninnhold i planter fra innsjøer med frodig krypsivvekst i forhold til i innsjøer med dårligere vekst (Kaste m.fl. 2007). Nitrogeninnholdet i Lundetjennene i 2005 var imidlertid klart lavere enn alle analysene i den undersøkelser.

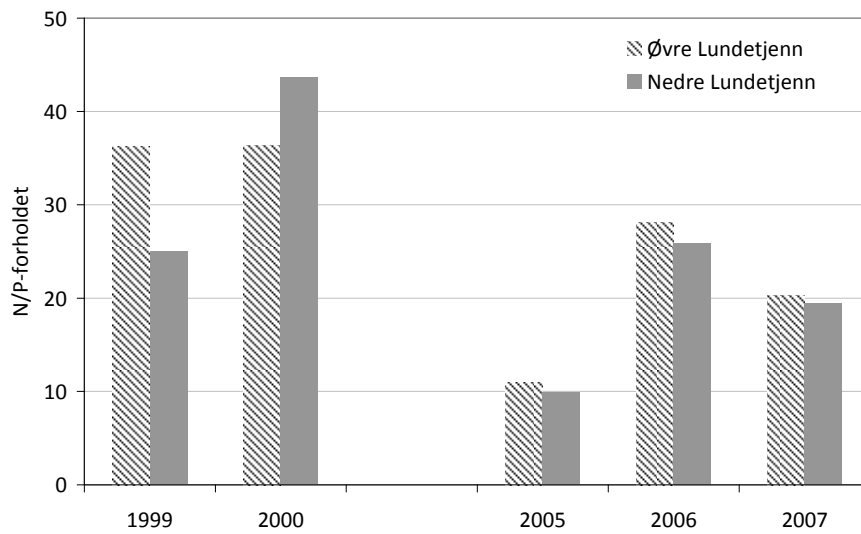


Figur 8. Variasjoner i fosforinnholdet (median) i krypsivplanter i Øvre og Nedre Lundetjenn i perioden 1999-2007. Gjødsling foretatt 1999-2001 og 2006-2007.

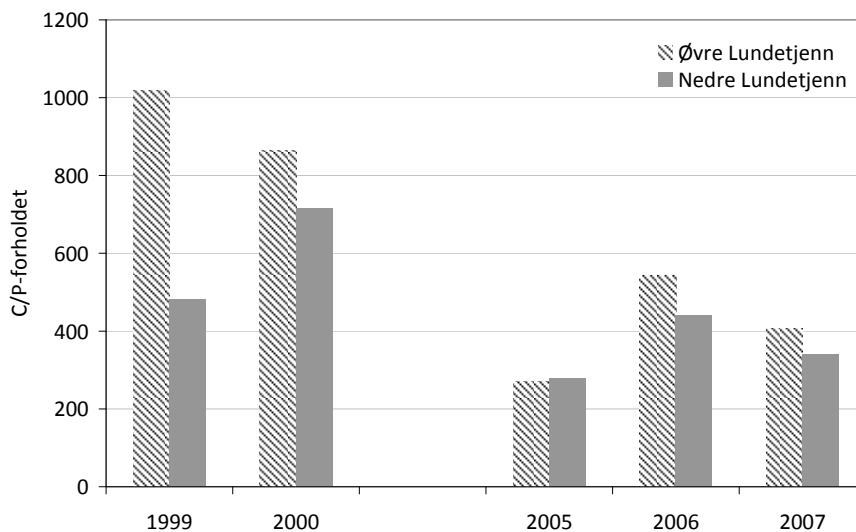


Figur 9. Variasjoner i nitrogeninnholdet (median) i krypsivplanter i Øvre og Nedre Lundetjenn i perioden 1999-2007. Gjødsling foretatt 1999-2001 og 2006-2007.

Både N/P-forholdet og C/P-forholdet i plantene i Nedre Lundetjenn var generelt lavere enn i Øvre Lundetjenn (**Figur 10** og **Figur 11**) i begge gjødslingsperiodene (avvik i 2000 kan skyldes dårlig plantemateriale fra N. Lundetjenn, jfr Mjelde 2004). De svært lave forholdene i begge Lundetjennene i 2005 har sammenheng med høyt fosfor- og lavt nitrogeninnhold i plantene.

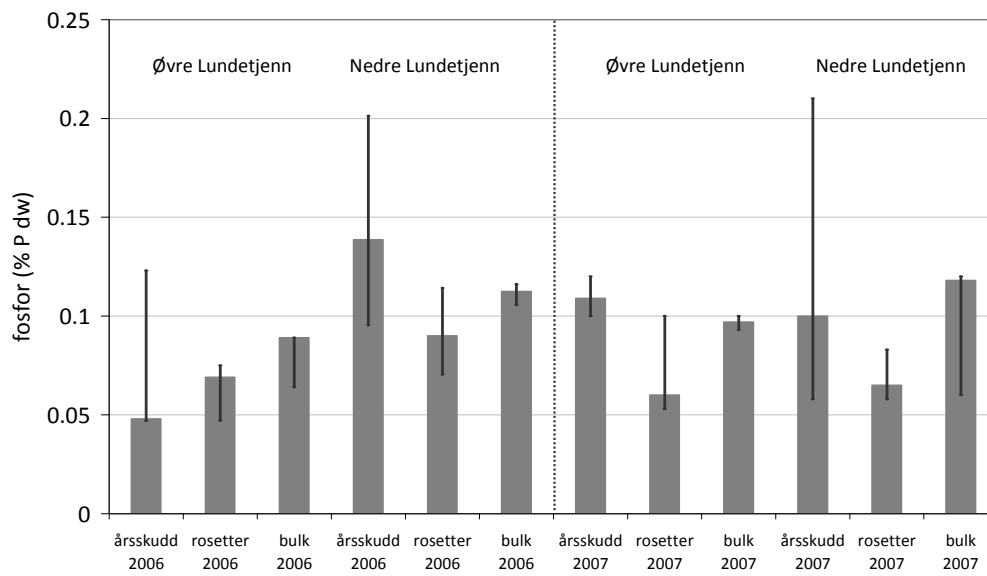


Figur 10. Nitrogen/fosfor-forhold (vektbasis; medianverdier) i krypsivplanter i Øvre og Nedre Lundetjenn. Omfatter bare bulkprøver.



Figur 11. Karbon/fosfor-forholdet (vektbasis; medianverdier) i krypsivplanter i Øvre og Nedre Lundetjenn. Omfatter bare bulkprøver.

Generelt sett antar vi at elementinnholdet i bulkprøver basert på tette bestander og overflatematter kan variere mye avhengig av fordelingen av type skudd og blad; rosettblad, lange årsskudd, overflatematter og kanskje plantemateriale fra flere år. Av den grunn har vi de to siste årene (2006 og 2007) også analysert på rosettblad og årsskudd, i tillegg til bulk-prøvene. Analysene (illustrert ved fosfor) viser klare forskjeller mellom de ulike prøvetypene (**Figur 12**).



Figur 12. Forskjeller i fosforinnholdet i årsskudd, rosettblad og bulk-prøver i Øvre og Nedre Lundetjenn i 2006-2007. Median og min-max-verdier.

4. Diskusjon

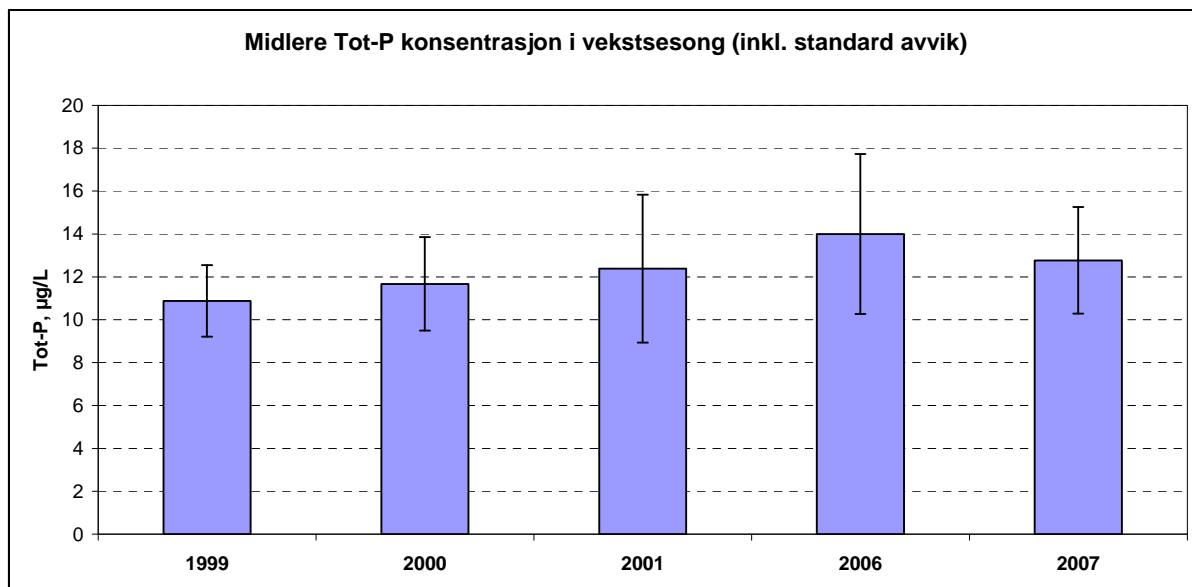
4.1 Sammenligning av gjødslingsperiodene 1999-2001 og 2006-2007

Vannkjemiske forhold

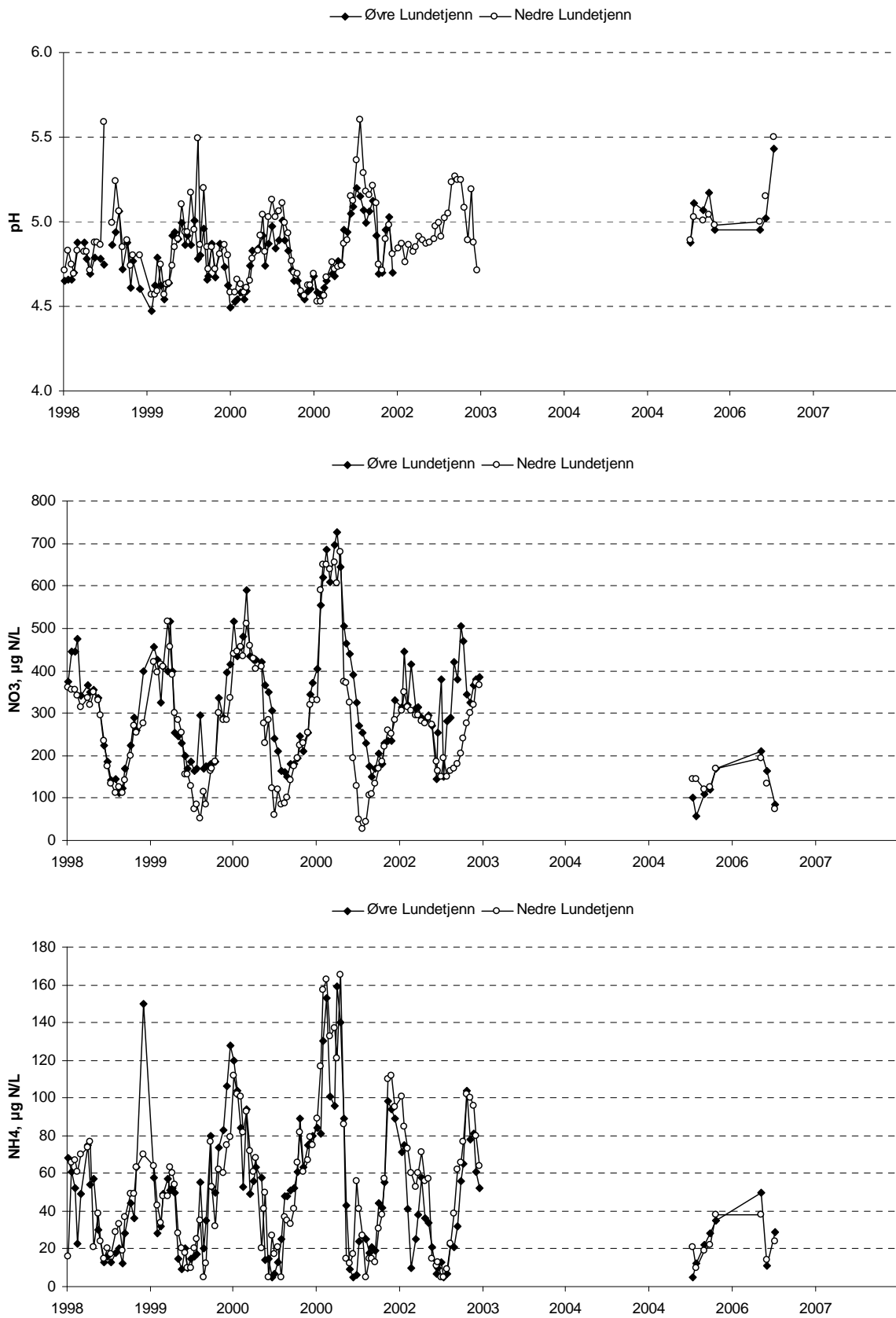
Nedre Lundetjenn er blitt gjødslet i vekstsesongen (mai-oktober) i perioden 1999-2001 og i 2006-2007. De første tre årene ble det benyttet hhv. 20.2, 17.0 og 12.9 kg rent fosfor. I de to siste årene ble det tilsatt hhv. 11.0 og 9.6 kg fosfor. Effekten i form av midlere fosforkonsentrasjon i vannmassen under gjødslingsperiodene er vist i **Figur 13**. Middelerverdiene for de fem årene ligger i samme størrelsesorden 10.9-14.0 µgP/L, og standardavvikene indikerer at det ikke er systematiske forskjeller mellom fosforkonsentrasjonen i innsjøen i de aktuelle gjødslingsperiodene.

Også når det gjelder øvrige vannkjemiske parametre som pH, nitrat, ammonium, total nitrogen og totalt organisk karbon er det ingen dramatiske endringer mellom periodene 1998-2002 og 2006-2007 (**Figur 14** og **Figur 15**). Resultatene viser imidlertid en tendens til høyere tot-P konsentrasjoner i Øvre Lundetjenn i senere år, sammenlignet med referanseåret 1998. Vi finner ingen åpenbare årsaker til dette, og de høye verdiene i f.eks. 2002 og 2005 kan heller ikke settes i sammenheng med spesielt høye humuskonsentrasjoner eller påvirkning fra gjødsling i Nedre Lundetjenn (ingen fosforgjødsling siden 2001).

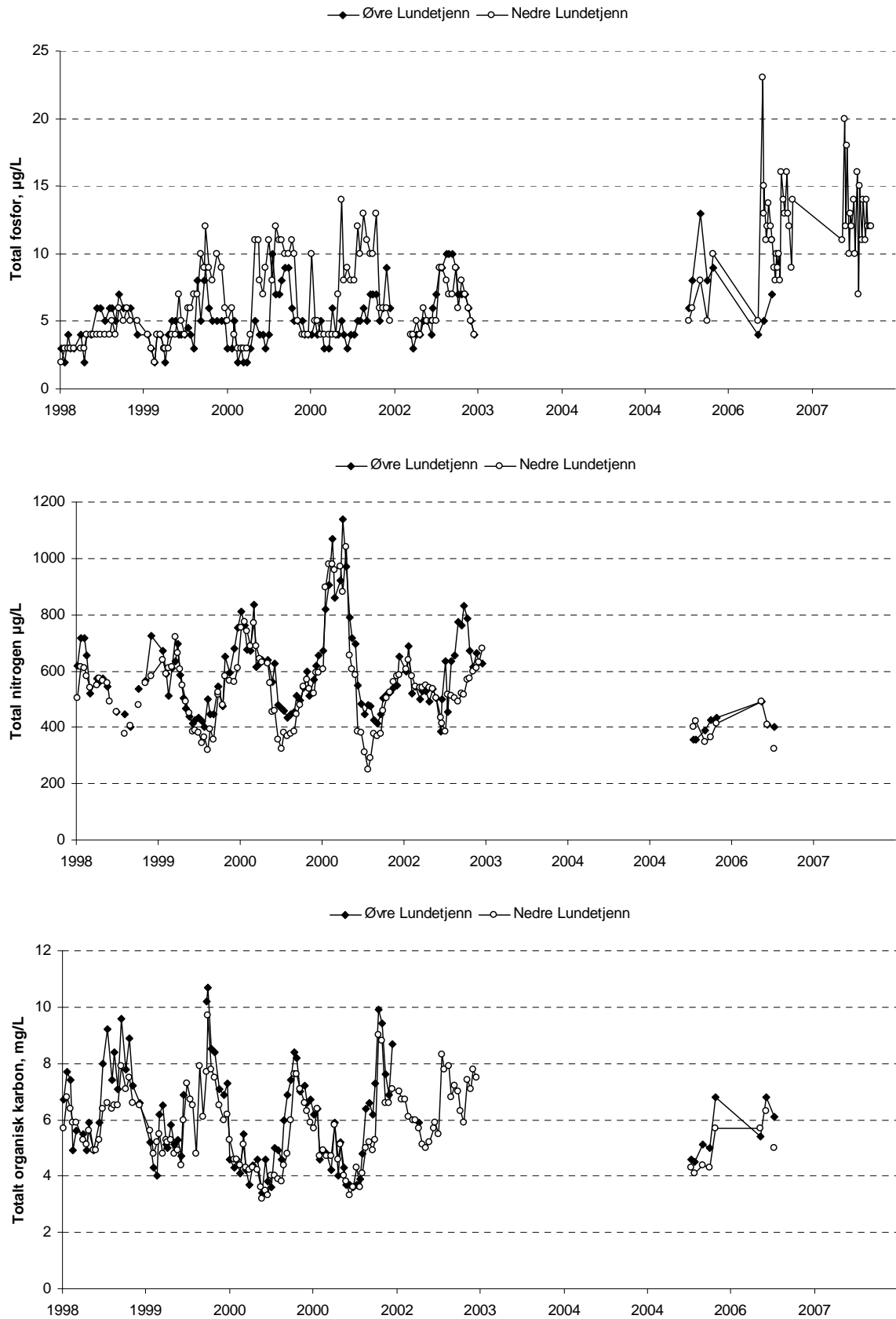
I 2002 ble det gjennomført eksperimenter med dosering av kalksalpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i innløpsbekkene til Øvre Lundetjenn. I perioden 24. april – 26. september ble det tilsatt til sammen 159 kg rent nitrogen i de to innløpsbekkene. Eksperimentet resulterte i klart forhøyede konsentrasjoner av nitrat i Øvre Lundetjenn og dels også i Nedre Lundetjenn i løpet av vekstsesongen 2002 (**Figur 14**). På grunn av relativt kort teoretisk oppholdstid i innsjøene (0.11 og 0.19 år i hhv. Øvre- og Nedre Lundetjenn) var nitratkonsentrasjonene nede på "normale" nivåer allerede senhøstes 2002. Det antas at nitrogengjødslingen i 2002 hadde relativt små biologiske effekter, i og med at primærproduksjonen i innsjøene antas å være begrenset av fosfor.



Figur 13. Midlere konsentrasjon av total fosfor i Nedre Lundetjenn (ukentlige blandprøver fra de øverste sirkulerende vannmassene) i løpet av vekstsesongen i årene 1999-2001 og 2006-2007. Standardavviket av prøvene er indikert.



Figur 14. pH, samt konsentrasjon av nitrat og ammonium i utløpene av Øvre- og Nedre Lundetjenn 1998-2007.



Figur 15. Totale konsentrasjoner av fosfor, nitrogen og karbon i utløpene av Øvre og Nedre Lundetjenn 1998-2007.

Vannvegetasjon

Næringsinnholdet i krypsivplantene følger endringene i vannkvaliteten i begge innsjøene. I begge gjødslingsperiodene var både fosfor- og nitrogeninnholdet i krypsivplantene høyere i Nedre Lundetjenn i forhold til Øvre Lundetjenn. Selv om krypsivbestandene i Nedre Lundetjenn viste en reduksjon både i mengde og vitalitet i 2006-2007, fikk vi imidlertid ikke samme dramatiske reduksjon som ved første gjødslingsperiode (Mjelde 2004).

En reduksjon i mengde og vitalitet også i Øvre Lundetjenn kan ha sammenheng med at denne innsjøen også ser ut til å ha en tendens til høyere tot-P verdier i senere år (**Figur 15**).

4.2 Feltobservasjoner versus laboratorieforsøk

Pilotforsøk på Universitetet i Oslo 2006

Kontrollerte laboratorieforsøk er en robust og effektiv måte å teste hypoteser om biologiske responser på ulike miljøforhold. Som et supplement til storskalaforsøket i Nedre Lundetjenn ble det derfor foretatt eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarieavdelingen på Universitetet i Oslo (Kaste et al. 2007).

Rosettplanter av krypsiv og sediment ble innhentet fra referansesjøen Øvre Lundetjenn i mai 2006. Sand til stabilisering av sedimentet ble hentet fra Tveitvatn i Tovdalsvassdraget. I laboratoriet ble plantene fordelt på 4 kasser, med 4 planter i hver kasse. Kassene ble fylt med ubehandlet vann fra Maridalsvannet i Oslo. Alle kassene hadde like fysiske forhold, men ble tilsatt forskjellig mengde nitrogen og fosfor, se **Tabell 4**.

Tabell 4. Fosfor- og nitrogen tilsetning til kasser med innplantet krypsiv

Kasse nr.	Tilsetninger	Dato tilsatt
1	kontroll	
2	Tilsatt NH_4NO_3 80 mmol	22.6.06
3	Tilsatt KH_2PO_4 10 mmol	22.6.06
4	Tilsatt KH_2PO_4 10 mmol + NH_4NO_3 80 mmol	22.6.06

Vitalitet, bladlengder og bladantall i rosettene ble registrert hver uke i perioden 22. juni til 3. oktober 2006. Plantene ble høstet 3. oktober 2006. Tilsetningsforsøkene i laboratoriet viste klare forskjeller i krypsivveksten. Krypsivplantene i karet tilsatt nitrogen viste god og tydelig vekst. Plantene dannet nye skudd både i morplanten og i sedimentet. Røttene vokste ut av pottene og forgreningene av røtter holdt sedimentet godt sammen. Det ble ikke observert begroingsalger på plantene. I kontrollkassen hadde krypsiv noe mindre vekst enn i kassen med nitrogen tilsetning, samt svak vekst av begroingsalger. Plantene tilsatt fosfor og fosfor + nitrogen hadde ved samme tidspunkt dårlig vekst og ingen nye skudd, og var dekket med begroingsalger. Ved høstingstidspunktet ble det i karet tilsatt fosfor registrert skjøre røtter og skudd i ferd med å visne.

I løpet av forsøksperioden viste krypsivplantene i kontrollen og karet tilsatt N en gjennomsnittlig økning i bladlengder på hhv. 7 og 8 cm. Karene tilsatt P viste minimal økning (0,1 cm) mens plantene i karet tilsatt P+N viste en reduksjon i bladlengde på 2 cm. Kontrollen og karet tilsatt N hadde ved høstingstidspunktet nesten 3 ganger så mange grønne skudd som karene med P eller P+N tilsetning.

Feltobservasjoner vs. labforsøk

Labforsøket i 2006 indikerte at nitrogentilsetning fremmet veksten av krypsiv mens tilsetning av fosfor hemmet og reduserte veksten. Laboratorieforsøkene bekreftet dermed resultatene fra storskalaforsøkene i Nedre Lundetjenn i 1999-2001 (Mjelde 2004). Plantene i kassene med P tilsetning hadde massiv algebegroing. Dette antas å ha stor betydning for veksten av krypsiv, men det er usikkert på hvilken måte dette påvirker plantene.

Høsten 2010 ble det foretatt nye labforsøk med planter og sediment fra Breisjøen, en kalkfattig, men ikke forsuret innsjø i Oslomarka. Det ble benyttet tilnærmet samme tilsetningsdoser av N, P og N+P som i pilotprosjektet, og foreløpige resultater fra de nye forsøkene viste ingen effekt av påvekstalger på veksten av krypsivet (Fosholt Moe, pers.medd.). Resultatene fra labforsøket i 2010 er imidlertid ikke ferdig bearbeidet, og det er derfor for tidlig å trekke endelige konklusjoner på basis av dette.

5. Referanser

Kaste, Ø., Johansen, S., Mjelde, M., Andersen, T., Hessen, D., Holm, T.M., Rangberg, A., 2007. Kan næringsubalanse i vann føre til problemvekst av krypsiv? Resultater fra forprosjekt i 2006. NIVA-rapport 5341, 26 s.

Lid, J. & Lid, D.T. 2005. Norsk flora. Det norske samlaget.

Mjelde, M., 2004. Utvikling av krypsiv - *Juncus bulbosus* - i Øvre og Nedre Lundetjenn. NIVA-rapport 4881, 17 s.

Skjelkvåle, B.L. (red.) 2010. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2009. Klima- og forurensningsdirektoratet, TA-2696/2010, 162 s.

Vedlegg A. Vannkjemi 2005-2007

Primærtabel vannprøver

Forkortelser:

Kond	Konduktivitet	Tot-P	Total fosfor	Tot-N	Total nitrogen	TOC
Alk	Alkalitet i mmol/L	PO ₄	Ortofosfat	NH ₄ -N	Ammonium	UOC
Ca	Kalsium			NO ₃ -N	Nitrat	CO ₂
						Totalt organisk karbon
						Uorganisk karbon
						Karbondioksyd

St.nr.	St.-navn	Dato	Dyp 1	Dyp 2	pH	Kond	Alk	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	TOC	UOC	CO ₂	Ca
2	Øvre Lundetjenn, utløp	12.07.05			4,88		0,022	6	<1	355	<5	100	4,6			
2	Øvre Lundetjenn, utløp	26.07.05			5,11		0,029	8	1	355	12	56	4,5	1,1	1,1	
2	Øvre Lundetjenn, utløp	02.09.05			5,07		0,027	13	<1	390	22	110	5,1	0,95	0,86	
2	Øvre Lundetjenn, utløp	28.09.05			5,17		0,035	8	<1	425	28	120	5,0	1,26	1,4	
2	Øvre Lundetjenn, utløp	24.10.05			4,95		0,027	9	<1	435	35	170	6,8	1,6	1,5	
2	Øvre Lundetjenn, utløp	11.05.06			4,95	3,32		4	<1	490	50	210	5,4	1,9	1,6	0,86
2	Øvre Lundetjenn, utløp	06.06.06			5,02	2,78		5	<1	410	11	165	6,8	0,56	0,21	0,70
2	Øvre Lundetjenn, utløp	10.07.06			5,43	2,65		7	1	400	29	84	6,1	1,5	1,5	0,78
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	15.05.06	0	4				13								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	26.05.06	0	3				9								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	01.06.06	0	2,5				15								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	15.06.06	0	2,5				24								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	24.06.06	0	2,5				18								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	30.06.06	0	2,5				14								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	07.07.06	0	2,5				14								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	21.07.06	0	2,5				11								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	28.07.06	0	2,5				11								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	03.08.06	0	3				11								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	11.08.06	0	3				13								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	18.08.06	0	3				15								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	25.08.06	0	2,5				16								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	01.09.06	0	4				16								

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp 1	Dyp 2	pH	Kond	Alk	Tot-P µg P/L	PO ₄ -P µg P/L	Tot-N µg N/L	NH ₄ -N µg N/L	NO ₃ -N µg N/L	TOC mg C/L	UOC mg C/L	CO ₂ mg C/L	Ca mg/L
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	08.09.06	0	4				12								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	15.09.06	0	4				14								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	22.09.06	0	4				18								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	29.09.06	0	4				7								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	05.10.06	0	4				15								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	11.05.07	0	3,5				7								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	16.05.07	0	3				13								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	01.06.07	0	4				12								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	15.06.07	0	2,5				9								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	22.06.07	0	3				10								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	29.06.07	0	3				12								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	06.07.07	0	2,5				12								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	13.07.07	0	4				16								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	27.07.07	0	2,5				19								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	10.08.07	0	3				13								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	24.08.07	0	4				12								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	07.09.07	0	4				13								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	14.09.07	0	5				13								
5	Nedre Lundetjenn, bl.pr.	21.09.07	0	5				12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	12.07.05			4,89		0,020	5	<1	400	21	145	4,3			
1	Nedre Lundetjenn, utløp	26.07.05			5,03		0,026	6	4	420	10	145	4,1	0,47	0,48	
1	Nedre Lundetjenn, utløp	02.09.05			5,01		0,024	8	<1	350	19	120	4,4	0,72	0,73	
1	Nedre Lundetjenn, utløp	28.09.05			5,04		0,029	5	<1	365	22	125	4,3	0,72	0,78	
1	Nedre Lundetjenn, utløp	24.10.05			4,98		0,027	10	<1	415	38	170	5,7	1,3	1,2	
1	Nedre Lundetjenn, utløp	11.05.06			5,00	3,05		5	<1	490	38	195	5,7	1,3	1,3	0,81
1	Nedre Lundetjenn, utløp	29.05.06						23								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	06.06.06						13								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	06.06.06			5,15	2,87		15	1	410	14	135	6,3	0,54	0,51	0,77
1	Nedre Lundetjenn, utløp	12.06.06						11								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	19.06.06						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	26.06.06						14								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	03.07.06						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	10.07.06						11								

St.nr.	St.navn	Dato	Dyp 1	Dyp 2	pH	Kond	Alk	Tot-P µg P/L	PO ₄ -P µg P/L	Tot-N µg N/L	NH ₄ -N µg N/L	NO ₃ -N µg N/L	TOC mg C/L	UOC mg C/L	CO ₂ mg C/L	Ca mg/L
1	Nedre Lundetjenn, utløp	10.07.06			5,50	2,80		11	3	325	24	74	5,0	1,2	1,2	0,80
1	Nedre Lundetjenn, utløp	17.07.06						9								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	24.07.06						8								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	31.07.06						10								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	03.08.06						9								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	07.08.06						10								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	14.08.06						8								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	21.08.06						16								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	28.08.06						14								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	04.09.06						13								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	11.09.06						16								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	18.09.06						13								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	25.09.06						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	02.10.06						9								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	09.10.06						14								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	14.05.07						11								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	21.05.07						20								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	28.05.07						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	04.06.07						18								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	11.06.07						10								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	18.06.07						13								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	24.06.07						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	02.07.07						14								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	09.07.07						10								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	16.07.07						16								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	23.07.07						7								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	30.07.07						15								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	06.08.07						11								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	13.08.07						14								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	20.08.07						11								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	27.08.07						14								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	03.09.07						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	10.09.07						12								
1	Nedre Lundetjenn, utløp	17.09.07						12								

Vedlegg B. Elementinnhold i krypsivplanter

ØVRE LUNDETJENN

område	år		BULK			ROSETTER			ÅRSSKUDD		
			P	N	C	P	N	C	P	N	C
A-III	1999	juli	0.038	1.68	40.6						
A-III	1999	juli	0.034	1.63	41.8						
A-III	1999	juli	0.036	1.56	42.3						
A-III	1999	juli	0.039	1.55	41.8						
A-III	1999	juli	0.048	1.82	40.0						
A-I a	1999	juli	0.052	1.62	41.8						
A-I	1999	juli	0.034	1.71	40.6						
A-I	1999	juli	0.040	1.67	40.6						
A-I	1999	juli	0.035	1.53	41.6						
A-I	1999	juli	0.054	1.60	41.2						
A-I	1999	aug	0.041	1.60	40.8						
A-I	1999	aug	0.052	1.74	42.1						
A-I	1999	aug	0.055	1.64	42.5						
A-I	1999	aug	0.046	1.66	43.2						
A-I	1999	aug	0.033	1.37	43.3						
					0.0						
vest	2000	sept	0.043	1.87	41.0						
nord	2000	sept	0.049	1.79	42.5						
bekkeutløp	2000	sept	0.079	2.39	43.2						
A	2005	aug	0.199	1.52	42.9						
B	2005	aug	0.121	1.64	42.8						
C	2005	aug	0.178	2.28	41.5						
D	2005	aug	0.159	1.74	43.0						
F	2005	aug	0.150	1.61	42.4						
A	2006	mai	0.172	3.30	46.6	0.124	2.50	48.2			
B	2006	mai	0.108	2.40	46.1	0.071	2.20	44.5			
C	2006	mai	0.104	2.20	46.3	0.111	2.60	49.8			
A	2006	sept	0.089	2.50	48.4	0.047	2.30	38.3	0.048	1.70	45.8
B	2006	sept	0.089	2.50	45.6	0.075	3.20	49.6	0.123	2.40	49.0
C	2006	sept	0.064	1.90	47.9	0.069	2.20	50.3	0.047	1.90	48.6
A	2007	sept	0.093	1.89	42.2	0.100	2.51	43.5	0.120	2.18	43.0
B	2007	sept	0.100	2.13	38.9	0.053	1.97	39.3	0.100	1.96	43.4
F	2007	sept	0.097	1.88	39.6	0.060	1.98	40.1	0.109	1.88	41.5

P=fosfor, N=nitrogen og C=karbon. Alle verdier er oppgitt som % av tørrvekt

NEDRE LUNDETJENN

område	år		BULK			ROSETTER			ÅRSSKUDD		
			P	N	C	P	N	C	P	N	C
B-II	1999	aug	0.111	2.33	43.0						
B-II	1999	aug	0.101	2.19	42.9						
B-II	1999	aug	0.093	2.34	41.7						
B-II	1999	aug	0.103	2.37	43.9						
B-II	1999	aug	0.059	2.12	43.3						
B-II	1999	aug	0.089	2.10	43.0						
B-III	1999	aug	0.109	2.73	41.7						
B-III	1999	aug	0.123	2.38	42.6						
B-III	1999	aug	0.097	2.37	41.9						
B-III	1999	aug	0.072	2.10	42.1						
B-III	1999	aug	0.066	1.87	42.4						
B-III	1999	aug	0.085	1.93	42.6						
B-III	1999	aug	0.065	2.06	42.0						
B-III	1999	aug	0.073	2.06	41.8						
B-III	1999	aug	0.071	1.98	42.2						
nord	2000	sept	0.038	2.14	36.6						
vest	2000	sept	0.082	2.57	38.8						
A	2005	aug	0.103	1.38	43.1						
B	2005	aug	0.167	1.63	42.6						
C	2005	aug	0.143	1.41	43.1						
Ea	2005	aug	0.235	2.20	40.8						
Ec	2005	aug	0.148	1.69	41.0						
A	2006	mai	0.085	2.20	47.1	0.128	2.60	49.2			
B	2006	mai	0.150	2.70	47.6	0.137	3.10	47.3			
C	2006	mai	0.100	2.40	47.4	0.105	2.60	48.8			
A	2006	sept	0.112	3.16	49.5	0.070	2.70	50.5	0.095	2.05	49.0
B	2006	sept	0.106	2.73	46.8	0.090	2.58	44.8	0.201	2.94	47.3
C	2006	sept	0.116	2.41	48.8	0.114	2.10	38.0	0.139	2.80	48.8
A	2007	sept	0.060	2.07	37.0	0.083	2.37	39.3	0.100	2.17	37.5
B	2007	sept	0.120	2.26	40.1	0.058	2.53	35.4	0.210	2.39	40.5
C	2007	sept	0.118	2.30	40.1	0.065	2.35	39	0.058	2.53	35.4

P=fosfor, N=nitrogen og C=karbon. Alle verdier er oppgitt som % av tørrvekt

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no