

---

# **Miljøforandringer i Dagsjøen på Gardermoen, belyst ved diatomèanalyse.**

**Hvordan grunnvannets fluktasjoner påvirker  
sjøens limnologi.**

Tonje Iren Øveraas Krokaas



Hovedoppgave i geologi  
Institutt for geofag  
Universitetet i Oslo  
Våren 2007

---

## Forord

Denne cand. Scient. oppgaven er utført ved Institutt for Geologi, Universitetet i Oslo, og min veileder har vært professor Bjørg Stabell. Arbeidet med å få fullført denne oppgaven har på grunn av en øyesykdom vært en lang og smertefull prosess, og i den sammenheng ønsker jeg å takke Bjørg for god støtte og oppmuntring i alle disse årene. Jeg vil også takke henne for god veiledning under arbeidet med hovedfagsoppgaven.

Jeg vil også takke min healer Anne Grethe Lynne som, ved å fjerne smertene i øyne/hodet i desember 2006, gjorde det mulig for meg å fullføre arbeidet med hovedoppgaven.

Jeg vil takke Helge Høeg for god hjelp under feltarbeid, og for at jeg får benytte hans resultater fra pollenanalysen.

Til slutt vil jeg takke familien, og da særlig min mann Trond Krokaas, som har vært en uvurderlig støtte for meg i denne lange vanskelige perioden jeg har holdt på med hovedfagsoppgaven.

Tranby, mai 2007

Tonje Iren Øveraas Krokaas

## Abstrakt

Dagsjøen ligger 163 meter over havet, og er en av 28 grytehullsjøer som ligger på Hauersettertrinnet (Gardermoen) i Ullensaker kommune, Akershus fylke. Hauersettertrinnet ble dannet da det sen-weichelske isdekket hadde et opphold i sin tilbaketrekning, ved Hauersetter, for ca. 9500 år siden. Hauersettertrinnet er den største enkeltstående israndavsetning i Norge, hvor sammensetningen av flere kvartærgeologiske elementer og et vidt spekter av innsjøtyper, er representert innen et avgrenset geografisk område. Avsetningen inneholder også Norges største selvmatende grunnvannsreservoar. Selvmatende betyr at magasinet får all sin vanntilførsel fra nedbør. Endringer i grunnvannsnivået vil påvirke nivået i innsjøene tilsvarende. Disse forandringene fører igjen til limnologiske endringer og forandringer i vegetasjonen rundt sjøene. De fysiske-kjemiske og limnologiske prosessene henger nært sammen med de Hydrologiske prosessene og vil derfor lett forplante seg til innsjøene.

Dagsjøen er en type 4 sjø med direkte grunnvannstilførsel og avløp til vassdrag. Vannstanden vil (ved normal til høy grunnvannstand) være tilnærmet konstant, siden den reguleres av en terskel i utløpet. Diatomèfloraen i Dagsjøen vil derfor i stor grad styres av endringer i grunnvannsgjennomstrømningen. Dagsjøen er i sin naturtilstand en eutrof, kalkrik Potamogetonsjø. En kunstig heving av vannivået på 1990-tallet, førte til at sjøen ble redusert til en oligomesotrof sjø med mer sparsom vannvegetasjon.

Jeg har i denne hovedoppgaven knyttet grunnvannets fluktuasjoner til fem økologiske parametere som benyttes til klassifikasjon av diatomeer (habitat, trofegrad, oksygenmetning, nitrogenopptak, metabolisme og pH). Blant annet vil en økning av grunnvannsgjennomstrømningen føre til en oppblomstring av epifytter (i forhold til plankton) i sjøen, mens en reduksjon av grunnvannsgjennomstrømningen vil føre til at man får en reduksjon av epifytter. Det er nesten totalt fravær av bentiske arter i sjøen.

Studiet viser også at hovedtrekkene i grunnvannsfluktuasjonene i løpet av de siste 4500 år, kan relateres til lignende fluktuasjoner i andre sjøer i samme område og til sjøer i Sør-Sverige. Dette tyder på at det er regionale grunnvannsfluktuasjoner, som for en stor del har forårsaket de diatomèfloristiske endringene i Dagsjøen de siste 4500 år.

# Innholdsfortegnelse

<b>FORORD.....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRAKT .....</b>	<b>3</b>
<b>INNHALDSFORTEGNELSE.....</b>	<b>4</b>
<b>KAPITTEL 1. INNLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1 PROBLEMSTILLING .....	7
1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER .....	8
1.3 GENERELL BESKRIVELSE AV DET UNDERSØKTE OMRÅDET.....	9
1.3.1 LIMNOLOGISKE SÆRTREKK .....	11
1.3.2 VERNEVERDI .....	13
1.4 NÆRMERE BESKRIVELSE AV DAGSJØEN .....	15
1.4.1 ENDRINGER I VANNSTANDEN.....	16
1.4.2 LIMNOLOGI .....	17
1.4.3 PLANTEPLANKTON .....	17
1.4.4 VANNVEGETASJONEN.....	18
1.4.5 VERNEVERDI .....	18
<b>KAPITTEL 2. KVARTÆRGEOLOGI OG HYDROGEOLOGI.....</b>	<b>20</b>
2.1 KVARTÆRGEOLOGI.....	20
2.1.1 ISENS TILBAKETREKNING ETTER SISTE ISTID .....	20
2.1.2 ROMERIKSTRINNET .....	21
2.2 HAUERSETERDELTAET .....	23
2.2.1 OPPBYGNING/MORFOLOGI .....	25
2.3 DANNELSE AV GRYTEHULL.....	27
2.3.1 GRYTEHULLENE PÅ GARDERMOSLETTA .....	28
2.4 BERGGRUNNEN OG LØSMASSENE I OMRÅDET .....	29
2.4.1 BERGGRUNNEN .....	29
2.4.2 LØSMASSER.....	30
2.5 HYDROGEOLOGI .....	30
2.5.1 GARDERMOEN AKVIFEREN .....	31
2.5.2 INDIKASJONER PÅ VANNSTANDSFORANDRINGER.....	35
2.6 GEOKJEMI OG VANNKJEMISKE FORHOLD.....	36
2.6.1 GEOKJEMI .....	36
2.6.2 VANNKJEMI.....	36
<b>KAPITTEL 3. DIATOMEER SOM MILJØINDIKATORER.....</b>	<b>38</b>
3.1 GENERELT OM DIATOMEER.....	38
3.1.1 MORFOLOGI .....	39
3.1.2 SYMMETRI.....	40
3.1.3 FYSIOLOGI.....	40
3.1.4 REPRODUKSJON.....	40

<b>3.2 ØKOLOGI.....</b>	<b>41</b>
3.2.1 LEVEVIS .....	41
3.2.2 BEGRENSENDE FAKTORER .....	43
3.2.3 SAMSPILLET MELLOM ARTER.....	49
<b>3.3 ØKOLOGISKE KLASSIFIKASJONSSYSTEMER.....</b>	<b>49</b>

## **KAPITTEL 4. MATERIALE OG METODER..... 51**

<b>4.1 PRØVEINNSAMLING .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2 KJERNEBESKRIVELSER OG PREPARERING .....</b>	<b>51</b>
4.2.1 KJERNEBESKRIVELSER .....	51
4.2.2 PRØVEMATERIALET .....	53
<b>4.3 SEDIMENTANALYSER .....</b>	<b>53</b>
4.3.1 PREPARERING.....	53
4.3.2 RESULTATER .....	54
<b>4.4 DIATOMÈANALYSE.....</b>	<b>55</b>
4.4.1 PREPARERING.....	55
4.4.2 IDENTIFIKASJON .....	55
4.4.3 HVORDAN MAN TELLER DIATOMEENE .....	56
4.4.4 ANTALL TALTE VALV .....	56
4.4.5 PROSENT-TELLINGER.....	57
4.6 VALG AV TIDSSKALA I PALEOLIMNOLOGISKE STUDIER.....	57
<b>4.6 FEILKILDER.....</b>	<b>59</b>
4.6.1 PROSESSER SOM FOREGÅR I INNSJØEN .....	59
4.6.2 PRØVEINNSAMLING OG PREPARERING .....	62
4.6.3 IDENTIFIKASJON, TAKSONOMI OG ØKOLOGI.....	63

## **KAPITTEL 5. DATERING OG SEDIMENTASJONS-HASTIGHET ..... 64**

<b>5.1 DATERINGSMETODER .....</b>	<b>64</b>
5.1.1 <sup>14</sup> C – DATERING .....	64
5.1.2 <sup>210</sup> Pb – DATERING.....	65
5.1.3 VARVEDE LAG.....	66
5.1.4 POLLENANALYSE.....	66
<b>5.2 VALG AV DATERINGSMETODE .....</b>	<b>67</b>
<b>5.3 HOLOCEN KLIMA- OG VEGETASJONSUTVIKLING .....</b>	<b>68</b>
5.3.1 MENNESKELIG PÅVIRKNING .....	70
<b>5.4 RESULTATER FRA POLLENANALYSEN .....</b>	<b>71</b>

## **KAPITTEL 6. RESULTATER..... 73**

<b>6.1 LIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER I DAGSJØEN 1968-1993.....</b>	<b>73</b>
6.1.1 ENDRINGER I DE VANNKJEMISKE PARAMETERNE.....	73
<b>6.1 RESULTATER FRA DIATOMÈANALYSEN .....</b>	<b>74</b>
6.1.1 GENERELL BESKRIVELSE AV ENDRINGER I DIATOMÈFLORAEN OG DE ØKOLOGISKE PARAMETERNE .....	77
6.1.2 GRUNDIGERE BESKRIVELSE AV DE DIATOMÈFLORISTISKE ENDRINGENE .....	78
6.1.3 GRUNDIGERE BESKRIVELSE AV ENDRINGER I ØKOLOGISKE PARAMETERE .....	82

## **KAPITTEL 7. DISKUSJON OG MILJØTOLKNING ..... 96**

<b>7.1 DISKUSJON OG MILJØTOLKNING AV RESENTE LIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER I DAGSJØEN .....</b>	<b>96</b>
<b>7.2 DISKUSJON OG MILJØTOLKNING AV DE DIATOMÈFLORISTISKE ENDRINGENE I SEDIMENTKJERNEN.....</b>	<b>101</b>
<b><u>KAPITTEL 8. KONKLUSJONER.....</u></b>	<b><u>115</u></b>
<b><u>LITTERATURLISTE.....</u></b>	<b><u>117</u></b>
<b><u>APPENDIKS.....</u></b>	<b><u>124</u></b>

# KAPITTEL 1. INNLEDNING

## 1.1 Problemstilling

I nærmere hundre år har de kvartære avsetningene (Hauer setertrinnet) på Romerike, i Akershus fylke, vært viet stor oppmerksomhet. Dette fordi Hauer setertrinnet er den største enkeltstående israndavsetning i Norge, hvor sammensetningen av flere kvartærgeologiske elementer og et vidt spekter av innsjøtyper, er representert innen et avgrenset geografisk område. De fleste innsjøene i dette området (Gardermosletta) er grytehullsjøer som ble dannet mot slutten av siste istid (ca. 9500 år BP).

Avsetningen inneholder også Norges største selvmatende grunnvannsreservoar. Endringer i grunnvannsnivået kan derfor føre til nivåendringer i de tallrike innsjøene i området. De hydrologiske prosessene henger nært sammen med de fysiske – kjemiske og limnologiske prosessene, derfor vil alle inngrep i grunnvannsreservoaret og i de hydrologiske prosessene lett forplante seg til grytehullsjøene.

Utbyggingen av Oslo Lufthavn Gardermoen har ført til at innsjøene, deres nærområder og grunnvannsreservoaret i dag er utsatt for ukontrollert påvirkning. Det er derfor ønskelig å overvåke området rundt flyplassen og de unike vannforekomstene, for å på et tidlig tidspunkt kunne registrere eventuelle virkninger av utbyggingen, og den økte bruken av området, slik at man får dannet et bilde av hvor stabile disse innsjøtypene er.

Det er utført omfattende studier av en rekke forhold i Gardermoen-området (geologi, limnologi, biologi). For å bevare den store diversiteten og mangfoldet har store deler av området blitt vernet, eller foreslått vernet, etter naturvernloven.

Denne oppgaven kom i gang etter initiativ fra min veileder, Professor Bjørg Stabell. Formålet med oppgaven er å tolke vannstandsforhold i grunnvannet på Gardermoen ut fra diatomeer. Analysen utføres på sedimentkjerner hentet fra Dagsjøen, en av de mange grytehullsjøene på Gardermosletta.

Diatomeer er encellede kiselalger (kisel = silika) som lever i vann, og når algene dør vil deres kisel skall bli oppbevart i sedimentet. De er svært følsomme for endringer i mediet de lever i, og de har derfor strenge krav til vannkjemien og de fysiske faktorene som påvirker innsjøene. Ved å studere artssammensetningen som oppbevares i sedimentet, kan man derfor si noe om de kjemiske og fysiske egenskapene vannet hadde på den tiden diatomeene levde.

For å få en forståelse av innsjøutviklingen og for å få indikasjoner på miljøforandringer, bør man se på endringer i artssammensetningen gjennom tid.

Diatomèanalyse benyttes hovedsaklig til å studere endringer i faktorer som pH, trofegrad, salinitet, temperatur, lys- og strømforhold.

I denne oppgaven vil jeg ved hjelp av diatomèanalyse forsøke å rekonstruere paleomiljø/paleolimnologi ved de enkelte nivå i sedimentkjernene som jeg har hentet fra Dagsjøen. Slik vil jeg få et inntrykk av hvordan miljøet/limnologien var i sjøen ved avsetningstidspunktet, og hvordan det har endret seg med tiden. Ved hjelp av denne analysen håper jeg å kunne rekonstruere Holocene grunnvannsfluktuasjoner i Dagsjøen.

Andre interessante spørsmål vil være: Hva er årsaken til disse grunnvannsfluktuasjonene? Er det mulig å forutsi hvilke følger en kunstig påvirkning av grunnvannsmagasinet har å si for kjemiske og fysiske forhold i innsjøene? I hvilken grad styrer limnologien hvilke typer diatomeer som trives i de enkelte sjøene? Kan man ut ifra en slik analyse si noe om hvordan de limnologiske forhold har endret seg over tid?

## **1.2 Tidligere undersøkelser**

Hauerseterrinnets mangfold av ulike geologiske, biologiske og limnologiske elementer har ført til at dette begrensede området i dag er av stor nasjonal og internasjonal verdi. I løpet av de siste 100 år har derfor området blitt godt studert med hensyn på kvartærgeologi, mineralogi, hydrologi, limnologi og biologi (bl.a.: Bjørlykke 1912, Høltedahl 1924; 1953; 1960, Sørensen 1982; 1983, Longva 1987, Tuttle 1990, Hongve og Løvstad 1991, Brettum 1994, Brandrud 1995, Halvorsen et al. 1994, Ullensaker kommune 1994, Haugen 1998).

Grytehullsjøene i området ble, i forbindelse med den Internasjonale hydrologiske dekadens, grundig undersøkt fra 1965-1974 (Otnes 1973; 1975). Og i forbindelse med utbyggingen av Oslo Lufthavn Gardermoen på første halvdel av 1990-tallet, ble det utført omfattende referanseundersøkelser av de samme sjøene (bl.a.: Hongve og Løvstad 1991, Brandrud 1995, Brettum 1994).



I forbindelse med utbyggingen av Oslo Lufthavn Gardermoen har man fokusert på hvilken påvirkning flyplassdriften vil ha på grunnvannet, innsjøenes limnologi og biologiske endringer i og omkring sjøene. Disse omfattende undersøkelsene har resultert i utviklingen av en verneplan for området (Hongve og Løvstad 1991, Erikstad og Halvorsen 1992, Hongve 1992, Brandrud 1995, Brettum 1994, Erikstad 1994, Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995).

En rekke hovedfagsoppgaver i geologi og limnologi har blitt gitt i dette området, med en hovedvekt av resente limnologiske studier av grytehullsjøene (bl.a.: Lande 1969, Boman 1975, Tuttle 1990, Bakken 1997, Bøe 1997, Haugen 1998). Paleolimnologiske studier er kun foretatt i tre av sjøene (Bakken 1997, Bøe 1997).

Dagsjøens resente limnologi har tidligere blitt studert av Lande (1969), Boman (1975), Hongve og Løvstad (1991) og Brettum (1994), og jeg ønsker å supplere disse studiene med en paleolimnologisk undersøkelse, hvor jeg går tilbake i tid og ned i sedimentet. Slik vil jeg prøve å forklare innsjøens naturlige fluktuasjoner i Holocene.

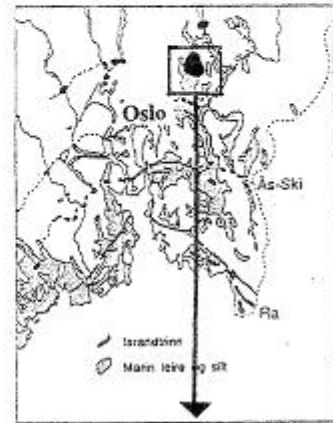
### **1.3 Generell beskrivelse av det undersøkte området**

I alt 28 grytehullsjøer ligger på Gardermoensletta i Akershus fylke (figur 1.1). Innsjøene ble dannet i forbindelse med avsmeltingen av det sen-weichselske isdekket ca. 9500 år BP. Etter hvert som isdekket trakk seg tilbake, løsnet store isfjell som ble begravd i løsmassene (dødis). Når dødisen smeltet etterlot den groper i terrenget. Disse dødisgropene har i ettertid blitt fylt med vann og blitt til tjern eller myrer (se kapittel 2.3).

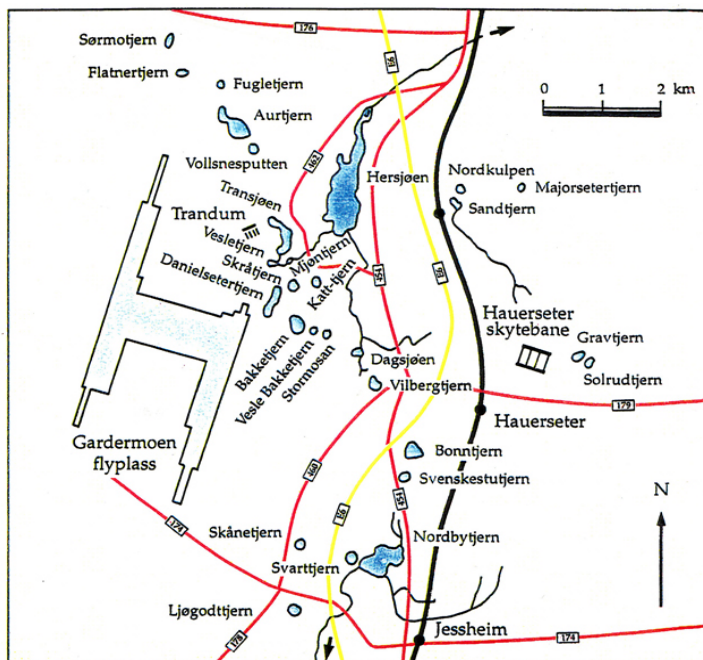
Siden Hauersesterdeltaet er et selvmatende grunnvannsmagasin, vil klimaendringer som påvirker nedbørsmengden i området også påvirke grunnvannstanden i magasinet. Slike endringer i grunnvannstanden vil igjen påvirke vegetasjonen i området og limnologien i grytehullsjøene.



A



B



Figur 1.1 A) Beliggenheten til Gardermoen området (modifisert etter Bøe 1997).

B) Beliggenheten til de 28 grytehullsjøene på Gardermoen i forhold til Oslo Hovedflyplass Gardermoen (Brettum 1994).

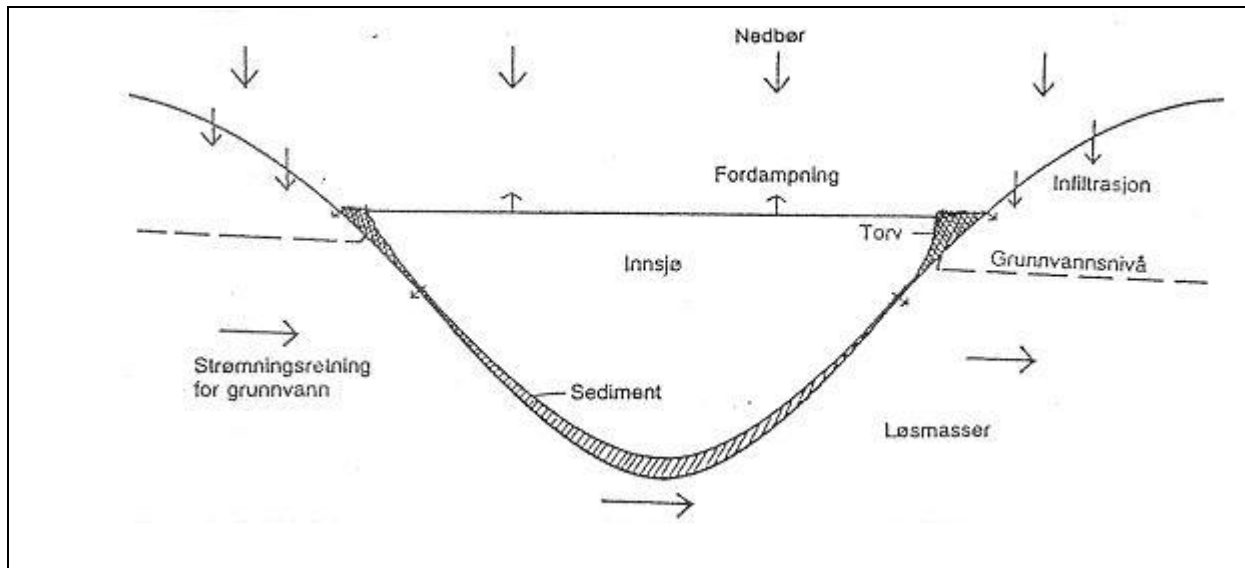
I Holocene har klimaendringer resultert i påfølgende vegetasjonsendringer i Gardermoenområdet. Og det karakteristiske innlandsklimaet, med relativt høy sommer-temperatur og lav vintertemperatur, har ført til at vi i dag har en vegetasjon som er dominert av myr i grytehullene og blåbærgranskog og bærlyngblandingskog ellers på Gardermosletta (Erikstad og Halvorsen 1992).

### 1.3.1 Linnologiske særtrekk

Til tross for at grytehullsjøene i Gardermoenområdet ligger geografisk svært nær hverandre, utgjør de et vidt spekter av ulike innsjøtyper. Sjøenes morfologi varierer, men hovedårsaken til den store variasjonsbredden skyldes i første rekke hydrologiske forhold som gir en varierende grad av grunnvannsinflytelse. De hydrologiske forholdene styrer i vesentlig grad innsjøenes vannkjemi, som igjen styrer det biologiske mangfoldet i og rundt sjøen. Man har delt inn sjøene i fire hydrologiske typer (Hongve og Løvstad 1991):

- |        |  |
|--------|--|
| Type 1 | Innsjøer uten grunnvannsinflytelse og uten overflatetilløp.  |
| Type 2 | Innsjøer uten direkte grunnvannsinflytelse, men med overflatetilløp.   |
| Type 3 | Innsjøer som ved høy eller stigende grunnvannstand kan kommunisere direkte med grunnvannet. Vannstanden varierer. Uten overflatetilløp og avløp. |
| Type 4 | Innsjøer med direkte grunnvannstilførsel og avløp til vassdrag.  |

Type1 innsjøer danner hengende grunnvann ved at vannstanden i sjøen stadig ligger høyere enn den omgivende grunnvannstand (figur 1.2). Innsjøer som ligger i akviferen, men som likevel ikke har kontakt med grunnvannet, må ifølge Erikstad (1994) ha et tett lag, eller en membran, som isolerer dem fra den omliggende akviferen. Dette skyldes at innsjøens sedimenter, som hovedsaklig består av amorft organisk materiale, har tettete porene i løsavsetningene under sjøen (Hongve og Løvstad 1991). Nedslagsfeltet har en topografi som er av en slik karakter at overflateavrenning til innsjøene ikke forekommer, eller så har nedslagsfeltet så stor infiltrasjonskapasitet at overflateavrenning forhindres. Derfor består vanntilførselen til type 1 innsjøer vesentlig av direkte nedbør på innsjøoverflaten.



**Figur 1.2 Grytehullsjø med "hengende" vannstand i forhold til grunnvannsnivået. Det hydrostatiske trykket inne i bassenget gjør at grunnvann ikke kan trenge inn. Direkte nedbør utgjør den viktigste vanntilførselen (Hongve og Løvstad 1991).**

Type 2 innsjøer danner også hengende grunnvann, men disse får i tillegg vanntilførsel fra en bekk som drenerer grunnvann fra et fjerntliggende myrområde (Hauersestermosan, figur 2.4). Vannstanden avhenger for en stor del av avrenning under snøsmeltingen, og vil i løpet av sommeren synke på grunn av infiltrasjon og fordampning.

Siden vanntilførselen i type 1 og type 2 innsjøer hovedsakelig kommer fra nedbøren, vil sjøenes kjemiske sammensetning for en stor del være bestemt av denne. Sjøene vil derfor være veldig sårbare overfor alle utslipp og tiltak som kan øke overflateavrenningen i omgivelsene. Løsmasseutfyllinger eller inngrep som kan "punktere" bassengene er spesielt uheldige.

Type 3 innsjøer, som er grunnvannspåvirkede, kan ha en utveksling av vann mellom innsjøbassenget og grunnvannsmagasinet. Vannstanden stiger og synker i takt med grunnvannets fluktasjoner. Ved synkende grunnvannstand vil vannstanden kunne være hengende i forhold til grunnvannspeilet.

Type 4 innsjøer er sterkt påvirket av grunnvann. Grunnvann drenerer til innsjøene fra omgivende kildehorisonter eller grøfter og sublakustrine kilder (= undervannskilder). Vannstanden i sjøene vil (ved normal til høy grunnvannstand) være tilnærmet konstant, siden den reguleres av terskler i utløpene. Dersom grunnvannstanden synker, vil grunnvannsgjennomstrømningen til sjøene avta. Dette kan føre til en reduksjon i sjøenes vannnivå.

Grunnvannssenknninger og reduksjon i grunnvannsgjennomstrømningen i type 3 og type 4 innsjøer vil derfor kunne medføre biologiske skadevirkninger og andre kvalitative endringer.

NIVA (Norsk Institutt For Vannforskning) utførte i 1993 en referanseundersøkelse av alle grytehullsjøene på Romerike. En nærmere beskrivelse av denne undersøkelsen er beskrevet hos Brettum (1994), og resultatene fra undersøkelsene av Dagsjøen er gjengitt i appendiks I A 1 og I A 2.

Variasjoner i grytehullsjøenes næringsstatus gjenspeiles i planteplanktonsamfunnene der alle trofigrader (næringsrikdom og primærproduksjon) er representert (appendiks I B 1). Det har til nå vært svært små inngrep på de fleste lokalitetene, og variasjonene i næringsrikdom er derfor i de fleste tilfeller naturgitte.

Vannets næringsinnhold og surhetsgrad varierer mye fra sjø til sjø i området, også blant sjøer som ligger nær hverandre. Et eksempel på dette er Dagsjøen og Vilberg tjern som ligger omtrent 500 m fra hverandre (se figur 1.1). Dagsjøen er en type 4 innsjø, mens Vilberg tjern er en type 1 innsjø. Dagsjøen er svært rik på kalk, mens Vilberg tjern er kalkfattig. Dagsjøen har høyere pH enn Vilberg tjern. Dagsjøen er ionerik, mens Vilberg tjern er ionefattig. Årsaken til dette er at Dagsjøen er i direkte kontakt med grunnvannet, mens Vilberg tjern ikke er det.

Grunnvannspåvirkede sjøer er vanligvis mer næringsrike enn sjøer som kun får tilførsel fra nedbør. Men i dette tilfellet ser vi at både Dagsjøen og Vilberg tjern ved flere anledninger har blitt beskrevet som eutrofe. Først i 1993 ser vi en endring, hvor Dagsjøen går over til å være en oligomesotrof sjø (overgangsfase mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser), mens Vilberg tjern fortsetter å være eutrof. Årsaken til endringene i Dagsjøens trofigrad vil jeg beskrive nærmere i kapittel 1.4.3 og kapittel 7.

### **1.3.2 Verneverdi**

Allerede på et tidlig stadium ble områdene rundt Gardermoen/Hauerseter i geologisk sammenheng identifisert til å ha en meget høy verneverdi. Dette førte til opprettelsen av Romerike landskapsvernområde i 1985.

Utredningen ”Områder med nasjonal og internasjonal naturverdi ved Hauersetertrinnet, Akershus fylke” (Erikstad og Halvorsen 1992) ble gjort på oppdrag for

forvaltningsmyndighetene, og danner hovedgrunnlaget for ”Forslag til verneplan for natur og landskap ved Gardermoen – Hauersettertrinnet” (Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995). Denne verneplanen omfatter kvartærgeologiske og limnologiske, og til en viss grad biologiske og kulturhistoriske verneverdier.

Av verneverdige kvartærgeologiske elementer som det fokuseres på i Gardermoenområdet kan jeg nevne ravinlandskapet, sanduren med breelvløp, iskontaktskråningen, dødislandskapet og flygesandområdene. Andre elementer med stor verneverdi i området, er blant annet det store mangfoldet av grytehullsjøer og den limnologiske og biologiske diversiteten i disse. Grytehullsjøene i området betraktes som vitenskapelig interessante og verneverdige som elementer i en gruppe med usedvanlig spennvidde i hydrologiske, kjemiske og biologiske egenskaper. Dette er grundig beskrevet av blant andre Hongve og Løvstad (1991), Hongve (1992), Brettum (1994) og Brandrud (1995).

For både limnologiske og biologiske forhold i området er kvartærgeologien avgjørende. De geologiske forholdene er med på å avgjøre de fysiske og kjemiske forhold i innsjøene, nærings- og vanntilgang for vegetasjonen, og i neste omgang dyrenes levetilstand. Vegetasjonsforhold, dyreliv og kulturlandskap kan også bidra til forståelsen av kvartærgeologiske og limnologiske forhold i området.

Verneverdien av området som helhet er definert på internasjonalt nivå basert på både geologiske og limnologiske kriterier (appendiks I D 1). Fylkesmannen i Oslo og Akershus (1995) har delt inn Gardermoenområdet i 12 verneområder og gruppert grytehullsjøene i tre ulike vernekategorier (appendiks I D 2).

Brandrud (1995) har undersøkt vannvegetasjonen i 11 av de grunnvannspåvirkede grytehullsjøene på Gardermoensletta, med hensyn på botanisk verneverdi (appendiks I D 1 og I D 2). De fleste innsjøene blir, ut i fra vannbotaniske kriterier, vurdert til å ligge svært nær naturtilstanden, og har forandret seg lite siden 1939-41. Ut fra et botanisk synspunkt konkluderte han derfor med at disse sjøene, som et intakt system, er internasjonalt verneverdige. Brandrud (1995) støtter med dette opp under konklusjonene til Hongve og Løvstad (1991) der disse grytehullsjøene blir vurdert som limnologisk nasjonalt – internasjonalt verneverdige.

Med dette kan man fastslå at de kvartærgeologiske landskapselementene i Gardermoenområdet utgjør, både isolert sett og sammen med de limnologiske og biologiske

forholdene, et naturdokument som er unikt både i nasjonal og internasjonal sammenheng. De er fortsatt for en stor del intakte, og er svært viktige å verne for fremtiden.

## 1.4 Nærmere beskrivelse av Dagsjøen

Dagsjøen ligger i en dalsenkning som strekker seg SSØ – NNV i terrenget i Ullensaker kommune, Akershus fylke (figur 2.4). Hauer setertrinnets proksimalkant omgir Dagsjøen på øst, sør og vestsiden. Løsmassene i området domineres av glasilakustrin/ glasifluvial fin sand, og består av 50-75% grunnfjellsbergarter, 2-5 % kambro – silurbergarter, samt noe kvartsitt og sparagmitt (Lande 1969). Det fineste materialet er muligens noe mer anrikt på kambro – silur bergarter (Østmo - pers. komm. til Lande 1969)

Dagsjøen karakteriseres som en type 4 innsjø, siden den har stor gjennomstrømning av grunnvann, med tilløp fra tallrike kilder og en stor utløpsbekk. Tjernet er delvis omkranset av myr og flytetorv og har en dårlig utviklet vannvegetasjon. Løvskogen rundt sjøen domineres av or og bjørk.

Grunnvannet i Dagsjøens nedslagsområde er av NGU's (Norges Geologiske Undersøkelse) vannavdeling i 1968 betegnet som elektrolyttrikt og alkalisk (Lande 1969). Bekkevannet hadde omtrent samme kvalitet. Innløpsbekken hadde noe større saltinnhold enn utløpsbekken.

**Tabell 1.1 Noen av Dagsjøens viktigste egenskaper.**

Egenskaper	1968 (Lande)	1970(Boman)	1991 (Hongve og Løvstad)	1993(Brettum)	1994 (Brandrud)
UTM koordinater	PM198750	PM198750	PM198750	PM198750	PM198750
Areal	1,7 ha	2,0 ha	-	-	-
Dyp	7,4m	7m	≈ 8,5m <sup>1)</sup>	-	≈ 8,0m <sup>2)</sup>
Middeldyp	3,84 m	3,5m	-	-	-
PH	8,1 - 7,8	8,33-7,35	8,38-8,12	8,11-7,98	-
Ledningsevne	17,78 - 18,99 (mS/m)	18,5 - 19,7 (mS/m)	23,9-24,5 (mS/m)	22,7-24,00 (mS/m)	-
Trofinivå	Eutrof	Eutrof	Eutrof	Oligomesotrof	-
Høyde over havet	162 m.o.h. <sup>3)</sup>	163 m.o.h.	≈164,5 m.o.h <sup>4)</sup>	-	≈164 m.o.h <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Maksimal dyp beregnet ut fra Hongve (1991), som beskriver et vann nivå som er ca. 1,5m over normal vannstand i sjøen. <sup>2)</sup> Maksimal dyp beregnet ut fra Brandrud (1994), som beskriver et vann nivå som er ca. 1m over normal vannstand i sjøen. <sup>3)</sup> Lande nevner at sjøen ligger 162 m.o.h. Jeg finner dette lite sannsynlig siden det var høy grunnvannstand på Hauer seter i 1968 (figur 2.9). Siden maksimal dyp ble

redusert fra 7,4 – 7m fra 1968 til 1970, antar jeg at sjøen lå 163,4 m.o.h. i 1968. <sup>4)</sup> og <sup>5)</sup> Dagsjøens høyde over havet beregnet ut fra et maksimaldyp på henholdsvis 8,5m og 8m.

Dagsjøen er relativt produktiv og er på bakgrunn av planteplanktonet karakterisert som næringsrik. Dagsjøen har høyeste prioritet i limnologisk sammenheng. Tabellen ovenfor (tabell 1.1) gir en oversikt over de viktigste egenskapene til Dagsjøen.

### 1.4.1 Endringer i vannstanden

Av tabell 1.1 kan man se at man hadde en reduksjon i Dagsjøens maksimaldyp fra 7,40m i 1968 (Lande 1969) til 7,0m i 1970 (Boman 1975). Dette kan skyldes en senkning av grunnvannstanden i området. Figur 2.9 bekrefter at grunnvannstanden i dette området har blitt redusert med omtrent 2 meter i denne perioden.

Av tabell 1.1 ser man også at Hongve og Løvstad (1991) observerte at Dagsjøens vannivå i 1991 var ca. 1,5m høyere enn normal vannstand i sjøen. Når vannivået i en innsjø stiger skyldes det vanligvis økt vanntilførsel, gjerne som følge av en kraftig heving av grunnvannsnivået. Figur 2.9 bekrefter at det har vært en kortvarig periode med høy grunnvannstand fra 1988-1991. Men i en type 4 innsjø, som Dagsjøen, vil ikke en heving av grunnvannsnivået alene, være nok til å heve vannstanden i sjøen. Økt vanntilførsel fører kun til økt gjennomstrømming av vann, og alt ”overflødig” vann vil dreneres ut over terskelen i sjøens utløp. Derfor vil vann-nivået i sjøen være tilnærmet stabilt ved et høyt, eller stigende grunnvannsnivå.

Årsaken til at det likevel oppstod en stigning av vannivået på ca. 1,5 m skyldes ifølge Hongve og Løvstad (1991) at det var bygget en beverdam i Dagsjøens utløp. Vannstanden i sjøen vil stige fordi innstrømmingen av vann fremdeles er kraftig, mens utstrømmingen av overflødig vann hindres av beverdammen. Hongve og Løvstad registrerte også at makrovegetasjonen, som tidligere bestod av tett rørskog, var ødelagt av vannstandshevningen.

I forbindelse med referanseundersøkelsene i 1993 observerte Brettum (pers.komm. 2003) stammer av døde små trær i terrenget rundt sjøen. Dette tydet på at innsjøen hadde oversvømmet området, men at vannstanden igjen var på retur. I 1994 hadde vannstanden sunket til et nivå som var 1m over normal grunnvannstand (Brandrud 1994).



At vannstanden i Dagsjøen var på vei tilbake, til tross for at utløpet fremdeles var sperret av beverdammen, skyldes en kraftig senkning av grunnvannspeilet i området (figur 2.9). En senkning av grunnvannet vil redusere innstrømningen av vann til Dagsjøen, samtidig som utstrømningen av vann forblir den samme (så lenge vannivået ligger over terskelen i utløpet).

### 1.4.2 Limnologi

Det er foretatt flere limnologiske undersøkelser av Dagsjøen i løpet av de siste 40 årene (Lande 1969, Boman 1975, Hongve og Løvstad 1991 og Brettum 1994), og resultatene av disse undersøkelsene er gjengitt i appendiks 1 A 1. I tillegg er det i 1968 utført kjemiske analyser på grunnvann fra en av kildene i en av skråningene rundt Dagsjøen (182 m.o.h.), foretatt av NGU's vannavdeling i perioden 4. januar til 7. august 1968. Resultatene fra denne undersøkelsen ble gjengitt i en hovedfagsoppgave i Limnologi i 1969 (Lande) (appendiks 1 C 1). Jeg vil sammenlikne resultatene og studere endringene i noen av disse vannkjemiske parameterne i kapittel 6 og kapittel 7.

### 1.4.3 Planteplankton

I august 1968 (Lande 1969) var planktonet i Dagsjøen dominert av kiselalger, med dominans av to *Synedra* arter. Også i 1970 (Boman 1975) var fytoplanktonet i Dagsjøen dominert av kiselalger, men nå med dominans av slektene *Stephanodiscus* og *Nitzschia*.

I juli 1991 (Hongve og Løvstad 1991) var fytoplanktonet i Dagsjøen dominert av kiselalgene *Synedra cf. acus* og *Asterionella formosa*, mens det i august var dominans av flagellater. Mengden kiselalger var halvert og gullalger ble observert i vannmassene. Benthiske blågrønnalger dannet flytende matter i vannet.

I juni 1993 (Brettum 1994) viser planteplanktonanalyser at Dagsjøen domineres av Cryptophyceae, men at vannmassene også inneholder en del kiselalger (*Achnanthes sp.*, *Asterionella formosa*, *Cymbella spp.* og *Synedra spp.* – slekten *Synedra* dominerer) og gullalger. I september er de tre planktongruppene omtrent like store. Av kiselalger finnes slektene *Achnanthes*, *Cymbella*, *Navicula*, *Nitzschia* og *Synedra* (dominans av *Achnanthes* og *Synedra*).

Det registrerte maksimum av planteplankton i Dagsjøen førte til at sjøen ble karakterisert som eutrof (næringsrik) av Lande (1969), Boman (1975) og Hongve og Løvstad (1991), mens den i 1993 (Brettum 1994) ble karakterisert som oligomesotrof (overgangsfase mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser).

Det er trolig beverdammen som er årsaken til at næringsstatusen til Dagsjøen har blitt dårligere. Det kunstig forhøyede vannivået, i tillegg til den reduserte vanngjennomstrømningen i sjøen, fører til en redusert tilførsel av næringsrikt grunnvann og økt tilførsel av organisk materiale i sjøen. Dette vil igjen føre til at konsentrasjonen av næringsstoffer endres i vannmassene. Planteplankton er svært følsomme overfor slike endringer og man vil derfor registrere at planteplanktonproduksjonen påvirkes i forhold til dette.

Alle disse undersøkelsene viser hvordan planktonsammensetningen endrer seg med tid på året, og fra år til år. Men ingen av undersøkelsene viser hvordan det littorale samfunnet endrer seg over en lengre tidsperiode. I dette studiet vil jeg derfor studere sammensetningen av planktoniske og bentiske/epifyttiske (littorale) diatomeer og vise hvordan denne sammensetningen har endret seg fra 4500BP og frem til i dag. På denne måten ønsker jeg få dannet et bilde av hvordan vannstanden har fluktuert i Dagsjøen.

#### **1.4.4 Vannvegetasjonen**

Brandrud (1994) betraktet Dagsjøen som en potamogetonsjø (potamogeton = tjønnaks), det vil si at den er preget av langskuddsvegetasjon. Potamogetonsjøer er sjeldne i Norge og knyttes til kalkrike og mer eller mindre næringsrike områder.

Artsinventaret var i 1994 omtrent det samme som det var i 1939-41, men langskuddsvegetasjonen (inkludert forekomsten av sjeldne arter) var noe mer sparsom i 1994. Det er sannsynlig at den betydelige hevingen av vannivået forårsaket en tilbakegang i vannvegetasjonen og at den hadde en negativ påvirkning på den artsrike sumpvegetasjonen i Dagsjøen.

#### **1.4.5 Verneverdi**

Dagsjøen naturreservat har et område som strekker seg fra Li og Vilberg i sørøst og forbi Dagsjøen i nordvest (appendiks I D 3). Dette er et område med sterkt vernebehov. Verneverdiene er sammensatt og omfatter såvel geologi og geomorfologi som botanikk og

limnologi. Hensynet til de limnologiske prosessene og biotopene som bør sikres mot endring og ødeleggelse, er bakgrunnen for det sterke vernebehovet.

På bakgrunn av Dagsjøens limnologiske egenskaper er sjøen vurdert til å være en lokalitet som er enestående i internasjonal sammenheng (Hongve 1992). Brandrud (1994) derimot har på bakgrunn av vannvegetasjonens tilstand vurdert Dagsjøen til å være regionalt verneverdig. Men Dagsjøen kan rykke opp i klassen nasjonalt verneverdig dersom innsjøen restaureres (fjerner beverdammen) slik at man får tilbake en mer frodig vegetasjon.

## KAPITTEL 2. KVARTÆERGEOLOGI OG HYDROGEOLOGI

### 2.1 Kvartærgeologi

#### 2.1.1 Isens tilbaketrekning etter siste Istid

Innlandsisen dekket hele det Skandinaviske skjold frem til isavsmeltingen startet for ca. 13000 år siden. Isens tilbaketrekning varierte i henhold til klimafluktuasjonene på denne tiden. I milde perioder var det omfattende kalvingsaktivitet langs brefronten, noe som resulterte i at isdekket trakk seg tilbake. I perioder med kortvarige klimaforverringar stagnerte isens tilbaketrekning og i noen tilfeller hadde man små brefremrykk underveis. De store israndavsetningene i ytre Oslofjord og i Oslo-området (figur 2.1) er avsatt av slike stasjonære breer, hvor kalvingen avtok og en ren smeltevannaktivitet dominerte. Fem sentrale israndtrinn er lokalisert langs Oslofjorden (omtrentlige  $C^{14}$  aldere, etter Erikstad og Halvorsen 1992):

Tjøme-Hvaler trinnet	ca.12000 år BP
	Onsøy-Slagen trinnet
Ra-trinnet	ca.11000 år BP/10700 år BP
Ås-Ski trinnet	ca.10000 år BP
Aker-trinnet	ca. 9800 år BP
Romeriks-trinnet	ca.9800-9400 år BP

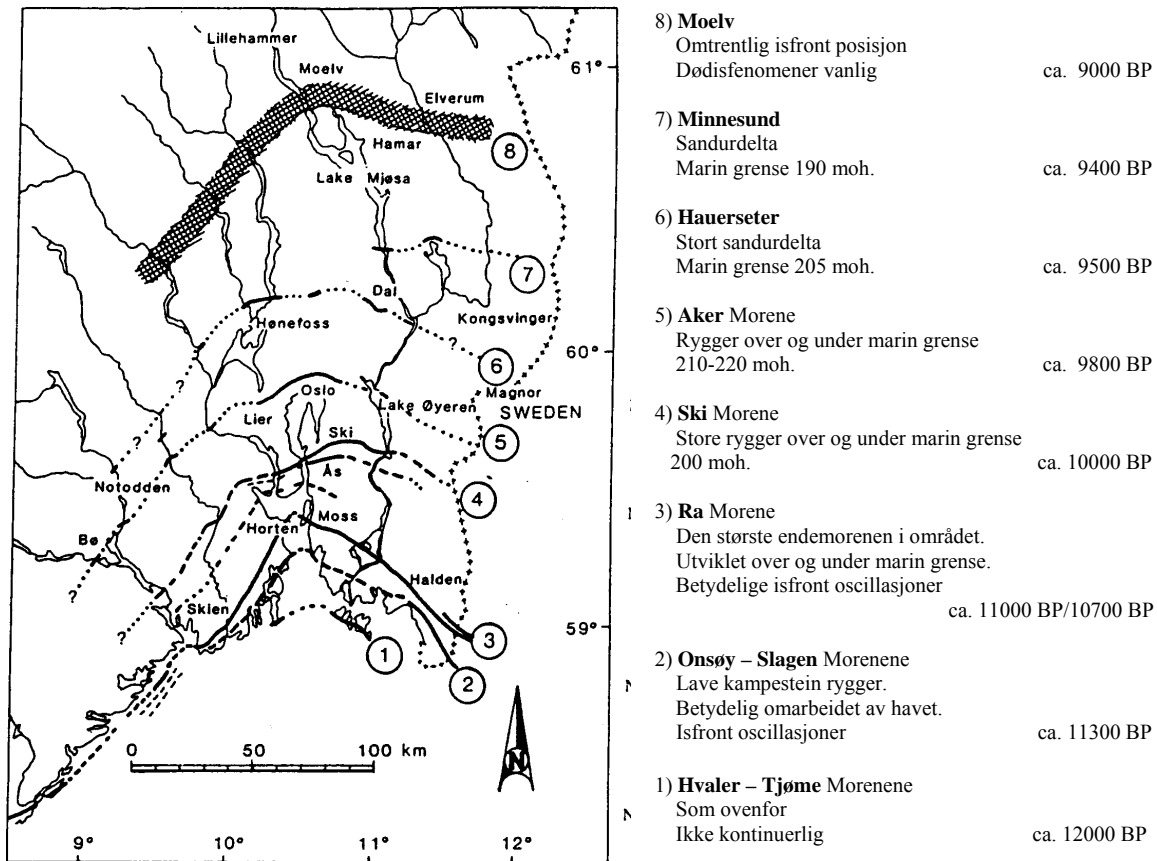
Sørensen (1983) beskriver israndtrinnene slik:

**Tjøme-Hvaler trinnet** er en ukontinuerlig israndavsetning, mens **Onsøy-Slagen trinnet** er et kompleks av lave morenerygger. Begge trinn består av grus og blokksoner, hvor overvekten av glasifluvialt materiale i ryggene indikerer sterk avsmelting under dannelsen.

**Ra-trinnet** er det største sammenhengende israndtrinn i Skandinavia og det kan følges over store deler av det Skandinaviske skjold. "Raet" er en morenerygg avsatt av en aktiv ismasse. Vest for Oslofjorden utgjøres Raet av leire som inneholder flyttblokker. Øst for Oslofjorden består Raet av både till og glasifluvialt materiale. Utenfor Raet er det avsatt ishavsleire. Etter dannelsen av Raet trakk breen seg hurtig tilbake.

**Ås-Ski trinnet** er et kompleks som utgjøres av flere store morenerygger. Dette er en indikasjon på at man hadde en oscillerende brefront i området. Nær Oslofjorden består avsetningene av till og glasifluvialt materiale, mens avsetningene lenger øst og vest utgjøres av iskontaktdelta.

**Aker-trinnet** ble avsatt som et stort isranddelta, hvor avsetningene ved indre Oslofjord hovedsakelig domineres av rygger av till, mens avsetningene i øst og vest domineres av glasifluviale avsetninger. Aker-trinnet markerer overgangen til et varmere og mer stabilt klima, hvor man fikk en ren avsmelting av isen (dødis).



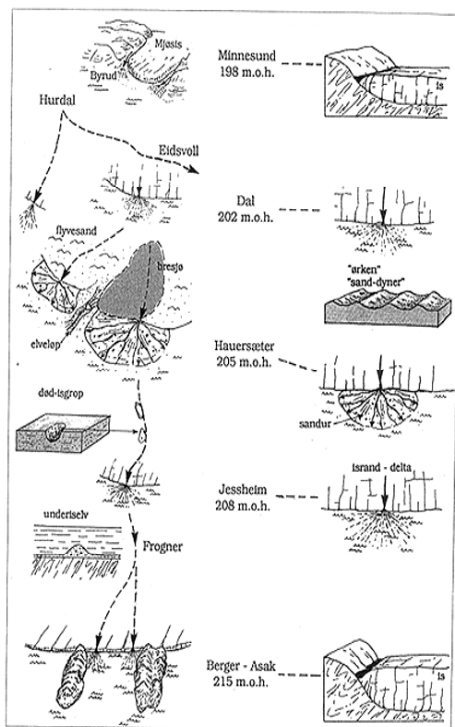
**2.1. Deglasiasjon av sør-øst Norge. Viktige morener og brerand avsetninger, med ca. aldre ( $C^{14}$  - dateringer) (Sørensen 1983).**

### 2.1.2 Romerikstrinnet

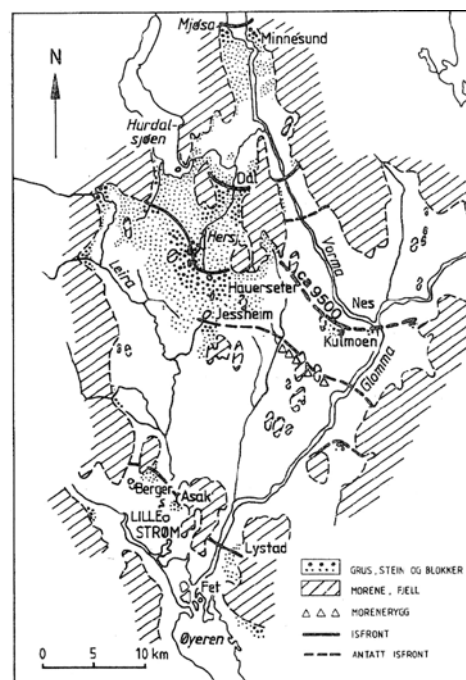
Etter stoppen på Aker-trinnet trakk isdekket seg tilbake til Romerike, hvor Romerikstrinnet ble avsatt. Topografien styrte i stor grad tilbaketrekningens hastighet og forløp etterhvert som isdekket trakk seg innover landet. Dette resulterte i dannelse av istunger i dalene og isfrie høydedrag rundt (Holtedahl 1960). I perioder hvor breen var stasjonær dominerte en ren smeltevannsaktivitet. Kraftige breelver, som strømmet under stort trykk og med stor hastighet under breen, var i stand til å frakte store mengder av sedimenter med seg. Der elven strømmet ut av breporten avtok hastigheten, og stein, grus og sand ble avsatt foran

brefronten i glasifluviale iskontakt-deltaer. Isens tilbaketrekning førte til at den marine grense flyttet seg innover landet og grunne fjorder med brakkvann ble dannet.

**Romerikstrinnet** strekker seg fra Bergerdeltaet i sør, til Minnesunddeltaet ca. 4 mil lengre nord (Longva og Thoresen 1989). Romerikstrinnet utgjør en betydelig avsetningsserie hvor løsmassene består av glasifluviale sand- og grusavsetninger, delvis med glasimarine avsetninger under (Østmo 1976a). Disse løsmassene ble avsatt under et markert opphold i isens tilbaketrekning, hvor ren smeltevannsaktivitet dominerte. Enorme mengder med breerodert materiale ble avsatt der det subglasiale smeltevannet kom ut fra isen, og akkumulerte raskt over den marine grense. Sand avsetninger ca. 210m over dagens havnivå indikerer den marine grense i området på avsetningstidspunktet. Den marine grensen synker gradvis innover mot Mjøsa, på grunn av den hurtige landhevningen i området. Figur 2.2 og figur 2.3 viser de ulike breandtrinnene som til sammen utgjør Romerikstrinnet.



**Figur 2.2** Skjematisk fremstilling av isens tilbaketrekning. (Illustrasjon: S.Skjaset. Hentet fra Ullensaker kommune, miljøvern-utvalget 1991).



**Figur 2.3.** Isavsmeltingsforløpet på Romerike (Longva 1987)

**Auli-/Berger-trinnet** var det første trinnet som ble dannet under isens første stopp på Romerike. Trinnet består av store grusmasser, avsatt fra smeltevannet når breen forskanset seg mot fjellpartiet over Skedsmo (Berger-Asak-Auli) ca. 9800 år BP.

**Jessheim-trinnet** ble dannet ved at smeltevannet la opp et fint isranddelta, da breporten i en kort periode stod ved Jessheim sentrum ca. 9600 år BP.

**Hauersetet-trinnet** ble dannet ved at isen hadde et markert opphold i sin tilbaketrekning ca. 9500 år BP. Hauerseterdeltaet er et resultat av at flere delta vokste sammen til en stor deltaavsetning.

Etter hovedstoppen på Hauersetet følger **Dal-trinnet** (9500-9400 år BP) og **Minnesund-trinnet** (9400 år BP) som de siste trinnene på Romerike. Begge disse trinnene utgjøres av store sandurdelta (sandur: glasifluvial elveslette avsatt over havnivå). Man antar at hele isdekket var smeltet bort ca. 8500 år BP.

## 2.2 Hauerseterdeltaet

Romeriksbreen avsatte et stort deltakompleks, ved at to glasifluviale delta ved Li og Trandum vokste sammen til et større delta, Hauerseterdeltaet (se figur 2.4). Hauerseterdeltaet ble avsatt like over og i en grunn marin – brakk fjord, Romeriksfjorden, som dekket store deler av lavlandet i overgangen mellom senglasial og postglasial periode (10000-9000 år BP). Denne fjorden ble dannet under den transgressive periode i senglasial tid og grenset på det nordligste opp til de sørlige deler av Mjøsa. Deltaavsetningen er derfor i dag omkranset, i sør og vest, av den homogene leiren som ble avsatt i denne fjorden.

Hauerseterdeltaet ligger plassert mellom to markerte åsdrag i vest og øst (henholdsvis Romeriksåsen og Hurdalsåsen), som danner en naturlig innsnevring av Romeriksfjorden mot nord. Deltaet har bygget seg ut langs en 13km lang brefront, som bestod av to istunger som strakte seg fra Hurdalen og sørover fra Mjøsa. Dreneringen, med tilførsel av sedimenter som har bidratt til oppbyggingen av deltaet, har stort sett kommet fra Mjøsa-vassdraget (Bøe 1997).



Figur 2.4 Kwartærgeologisk kart over Ullensaker. M 1: 50 000. Norges geologiske undersøkelser (modifisert etter Longva og Østmo 1986). Blått indikerer marine avsetninger, mens oransje og gult indikerer henholdsvis breelavsetninger og bresjøavsetninger. Dagsjøen og Hauerseftermosan er merket av på kartet, like ved iskontaktsskråningen.

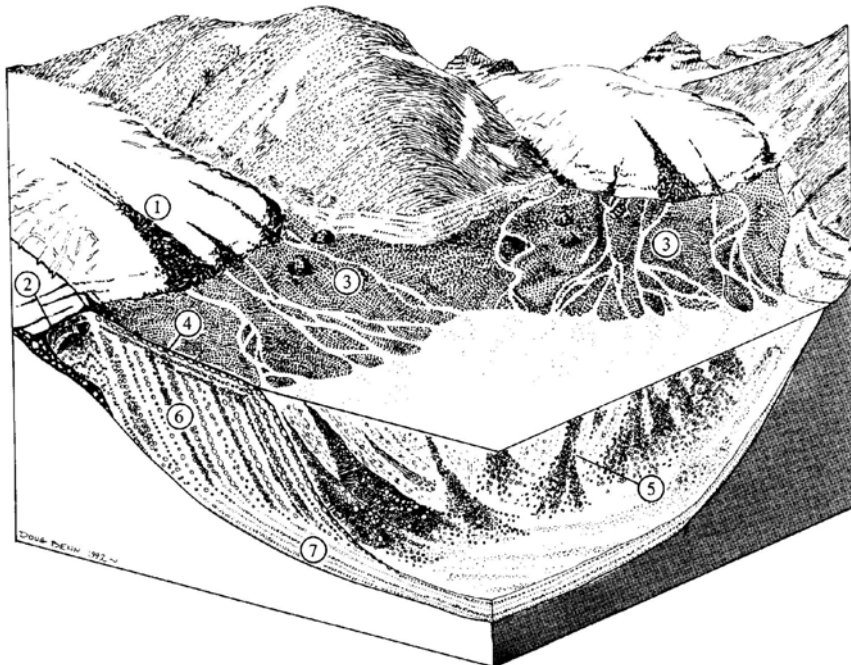


Deltaavsetningen er fordelt over en flate på 79km<sup>2</sup>. Beregninger tilsier at denne avsetningen har et volum på 4,4km<sup>3</sup> og den er foreslått avsatt i løpet av en periode på ca.70 år. På bakgrunn av disse verdiene har man kalkulert en sedimentasjonsrate, for hele deltaet, til å være 1-1,5m per år (Tuttle 1990). Den mest sannsynlige forklaringen på den høye sedimentasjonsraten er at vi har hatt en kombinasjon av høy smelterate og stor drenasje av smeltevannsreaervoaret, noe som resulterte i en katastrofal flom eller et såkalt ”jøkulhlaup” (Tuttle 1990).

Alderen til Hauerseterdeltaet er av Sørensen (1983) anslått til å være 9500 år BP, og Longva og Thoresen (1989) har ved hjelp av <sup>14</sup>C-dateringer anslått alderen til å være 9730 ± 160 år BP (T-6120).

### 2.2.1 Oppbygning/morfologi

Deltakomplekset har en tredelt struktur, med deltatopplag, deltaskrålag og deltabunnlag. Sammen utgjør disse tre enhetene et ”Gilbert-type ” delta (se figur 2.5).



**Figur 2.5** Blokk diagram av Gilbert-type delta. 1: supraglasialt materiale; 2: subglasialt materiale; 3: sandurslette med forgrenede elver; 4: deltatopplag; 5: deltafront; 6: deltaskrålag; 7: deltabunnlag (Fra Benn 1992. Hentet fra Benn & Evans 1998.)

Et Gilbert-type delta dannes ved at fluvialt transportert materiale avsettes i en mellomdyp til dyp stående vannmasse. Den matende elvens gradient og vanndybde influerer sterkt deltaets morfologi og sedimentologi. De fluviale sedimentene avsettes ved en kombinasjon av fluvial aggradasjon over bassengnivå og fluvial progradasjon ut i bassenget (Benn og Evans 1998).

I dette tilfellet har et glasifluvialt iskontakt delta blitt matet av supraglasiale, englasiale og/eller subglasiale elver. Breranden og deltakanten var atskilt av en sandurslette (deltatopplag), som ble avsatt av et glasifluvialt forgrenet elvesystem.

Hauerseterdeltaets topplag utgjøres av en 12-18m tykk sandurslette hvor utvaskningsflaten er tilnærmet flat ( $<0,5^\circ$  gradient). Sanduren, som dekker et areal på mer enn 50km<sup>2</sup>, domineres av glasifluviale dreneringskanaler, tallrike kampesteiner og flyttblokker og mange grytehull (Tuttle 1990).

Under topplaget, finner vi deltaskrålag med en helning fra 6-21° mot sør. Deltaets sideflanker avslører en diskordans mellom topplag/skrålag på 210-206 m.o.h., mens man i deltaets mer sentrale deler finner denne diskordansen ved 198 m.o.h..

Under deltaskrålaget er det et tynt og tilnærmet horisontalt lag av leire (deltabunnlag) som ble avsatt i Romeriksfjorden utenfor deltafronten.

Glasifluviale dreneringskanaler, på sandursletten, som er opp til 50m brede og 4m dype, og over 1m store kampesteiner og flyttblokker, vitner om hvor kraftig smeltevannsutløpet var i den siste fasen av Hauerseter stadiet. Basert på kanalenes morfologi og de største kanalklastene har man kalkulert smeltevannets hastighet til å være fra 3,8-7,5m/s (Tuttle 1990).

Slike dreneringskanaler finner vi kun i Li-deltaet, og ikke i Trandum-deltaet. Dette fordi løsmassene i de sentrale delene av Trandum-deltaet ble avsatt mellom og over en mengde dødis rester. Ved avsmelting av denne dødisen klappet hele den sentrale delen av Trandum-deltaet sammen og en mengde forsenkninger, grytehull/dødisgroper, ble dannet i sanduren (se kapittel 2.3 Dannelse av grytehull).

Den marine grense på Hauerseterdeltaet er der hvor drenerings kanalene slutter ut mot deltafronten. I sør-vest har man derfor satt grensen til 203 m.o.h. og i øst til 205 m.o.h. (Tuttle 1990).

En kraftig drenering sørover i løpet av den raske isostatisk landhevingen i Holocene, førte til at den homogene leieren som ligger syd og vest for Hauerseiderdeltaet ble ravinert (Bøe 1997).

## 2.3 Dannelse av grytehull

Et grytehull er en forsenkning i underlaget dannet ved avsmeltning av en ismasse (dødis), som i sin tid ble separert fra en isbre ved ablasjon og helt eller delvis ble begravd av løsmasser som falt ut av suspensjon ettersom hastigheten i de glasielle elvene avtok.

Ablasjon kan foregå ved at isen kalver i den terminale sonen under tilbaketrekning av isdekket, eller ved at tunneltaket til subglasielle elver raser sammen. Når dødisen etterhvert smelter, får vi dannet et dødisterreng med store fordypninger (dødisgroper), som senere kan fylles med vann og bli til tjern eller myrer (Erikstad og Halvorsen 1992). Formen og størrelsen til grytehullene avhenger av hvordan ismassen ble avsatt i sedimentet og i hvilke type sediment de ble avsatt i.

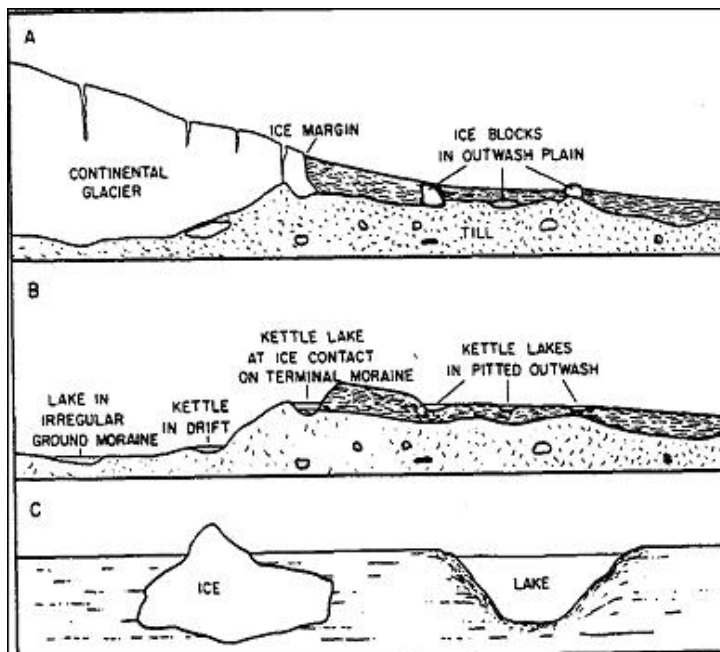
Når mektige ismasser graver seg ned i underliggende sediment under transport, vil det under avsmelting av ismassen bli dannet en dyp grop. De største og dypeste grytehullene får vi der et stort volum is stakk opp over de akkumulerende sedimentene. Når støtten fra isen forsvinner, ved utsmelting, vil veggene rase ut og man får dannet et grytehull med bratte sider (figur 2.6).

Sedimenter som inneholder mindre ismasser etter avsetning, vil kollapse når isen smelter og grunne groper vil dannes. Grunne groper vil også dannes når strandede isfjell smelter. Isfjell begravd i vannmettede grus- og sandmasser (sandurslette) fører til dannelsen av tilnærmet runde grytehull, noe som er naturlig ut fra smelteprosessen til is. Isfjell begravd i till gir ofte irregulære grytehull, som er vanskelig å skille fra fordypninger av annen opprinnelse.

Størrelsen på grytehullene varierer, alt fra noen hundre meter til flere kilometer i diameter. Få grytehull er større enn 2km i diameter, men det er funnet dødisgroper på opp til 13km i diameter (Minnesota). De fleste grytehullene er rundt 8m dype, men det er observert dyp på opptil 45m (Fuller 1914).

Grytehull kan forekomme enkeltvis eller i større komplekser. Man finner ansamlinger av grytehull i den terminale sonen av isbreen, hvor ablasjon foregår på sitt sterkeste. Man finner også en del lineære anrikninger av grytehull proksimalt i breen. Dette fordi man hadde utrasninger av isblokker fra taket i de subglasiale elvekanalene. Dette fremkommer som lineære grupper av forenede forsenkninger i terrenget, eller i slik overflod at underlaget er som en labyrint av hauger og fordypninger ("kame- and kettle- topography").

Man er usikker på hvor lang tid det tar før de begravde ismassene smelter, men ut fra ulike observasjoner kan man anslå varigheten til å være mellom 30 og 70 år (Bakken 1997). Noen grytehull er i dag tørre, men det er vanligst å finne vann, tjern eller myrer i bunnen av dem.



**Figur 2.6** Prinsippskisse for dannelsen av ulike typer grytehullsjøer.

- A) Innlandsis under tilbaketrekning med sandur som inneholder begravde isblokker.
- B) Sjøer dannet ved smelting av de begravde ismassene i till.
- C) Selve smelteprosessen ved dannelsen av en sjø.

(Hutchinson 1957).

### 2.3.1 Grytehullene på Gardermosletta

Grytehullene på Gardermosletta er veldig små, de fleste bare noen hundre meter i diameter, eller mindre. De ble dannet for ca. 9500 år siden ved tilbaketrekningen av det senweichelske isdekket fra syd-Norge. Fra tid til annen løsnest deler av brefronten. Noen av disse isfjellene fløt rundt i Romeriksfjorden, mens andre grunnstøtte og ble begravd i løsmassene

som hele tiden kom strømmende i store mengder. Avsmelting av dødisen førte til dannelsen av de berømte grytehullsjøene på Romerike.

Plasseringen av dødisgropene i terrenget viser to interessante trekk (Kitterød (red.) 2001). På sandursletten vest og sør-vest for Hersjøen (Trandum-deltaet) ligger grytehullene generelt parallelt med paleobrefronten (figur 2.4). I dette området løsnet ofte isfjell fra brefronten i den perioden hvor breen stod stille og deltaet ble avsatt. På sandursletten mellom Jessheim og Hersjøen (Li-deltaet) finner vi derimot rekker av grytehull fra sør mot nord, vinkelrett på paleobrefronten. Rekkene av dødisgroper ligger i hver sin forsenkning i berggrunnen. Her gikk de største breelvene under isen, og mange isfjell ble dannet fordi tunneltaket brast.

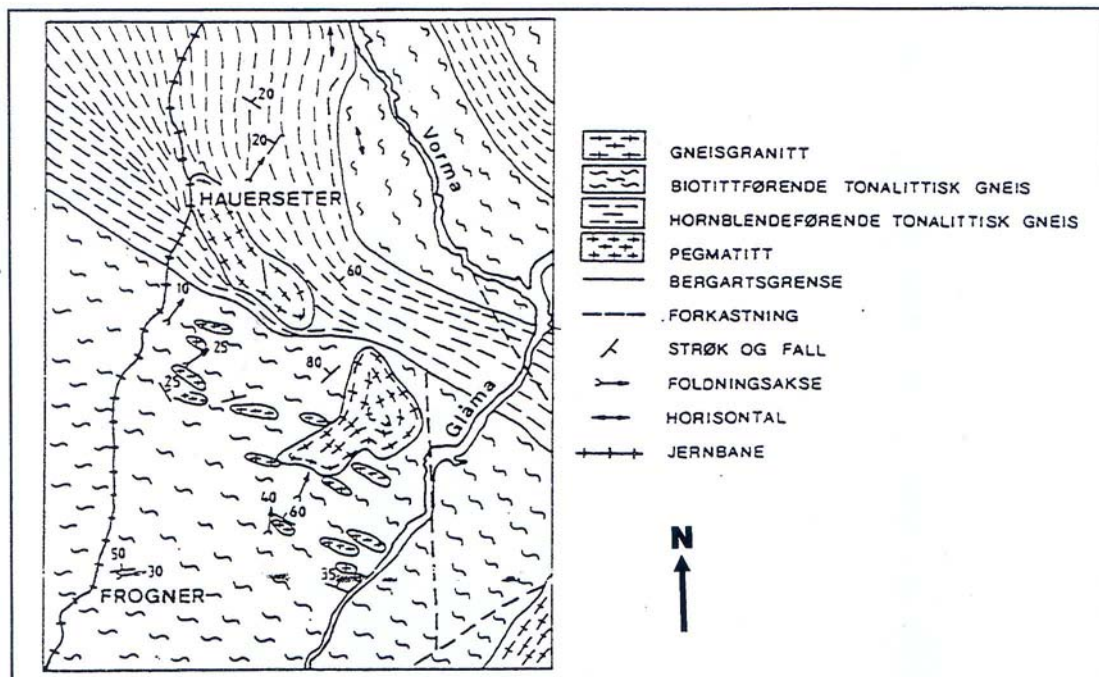
## **2.4 Berggrunnen og løsmassene i området**

### **2.4.1 Berggrunnen**

Romerikes berggrunn utgjøres av prekambriske grunnfjellsbergarter. Gneis er den dominerende (95%) bergarten i området (figur 2.7). De resterende bergarter (5%) består av granitt-pegmatitt. Man kan dele inn berggrunnen i tre bergartstyper (Longva 1987):

- 1) Grå gneiser, ca. 1700 millioner år  
- hovedbestanddeler: natrium-kalsium feltspat og kvarts
- 2) Røde gneiser, ca. 1400 millioner år  
- består av rød natrium-kalium feltspat, plagioklas og kvarts
- 3) Granitt-pegmatitter, ca. 1000 millioner år  
- inneholder store krystaller av feltspat, kvarts og glimmer

Det er de grå gneisene som dominerer. Båndingen og stripingen i gneisen viser en konstant strøkretning NV-SØ. De røde gneisene finnes som lagganger i de grå gneisene. Markerte bruddsoner i bergartene, særlig i N-S og NV-SØ retning, er et resultat av riftingen i Oslo området i Perm.



Figur 2.7 Forenklet berggrunnsgeologisk kart over Ullensaker (modifisert etter Gvein et al. 1973)

## 2.4.2 Løsmasser

Løsmassene på Hauerseterttrinnet, som ligger sør øst for Nordmoen, har dette bergartsinholdet i fraksjon 2-6cm, uttrykt i % av antall talte stein (Holtedahl 1974):

Permiske granitter, syenitter og rombeporfyr o.l.	0,5 %
Kambrosilurbergarter. Hornfels o.l.	2,6 %
Eokambriske sandsteiner	17,2 %
Kvartsitter (ves. eokambrium)	18,8 %
Prekambriske gneiser, granitter, amfibolitter o.l.	58,2 %
Samlegruppe: diabaser, ubestemte bergarter o.l.	2,7 %

## 2.5 Hydrogeologi

(Kilde: Worsley, Aagaard og Thorsen 2003)

*Grunnvann* defineres som vannet under jordoverflaten, som fyller porer og sprekker i sedimenter og bergarter. Vanninnholdet nedover i jorda kan deles inn i to ulike soner; umettet sone (markvann) og mettet sone (grunnvann). I den mettede sonen er alle hulrom i sedimentet/berggrunnen fylt med vann, mens markvannet bare fyller deler av hulrommet i den umettede

sonen. Markvann (over) og grunnvann (under) skilles der hvor grunnvannets flate står i likevekt med det atmosfæriske trykket, grunnvannspeilet. Like over grunnvannspeilet kan det også være en mettet sone, hvor vannet holdes på plass av kapillære krefter. I denne sonen vil vannet stå under subatmosfærisk trykk.

En **akvifer** er definert som en geologisk formasjon som inneholder og kan transportere så mye vann at en vannmengde av praktisk nytte kan tas ut. For å forstå hvordan markvann og grunnvann beveger seg i en akvifer, må vi vite noe om hvordan vann strømmer i de ulike sedimenter/bergarter.

Vann er sterkt bundet i silt og leir, mens det er svakt bundet i sprekker, grus og sand. Altså strømmer vannet lett i sprekker og grovkornede sedimenter med høy permeabilitet (store porer), mens finkornede sedimenter med lav permeabilitet (små porer) utgjør en barriere hvor vannet blir bundet i sedimentene. Økt pakningsgrad fører til at sedimentene blir mindre permeable.

To ulike situasjoner kan forkomme i markvann- /grunnvannsonen:

Under **aktiv evapotranspirasjon**, hvor vann fjernes fra akviferens overflate ved fordampning og ved transpirasjon fra planter, vil vann fjernes fra de øvre jordlagene. Dette fører til at suget etter vann øker i markvannsonen. Siden vannet alltid vil bevege seg mot lavere trykkehøyde, vil vannet i markvann- /kapillærsonen suges oppover i sedimentet.

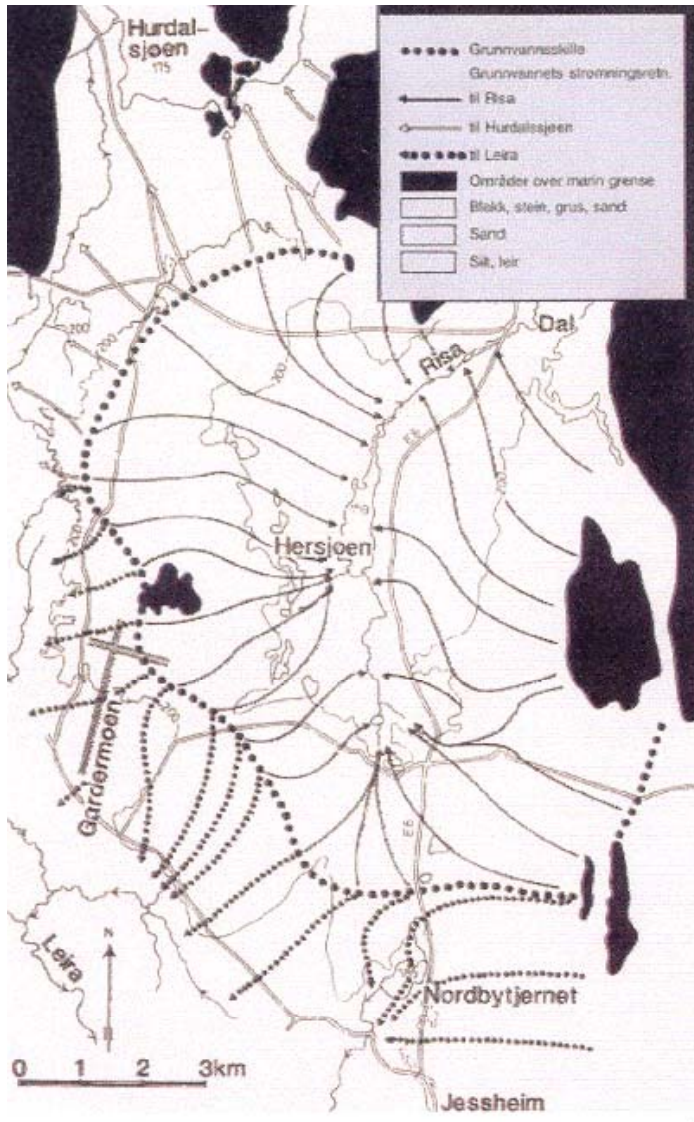
Ved **tilførsel av vann til akviferens overflate**, for eksempel ved regnvær, vil vanntrykket i de øvre jordlagene øke. I denne situasjonen vil vi få en gradient nedover og vannet vil strømme nedover mot lavere trykk.

### **2.5.1 Gardermoen akviferen**

Hauerseterdeltaets sand- og grusavsetninger utgjør et mektig grunnvannsmagasin, Gardermoenakviferen, på ca. 105km<sup>3</sup>. Li- og Trandum-deltaet, og området rundt Hersjøen, utgjør de mest sentrale og viktigste delene av magasinet. Gardermoenakviferen blir regnet som Norges største selvmatende grunnvannsmagasin, siden magasinet kun blir tilført vann fra nedbør i området (f.eks. Jørgensen og Østmo 1990).

Det at Hauerseterdeltaet er forholdsvis flatt og ligger høyere enn terrenget omkring, gjør at man kan se bort fra overflateavrenning (Worsley, Aagaard og Thorsen 2003). Den

delen av nedbøren som ikke fordamper eller forbrukes av vegetasjonen (evapotranspirasjon), vil derfor infiltrere bakken og "mate" grunnvannet. Det infiltrerte vannet vil etter hvert tappes ved at det renner ut i bekker og innsjøer, samt ved eventuell menneskelig pumping av grunn-



Figur 2.8 Grunnvannskart over Gardermoen (Østmo 1976b).

ligger nær kildeområdene, hvor det er minst avrenning. Størstedelen av vannet (ca. 80 %) drenerer nord og øst mot Hersjøen, som munner ut i elva Risa. Det resterende vannet (ca. 20 %) drenerer i motsatt retning og ut i kildehorisontene og danner ravine-områdene i de ytre områdene av deltaet ved Vikka og Sokna i Romerike, og munner til slutt ut i Leira. Dette strømningsmønsteret var etablert allerede 400 år etter deltaets avsetning (Jørgensen et al. 1991).

Erosjonen i og utformingen av ravinene styres av grunnvannsnivået i området. Det meget næringsrike grunnvannet som strømmer ut i kildene, gir et opphav til en frodig spesiell

vann. Alle bekker og elver renner ut og vekk fra deltaet. Akviferens sedimentologi/stratigrafi korrelerer godt med grunnvannsnivået og vannskillet i magasinet (Jørgensen og Østmo 1990). Det er stor variasjon i hvor dypt grunnvannet ligger i forhold til overflaten i området. Vanligvis finner vi grunnvannspeilet i overgangen til finsand. Jo grovere et sediment er, jo dypere ligger grunnvannspeilet. Grunnvannspeilet på Gardermoen er buet konveks, og har et hesteskoformet grunnvannskille (figur 2.8).

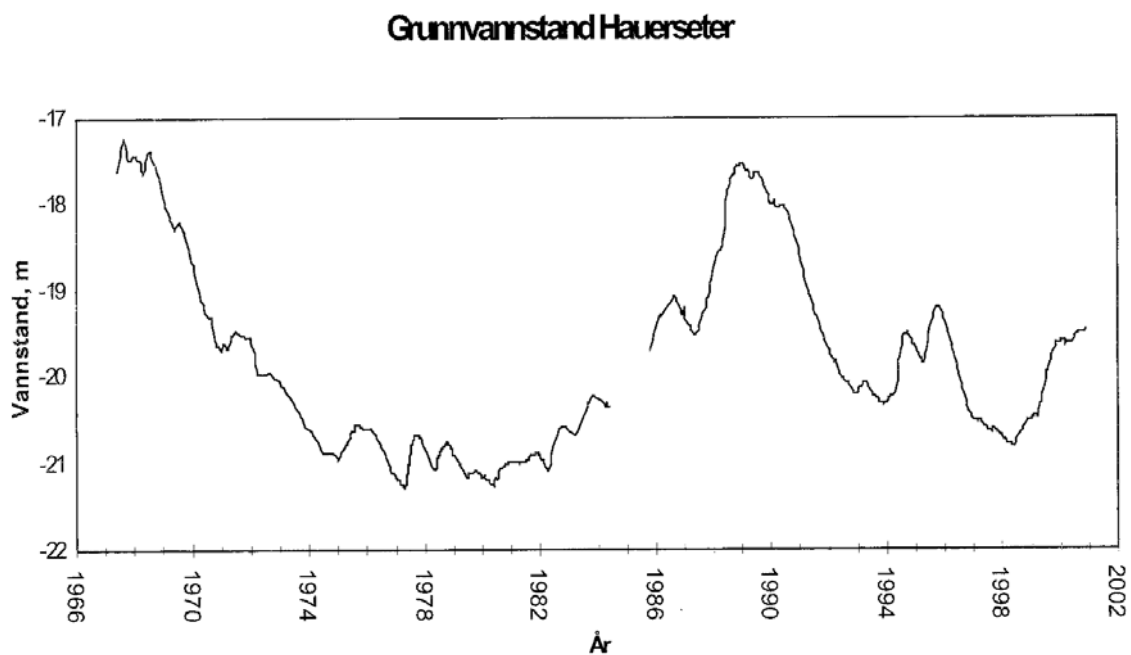
Avrenningen fra Gardermoenakviferen er bemerkelsesverdig. Grunnvannskilletts posisjon bestemmes av vannbalansen og avrennings mønsteret. På Gardermoen resulterer dette i at skillet



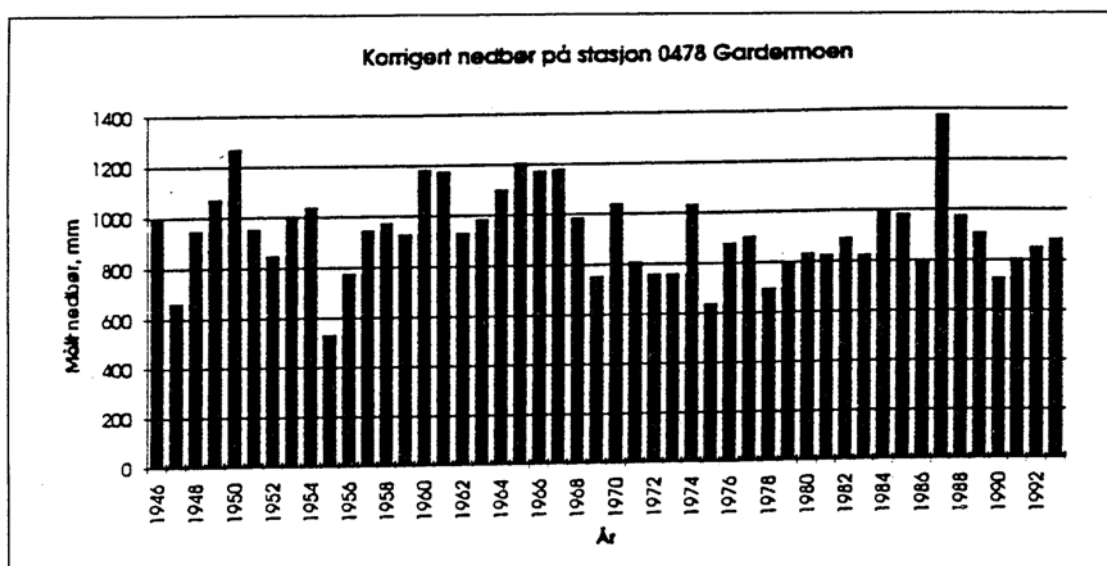
vegetasjon i ravinene. En senkning av grunnvannsnivået vil kunne tørke ut og endre vegetasjonen i området. Tykkelsen på umettet sone varierer fra 1–30m.

På Hauer seter har man i en årrekke målt variasjoner i grunnvannstanden (Otnes 1973; 1975). Målingsresultater fra en av grunnvannsbrønnene på Hauer seter (1968-2000) er gjengitt i figur 2.9. Sammen med årlige nedtegnelser over nedbøren i perioden 1946-1993 (figur 2.10) kan man se i hvilken grad variasjoner i grunnvannsnivået styres av nedbøren i området.

En hydrogeologisk modell viser at 50 % av den årlige nedbøren forsvinner gjennom evapotranspirasjon (Jørgensen og Østmo 1990).



**Figur 2.9** Forandringer i grunnvannstanden i perioden 1968-2000. (Data fra Landsomfattende Grunnvannnett (LGN). Norges geologiske undersøkelse. Hentet fra Kitterød (red.) 2001)



Figur 2.10 Årsnedbør på Gardermoen fra 1946 til 1993 (SINTEF 1994)

Korttidsfluktasjoner i grunnvannsnivået skyldes kortvarig, intensivt regn, og finnes først og fremst i små akviferer med liten umettet sone. Evapotranspirasjon kan forårsake døgnlige svingninger i grunnvannsoverflater som ligger nær terrengoverflaten (Bøe 1997).

Menneskelige inngrep er en av faktorene som påvirker grunnvannet. Grunnvannsuttak og drenering av vann og vassdrag virker senkende på grunnvannstanden. Demninger og kunstig infiltrasjon har derimot en økende effekt. Virkningen av slike inngrep er åpenbar, mens effekten av privatboliger, jordbruk og industri er mer skjult og kan forringe grunnvannskvaliteten (Englund og Haldorsen 1994). Alle sjøene som er påvirket av grunnvannet vil bli påvirket av dets kjemiske sammensetning. På denne måten vil menneskelig påvirkning et sted kunne endre vannkjemien over et større område.

Forbruket av grunnvann til drikkevann, fra Gardermoenakviferen, er så lite at det har minimal betydning for grunnvannsnivået.

## 2.5.2 Indikasjoner på vannstandsforandringer

Studier av holocene fluktuasjoner i grunnvannsnivået er nødvendig for å få en best mulig forståelse av innsjøers utvikling. For eksempel kan sedimentets biologiske og kjemiske egenskaper indikere endring i trofegrad og produktivitet.

I grunne til moderat dype innsjøer kan tidligere fluktuasjoner i vannivå føre til utbredt erosjon og resedimentasjon. Informasjon om slike forstyrrelser i sedimentasjonen er viktig og nødvendig for at stratigrafien ikke skal bli mistolket (Digerfeldt 1986).

Det finnes flere ulike metoder for å se på tidligere endringer i vannivået (bl.a.: strandlinjeforskyvninger og sedimentstratigrafi), men det kan være problematisk at endringene kan tolkes på mange forskjellige måter.

I grytehullsjøene på Hauer seter ser man tydelige spor etter strandlinjeforskyvninger. En periode med lite nedbør på 1970-tallet resulterte i lav vannstand i sjøene (Kitterød (red.) 2001). Arealer i strandsonen ble tørrlagt, og åpnet for innvandringen av ulike planteslag, f. eks. bjørk. Da vannstanden igjen steg på 1980-tallet ble bjørkas rotsystem lagt under vann og trærne døde. Av dette ser man at bjørka vokser i strandsonen i perioder med lav grunnvannstand og drukner når grunnvannet stiger opp over strandsonen igjen. Slik vil det dannes bjørkepulser som gjenspeiler nivåendringer i grunnvannet.

Stratigrafiske forandringer er ofte vanskelige å knytte til endringer i vannivå, og slike endringer blir ofte forklart ved andre miljøendringer som for eksempel naturlige endringer i innsjøen eller i nedfallsområdet (Digerfeldt 1986).

Endringer i vannivået kan også forklares ved biostratigrafiske data (f. eks. akvatisk pollen, plante – makrofossiler, diatomeer, ostracoder og mollusker). Den paleoøkologiske tolkningen vil da baseres på antagelsen om at organismer er karakteristiske for ulike miljøer eller vanddyb og at det er mulig å gjenkjenne bestemte littorale- og dypvann- samfunn (Harrison og Digerfeldt 1993). Endringer i relativ utbredelse av bestemte typer organismer, som kan ses i sedimentkjernene, kan derfor tolkes til å reflektere horisontal forflytning av littoralsonen relativt til prøvetakningstidspunktet. Hovedkilden til paleoøkologisk informasjon

om endringer i vanddyb i tempererte sjøer har generelt vært pollen og makrofossiler fra den akvatiske vegetasjonen.

## **2.6 Geokjemi og vannkjemiske forhold**

### **2.6.1 Geokjemi**

Gardermoenakviferen består hovedsakelig av sand som ligger over silt- og leirholdige sedimenter. Langs grunnvannets strømningsbane foregår en rekke viktige prosesser som påvirker de kjemiske forholdene i vannet. Av disse kan jeg nevne oppløsning av lavmagnesiumkalsitt og silikater, samt oksidering av sulfider og lekkasje av gammelt sjøvann. CO<sub>2</sub> dannet i umettet sone er den viktigste syren for forvitring. Dypt grunnvann er i likevekt med kalsitt, og nær likevekt med kloritt. For å kunne beskrive prosessene som foregår er det viktig å kjenne til det hydrologiske budsjettet i området, den mineralogiske sammensetningen til sedimentene og den kjemiske sammensetningen til ulike vanntyper (Jørgensen et al. 1991).

### **2.6.2 Vannkjemien**

Hauerseterdeltaet er en akvifer, hvor kaldt klima under avsetning og stadig skiftende elveløp resulterte i lite avsetning av organisk materiale. Siden man da ikke bruker noe særlig oksygen i forråtnelsesprosesser, vil grunnvannet ha et høyt oksygeninnhold. Man unngår derfor også vanlige kvalitetsproblemer som forekommer i oksygenfattig grunnvann (forhøyede konsentrasjoner av løst jern og mangan, luktproblemer).

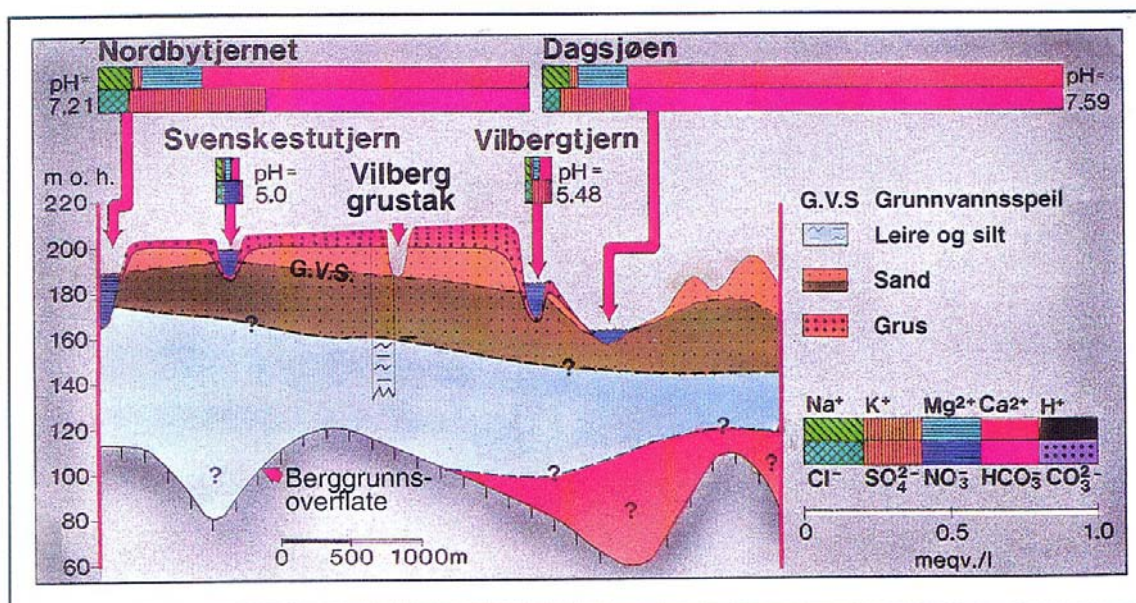
Vannkjemien i grytehullsjøene på Hauerseter bestemmes av hvorvidt de kommuniserer med grunnvannet og om de har overflatetilløp og avløp. Figur 2.11 viser dyp og plassering av noen av sjøene i forhold til strømningsbanen til grunnvannet.

Type 1 innsjøer, som kun er påvirket av nedbør, er meget fattige på oppløste mineraler. Ofte er også mineralinnholdet i disse sjøene lavere enn i nedbøren. Dette skyldes delvis opptak i biologisk materiale og sedimentasjon, samt delvis ionebytte i sediment og omgivende myr (Hongve og Løvstad 1991). Opptak av basekationer fører til lav pH.

Type 2 innsjøer, som i tillegg til nedbør er påvirket av overflatetilløp og myravrenning, er gjerne litt mer ionerike enn type 1.

Type 3 og type 4 innsjøer har en vannkjemi som reflekterer forskjeller i grunnvannssammensetningen. Mineralinnholdet avhenger av ved hvilket dyp i løsmassene grunnvannet kommer fra. Grunnvann fra den øvre dekalsifiserte sone er ofte ionefattig, mens grunnvann fra større dyp gir kalkrike sjøer. Sjøer som får tilførsel fra grunt grunnvann og har lav ionekonsentrasjon, karakteriseres av Hongve (1977) som sure sulfatsjøer, mens sjøer som får tilførsel fra dyperegående grunnvann og har høye ionekonsentrasjoner, kan karakteriseres som nøytrale bikarbonatsjøer. Type 4 sjøer er mest ionerike. Grunnvannet som kommer fra utstrømningsområdene er tilnærmet mettet med hensyn til løselighet av kalsitt (Hongve og Løvstad 1991).

Til tross for at ingen av de grunnvannspåvirkede innsjøene ser ut til å være betydelig belastet av forurensning, er fosforinnholdet i flere av dem påfallende høyt. Kilden synes derfor å være mineralisk fosfat i løsavsetningene. Nitrogeninnholdet er generelt lavt i både nedbørspåvirkede og grunnvannspåvirkede lokaliteter (Hongve og Løvstad 1991).



Figur 2.11 Dyp, sammensetning og plassering av de ulike sjøene i forhold til strømningsbanen til grunnvannet (Jørgensen et al. 1991).

## KAPITTEL 3. DIATOMEER SOM MILJØINDIKATORER

### 3.1 Generelt om diatomeer

Diatomeer tilhører klassen Bacillariophyceae og har sin utbredelse fra Kritt og frem til i dag. Diatomeer er encellede eukaryote alger, som skiller seg fra andre alger ved at de har en cellevegg av silika ( $\text{SiO}_2$ ). Deres naturlige medium er vann (ferskt og salt vann av alle typer), og selv om noen arter kun trenger litt fuktighet for å leve, så lever de fleste diatomeer i sjøer, rennende vann og havet. De fleste diatomeer er autotrofe (driver fotosyntese), med unntak av noen få (mindre enn ti) heterotrofe arter, som kan leve i mørke omgivelser så lenge det er tilgang på nok organisk karbon (Round et al. 1990).

De tidligste marine diatomeer er kjent fra kritt (Brasier 1996), mens ferskvannsdiatomeer har sin første opptreden i eocene (Round et al. 1990).

Diatomeenes silikaskall viser stor formrikdom, hvor hver art har sine karakteristiske trekk. Diatomèsystematikken baseres på skallenes utforming (Florin 1984). Diatomeer er sensitive til en rekke økologiske parametere, og er derfor svært følsomme for endringer i det medium de lever i. Dette gjør dem til gode indikatorer på miljøforandringer som for eksempel endringer i pH, salinitet, strømforhold og trofigrad. Når diatomeer dør vil silikaskallene, som ikke løses opp i vannkolonnen, bli oppbevart i sedimentet. Bevarte rester av det levende, opprinnelige samfunn, etter død og forråtnelse (tanatocønose), kan direkte reflektere sammensetningen og produktiviteten til samfunnet. Indirekte kan også tanatocønose reflektere hvordan vannkvaliteten (særlig pH, alkalinitet, næringsinnhold og salinitet) var da det opprinnelige levende samfunn (biocønose) eksisterte.

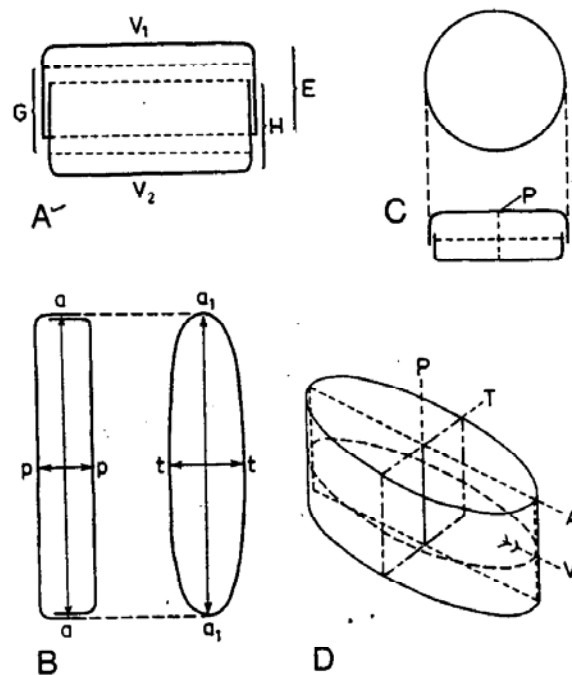
Selv om bruken av diatomeer som paleoøkologiske indikatorer, har et klart potensiale, må man være klar over at oppbevaringen av skallene varierer fra sted til sted. Mange aspekter ved diatomeenes økologi er lite kjent, identifiseringen kan være vanskelig, og i den paleoøkologiske tolkningen må en ta hensyn til hvor komplekst sedimentasjonsmiljøet som diatomèskallene akkumulerer i er (Battarbee 1986).

### 3.1.1 Morfologi

En diatomè er mellom 2,5µm og 2mm lang, og har cellevegger som hovedsakelig består av silika ( $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ ). Cellen består av to ulikt store skall (valv), som ofte beskrives som en eske med lokk. Det største valvet kalles epiteka, og det innerste kalles hypoteka, og sammen kalles de frustule. Valvene holdes sammen ved hjelp av girdleband. Girdlebandet forbinder valvene på en slik måte at de kan bevege seg i forhold til hverandre, f.eks. ved celledeling (Florin 1984). Når diatomeen lever er frustulen dekket av en organisk hinne.

Valvenes overflatestruktur kan bestå av hyaline områder, porer, poroier, alveoler, ribber, raphe og prosesser. Strukturene danner bestemte mønster på valvoverflaten og blir brukt ved identifisering av de forskjellige artene (Patrick & Reimer 1966).

Skallene er orientert etter et sett av plan og akser; valvarplan, apikalplan, transapikalplan, pervalvarakse, apikalakse og transapikalakse (figur 3.1, Florin 1984).



**Figur 3.1** Diatomècellens symmetriforhold. A: Skjematisk lengdesnitt,  $V_1$  og  $V_2$  skallsider, G girdleband, E epiteka og H hypoteka. B: Et heteroaksonalt skall (skallaksene har ulike lengder). C: et isoaksonalt skall (skallaksene er like lange). D: Tre symmetriplan kan legges gjennom pervalvaraksen (P) i cellen, A apikalplanet, T transapikalplanet og V valvarplanet (Florin 1984).

### 3.1.2 Symmetri

De fleste diatomeer er enten sentriske, eller symmetriske om apikalaksen eller transapikalaksen (pennate). Noen asymmetriske former finnes også. Man kan dele inn diatomeer i to hovedgrupper med ulik symmetri:

- 1) Sentriske:
  - skallformen er sirkulær, polygonal eller elliptisk
  - strukturen er radiærsymmetrisk (orientert om et punkt)
  - hovedsaklig planktoniske arter (f.eks. *Cyclotella*)
  
- 2) Pennate:
  - skallformen er lineær til lansettformet
  - strukturen er bilateralt symmetrisk (orientert om en midtlinje)
  - midtlinjen kan utgjøres av en raphe eller et hyalint område.
  - hovedsakelig bentiske arter (f.eks. *Navicula*)

### 3.1.3 Fysiologi

Diatomeer er, med få unntak, avhengige av sollys for å kunne drive fotosyntese (autotrofe). De er fritt flytende (passive) eller beveger seg ved hjelp av strømninger i protoplasma som kommer ut av raphen (aktive). Det tunge kiselskallet gjør det vanskelig for diatomeene å holde seg i den øvre del av vannkolonnen. I naturlige omgivelser vil den lille turbulente miksing (forårsaket av vind) av de øverste vannmassene redusere synkeraten til diatomeene. Diatomeer absorberer mineraler, vitaminer og organisk materiale ved osmose og/eller aktiv transport. Dette endrer algenes tetthet, slik at de kan "vandre" opp og ned i vannmassene (Van den Hoek et al. 1995).

### 3.1.4 Reproduksjon

Formering av diatomeer skjer vanligvis aseksuelt, ved deling, hvor hvert av datterindividene beholder et av morens skall. Et nytt indre skall (hypoteka) dannes inni hvert av mor-celle's skall. Etter delingen kan skallene skilles, eller forbli delvis sammenhengende (slik at de danner trådliknende/sikksakkformede kolonier). Denne aseksuelle celledelingen vil føre til at diatomeens størrelse suksessivt reduseres, til en nedre grense nås.



Når cellens minste størrelse er nådd, vil en auxospore dannes enten ved seksuell eller aseksuell forplantning. Når auxosporen er dannet, vil den kaste skallene og cellen vil øke sitt volum til det opprinnelige.

Noen celler kan i tillegg danne hvilesporer (Round et al. 1990). Disse dannes for å opprettholde arten under ugunstige forhold. Hvilesporene har en cellevegg, som skiller seg fra de vegetative cellenes vegg. Den er ofte tykkere, mindre porøs og kan ha forskjellige ”vorter” eller pigger. Hvilesporene faller til ro i sedimentet, i påvente av bedre levetilstander. Når levetilstandene igjen er bra nok, vil sporen dele seg. Enten vil sporen slippe ut en ferdig vegetativ celle, eller så vil det dannes nye vegetative valv etter at sporen har delt seg.

Det faktum at diatomeene forandrer størrelse og kan ha små morfologiske endringer gjennom sin livssyklus, kan føre til problemer ved identifikasjon, og føre til splitting av en art opp i flere arter.

## **3.2 Økologi**

### **3.2.1 Levevis**

Diatomeer finnes i alle typer habitat som er i kontakt med vann. Deres levestil er inndelt i fire forskjellige grupper (De Wolf 1982):

- 1) Plankton
- 2) Bentos
- 3) Epifytter
- 4) Aerofile

#### 1) Plankton

Plankton lever i den øvre delen av vannkollonen, enkeltvis eller i kolonier. De er hovedsakelig frittlevende, men noen kan forekomme periphyttisk, ved at de kleber eller henger seg fast på planter, steiner e.l. i strandkanten (Florin 1984). Plankton utgjøres hovedsakelig av sentriske former, som enten er plateformede (enkeltvis) eller formet som bånd eller kjeder (kolonier) festet med tagger, slimtråder, slim langs sideveggene eller gelèputer i enden på cellen. Ved hjelp av utvekster på skallet kan diatomeene holde seg svevende i vannmassene. Planktoniske arter utvikler seg best i områder med store åpne

vannmasser og kan forekomme som store populasjoner, såkalte oppblomstringer ("blooms"). Oppblomstring av planktoniske diatomeer kan føre til at vannmassene får en brun farge (Florin 1984). Dette er vanligst i april-mai og september-oktober, når diatomè oppblomstringen er på sitt høyeste. Døde individer synker raskt til bunns. Dette indikerer at det også er fysiologiske prosesser inne i cellen som er med på å holde diatomeen flytende. Typiske planktoniske slekter er *Cyclotella*, *Stephanodiscus* og *Fragilaria*.

## 2) Bentos

Bentos er hvilende eller fastsittende alger som lever i den fotiske sonen. De bentiske diatomeene utgjøres hovedsakelig av pennate former som lever festet på harde substanser, eller på og i fine sedimenter som gytje, leire, silt og sand. Man deler inn de bentiske artene i to grupper; epilittiske (lever på harde overflater) og epipelittiske (lever på sedimentet) samfunn. Typiske bentiske slekter er *Pinnularia*, *Stauroneis* og enkelte *Navicula* -arter

## 3) Epifytter

Betegnelsen epifytter brukes om diatomeer som lever på flytende akvatiske planter eller vokser på overflaten av forskjellige fibrige alger, samt på stammer og på undersiden av bladene til vannplanter. Disse artene kan muligens velge om de vil være heterotrofe, slik at de kan nyttiggjøre det organiske materialet fra underlaget (Round 1965).

Vanlige slekter er *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Epithemia*, *Navicula* og *Synedra*.

## 4) Aerofile

Aerofile diatomeer finnes i aerielle habitater (våte steiner og mose, snø og is, samt spraysonen i sjøer og elver). Disse artene lever i direkte kontakt med luft og må derfor tåle større miljøpåvirkninger enn arter som lever i vann. De er motstandsdyktige overfor tørke og ekstrem fuktighet, samt store temperatursvingninger. Aerofile diatomeer utgjøres av en liten spesialisert gruppe med mange individer, men få arter. Eksempler på aerofile diatomeer er enkelte arter innen slektene *Eunotia*, *Achnanthes*, *Cymbella*, *Gomphonema* og *Epithemia* (Werner 1977).

### 3.2.2 Begrensende faktorer

Diatomèsamfunnet formes av ulike fysiske, kjemiske og biologiske faktorer i vannmassen. Disse faktorene avgjør hvilke arter som er tilstede, mengden av disse og skifter i artssammensetningen. Hver art har mer eller mindre bestemte krav til vannets kjemiske sammensetning (Florin 1984).

Diatomeer er svært følsomme overfor mange miljøvariable, som f.eks. fuktighetsforhold, strømningshastighet, salinitet, lys og strålingsintensitet, temperatur, alkalinitet (pH), næringstilgang (nitrogen, fosfor, karbon og silika), trofegrad, totalt innhold av organisk karbon (TOC), oksygeninnhold, ionekonsentrasjonen ( $\text{Al}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) og spesifikk ledningsevne. De blir derfor sett på som gode indikatorer for miljøforandringer som f.eks. forsurening, eutrofiering og salinitetsforandringer, både i resente og paleolimnologiske studier. Vanligvis er flere av parameterne innbyrdes avhengige. Derfor bør man ha et stort datasett, for å kunne skille effektene av hver enkelt parameter fra hverandre.

Tuttle et al. (Kitterød (red.) 2001) er også inne på at man kan benytte diatomèanalyse i studier av grunnvannets fluktuasjoner. Dette fordi det viser seg at innsjøer som er i kontakt med grunnvannet vanligvis har planktoniske diatomeer, mens de innsjøer som ikke er i kontakt med grunnvannet enten har svært få eller bentiske diatomeer. Diatomèsammensetningen kan dermed si om en innsjø er påvirket av grunnvann eller ikke.

Nedenfor vil jeg gå nærmere inn på noen av parameterne, og se på hvordan de begrenser eller påvirker utbredelsen av diatomeer.

#### **Fuktighet**

Dersom man ønsker å klassifisere taxa etter livsform, kan man benytte Denys (1991) klassifikasjon av ferskvannsdiatomeer i relasjon til fuktighet:

1. Forekommer aldri, eller meget sjelden utenfor vannmasser
2. Forekommer vanligvis i vannmasser, noen ganger på våte steder
3. Forekommer vanligvis i vannmasser, men er også relativt vanlig på våte og fuktige steder
4. Forekommer hovedsaklig på våte og fuktige steder eller på periodevise tørre steder
5. Forekommer nesten bare utenfor vannmasser

## **Salinitet**

Dersom man ønsker å klassifisere taxa etter salinitet kan man benytte Hustedt (1957), som er en modifisert utgave av Kolbes (1927) halobiesystem:

- Polyhalobe arter: forekommer i rent saltvann, med et saltinnhold på 30‰  
(euryhaline arter kan understige 30‰)
- Mesohalobe arter: forekommer i brakkvann, med et saltinnhold på ca 0,2-30‰  
-euryhaline mesohalobier – forekommer i hele intervallet  
- $\alpha$ -mesohalobe arter – forekommer ved et saltinnhold på 10-30‰  
- $\beta$ -mesohalobe arter – forekommer ved et saltinnhold på 0,2-10‰
- Oligohalobe arter: ferskvannsformer som tåler et visst saltinnhold  
-halofile arter – stimuleres av et lavt saltinnhold  
-indifferente arter – tåler lav saltinnhold uten synlig påvirkning
- Halofobe arter: eksklusive ferskvannsarter  
øvre toleransegrense for saltinnhold er 0,2‰

## **Lys**

Lys er en viktig faktor som påvirker veksten av diatomeer. Hver art har sine egne krav til den mengde og varighet av lys, som er nødvendig for optimal vekst. Noen arter krever mye lys, mens andre igjen kan leve i habitat med lav lysintensitet. Diatomeer som foretrekker mye lys lever hovedsakelig som plankton, eller i grunne litoralsoner.

## **Temperatur**

Ulike diatomèarter har vekstoptimum ved ulike temperaturer. Noen diatomeer tåler kun små endringer i temperatur, mens andre kan motstå store temperatursvingninger. De sistnevnte lever i tempererte strøk, og er trolig mer påvirket av vannkjemien enn av temperaturen (Cholnoky 1968).

Indirekte kan temperaturen påvirke diatomeene, ved at den kan senke viskositeten i vannet, og dermed øke synkeraten av planktoniske diatomeer. I varmt vann har gjerne diatomeer mindre silika i celleveggene, enn de som lever i kaldt vann. En stigning i temperaturen kan resultere i en økt diffusjonsrate for kjemikalier og et nedsatt oksygeninnhold i vannet (Werner 1977). Disse endringene i miljøet kan igjen påvirke diatomeenes reproduksjonsrate og metabolisme.

## Alkalinitet (pH)

Vannets pH påvirker organsimene direkte, i tillegg til at den påvirker løseligheten av ulike bestanddeler i vannet. Det er gjerne færre arter i surt vann, enn i nøytralt vann (Werner 1977). De arter som har tilpasset seg vann med lav pH, finner vi i humuspåvirkede habitat, som f.eks. myrer eller elver som drenerer våtmarker. Her finner man ofte en typisk flora som består av flere *Eunotia* arter, samt noen *Frustulia* og *Pinnularia* arter. Også *Tabellaria flocculosa* er vanlig under slike forhold (Schroeder 1939, Hustedt 1939, Patrick 1945, Werner 1977). På samme måte vil også alkaline sjøer ofte ha en karakteristisk flora.

Hustedt (1939) har klassifisert ferskvannsdiatomeer i fem grupper etter deres forekomst ved forskjellig pH. Betegnelsen "Indifferente" har i den senere tid blitt erstattet med "circumnøytrale", og indifferente betegner i dag arter uten bestemt pH optimum (Van Dam et al. 1994). Diatomeer som ikke viser respons på pH er meget sjeldne, selv diatomeer som har store toleransegrenser er sjelden indifferente (Alles et al. 1991).

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Acidobionte arter:    | optimal forekomst ved pH < 5,5 |
| 2. Acidofile arter:      | hovedsakelig ved pH < 7        |
| 3. Circumnøytrale arter: | hovedsakelig ved pH rundt 7    |
| 4. Alkalifile arter:     | hovedsakelig ved pH > 7        |
| 5. Alkalibionte arter:   | forekommer kun ved pH >7       |
| 6. Indifferente arter:   | ingen bestemt optimum          |

## Næringstilgang

Nitrogen, fosfor, uorganisk karbon og silika er viktig næring for diatomeer.

### **Nitrogen og fosfor**

Nitrogen kan anvendes i form av ammoniakk eller nitrat. Ammoniakk er tilstede i innsjøer med hurtig nedbrytning av organisk avfall, dersom  $\text{pH} \leq 7$ . Hvis  $\text{pH} > 7$ , vil ammoniakk danne giftig ammoniumhydroksid. Nitrat er tilstede både ved pH høyere og lavere enn 7. Fosfat er mest anvendelig i form av ortofosfat, men kan også benyttes i andre former.

Ved lave konsentrasjoner av nitrogen og fosfor trives oligotrofe diatomeer, mens de eutrofe artene foretrekker store mengder av disse substansene. Ulike arter foretrekker også næring i ulike former. *Synedra ulna*, *Cocconeis placentula* og *Cyclotella pseudostelligera* er

for eksempel vanlige arter under høye nitratkonsentrasjoner i vannet, mens *Navicula minima* kan positivt korreleres med ammonia konsentrasjonen. Sesongmessige variasjoner i diatomèfloraen kan relateres til endringer i vannets næringsinnhold, i tillegg til skifte i andre økologiske faktorer. Diatomeer kan klare seg i lengre perioder uten nitrogen og fosfor hvis de har lagret tilstrekkelig inne i cellen.

Klassifikasjon av nitrogenopptak metabolisme (basert på Chloňnoky 1968 og Van Dam 1975):

1. Nitrogen autotrofe arter : tåler veldig små mengder av organisk bundet nitrogen
2. Nitrogen autotrofe arter + : tåler forhøyede konsentrasjoner av organisk bundet nitrogen
3. Nitrogen heterotrofe arter : trenger periodevis forhøyede konsentrasjoner av organisk bundet nitrogen
4. Nitrogen heterotrofe arter + : trenger kontinuerlig forhøyede verdier av nitrogen

### **Karbon**

CO<sub>2</sub> produksjonen, i de fleste innsjøer, sørger for at det er tilstrekkelig karbon tilstede for vekst av diatomeer. Ved høy pH kan man få felling av fosfater sammen med karbonatene. Dette gjør det vanskelig å avgjøre om endringene i diatomèsamfunnet skyldes lite fosfor eller type karbonat i innsjøen.

### **Silika**

Alle diatomeer er avhengige av silika for å bygge opp celleveggene, men nødvendig mengde silika varierer fra art til art. En endring i innsjøens silikainnhold vil derfor føre til forandringer i diatomèsamfunnet. Alkaline vann inneholder mer silika enn sure vann. I sure vann er det trolig store konsentrasjoner av ren kvartssand som sørger for at det er tilstedeværelse av diatomeer.

### **Trofigrad**

En rekke forfattere har foreslått et spekter av konsepter for trofigrad i innsjøer. Disse baseres på innsjø morfometri, oksygenbudsjett, biomasse av fytoplankton, primærproduksjon, klorofyllkonsentrasjon, taksonomisk sammensetning av biotiske samfunn og forskjeller i konsentrasjonen av uorganiske nitrogen og fosforforbindelser (bl.a. Neumann 1921, Elster

1958, Parma 1967, Schroevers 1968, Werner 1977). Dette er årsaken til at ulike forfattere benytter ulike indikatorverdier for trofegrad, for den samme arten.

Klassifikasjon av trofinivåer (Van Dam et al. 1994):

1. Oligotrof
2. Oligomesotrof
3. Mesotrof
4. Mesoeutrof
5. Eutrof
6. Hypereutrof
7. Indifferent

Oligotrofe sjøer karakteriseres ved lav primærproduksjon, høyt siktedyp, lavt algevolum og lavt innhold av næringselementer (P og N). Eutrofe sjøer karakteriseres ved høy bioproduksjon, høy konsentrasjon av nitrogen og fosfor, høye klorofyllverdier og lav gjennomsjinnelighet. Indifferente arter er en betegnelse på arter som kan leve i oligotrofe til eutrofe vannmasser.

Eutrofiering er når innsjøer får økt tilførsel av næringsstoffer. Naturlig eutrofiering skjer svært langsomt, ved at innsjøen over tid samler opp næringsalter, som igjen vil omsettes i systemet. Denne omsetningen er hovedsakelig betinget av prosesser i sediment/vann - kontaktsonen. Eutrofiering kan være et resultat av permanent vannstandsengkning. Et redusert vannvolum i tillegg til erosjon i strandsonen vil føre til en økt konsentrasjon av næringsstoffer i innsjøen.

### **Oksygen**

Lys, temperatur og oppløst næring er nødvendig for å kunne drive fotosyntese. Mengden oksygen som produseres i vannmassene avhenger av disse faktorene. Oksygenbehovet til diatomeer varierer. Mens noen arter kan leve i tilnærmet oksygenfrie omgivelser, krever andre arter høye oksygenkonsentrasjoner. Lavt innhold av oksygen fører til et redusert red-oks potensiale i innsjøen, noe som igjen resulterer i økt løselighet av mange spormetaller og andre kjemikalier. Disse ytre effektene kan ha en sterkere påvirkning på diatomeene enn oksygeninnholdet i vannet.

Klassifikasjon på grunnlag av oksygenbehov (basert på Hustedt 1939; 1957, Cholnoky 1968 og Van Dam 1975):

1. Kontinuerlig høyt (rundt 100 % metning)
2. Relativt høyt (over 75 % metning)
3. Moderat (over 50 % metning)
4. Lavt (over 30 % metning)
5. Veldig lavt (rundt 10 % metning)

### **Svovel**

Mengde oksygen i vannmassene avgjør i hvilken form svovel vil forekomme. Overflatevann med høyt innhold av oksygen er rikt på sulfater. Anaerobt vann og vann med lavt red-oks potensiale inneholder H<sub>2</sub>S eller sulfider. Mens sulfater benyttes i diatomeenes anabolisme, virker ofte sulfider giftige. Ulike diatomeer tolererer ulik mengde sulfider.

### **Alkaline ioner**

De vanligste alkaline ioner som finnes i overflatevann er kalsium, magnesium, natrium og kalium. Det er flere årsaker til at kalsium virker positivt inn på veksten av diatomeer. I karbonat – bikarbonat buffering systemet bidrar kalsium til felling av mange tungmetaller og fosfat. I tillegg kan kalsium fjerne den giftige effekten av enkelte mineraler. I Ca-rike vann vil alger, i form av diatomeer, dominere. Det ser ut til at de fleste *Synedra* arter, *Achnanthes minutissima* og noen arter av *Cymbella*, *Diploneis* og *Navicula* foretrekker forhøyede mengder av kalsium.

Natrium og kalium vil øke ledningsevnen i vannmassene, noe som igjen fører til variasjoner i artssammensetningen. Studier av Patrick (Werner 1977) viser at diatomèsamfunn i vann med høy ledningsevne kan motstå svake toksiske forurensninger bedre enn diatomèsamfunn som finnes i vann med lav ledningsevne.

### **Sporelementer**

Spormetaller er med på å bestemme hvilke typer av alger som finnes i overflatevannet. Diatomeer kan både ta i bruk metaller i løsning og i utfelt form. De viktigste spormetallene for algevekst er: boron, jern, kobber, kobolt, magnesium, molybden, sink og vanadium.



Metallenes løselighet avhenger av red-oks potensialet og pH i vannmassene. De fleste metallene har størst løselighet ved lav pH og høyt red-oks potensiale.

### **Organiske forbindelser**

Vitamin B12 er nødvendig for veksten av diatomeer. I tillegg kan også andre vitaminer og tiaminer stimulere veksten hos enkelte arter (Lewin & Lewin 1960).

### **3.2.3 Samspillet mellom arter**

Tetthetsavhengige faktorer er en følge av samspillet mellom biologiske organismer. Ved plassbegrensinger vil de diatomèarter som utnytter plassen best dominere diatomè-samfunnet. Enkelte diatomeer kan produsere stoffer som stimulerer egen, eller andre diatomeers vekst. Noen diatomeer vil også kunne produsere stoffer som hemmer egen, eller andre diatomeers vekst. Dette resulterer i at enkelte arter ikke kan være dominerende til samme tid.

Diatomèsamfunnet påvirkes av parasitter (forskjellige typer sopp), på en slik måte at man kan få årstidsvariasjoner i artssammensetningen. En annen faktor som påvirker diatomèsamfunnet er predatorer (heterotroft (makro)plankton, snegler og larver). Predatorer spiser diatomeer og er ofte selektive med hensyn på hvilke diatomeer de foretrekker. Dette fører til at enkelte arter nesten blir borte, mens andre arter forblir nesten urørt.

## **3.3 Økologiske klassifikasjonssystemer**

For å danne et mest mulig komplett bilde av paleomiljøet i en innsjø, vil man i et miljøstudie se på utvalgte økologiske parametere. I slike paleøkologiske studier må man benytte seg av hele diatomèsamfunn, og for å forenkle databehandlingen av et slikt omfattende datasett, kan man benytte ulike klassifikasjonssystemer (som beskrevet i kapittel 3.2).

De mest anvendte klassifikasjonssystemer grupperer artene i forhold til disse parameterne; livsform, pH, trofegrad, salinitet, fuktighet, nitrogenopptak, metabolisme, oksygeninnhold og saprobitet (Hustedt 1957, Chohnoky 1968, Sládeček 1986, Van Dam et al. 1994). Ved hjelp av klassifikasjonssystemet utvikler man en sjekklister (figur 3.2) over alle de ulike artene i diatomèsamfunnet, hvor hver art får sin egen kode (f.eks. De Wolf 1982 og Van Dam et al. 1994). På denne måten vil det bli enklere å benytte seg av dataprogrammer for å gruppere

artene. Ved å ha et slikt system kan man følge utviklingen innen hver av de forskjellige parameterne ned gjennom sedimentsøylen, og dermed få et allsidig datagrunnlag å tolke på. Det største problemet med en slik økologisk koding er imidlertid mangel på informasjon om hver enkelt art.

Levevis	Trofigrad	Oksygen	pH	Nitrogen
1. plankton	1. oligotrof	1. 100%	1. acidobiontisk	1. nitrogen-autotrof
2. bentos	2. oligomesotrof	2. >75%	2. acidofil	2. nitrogen-
3. epifytter	3. mesotrof	3. >50%	3. circumnøytral	autotrof+
4. aerofile	4. mesoeutrof	4. >30%	4. alkalifil	3. nitrogen-
	5. eutrof	5. >10%	5. alkalibiont	heterotrof
	6. hypereutrof		6. indifferent	4. nitrogen-
	7. indifferent			heterotrof+

Miljøkode:

3	7	1	4	2
---	---	---	---	---

**Figur 3.2** Klassifikasjonssystem for diatomeer der hver art får sin miljøkode. Denne inndelingen er benyttet i de videre undersøkelsene (kapittel 6). Levevis er etter De Wolf 1982 og de resterende faktorene er etter Van Dam et al. 1994.

## KAPITTEL 4. MATERIALE OG METODER

### 4.1 Prøveinnsamling

Feltarbeidet ble utført 11.februar 2003. Sedimentkjernene ble hentet opp fra islagt sjø, noe som forenklet både opphenting og oppbevaringen av borkjernene. Ved en vanddybde på 6,88m ble sedimentkjerner hentet opp ved hjelp av et Russerbor med lengde 75cm og diameter på 7,5cm. Metoden som ble brukt var etter Tolonen (1967). Man senker boret ned i sedimentet, ved hjelp av skjøtestenger, til man når ønsket dyp. Deretter vrir man boret en halv omdreining, slik at boret blir fylt med sediment. Boret tas opp og åpnes og prøven hvelves over i en takrenne, hvor den pakkes inn i plast og merkes godt.

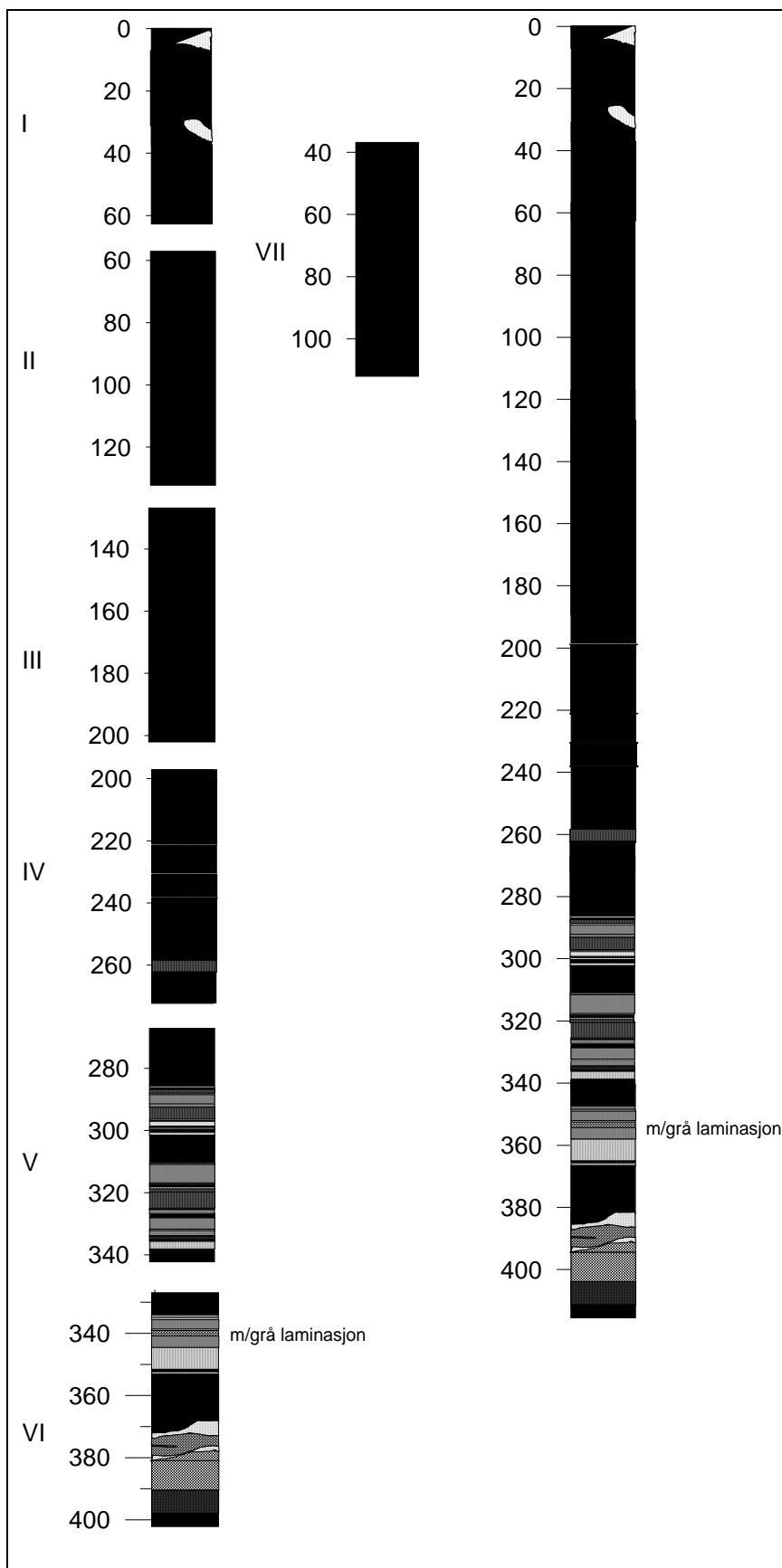
### 4.2 Kjernebeskrivelser og preparering

#### 4.2.1 Kjernebeskrivelser

Den totale lengden på sedimentkjernene (7stk) som ble hentet opp var ca. 5m, men siden noen av kjernene overlappet hverandre (se figur 4.2), ble den totale lengden på sedimentkjernen ca. 4m. De øverste to meterne av kjernen bestod av homogen mørk gyttje, mens prøvematerialet var lagdelt i den nederste halvdel av kjernen. Innimellom lagdelingen ser det ut til å være homogen gyttje.

	mørk gyttje		mørk gyttje med brunt skjær/laminasjon
	noe lysere gyttje		mørk gyttje med grå-brunt skjær/laminasjon
	litt lysere gyttje		mørk gyttje med grått skjær/laminasjon
	enda lysre gyttje		grått med mørkt skjær/laminasjon
	brun gyttje		grått sediment
			lys grått sediment

Figur 4.1 Tegnforklaring til figur 4.2



Figur 4.2 Beskrivelse av kjernene hentet fra Dagsjøen

## **4.2.2 Prøvematerialet**

Det ble tatt ut prøver til pollenanalyse. I kjerne II, IV og VI ble det tatt ut fem prøver fra hver kjerne. I kjerne I, III og V ble det tatt ut fire prøver per kjerne, mens man kun tok ut tre prøver fra kjerne VII. Pollenanalysen beskrives nærmere i kapittel 5.

I tillegg tok man ut prøver til analyser av vanninnhold, glødetap og kornfordelingsanalyse. I kjerne I ble det tatt ut syv prøver, mens det i kjernene II - VII ble tatt ut tre prøver fra hver kjerne. Det var for lite materiale igjen etter vanninnhold- og glødetapsanalysen, til å kunne utføre en kornfordelingsanalyse.

Til diatomèanalysen tok man ut prøver for hver 10. cm gjennom hele kjernen, med unntak av de ti øverste cm i kjerne I, hvor det er tatt ut prøver for hver 2-2,5. cm og i kjerne VI hvor prøveintervallene varierer fra 7-15 cm.

## **4.3 Sedimentanalyser**

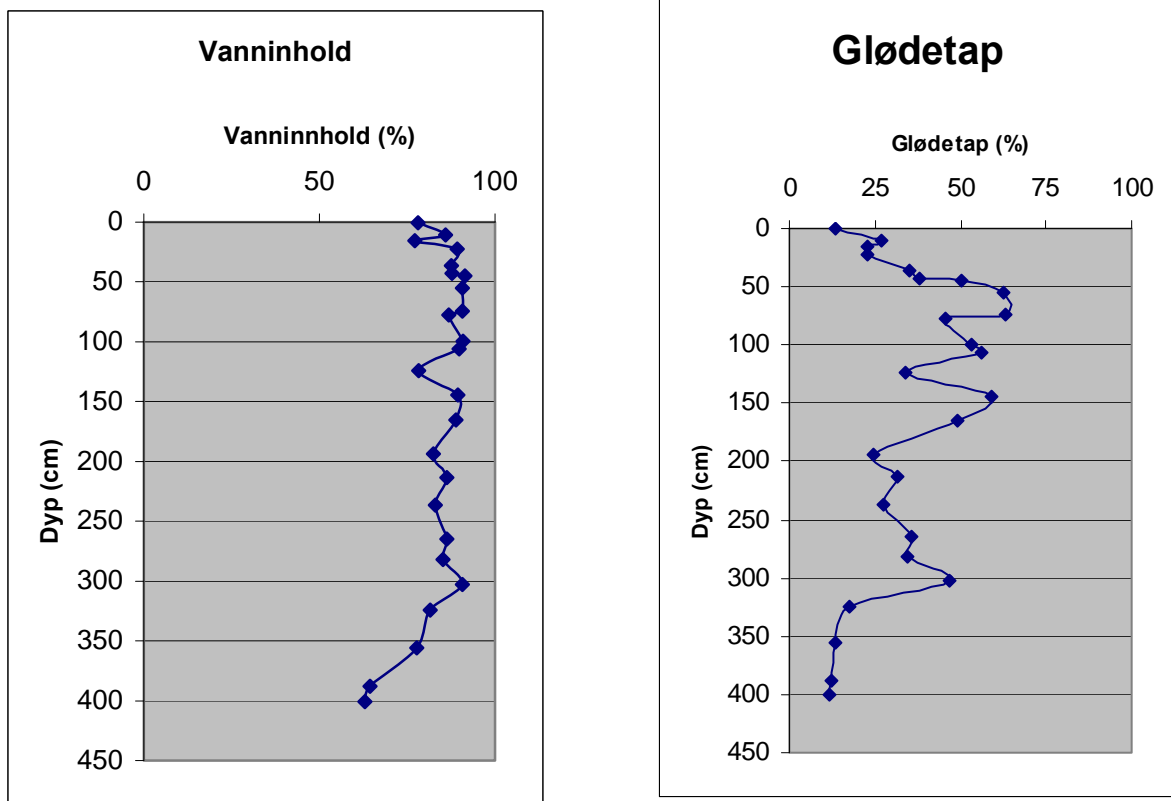
### **4.3.1 Preparering**

Til bestemmelse av vanninnhold ble det veid inn 5 – 10 gram sediment fra hver prøve. Prøvene ble tørket ved 110°C i 24 timer, til konstant vekt var nådd. Vanninnholdet er likt vektforholdet mellom vann og fast stoff.

Til bestemmelse av glødetap overførte man de tørkede prøvene fra vanninnholdbestemmelsen til digler og veiet dem. Ideelt sett bør man ha en prøvemengde på 2-3g tørt sediment, men det var bare ved de to nederste prøveintervallene man hadde så mye tørket sediment til rådighet. Man satte prøvene inn i en ovn hvor prøvene ble glødet ved 550 °C i to timer og deretter avkjølt i eksikator før prøvene ble veid på nytt. Glødetapet er likt differansen mellom vekt før og etter gløding.

Tabell som viser alle resultater fra sedimentanalysen finnes i appendiks 2.

### 4.3.2 Resultater



Figur 4.3. Vanninnhold og glødetap i sedimentkjernen hentet fra Dagsjøen.

Av figur 4.3 ser man at sedimentkjernen i Dagsjøen har et meget høyt vanninnhold, i tillegg til en del organisk materiale. Av tabell 2.3 i appendiks II ser vi at det totale vekttap i sedimentprøvene etter analysene ligger mellom 68 og 97%. Dette viser at Dagsjøen er en sjø med høy organisk produksjon og lav input av uorganisk materiale. Det høye innholdet av organisk materiale i sedimentet gjør at sedimentet er ganske løst pakket sammen og derfor inneholder ganske mye vann.

Det at man har et lavere innhold av vann og organisk materiale i de nederste prøvene kan skyldes at klimaet var annerledes på denne tiden, slik at forholdene i sjøen ikke lå til rette for en like høy organisk produksjon, eller at sedimentasjonsraten for uorganisk materiale var høyere enn den er lengre opp i kjernen. Sedimentet er nok også noe mer kompakt lengre ned i kjernen, grunnet overlaging av sediment.

At kurvene for vanninnhold og glødetap viser en nedgang i den øvre delen av kjernen trenger ikke nødvendigvis å bety at den organiske produksjonen har blitt redusert. Man må ta

i betraktning at de øverste innsjøsedimentene er veldig løst pakket og at man derfor vil få et stort tap av vann når man henter opp kjernen ved hjelp av russerbor. Hadde man derimot brukt et frysebor på den øverste delen av sedimentet ville man kunne oppnådd et mer nøyaktig resultat for vanninnholdsanalysen.

## **4.4 Diatomèanalyse**

### **4.4.1 Preparering**

Man tok ut 0,5-1cm tykke prøver fra sedimentkjernen. Til preparering av diatomeer tar man en liten del av prøven (på størrelse med et riskorn) og legger over i et reagensglass. Man tilsetter litt 10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (ca. 2cm) og lar prøven koke til oksidasjonsprosessen er over og prøven har sluttet å boble. Når prøven har stått i ro et par dager, pipetteres H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ut. Til slutt blir prøven vasket med destillert vann 5-6 ganger. Etter hver vask må prøven stå i ro i ca. tre timer, før vannet kan pipetteres bort. Etter siste vask beholdes ca. 2cm vann i reagensglasset. Før man legger 1-2 dråper av denne løsningen på et dekkglass, må man sørge for at løsningen er godt homogenisert. Dekkglasset tørkes på en varmeplate og monteres til et objektglass med litt Naphrax. Prøven må ligge en stund på varmeplate slik at Naphraxen herdes.

### **4.4.2 Identifikasjon**

Til identifikasjon av diatomeene ble det benyttet et Nikon labophot lysmikroskop med 10X okular og 100X oljeimmersjonsobjektiv. Jeg benyttet også et sveipelektronmikroskop (SEM) til å se på ulike arter i prøvene, men jeg benyttet ikke disse bildene til videre identifikasjon av diatomeer.

Identifikasjon av slekter og arter ble utført ved hjelp av skisser, fotografier og beskrivelser i forskjellige diatomèfloraer. Bestemmende faktorer ved identifikasjon av diatomeer er bl.a.; ytre form, størrelse, symmetri, rafe, stria og finstrukturer på skalloverflaten.

Floraene som ble benyttet: Krammer og Lange-Bertalot (1986-1991)  
Cleve-Euler (1950-1955)  
Hustedt (1930)

#### **4.4.3 Hvordan man teller diatomeene**

Når man skal telle diatomeer, teller man langs kontinuerlige traverser på slidet, til man har oppnådd det ønskelige antall valv. Ett valv telles som en enhet, mens komplette frustuler telles som to enheter. Fragmenterte diatomeer telles bare hvis man klarer å identifisere arten. I tillegg må man forsikre seg om at man ikke teller dobbelt. Dette gjøres ved at man kun teller de fragmenter som består av sentralområdet og minimum halve valvets størrelse. For enkelte taksa som ikke har tydelige midtpartier, for eksempel *Asterionella formosa*, teller man i stedet hver ende og deler det totale antallet på 2.

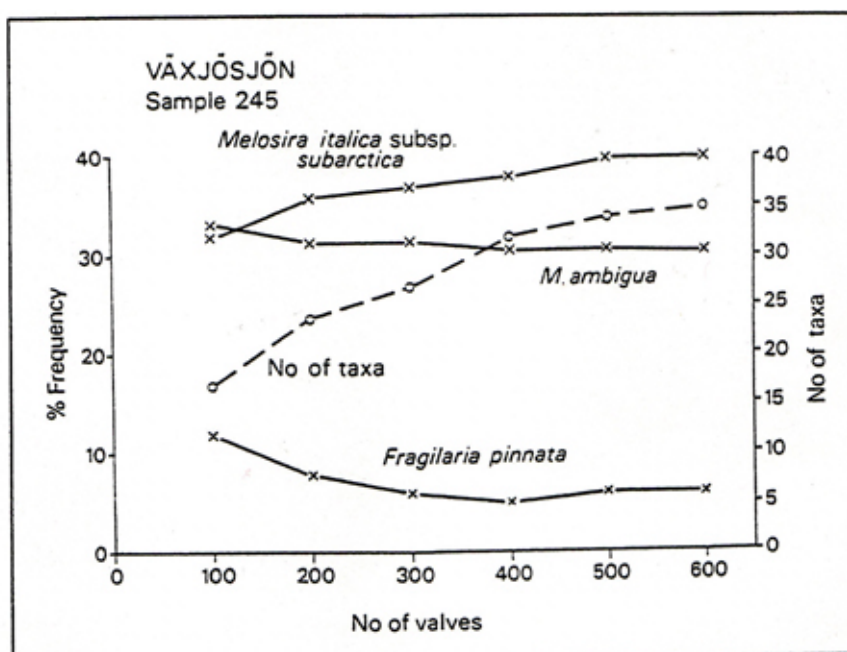
#### **4.4.4 Antall talte valv**

Hvor mange valv som bør telles i hver prøve avhenger av undersøkelsens karakter og hvor nøyaktige statistiske resultater man har behov for. Statistiske beregninger viser frekvensen av en art i en prøve relativt til hvor mange valv man teller i den samme prøven. Det er gjort forsøk på hvor mange valv det er nødvendig å telle i en prøve (Moismann 1965, Maher 1972). Figur 4.4 viser et eksempel på hvordan prosentverdiene endrer seg etter som det totale antall valv øker. Man ser at kurvene stabiliserer seg på et jevnt nivå, når man har talt ca. 500 valv. Derfor har jeg i denne undersøkelsen valgt å telle rundt 500 valv i de prøvene hvor dette var mulig.



#### 4.4.5 Prosent-tellinger

Etter å ha talt ca. 500 valv i en prøve beregner man prosentfordelingen mellom artene i prøven. Antall valv av hver art blir uttrykt som en prosent av det totale antall valv i prøven. Alle arter som har en prosentandel tilsvarende 5%, eller mer, ble tatt med i den videre analysen. Denne analysen vil bli nærmere beskrevet i kapittel 6.



Figur 4.4 Forholdet mellom prosent av ulike taksa og antall taksa når antall talte individer øker (Battarbee 1986)

#### 4.6 Valg av tidsskala i paleolimnologiske studier

Valg av tidsskala i et paleolimnologisk studie avhenger av hvilken tidsoppløsning man ønsker på resultatene i undersøkelsen. Tidsoppløsningen er en funksjon av sedimentakkumulasjonsraten og kompaksjon av sedimentet. For eksempel så kan en prøve med en tykkelse på ca. 1cm som er avsatt med en sedimentasjons hastighet på 0,3mm/år tilsvare en tidsperiode på 50år, mens en prøve av samme størrelse som er avsatt ved en høyere sedimentasjonsrate tilsvare en tidsperiode ned mot 5 år (Bøe 1997). Derfor vil alltid florasammensetningen i en prøve være et gjennomsnitt av det som er produsert i det tidsrommet som

prøven dekker. Jo høyere tidsoppløsning man ønsker, jo tettere må prøvetakningsintervallene være.

Avhengig av limnologiske endringer i innsjøen vil florasammensetningen variere med årstidene, og fra år til år. Foruten naturlige årstidsvariasjoner og klimaendringer, vil antropogene forstyrrelser som for eksempel forsuring, kulturell eutrofiering og nedhugging av skog påvirke limnologien i innsjøen. Det kan være vanskelig å skille den naturlige variabiliteten i sjøen fra antropogen påvirkning (Anderson 1995).

Avhengig av hvilke økologiske endringer man ønsker å spore, velger man tidsoppløsning på studiet sitt (hentet fra Bøe 1997):

**Studier i skalaen 0-10 år:** Limnologer som studerer moderne systemer er ofte interessert i økologisk variabilitet på skalaen tre til fem år (Frost et al. 1988). Resente studier går ofte ut på å finne trender i forhold til forbedringer i et økosystem etter forsuring eller eutrofiering. Selv om viktigheten av langtidsundersøkelser er økende, er slik informasjon tilgjengelig fra veldig få innsjøer, og da bare fra de siste tiårene. De ideelle sedimentene for høyoppløsningsstudier vil være de som har bevarte årlige lamina eller varv.

**Studier i skalaen 10-100 år:** Analyser på denne skalaen kan brukes til å identifisere opprinnelsen til et problem, særlig der problemet først blir oppdaget etter at det har oppstått et seriøst miljøproblem.

**Studier i skalaen 1000 år:** Langtidsstudier av innsjøer er spesielt viktig fordi mange innsjøer i de senere årene har blitt så forstyrret på grunn av forsuring, eutrofiering og annen antropogen påvirkning, at sedimentene fra tidligere tidsperioder er uvurderlige som informasjonskilde for å finne naturlig variabilitet i økosystemet. Det er tidligere gjort en del slike studier, men et problem er i følge Anderson og Battarbee (1994), for lange intervaller mellom prøvene (>100 år fra hverandre), og at en enkelt prøve i seg selv kan utgjøre mellom 10 og 100 år, avhengig av sedimentasjonshastigheten.

Paleolimnologiske studier viser at få innsjøer i dag er uberørte (i opprinnelig form), og at de fleste, på tiårs skala, undergår store forandringer. Paleoøkologer kan derfor assistere økologer med å forklare variabiliteten innen og mellom sjøer ved å definere enkelte

utviklingslinjer for ulike tidsskalaer, for å si noe om stabiliteten til miljøer og produksjon. Når det gjelder naturvern er det spesielt viktig å kunne beskrive forskjellene mellom dagens tilstand i en innsjø, og tidligere tilstander (Anderson & Battarbee 1994).

## **4.6 Feilkilder**

Ved enhver diatomologisk undersøkelse må man ta i betraktning at det finnes en rekke feilkilder som medfører en viss usikkerhet i resultatene. Kvaliteten og oppløsningen av sedimentdataene varierer fra sjø til sjø, og er kontrollert av flere ulike prosesser som f.eks.; blanding av sediment, transport, sedimentasjon, resuspensjon, bioturbasjon og diagenese (Anderson & Battarbee 1994). Man kan forsøke å minimalisere feilkildene som oppstår ved prøvetakning og preparering, men man kan ikke kontrollere faktorer som f.eks. oppløsning av skall i vannsøylen eller i sedimentet.

Det er en stor utfordring å skille økologiske signaler fra sedimentologisk støy, og det er derfor viktig å være klar over de tilstedeværende feilkildene og ta hensyn til disse i tolkningen av resultatene. Feilkildene er delt inn i følgende grupper :

1. Prosesser som foregår i innsjøen
2. Prøveinnsamling og preparering
3. Identifikasjon, taksonomi og økologi

### **4.6.1 Prosesser som foregår i innsjøen**

En økologisk rekonstruksjon vil være begrenset av prosesser som endrer fauna- og florasammensetningen i vannkolonnen før og etter at individet dør, og før det blir begravd i sedimentet.

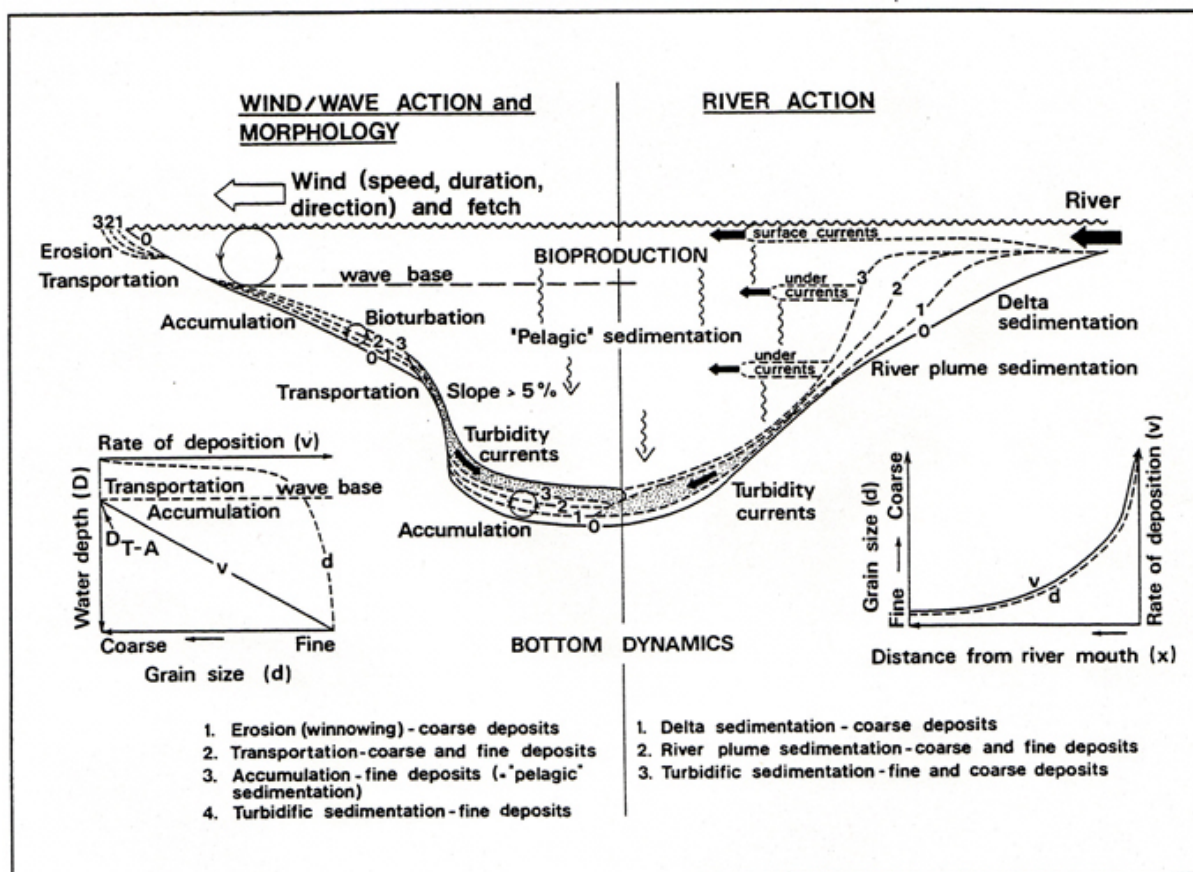
Ikke alle diatomeer som produseres i innsjøen vil bli inkorporert i sedimentet. Levende diatomeer vil kunne bli spist av andre organismer som for eksempel zooplankton og fisk. Når en diatomècelle går gjennom fordøyelsessystemet til disse organismene kan de bli fragmentert, knust eller oppløst slik at de blir uidentifiserbare.

Dersom sjøen har et utløp (f.eks. en bekk eller elv) kan også levende og døde diatomeer fraktes ut av innsjøen og sedimenteres et annet sted.

Siden diatomeer har valv bestående av  $\text{SiO}_2$ , er de avhengige av mengde løst  $\text{SiO}_2$  i vannmassene, konsentrasjonsgradienten til  $\text{SiO}_2$  mellom sediment og vann, vanntemperatur og diatomèskallets evne til å danne beskyttende lag ved å trekke til seg ladde partikler (Battarbee 1984). Når diatomècellen dør vil den organiske hinnen løses opp og de blottlagte valvene av silika kan bli utsatt for delvis eller fullstendig oppløsning i vannkolonnen og/eller i sedimentet.

I innsjøer lever diatomeer i planktoniske, bentiske, periphyttiske og epiphyttiske samfunn. I tillegg kan man få tilførsel av levende og døde diatomeer som opprinnelig ikke eksisterer i sjøen, f.eks. via tilløp (en bekk).

I vannkolonnen vil blandingsprosesser føre til at taxa fra ulike kildesamfunn blir delvis homogenisert før de begravnes i sedimentet se figur 4.5. Disse prosessene kan øke tilstedeværelsen av taxa fra hele bassenget, samtidig som man vil kunne miste informasjon om hvor i bassenget de ulike taxa egentlig levde (f.eks. planktonisk eller littoralt). En annen prosess som kan forstyrre den opprinnelige avsetningsrekkefølgen i en innsjø er resedimentasjon.



Figur 4.5 Skjematisk illustrasjon av de viktigste sedimentologiske og bunndynamiske prosessene som foregår i en innsjø (Håkansson 1982)

En nedgang i antall diatomeer i sedimentet er ikke ensbetydende med at produktiviteten i innsjøen har gått ned. Ved spesielle forhold i vannet vil f.eks. grønnalger kunne ta over for diatomeene (Battarbee 1986).

Visse predatorer, som gresser på diatomeer, foretrekker bestemte arter. Dette kan resultere i at man får en nedgang av disse artene i sedimentet.

Årsaken til at planktonsamfunnet som oftest er bedre representert enn bentiske, perifyttiske og epifyttiske samfunn, er at man ofte henter opp kjernen fra det dypeste punktet i innsjøen, hvor levetilstandene ikke ligger til rette for bentiske og epifyttiske arter (Bøe 1997).

#### 4.6.2 Prøveinnsamling og preparering

Det er viktig å lokalisere det dypeste og mest sentrale punktet i innsjøen, da sedimentene på dette punktet vil inneholde det mest representative bilde av innsjøens diatomèflora (Battarbee 1978). For å få best mulig bilde av sedimentet er det en fordel å ta flere kjerner, gjerne i transekter fra innsjøbredden og til det dypeste punktet (Anderson 1989).

Dersom man ikke følger denne prosedyren vil det føre til at man ikke får dannet en komplett oversikt over alle de arter som har levd i innsjøen.

Det er stor sannsynlighet for at sedimentkjernene kan bli forurenset når man henter opp kjernene. Dette skjer enten ved at boret ikke er helt rent før man senker det ned i bunnsedimentet, eller ved at boret tar med seg materiale på vei ned i eller opp av innsjøbunnens sedimenter. Dette vil føre til at det kan legges seg et lag av forurenset materiale utenpå sedimentkjernen som hentes opp. For å unngå at denne forurensningen skal påvirke de videre undersøkelsene, fjerner man det ytterste sedimentlaget ved prøvetakningstidspunktet og sørger for at prøvene blir hentet ut fra midten av kjernen.

Dersom sedimentene som hentes opp er svært vannholdige, kan det løse materiale lett bli omrotet når man henter opp kjernen. For å løse dette problemet kan man anvende et frysebor på de øverste 20-50cm av sedimentet (Renberg 1981).

Når man henter opp sedimentkjernen ved hjelp av et russerbor, må man (hvis man ønsker en sedimentkjerne på over 75cm) ta boret opp og ned flere ganger under kjernetakingen. Det er vanskelig å kontrollere at boret treffer nøyaktig samme sted hver gang boret føres ned i sedimentet, samtidig som skjøtestengene til boret gjør det vanskelig å kontrollere hvordan boret beveger seg i sedimentet (rett ned/skrått). Dette kan resultere i at man får overlapp eller manglende overlapp mellom kjernene. I tvilstilfeller vil man korrelere kjernene ved hjelp av pollenanalyse eller ved dateringer i de ulike delkjernene.

Når man skal ta ut prøver til videre undersøkelser er det viktig å huske på at en liten prøve på 0,5-1cm vil kunne tilsvare flere års diatomèproduksjon, avhengig av sedimentasjonsraten i sjøen. Man må derfor tilpasse prøvetakningsintervallene til hvilken tidsoppløsning man ønsker på studiet.

Man må være klar over at det ikke er mulig å ta prøver så tett at man får med seg alle endringer i floraen, og at det er vanskelig å få kontroll over de endringer som forekommer i intervallene mellom prøvene.

Under prøveprepareringen er diatomeene utsatt for videre oppløsning og brekkasje, i tillegg til at det er stor sannsynlighet for at spesielt små, lette, tynnskallede individer kan bli dekantert bort i vaskeprosessen.

### **4.6.3 Identifikasjon, taksonomi og økologi**

Identifikasjon og taksonomisk plassering av diatomeer kan være problematisk. Dette fordi diatomeer er veldig små og har en stor formrikdom. Enkelte taksa har så lik form og størrelse at de kun kan skilles fra hverandre ved hjelp av finstrukturer som rafe, stria eller punkta. Disse finstrukturene, som kan være vanskelig eller umulig å se i et lysmikroskop (LM), kan man studere i detalj i et sveipelektronmikroskop (SEM). Det er foreløpig svært tidkrevende og kostbart å utføre hele identifikasjonsprosessen i SEM, derfor blir dette kun brukt som et hjelpemiddel i tillegg til LM.

Det er også problematisk å identifisere diatomeer ut fra SEM, siden de fleste floraer er basert på skisser og bilder fra LM. Etter hvert som man får utviklet en flora basert på SEM, må man revurdere den allerede etablerte floraen som er basert på LM. Det vil derfor ta lang tid før man har fått en god nok flora basert på SEM.

Mange diatomearter mangler en sikker økologisk bestemmelse. Årsaken til dette er at det er en rekke faktorer som er med på å bestemme en arts livsoptimum. Mangler på slike økologiske parametere gjør at man kan få problemer i tolkningsprosessen.

Av dette ser man at identifisering av diatomeer avhenger mye av erfaring. I begynnerfasen er det lett å blande sammen flere arter og gi arter feil navn. Dette er feil som vil kunne påvirke den videre bearbeidingen av resultatene, og resultere til feil i tolkningen.

## KAPITTEL 5. DATERING OG SEDIMENTASJONS- HASTIGHET

Det finnes en rekke metoder man kan anvende til datering av sedimentkjerner. Man velger metode ut fra antatt alder på sedimentet, mengde tilgjengelig sediment og budsjettet man har til rådighet. I dette kapitlet vil jeg beskrive noen ulike dateringsmetoder, som egner seg til datering av innsjøsedimenter, og resonere meg frem til hvilken dateringsmetode som er best egnet i dette studiet.

### 5.1 Dateringsmetoder

#### 5.1.1 $^{14}\text{C}$ – datering

(Kilde: Bjørlykke 2001)

$^{14}\text{C}$  – datering er den mest anvendte dateringsmetoden for sedimenter yngre enn 50.000 år. Metoden er imidlertid usikker på veldig unge sedimenter, siden halveringstiden til  $^{14}\text{C}$  er 5730 år.

$^{14}\text{C}$  dannes ved at et  $^{14}\text{N}$ -atom i atmosfæren absorberer et nøytron og avgir et proton.  $^{14}\text{C}$  er ustabil og vil derfor gå tilbake til  $^{14}\text{N}$ . Etter 5730 år har halvparten av  $^{14}\text{C}$  – atomene gått over til  $^{14}\text{N}$ .

$^{14}\text{C}$ -metoden bygger på den antakelsen at  $^{14}\text{C}$  – innholdet i atmosfæren har vært konstant gjennom lengre tidsrom ved at det har vært balanse mellom tilført  $^{14}\text{C}$  fra atmosfæren og det som går over til  $^{14}\text{N}$ .  $^{14}\text{C}$  går inn i luftens karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ), og ved fotosyntese går  $^{14}\text{C}$  videre inn i planter. I hav og sjøer har overflatevannet en god utveksling med luft, og vil derfor ha et  $^{14}\text{C}$  – innhold i oppløst  $\text{CO}_2$  som svarer til det man har i luft. Organismer i vannmassene vil kunne ta opp  $\text{CO}_2$  fra vannet og mengden av  $^{14}\text{C}$  vil kunne spores i organisk materiale som inkorporeres i sedimentet.

Ved å anta at luftens  $\text{CO}_2$  inneholdt like mye  $^{14}\text{C}$  som i dag, vil innholdet av  $^{14}\text{C}$  i eldre planter eller planterester, for eksempel aske, være et uttrykk for alder. Denne alderen kan bestemmes analytisk med stor relativ nøyaktighet avhengig av prøvens beskaffenhet. Når plantematerialet har ligget 40.000-50.000 år etter dannelsen, vil innholdet av  $^{14}\text{C}$  være så lite



at vi nærmer oss deteksjonsgrensen. Dette er altså grensen for hvor gammelt materiale vi kan analysere.

Uriktige dateringer kan forekomme ved  $^{14}\text{C}$  – metoden. Man kan få for unge dateringer dersom sedimentet er forurenset av yngre karbonkilder, som f.eks.; røtter som vokser ned i underliggende sediment, oppløste humussyrer og ionebytte. For gamle dateringer kan man bl.a. få ved disse tilfellene;

- 1) I områder med mye kalkbergarter vil det kunne løses eldre karbon i vannet, som igjen blir brukt av plankton og vannplanter. På denne måten vil det inaktive karbonet fra kalken gi for høy alder på sedimentet.
- 2) Transport og sedimentasjon av kullstøv fra forbrenning av eldre trevirke kan føre til at en  $^{14}\text{C}$ -datering gir alderen på kullstøvet og ikke sedimentet man ønsker å datere.
- 3) Jordbruk, beite, tråkk og brenning ved vannkanten kan ha ført til at jordsmonnet lettere ble vasket ut i vannet, denne resedimentasjonen av eldre organisk materiale kan føre til for gamle dateringer.

Feilkilder i forbindelse med selve prøvematerialet og innsamlingen av materialet kan også forekomme.

### **5.1.2 $^{210}\text{Pb}$ – datering**

(Kilde: <http://climchange.cr.usgs.gov/info/lacs/lead.htm>)

$^{210}\text{Pb}$  – datering er en av de viktigste metodene for å måle sedimentasjonsrater i sedimenter som har blitt avsatt i løpet av de siste 150 – 200 år.

$^{210}\text{Pb}$  som er en radioaktiv form av bly, er et av de siste elementene som dannes ved nedbrytning av isotopen  $^{238}\text{U}$  (uranium).  $^{210}\text{Pb}$  dannes naturlig i sedimenter og bergarter som inneholder  $^{238}\text{U}$ , i tillegg til at de dannes i atmosfæren, som et bi produkt av radon gass. Innen ti dager etter at  $^{210}\text{Pb}$  har blitt dannet fra radon, vil det falle ut av atmosfæren og akkumulere på jordens overflate, hvor det lagres i jord, innsjøsedimenter, havsedimenter og i isbreer. Til slutt vil  $^{210}\text{Pb}$  nedbrytes til en ikke radioaktiv form av bly. Halveringstiden til bly er 22,3 år.

Man kan bestemme alderen til sedimentet ved å se på hvor mye  $^{210}\text{Pb}$  sedimentprøven inneholder. Det tar omtrent syv halverings liv, eller 150 år, for at  $^{210}\text{Pb}$  i en prøve skal oppnå tilnærmet null radioaktivitet.

Det er flere ting som kan skape usikkerhet i våre  $^{210}\text{Pb}$  dateringer, bl.a. endringer i avsetningen av atmosfærisk  $^{210}\text{Pb}$  og konsentrasjonsendringer i  $^{210}\text{Pb}$  i sedimentet. Heldigvis har man ofte historiske nedtegnelser som dokumenterer store episoder i løpet av de siste 150 år. Man kan se etter bevis for store endringer i disse nedtegnelsene og bruke dem som tids markører for våre estimerte  $^{210}\text{Pb}$  – dateringer.

Bioturbasjon og omroting av sedimentet kan føre til at bly – gradienten i sedimentet blir forstyrret. Dersom det ikke er noen tydelig bly gradient nedover i kjernen, vil man ikke få noen dateringer ut fra  $^{210}\text{Pb}$  – analysen.

### **5.1.3 Varvede lag**

(Kilde: Bakken 1997)

Varvede lag er vekselvise mørke og lysere lag med forskjellig tetthet, og de representerer ofte årsvariasjoner. Ved å telle slike varv nedover i sedimentet, kan man gå bakover i tid og gi sedimentkjernen veldig nøyaktige dateringer.

Ved røntgenfotografering av en varvet kjerne vil tetthetsvariasjoner i lagene føre til mørkere og lysere lag på røntgenbildet. Dette letter tellingen av varvene.

I noen tilfelle vil det ikke komme til syne noen varv på røntgenbildet. Dette er ensbetydende med at vekslingen mellom mørke og lysere sedimenter ikke representerer varv. I slike tilfeller kan man ikke benytte varvede lag som dateringsmetode.

### **5.1.4 Pollenanalyse**

Pollenanalyse (pollenstratigrafi) har blitt benyttet siden 1920-tallet for å korrelere kvartære stratigrafiske enheter, for å rekonstruere vegetasjonshistorien og for å undersøke

hvilken påvirkning mennesket har hatt på det kvartære vegetasjonslandskapet (Lowe & Walker 1997).

Hovedprinsippet for pollenanalyse som vitenskapelig metode ligger i plantenes betydelige produksjon av identifiserbare pollenkorn, og den effektive spredningen materialet utsettes for (Fægri og Iversen 1975).

Pollenstratigrafisk korrelasjon bygger på det forholdet at det over et geologisk tidsrom skjer en vegetasjonsutvikling der arter dør ut og nye arter oppstår. Bestemte arter vil derfor bare være representert i sedimenter avsatt innenfor et begrenset tidsrom. Utbredelsen av pollen er i tillegg miljøbetinget og spredningen av enkelte pollenarter vil derfor nødvendigvis ikke være samtidig på ulike lokaliteter (Bjørlykke 2001).

Vegetasjonen i et området vil bl.a. kunne gjenspeiles i pollensammensetningen som oppbevares i innsjøsedimenter. Pollen som havner i en innsjø vil ikke så lett bli nedbrutt p.g.a. liten oksygentilgang, og innholdet av pollen i de ulike sedimentlagene i innsjøen vil vise vegetasjonsutviklingen i, og i området rundt innsjøen (Bøe 1997).

En pollenanalyse vil vise endringer i pollensammensetningen gjennom tid. Endringene kan indikere klimaendringer, eller menneskelig påvirkning på vegetasjonen i området.

Av feilkilder i en pollenanalyse kan jeg nevne usikker identifikasjon, de ulike planters evne til å produsere pollen og ulik spredning (Bøe 1997).

## 5.2 Valg av dateringsmetode

Jeg velger å utelukke  $^{14}\text{C}$  – datering i dette studiet. Dette fordi limnologiske undersøkelser i Dagsjøen tilsier at vannmassene inneholder store mengder kalk, som har blitt vasket ut fra kalkrike bergarter i grunnvannets strømningsbane. Dette vil føre til at vi får for gamle aldre på de analyserte prøvene.

Jeg velger også å utelukke  $^{210}\text{Pb}$  – datering i dette studiet. Dette fordi både Bøe (1997) og Bakken (1997) i sine studier sendte inn prøver til  $^{210}\text{Pb}$  – datering, fra tre grytehullsjøer i det samme området, uten å få datert noe av materialet. Dette fordi det ikke var noen blygradient nedover i sedimentet. Den øverste sedimentkjernen fra Dagsjøen var veldig løst

pakket (høyt vanninnhold), noe som lett kan føre til litt omroting av sedimentet under opphenting og transport av kjernen.

Å bruke metoden med å telle varv nedover i sedimentkjernen vil ikke være mulig i denne kjernen, fordi størstedelen av kjernen består av homogen gyttje.

Dette medfører at den eneste egnede dateringsmetoden i dette studiet er pollenanalyse. Den organisk rike gyttjen inneholder mengder av pollen som vil kunne brukes til å aldersbestemme prøver hentet fra kjernen.

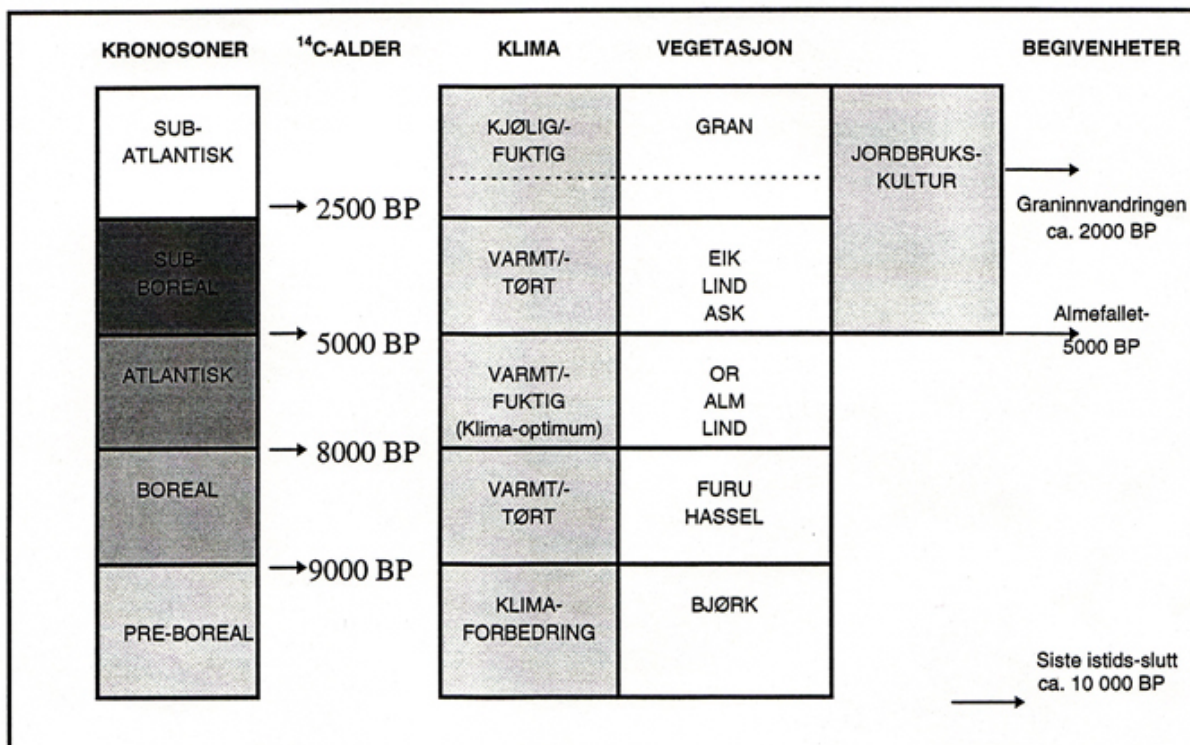
Siden man ikke har fått datert noe materiale ved hjelp av  $^{14}\text{C}$ - eller  $^{210}\text{Pb}$  – analyse har man ikke noen eksakte aldre å korrelere pollenanalysen etter. Derfor har man korrelert pollenanalysen med andre pollenanalyser og dateringer som er utført fra flere lokaliteter i nærområdet i forbindelse med Gardermoprojektet (Høeg 1997).

Før jeg går nærmere inn på resultatene av pollenanalysen, ønsker jeg å oppsummere den holocene klima- og vegetasjonsutviklingen i området.

### **5.3 Holocen klima- og vegetasjonsutvikling**

(Kilde: Bøe 1997)

Klimavariasjoner etter siste istid, har ført til at det har skjedd store endringer i vegetasjonen på Romerike. Vegetasjonen innfant seg trolig like etter at isen smeltet for ca. 9500-9000 år siden. Figur 5.1 viser en forenklet sammenfatning av klima- og vegetasjonsutviklingen i Oslo – området etter siste istid.



Figur 5.1 Klima og vegetasjonsutvikling i Oslo-området etter siste istid. Stiplet linje skal illustrere at graninnvandringen trolig skjedde noe senere enn tidligere antatt (Bøe 1997).

**Boreal** (9000-8000 <sup>14</sup>C-år BP) karakteriseres av varmt og tørt klima, hvor middeltemperaturen i deler av Europa var et par grader høyere enn i dag. Man fikk inn en pionerflora med tinnved, dvergbjørk, vier og einer som de viktigste treslagene. Etter hvert ble bjørkeskogen i området kraftigere, med innslag av noe furu og hassel. I perioden 8500-8300BP var det store forekomster av alm og eik i området, mens or begynte å spre seg i perioden 8400-8200BP. Omkring 8000BP ble or og alm mer utbredt.

**Atlantisk tid** (8000-5000 <sup>14</sup>C-år BP) karakteriseres som en periode med høy middeltemperatur og stor fuktighet. Dette resulterte i rask vekst og ekspansjon av varmekjære trær i området. Den bjørkedominerte skogen ble tettere og hadde betydelige innslag av furu hassel og or. Lind innvandret til området rundt 7000BP.

**Subboreal tid** (5000-2500 <sup>14</sup>C-år BP) karakteriseres som en varm og tørr periode. Rundt 5000BP hadde man en nedgang av alm og or, samtidig som de tørkesterke treslagene eik og furu ble mer utbredt. Det tørre klimaet førte til at vann og myrer tørket ut, mens løvskog inntok de tørre områdene. Lind dominerte denne perioden.

**Subatlantisk tid** (2500-0 <sup>14</sup>C-år BP) karakteriseres som en kjølig og fuktig periode. Klimaet forverret seg rundt 2500BP. Mye nedbør og en gjennomsnittstemperatur ned mot, og under, dagens temperatur førte til at de varmekjære løvtrærne døde ut og ble erstattet av gran, som siden har dominert skogsbildet på Østlandet.

### 5.3.1 Menneskelig påvirkning

(Kilde: Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvernavdelingen 1995)

Like etter siste istid, for ca. 9000 år siden, slo de første menneskene seg ned på Romerike. I nærmere 6000 år levde disse menneskene en fangst- og samlertilværelse, før de ble mer fastboende og begynte å dyrke opp jorda.

På 1300 – tallet hadde befolkningen vokst seg så stor at den var for stor i forhold til ressurs grunnlaget. Med klimaforverring og utpint jord, i tillegg til Svartedauden (1349) og en rekke andre pester ut over 1400 – tallet, kan sen – middelalderen helt klart karakteriseres som en 200 – år lang kriseperiode.

Først på 1500 – tallet kom starten på en ny befolkningsvekst og gjenrydding av dyrket mark. Skogene i området var almenningsskoger, frem til utmarka ble privateid i 1697. Utnyttelsen av skog, til privat bruk og kommersielt salg, ble etter hvert så omfattende at skogen på overgangen mellom 1700/1800 var ganske utpint. Utpiningen avtok mot begynnelsen av 1900 – tallet, og i dag preges området av relativt tette barskoger.

Av dette ser vi at mennesket i stor grad påvirker vegetasjonen i området. For eksempel kan nedgangen i alm og lind, i overgangen mellom atlantisk og subboreal tid, forklares ved at menneskene i en tidlig jordbruksfase brukte store mengder alm til dyrefor (dvs. lauring), i tillegg til at de ryddet land ved hjelp av svibruk. Årsaken til at de varmekjære løvtrærne døde ut på overgangen til subatlantisk tid, er at disse trærne vokste på de stedene hvor det var lettest å dyrke og dermed ble de trengt vekk (Bøe 1997).

Svartedauden og andre pester førte til at områder med dyrket jord ble liggende brakk, slik at skogen igjen fikk mulighet til å innta områdene. Når populasjonen igjen økte og menneskene på ny inntok området, ble landet gjenryddet for skog og dyrket.

## 5.4 Resultater fra pollenanalysen

Pollenanalysen fra Dagsjøen ble utført av Helge I. Høeg (2004). I appendiks III foreligger en gjennomgåelse av pollendiagrammet fra Dagsjøen.

I forbindelse med konsekvensutredningen for den planlagte flyplassen på Gardermoen ble det av Høeg (1997) utført pollenanalytiske undersøkelser. Det ble analysert prøveserier fra 4 tjern og 6 myrer i Øvre Romerike, og det ble utført 44 <sup>14</sup>C-dateringer på materiale fra disse seriene.

Da det ikke foreligger noen <sup>14</sup>C-dateringer fra prøveserien fra Dagsjøen, har Høeg (appendiks III) forsøkt å overføre dateringene, fra de tidligere pollenanalytiske undersøkelsene i området, til pollendiagrammet til prøveserien fra Dagsjøen.

Den kvartære vegetasjons endringen kan knyttes opp mot bestemte tidsperioder (tidligere beskrevet i kap. 5.3). Derfor kan florasammensetningen i pollenanalysen gi forventede aldre nedover i sedimentkjernen. I løpet av de siste 200 år har det ikke skjedd noen større vegetasjonsendringer som kan relateres til noen bestemt tidsperiode. Dette fører til at pollenanalysen er lite egnet til datering av resente sedimenter.

Pollenanalysen (Høeg 2004) viser at sedimentkjernene som er hentet fra Dagsjøen kan dateres til tidsrommet 4500 BP og frem til i dag.

Tilbakegangen for lind, ved 3,5m, kan dateres til 3800BP, mens en oppgang for gran, ved 1,8m, kan dateres til 1700BP. Ut fra disse dateringene har Høeg datert hele pollendiagrammet ved interpolasjon og ekstrapolasjon.

Når det gjelder menneskelig påvirkning i nærheten av Dagsjøen, kan man av pollendiagrammene se at en jordbruksfase avsluttes ved 3700BP. Denne fasen kan ha begynt allerede i 4500BP.

Neste jordbruksfase kan ha startet så tidlig som i 2900BP og varer helt frem til i dag. Det kan ha vært en liten tilbakegang rundt 1400BP, som følge av klimatiske årsaker på 500 AD.

Analyser av ekstrakannen viser at tettere analyser trolig ville vist en tilbakegang i jordbruket i perioden etter svartedauden.

Pollenanalysen gir informasjon om vegetasjonsutviklingen og menneskelig påvirkning på vegetasjonen i området rundt Dagsjøen. Store og små skifter i vegetasjonen kan ofte relateres til vannkvaliteten i området, noe som igjen kan gjenspeile seg i algeproduksjonen i Dagsjøen. Store skifter i landvegetasjonen vil derfor også trolig vises som skifter i diatomèfloraen.



## KAITTEL 6. RESULTATER

### 6.1 Limnologiske undersøkelser i Dagsjøen 1968-1993

For se om Dagsjøens limnologi virkelig påvirkes av endringer i sjøens vannivå, vil jeg sammenligne resultater fra flere limnologiske undersøkelser av Dagsjøen (Lande 1969, Boman 1975, Hongve og Løvstad 1991 og Brettum 1994) i en periode hvor det foreligger dokumenterte endringer i vannstanden (1968-1993). Jeg har tatt utgangspunkt i undersøkelsene i juni/juli og august/september og sammenstilt disse resultatene i tabell 1.1 i appendiks 1 A I. Jeg vil sammenligne disse resultatene med en grunnvannsundersøkelse fra en kilde, som ligger 182 m.o.h., i en av skråningene rundt Dagsjøen (Appendiks 1 C 1) for å se i hvor stor grad vannkjemien bestemmes av grunnvannet.

#### 6.1.1 Endringer i de vannkjemiske parameterne

Blant de ulike parameterne som er målt ved de limnologiske undersøkelsene, utgjør ionekonsentrasjon ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), salinitet, spesifikk ledningsevne, alkalinitet (pH), trofegrad og næringstilgang de viktigste økologiske parameterne for diatomeer. Jeg vil her beskrive endringer i noen av de faktorer som har betydning for diatomeers miljøtoleranse.

**Kalsiuminnholdet** i Dagsjøen er relativt høyt og har i perioden 1968-1991 steget fra 37-42,7mg/l. I perioden 1991-1993 ble kalsiuminnholdet redusert til 41mg/l. NGU's målinger av grunnvannet ved Dagsjøen i 1968 viser at kalsiuminnholdet ligger mellom 29,8-44,4mg/l.

**Sulfatinnholdet** i Dagsjøen viser en økning fra 1968-1991 og en liten nedgang fra 1991-1993. NGU's grunnvannsmålinger har en sulfatverdi som varierer mellom 7,5 og 10,7mg/l, mens Dagsjøens verdier ligger mellom 10,61-18mg/l. I følge Brettum (1994) er disse forhøyede sulfatverdiene usikre på grunn av det høye kalsium innholdet i vannmassene.

**Kloridinnholdet** i Dagsjøen er noe lavere i perioden 1968-1970 (2,5-3,1mg/l) enn i perioden fra 1991-1993 (5-4,5mg/l). NGU's grunnvannsundersøkelser viste et kloridinnhold på 3,9-5 mg/l.

**Spesifikk ledningsevne** steg i perioden 1968-1991, for så å ha en liten nedgang fra 1991-1993. NGU's grunnvannsundersøkelse i Dagsjøens nedslagsområde viste at grunnvannet var elektrolyttrikt ( $K_{18}$  183-212). Dette er ganske nær de verdier som har blitt målt i Dagsjøen ( $K_{18}$  177,8-197 og 22,7-24,5mS/m).

**Alkaliniteten** har ved alle målingene en verdi som ligger mellom 1,86 og 2,02mekv/l. Surhetsgraden (pH) ble målt til å ligge mellom 8,1 og 8,38 tidlig på sommeren og mellom 7,35-8,12 på sensommeren/høsten. Man observerer en liten økning i pH i 1991 og en liten nedgang i 1993. NGU's grunnvannsmålinger viser en alkalinitet som ligger mellom 1,84 og 2,45 og en pH som ligger mellom 7,6 og 7,9.

**Trofigraden** i Dagsjøen ble i perioden 1968-1991 målt til å være eutrof (med maks algevolum = 3000-5000 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), mens den av Boman (30.06.70) ble vurdert til å være i overkant av en naturlig eutrof sjø. I 1993 (Brettum 1994) ble derimot Dagsjøen betegnet som oligomesotrof. Dette innebærer blant annet at maks algevolum har blitt redusert til 700-1200mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

**Næringstilgangen**, med hensyn på total nitrogen (Tot-N) og total fosfor (Tot-P), er kun målt av Hongve og Løvstad (1991) og Brettum (1994). Av appendiks I A 1 kan man se at det har vært en nedgang i disse næringsstoffene. I 1991 ble Tot-N målt til å være 0,58 og 0,46mg/l, mens den i 1993 ble målt til å være 320 og 500µg/l. Tot-P ble i 1991 målt til å være 19 og 31µg/l, mens den i 1993 ble målt til å være 16 og 17µg/l.

## 6.1 Resultater fra diatomèanalysen

For å kunne rekonstruere endringer i paleomiljø i Dagsjøen, vil jeg se på de diatomèfloristiske endringene gjennom hele sedimentkjernen. Det vil si et tidsintervall på ca. 4500 år.

Først vil jeg gi en generell beskrivelse av endringene i diatomèfloraen, sammen med de økologiske parameterne jeg har beskrevet i kapittel 3.3. Deretter vil jeg gi en grundigere beskrivelse av de diatomèfloristiske endringene og av endringene i de økologiske parameterne. Resultatene vil bli presentert som forandringer i prosentvis opptreden av arter og økologiske parametere.

Diatomèfloraen er fremstilt i et totaltelleskjema for Dagsjøen (appendiks IV B 1) og en prosenttabell som viser relativ utbredelse av alle identifiserte taxa i Dagsjøen (appendiks IV B 2). For at alle nivåene skulle kunne tegnes inn i et sammenhengende >5% diagram (figur 6.1), har jeg endret nivå 198cm (kjerne IV) til å være nivå 198,5cm, nivå 328cm (kjerne VI) til å være 328,5cm og nivå 337cm (kjerne VI) til å være 337,5cm. Nivå 40cm, 50cm og 60cm

i kjerne VII ble av Bjørg Stabell vurdert til å ha tilnærmet likt innhold som nivå 40cm, 50cm og 60cm i kjerne I. Derfor har jeg valgt å ikke telle disse prøvene i kjerne VII.

Figur 6.1 viser de artene som opptrer med fem prosent eller mer i ett eller flere nivå i kjernen. Årsaken til at man ser bort fra de artene som utgjør mindre enn fem prosent, er at disse kun opptrer med noen få individer i prøvene. Jeg har også valgt å se bort fra de nivå som inneholder færre enn 200 diatomeer. Dette fordi det er vanskelig å utføre en analyse basert på et så dårlig statistisk grunnlag. Ved å utelate disse i analysen får man lettere oversikt over hovedtrekkene i de diatomèfloristiske endringene i sedimentkjernen (appendiks IV B 3).

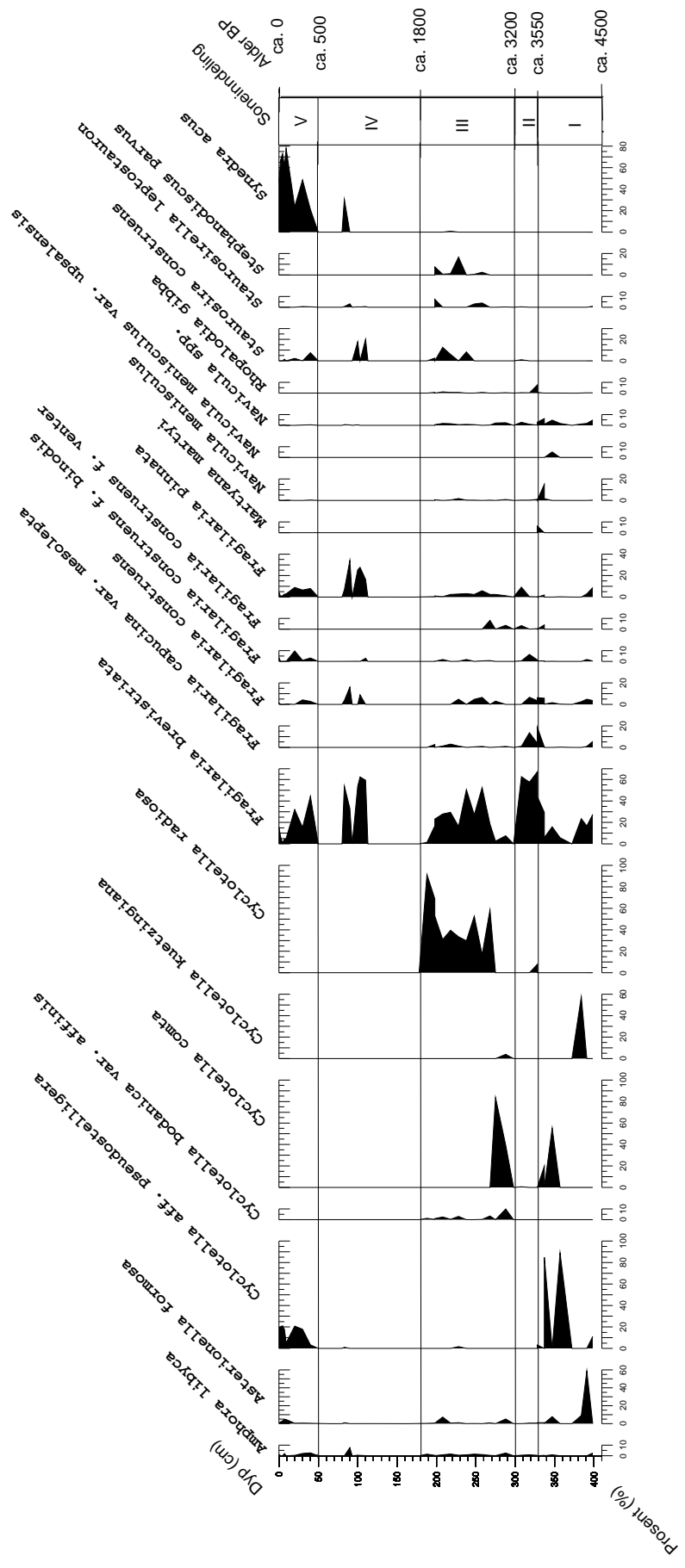
Omtrent en tredjedel av alle prøvene i kjernen inneholder færre enn 200 diatomeer (se appendiks IV B 1). Nivå 372cm har kun 31,5 diatomeer, nivå 298cm har 122,5 diatomeer, nivå 178 – 113cm har 0 – 128 diatomeer, nivå 93cm har 28 diatomeer og nivå 80 – 50cm har 3 – 193 diatomeer i prøvene.

Ved inndeling av sonegrensene valgte jeg derfor å sammenligne floraendringene i figur 6.1 med appendiks IV B 2, som viser relativ utbredelse av alle identifiserte taxa i Dagsjøen (inkludert de nivå som inneholder færre enn 200 diatomeer), slik at jeg kunne spore mer nøyaktig hvor skiftene i floraen fant sted.

Ut fra de diatomèfloristiske endringene jeg kan se av figur 6.1 og appendiks IV B 2 har jeg delt inn kjernen i fem ulike diatomèsoner; sone I, II, III, IV og V (se tabell 6.1). Hovedgrunnlaget for å dele inn i disse sonene har vært vekslingene mellom en planktondominert flora (sone I, III og V) og en epifyttdominert flora (sone II og IV).

Soner	Nivå	Alder BP	Kronosoner
Sone V	45 – 0cm	ca. 450 – 0BP	Subatlantisk -----2500BP-----
Sone IV	180 – 45cm	ca. 1800 – ca. 450BP	
Sone III	300 – 180cm	ca. 3200 – ca. 1800BP	
Sone II	330 – 300cm	ca. 3550 – ca. 3200BP	Subboreal
Sone I	398,5 – 330cm	ca. 4370 – ca. 3550BP	

**Tabell 6.1 Soneinndelingen i Dagsjøen, med nivå, alder og kronosoner**



Figur 6.1 Prosentdiagram arter >5% Dagsjøen, Gardermoen.

## 6.1.1 Generell beskrivelse av endringer i diatomèfloraen og de økologiske parameterne

**Sone I** er hovedsakelig et planktondominert samfunn som domineres av *Asterionella formosa*, *Cyclotella aff. Pseudostelligera*, *C. comta* og *C. kuetzingiana* (figur 6.1 og 6.2). Det er en veksling mellom indifferente og mesoeutrofe arter i den nedre halvdel av sonen, før det blir en dominans av eutrofe arter i den øvre delen (figur 6.3). Det er en stor andel arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme i denne sonen, men for øvrig er det dominans av arter som tåler forhøyede mengder med organisk bundet nitrogen (figur 6.4). Det er en overgang fra arter som krever høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene, til arter som krever moderat oksygenkonsentrasjon (figur 6.5). Det veksler mellom dominans av alkalifile og circumnøytrale arter (figur 6.6).

**Sone II** er et epifytttdominert samfunn som domineres av *Fragilaria brevistriata* og *F. capucina var. mesolepta* (figur 6.1 og 6.2). Det er dominans av indifferente arter i vannmassene (figur 6.3). Sonen domineres av nitrogen autotrofe arter og arter som krever en kontinuerlig høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene (figur 6.4 og 6.5). I denne sonen dominerer alkalifile arter (figur 6.6).

**Sone III** er hovedsakelig en planktondominert sone som domineres av *Cyclotella comta* og *C. radiosa* (figur 6.1 og 6.2). Dette er eutrofe arter som krever en relativt høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene (figur 6.3 og 6.5) Rundt 2700BP og 2500BP er det dominans av den indifferente epifytten *Fragilaria brevistriata*, som har behov for kontinuerlig høy oksygenkonsentrasjon (figur 6.1, 6.2, 6.3 og 6.5). Sone III domineres forøvrig av nitrogen autotrofe og alkalifile arter (figur 6.4 og 6.6).

**Sone IV** er en sone som domineres av få diatomeer i prøvene. Kun 1/3 av prøvene inneholder nok diatomeer til at de kan analyseres. For øvrig er dette en epifytttdominert sone (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata* og *F. pinnata*), med en klar dominans av indifferente arter (figur 6.1, 6.2 og 6.3). Det er dominans av arter med kontinuerlig høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene (figur 6.5). Igjen er det dominans av nitrogen autotrofe arter i alkalifile vannmasser (figur 6.4 og 6.6).

**Sone V** er en planktondominert sone som hovedsakelig domineres av den mesoeutrofe arten *Synedra acus* sammen med ca. 20% av den eutrofe arten *Cyclotella aff. pseudostelligera* (figur 6.1,6.2 og 6.3). Ved et nivå har man i tillegg en stor andel epifytter (hovedsakelig den indifferente arten *Fragilaria brevistriata*). Med unntak av dette nivået, som domineres av nitrogen autotrofe+ arter og arter som krever kontinuerlig høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene, domineres resten av denne sonen av arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme og oksygenkonsentrasjon (figur 6.4 og 6.5). Til tross for en stor andel ukjente, kan man blant de resterende arter se en dominans av arter som tåler forhøyet innhold av organisk bundet nitrogen og at det samtidig er en overgang fra arter som krever kontinuerlig høy oksygenkonsentrasjon, til arter som krever moderat oksygenkonsentrasjon, før det i toppen går tilbake til arter som krever kontinuerlig høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene. I denne sonen dominerer alkalifile arter, i tillegg til ca. 20% circumnøytrale arter (figur 6.6).

### 6.1.2 Grundigere beskrivelse av de diatomèfloristiske endringene

Det er analysert 52 prøver fra Dagsjøen. Ved en vanndybde på 6,88m ble det tatt opp 7 delkjerner som til sammen utgjorde 4,09 meter. Det ble analysert prøver fra disse nivåene: 0, 2, 4.5, 7, 9, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 73, 80, 83, 90, 93, 100, 103, 110, 113, 123, 128, 138, 148, 158, 168, 178, 188, 198, 198.5, 208, 218, 228, 238, 248, 258, 268, 275, 288, 298, 308, 318, 328, 328.5, 337, 337.5, 347, 357, 372, 384, 391 og 398.5cm under sedimentoverflaten. Det er totalt identifisert 160 ulike arter i Dagsjøen (appendiks IV A 1). De artene som opptrer hyppigst (>5%) i Dagsjøen er vist i figur 6.1 og den påfølgende beskrivelsen av de diatomèfloristiske endringene er basert på denne figuren, sammen med appendiks IV B 2 og IV B 3.

#### **Sone I: 398,5 – 330cm (ca. 4370 – ca. 3550BP)**

Nivå 372cm inneholder kun 31,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Nivå 398,5cm domineres av de epifyttiske *Fragilaria*-artene *F. brevistriata*, *F. capucina* var. *mesolepta* og *F. pinnata*, med henholdsvis 27.5, 5.6 og 8.9%. I nivå 398,5cm forekommer i tillegg den høyeste andelen (16%) av bentiske arter i hele kjernen. *Amphora libyca*, som har en verdi på 2,7% i dette nivået, er den eneste bentiske arten som inneholder mer enn 5%

diatomeer på ett eller flere nivå i kjernen, og den finnes i alle sonene. Andelen bentos overstiger aldri 3,6% i resten av sone I.

Planktonandelen er tilsvarende stor (15,7%) i dette nivået, hvor *Cyclotella aff. pseudostelligera* dominerer med 11,3%. Ved dette nivået finnes det også 22,7% arter med ukjent livsform. Av disse er det bare *Navicula menisculus* og *N. spp.* som inneholder mer enn 5% på ett eller flere nivå i kjernen. Vi har i tillegg førsteopptreden av de planktoniske artene *F. construens* og *F. construens f. binodis*, og de epifyttiske artene *Rhopalodia gibba* og *Staurosirella leptostauron* i dette nivået.

I perioden fra ca. 4250-3650BP domineres prøvene av plankton. Det er kun fire planktoniske arter som finnes i alle sonene i kjernen; *Asterionella formosa*, *C. aff. pseudostelligera*, *F. construens* og *F. construens f. binodis*. *A. formosa* dominerer nivå 391cm med hele 58,9%, mens sonen forøvrig domineres av ulike *Cyclotella*-arter. *C. kuetzingiana*, som bare finnes i to nivåer i kjernen, dominerer med sin maksimumsverdi på 57,7 % i nivå 384cm. *C. aff. pseudostelligera* dominerer med sin maksimumsverdi, for hele kjernen, på hele 89,1% i nivå 357cm. *C. compta* dominerer med en maksimumsverdi, for denne sonen, på 55,4% i nivå 347cm. *C. aff. pseudostelligera* dominerer også nivå 337,5cm med 85%. *F. construens* er for øvrig den eneste planktoniske arten som finnes ved alle nivåer i denne sonen (med unntak av nivå 372cm, som utelates i den videre analysen), med sin maksimumsverdi for sone I på 4,8% i nivå 391cm.

I denne perioden er det *F. brevistriata* som dominerer epifyttene, med opptil 23,5% i nivå 384cm. *F. brevistriata* er for øvrig den eneste arten som finnes i alle nivåer i kjernen (med unntak av nivå 138cm, 128cm og 123cm, som ikke inneholder noen diatomeer i prøvene).

I nivå 347cm får vi første, og eneste, opptreden av *N. menisculus var. upsalensis* i kjernen. Dette er den tredje og siste arten, med ukjent livsform, som inneholder mer enn 5% diatomeer på et eller flere nivå i kjernen.

Overgangen til sone II (nivå 337cm) er tredelt med hensyn på livsform. Av totalt 33,1% epifytter, dominerer *Fragilaria brevistriata* med 29,3%. Av totalt 32,4% plankton, dominerer *Cyclotella compta* med 19,9%. Av totalt 29,7% arter med ukjent livsform, dominerer *Navicula menisculus* med 14,9% (maksimumsverdi for alle ukjente arter i hele kjernen).

### **Sone II: 330 – 300cm (ca. 3550 – ca. 3200BP)**

Sone II domineres av opptil 79% epifytter (nivå 328cm), hvor *Fragilaria*-arter har et maksimum, for sonen, på 72,9% i nivå 308cm. *F. brevistriata*, som er den dominerende arten, har sin maksimumsverdi for hele kjernen, på 67,2% i nivå 328cm. I nivå 328,5cm har *F. capucina* var. *mesolepta* sin maksimumsverdi for hele kjernen, på 18,8%. Samtidig har *Martyana martyi* sin første og eneste opptreden i kjernen med en verdi på 6,1%. *Rhopalodia gibba* har sin maksimumsverdi for hele kjernen, på 7,6% i nivå 328cm. Ellers i kjernen overstiger aldri *R. gibba* 1,6%. Med en minimumsverdi for hele kjernen på 1%, har *Staurosira construens* sin førsteopptreden i nivå 308cm. I dette nivået har *F. pinnata* en maksimumsverdi for denne sonen på 9,2%, mens *Staurosirella leptostauron* kun forekommer i nivå 308cm med 0,4%.

Med unntak av nivå 328cm, er det *Fragilaria*-artene *F. construens*, *F. construens f. binodis* og *F. construens f. venter* som dominerer planktonet i resten av sone II. Ingen av disse artene overstiger 6,6%. Planktonartene *F. construens f. venter* og *C. radiosa* har sin førsteopptreden i henholdsvis nivå 337cm og 328cm. I nivå 328cm har disse artene sin minimumsverdi (for hele kjernen) på henholdsvis 0,6 og 7,8%, mens *C. comta* har sitt minimum for hele kjernen på 0,6% i nivå 308cm. I denne sonen reduseres maksimumsverdien til *Asterionella formosa* og *C. aff. pseudostelligera* til henholdsvis 1,1 og 3,3%. I denne sonen har maksimumsverdien til bentos sunket til 3,2%.

### **Sone III: 300 – 180cm (ca. 3200 – ca. 1800BP)**

Nivå 298cm inneholder kun 122,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. I sone III (unntagen nivå 258cm, 238cm og 208cm) er det et planktondominert samfunn (hovedsakelig *Cyclotella*-arter), med opptil 93% plankton i nivå 188cm. I nivå 258cm og 238cm er det dominans av henholdsvis 65,5 og 62,6% epifytter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). I nivå 208cm er det 43,7% plankton (hovedsakelig *C. radiosa*) og 43,5% epifytter (hovedsakelig *F. brevistriata* og *Staurosira construens*).

Når jeg studerer planktonsammensetningen i sonen ser jeg at de to nederste nivåene i sone III domineres av *C. comta*, som har sin siste opptreden og maksimumsverdi for hele kjernen på 83,8% i nivå 275cm. Fra nivå 268cm overtar *C. radiosa* planktondominansen i kjernen. *C. radiosa* har i denne sonen lavest prosentverdi i de epifyttedominerte nivåene (258cm og 238cm), med henholdsvis 17 og 29,8%. *C. radiosa* har sitt maksimum for hele kjernen på 91,6% i nivå 188cm. *Cyclotella bodanica* var. *affinis* finnes kun i sone III, og har



sin maksimumsverdi på 10% i nivå 288 cm. Her er også siste opptreden av *C. kuetzingiana* i kjernen (4%). *F. construens f. venter* har sin maksimumsverdi (8,2%) og siste opptreden for hele kjernen i nivå 268cm. *Stephanodiscus parvus* har førsteopptreden i nivå 258cm, og maksimum for hele kjernen på 16,7% i nivå 228cm. *Synedra acus* observeres for første gang, med sin minimumsverdi for hele kjernen, på 0,8% i nivå 218cm.

Ved å studere epifyttsammensetningen, ser jeg at *F. brevistriata* dominerer hele sonen. I nivå 258cm og 238cm dominerer *F. brevistriata* med henholdsvis 52,5 og 50,6%, mens den ellers i sonen aldri overstiger 29,4%. I sone III går maksimumsverdien til *F. pinnata* ned til 5,9% i nivå 258cm og maksimumsverdien til *F. capucina var. mesolepta* reduseres til 2,6% i nivå 198cm, før den forsvinner helt fra kjernen. Det er kun 0,1-1,2% *Rhopalodia gibba* i denne sonen. *S. construens* har en maksimumsverdi for denne sonen på 12,6% i nivå 208cm, mens *Staurosirella leptostauron* har et maksimum for sone III på 7,4% i nivå 198,5cm.

Andelen bentiske arter i sone III varierer fra 1,2 – 2,2% i det epifytttdominerte samfunnet og fra 1,6 – 8,6% i det planktondominerte samfunnet.

#### **Sone IV: 180 – 45cm (ca. 1800 – ca. 450BP)**

Nivå 178 – 113cm, 93cm og 80 – 50cm inneholder kun 0 – 193 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen.

I denne sonen dominerer epifyttene *Fragilaria brevistriata*, *F. pinnata*, *Staurosira construens* og *Staurosirella leptostauron* med et totalt maksimum på 97,4% i nivå 100cm. *F. brevistriata* dominerer hele sonen med opptil 62,5% i nivå 103cm. *S. construens* og *F. pinnata* har sine maksimumverdier (for hele kjernen) på henholdsvis 20,2% i nivå 110cm og 34,1% i nivå 90cm. *S. leptostauron* overstiger aldri 3,2% i denne sonen.

Når jeg studerer planktonsammensetningen i sone IV, ser jeg at *F. construens* dominerer den nederste delen av sonen, med en maksimumsverdi for hele kjernen på 16,1% i nivå 90cm. I øverste del av sone IV dominerer *Synedra acus* planktonsammensetningen med opptil 30,5% i nivå 83cm. I samme nivå har maksimumsverdien til *Asterionella formosa* gått ned til 1,1% og minimumsverdien (for hele kjernen) til *Cyclotella aff. pseudostelligera* er på 1%.

Andelen bentiske arter varierer fra 0,2 – 7,6% i sone IV. *Amphora libyca* har sitt maksimum for hele kjernen i nivå 90 cm, på 7,6%.

Selv om nivå 178 – 113cm, 93cm og 80 – 50cm ikke tas med i den videre analysen, må jeg likevel notere meg at epifytten *Rhopalodia gibba* forsvinner fra kjernen etter nivå

178cm og at planktontartene *C. radiosa* og *Stephanodiscus parvus* ikke forekommer etter henholdsvis nivå 158cm og nivå 73cm.

### **Sone V: 45 – 0cm (ca. 450 – 0BP)**

I nivå 40cm er det dominans av 60,4% epifytter (hovedsakelig *F. brevistriata*). I dette nivået har plankton arten *Synedra acus* sin minimumsverdi for hele sonen på 21,2%.

Resten av sone V utgjøres av et planktonsamfunn hvor artene *S. acus* og *Cyclotella aff. pseudostelligera* til sammen dominerer med opptil 94,1% i nivå 4,5cm. *S. acus* er den dominerende arten med opptil 78% i nivå 9cm (maksimumsverdi for hele kjernen). *Cyclotella aff. pseudostelligera* har en maksimumsverdi for denne sonen på 21,1% i nivå 4,5cm. *Fragilaria construens f. binodis* har en maksimumsverdi for hele kjernen på 9,8% i nivå 20cm. Videre har *F. construens* og *Asterionella formosa* sine maksimumsverdier for sone V på henholdsvis 4,2% i nivå 30cm og 4,8% i nivå 7cm.

Når jeg studerer epifyttsammensetningen i sonen, finner jeg at *F. brevistriata* har sin minimumsverdi for hele kjernen på 0,8% i nivå 4,5cm og et maksimum for sonen på 16% i nivå 0cm. *F. pinnata* og *Staurosirella leptostauron* kommer aldri over henholdsvis 6,5 og 0,6% i sone V. *Staurosira construens* går ned til 1,5% i nivå 7cm, før den forsvinner helt fra kjernen.

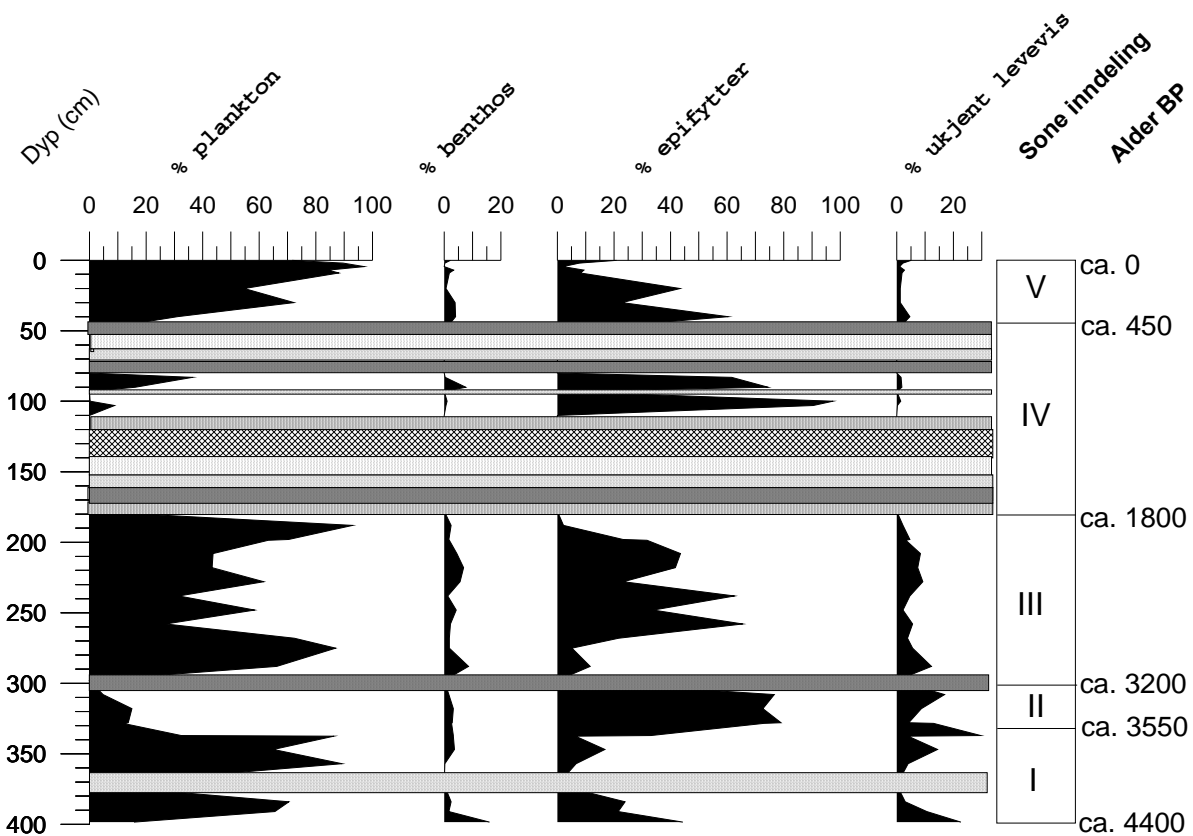
Andelen bentiske arter varierer fra 0-4 % i sone V. Vi ser at bentiske arter har hatt en gradvis nedgang fra sone I-V, der maksimumsverdien har blitt lavere for hver sone oppover i kjernen.

### **6.1.3 Grundigere beskrivelse av endringer i økologiske parametere**

Nedenfor følger en beskrivelse av de endringer i de økologiske parameterne som er viktige for å kunne beskrive miljøutviklingen i Dagsjøen. Inndelingen etter livsform er hovedsakelig basert på De Wolf (1982), mens inndelingen av trofigrad, pH, oksygenmetning og nitrogenopptak metabolisme hovedsakelig er basert på Van Dam et al. (1994). Sjekklisten for Dagsjøen finnes i appendiks IV C 1.

#### **Livsform**

Jeg henviser til figur 6.2 i denne beskrivelsen av de diatomèfloristiske endringene med hensyn på livsform.



Figur 6.2 Forandring i livsform

Fargekoder som viser antall talte diatomeer i nivåer der det er mindre enn 500 diatomeer i prøven.



### Sone I

Nivå 372cm inneholder kun 31,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Nivå 398,5cm domineres av 44,4% epifytter, med hovedvekt på *Fragilaria*-arter. Dette nivået inneholder den høyeste andelen med bentiske arter i hele kjernen (16%) og en tilsvarende mengde (15,7%) plankton.

I nivå 391cm får vi et skifte til et planktondominert samfunn, som varer helt opp til nivå 337,5cm. I denne perioden er det en dominans av opptil 89,3% (nivå 357cm) plankton (særlig *Cyclotella aff. pseudostelligera*, *C. comta* og *Asterionella formosa*). Det er aldri mindre enn 65% plankton (nivå 347cm) og aldri mer enn 23,9% epifytter (nivå 384cm) i disse nivåene. Samtidig har andelen bentiske arter sunket ned til 0,2 – 3,6%.

Overgangen til sone II (nivå 337cm) har nesten like store andeler av plankton (32,4%), epifytter (33,1%) og av arter med ukjent livsform (29,7%). *Fragilaria brevistriata* (epifytt) og *Cyclotella comta* (plankton) er de dominerende artene i dette nivået.

## **Sone II**

Sone II domineres av opptil 79% epifytter (hovedsakelig *Fragilaria*-arter). Det er aldri mindre enn 72,7% epifytter og aldri mer enn 15% plankton i denne sonen. Andelen bentiske arter varierer fra 1,6 – 3,2%.

## **Sone III**

Nivå 298cm inneholder kun 122,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Med unntak av nivå 258cm, 238cm og 208cm domineres denne sonen av plankton (hovedsaklig *Cyclotella*-arter). I nivå 188cm har plankton en maksimumsverdi, for denne sonen, på 93%. I Med unntak av nivå 258cm og 238cm, er det aldri mindre enn 43,3% plankton og aldri mer enn 43,5% epifytter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). I nivå 258cm og 238cm er det et epifyttisk samfunn med henholdsvis 65,5 og 62,6%, hvor *F. brevistriata* er den dominerende arten. I disse nivåene har plankton henholdsvis 26,9 og 31,6%. I nivå 208cm er det like andeler av plankton (43,7%) og epifytter (43,5%), hvor de dominerende artene er henholdsvis *C. radiosa* og *F. brevistriata*. I sone III varierer andelen bentiske arter fra 1,2 – 8,6%.

## **Sone IV**

Nivå 178 – 113cm, 93cm og 80 – 50cm inneholder kun 0 – 193 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Sone IV har et epifytt-dominert samfunn (hovedsaklig *Fragilaria brevistriata*, *F. pinnata* og *Staurosira construens*), med en maksimumsverdi for hele kjernen på 97,4% i nivå 100cm. I denne sonen varierer andelen bentiske arter fra 0,2 – 7,6%. Det er aldri mindre enn 61,6% epifytter og aldri mer enn 16,1% plankton. Planktonet, som hovedsaklig domineres av *F. construens* og *Synedra acus*, har sin minimumsverdi for hele kjernen på 0,2% i nivå 100cm, før den stiger kraftig oppover mot sone V.

## **Sone V**

I nivå 40cm øker planktonandelen til 31,1% (hovedsakelig *Synedra acus*), mens epifyttandelen reduseres til 60,4% (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Resten av sone V domineres av plankton, med en maksimumsverdi for hele kjernen på 97,1% i nivå 4,5cm (hovedsakelig dominert av *Synedra acus* og *Cyclotella aff. pseudostelligera*). Det er aldri mindre enn 54,7% plankton og aldri mer enn 43,4% epifytter i denne sonen. Epifyttene, som hovedsakelig domineres av *Fragilaria brevistriata* og *F. pinnata*, har sitt minimum for hele kjernen på 2% i nivå 4,5cm. Bentiske arter har sitt minimum for hele kjernen på 0% i nivå 4,5cm. I resten av sone V overstiger aldri verdien for bentos 3,8%.

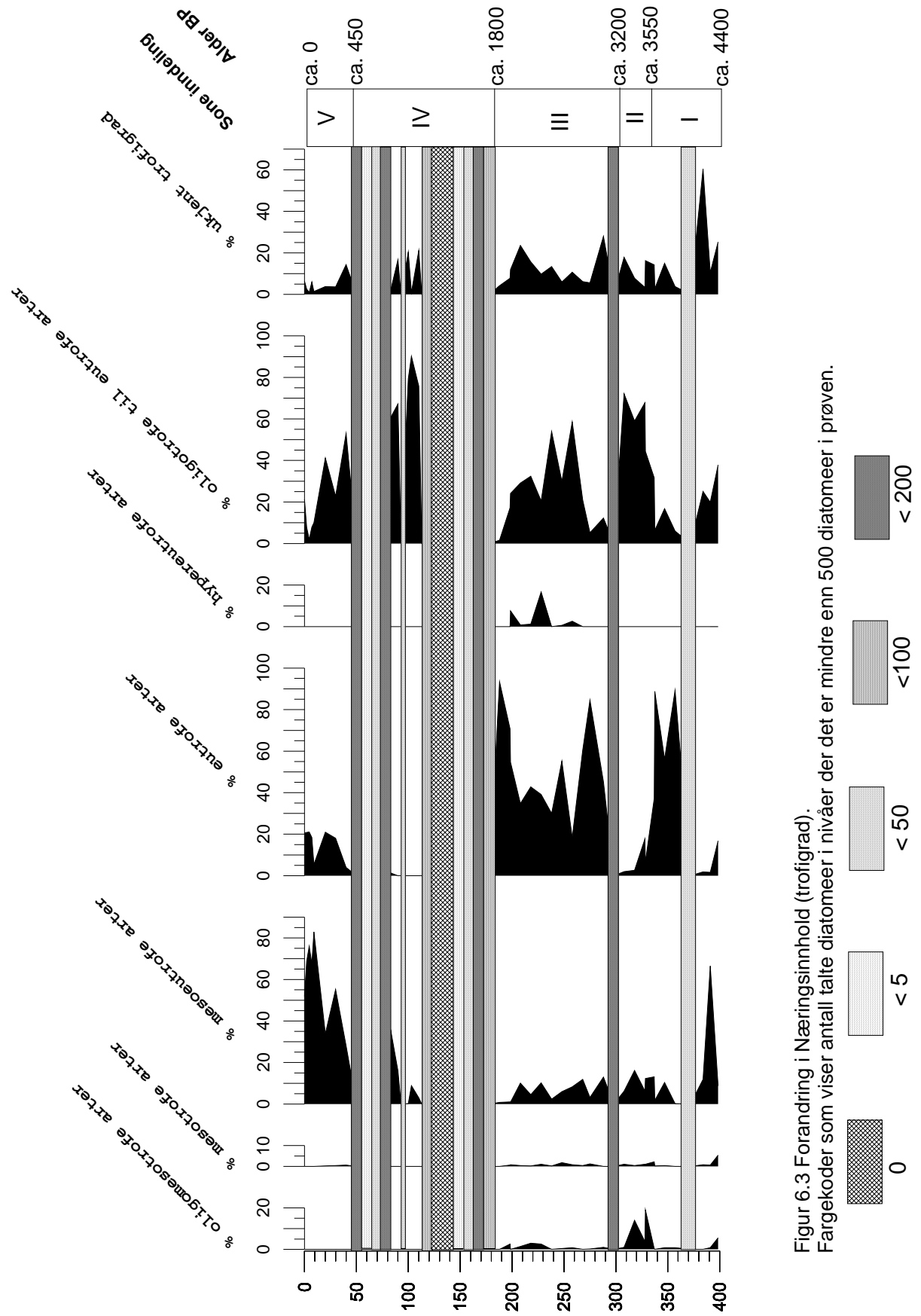
## **Næringsinnhold**

I denne beskrivelsen, av de prosentvise endringene i trofigraden i kjernen, velger jeg å se bort fra oligotrofe, oligomesotrofe, mesotrofe og til dels også hypereutrofe arter. Dette fordi det er de mesoeutrofe, eutrofe og indifferente artene som dominerer kjernen. Jeg legger derfor vekt på den prosentvise sammensetningen til disse artene i de ulike sonene. Jeg henviser til figur 6.3 i denne beskrivelsen av de diatomèfloristiske endringene med hensyn på næringsforhold.

## **Sone I**

Nivå 372cm inneholder kun 31,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. I nedre halvdel av kjernen varierer trofigraden fra nivå til nivå. I nivå 398,5cm dominerer indifferente arter med 37,9% (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*), mens andelen av eutrofe og mesoeutrofe arter er på henholdsvis 16,8 og 8,8%. I nivå 391cm dominerer mesoeutrofe arter med 66,5% (hovedsakelig *Asterionella formosa*), mens andelen av indifferente og eutrofe arter er på henholdsvis 19,9 og 1,6%. I nivå 384cm dominerer arter med ukjent trofigrad (60,5%). Av de resterende artene i dette nivået, er det de indifferente som dominerer med 25,1% (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*), mens andelen av eutrofe og mesoeutrofe arter er på henholdsvis 1,9 og 11,9%.

Videre opp til nivå 337,5cm er det dominans av mesoeutrofe arter med opptil 89,3% i nivå 357cm (hovedsakelig *Cyclotella*-arter). De indifferente og eutrofe artene har begge et maksimum (for den øverste halvdel av sone I) i nivå 347cm med henholdsvis 16,8 og 10,4%. I nivå 337cm dominerer eutrofe arter med 37,2% (hovedsakelig *Cyclotella comta* og



Figur 6.3 Forandring i Næringsinnhold (trofigrad). Fargekoder som viser antall talte diatomeer i nivåer der det er mindre enn 500 diatomeer i prøven.

*Navicula menisculus*). Andelen av indifferente og mesoeutrofe arter i dette nivået er på henholdsvis 31,7 og 13,1% (hvor henholdsvis artene *Fragilaria brevistriata* og *F. construens f. binodis* dominerer). I nivå 337cm er det en overgangssone med 37,2% eutrofe arter og 31,7% indifferente arter.

## **Sone II**

Denne sonen domineres av indifferente arter med opptil 72,1% i nivå 308cm (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Det er aldri mindre enn 44,4% indifferente arter i denne sonen. De eutrofe og mesoeutrofe artene har maksimumsverdier (for sone II) på henholdsvis 17,8% i nivå 328cm og 16,2% nivå 318cm.

## **Sone III**

Nivå 298cm inneholder kun 122,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Med unntak av to nivå (258cm og 238cm), domineres sone III av eutrofe arter (hovedsakelig *Cyclotella*-arter), med en maksimumsverdi for hele kjernen på 93,4% i nivå 188cm. Det er aldri mindre enn 34,8% eutrofe arter og aldri mer enn 32,4% indifferente arter og 11,9% mesoeutrofe arter i disse nivåene.

I nivå 258cm og 238cm dominerer indifferente arter (hovedsaklig *Fragilaria brevistriata*), med henholdsvis 58,6 og 54%. Eutrofe arter har 18,4% i nivå 258cm og 30% i nivå 238cm, mens mesoeutrofe arter har 8,3% i nivå 258cm og 2,4% i nivå 238cm.

I denne sonene er det også opptreden av den hypereutrofe arten *Stephanodiscus parvus*, med en maksimumsverdi på 16,7% i nivå 228cm.

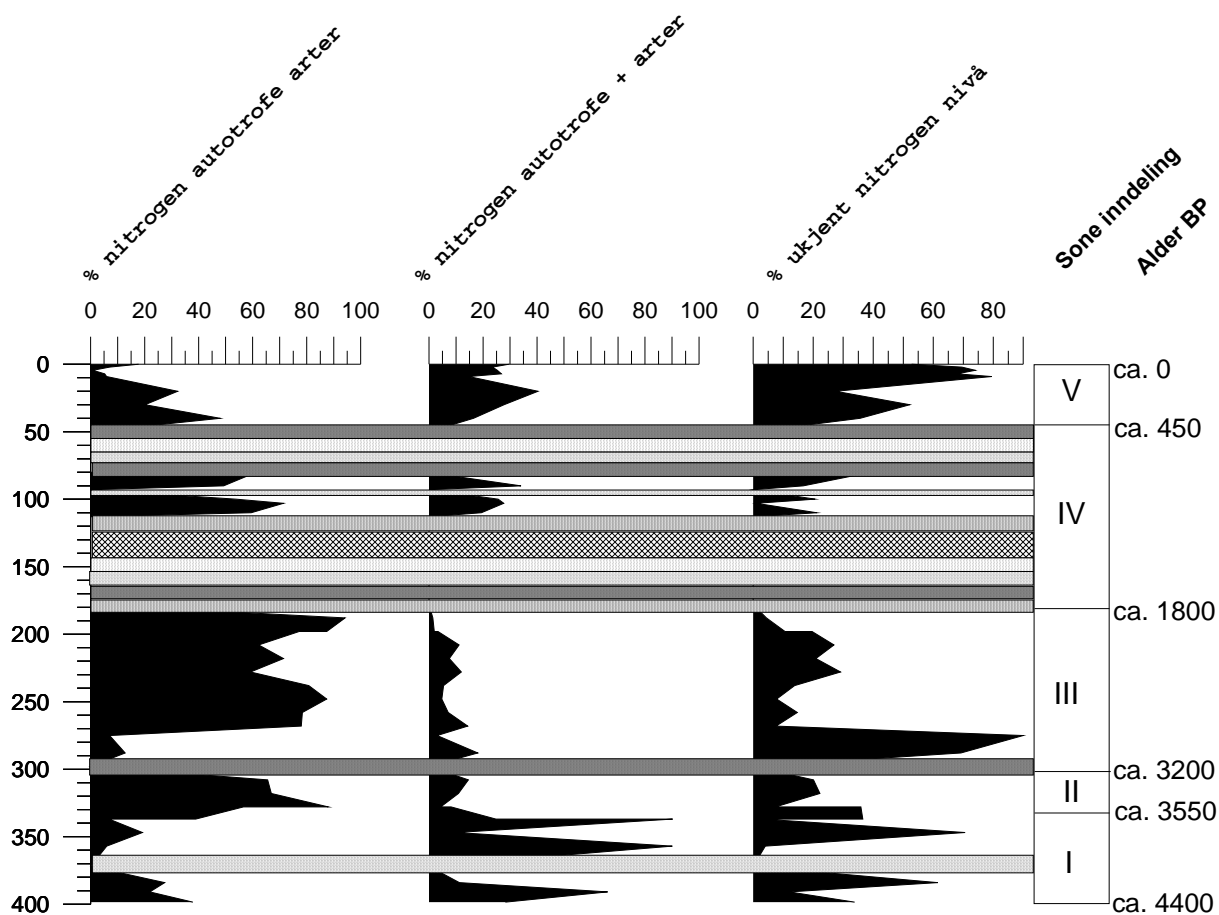
## **Sone IV**

Nivå 178 – 113cm, 93cm og 80 – 50cm inneholder kun 0 – 193 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Denne sonen domineres av indifferente arter (hovedsakelig *Fragilaria*-arter) med en maksimumsverdi for hele kjernen på 90,2% i nivå 103cm. Det er aldri mindre enn 60,7% indifferente arter og aldri mer enn 35,7% mesoeutrofe arter i sone IV. Det er bortimot ingen eutrofe arter i denne sonen.

## Sone V

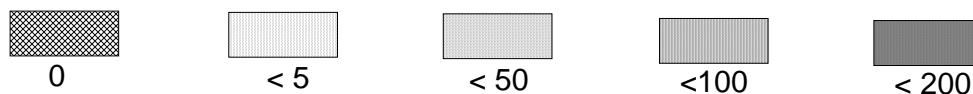
Nivå 40cm domineres av 53% indifferente arter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*), nivå 30cm domineres av 55% mesoeutrofe arter (hovedsakelig *Synedra acus*) og nivå 20cm domineres av 41,2% indifferente arter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). I resten av sonen er det dominans av mesoeutrofe arter (hovedsaklig *S. acus*), med opptil 82,9% i nivå 9cm (maksimumsverdi for hele kjernen). Det er aldri mer enn 22,8% indifferente arter og aldri mindre enn 33,9% mesoeutrofe arter i sone V. Eutrofe arter i denne sonen varierer fra 5,5-21,1%.

## Nitrogen



Figur 6.4 Forandring i Nitrogenopptak metabolisme.

Fargekoder som viser antall talte diatomeer i nivåer der det er mindre enn 500 diatomeer i prøven.





Jeg henviser til figur 6.4 i denne beskrivelsen av de diatomèfloristiske endringene med hensyn på nitrogenopptak metabolisme.

### **Sone I**

Nivå 372cm inneholder kun 31,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. I nivå 398,5cm dominerer nitrogen autotrofe arter med 37,9% (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Dette er arter som tåler veldig små mengder av organisk bundet nitrogen. Det er også et forholdsvis høyt innhold av nitrogen autotrofe+ arter (28,3%) og arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme (33,8%) i dette nivået. I nivå 391cm dominerer nitrogen autotrofe+ arter med 66,1% (hovedsakelig *Asterionella formosa*). Dette er arter som tåler forhøyede konsentrasjoner av organisk bundet nitrogen. Det også 21,9% nitrogen autotrofe arter i dette nivået. Nivå 384cm og nivå 347cm domineres av henholdsvis 61,5 og 70,6% arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme. Sett bort fra denne kategorien domineres disse nivåene av henholdsvis 27,4 og 19,2% nitrogen autotrofe arter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Nivå 357cm og nivå 337,5cm domineres av henholdsvis 90,1% og domineres av 90,2% (maksimum for hele kjernen) nitrogen autotrofe+ arter (hovedsakelig *Cyclotella aff. pseudostelligera*). Nivå 337cm er en overgangssone hvor det, i tillegg til 38,9% nitrogen autotrofe og 24,8% nitrogen autotrofe+ arter, er 36,5% arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme.

### **Sone II**

Sone II domineres utelukkende av nitrogen autotrofe arter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*), med en maksimumsverdi på 88% i nivå 328cm. Det er aldri mindre enn 38,9% nitrogen autotrofe arter og aldri mer enn 24,8% nitrogen autotrofe+ arter i denne sonen. I nivå 328cm forekommer en nitrogen heterotrof art med en verdi på kun 0,4% (*Gomphonema parvulum*). Dette er en art som periodevis trenger forhøyede konsentrasjoner av organisk bundet nitrogen.

### **Sone III**

Nivå 298cm inneholder kun 122,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Nivå 288cm og 275cm domineres av henholdsvis 69,2 og 90% arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme. Resten av sonen domineres av nitrogen autotrofe arter, med et

maksimum for hele kjernen på 94,2% i nivå 188cm (hovedsakelig *Cyclotella radios*a og *Fragilaria brevistriata*). Med unntak av nivå 288cm og 275cm (med henholdsvis 12,8 og 7%) er det aldri mindre enn 59,2% nitrogen autotrofe arter i denne sonen. Andelen med nitrogen autotrofe+ arter i denne sonen har et maksimum på 18,1% i nivå 288cm og et minimum for hele kjernen på 1,4% i nivå 188cm.

#### **Sone IV**

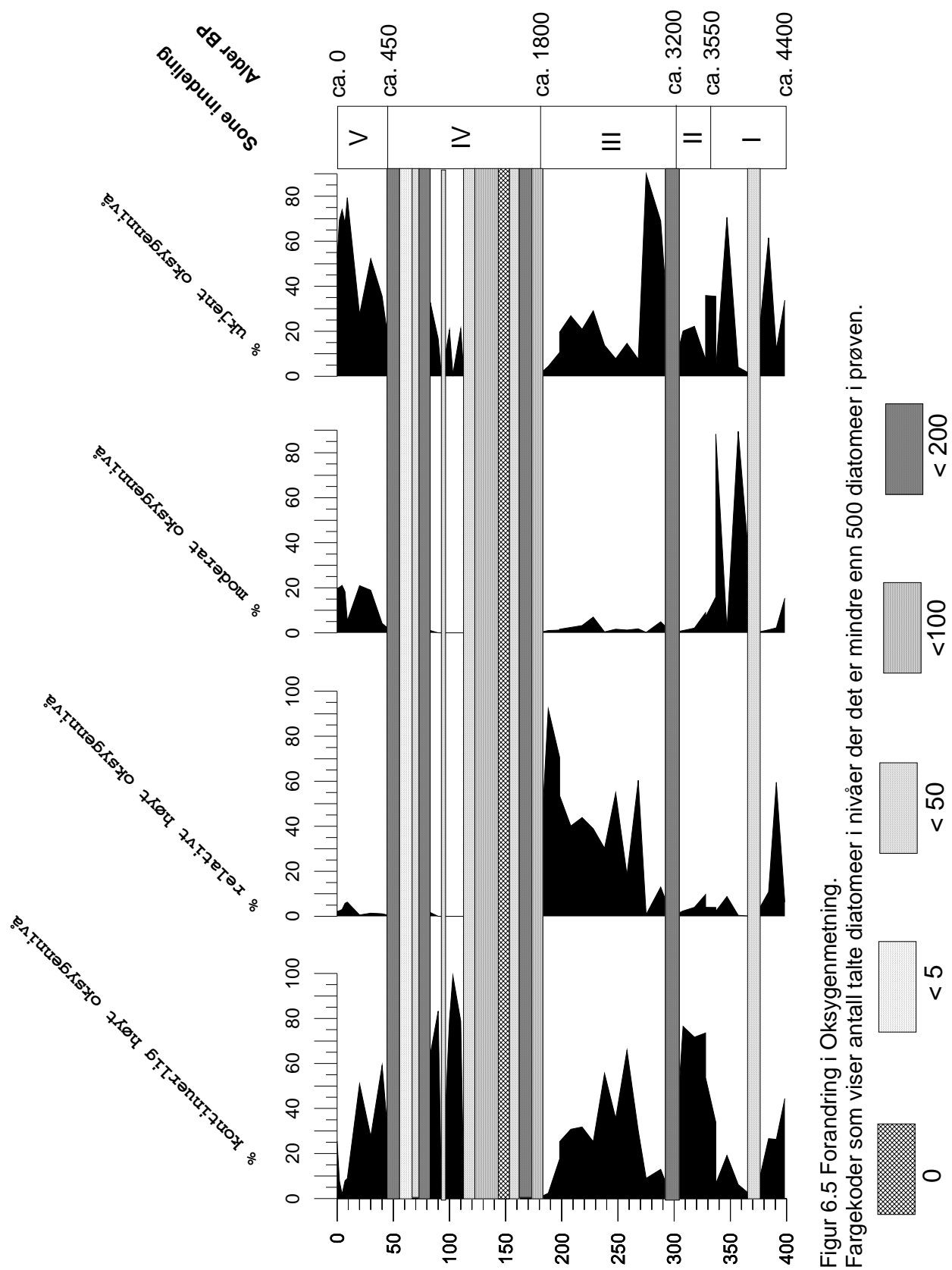
Nivå 178 – 113cm, 93cm og 80 – 50cm inneholder kun 0 – 193 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Sone IV domineres av nitrogen autotrofe arter med opptil 59,4% i nivå 110cm (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Det er aldri mindre enn 49,2% nitrogenautotrofe arter i denne sonen. Andelen med nitrogen autotrofe+ arter i denne sonen har et maksimum på 34,1% i nivå 90cm og et minimum på 9,4% i nivå 83cm.

#### **Sone V**

Nivå 40cm domineres av 48% nitrogen autotrofe arter (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*) i tillegg til 35,6% arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme (hovedsakelig *Synedra acus*). Nivå 30cm domineres av 52,2% arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme (hovedsakelig *S. acus*), i tillegg til 27,8% nitrogen autotrofe+ (hovedsakelig *Cyclotella aff. pseudostelligera*) arter og 20,1% nitrogen autotrofe arter. Nivå 20cm domineres av 40,4% nitrogen autotrofe+ arter (hovedsakelig *C. aff. pseudostelligera* og *F. construens f. binodis*). Dette nivået inneholder også 32,2% nitrogen autotrofe arter (hovedsakelig *F. brevistriata*). Resten av sone V domineres av arter med ukjent nitrogenopptak metabolisme (hovedsakelig *S. acus*), med et maksimum på 79,4% i nivå 9cm. Sett bort fra disse artene, er det nitrogen autotrofe+ arter (hovedsakelig *C. aff. pseudostelligera*) som dominerer sonen, med et maksimum på 29,6% i nivå 0cm og et minimum på 14,7% i nivå 9cm. Nitrogen autotrofe arter (*F. brevistriata*) har et minimum for hele kjernen på 0,8% i nivå 4,5cm.

#### **Oksygen**

Jeg henviser til figur 6.5 i denne beskrivelsen av de diatomèfloristiske endringene med hensyn på oksygenbehov.



Figur 6.5 Forandring i Oksygenmetning. Fargekoder som viser antall talte diatomeer i nivåer der det er mindre enn 500 diatomeer i prøven.

## Sone I

Nivå 372cm inneholder kun 31,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. I nivå 398,5cm dominerer 44,5% arter som har kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Dette er arter som har behov for rundt 100% oksygenmetning. Dette nivået inneholder også 15,4% arter som har moderat oksygenmetning (hovedsakelig *Cyclotella aff. pseudostelligera*). Dette er arter som behov for over 50% oksygenmetning.

I nivå 391cm dominerer 59,5% arter med relativt høyt oksygennivå (hovedsakelig *Asterionella formosa*). Dette er arter som har behov for over 75 % oksygenmetning. Det er også 26,3% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov i dette nivået (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*).

I nivå 384cm og 347cm dominerer henholdsvis 61,5 og 70,6% arter med ukjent oksygenbehov. Hvis vi ser bort fra disse artene, domineres disse nivåene av henholdsvis 26,6 og 19,2% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*) og henholdsvis 10,8 og 8,8% arter med relativt høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Asterionella formosa*).

I nivå 357cm dominerer 89,5% og i nivå 337,5cm dominerer 88,2% (maksimumsnivå for hele kjernen) arter med moderat oksygenbehov (hovedsakelig *Cyclotella aff. pseudostelligera*). I nivå 357cm har arter med relativt høyt oksygenbehov et minimum for hele kjernen på 0,4%.

337cm inneholder 35,5% arter med ukjent oksygenbehov. Sett bort fra disse, så domineres dette nivået av arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov med 33,9% (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Dette nivået inneholder også 15,9% arter med moderat oksygenbehov (hovedsakelig *Navicula menisculus*).

## Sone II

Denne sonen domineres av opptil 76,5% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Det er aldri mindre enn 53,7% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov i disse nivåene. Det er aldri mer enn 9,7% arter med relativt høyt oksygenbehov i denne sonen. I nivå 328cm og nivå 308cm er det forekomst av henholdsvis 0,4 og 0,2% arter med lavt oksygenbehov (*Anomoeoneis sphaerophora* og *Gomphonema parvulum*). Dette er arter som har behov for over 30% oksygenmetning.

### **Sone III**

Nivå 298cm inneholder kun 122,5 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Nivå 288cm og 275cm domineres av henholdsvis 69 og 90% arter med ukjent oksygenbehov (hovedsakelig *Cyclotella comta*). I nivå 288cm har vi også sisteopptreden av arter med lavt oksygenbehov (0,2%).

Med unntak av nivå 258cm og 238cm, domineres resten av sone III av arter med opptil 92,2% arter med relativt høyt oksygenbehov (hovedsakelig *C. radiosa*). Dette er maksimumsverdien for hele kjernen. Det er aldri mindre enn 38% arter med relativt høyt oksygenbehov og aldri mer enn 35,6% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). I nivå 275cm har arter med moderat oksygenbehov sin minimumsverdi for hele kjernen på 0,2% .

I nivå 258cm og 238cm dominerer henholdsvis 65,9 og 55,6% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *F. brevistriata*). Det er i tillegg henholdsvis 18,4 og 30,2% arter med relativt høyt oksygenbehov (hovedsakelig *C. radiosa*).

### **Sone IV**

Nivå 178 – 113cm, 93cm og 80 – 50cm inneholder kun 0 – 193 diatomeer og utelates derfor i den videre analysen. Sone IV domineres av arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). Maksimumsverdien for hele kjernen er på 83,3% i nivå 90cm. Det er aldri mindre enn 64,5% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov i denne sonen. Det er nesten ingen arter med relativt høyt eller moderat oksygenbehov i denne sonen.

### **Sone V**

Nivå 40cm og 20cm domineres av henholdsvis 59,2 og 51% arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov (hovedsakelig *Fragilaria* arter). Nivå 40cm inneholder 35,6% arter med ukjent oksygenbehov (hovedsakelig *Synedra acus*), mens nivå 20cm inneholder også 21% arter med moderat oksygenbehov (hovedsakelig *Cyclotella aff. pseudostellige*).

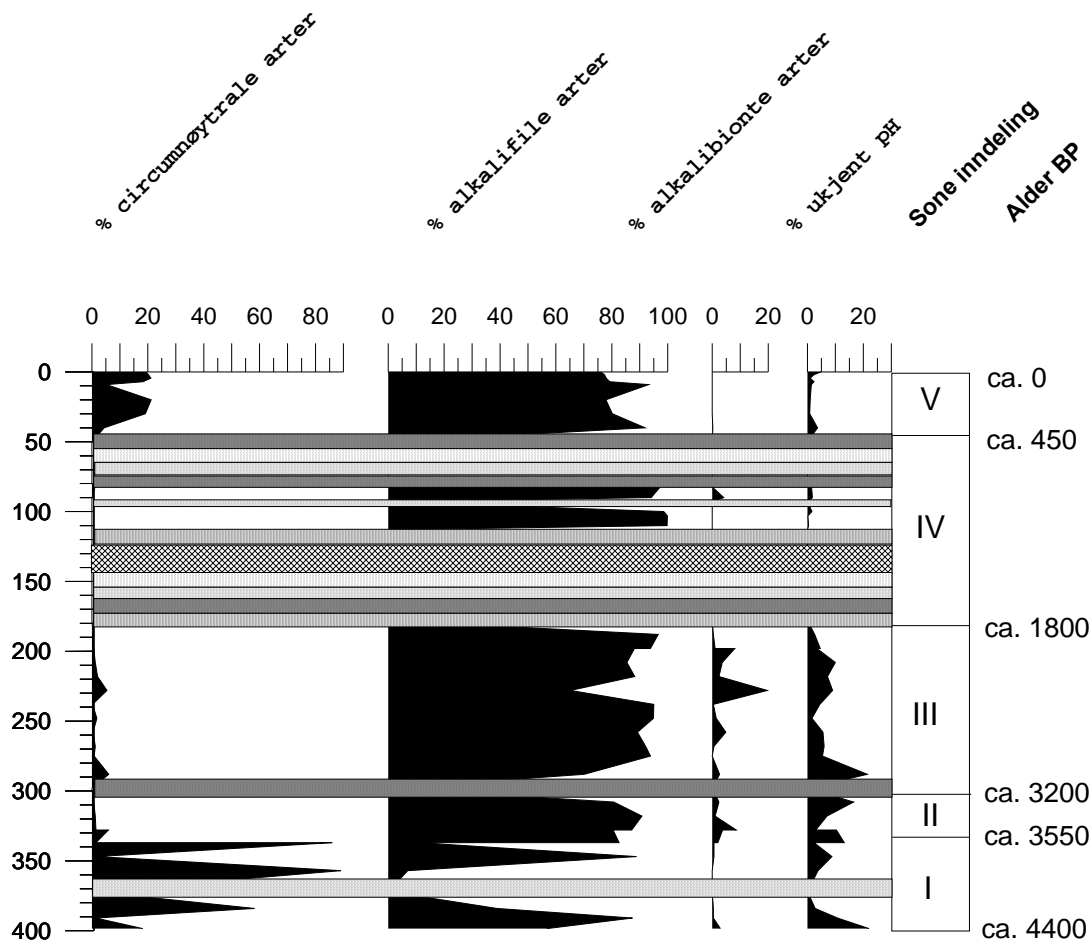
Resten av sone V domineres av opptil 79,4% arter med ukjent oksygenbehov. Hvis jeg ser bort fra disse artene er det en dominans av arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov i nivå 30cm, nivå 9cm og nivå 0cm (hovedsakelig *Fragilaria brevistriata*). I nivå 7cm, 4.5cm og 2cm er det en dominans av arter med moderat oksygenbehov. Det er aldri mer enn 27,6%

arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov i disse nivåene. Det er aldri mer enn 21,1% arter med moderat oksygenbehov og 6,3% arter med relativt høyt oksygenbehov.

### Surhetsgrad (pH)

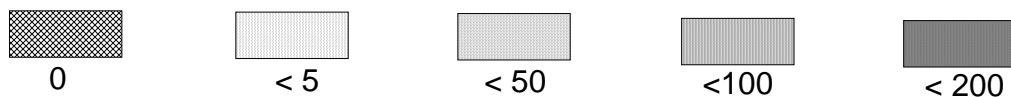
Jeg henviser til figur 6.6 i denne beskrivelsen av de diatomèfloristiske endringene med hensyn på oksygenbehov.

Siden nivå 372cm kun har 31,5 diatomeer, nivå 298cm har 122,5 diatomeer, nivå 178 – 113cm har 0 – 128 diatomeer, nivå 93 cm har 28 diatomeer og nivå 80 – 50cm har 3 – 193 diatomeer er disse nivåene utelatt fra den videre analysen av resultatene.



Figur 6.6 Forandring i surhetsgrad (pH).

Fargekoder som viser antall talte diatomeer i nivåer der det er mindre enn 500 diatomeer i prøven.



Acidofile arter er arter som forekommer hovedsakelig ved en  $\text{pH} < 7$ . Slike arter finnes kun i nivå 357cm, 328cm, 258cm, 248cm og 9cm, hvor hver av disse bare har en verdi på 0,2%.

Circumnøytrale arter er arter som forekommer hovedsakelig ved en  $\text{pH}$  rundt 7. Slike arter finnes i alle kjernens nivåer, med unntak av nivå 110cm, 103cm, 100cm og 90cm. Circumnøytrale arter dominerer i nivå 384cm, 357cm og 337cm med henholdsvis 58.1, 89.1 og 86%. Maksimumsverdien for resten av kjernen er på 21,2% i nivå 20cm og minimumsverdien er på 0,2% i nivå 238cm.

Alkalifile arter er arter som hovedsakelig forekommer ved  $\text{pH} > 7$ . Slike arter finnes ved alle nivå i kjernen, med unntak av nivå 138cm, 128cm og 123cm (som ikke inneholder noen diatomeer). Alkalifile arter dominerer alle nivå, med unntak av nivå 384cm, 357cm og 337cm. Maksimumsverdien i hele kjernen er på 99,9% i nivå 103cm. Med unntak av nivå 384cm, 357cm og 337cm er det aldri mindre enn 56,8% alkalifile arter i kjernen.

Alkalibionte arter er arter som forekommer kun ved  $\text{pH} > 7$ . Slike arter finnes i sone I (med unntak av nivå 257cm), hele sone II, sone III (med unntak av nivå 275cm,) og 90cm, 83cm og 40cm i sone IV. Maksimumsverdien på 19,7% er i nivå 228cm, mens minimumsverdien på 0,2% er i nivå 40cm.

## Kapittel 7. Diskusjon og miljøtolkning

### 7.1 Diskusjon og miljøtolkning av resente limnologiske undersøkelser i Dagsjøen

Før jeg tolker sedimentkjernen fra Dagsjøen, ønsker jeg å studere datasett fra ulike limnologiske undersøkelser i perioden 1968-1993 (Lande 1969, Boman 1975, Hongve og Løvstad 1991, Brandrud 1994 og Brettum 1994). Disse dataene er samlet sammen i en periode hvor man har dokumenterte variasjoner i Dagsjøens vannivå. Dette gir meg en unik mulighet til å studere hvordan bjørkebestanden rundt Dagsjøen og langskuddsvegetasjon, vannkjemi, og planteplanktonsammensetning i Dagsjøen blir påvirket av vannstandsfluktuasjonene.

Figur 2.9 viser hvordan grunnvannstanden har fluktuert i perioden 1968-2000. Grunnvannstanden i området har blitt senket med omtrent 2m i perioden 1968-1970. Grunnvannet har fluktuert litt i perioden frem til 1991, hvor grunnvannsnivået igjen er tilnærmet det samme som i 1970. I Perioden frem til 1993 har grunnvannstanden blitt redusert med nesten en meter, før den i 1994 igjen har nådd omtrent samme nivå som i 1970 og 1991.

Som nevnt i kapittel 1.3.1 er Dagsjøen en type 4 innsjø, som har stor gjennomstrømming av grunnvann fra tallrike kilder og en stor utløpsbekk. Vannstanden vil være tilnærmet konstant ved normal til høy grunnvannstand, siden den reguleres av en terskel i utløpet. Ved synkende grunnvannstand vil gjennomstrømmingen av grunnvann avta, noe som igjen kan resultere i en reduksjon av sjøens vannstand. I Dagsjøen er det i 1991 (Hongve og Løvstad) observert at vannivået i sjøen har steget ca. 1,5m de senere år, til tross for at grunnvannstanden i området har blitt redusert. Dette forklares ved en beverdam i sjøens utløp. I 1993 observerte Brandrud (1994) at vannstanden var på retur, til tross for at beverdammen fremdeles sperret utløpet. Vannstanden var nå sunket til omtrent 1m over normalvannstand. Denne senkningen av vannivået i Dagsjøen kan trolig korreleres med senkningen av grunnvannet i samme periode. Når grunnvannstanden reduseres, reduseres også tilførselen av grunnvann til Dagsjøen. Siden vannivået fremdeles er over terskelhøyden i utløpet, vil utstrømmingen være konstant, mens innstrømmingen av vann vil avta som følge av at grunnvannsspeilet senkes. Dette resulterer i en senkning av Dagsjøens vannivå.

Løvskogen rundt Dagsjøen domineres av or og bjørk. I 1993 observerte Brettum (pers.komm. 2003) druknede bjørkestammer rundt Dagsjøen. Ved normal vannstand vokser



bjørkebestanden forholdsvis nær sjøen. Når vannstanden stiger, vil røttene til denne bjørkebestanden bli satt under vann og trærne vil drukne. Først når vannstanden synker, vil det igjen bli tilvekst av bjørk i det samme området. Dette er blant annet observert rundt Bonntjern (Kitterød (red.) 2001).

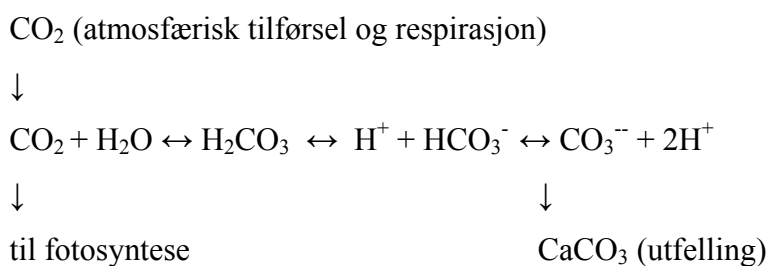
Dagsjøen har, blant annet av Brandrud (1994), blitt beskrevet som en Potamogetonsjø (noe som tilsier at den er preget av langskuddsvegetasjon og flytebladsplanter). Potamogetonsjøer betegnes som næringsrike eutrofe sjøer (Fremstad og Moen 2001). I 1994 (Brandrud) observeres det at artsinventaret var omtrent det samme som i 1939-41, men at langskuddsvegetasjonen (inkludert forekomsten av sjeldne arter) var noe mer sparsom enn tidligere. Langskuddsvegetasjon lever ved en vanddybde på 0,5m - flere meters dyp (Aagaard, Bækken og Jonsson 2002). Tilførsel av næringsstoffer i littoralsonen vil påvirke tilveksten av vannvegetasjon. Særlig vil tilførsel av kalkrikt vann være gunstig for langskuddsvegetasjonen i sjøen. En økt gjennomstrømning av kalkrikt grunnvann kan derfor fremme veksten av langskuddsvegetasjon i Dagsjøen, mens en reduksjon av denne grunnvannsgjennomstrømningen kan føre til at langskuddsvegetasjonen i sjøen avtar. Gradvise endringer i vannivået, som følge av fluktuasjoner i grunnvannstanden (dersom vannivået er under terskelen i utløpet), vil føre til at langskuddsvegetasjonen endrer seg i takt med marginalsonens utvikling. Men ved en rask heving av vannivået i sjøen, som oppstod etter at beverdammen ble bygget, vil en del av langskuddsvegetasjonen drukne. Dette er sannsynligvis årsaken til at langskuddsvegetasjonen (særlig den artsrike sumpvegetasjonen) har blitt noe mer sparsom i Dagsjøen.

Kalsiuminnholdet i Dagsjøen i hele perioden har ligget fra 37-42,7mg/l og samtidig som NGU's målinger av grunnvannet ved Dagsjøen i 1968 viser et kalsiuminnhold på 29,8-44,4mg/l. Dette tyder på at grunnvannets kalsiumnivå gjenspeiles i Dagsjøen. I følge Brandrud (2002) har Dagsjøen meget kalkrikt vann pga. stor grunnvannsgjennomstrømning av kalkmettet fossilt grunnvann fra Gardermoen-morenen. Bergartene i sjøens nedslagsfelt og i grunnvannets strømningsbane er kalkrike og er derfor den viktigste kalsiumkilde for Dagsjøen. Kalsiumkarbonat i bergartene løses som bikarbonat ved nærvær av CO<sub>2</sub> i vannet. Grunnvann inneholder som regel mye CO<sub>2</sub> fordi nedbøren som trenger ned i grunnvannet blir anriket på CO<sub>2</sub> når den passerer gjennom vegetasjonsdekket. Årsaken til at kalsiumnivået stiger i vannmassene, til tross for mindre nedbør og lavere grunnvannstand i 1991-93 enn i

1968, er trolig det kunstig forhøyede vann-nivået i Dagsjøen. Dette forhøyede vann-nivået kan medføre en større utvasking av  $\text{Ca}^{2+}$  fra sedimentene rundt Dagsjøen.

Dagsjøen har i perioden 1968-1993 en høy spesifikk ledningsevne, som er ganske nær de verdier som ble målt i grunnvannet i 1968. Den spesifikke ledningsevnen gir et mål på elektrolyttinnholdet i vannet. Regionale undersøkelser av Strøm (1939) og Kjensmo (1966) har vist at den spesifikke ledningsevnen indikerer med hvilken hastighet salter blir løst fra fast berg eller løsmasser i vannet som renner inn i innsjøen, og avhenger dermed av berggrunnens og løsmassenes geologiske karakter (Lande 1969). Slike  $K_{18}$ -verdier tilsvarer, i følge Kjensmo (1966), dem man finner i sjøer med hovedsakelig kambrosilur bergarter i nedslagsfeltet. Det er særlig de kalkrike kambrosilur bergartene som er lett løselige. I følge Lande (1969) er variasjonene i ledningsevnen bestemt av variasjonene i kalsium og bikarbonat, dessuten i mindre grad av magnesium og kalium. De andre ionene syntes å variere uavhengig av variasjonene i ledningsevne.

Det er relativt høy alkalinitet i Dagsjøen som samsvarer med det høye kalsiuminnholdet og den høye ledningsevnen man har målt i Dagsjøen. Høy alkalinitet i sjøen viser at vannet har god bufferkapasitet, hvor bikarbonatsystemet (forholdet mellom  $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{--}$ ) er den faktoren som bestemmer pH i vannet. Atmosfærisk  $\text{CO}_2$  er veldig løselig i vann og når det løses opp, så er den i likevekt med den svake karbonsyren  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (Brönmark & Hansson 2001). Når pH øker vil karbonsyren dissosiere til et hydrogen ion ( $\text{H}^+$ ) og et bikarbonat ion ( $\text{HCO}_3^-$ ), som igjen dissosierer til et hydrogen ion og et bikarbonat ion.



Fotosyntese og respirasjon (bakteriell nedbrytning av organisk materiale) er de biologiske prosessene som hovedsakelig påvirker pH ved å endre mengden  $\text{CO}_2$  i vannet. Forbruket av  $\text{CO}_2$  i fotosyntesen vil forskyve likevekten og forårsake et økt opptak av hydrogenioner. Dette vil føre til at pH stiger. I kalsiumrike områder kan fotosyntesen forårsake utfelling av kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), som et resultat av plantenes  $\text{CO}_2$  opptak.

Dette kan sees som hvite eller grå utfellinger på bladoverflatene til makrofytter. Produksjon av CO<sub>2</sub>, ved bakteriell nedbrytning av organisk materiale (respirasjon), forskyver likevekten den andre veien ved å frigjøre H<sup>+</sup> ioner og dermed redusere pH.

Resente limnologiske undersøkelser (Lande 1969 og Boman 1975) viser at Dagsjøen i sin naturtilstand har en pH fra 7,35-8,33, mens surhetsgraden i grunnvannet, i nærheten av Dagsjøen, varierer fra 7.6-7.9 (Lande 1969). Dette vil tilsi at pH ikke styres direkte av grunnvannet, men også av primærproduksjonen (fotosyntesen) og respirasjonen i sjøen.

Trofigraden bestemmes bl.a. av maks algevolum og vannmassens innhold av de antatt viktigste næringsstoffer for planteplanktonvekst (først og fremst fosfor og nitrogen) (Brettum 1994). Man benytter en trofiskala basert på registrert innhold av planteplankton. Trofigraden i Dagsjøen ble i perioden 1968-1991 målt til å være eutrof og ved et tilfelle ble den av Boman (30.06.70) vurdert til å være i overkant av en naturlig eutrof sjø. I 1993 ble derimot Dagsjøen betegnet som oligomesotrof (overgangsfase mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser) (Brettum 1994). I sin naturtilstand er altså Dagsjøen eutrof (Ullensaker kommune, miljøvernutvalget 1994), og gjerne litt i overkant av dette i vekstsesongens høydepunkt i juni. En reduksjon i trofigrad (fra eutrof til oligomesotrof) vil derfor hovedsakelig indikere at mengden planteplankton har blitt redusert i vannmassene, som følge av en redusert næringstilførsel (hovedsakelig P og N). Siden disse parametrene (P og N) ikke ble målt av Lande (1969) og Boman (1975) vet jeg lite om innholdet av disse stoffene i Dagsjøens naturtilstand. Undersøkelsene til Hongve og Løvstad (1991) og Brettum (1994), viser at det har vært en reduksjon i Tot-P og Tot-N i perioden hvor man hadde en kunstig vannivåheving i Dagsjøen.

Grunnvannsanalyser tyder på at grunnvannspåvirkede sjøer blir påvirket av relativt fosfatrikt grunnvann, noe som gir grunnlag for en naturlig eutrof tilstand (Hongve 1992). Dersom surhetsgraden (pH) i sjøen er under 8, vil fosfat være sterkt bundet til metaller i sedimentet, hvis ikke vil hydroksidionet (OH<sup>-</sup>) byttes ut med fosfat som vil frigjøres i vannmassene (Brönmark & Hansson 2001). Altså kan man i Dagsjøen få økt tilførsel av fosfat fra sedimentoverflaten, når pH er høyere enn 8.

Nitrogen er generelt ikke en begrensende faktor for ferskvannsorganismer, og derfor vil ikke nitrogenkonsentrasjonen i vannmassene være direkte knyttet til trofigraden i vannmassene (Brönmark & Hansson 2001). Nitrogen vil kun være en begrensende faktor i forurensede sjøer med svært høyt fosforinnhold. En betydelig mengde av nitrogeninnholdet i

en innsjø er bundet i organismer (organisk N), men det forekommer også som molekylær  $N_2$ , nitrat ( $NO_3^{2-}$ ), nitritt ( $NO_2^-$ ) og i den reduserte formen ammonium ( $NH_4^+$ ). Nitrat og nitritt må reduseres til ammonium før de kan tas opp i cellen. I eutrofe innsjøer vil ammonium frigis fra sedimentet, som et resultat av den bakterielle nedbrytningen av akkumulert organisk materiale, ved lave oksygenkonsentrasjoner. I eutrofe innsjøer, hvor oksygenkonsentrasjonen vanligvis er lav i de dypere delene av sjøen, vil også mesteparten av nitraten bli redusert til nitrogengass ( $N_2$ ).

Årsaken til at trofigraden blir redusert i Dagsjøen, er trolig en kombinasjon av at grunnvannsgjennomstrømningen har blitt redusert samtidig som man har fått den kunstige vann-nivåhevingen i sjøen. Planteplanktonet vil reagere raskt på endringer i det kjemiske og fysiske miljøet i vannmassene, og primærproduksjonen vil derfor i dette tilfellet avta i takt med at næringstilgangen reduseres. At sjøen ikke er oligomesotrof i 1991, til tross for det høye vannivået, kan tyde på at beverdammen nylig hadde blitt bygget og at vannkjemien derfor ikke hadde rukket å endre seg i takt med vannivåhevingen. Dette stemmer overens med en kommentar fra Hongve (pers. komm. 2004) om at han første gang hadde observert beverdammen i 1991.

Dersom primærproduksjonen i en grunnvannspåvirket sjø produserer en mengde oksygen i fotosyntesen, som tilsvarer den mengde som blir brukt ved bakteriell nedbrytning av akkumulert organisk materiale, vil oksygenmetningen i sjøen i stor grad tilsvare oksygenmetningen i grunnvannet. Dersom primærproduksjonen produserer mer oksygen enn det som blir forbrukt ved bakteriell nedbrytning, vil oksygenmetningen i sjøen overstige oksygenmetningen i grunnvannet. Og dersom det blir produsert mindre oksygen i fotosyntesen, enn det som blir forbrukt ved bakteriell nedbrytning, vil oksygenmetningen i sjøen være lavere enn den er i grunnvannet. Grunnvannsundersøkelser i nærheten av Dagsjøen i 1968 (Lande 1969) viser at grunnvannet som tilføres Dagsjøen har en oksygenmetning på 57,3-65,9%. Av dette ser jeg at en oksygenmetning i Dagsjøens vannmasser på 75-100% tilsier at oksygentilførselen via primærproduksjonen er høyere enn oksygenforbruket ved den bakterielle nedbrytningen, mens en oksygenmetning på mer enn 50% tilsier at oksygenforbruket ved nedbrytningen av organisk materiale overstiger oksygentilførselen via primærproduksjonen i sjøen. En nedgang i primærproduksjonen vil ofte være en respons på at næringstilførselen i sjøen reduseres.

Mens NGU's grunnvannsmålinger har en sulfatverdi som varierer mellom 7,5 og 10,7mg/l, har Dagsjøen verdier som ligger mellom 10,61-18mg/l. I følge Brettum (1994) er disse forhøyede sulfatverdiene usikre på grunn av det høye kalsiuminnholdet i vannmassene. Den viktigste kilden for sulfat i Dagsjøen er berggrunnens innhold av sulfat og sulfider, blant annet pyritt,  $\text{FeS}_2$ , hvorfra sulfat blir dannet ved oksidasjon. Sulfat kan også tilføres sjøen via nedbør (et resultat av økt luftforurensning). Ved å sammenlikne Dagsjøens resultater med verdier fra Vilbergstjern (som kun får tilførsel av sulfat via nedbør) på de samme tidspunktene, ser jeg at sulfattilførsel via nedbør ikke har øket dramatisk i denne perioden. Heller ikke har man hatt en kraftig økning av grunnvannsgjennomstrømningen i perioden 1968-70 (fig. 2.9).

Saliniteten bestemmes av mengde klorid i vannmassene. En kilde for klorid er havbunnsedimentene som ble avsatt i Romeriksfjorden, som Hauersesterdeltaet bygget seg opp over og ut i. Disse havbunnsedimentene ligger i grunnvannets strømningsbane og klorid vil derfor vaskes ut av sedimentet og fraktes med grunnvannet som renner ut i Dagsjøen. NGU's grunnvannsundersøkelser viste et kloridinnhold på 3,9-5 mg/l, mens kloridinnholdet i Dagsjøen stiger fra 2,5-3,1mg/l i 1968-1970 til 5-4,5mg/l i 1991-1993. Det ser derfor ut til at et kunstig forhøyet vannivå i Dagsjøen i perioden 1991-1993 er med på å forårsake en økning av klorid i vannmassene. Dette tyder på at saliniteten ikke styres direkte av grunnvannet, men avhenger av hvor høyt opp i Gardermoen-morenen grunnvannet/vannstanden er.

## ***7.2 Diskusjon og miljøtolkning av de diatomèfloristiske endringene i sedimentkjernen.***

De diatomèfloristiske endringene i kjernen fra Dagsjøen viser at det er vekslinger mellom epifyttedominerte og planktondominerte samfunn, samtidig som det er nesten totalt fravær av bentiske arter. Som beskrevet i kapittel 3.2.1 lever epifytter på flytende akvatiske planter eller vokser på overflaten av forskjellige fibrige alger, samt på stammer og på undersiden av bladene på vannplanter. Plankton lever i den øvre delen av vannkolonnen, enkeltvis eller i kolonier. De er hovedsakelig frittlevende og utvikler seg best i områder med store åpne vannmasser. Bentiske arter lever i den fotiske sonen festet på harde substanser, eller hvilende på eller i fine sedimenter som gytje, silt og sand.

Årsaken til at det er nesten totalt fravær av bentiske arter, kan være en kraftig utviklet vannvegetasjon i Dagsjøens marginalsoner. Dette vil føre til at den fotiske sonen reduseres, noe som igjen vil føre til at produksjonen av bentiske arter vil avta. Samtidig vil en kraftig utviklet vannvegetasjon fremme oppblomstringer av epifytter. Siden resente limnologiske studier har konkludert med at Dagsjøen i sin naturtilstand er en Potamogetonsjø, vil jeg anta at det også tidligere i holocene har vært en velutviklet vannvegetasjon i sjøen. Pollendiagrammet til Høeg (2004) bekrefter at man har forekomst av dunkjevle, tjønnaks, vannlilje og hestehale i kjernen.

Endring av habitat kan indikere en endring av vann-nivået i en sjø. I denne miljøtolkningen er det imidlertid viktig å ta i betraktning at Dagsjøen er en type 4 sjø med direkte grunnvannstilførsel og avløp til vassdrag. Vann-nivået i sjøen vil ikke påvirkes av fluktuasjoner i grunnvannstanden, med mindre grunnvannsnivået senkes under terskelnivået i Dagsjøens utløp.

Vanligvis vil man se på endringer i forholdet mellom bentiske/epifyttiske (littorale) arter og plankton for å avgjøre i hvilken retning vannstanden fluktuere. En økning i planktoniske arter i forhold til littorale arter kan tilsi at littoralsonen i sjøen har kommet lengre bort fra kjernetakningspunktet, som følge av en heving av vann-nivået i sjøen. På samme vis kan en økning av littorale arter i forhold til plankton tilsi at littoralsonen øker og dermed kommer nærmere kjernetakningspunktet, som følge av en reduksjon av vann-nivået.

I en sjø med konstant vann-nivå kan variasjoner i forholdet mellom epifyttiske arter og plankton være et resultat av endringer i sjøens vannvegetasjon. En økning av sjøens vannvegetasjon (særlig i littoralsonen) vil føre til at man får en oppblomstring av epifytter samtidig som man kan få en reduksjon av planktoniske arter. På samme måte vil en reduksjon av vannvegetasjonen føre til en nedgang i epifyttproduksjonen, samtidig som man vil få en økning av plankton. Det er tilførselen av næringsstoffer i littoralsonen som påvirker endringer i vannvegetasjonen. Særlig vil tilførsel av kalkrikt vann være gunstig for langskuddsvegetasjonen i sjøen. Altså kan en økt gjennomstrømning av kalkrikt grunnvann fremme veksten av langskuddsvegetasjon i Dagsjøen, mens en reduksjon av denne gjennomstrømningen med kalkrikt grunnvann kan føre til at langskuddsvegetasjonen i sjøen avtar.

De diatomèfloristiske endringene i kjernen viser at man, nederst i sone I, har en overgang fra et epifytt-dominert til et plankton-dominert samfunn omkring 4250 BP. *Fragilaria*

*brevistriata* er den dominerende epifyttarten både før og etter 4250BP, men man får et skifte med hensyn på dominerende planktonart fra *Cyclotella aff. pseudostelligera* til *Asterionella formosa*. *F. brevistriata* er en alkalifil art med behov for kontinuerlig høy oksygenmetning i vannmassene, *C. aff. pseudostelligera* er en circumnøytral art med behov for 50% oksygenmetning i vannmassene og *A. formosa* er en alkalifil art med behov for 75% oksygenmetning i vannmassene. Av dette ser jeg at det har vært størst endringer i det planktoniske miljøet i vannmassene. At man får en endring fra et epifyttdominert samfunn til et planktondominert samfunn, hvor forholdene i de dypere vannmassene endrer seg, mens forholdene i littoralsonen er relativt stabile, kan indikere at det her er snakk om en endring av vannvegetasjonen (særlig flytebladsplantene) i sjøen. At det kun var 15,7% plankton i vannmassene i perioden før ca. 4250BP indikerer at det har vært en kraftig utviklet vannvegetasjon i sjøen. Pollenundersøkelsen til Høeg (2004) bekrefter at det vokste tjønnaks og vannliljer i sjøen i perioden 4500-3800BP. I følge Aagaard, Bækken og Jonsson (red.) (2002) kan slik vannvegetasjon i små, grunne og eutrofe potamogetonsjøer dekke hele bunnen og vannoverflaten. En økning til 65,5% plankton vil derfor indikere at vannvegetasjonen i Dagsjøen blir kraftig redusert, som følge av at næringsforholdene i sjøen endres, omkring 4250BP. Når flytebladsplantene dør i de sentrale delene av sjøen vil igjen levevilkårene være optimale for planktontilveksten.

En reduksjon av Dagsjøens vannvegetasjon kan ha flere hendelsesforløp. 1) Dersom vannivået i Dagsjøen befinner seg under terskelhøyden i utløpet, kan en heving av vannnivået i sjøen føre til at littoralsonen avtar. Dette kan igjen føre til at vannvegetasjonen reduseres. Men det er viktig å huske på at en økt tilførsel av kalkrikt grunnvann i Dagsjøen, vil fremme tilveksten av blant annet langskuddsvegetasjonen, noe som igjen kan medføre at man ikke nødvendigvis får en reduksjon av vannvegetasjonen i littoralsonen. Det er derfor større sannsynlighet for å få redusert vannvegetasjonen i Dagsjøen, dersom det har vært en hurtig heving av vannivået som fører til at en del av vannvegetasjonen vil drukne. 2) Dersom vannivået i Dagsjøen er stabilt, i høyde med terskelen i utløpet, vil en reduksjon av vannvegetasjonen i sjøen tilsi at næringstilførselen i Dagsjøen har avtatt, som følge av en redusert grunnvannsgjennomstrømning.

For å avgjøre hvilket hendelsesforløp man har hatt omkring 4250BP, velger jeg å studere den økologiske parameteren for næringsbehov (trofigrad). De diatomèfloristiske endringene, med hensyn på trofigrad, vil i stor grad basere seg på næringskriterier som de

ulike artene har. At en art er eutrof vil ikke da være et direkte mål på algevolumet i sjøen, men et mål på næringstilgangen i sjøen. Dette kan man blant annet se i undersøkelsene til Hongve og Løvstad (1991), hvor Dagsjøen beskrives som eutrof, basert på mengde planteplankton i vannmassene, mens vannmassene domineres av mesoeutroft plankton.

Dersom vannivået stiger, vil man få økt tilførsel av næringsstoffer. Økt næringstilførsel fører til at trofigraden øker med hensyn på næringsinnhold. Siden det er dominans av mesoeutrofe arter omkring 4250BP, vil det da tilsi at det har vært oligotrofe – mesotrofe næringsforhold i perioden før 4250BP.

Dersom grunnvannsgjennomstrømningen avtar, vil næringstilførselen reduseres og man vil få redusert næringsforholdene i sjøen. Siden det er dominans av mesoeutrofe arter omkring 4250BP, vil det si at det har vært eutrofe – hypereutrofe næringsforhold i perioden før 4250BP. Men siden indifferente arter ikke kan leve i hypereutrofe forhold, vil det her være snakk om en overgang fra eutrofe til mesoeutrofe næringsforhold i vannmassene.

At det er en dominans av arter med behov for kontinuerlig høyt oksygenbehov i vannmassene, samtidig som den dominerende planktonarten i de dypere vannmassene er eutrof, bygger opp under teorien om at man har en overgang fra eutrofe til mesoeutrofe næringsforhold i Dagsjøen omkring 4250BP. Dette er trolig en respons på at grunnvannsgjennomstrømningen i Dagsjøen har avtatt omtrent 4250BP. Dette stemmer godt overens med at Bøe (1997) skriver at det kan ha vært en senkning av vannstanden i Bonntjern og Svenskestutjern i perioden 4250-4000BP, og at Bakken (1997) skriver at det kan ha vært en senkning av vannstanden i Skånetjern omtrent 4300BP.

Kraftige oppblomstringer av *A. formosa* kan i følge Hughes & Lund (1962) oppstå som en respons på økt tilførsel av fosfat. At man har en kraftig økning av alkalifile arter samtidig med en kraftig nedgang av circumnøytrale arter kan bekrefte denne teorien, da man vet at når pH stiger over 8 så vil fosfat frigis fra sedimentet over til vannmassene. Samtidig vil en kraftig oppblomstring av *A. formosa* føre til at store mengder silika i vannmassene inkorporeres i cellene (Hughes & Lund 1962). Oppblomstringen av *A. formosa* vil stoppe opp når silika innholdet i vannmassene reduseres til omtrent 0,5mg/l.

Omkring 4200BP er det en endring i dominerende planktonart, til *Cyclotella kuetzingiana*. Jeg vil anta at *C. kuetzingiana* ikke krever like mye silika som *A. formosa* og at dette er årsaken til at man får en oppblomstring av denne arten når forholdene ikke lenger ligger til rette for vekst av *A. formosa*. Bøe (1997) skriver i sin oppgave: "At vi har en flora



som er så dominert av plankton (særlig *Cyclotella kuetzingiana*) kan ifølge Wolin (1996) tolkes som et tegn på at vi har hatt forholdsvis dypt vann og stabile vannmasser i innsjøen, i og med at *C. kuetzingiana* ofte finnes som komponent i det dype klorofyllaget, og vanligvis ikke finnes i veldig grunt vann (Wolin 1996).” Siden *C. kuetzingiana* opptrer sammen med mesotrofe og eutrofe planktoniske arter i Svenskestutjern, kan man anta at denne arten trives i forholdsvis næringsrike vannmasser (Bøe 1997). Av denne grunn kan man også anta at det er høy primærproduksjon i Dagsjøen. En endring i surhetsgrad, hvor man får en høyere dominans av circumnøytrale arter i forhold til alkalifile arter, kan indikere at den bakterielle nedbrytningen av organisk materiale har en svak økning. At man får en økning i den bakterielle nedbrytningen kan resultere i at oksygenmetningen i vannmassene avtar noe.

Cole (1994) forteller at studier fra Lake Michigan (Schelske & Stoermer 1972) og Laurentian Great Lakes (Schelske 1975) viser at en tilførsel av fosfor stimulerer veksten av diatomeer, som igjen bruker mye silika etter hvert som bestanden øker. Etter vekstsesongen vil diatomeene synke nedover i vannkolonnen og mye av deres silikaholdige materiale vil nå sedimentet før det nedbrytes. Noe vil også begraves i sedimentet og forsvinner dermed fra silikasyklusen i de åpne vannmassene. Alger uten silika vil nå få muligheten til å utkonkurrere diatomeene i vannmassene. Forfatterne (Schelske & Stoermer) har notert seg at det i løpet av de siste 40 årene, i Lake Michigan, har vært en gradvis nedgang av silika i vannmassene. Dette har resultert i at dominansen av diatomeene nylig har avtatt samtidig som blågrønnalgene har blitt mer utbredt i vannmassene. Dominansen av fytoplankton (for eksempel blågrønnalger) fører til at vannmassene blir grumsete, noe som reduserer den fotiske sonen i vannmassene betydelig. At det fremdeles er en stor produksjon av fytoplankton, fører til at store mengder organisk materiale blir avsatt på sjøbunnen. Nedbrytningen av dette materialet krever mye oksygen, noe som vil føre til at vannmassene blir redusert med hensyn på oksygen. En slik situasjon hvor vannmassene blir tømt for silika er et tegn på naturlig eutrofiering av innsjøen, siden fytoplanktonet vanligvis domineres av diatomeer. Jeg vil derfor anta at dette har skjedd i Dagsjøen i perioden rundt 4050BP, og at det er derfor denne prøven er så fattig på diatomeer og at det kun er 50% oksygenmetning i vannmassene rundt 3850BP.

Resten av sone I er dominert av eutrofe planktonarter opp til ca. 3650BP. Man får et skifte fra dominans av *Cyclotella aff. pseudostelligera* (ca. 3900BP), til *C. comta* (ca. 3800BP) og så tilbake til *C. aff. pseudostelligera* igjen i toppen av sonen (ca. 3650BP). *C. aff.*

*pseudostelligera* trives under circumnøytrale forhold, når det er over 50% oksygenmetning i vannmassene, mens *C. comta* som trives under alkalifile forhold, har ukjent oksygenbehov. At det igjen er oppblomstringer av diatomeer tyder på at man har fått ny tilførsel av silika til vannmassene. Tilførsel av silika får man ved oppløsning av silika skall (fra døde organismer) i vannkolonnen og sedimentet, samt ved økt tilførsel av grunnvann. At man får dominans av *Cyclotella aff. pseudostelligera* er trolig en respons på økt tilførsel av ammonium, som kan frigis fra sedimentet til vannmassene ved lave oksygenkonsentrasjoner (kapittel 7.1).

Høy primærproduksjon i en vannmasse med en oksygenmetning i overkant av 50% indikerer at forbruket av oksygen i forbindelse med bakteriell nedbrytning er større enn tilførselen av oksygen ved fotosyntese. Høy produksjon av CO<sub>2</sub> ved bakteriell nedbrytning av organisk materiale kan, som sagt, være med på å redusere pH i vannmassene. En kraftig reduksjon av alkalifile arter, sammen med en kraftig økning av circumnøytrale arter bekrefter denne teorien.

Organismer som lever i littoralsonen kan også oppleve perioder med underskudd på oksygen i løpet av sommeren (Brönmark og Hansson 1991). I grunne områder med høy tetthet av primærprodusenter, vil oppløst oksygen følge en syklus, hvor fotosyntesen i løpet av dagen er så høy at man får 100% oksygenmetning i vannmassene og forbruket av oksygen til bakteriell nedbrytning om natten er så stort at oppløst oksygen blir bortimot utryddet i littoralsonen. Dette vil medføre at andelen epifytter reduseres i vannmassene. At man rundt 3900BP og ca. 3650BP har dominans av over 85% plankton, mens epifyttbestanden er redusert til drøyt 6% er en indikasjon på at dette kan ha forekommet i Dagsjøen.

Av dette kan man anta at man rundt 3900BP har fått en økning i næringstilførselen, som følge av en kraftigere grunnvannsgjennomstrømning i Dagsjøen, noe som igjen er en respons på en stigning i grunnvannsnivået i Gardermoenakviferen.

Omtrent 3750BP er det dominans av den eutrofe planktonarten *Cyclotella comta*. Det er vanskelig å si noe om oksygenmetningen i sjøen på denne tiden, på grunn av en stor andel arter med ukjent oksygenbehov, men jeg kan se at det er en økning av arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov. At oksygenmetningen øker, er et tegn på at den bakterielle nedbrytningen av organisk materiale avtar. At den bakterielle nedbrytningen i littoralsonen avtar, vil også medføre at man får en økning i epifyttbestanden. En endring fra dominans av circumnøytrale til alkalifile arter, støtter teorien om at man har en økning av oksygentilførsel via fotosyntese, i forhold til oksygenforbruket ved bakterielle nedbrytningen i sjøen. En reduksjon av den

bakterielle nedbrytningen vil oppstå når primærproduksjonen avtar i sjøen som følge av en redusert næringstilførsel. At man får en større andel mesoeutrofe arter i denne prøven, kan tyde på at næringstilførselen er noe redusert her i sammenligning med 3900BP. Til tross for en stor andel arter med ukjent nitrogenopptak og metabolisme, kan jeg også antyde en kraftig økning i nitrogen autotrofe arter. Dette er med på å støtte opp under teorien om at næringstilgangen har avtatt i Dagsjøen rundt 3750BP, som en følge av en redusert grunnvannsgjennomstrømning som skyldes en senkning av grunnvannstanden i Gardermoenakviferen.

Rundt 3650BP får man tilnærmet samme forhold som man hadde i sjøen rundt 3900BP. Dominans av den eutrofe plankton arten *Cyclotella aff. pseudostelligera*, indikerer at næringstilførselen til Dagsjøen igjen har steget. En økning i arter som tåler et forhøyet innhold av organisk bundet nitrogen bekrefter at dette er tilfellet. En tilbakegang av epifytter og andel arter med kontinuerlig høyt oksygenbehov indikerer at man igjen har en situasjon hvor forbruket av oksygen, i forbindelse med bakteriell nedbrytning av akkumulert organisk materiale, er større enn tilførselen av oksygen ved fotosyntese. Høy produksjon av CO<sub>2</sub> ved bakteriell nedbrytning av organisk materiale kan, som sagt, være med på å redusere pH i vannmassene. En kraftig reduksjon av alkalifile arter, sammen med en kraftig økning av circumnøytrale arter er igjen med på å bekrefte denne teorien. Av dette kan man se at man igjen får en økt grunnvannsgjennomstrømning i Dagsjøen, som en følge av at grunnvannstanden i Gardermoenakviferen stiger.

For å underbygge en slik endring av grunnvannstanden i Gardermoenakviferen ytterligere, har jeg sammenliknet pollenanalysen fra Dagsjøen (163m.o.h.) (Høeg 2004) med pollenanalyser fra tre andre tjern i det samme området (Høeg 1997); Svenskestutjern (197,5m.o.h.), Bonntjern (195,5m.o.h.) og Skånetjern (190,5m.o.h.). I Svenskestutjern er det i perioden 4200-3900BP en stigning i bjørkekurven, som sammenfaller med en reduksjon i furukurven. Dette kan i følge Høeg (1997) være et tegn på at grunnvannstanden har blitt lavere i området. Pollendiagrammet fra Bonntjern viser også en kraftig økning av bjørkepollen i perioden fra ca. 4300-3700BP, men her er nedgangen i furu noe mindre markert enn i Svenskestutjern. Også pollendiagrammet fra Skånetjern viser en stigning i bjørkekurven fra ca. 4600-3800BP, men her er nedgangen i furukurven enda mindre markert enn den var i Bonntjern. Årsaken til at nedgangen i furukurven er mer markert i Svenskestutjern i forhold til de andre tjerna, er trolig at Svenskestutjern ligger 2m høyere enn

Bonntjern og 7m høyere enn Skånetjern. Jeg vil også anta at bjørka har en hurtigere respons på slike endringer i grunnvannsnivået enn det furu har, og at det er årsaken til at furukurven avtar mer gradvis enn bjørka stiger i de områder hvor senkningen av grunnvannet ikke er like markant. En reduksjon i grunnvannstanden vil derfor først kunne spores i Svenskestutjern, deretter vil den kunne spores i Bonntjern og Skånetjern etter hvert som grunnvannstanden senkes ned mot (og eventuelt under) henholdsvis 195.5 og 170.5m.o.h.. På samme grunnlag vil man først få en respons på en stigning av grunnvannet i Skånetjern, deretter i Bonntjern og til slutt i Svenskestutjern. Ved å studere pollendiagrammene til Høeg (1997) ser man at bjørkekurven er på retur etter et maksimum ca. 3900BP i Skånetjern, og ca. 3700BP i Bonntjern og Svenskestutjern. Samtidig får man en tilsvarende stigning i furukurven til alle de tre tjernene. I Dagsjøen har man i perioden frem til ca. 3700BP svingninger i bjørkekurven og furukurven som ikke kan benyttes til å tolke endringer i vannstanden. Først i perioden fra ca. 3700-3600BP har man en nedgang i bjørkekurven, samtidig som det er en stigning i furukurven. Dette kan være en indikasjon på at grunnvannstanden i området øker. Dette stemmer godt overens med at de diatomèfloristiske endringene viser en stigning i grunnvannsgjennomstrømningen fra 3750-3650BP. At man ikke ser en respons (med hensyn på bjørk/furu pollen) av grunnvannssenkningen i Dagsjøen, er trolig fordi Dagsjøen ligger betydelig lavere enn de andre sjøene i grunnvannspeilet. Disse endringene i pollendiagrammene fra Svenskestutjern, Bonntjern og Skånetjern, sammenfaller med endringen i Dagsjøens diatomèflora, som tilsier at det har vært senkning av grunnvannet i perioden omtrent 4250BP, en stigning rundt 3900BP, før grunnvannet igjen er på retur ca. 3750BP. Til slutt har man igjen en liten økning av grunnvannstanden rundt 3650BP. Like etter dette har man en overgangssone fra et planktondominert samfunn til et epifyttdominert samfunn, hvor *F. brevistriata* dominerer over *C. comta* til tross for at det er en svak planktondominans. Siden det er dominans av arter med ukjent oksygenbehov i denne overgangssonen kan jeg ikke si noe sikkert om oksygenmetningen i vannmassene, men en økning av arter med behov for 100% oksygenmetning indikerer at oksygeninnholdet i vannmassene har steget noe. En økning av oksygenmetningen i vannmassene, sammen med en endring fra circumnøytrale til alkalifile arter, indikerer at forbruk av oksygen ved bakteriell nedbrytning av organisk materiale har avtatt i forhold til oksygentilførsel via fotosyntese. En økning av arter som tåler små mengder av organisk bundet nitrogen, kan bekrefte at den bakterielle nedbrytningen av akkumulert organisk materiale har avtatt i vannmassene. Dette

indikerer at primærproduksjonen i sjøen har avtatt noe, som en respons på redusert næringstilførsel. Alt dette er en indikasjon på at grunnvannsgjennomstrømningen har avtatt noe rundt 3640BP.

I sone II er det nesten totalt fravær av plankton. I denne perioden, fra ca. 3550-3300BP, er det relativt stabile forhold i vannmassene. En dominans av epifytter er igjen en indikasjon på at det igjen er utpreget vannvegetasjon i Dagsjøen. Langskuddsvegetasjon og flytebladsplanter vil redusere den fotiske sonen også i de dypere delene av sjøen, slik at forholdene ikke ligger til rette for vekst av planktoniske diatomeer.

Årsaken til at man får tilvekst av langskuddsvegetasjon og epifytter i Dagsjøen, er igjen økt tilførsel av kalkrikt grunnvann. Økt grunnvannstilførsel er et resultat av at grunnvannsnivået i Gardermoenakviferen har steget.

At det er dominans av arter med behov for 100% oksygenmetning i vannmassene tilsier at det er høy primærproduksjon i sjøen, som følge av en høy næringstilførsel. En høy primærproduksjon fører igjen til at man har en høy pH, og dersom pH blir høyere enn 8 kan man igjen få tilførsel av fosfat fra sedimentet. Dette vil føre til en oppblomstring av diatomeer. Omkring 3540BP er det økning i dominans av alkalifile arter, samtidig med en liten økning i alkalibionte arter. Dette kan, sammen med en liten økning av arter med behov for 100% oksygenmetning i vannmassene, tyde på at det har vært en økt tilførsel av fosfat fra sedimentet. En påfølgende oppblomstring av diatomeer kan resultere i at vannmassene på ny blir redusert med hensyn på silika, noe som igjen kan resultere i en dominans av for eksempel grønnalger i sjøen. Dette kan være årsaken til at man rundt 3200BP (begynnelsen av sone III) har få diatomeer i prøven. Opptreden av arter med lavt oksygenbehov i vannmassene i perioden før og etter 3200BP, kan indikere at det har vært en svak reduksjon av oksygenmetningen, som følge av økt bakteriell nedbrytning i denne perioden.

Pollendiagrammet til Høeg (2004) bekrefter at man har *Pediastrum* (grønnalge) i kjernen på dette tidspunktet, og at det i tillegg er forekomst av *Botryococcus* (grønnalge) rundt 3300BP. Pollendiagrammene fra Skånetjern og Bonntjern (Høeg 1997) viser også at bjørkekurven avtar, samtidig som furukurven øker henholdsvis i perioden 3900-3250BP og 3700-3000BP. Pollendiagrammet fra Svenskestutjern har mindre markerte endringer, enn de andre to tjerna, i denne perioden. Dette er en indikasjon på at man har hatt en heving av grunnvannstanden, men ikke så kraftig at det har gitt klare utslag i Svenskestutjern. Av pollendiagrammet til Dagsjøen ser jeg at det er en økning i bjørkekurven, sammen med en

nedgang i furukurven i perioden fra 3600-3300BP. En økning av grunnvannsgjennomstrømningen i området rundt Dagsjøen, som ikke er så kraftig at røttene til bjørkebestanden vil drukne, kan kanskje føre til at man kan få økt tilvekst av bjørk. Altså har man hatt en økning av grunnvannsgjennomstrømningen i Dagsjøen i perioden 3550-3300.

Sone III innledes altså med en prøve (ca. 3200BP) som inneholder få diatomeer. Pollendiagrammet til Høeg (2004) viser at det er en del *Pediastrum* i perioden 3500-3300BP. Dette kan bekrefte teorien om at grønnalgene har tatt over dominansen i Dagsjøen i denne perioden. I følge Aagaard, Bækken og Jonsson (red.) (2002) lever *Pediastrum duplex* i eutrofe – hypereutrofe vannmasser.

I perioden fra ca. 3100-2900BP er det igjen en dominans av den eutrofe planktonarten *Cyclotella comta*. En overgang fra en slik diatoméfri periode, til nesten total dominans av *C. comta* rundt 2900BP kan indikere at grønnalge bestanden i sjøen har blitt kraftig redusert på denne tiden. Pollendiagrammet til Høeg (2004) bekrefter at det er bortimot ingen forekomst av *Pediastrum* i kjernen på dette tidspunktet. At det er en økning av *C. comta* i perioden 3100-2900BP, samtidig som man får en reduksjon av epifytter fra 11,6 – 5,2 % kan indikere at næringstilførselen har økt og at oksygenforbruket ved den bakterielle nedbrytningen overstiger oksygentilførselen ved fotosyntesen. Dette fører til at oksygenmetningen blir for lav til at epifyttene vil trives i Dagsjøen. En økning av eutrofe arter, indikerer at næringstilgangen har økt noe i sjøen. Det er vanskelig å si noe med hensyn på oksygenmetning og nitrogeninnhold i vannmassene, siden det er så kraftig dominans av arter med ukjent oksygenbehov og nitrogenopptak metabolisme. Av de resterende artene kan jeg likevel se at man har hatt en økning av arter med moderat og relativt høyt oksygenbehov i vannmassene, samtidig som det er en økning av arter som tåler forhøyet mengde med organisk bundet nitrogen. Dette kan indikere at oksygenmetningen reduseres i vannmassene, som følge av økt bakteriell nedbrytning av organisk materiale. Det er en kraftig dominans av alkalifile arter i hele sone III. Altså kan dette tyde på at man har hatt en økt grunnvannsgjennomstrømning i sjøen, som følge av at grunnvannivået i Gardermoenakviferen har steget i perioden 3100-2900BP. Dette stemmer godt overens med en av de fire periodene i løpet av sone Bo2 (3900BP-1600BP) med høy grunnvannstand, som Høeg (1997) nevner i sin pollenanalyse fra Bonntjern.

Rundt 2850BP er det en endring til dominans av *C. radiosa*, som har behov for en relativt høy oksygenmetning i vannmassene. Planktonandelen reduseres til 72,4%, mens

epifyttandelen øker til 21,7% (hovedsakelig *F. brevistriata*). Det er vanskelig å si noe om endringer med hensyn på oksygen og nitrogen, siden perioden fra ca. 3100-2900BP var dominert av arter med ukjent oksygen/nitrogen behov. Men jeg ser at det er en økning av arter med relativt høyt oksygenbehov og arter som tåler små mengder med organisk bundet nitrogen, sammenlignet med sone II. Dette indikerer at den bakterielle nedbrytningen av organisk materiale har avtatt noe i Dagsjøen, som følge av en reduksjon av grunnvannsgjennomstrømningen. En reduksjon av eutrofe arter bekrefter at næringstilgangen er redusert i Dagsjøen. At forholdene igjen har blitt mer gunstige for tilvekst av epifytter, kan tyde på at grønnalgebestanden er ytterligere redusert i littoralsonen.

I perioden 2750-2400BP er det vekslinger mellom epifyttedominerte samfunn og planktondominerte samfunn. Rundt 2750BP og 2500BP dominerer indifferente epifytter med kontinuerlig høyt oksygenbehov, mens det rundt 2600BP og 2400BP er dominans av eutroft plankton med relativt høyt oksygenbehov. Slike vekslinger mellom epifytter og plankton er et tegn på at det har vært varierende næringsforhold i sjøen. Alkalifile arter øker til 95% omkring 2500BP, før de rundt 2400BP reduseres til 65,2%. At man da får inn 19,7% alkalibionte arter indikerer at primærproduksjonen har økt kraftig i sjøen.

Pollenanalysen til Høeg (2004) viser en kraftig økning av grønnalgen *Pediastrum* i perioden 2550-2200BP. Samtidig er det en nedgang i bjørkekurven og en oppgang i furukurven. Siden *Pediastrum* trives i eutrofe – hypereutrofe vannmasser, vil jeg anta at en stigning av grønnalger tyder på at vannmassene blir noe mer næringsrike i perioden 2550-2200BP. Tilstedeværelsen av den hypereutrofe planktonarten *Stephanodiscus parvus* i sone III, bekrefter at næringsforholdene i Dagsjøen er noe forhøyet i denne perioden. Og med en maksimumsverdi på 16,7%, kan jeg anta at næringstilgangen var på sitt høyeste rundt 2400BP. Av dette kan jeg anta at det har vært fluktuasjoner i grunnvannsgjennomstrømningen i Dagsjøen i denne perioden, men at hovedtrenden viser en økning i næringstilførselen gjennom hele perioden.

Det er en kraftig reduksjon av *Stephanodiscus parvus* fra ca. 2400-2250BP. Dette tyder på at næringsinnholdet i vannmassene er noe redusert og at man derfor har fått en reduksjon av primærproduksjonen i sjøen i forhold til ca. 2400BP. En reduksjon av primærproduksjonen vil tilsi at næringstilførselen har avtatt, trolig som følge av redusert grunnvannsgjennomstrømning i Dagsjøen.

I perioden 2250-2150BP er det omtrent like stor andel av plankton og epifytter. Det er en svak dominans av eutrofe arter med relativt høyt oksygenbehov (hovedsakelig *C. radiosa*). Også her er det dominans av alkalifile og nitrogen autotrofe arter. I denne perioden er det er relativt stabile forhold i vannmassene med forholdsvis høy primærproduksjon og en del vannvegetasjon i littoralsonen.

I perioden 2050-1950BP øker planktondominansen i kjernen, hvor *C. radiosa* har sitt maksimum (for hele kjernen) på 91,6% i toppen av sonen. På samme tid er det en økning i alkalifile arter og arter med relativt høyt oksygenbehov. En tilnærmet fullstendig dominans av eutrofe planktonarter indikerer at det er høy primærproduksjon i sjøen, noe en økning i alkalifile arter støtter opp under. At det er en økning i arter med relativt høyt oksygenbehov, tyder på at den bakterielle nedbrytningen er noe høyere enn primærproduksjonen i sjøen. At det er nesten totalt fravær av epifytter i denne perioden, kan være en respons på at det i løpet av dagen er så høy fotosyntese at man får 100% oksygenmetning i vannmassene og at forbruket av oksygen til bakteriell nedbrytning om natten er så stort at oppløst oksygen blir bortimot utryddet i littoralsonen. Dette vil medføre at andelen epifytter reduseres i vannmassene. Fravær av oppløst oksygen vil igjen føre til at det heller blir dominans av blant annet grønnalger i littoralsonen. Pollenanalysen til Høeg (2004) viser at det var forekomst av *Pediastrum* i Dagsjøen på dette tidspunktet. Økt primærproduksjon er et resultat av økt næringstilførsel. En økt næringstilførsel kan tilsi at det er en økt grunnvannsgjennomstrømning i Dagsjøen, eller at sjøen som følge av høy pH har fått tilførsel av fosfat fra sedimentoverflaten. Pollenanalysen fra Dagsjøen (Høeg 2004) viser en nedgang i bjørkekurven som sammenfaller med en stigning i furukurven. Dette kan være en indikasjon på at det er økt grunnvannsgjennomstrømning i sjøen i denne perioden. Dette stemmer godt overens med at Bøe (1997), ut ifra diatomèfloraen i Bonntjern, sier at det ser ut som det har vært en gradvis økning av vann-nivået mellom ca. 2600-1800BP.

Jeg vil anta at det er en forhøyet næringstilførsel i perioden frem mot 1800BP. Dette har ført til at vannvegetasjonen i sjøen har utviklet seg ut over større deler av sjøen. I tillegg så kan en økt andel av fytoplankton (for eksempel blågrønnalger), som trives i sjøer med forhøyet næringstilgang, føre til at den fotske sonen i de åpne vannmassene reduseres. Dette fører til en reduksjon av de planktoniske diatomeene. Dette kan være årsaken til at man får en overgang til en sone som har få eller ingen diatomeer i prøvene.



At man får en overgang til total dominans av epifytter i perioden 1100-1000BP, tyder på at det er en velutviklet vannvegetasjon i hele sjøen. En reduksjon av vanngjennomstrømningen i perioden 1800-1130BP vil føre til at primærproduksjonen gradvis avtar, noe som igjen fører til at den bakterielle nedbrytningen av organisk materiale avtar i vannmassene. Noe som igjen vil føre til at oksygenmetningen i vannmassene øker. Denne perioden sammenfaller med to fragmenthorisonter i Bonntjern (Bøe 1997) i perioden 1800-1550BP og 1400-1100BP. Hun har sammenliknet sine resultater med undersøkelser foretatt av Digerfeldt (1988) og Gaillard et al. (1991), som viser at vannivået i grunnvannspåvirkede innsjøer sør i Sverige har blitt redusert en gang i perioden 1800-1200BP, og konkludert med at dette trolig også er årsaken til den utbredte fragmenthorisonten i Bonntjern. Altså er det trolig snakk om en regional senkning av grunnvannstanden i denne perioden.

Omkring 1100BP har man et maksimumsnivå i kurven til *Pediastrum*, samtidig som det er nesten fullstendig dominans av epifytter. Dette kan være en indikasjon på at tilveksten av *Pediastrum* har økt noe i de åpne vannmassene. Da disse trives i eutrofe - hypereutrofe forhold, kan man anta at det er eutrofe forhold i Dagsjøen i denne perioden. At det på ny er få diatomeer omtrent 930BP kan tyde på at det har vært en forhøyet næringstilførsel, som har ført til en endring fra et samfunn dominert av diatomeer, til et samfunn dominert av blågrønnalger/grønnalger. Jeg vil derfor anta at man har hatt en økt vanngjennomstrømning i Dagsjøen i perioden 1100-930. Dette stemmer godt overens med pollenanalysen til Høeg (1997, 2004), som viser en nedgang i bjørkekurven, som sammenfaller med en økning i furukurven i denne perioden.

I perioden 900-830BP får man en økning i plankton samtidig som man har en reduksjon av *Pediastrum*. At planktonet nå domineres av den mesoeutrofe arten *Synedra acus* kan være et tegn på at næringstilgangen er noe redusert i Dagsjøen. At man også får en økning av circumnøytrale arter kan tyde på at det har vært en reduksjon av primærproduksjonen i sjøen, som følge av redusert grunnvannsgjennomstrømning i sjøen. Dette stemmer godt overens med at Bøe (1997) har nevnt i sin oppgave at dominans av littorale arter indikerer at det har vært en senkning av vannstanden i Bonntjern i perioden 900-300BP.

Den neste perioden med få diatomeer varer fra 800-500BP. Jeg vil anta at dette skyldes en forhøyet næringstilførsel i Dagsjøen, som følge av en rask stigning av grunnvannstanden i Gardermoenakviferen. En kraftig primærproduksjon sammen med en forhøyet nedbrytning av organisk materiale, fører til at store deler av vannmassene blir kraftig

reduisert med hensyn på oksygen. Dette vil igjen føre til at man får en reduksjon av antall diatomeer i prøvene. Ingen av pollenanalysene til Høegh (1997, 2004) kan benyttes til å avgjøre om man har hatt en senkning eller stigning av grunnvannstanden i denne perioden.

I begynnelsen av sone V, ca. 400BP, får man en fordobling av planktonforekomsten i prøven, mens epifyttbestanden er den samme som ca. 830BP. Dette kan indikere at sjøen har blitt noe mer næringsrik. At man får en reduksjon av den mesoeutrofe arten *S. acus* bekrefter at primærproduksjonen har økt noe som følge av økt tilførsel av næringsrikt grunnvann. Pollenanalysen til Høeg (2004) viser at man har en nedgang av bjørkekurven, som sammenfaller med en stigning i furukurven i perioden 500-350BP, samtidig som man har et maksimum for *Pediastrum* i 350BP. Dette er en klar indikasjon på at det har vært økt næringstilførsel, som følge av økt grunnvannsgjennomstrømning i denne perioden.

Videre oppover ser man at sone V er, med unntak av sone I, den sonen som har flest arter med behov for moderat oksygenmetning i vannmassene (hovedsakelig *Cyclotella aff. pseudostelligera*). Epifyttene domineres av arter med behov for 100% oksygenmetning vannmassene, mens planktonet domineres av arter med ukjent oksygenbehov (hovedsakelig *S. acus*) og circumnøytrale arter med behov for 50% oksygenmetning i vannmassene. Dette indikerer at det var høy primærproduksjon i vannmassene. Det tyder også på at man har en noe forhøyet bakteriell nedbrytning i de dypere delene av vannmassene. At denne sonen, med unntak av sone I, i tillegg inneholder flest circumnøytrale arter støtter opp under teorien om at det er noe forhøyet bakteriell nedbrytning i Dagsjøen. Man vil få en reduksjon av pH ved økt respirasjon i vannmassene. Høy bakteriell nedbrytning kan også føre til økt tilførsel av ammonium til vannmassene, noe som kan bekreftes ved at dette er den sonen som har flest Nitrogen autotrofe + arter (med unntak av sone I). At man i sone V har vannmasser med høy primærproduksjon, skyldes en forhøyet næringstilførsel i Dagsjøen. Årsaken til dette er trolig en kraftig grunnvannsgjennomstrømning i Dagsjøen, som følge av at grunnvannstanden stiger i Gardermoenakviferen. Dette sammenfaller med Bøe (1997) som sier at det har vært en stigning av vannstanden i Bonntjern i perioden 300-0BP.

## Kapittel 8. Konklusjoner

Ut fra tolkningen i kapittel 7 har jeg kommet til følgende konklusjoner om grunnvannets påvirkning av limnologien (vannkjemien) i en type 4 sjø, som betegnes som en kalkrik Potamogetonsjø, og hvordan disse endringene påvirker diatomèfloraen i vannmassene. Jeg vil også referere til klimaendringer som kan ha forårsaket fluktuasjonene i grunnvannstanden.

1. I en type 4 sjø, som i tillegg betegnes som en kalkrik potamogetonsjø, vil variasjoner i grunnvannstanden gjenspeiles i tilveksten av vannvegetasjonen (særlig langskuddsvegetasjon) i tjernet. Dette vil resultere i variasjoner i forholdet mellom epifytter og plankton i vannmassene. En stigning av grunnvannstanden vil føre til en økning av epifytter i forhold til plankton, mens en redusert grunnvannstand vil føre til at epifytter avtar i forhold til plankton.
2. For diatomeer er trofigrad hovedsakelig en beskrivelse på næringsforholdene i sjøen, fremfor å være et direkte mål på primærproduksjonen. En økning av næringstilgangen i sjøen kan føre til at trofigraden øker, mens en reduksjon av næringstilgangen kan føre til at trofigraden reduseres.
3. Grunnvannsfluktuasjoner vil også føre til endringer i primærproduksjonen i sjøen. Økt tilførsel av næringsrikt grunnvann vil føre til at primærproduksjonen øker i vannmassene, mens en reduksjon av næringsrikt grunnvann vil føre til at primærproduksjonen avtar i vannmassene.
4. Forholdet mellom primærproduksjon og bakteriell nedbrytning av organisk materiale, vil derfor i stor grad styres av fluktuasjoner i grunnvannsnivået. Dette vil gjenspeiles i diatomeenes krav til oksygenmetning i vannmassene. Dersom primærproduksjonen (fotosyntese) overstiger den bakterielle nedbrytningen av organisk materiale (respirasjon) vil man få en oksygenmetning på ca. 100% i vannmassene. Dersom man får en økt næringstilførsel, som følge av en heving av grunnvannstanden, vil en økt primærproduksjon føre til en økning i respirasjonen, noe som resulterer i at man får dominans av arter med behov for 75% oksygenmetning i vannmassene. Dersom man

får en forhøyet næringstilførsel i sjøen, vil nedbrytningen av det organiske materialet føre til et svært høyt oksygenforbruk, noe som resulterer i dominans av diatomeer med behov for 50% oksygenmetning i vannmassene. En reduksjon av grunnvannsgjennomstrømningen vil føre til at respirasjonen vil avta i sjøen, noe som igjen vil føre til at man får en dominans av arter med behov for henholdsvis relativt høy og kontinuerlig høy oksygenmetning i vannmassene.

5. Siden surhetsgraden i sjøen er et mål på hvor kraftig primærproduksjon og bakteriell nedbrytning det er i sjøen, kan grunnvannsfluktuasjoner til en viss grad være med på å styre pH i vannmassene. En økt primærproduksjon kan resultere i økt pH, mens en økt bakteriell nedbrytning kan resultere i en redusert pH. Altså kan en moderat økning av grunnvannstanden føre til en endring fra circumnøytrale til alkalifile vannmasser, mens en forhøyet næringstilførsel i sjøen kan føre til en endring fra alkalifile til circumnøytrale arter i vannmassene.
6. For en stor del kan disse fluktuasjonene i grunnvannstanden relateres til regionale klimaendringer i subatlantisk og subboreal tid. Men det er også noen endringer av diatomèfloraen i Dagsjøen som skyldes lokale variasjoner. Dette skyldes trolig at Dagsjøen ligger forholdsvis dypt i grunnvannspeilet, og at man derfor ikke vil få den samme responsen på endringer i grunnvannsfluktuasjoner, sammenlignet med sjøer som ligger vesentlig høyere i grunnvannspeilet.

## Litteraturliste

- Aagaard, K., Bækken, T. Jonsson, B. (red.) 2002. Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter. – *NINA Temahefte*, **21**, 48pp., NIVA lnr. 4590-2002.
- Alles, E., Nörpel-Schlempp, M. & Lange-Bertalot, H. 1991. Zur Systematik und Ökologie charakteristischer eunotia-Arten (Bacillariophyceae) in elktrolytarmen Bachoberläufen. – *Nova Hedwiga*, **53**, 171-213.
- Anderson, N.J. 1989. A whole-basin diatom accumulation rate for a small eutrophic lake in northern Ireland and its palaeoecological implications. – *Journal of Ecology*, **77**, 926-946.
- Anderson, N.J. 1995 Using the past to predict the future: lake sediments and the modelling of limnological disturbance. – *Ecol. Modell*, **78**, 149-172.
- Anderson, N.J. & Battarbee, R.W. 1994. Aquatic community persistence and variability: A palaeolimnological perspective. I: Giller, P.S.; Hildrew, A.G. & Raffeli, D. (red.), *Aquatic Ecology: Scale, Pattern & Processes*, 233-259. Blackwell Scientific, Oxford.
- Bakken, T.B. 1997. Resent miljøundersøkelse i to nærliggende grytehullsjøer på Romerike, belyst ved diatoméanalyse. Hovedfagsoppgave i Geologi, Universitetet i Oslo, 124s.
- Battarbee, R.W. 1978. Relative composition, concentration and calculated influx of diatoms from a sediment core from Lough Neagh, Northern Ireland. – *Internationale Vereinung für theoretische und angewandte Limnologie. Verhandlungen*, **25**, 9-16
- Battarbee, R.W. 1984. Diatom analysis and the acidification of lakes. – *Philisophical Transactions. Royal Society of London.*, **B 305**, 451-477.
- Battarbee, R.W. 1986. Diatom analysis. I : Berglund, B.E. (red.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, 527-569. John Wiley & Sons, New York.
- Benn, D.I. og Evans, D.J.A. 1998. *Glaciers & Glaciation*. John Wiley & Sons, inc. New York.
- Bjørlykke, K. 2001. Sedimentologi og petroleumsgeologi. Gyldendal yrkesopplæring, Oslo. 334s.
- Bjørlykke, K.O. 1912. Om grytehol og pytflatedannelse paa Romerike. – *Skr. Norske Vidensk.. Akad.*, **1**, 1912 : 4.
- Boman, E. 1975. En undersøkelse av hydrografi og primærproduksjon i Dagsjøen og Vilbergstjern. Hovedfagsoppgave i limnologi, Universitetet i Oslo, 181s.

- Brandrud, T.E. 1994. Vannvegetasjonen i verneverdige grytehullsjøer på Romerike. Status, verneverdi og trusselfaktorer. Norsk institutt for vannforskning, upublisert rapport. 15 s.
- Brandrud, T.E. 1995. Vannvegetasjonen i verneverdige grytehullsjøer på Romerike: status, verneverdi og trusselfaktorer. – *NIVA – RAPPORT*, **O-94231**, 22 bl.
- Brandrud, T.E. 2002. Vannvegetasjonen i verneverdige grytehullsjøer på Romerike. Status, verneverdi og trusselfaktorer. – *NIVA – RAPPORT*, **O-94231**, 25 s.
- Brasier, M.D. 1996. Microfossils. University of Oxford. Chapman & Hall, London.
- Brettum, P. 1994. Referanseundersøkelser av grytehullsjøene i Gardermoen- området 1993. – *NIVA – RAPPORT*, **0-93150**, 116s.
- Brönmark, C. & Hansson, L.-A. 1998. The Biology of Lakes and Ponds. Oxford University Press inc., New York.
- Bøe, K. 1997. Postglasiale miljøforandringer og utvikling av to nærliggende grytehullsjøer på Romerike, belyst ved diatoméanalyse. Hovedfagsoppgave i Geologi, Universitetet i Oslo, 116s.
- Cholnoky, B.J. 1968. Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern (The ecology of diatoms in inland waters). 699s., J. Cramer, Lehre.
- Cleve-Euler, A. 1951-55. Die Diatomeen von Schweden und Finland 1-5.-Kungliga Svenska Vetenskapsakademi, *Handlingar*. Serie **4**, 2:1, 4:1, 4:5, 5:4 og 3:3.
- Cole, G.A. 1994. Textbook of Limnology. Waveland Press, Illinois, 381 s.
- De Wolf, H. 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Mededelingen – Rijks Geologische dienst*, **36-2**, 95-99.
- Denys, L. 1991. A checklist of the diatoms of Holocene deposits of the Western Belgian coast plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. Belgische Geologische Dienst, Brussels.
- Digerfeldt, G. 1986. Studies on past lake-level fluctuations, I: Berglund, B.E. (red.), Handbook of Holocene Palaeoecology and palaeohydrology, 127-143. John Wiley & Sons, New York.
- Digerfeldt, G. 1988. Reconstruction and regional correlation of holocene lake-level fluctuations in Lake Bysjön, South Sweden. *Boreas*, **17**, 165-263.
- Elster, H.J. 1958. Das limnologische Seetypensystem, Rückblick und Ausblick. – *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie. Verhandlungen*, **13**, 101-120.

- Englund, J.-O. og Haldorsen, S. 1994. Grunnvann, 89 s.
- Erikstad, L. 1994. The building of an international airport in an area of outstanding geological diversity and quality. I : O'Halloran, D., Green, C., Harley, M. & Knill, J. (red.), 1994. Geological and Landscape Conservation. Geological Society, London, 47-51.
- Erikstad, L. & Halvorsen, G. 1992. Områder med nasjonal og internasjonal naturverdi ved Hauerseterrinnet, Akershus fylke. – *NINA oppdragsmelding*, **136**, 26s.
- Florin, M.-B. 1984. Något om kiselalger och kiselalgforskning. – *Svensk bot. Tidskr.*, **78**, 277-292.
- Frost, T.M., De Angelis, D.L., Bartell, S.M., Hall D.J. & Hurlbert, S.H. 1988. Scale in the design and interpretation of aquatic community research. I: Carpenter, S.R. (red.) Complex Interactions in Lake Communities, 229-258. Springer Verlag, New York
- Fuller, M.L. 1914. The geology of Long Island, New York. – *United States Geological Survey. Professional Paper*, **82**, 231 s.
- Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvernavdelingen, 1995. Forslag til verneplan for natur og landskap ved Gardermoen – Hauerseterrinnet. Vern som avbøtende miljøtiltak i forbindelse med utbyggingen av ny hovedflyplass på Gardermoen. 55s.
- Fægri, K. & Iversen, J. 1975. Textbook of Pollen Analysis. 3 rev. ed. Munksgaard, Copenhagen.
- Gaillard, M.J., Dearing, J.A., El-Daoushy, F., Enell, M. & Håkansson, H. 1991. A late Holocene record of land-use history, soil erosion, lake trophy and lake-level fluctuations at Bjæresjösjön (South Sweden). – *Journal of Paleolimnology*, **6**, 51-81.
- Gvein, Ø., Sverdrup, T.L. og Skålvoll, H. 1973. Hamar Ø: Foreløpig berggrunnskart. – *Norges Geologiske Undersøkelse*, **NP 31**, 32-16.
- Halvorsen, G., Sloreid, S.-E., Sporsheim, P. & Walseng, B. 1994. Ferskvannsbiologiske undersøkelser av grytehullsjøene i Gardermo-området. – *NINA Forskningsrapport*, **57**, 1-42.
- Harrison, S.P. og Digerfeldt, G. 1993. European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. – *Quaternary Science Reviews*, **12**, 233-248.
- Haugen, O. 1998. Overvåkning av grunnvannskvalitet ved Danielsetertjern, Øvre Romerike. Hovedfagsoppgave i Geologi, Universitetet i Oslo, 175s.
- Holtedahl, O. 1924. Studier over isrand terrassene syd for de store østlandske sjøer. – *Skr. Norske Vitenskapelige Akademi*, **14**, 1-110.

- Holtedahl, O. 1953. Norges geologi. – *Norges Geologiske Undersøkelse*, **164 (bind 2)**, 645-686.
- Holtedahl, O. 1960. Marine deposits of the Oslo-fjord-Romerike District. I : Holtedahl, O. (red.), *Geology of Norway*, s. 374-389. – *Norges Geologiske Undersøkelse*, **208**.
- Hongve, D. 1977. The ionic composition of lakes fed by groundwater and precipitation in the upper Romerike District. – *Nordic Hydrology*, **8**, 141-146.
- Hongve, D. 1992. ”Verneverdige innsjøer i Gardermoområdet”. – *Vann*, **Nr.1**, 1992.
- Hongve, D. & Løvstad, Ø. 1991. Verneverdige innsjøer i Gardermo-området. – Limnoconsult. Upublisert rapport. 43s.
- Hughes, J.C. & Lund, J.W.G. 1962. The rate of growth of *asterionella formosa* Hass. In relation to its ecology. – *Archives of Microbiology*, Volume 42, Number 2. Springer Berlin/Heidelberg, 117-129.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). I: Pascher, A. (red.): Die Süßwasser Flora Mitteleuropas 10. Jena, 366s.
- Hustedt, F. 1939. Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra nach dem Material der Deutschen Limnologischen Sund-Expedition. – *Arch. Hydrobiol., Suppl.*, **16**, 1-155, 187-295, 274-394, 393-506
- Hustedt, F. 1957. Die diatomeenflora des Flusssystem der Weser im Gebiet der Hansastadt Bremen. – *Abhandlungen - Naturwissenschaftlicher Verein zu Bremen*, **34**, 181-440.
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology. Volum 1. Geography, Physics and chemistry. John Wiley & Sons, inc. New York, London.
- Høeg, H.I. 1997. Pollenanalytiske undersøkelser på Øvre Romerike: Ullensaker og Nannestad, Akershus fylke: Gardermoprojektet. – *Varia*, **46**. Universitetes oldsaksamling, Oslo. 147s.
- Høeg, H.I. 2004. Pollenanalytiske undersøkelser av Dagsjøen i Ullensaker, Akershus. Upublisert rapport. 9 s.
- Håkansson, L. 1982. Bottom dynamics in lakes. I: Sly, P.G.(red.). *Sediment/freshwater interaction*, s. 1-22. Junk, The Hague.
- Jørgensen, P., Stuanes, A. og Østmo, S.R. 1991. Aqueous geochemistry of the Romerike area, southern Norway. – *Norges Geologiske Undersøkelser*, **Bulletin 420**, 57-67.
- Jørgensen, P. og Østmo, S.R. 1990. Hydrogeology in the Romerike area, southern Norway. – *Norges geologiske undersøkelser*, **Bull 418**, 19-26.



- Kitterød, N.-O. (red.) 2001. Spredning av forurensning i grunnen. En populærvitenskapelig oppsummering av Gardermoenprosjektet. Rapport - Institutt for geologi, Universitetet i Oslo, 77s.
- Kjensmo, J. 1966. Electrolytes in Norwegian Lakes. – *Schweiz. Z Hydrol.*, **28**, 29-42.
- Kolbe, R.W. 1927. Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. Die Kieselalgen des Spenberger Salzgebiets. I R. Kolkwitz. Pflanzenforschung 7. Jena.
- Korol, G. 2005. Diatom flora from the Zhidini section and its palaeogeographic and biostratigraphic significance. – *Geologija*, **T. 49**, p. 29-39. Laboratory of Quaternary Geology, Institute of Geological Sciences, Minsk, Belarus.
- Krammer, K & Lange-Bertalot, H. 1986-1991. Bacillariophyceae. I: Ettl, H., Gerloff, J., Heyneng, H. & Mollenhauer, D. (red.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (1-4). Fisher, Stuttgart.
- Lande, B.I. 1969. Dagsjøen og Vilberg tjern. En limnologisk undersøkelse av to små grytehullsjøer på Romerike. Hovedfagsoppgave i limnologi, Universitetet i Oslo, 154s.
- Lewin, J.C. & Lewin, R.A. 1960. Aoxotrophy and heterotrophy in marine littoral diatoms. – *Can.J.Microbiol.*, **6**, 127-34.
- Longva, O. 1987. Ullensaker 1915 II. Beskrivelse av kvartærgeologisk kart. M 1 : 50 000. – *Norges Geologiske Undersøkelse. Skrifter*, **76**, 1-39.
- Longva, O. og Thoresen, M.K. 1989. The age of the Hauersesterdelta. – *Nor.geol.tidskr.*, **69**, 131-134.
- Longva, O. og Østmo, S.R. 1986. Ullensaker 1915 II. Kvartærgeologisk kart M. 1:15 000. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Lowe, J.J. & Walker, M.J.C. 1999. Reconstructing Quaternary Environments. Longman, Edinburgh. 446s.
- Maher, L.J. 1972. Nomograms for computing 0,95 confidence limits of pollendata. – *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, **13**, 85-93.
- Moismann, J.E. 1965. Statistical methods for the pollen analyst: multinomial and negative multinomial techniques. I: Kummel, B. & Raup, D. (red.). Handbook of Palaeontological Techniques. Freeman, San Fransisco, California.
- Neumann, E. 1921. Einige grundlinien der regionalen Limnologie. – *Binnengewässer*, **11**, 1-176.

- Otnes, J. 1973. Hydrological data – Norden. Romerike, Norway. Norwegian National Committee for the IDH. Data volume 1965-1971.
- Otnes, J. 1975. Hydrological data – Norden. Romerike, Norway. Norwegian National Committee for the IDH. Data volume.
- Parma, S. 1967. Het onderscheiden van watertypen. – *Vakblad voor biologien*, **47**, 141-150.
- Patrick, R. 1945. A taxonomic and ecological study of som diatoms from the Pocono plateau and adjacent regions. – *Farlowia*, **2** (2), 143-214.
- Patrick, R. & Reimer, C. 1966. The diatoms of the United states, exclusive of Alaska and Hawaii. I : Fragilariaceae, Achnathaceae, Naviculaceae. – *Academy of Natural Science, Philadelphia. Monograph*, **13**, 1-688.
- Renberg, I. 1981. Formation, structure and visual appearance of iron-rich varved lake sediments. – *Verhandlungen der Internationale Vereinung für teoretische und angewandte Limnologie*, **21**, 94-101.
- Round, F.E. 1965. The Biology of Algae. Arnold, London.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. The Diatoms. Cambridge university press.
- Schelske, C.L. 1975. Silica and nitrate depletion as related to rate of eutrophication in Lakes Michigan, Huron, and Superior. In Hasler, A.D (ed.). Coupling of land and water systems, p. 277-298, Springer-Verlag New York inc., New York.
- Schelske, C.L. & Stoermer, E.F. 1972. Phosphorous, silica, and eutrophication of Lake Michigan. In Likens, G.E. (ed.). Nutrients and eutrophication: the limiting-nutrient controvercy. ASLO Special Symposia, **1**, p. 157-171. American Society of limnology and Oceanography, Lawrence, Cansas.
- Schroeder, H. 1939. Die Algenflora der Mulde. – *Pflanzenforschung*, **21**, 1-88.
- Schroevers, P.J. 1968. Nogmaals: typologie van wateren. – *Vakblad voor biologien*, **48**, 76-81.
- SINTEF 1994. Vannbalanseberegninger for Gardermoen . – *Grunnvann*, **SFT69 F94007**.
- Sládecek, V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. – *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, **14**, 555-566.
- Strøm, K.M. 1939. Conductivity and reaction in Norwegian lake waters. – *Internat.Rev. Hydrobiol.*, **38**, 250-261.
- Sørensen, R. 1982. Preboreal-Boreal isavsmelting i Sør-Øst Norge. NORDQUA-ekskursjon 1982. Turbeskrivelse. – Rapport 17, 74 s. Department of Geology, Norwegian Agricultural University, Ås.

- Sørensen, R. 1983. Glacial deposits in the Oslo-fjord area. I : Ehlers, J.R. (red.). Glacial deposits in North-West Europe, 19-29. Balkema. Rotterdam.
- Tolonen, K. 1967. Soiden kehityshistorian tutkimusmenetelmistä. II. Turvekairoista. (On methods used in studies on the peatland development. II. On the peat samplers). – *Suo*, **18**, 88-92.
- Tuttle, K.J. 1990. A sedimentological, stratigraphical and geomorphological investigation of the Hauer seter Delta and a hydrogeological study of the Westernlly Øvre Romerike Aquifer. Unpublished Thesis, University of Oslo, 147s.
- Ullensaker kommune, miljøvernvalget, 1994. Grytehullsjøene på Hauer setertrinnet. 31s.
- USGS: Earth Surface Processes.  
<http://climchange.cr.usgs.gov/info/lacs/lead.htm>  
 (Besøkt: 19.04.2005)
- Van Dam, H. 1975. Die invloed van vervuiling, speciaal op epifytisch diatomeeënge meenschappen, in het plassengebied rond Ankveen. – *Lev.Nar.*, **79**, 37-47.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. 1994. A Coded Checklist and Ecological indicator values of Freshwater Diatoms from the Netherlands. – *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **28** (1), 117-133.
- Van den Hoek, C., Mann, D.G. og Jahns, H.M. 1995. Algae: an introduction to phycology. University press, Cambridge.
- Werner, D. (ed.) 1977. The Biology of Diatoms. – *Botanical monographs*, **V: 13**, 284-332.
- Wolin, J. 1996. Late Holocene lake-level and lake development signals in Lower Herring Lake, Michigan. *Journal of Paleolimnology*, **15**, 19-45.
- Worsley, R., Aagaard, P. og Thorsen, T.A. 2003. G250 Grunnvann – en praktisk innføring.
- Østmo, S.R. 1976a. Kort beskrivelse av kvartærgeologisk kart, Gardermoen, 1: 20 000. *NGU-SKR*.
- Østmo, S.R. 1976b. Hydrogeologisk kart over Øvre Romerike. M 1 : 20 000. *Nor. Geol. Unders.*

## **APPENDIKS**

- Appendiks I :
- A. Limnologiske forhold i Dagsjøen
  - B. Grytehullsjøenes trofinivå
  - C. Vannkjemiske undersøkelser av grunnvannet i nærheten av Dagsjøen
  - D. Verneverdi/Verneplan

Appendiks II : Sedimentanalyse

Appendiks III : Pollenanalyse

Appendiks IV : Diatomèanalyse

## **APPENDIKS I :**

- A 1. Linnologiske forhold i Dagsjøen** (fra Lande 1969, Boman 1975, Hongve og Løvstad 1991 og Brettum 1994).
  
- A 2. Beskrivelse av linnologiske forhold i Dagsjøen 1993** (fra Brettum 1994, SFT-veiledning nr. 92 : 06).
  
- B 1. Grytehullsjøenes trofinivå** (fra Brettum 1994).
  
- C 1. Vannkjemiske undersøkelser av grunnvannet i nærheten av Dagsjøen 1968** (fra Lande 1969)
  
- D 1. Verneverdi** (fra Erikstad & Halvorsen 1992, Brandrud 1995, Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995).
  
- D 2. Verneplan/vernekategori** (fra Hongve & Løvstad 1991, Brandrud 1995, Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995).
  
- D 3. Dagsjøen naturreservat** (fra Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995)

## Appendiks I A 1

Tabell 1.1

Resultater fra 4 limnologiske undersøkelser i Dagsjøen (hentet fra Lande 1969, Boman 1975, Hongve og Løvstad 1991 og Brettum 1994).

Dagsjøen	02.07.1968	02.09.1968	30.06.1970	22.09.1970	uke 27 1991	uke 33 1991	29-30/6-1993	20-21/9-1993
Dyp	1	2	1	1	1	1	blandprøve øverste 1,5m	blandprøve øverste 1,5m
Farge mg Pt/l	5 (6/6)	5 (1/10)	50	<5	-	-	-	-
Fargetall	-	-	-	-	6	-	5,3	6,3
Ca mg/l	37	39,6	37,4 (25/7)	-	42,7	-	41	-
H18x10 <sup>6</sup>	-	-	185	197	-	-	-	-
K18x10 <sup>6</sup>	177,8	189,9	-	-	-	-	-	-
Kond. mS/m	-	-	-	-	23,9	24,5	22,7	24
Mg mg/l	2,26	2,55	3,1 (25/7)	-	2,4	-	2,41	-
K mg/l	-	1,5 (6/8)	1,3 (25/7)	-	2,45	-	1,18	-
Alk m.ekv/l	-	1,86 (6/8)	1,91	2,02	-	-	-	-
Alk mg/l	-	-	-	-	1,94	-	-	-
Alk m.mol/l	-	-	-	-	-	-	1,91	2,001
Ph	8,1	7,8	8,33	7,35	8,38	8,12	8,11	7,98
Fe mg/l	0,04mg/l	0,06mg/l	0,07(25/7)	-	0,08	-	-	-
Fe µg /l	-	-	-	-	-	-	91	134
Mn mg/l	0,07	0,05	0,7 (25/7)	-	0,082	-	-	-
Mn µg/l	-	-	-	-	-	-	70	-
Na mg/l	-	3,1 (6/8)	-	-	3,64	-	2,98	-
Ammonium µg /lN	-	-	-	-	-	-	27	44
NH4	-	-	-	-	13	-	-	-
Nitrat µg /lN	-	-	-	-	-	-	132	235
NO2-N µg /l	-	-	<5	<5	-	-	-	-
NO3	-	-	-	-	300	-	-	-
O2 %	115,9	88,2	89,4	28,5	-	-	-	-
O2 ml/l	8,9	7,22	7,03	2,36	-	-	-	-
PO4 - P µg /l	-	82mg/m <sup>3</sup>	<10	230	-	-	-	-
Fosfat µg /l P	-	-	-	-	-	-	2	4
SO4 mg/l	-	10,61 (6/8)	14,1 (25/7)	-	18*	-	-	-
Sulfat	-	-	-	-	-	-	16*	-
Cl mg/l	-	2,68 (6/8)	2,5 (25/7)	-	5	-	4,5	-
Tot-N mg/l	-	-	-	-	0,58	0,46	-	-
Tot-N µg /l N	-	-	-	-	-	-	320	500
Tot - P µg /l P	-	-	-	-	19	31	16	17

\*usikre tall pga  
høy Ca

## Appendiks I A 2:

Beskrivelse av limnologiske forhold i Dagsjøen (Brettum 1994). Diagrammer på side 5 viser variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton ved to tidspunkter i 1993, samt variasjoner i en del fysiske – kjemiske parametere. Forklaringer for de ulike parametrene er gitt på side 6.

### 19. DAGSJØEN

#### Planteplankton (side 102, vedlegg)

Det største planteplanktonvolum ble registrert i prøven fra juni med  $971 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ . På det tidspunktet var planteplanktonsamfunnet helt dominert av gruppen Cryptophyceae ved arter innen slekten *Cryptomonas* og *Rhodomonas lacustris* (+ v. *nannoplantica*). Denne gruppen utgjorde i juni hele 90% av det samlede planteplankton. I september var samfunnet mer sammensatt uten dominans av noen gruppe eller enkeltart.

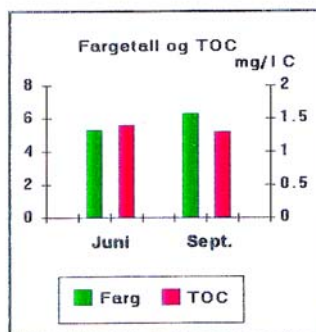
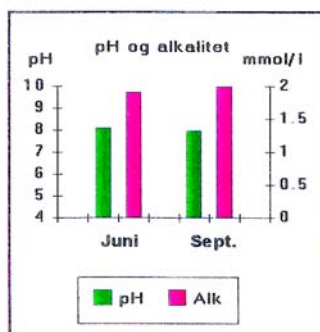
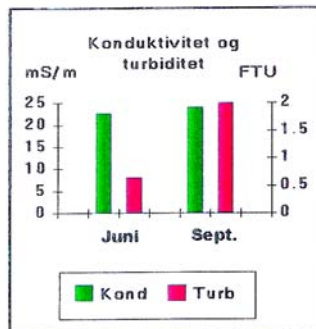
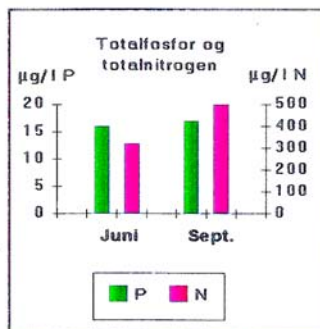
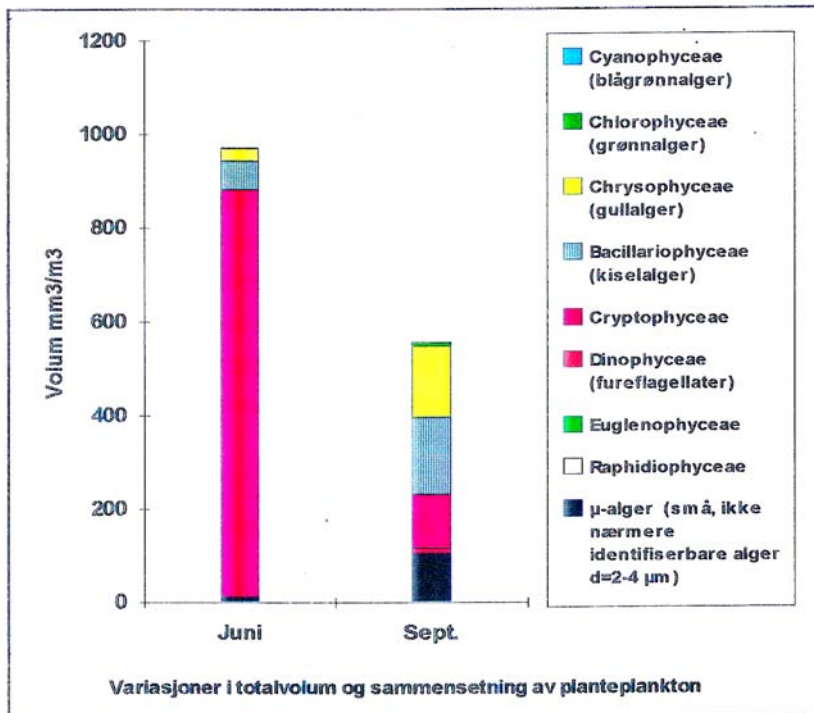
#### Kjemiske og fysiske forhold (side 75-77, vedlegg)

Høye pH-verdier med henholdsvis 8,11 og 7,98. Vannmassene er kalkrike (41 mg/l Ca), og verdiene for **konduktivitet**, 22-24 mS/m, viser at vannet er ionerikt. **Fargetallene** på henholdsvis 5,3 og 6,3, viser klare vannmasser uten humuspåvirkning. **Turbiditet** på 0,65 og 2 FTU, viser et relativt lite partikkelinnhold i vannet. Verdiene for **totalt organisk carbon (TOC)** var meget små, 1,4 og 1,3 mg/l C, som også gjenspeiler at det ikke er noen humuspåvirkning på vannmassene. Det var middels høye verdier for næringssaltinnholdet. **Totalfosfor** ble registrert med 16 og 17  $\mu\text{g/l P}$  (fosfat 2 og 4) og **totalnitrogen** med 320 og 500  $\mu\text{g/l N}$ .

#### Tilstand

Det registrerte maksimum av planteplankton tilsier at vannmassene i Dagsjøen må betegnes som **oligomesotrofe** (overgangsfase mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser). Verdiene for næringssaltene faller inn under tilstandsklasse 3, men verdiene for de andre kjemiske parametrene, også forureningstilstanden, tilsier tilstandsklasse 1. Helhetsinntrykket vil være "mindre god", tilstandsklasse 2.

## 19. Dagsjøen



Variasjoner i en del kjemisk-fysiske parametre



Tabell 1.2

Intervaller for tilstandsklasser som er brukt i vurderinger av innsjølokalitetenes tilstand. (Etter SFT-veiledning nr. 92:06)

Parameter	Tilstandsklasse				
	1 "God"	2 "Mindre god"	3 "Nokså dårlig"	4 "Dårlig"	5 "Meget dårlig"
<u>Næringssalter:</u> Totalfosfor ( $\mu\text{g/l P}$ )	<7	7-11	11-20	20-50	>50
Totalnitrogen ( $\mu\text{g/l N}$ )	<250	250-400	400-550	550-800	>800
<u>Organiske stoffer</u> Totalt org. carbon, TOC ( $\text{mg/l C}$ )	<2.5	2.5-3.5	3.5-6.5	6.5-15	>15
<u>Farge</u> Fargetall	<15	15-25	25-40	40-80	>80
<u>Forsuring</u> pH	>6.7	6.0-6.7	5.3-6.0	4.7-5.3	<4.7
Alkalitet ( $\text{mmol/l}$ )	>0.2	0.05-0.2	0-0.05	0	0
<u>Partikler</u> Turbiditet (FTU)	<0.5	0.5-1	1-2	2-5	>5

Tabell 1.3 Skalaen for vurdering av trofi-nivå ut fra maksimalt registrert totalvolum av planteplankton i en vekstsesong er følgende etter Brettum (1989). (Algemengden gitt som  $\text{mm}^3/\text{m}^3 = \text{mg}/\text{m}^3$  friskvekt.)

Trofinivå	Tilstand	Maks. algevolum ( $\text{mm}^3/\text{m}^3$ )
Ultraoligotrof	(svært næringsfattige vannmasser)	0-200
Oligotrof	(næringsfattige vannmasser)	200-700
Oligomesotrof	(overgangsfase mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser)	700-1200
Mesotrof	(middels næringsrike vannmasser)	1200-3000
Eutrof	(næringsrike vannmasser)	3000-5000
Polyeutrof	(meget næringsrike vannmasser)	5000-10000
Hypereutrof	(svært næringsrike vannmasser)	>10000

## Appendiks I B 1:

### ANTYDNING AV GRYTEHULLSJØENES TROFINIVÅ (Brettum 1994)

(Se skala for vurdering av trofinivå s.6)

<u>Trofinivå</u>	<u>Grytehullsjøer</u>
Ultraoligotrof	Majorsetertjern
Oligotrof	Sørmotjern (nær nedre grense) Flatnertjern Hersjøen (nær øvre grense) Transjøen (nær nedre grense) Mjøntjern Katt-tjern Svenskestutjern Svarttjern
Oligomesotrof	Dagsjøen Nordbytjern Ljøgodttjern
Mesotrofe	Aurtjern Sandtjern Vesletjern Skråttjern Gravtjern
Eutrofe	Fugletjern Danielsetertjern Bakketjern Vilbergtjern
Polyeutrofe	Vollsnepputten Stormåsan Sofrutjern (nær øvre grense) Bonntjern
Hypereutrofe	Nordkulpen Vesle Bakketjern Skånetjern

## Appendiks I C 1:

Resultater fra en vannkjemisk undersøkelse fra en av kildene i skråningene rundt Dagsjøen i 1968. Undersøkelsene er utført av NGU's vannavdeling, og gjengitt i en hovedfagsoppgave i limnolog i 1969 (Lande)

Egenskap	Verdi
Temperatur	4,6 - 5,25
pH	7,6-7,9
K <sub>18x</sub> 10 <sup>6</sup>	183-212
O <sub>2</sub> ml/l	5,00 - 5,69
O <sub>2</sub> %	57,3 - 65,9
Alkalinitet	1,84 - 2,45
Cl mg/l	3,9 - 5,0
SO <sub>4</sub> mg/l	7,5-10,7
Ca mg/l	29,8 - 44,4
Mg mg/l	1,99 - 2,52
K mg/l	0,95 - 1,56
Na mg/l	1,32 - 2,71
Fe µg/l	12,0 - 80,0
Mn µg/l	5,0 - 40,0
Ortofosfat µg P/l	6,0 - 9,0

## **Appendiks I D 1:**

**Retningslinjer for vurdering av limnologisk og botanisk verneverdi. (Erikstad & Halvorsen 1992, Brettum 1994 og Brandrud 1995).**

### **VERNEVERDI**

(Kilde: Erikstad og Halvorsen 1992)

I Naturvernloven er begrepet naturvern definert som ”å disponere naturressursene utfra hensynet til den nære sammenhengen mellom menneske og naturen, og til at naturens kvalitet skal bevares for framtiden”. For en stor del er naturvernarbeidet konsentrert om vern av spesielle naturområder og forekomster, et såkalt klassisk naturvern. Grunnlaget for det klassiske naturvernet er registrering og vurdering av ulike naturområder med tanke på verneverdi. I en slik prosess vurderes en rekke egenskaper ved områdene, og av disse kan man trekke frem sjeldenhet og representativitet som spesielt viktige. Samtidig vil man også vurdere områdenes verdi for vitenskap, undervisning og folk flest.

For å kunne gruppere områdene etter deres verneverdi, skiller man mellom områder av internasjonal, nasjonal, regional og lokal verdi.

### **Limnologiske vernekriterier for grytehullsjøene i Gardermoen-området:**

(Hentet fra Hongve & Løvstad 1991)

- 1) Lokaliteter av typer som er enestående i internasjonal sammenheng
- 2) Lokaliteter som er enestående eller meget sjeldne i nasjonal sammenheng
- 3) Lokaliteter som er viktige for at helheten i gruppen skal ivaretas

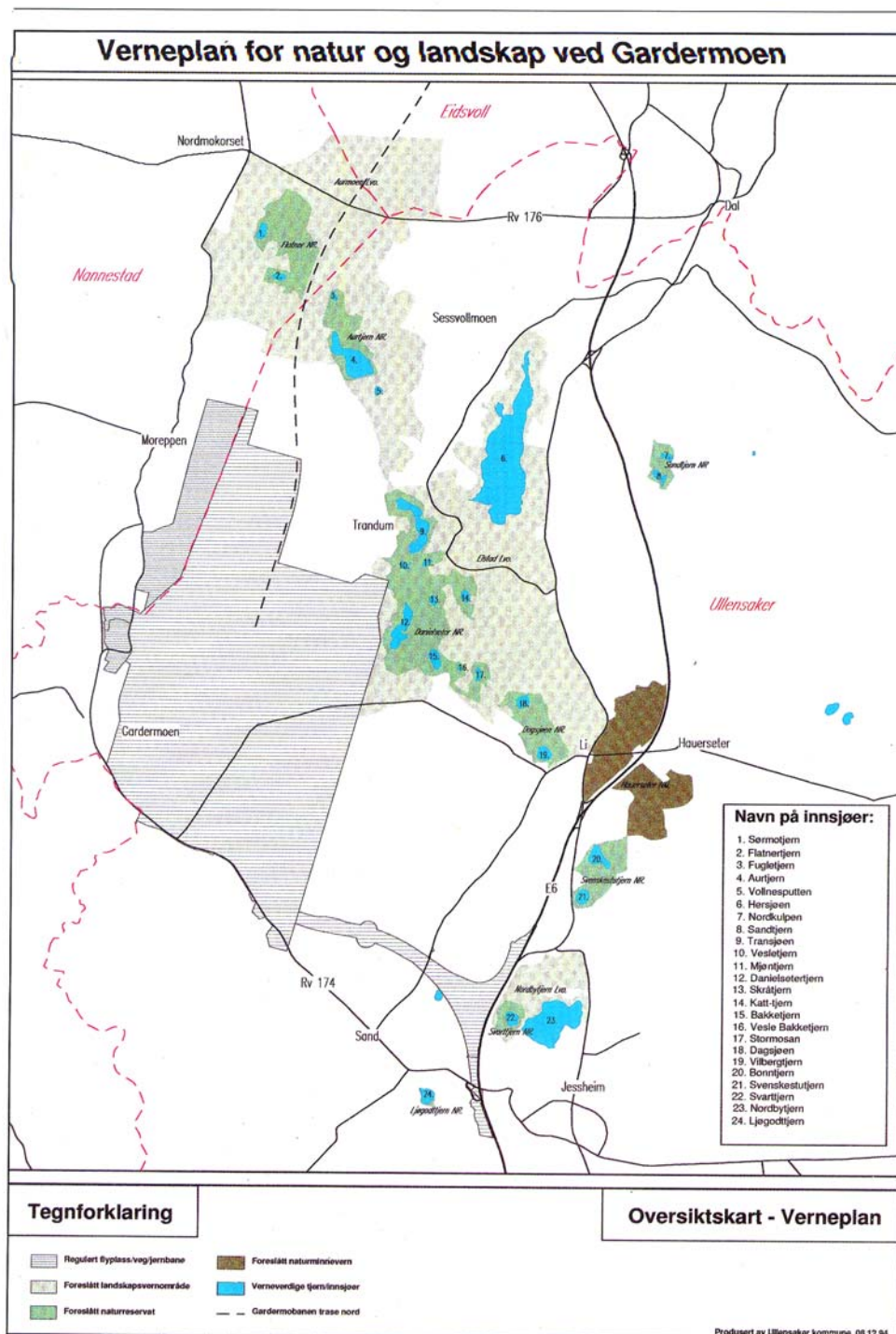
### **Botaniske vernekriterier for 11 grytehullsjøer i Gardermoen-området:**

(Hentet fra Brandrud 1995)

- 1) Forekomst av stabile, intakte, og for norske forhold nærmest unike vannvegetasjonstyper, herunder særlig velutviklede langskuddsvegetasjon.
- 2) Stor artsdiversitet
- 3) Forekomst av sjeldne og truede arter
- 4) Stor variasjon i økologiske forhold og vegetasjonsutforminger som helhet.

## Appendiks I D 2:

Oversiktskart over de ulike verneplanområdene ved Gardermoen (hentet fra Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995). På side 10 er det en oversikt over de ulike verneplanområdene (hentet fra Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995), i tillegg til en inndeling av grytehullsjøene etter botanisk verneverdi (Brandrud 1995) og limnologisk verneverdi (Hongve & Løvstad 1991).



<b>Verneplanområder:</b>
Aurmoen landskapsvernområde
Elstad landskapsvernområde
Nordbytjern landskapsvernområde
Flatner naturreservat
Aurtjern naturreservat
Danielseter naturreservat
Dagsjøen naturreservat
Sandtjern naturreservat
Svenskestutjern naturreservat
Svarttjern naturreservat
Ljøgodttjern naturreservat
Hauersetser naturminne

**Tabell 1.3**

**Verneplanområder ved Gardermoen  
(Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995).**

<b>Navn på innsjøer:</b>	<b>Vernekategori:</b>
Sørmotjern	1
Flatnertjern	1
Fugletjern	2
Aurtjern	1
Vollnesputten	3
Hersjøen	1
Nordkulpen	2
Sandtjern	2
Transjøen	1
Vesletjern	1
Mjøntjern	2
Katt-tjern	2
Danielsetertjern	2
Skråttjern	1
Bakketjern	1
Vesle Bakketjern	1
Stormåsan	1
Dagsjøen	1
Vilbergertjern	1
Bonntjern	2
Svenskestutjern	1
Svarttjern	1
Nordbytjern	1
Ljøgodttjern	1

**Tabell 1.4**

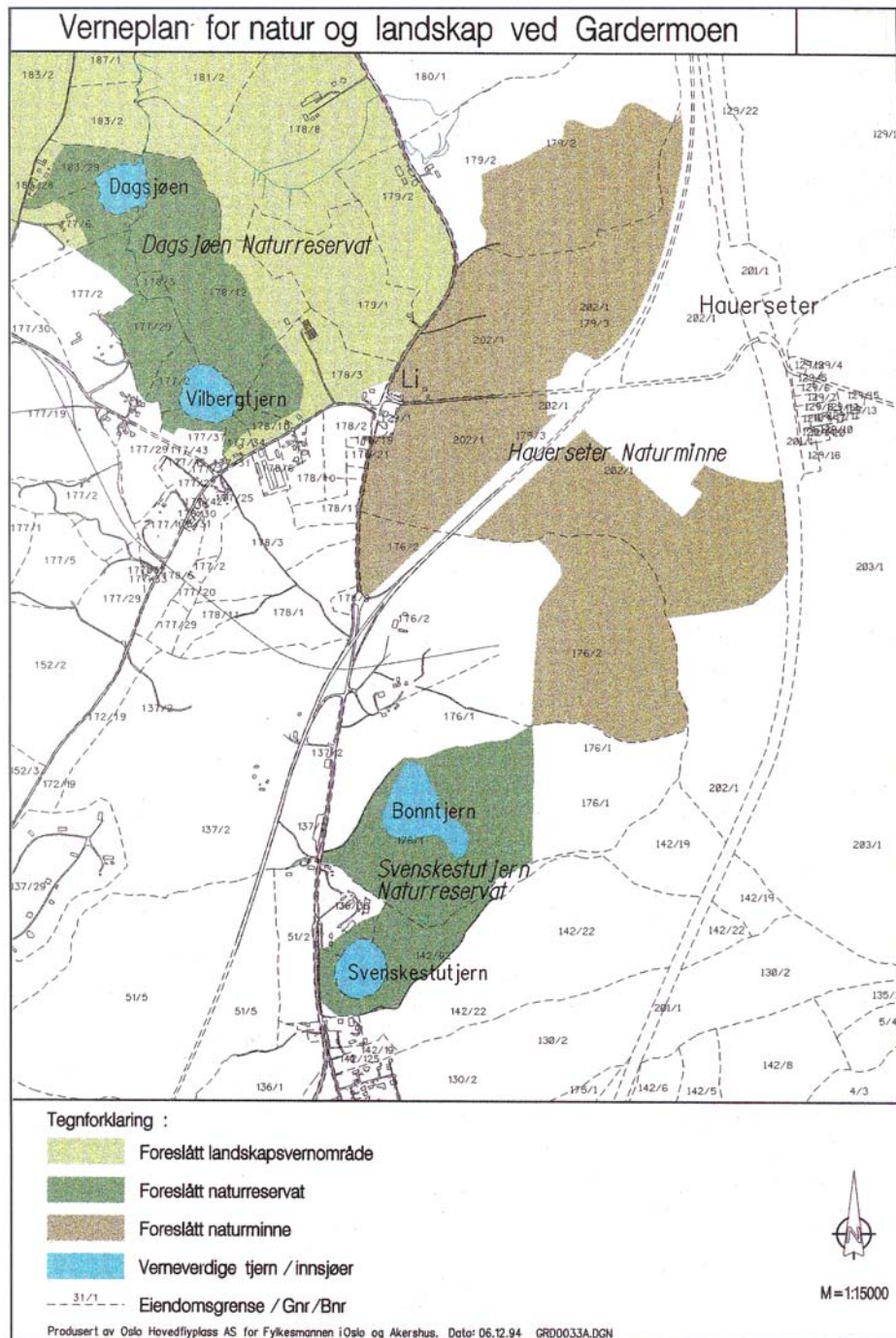
**Grytehullsjøene i Gardermoenområdet  
inndelt etter limnologiske vernekategorier  
(Hongve og Løvstad 1991).**

<b>Internasjonalt verneverdige</b>	Hersjøen
<b>Nasjonalt verneverdige</b>	Nordbytjern
	Transjøen
	Mjøntjern
<b>Regionalt verneverdige</b>	Dagsjøen
	Danielsetertjern
	Ljøgodttjern
<b>Lokalt verneverdige</b>	Skråttjern
	Vesletjern
	Vollnesputten
	Aurtjern

**Tabell 1.5 11 grytehullsjøer inndelt etter  
botanisk verneverdi (Brandrud 1995).**

### Appendiks I D 3:

Oversiktskart som viser Dagsjøen naturreservat På side 12 følger en beskrivelse av Dagsjøen naturreservat og på side 13 følger forslag til forskrift om vern av Dagsjøen naturreservat (hentet fra Fylkesmannen i Oslo og Akershus 1995).



## DAGSJØEN NATURRESERVAT

Kommune: Ullensaker

Kartreferanse (UTM): PM 19, 74-75

Høyde over havet: 160-190 m

Areal: 392 da, derav 44 da vannareal

Berørte eiendommer: 177/2, 177/6, 177/29, 177/34, 177/37, 178/3, 178/10, 178/12, 183/29, 183/28

### Områdebeskrivelse:

Området strekker seg fra Li og Vilberg i sørøst og forbi Dagsjøen i nordvest. Det omfatter Dagsjøen og Vilbergtjern.

### Verneverdier:

Både Vilbergtjern og Dagsjøen er vurdert som internasjonalt verneverdige på grunn av limnologiske egenskaper. Vilbergtjern som kun nedbørspåvirket innsjø, eutrof og med spesiell vannkvalitet. Dagsjøen med meget stor gjennomstrømning av grunnvann, påvirkning av bever og som ionerik, eutrof innsjø.

### Faglig beskrivelse:

Iskontaktskråningen går i gjennom reservatet. En løsmasserygg går ut fra iskontaktskråningen nord for Vilbergtjern. Det er relativt tett med dødisgroper i området.

Dagsjøen og Vilbergtjern ligger i to dødisgroper på hver sin side av iskontaktskråningen. Selv om det bare er noen få hundre meter mellom dem, representerer de to helt ulike innsjøtyper.

Vilbergtjern har hverken grunnvannskontakt eller tilløp/utløp, og er derfor bare nedbørpåvirket (hydrol. type 1). Dagsjøen derimot har store kildeframsprang og grunnvannskontakt og utløp til Hersjøen via Bjørtombekken (hydrol. type 4). Begge er karakterisert som næringsrike og relativt produktive.

I Dagsjøen finnes det en liten bestand med bever, som har bygd både hytte og demning. Demningen har økt vannstanden i sjøen med ca. 1,5 m. Rådyr og elg er vanlige i området.

Vegetasjonen i reservatet er ikke undersøkt spesielt. Vannvegetasjonen i Dagsjøen er negativt påvirket av den kunstig høye vannstanden som beverdemningen har forårsaket. Rundt Dagsjøen dominerer løvskogen med or og bjørk, mens barskogen dominerer ved Vilbergtjern.

### Inngrepssituasjonen:

Ved Vilbergtjern ligger en betongfabrikk på en fylling i dødisgrope mot innsjøen. Sør for Dagsjøen grenser reservatet opp mot et stort grustak. Vann fra en skylleprosess i grustaket blir ledet en kunstig dam ved fredningsgrensa, men det er uvisst hvordan dette påvirker de hydrologiske og limnologiske forholdene i naturreservatet. Ved Vilbergtjern er det et vannuttak, hvor det pumpe vann til landbruksformål. Det er foretatt en del hogst og skogplanting innenfor området. En høyspentledning passer rett på østsiden av Vilbergtjern i nord-sør retning, og en mindre avgreining passerer tvers over innsjøen.

### Konsekvenser av verneplanen:

Skogbruk vil ikke bli tillatt. Idrettsarrangement, jaktprøver og annen organisert bruk av naturreservatet vil bli forbudt. Jakt, fiske og ordinært friluftsliv vil bli tillatt etter vanlige retningslinje. Bruk av kalk og andre kjemiske stoffer som kan endre vannkvaliteten i innsjøene vil ikke bli tillatt.

### Aktuelle skjøtselstiltak:

Alle inngrep i de naturlige forhold i og rundt innsjøene bør unngås. Det bør tas sikte på å redusere dagens inngrepsbilde, f.eks naturlig revegetering av hogstflater og andre påvirkete områder. Høyspentlinja over Vilbergtjern bør på sikt fjernes.



**Forslag til forskrift om  
VERN AV DAGSJØEN NATURRESERVAT,  
ULLENSAKER KOMMUNE, AKERSHUS  
FYLKE**

*I medhold av lov om naturvern av 19. juni 1970 nr. 63, §8, jfr. §10 og §§ 21, 22 og 23 er det ved Kgl. res. av... fastsatt følgende forskrift:*

**I**

Et naturområde i Ullensaker kommune er fredet som naturreservat under betegnelsen Dagsjøen naturreservat.

**II**

Det fredete området berører følgende gnr./bnr.:  
177/2, 177/6, 177/29, 177/34, 177/37,  
178/3, 178/10, 178/12, 183/29, 183/28

Naturreservatet dekker et areal på ca. 392 da, hvorav 44 da vann.

Grensene for naturreservatet framgår av vedlagte kart i målestokk 1:5.000, datert Miljøverndepartementet ... . Kart og fredningsforskrift oppbevares i Ullensaker, Nannestad og Eidsvoll kommuner, hos Fylkesmannen i Oslo og Akershus, i Direktoratet for naturforvaltning og i Miljøverndepartementet.

De nøyaktige grensene for naturreservatet skal avmerkes i marka der de går over land, og knekkpunktene skal koordinatfestes.

**III**

Formålet med fredningen er å verne et område med to svært forskjellige grytehullsjøer, Dagsjøen og Vilbergtjern, samt iskontaktskråningen med markerte kildehorisonter. Området har unike kvartærgeologiske og limnologiske forekomster, samt botaniske og zoologiske elementer som bidrar til å gi området dets særpreg. Det er sentralt for å bevare grunnvannsressursen og viktig for å bevare variasjonen av grytehullsjøer i Gardermoområdet.

**IV**

For naturreservatet gjelder følgende bestemmelser:

1. Vegetasjon, herunder døde busker og trær, er fredet mot skade og ødeleggelse. Nye plante-

arter må ikke innføres. Planting av trær er ikke tillatt.

2. Dyrelivet, herunder reirplasser og hiområder, er fredet mot skade og ødeleggelse.

3. Det må ikke iverksettes tiltak som kan endre de naturgitte forholdene og terrengformasjonene, herunder uttak, lagring, planering, markberedning eller utfylling av masse, nydyrking, oppføring av bygninger, tilbygg, anlegg eller andre faste innretninger, bygging av veier, framføring av luftledninger, jordkabler eller kloakkledninger, ulike former for gravevirksomhet, gjødsling, kalking, bruk av kjemiske bekjempingsmidler, henleggelse av avfall og annen forurensende virksomhet. Opplistingen er ikke uttømmende.

4. Uttak av grunnvann eller overflatevann er forbudt.

5. Militær øvelsesaktivitet er forbudt.

6. Idrettsarrangement, jaktprøver og annen organisert bruk av naturreservatet er forbudt.

7. Opplag av båt og hensetting av campingvogn o.l. er forbudt.

8. Motorisert ferdsel til lands og til vanns, herunder start og landing med luftfartøy, er forbudt.

## V

A. Bestemmelsene i punkt IV 1-8 er ikke til hinder for:

1. Gjennomføring av militær operativ virksomhet og tiltak i rednings-, politi-, brannvern-, oppsyns-, skjøtsels- og forvaltningsøyemed.

B. Bestemmelsene i punkt IV 1-7 er ikke til hinder for:

1. Sanking av bær og sopp, og jakt og fiske etter gjeldende lovverk.

2. Jordbruk på eksisterende dyrket mark.

3. Beiting som på fredningstidspunktet.

4. Vedlikehold av faste innretninger som er i bruk på fredningstidspunktet. Vedlikehold av eksisterende hytter.

## VI

Forvaltningsmyndighetene kan gi tillatelse til:

1. Nødvendig motorisert ferdsel i tiknytning til aktiviteter nevnt i kap. V-B.

2. Uttak av grunnvann og overflatevann i den grad det ikke er i strid med fredningsformålet.

3. Bruk av området i undervisningsøyemed.

## VII

Forvaltningsmyndigheten kan gjøre unntak fra fredningsforskriften når formålet med fredningen krever det, samt for vitenskapelige undersøkelser, arbeider av vesentlig samfunnsmessig betydning og i spesielle tilfeller, dersom det ikke er i strid med fredningsformålet.

## VIII

Forvaltningsmyndigheten, eller den som forvaltningsmyndigheten bestemmer, kan gjennomføre skjøtselstiltak i samsvar med fredningsformålet. Det kan utarbeides en forvaltningsplan som skal inneholde nærmere retningslinjer for bruk og forvaltning av området.

## IX

Forvaltningen av fredningsforskriften tillegges Fylkesmannen i Oslo og Akershus.

## X

Overtredelse og medvirkning til overtredelse av denne forskrift er straffbart, jfr. § 24 i lov om naturvern av 19. juni 1970.

## XI

Forskriften trer i kraft straks.

## **APPENDIKS II :**

**A 1. Vanninnhold**

**A 2. Glødetap**

**A 3. Totalt vekttap**

## Appendiks II A 1 :

Kjerne nr.	Prøve nr.	Prøvedyp (cm)	Prøvedyp korrigert etter pollenanalysen (cm)	Vekt vått Sediment (g)	Vekt tørt Sediment (g)	Vekttap (g) = vanninnhold	vanninnhold (%)
1	1	0-1		6,05	1,3224	4,7276	78
1	2	10-11		6,1895	0,8722	5,3173	86
1	3	15-16		4,714	1,077	3,637	77
1	4	22-23		7,0314	0,7633	6,2681	89
1	5	36-37		6,8018	0,8398	5,962	88
1	6	42,5-43,5		6,9213	0,8469	6,0744	88
1	7	54,5-55,5		8,383	0,7869	7,5961	91
2	8	77-78		5,7466	0,751	4,9956	87
2	9	99-100		5,0773	0,462	4,6153	91
2	10	123,5-124,5		6,6193	1,4401	5,1792	78
7	11	44,5-45,5		8,2574	0,7084	7,549	91
7	12	74-75		6,1028	0,5664	5,5364	91
7	13	105,5-106,5		6,0242	0,6159	5,4083	90
3	14	144-145		6,4449	0,6822	5,7627	89
3	15	165-166		6,5513	0,7289	5,8224	89
3	16	193-194		8,2635	1,4461	6,8174	83
4	17	213-214		7,3991	1,0158	6,3833	86
4	18	236-237		9,257	1,5789	7,6781	83
4	19	264,5-265,5		7,5958	1,0377	6,5581	86
5	20	281,5-282,5		6,374	0,947	5,427	85
5	21	302,5-302,5		9,0063	0,8356	8,1707	91
5	22	323,5-324,5		10,5049	1,9428	8,5621	82
6	23	341,5-342,5	355,5-356,5	10,1369	2,2577	7,8792	78
6	24	373,5-374,5	387,5-388,5	6,7859	2,4149	4,371	64
6	25	386,5-387,5	400,5-401,5	8,5164	3,1474	5,369	63

Tabell 2.1 Resultater fra vanninnholdanalysen

## Appendiks II A 2 :

Kjerne nr.	Prøve nr.	Prøvedyp (cm)	Korrigert Prøvedyp	Tørrvekt	Gløde-rest	Glødetap (g)	Glødetap (%)
1	1	0-1		1,3119	1,1334	0,1785	14
1	2	10-11		0,8685	0,633	0,2355	27
1	4	15-16		1,0744	0,8271	0,2473	23
1	3	22-23		0,7583	0,5874	0,1709	23
1	5	36-37		0,8297	0,5376	0,2921	35
1	6	42,5-43,5		0,851	0,5257	0,3253	38
1	7	54,5-55,5		0,7871	0,2965	0,4906	62
2	8	77-78		0,5998	0,3254	0,2744	46
2	9	99-100		0,4636	0,2159	0,2477	53
2	10	123,5-124,5		1,431	0,9494	0,4816	34
7	11	44,5-45,5		0,7081	0,3502	0,3579	51
7	12	74-75		0,5658	0,2098	0,356	63
7	13	105,5-106,5		0,6162	0,2686	0,3476	56
3	14	144-145		0,682	0,2785	0,4035	59
3	15	165-166		0,7225	0,3683	0,3542	49
3	16	193-194		1,4424	1,0864	0,356	25
4	17	213-214		1,0308	0,7041	0,3267	32
4	18	236-237		1,5691	1,1351	0,434	28
4	19	264,5-265,5		1,0266	0,661	0,3656	36
5	20	281,5-282,5		0,939	0,6175	0,3215	34
5	21	302,5-302,5		0,8284	0,4418	0,3866	47
5	22	323,5-324,5		1,9276	1,5943	0,3333	17
6	23	341,5-342,5	355,5-356,5	2,243	1,9403	0,3027	14
6	24	373,5-374,5	387,5-388,5	2,4033	2,1103	0,293	12
6	25	386,5-387,5	400,5-401,5	3,1151	2,7596	0,3555	11

Tabell 2.2 Resultater fra glødetapanalysen

### Appendiks II A 3 :

Kjerne nr.	Prøve nr.	Prøvedyp (cm)	Korrigert Prøvedyp	Vekt vått Sediment (g)	Vekttap vanninnhold (g)	Glødetap (g)	Totalt vekttap (g)	Totalt vekttap (%)
1	1	0-1		6,05	4,7276	0,1785	4,9166	81
1	2	10-11		6,1895	5,3173	0,2355	5,5565	90
1	4	15-16		4,714	3,637	0,2473	3,8869	82
1	3	22-23		7,0314	6,2681	0,1709	6,444	92
1	5	36-37		6,8018	5,962	0,2921	6,2642	92
1	6	42,5-43,5		6,9213	6,0744	0,3253	6,3956	92
1	7	54,5-55,5		8,383	7,5961	0,4906	7,9072	96
2	8	77-78		5,7466	4,9956	0,2744	8,0865	96
2	9	99-100		5,0773	4,6153	0,2477	5,893	97
2	10	123,5-124,5		6,6193	5,1792	0,4816	5,4212	94
7	11	44,5-45,5		8,2574	7,549	0,3579	4,8614	96
7	12	74-75		6,1028	5,5364	0,356	5,7556	96
7	13	105,5-106,5		6,0242	5,4083	0,3476	5,6699	86
3	14	144-145		6,4449	5,7627	0,4035	6,1664	96
3	15	165-166		6,5513	5,8224	0,3542	6,183	94
3	16	193-194		8,2635	6,8174	0,356	7,1771	87
4	17	213-214		7,3991	6,3833	0,3267	6,695	90
4	18	236-237		9,257	7,6781	0,434	8,1219	88
4	19	264,5-265,5		7,5958	6,5581	0,3656	6,9348	91
5	20	281,5-282,5		6,374	5,427	0,3215	5,7565	90
5	21	302,5-302,5		9,0063	8,1707	0,3866	8,5645	95
5	22	323,5-324,5		10,5049	8,5621	0,3333	8,9106	85
6	23	341,5-342,5	355,5-356,5	10,1369	7,8792	0,3027	8,1966	81
6	24	373,5-374,5	387,5-388,5	6,7859	4,371	0,293	4,6756	69
6	25	386,5-387,5	400,5-401,5	8,5164	5,369	0,3555	5,7568	68

Tabell 2.3 Totalt vekttap

## **APPENDIKS III :**

**A 1. Pollenanalytiske undersøkelser av Dagsjøen (fra Høeg 2004).**

### POLLENANALYTISKE UNDERSØKELSER AV DAGSJØEN I ULLENSAKER, AKERSHUS

av

Helge Irgens Høeg

8/11-2004

#### INNLEDNING

På forespørsel fra Bjørg Stabell og Tonje Øverås har jeg utført en pollenanalytisk undersøkelse av en prøveserie fra Dagsjøen, 163 m o.h., UTM PM198750.

Hensikten med undersøkelsene var ved hjelp av pollenanalyse å datere nivåene i sedimentene siden det er så meget kalk i området at <sup>14</sup>C-datering er umulig.

#### FELTARBEID

Feltarbeidet ble utført fra isen 11/2-03. Vi målte vanndybden flere steder for å finne det dypeste stedet. Her ble det med russerbor samlet en prøveserie på 401 cm fra et sted hvor vanndybden var 6,88 m.

#### DEN POLLENANALYTISKE METODEN

Den pollenanalytiske metoden ble første gang beskrevet av den svenske geolog og myrforsker Lennart von Post i 1916. Metoden er basert på at plantene produserer pollenkorn i enorme mengder. Disse har mer eller mindre forskjellig utseende og kan kjennes igjen (Beug 1961, Erdtman & al 1961, Fægri & Iversen 1966, 1975, Reille 1992, 1995). Pollenkornene kan bestemmes til art, slekt eller familie avhengig av hvor nært artene er beslektet. Man kan skille de fleste treslagene fra hverandre, likeså groblad/dunkjempe og smalkjempe og hvete, bygg, havre og rug, men man kan ikke skille de forskjellige artene korsblomster fra hverandre og heller ikke alle villgressene.

Pollenkornene blandes i luften og faller ned på bl.a. myrer og tjern hvor de blir liggende lagvis. Innholdet råtner, men pollenveggen oppbevares. Man kan bore ned i torven eller sedimentet og ta opp en sammenhengende prøveserie fra topp til bunn. Fra denne serien kan man ta ut prøver som kan prepareres og analyseres.

Det er stor forskjell i pollenproduksjon og pollenspredning fra de forskjellige planteartene. Furu har en enorm pollenproduksjon (f.eks. Koski 1970), og pollenkornene kan sveve over store avstander. Bjerk har også en stor pollenproduksjon, men pollenkornene svever ikke så lett. Urter som f.eks. kjemper (Bassett & Crompton 1967) og melder produserer også meget pollen, men da det er lave planter, kommer ikke pollenkornene i særlig grad opp i luftstrømmene. De faller vanligvis ned i nærheten av plantene hvor de er produsert. Undersøkelser over hvor langt pollen og sporer spres fra produksjonsplantene er utført av bl. a. Gregory (1962), Salmi (1962), Vorren (1983) og Prøsch-Danielsen (1984). Noen planter produserer lite pollen i tillegg til at det spres dårlig. Pollen fra disse plantene finner vi sjelden i myrene og i pollendiagrammene.

Slike forhold gjør at det kan være vanskelig å avgjøre om en plante har vokst i et område selv om kanskje 20% av



pollenkornene kommer fra denne planten. Dette gjelder særlig furu. På den annen side kan vi ikke alltid utelukke at en plante har vokst der, selv om vi ikke finner pollen fra den. Dette gjelder mange av de insektbestøvede urtene, men også bygg, havre og hvetet som for en stor del er selvbestøvere. Man kan heller ikke si at en bestemt art har vært tilstede hvis det f.eks. er 5% pollen av vedkommende type i en prøve. Dette tallet er også et resultat av den andre vegetasjonen i området og av hvor åpent området har ligget til for fjernttransport. I pollendiagram fra Svalbard kan det være 90% pollen fra furu selv om det aldri har vokst trær på øygruppen (Srodon 1960). Alt sammen har kommet fra Norge, Sverige og Finland, og fordi den lokale pollenproduksjonen er så liten, gir det seg slike merkelige resultater. Det kan av årsaker som dette ofte være vanskelig fra prosentdiagrammet å si når en plante er innvandret eller om den i det hele tatt er innvandret.

Man kan f.eks. merke seg at dagens tilsynelatende rene granskog rundt myren ved Kittilbu ved Dokkfløyvatn i Gausdal, Oppland, har forårsaket 43% pollen fra bjerk, 38% fra furu, 5% or og bare 12% gran basert på nedfalt trepollen (AP) (Høeg 1990). Influxverdiene gir her noe sikrere tall. Pollenkorn spres bare i liten grad mer enn 50 - 100 m. Under spesielle forhold kan imidlertid mindre mengder pollen fraktes over svært lange avstander som fra Syd-Finland til Tromsø (Høeg 1985).

#### MENNESKELIG AKTIVITET

Kullpartikler i prøvene tyder på brann, som oftest forårsaket av mennesker. Hvis kullstøvet forekommer som et enkelt lag, skyldes det gjerne en brann. Denne kan være forårsaket av et lynnedslag, og behøver ikke ha med menneskelig aktivitet å gjøre. Forekommer kullstøvet som mikroskopisk støv gjennom flere cm av sedimentet, er sannsynligheten størst for at det har vært mange branner eller bål i området, og over et lengre tidsrom. Mest sannsynlig er dette menneskeverk. Det kan være vanskelig å avgjøre om kullstøv kommer fra en naturlig brann eller fra menneskelig aktivitet i området. Naturlig skogbrann forekommer imidlertid sjelden i løvskog mens det er mer vanlig i barskog. En forutsetning for skogbrann er selvfølgelig at det er skog i området.

Selv små kullpartikler spres tydeligvis bare over korte avstander. Ved Gardermoen i Akershus er det gjort undersøkelser i to vann som ligger 300 m fra hverandre. Prøvene fra det ene vannet inneholdt svært meget kullstøv. I det andre var det nesten ikke kullstøv (Høeg 1997b). I områder med sterk vind kan nok både pollen og kullstøv blåse lenger.

Jordbruk i betydningen husdyrhold og/eller korndyrking sees primært ved at vi finner pollen fra korn og beiteindikatorer småkjempe og groblad (Iversen 1941). Disse pollentypene omtales som "primære jordbruksindikatorer" (Høeg & Mikkelsen 1979, Mikkelsen & Høeg 1979, Høeg 1989). Pollen fra melde, burot/malurt, nesle, syre, soleie og kurvplanter kan indikere jordbruk (bl.a. Moe 1973 og Vorren 1979, Høeg 1997a). En økning for gress kan også indikere jordbruk. En økning for ener, geiterams/melke og einstape tyder på at det er blitt mer lysåpent (Florin 1957), ofte forårsaket av jordbruk. En økning i urter generelt, særlig de insektbestøvede, tyder på det samme, mens en

økning for marimjelle tyder på at området kan ha vært brent, ofte p.g.a. menneskelig aktivitet (Iversen 1949, Berglund 1966). Da disse plantene har vokst naturlig i området før jordbruket begynte, omtales de som "sekundære jordbruksindikatorer", og det er først når det blir en markert økning i mengden at det kan indikere jordbruk.

Kombinasjonen kullstøv (mennesker), groblad (tråkk), smalkjempe (beite) og korn (dyrking) kan neppe forklares på annen måte enn jordbruksbosetning i området.

#### LABORATORIEARBEID

Fra prøveserien er det tatt ut 30 prøver hvorav de tre siste var fra en ekstrakanne på overgangen mellom kanne 1 og 2. 26 av disse er analysert. Prøvene var på 1 cm<sup>3</sup>. Til hver prøve ble det satt to Lycopodium (kråkefot)-tabletter (Stockmarr 1972) som hver inneholdt 12542±3,3% sporer av myk kråkefot, dvs. tilsatt antall sporer er 25084±293. Prøvene er preparert etter standardmetodene (Fægri & Iversen 1950, 1975, Høeg 1979). Dette innebærer at de er kokt i kalilut for å løse opp humussyrer, silt gjennom nylonduk med maskevidde 1/4 mm for å fjerne grove partikler, kokt i svovelsyre og eddiksyreanhydrid for å løse opp cellulose, kokt om igjen i kalilut for å fjerne mer humussyrer og gjøre prøven alkalisk, tilsatt glyserol og farvet med basisk fuchsin. Litt av prøvene er lagt under mikroskop med vanligvis 300 ganger forstørrelse, men det er brukt opp til 1250 ganger forstørrelse for å skille pollen fra kornslagene fra hverandre.

Under analysearbeidet ble alle typer pollen, sporer, andre mikroorganismer og kullstøvpertikler fra prøvene, samt Lycopodium-sporer fra de tilsatte tablettene identifisert og opptalt. Det er videre angitt med 1, 2 eller 3 om det var spor av, noe eller meget mineralpartikler (silt) i prøvene. Dette er subjektive opplysninger som likevel kan være nyttige.

Det er opptalt minst 600 pollenkorn i prøvene med untagelse av i de to øverste. Resultatene av analysene er oppstilt i et prosentpollendiagram (fig. 1, 2). Summen av pollenkorn, EP, fra terrestriske planter utgjør 100% ved prosentberegningen. Pollen fra vannplanter, sporer, andre mikroorganismer og kullstøvpertikler er også regnet i prosent av EP. Dette kan føre til at det i diagrammet kan bli mer enn 100% av f.eks. kullstøv. 100% kullstøv betyr at det er opptalt like mange kullstøvpertikler som pollenkorn. Mengden av silt er vist som en kurve med skala fra 0 til 3. Diagrammene er inndelt i lokale soner som ikke stemmer overens med de tradisjonelle sonene (f.eks. Mangerud & al. 1974).

Det er også laget influxdiagram for de viktigste pollentypene (fig. 3). Diagrammet viser gjennomsnittlig årlig pollenedfall/cm<sup>2</sup> overflate. Dette diagrammet er basert på antall pollen/cm<sup>3</sup> prøve og at nivåene er riktig datert. Dette siste er problematisk da det bare foreligger overførte dateringer. Mellom de daterte nivåene regner vi med konstant tilvekst av sedimentet. Dette har ikke nødvendigvis vært tilfelle selvom det kan være tilfelle.

En forandring i influx skal egentlig gjenspeile en forandring i vegetasjonen. Hvis skog ryddes eller går naturlig tilbake, vil området bli mer lysåpent (lavere influx for trær), og urter og/eller busker øker raskt (høyere influx for urter og

busker). Når trærne vokser opp igjen, blir urtene fortrenget. Influx av trepollen øker mens polleninflux av urter og busker avtar. Om ett treslag øker sin dominans (øket influx), vil naturlig nok andre bli trent tilbake og influxen av disse avta hvis ikke tidligere vegetasjonssløse områder kan koloniseres. Det er lite sannsynlig at alle pollentyper, både trær og urter får øket influx samtidig.

#### DATERINGER

Det foreligger ingen  $^{14}\text{C}$ -dateringer da pollenanalyse og dateringer fra flere andre dødisgroper i området tidligere har vist at oppløst kalk i vannet har forårsaket for lavt innhold av  $^{14}\text{C}$  i sedimentene og dermed for høy alder. En myr ved Rud øde og en ved Danielseter er imidlertid  $^{14}\text{C}$ -datert. Disse dateringene er overført til de andre lokalitetene, bl.a. Svenskestutjern. Fra alle disse pollendiagrammene er dateringer forsøkt overført til dette diagrammet. De dateringene som er brukt er også kalibrert (Stuiver & al. 1998). Kalibrerte år PB er brukt i influxdiagrammene. Kalibrerte år BC/AD står også oppgitt alternativt for sonegrensene i teksten.

#### ANALYSERESULTATER

Diagrammet er ikke lett å datere sikkert. Grankurven passerer 1% ved 170,5 cm. Grankurven passerer 1% i andre diagram fra området ca. 1700 BP. Det er derfor sannsynlig at dette er alderen på nivå 170,5 cm.

Den nederste prøven, fra 4,09 m så fra kurveforløpet ut til å være fra en tid like etter lundeinnvandringen, og jeg ga den først alderen 6000 BP ut fra andre analyserte og daterte diagram i området. Dette ser i ettertid ikke ut til å være riktig.

Disse dateringene ble brukt i et første diagram. En kontroll på om dette var sannsynlig, lå i alderen på det første jordbruket. Det er smalkjempe ved 3,43 m, ca. 4770 BP. Dette er bare litt yngre enn ved Danielsetermyr, og dateringene av diagrammet virket sannsynlig. Ett pollenkorn av havretype ved 4,09 m må i såfall være fra villgress.

Mellom 3,43 m og 3,60 m er det en tydelig nedgang for lind. I andre diagram har denne nedgangen en alder på 3800 BP, f.eks. i diagrammet fra Svenskestutjern. Noe senere, ca. 3650 BP, er det en tilbakegang for bjerk og en oppgang for furu, bl.a. i diagrammet fra Svenskestutjern.

Beholder vi dateringene for graninnvandringen og setter inn 3800 BP på tilbakegangen for lind og interpolerer og ekstrapolerer, får vi nye tidsangivelser på prøvenivåene.

0 cm	0 BP (= AD 2000)
18,5 cm	180 BP (før AD 2000)
33,5 cm	330 BP
48,5 cm	480 BP
82,0 cm	820 BP
112,0 cm	1120 BP
140,5 cm	1400 BP
170,5 cm	1700 BP
185,5 cm	1870 BP
202,0 cm	2060 BP
216,5 cm	2230 BP
231,5 cm	2400 BP

246,5 cm	2580 BP
261,5 cm	2750 BP
277,0 cm	2930 BP
292,0 cm	3110 BP
312,0 cm	3340 BP
333,0 cm	3580 BP
343,0 cm	3700 BP
360,0 cm	3900 BP
375,0 cm	4080 BP
390,0 cm	4260 BP
409,0 cm	4490 BP

De tre siste prøvene, fra ekstrakannen, prøve 28 - 30, eller 7,25 m, 7,60 m og 7,99 m, er gitt nye nivåer for å kunne tegne dem inn i samme diagram. De nye nivåene er 4,37 m, 4,72 m og 5,11 m. Sannsynlig alder på denne kannen er 350 - 1100 BP ved å sammenligne kurvene med de i hoveddiagrammet. Igjen er det blitt andre aldre i diagrammet ved at det er lagt på 5000 år, dvs. 5350 - 6100 BP.

Dette er slik aldrene kommer ut på datamaskinen, men usikkerheten er så stor at man iallfall må sløyfe de to siste sifrene.

Dette diagrammet har den fordel at det blir omtrent konstant tilveksthastighet over og under 1700 BP. Det virker riktigere ut fra opptalt antall *Lycopodium*-sporer/prøve. Ser vi nå på det eldste jordbruket, er første kornpollen 4500 BP. Dette er noe tidlig i forhold til andre steder på Øvre Romerike hvor eldste korndyrking er satt til 4150 BP, mens første jordbruk er datert til 4850 BP. Andre steder på Østlandet forekommer det imidlertid korndyrking tilbake til 5000 BP. Jeg anser dette som den mest sannsynlige dateringen av diagrammet.

Jeg har laget et prosentdiagram og et influxdiagram. Influxdiagrammet viser merkelig høye verdier ved 3,52 m. For de typene som er vist i influxdiagrammet, var verdiene som følger: bjerk 15000, furu 9000, hassel 2000, or 15000, eik 3000, lind 1000 og gress 2000. Av plasshensyn er verdiene redusert i diagrammet. De høye verdiene kan skyldes meget langsom sedimentasjon rundt det nivået eller resedimentasjon av pollen. Dette er omtrent samtidig med at det blir meget kullstøv i prøvene og litt før det sees pollen av smalkjempe og korn. Det er ikke usannsynlig at branner, kanskje påsatt av mennesker, har ødelagt rotsystemet til vegetasjonen rundt tjernet og forårsaket erosjon på land og resedimentasjon av pollen i vannet. Dette ansees som den mest sannsynlige årsaken.

Diagrammet kan deles i 3 soner som følger:

Da 1,	4,09 - 3,515 m,	4500 - 3800 BP,	5050 - 4250 BP	kalibrert
Da 2,	3,515 - 1,78 m,	3800 - 1800 BP,	4250 - 1800 BP	kalibrert
Da 3,	1,78 - 0,00 m,	1800 - 0 BP,	1800 - 0 BP	kalibrert

Da 1, 4,09 - 3,515 m, 4500 - 3800 BP, 3050 - 2250 BC kalibrert

Det er analysert 4 nivåer i denne sonen. Diagrammet viser at bjerk, furu og or var de viktigste treslagene. I tillegg var det en del hassel, alm, eik og lind og små mengder osp, ask, selje/vier og ener. Av urtene var starr, gress og mjødukt viktigst. I vannet vokste tjønnaks og vannliljer.

Det var meget silt i alle prøvene. I de to øverste nivåene,

3,75 og 3,60 m, var det meget kullstøv, opp i 150%, dvs. 1,5 ganger så mange kullpartikler som pollen. Det var ett pollenkorn av havre-type ved 1,09 m, men ingen andre sikre tegn på hverken jordbruk eller bosetning. Dette pollenkornet kan være en forurensning, og det kan være fra et villgress. Det kan være vanskelig å skille enkelte villgress og havre. Det er imidlertid små mengder burot, melde og brennesle gjennom sonen, noe som kan tyde på en viss jordbruksaktivitet.

Da 2, 3,515 - 1,78 m, 3800 - 1800 BP, 2250 BC - AD 200 kalibrert  
 Det er analysert 11 nivåer i denne sonen. Diagrammet viser at det fortsatt er bjerk, furu og or som er de viktigste treslagene, men det er noe mer furu og noe mindre or. Det er fortsatt noe hassel, alm og eik, men noe mindre hassel enn i foregående sone. Det var små mengder osp, lind, ask, vier, ener og hegg/rogn. For urtene er det små forandringer.

Det var meget silt i alle prøvene. Ved 3,43 m er det pollen av smalkjempe og havre. Fra 2,77 m er det en økning for røsslyng, syre, burot, melde og brennesle. Fra 2,465 m er det pollen av bygg og fra 2,31 m av smalkjempe. Kullstøvmengden varierer mellom 150% og 30%.

Det har iallfall vært husdyrhold ved 3,43 m, 3700 BP. Muligens har det også vært korndyrking. Det er ikke utelukket at det har vært en sammenhengende jordbruksfase fra 4,09 m til 3,43 m, 4500 - 3700 BP. Det har i såfall vært gjort spredte forsøk på å dyrke havre, antagelig kombinert med noe husdyrhold.

Sikre spor etter jordbruk sees neste gang 2,465 m, 2600 BP, men allerede ved 2,77 m, 2900 BP, skjer det forandringer som tyder på jordbruk.

Da 3, 1,78 - 0,00 m, 1800 - 0 BP, AD 200 - 0 kalibrert

Det er analysert 8 nivåer i denne sonen. Sonegrensen er satt ved granoppgangen, ca. 1700 BP. Kurven for tilsatte Lycopodium-sporer viser en økning ca. 1,00 m, 1000 BP. Dette betyr en nedgang i polleninnhold/cm<sup>3</sup> prøve. Dette igjen betyr mindre pollenedfall eller raskere vekst av sedimentet og at tidsskalaen egentlig bør justeres noe. 1,00 m skal kanskje heller ha en alder på 800 BP enn 1000 BP. Tidsangivelsene kan imidlertid godt være riktige, og at nedgangen i polleninnhold skyldes skogrydding og jordbruk. Mengden trepollen viser at skogstettheten begynner å avta fra dette tidspunktet. Ved 48,5 cm når polleninnhold/cm<sup>3</sup> prøve et minimum (maksimum for Lycopodium tilsatt) samtidig som mengden trepollen har et minimum (de to kurvene lengst til høyre i del en av prosentdiagrammet).

Bjerk og furu har vært de viktigste treslagene i denne sonen, men med avtagende verdier for bjerk og økende for furu fra 1,00 m. Influxdiagrammet viser en kraftig tilbakegang for bjerk og en mindre tilbakegang for furu rundt 1,00 m, ca. 1000 BP. Dette tyder på at bjerk er blitt hugget, mens furu i mindre grad er blitt skadet.

Det har også vært meget or og gran, men or avtar gradvis fra sonens begynnelse og opp til 1,20 m. I samme tidsrom øker mengden av gran. Gran er vokst opp på de stedene hvor or tidligere vokste, på de fuktigste stedene. Or er blitt utkonkurrert av den skyggetålende granen. Det har vokst litt hassel, eik og selje/vier fortsatt, men helt ubetydelig med alm,

lind og ask.

Det er ikke den store forandringen i sammensetningen av urtepollen, men det er noe mer syre og korn. Fra 48,5 m, 500 BP, er det pollen av rug. I samme nivået er det nesten 700% kullstøv. Økningen for kullstøv begynner allerede ved 0,82 m. Det er meget silt i alle prøvene. Kornpollen er det i alle nivåene bortsett fra ved 1,405 m, 1400 BP.

I denne sonen bør tidsangivelsene være ganske sikre, kanskje med untagelse av en litt langsommere vekst av sedimentet opp til 1,00 m og litt raskere videre. Det er således ikke spor etter noen tilbakegang i jordbruket etter svartedauen, AD 1350 eller 600 BP. Derimot kan det være en tilbakegang i jordbruket 1400 BP. På dette tidspunktet er det ofte en tilbakegang i jordbruket som kan ha klimatiske årsaker. En periode på 500-tallet AD omtales som årene uten sommer og var en uårperiode både i Europa og Asia.

#### Ekstrakanne

De tre siste prøvene, prøve 28 - 30, eller 7,25 m, 7,60 m og 7,99 m under vannoverflaten, er gitt nye nivåer for å kunne tegne dem inn på samme diagram. De nye nivåene er 4,37 m, 4,72 m og 5,11 m.

Sannsynlig alder på denne kannen er 350 - 1100 BP ved å sammenligne kurvene med de i hoveddiagrammet. Igjen er det blitt andre aldre i diagrammet ved at det er lagt på 5000 år, dvs. 5350 - 6100 BP.

Det er kornpollen av alle typer i den øverste av disse prøvene, men bare rugpollen i den nederste. I den midterste er det ikke pollen av kjempe eller korn. Denne prøven kan representere en tilbakegang i jordbruket i tiden etter svartedauen.

#### Konklusjon

Diagrammet representerer mest sannsynlig tidsrommet 4500 BP til i dag. Diagrammet er datert ved å sammenligne med andre diagram fra Øvre Romerike. En tilbakegang for lind ved 3,5 m er antatt å ha en alder på 3800 BP og granoppgangen ved 1,8 m er antatt å ha en alder på 1700 BP. Fra disse dateringene er diagrammet datert ved interpolasjon og ekstrapolasjon.

Bjerk, furu og or har vært de viktigste treslagene, men or er delvis erstattet av gran 1700 BP.

En første jordbruksfase sluttet 3700 BP. Den kan ha begynt 4500 BP. En neste jordbruksfase begynte 2600 BP eller kanskje heller allerede 2900 BP. Fra da av har det vært et kontinuerlig jordbruk opp til vår tid, kanskje med en tilbakegang 1400 BP. Analyse av tre prøver fra en ekstrakanne kan tyde på at tettere analyser ville vist en tilbakegang i jordbruket etter svartedauen også.

#### LITTERATUR

Basset, I. J. & Crompton, C. W. 1967: Pollen morphology and chromosome numbers of the family Plantaginaceae in North America. Canadian Journal of botany 46. s. 349 - 361.

Berglund, B. 1966: Late-Quaternary vegetation in eastern Blekinge, southeastern Sweden. A pollenanalytical study. II.

Post-Glacial time. Opera Bot. 12.

- Beug, H.-J. 1961: Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Erdtman, G., Berglund, B. & Praglowski, J. 1961: An introduction to a Scandinavian pollen flora. Uppsala.
- Florin, M.-B. 1957: Pollen-analytical evidence of prehistoric agriculture at Mogetorp Neolithic settlement, Sweden. Stockholm.
- Fægri, K. & Iversen, J. 1950: Text-Book of modern Pollen Analysis. Copenhagen.
- Fægri, K. & Iversen, J. 1966: Textbook of Pollen Analysis. 2. rev. ed. Munksgaard, København.
- Fægri, K. & Iversen, J. 1975: Textbook of Pollen Analysis. 3. rev. ed. Munksgaard, København.
- Gregory, P. H. 1962: The dispersal distance problem. Pollen & Spores 4, 348 - 349.
- Høeg, H.I. 1979: Pollenanalyse. I: Schia, E. (red.), De arkeologiske utgravninger i Gamlebyen, Oslo, bind 2, 140 - 148. Oslo.
- Høeg, H. I. 1985: Some results from pollen and spore registration in Norway. Nordic Aerobiology 1984, 30 - 34.
- Høeg, H. I. 1989: Noen resultater fra den pollenanalytiske undersøkelsen i Telemark. I: Mikkelsen, E. Fra jeger til bonde. Utvikling av jordbrukssamfunn i Telemark i steinalder og bronsealder. Univ. Oldsaks. Skr. Nr. 11. Ny rekke. Oslo. s. 372 - 421.
- Høeg, H. I. 1990: Den pollenanalytiske undersøkelsen ved Dokkfløyvatn i Gausdal og Nordre Land, Oppland. Universitetets Oldsaksamling Varia 21. 1990 145 s. Universitetets Oldsaksamling, Oslo.
- Høeg, H. I. 1997a: Pollenanalytiske undersøkelser av Momyra og Petterbuktskyra i Risfjord, Gamvik i Finnmark. s. 109 - 124. I: Adriansen, K.: Nordkynområdets eldre bosetningshistorie. Hovedfagsavhandling i arkeologi, Universitetet i Tromsø.
- Høeg, H. I. 1997b: Pollenanalytiske undersøkelser på Øvre Romerike. Ullensaker og Nannestad, Akershus fylke. Universitetets Oldsaksamling Varia 46.
- Høeg, H. I. & Mikkelsen, E. 1979: På sporet av det eldste jordbruket i Telemark. I: Fortiden i søkelyset, 161 - 167. Laboratoriet for Radiologisk Datering. Trondheim.
- Iversen, J. 1941: Landnam i Danmarks stenalder. Danmarks geol. unders. 4. rk.2.
- Iversen, J. 1949: The influence of prehistoric man on vegeta-

tion. Danm. Geol. Und. 4. R. 3,6.

Koski, U. 1970: A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. Metsätutkimuslaistoksu julkasuja (Comment. inst. forst. fenn.) 70, 4.

Mangerud, J., Andersen, S.T., Berglund, B.E., & Donner, J.J. 1974: Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. Boreas, Vol. 3. s. 109-128. Oslo.

Mikkelsen, E. & Høeg, H. I. 1979: A reconsideration of Neolithic Agriculture in Eastern Norway. Norw. Arch. Rev. 12/1. 33 - 47. Oslo.

Moe, D. 1973: Studies in the Holocene vegetation development on Hardangervidda, southern Norway. I. Norw. Arch. Rev. 6. 67 - 73.

Prøsch-Danielsen, L. 1984: En paleøkologisk studie av Osmunda regalis L. Lokaliteten i Kvam, Hordaland. Bergen.

Reille, M. 1992: Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Laboratoire de botanique historique et palynologie, URA CNRS 1152, Boite 451, Marseille, France. 520 s.

Reille, M. 1995: Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement I. Laboratoire de botanique historique et palynologie, URA CNRS 1152, Boite 451, Marseille, France. 327 s.

Salmi, M. 1962: Investigations on the distribution of pollen in an extensive raised bog. Bull. com. Geol. Finlande, 204, 159 - 193.

Srodon, A. 1960: Pollenspectra from Spitsbergen. Folia Quaternaria 3. s. 1 - 15.

Stockmarr, I. 1972: Tablets with spores used in absolute pollen analysis. Pollen & Spores 13, 615 - 621.

Stuiver, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, F. G., v.d. Plicht, J. and Spurk, M. 1998: Calibration Program. Radiocarbon, 40. s. 1041 - 1083.

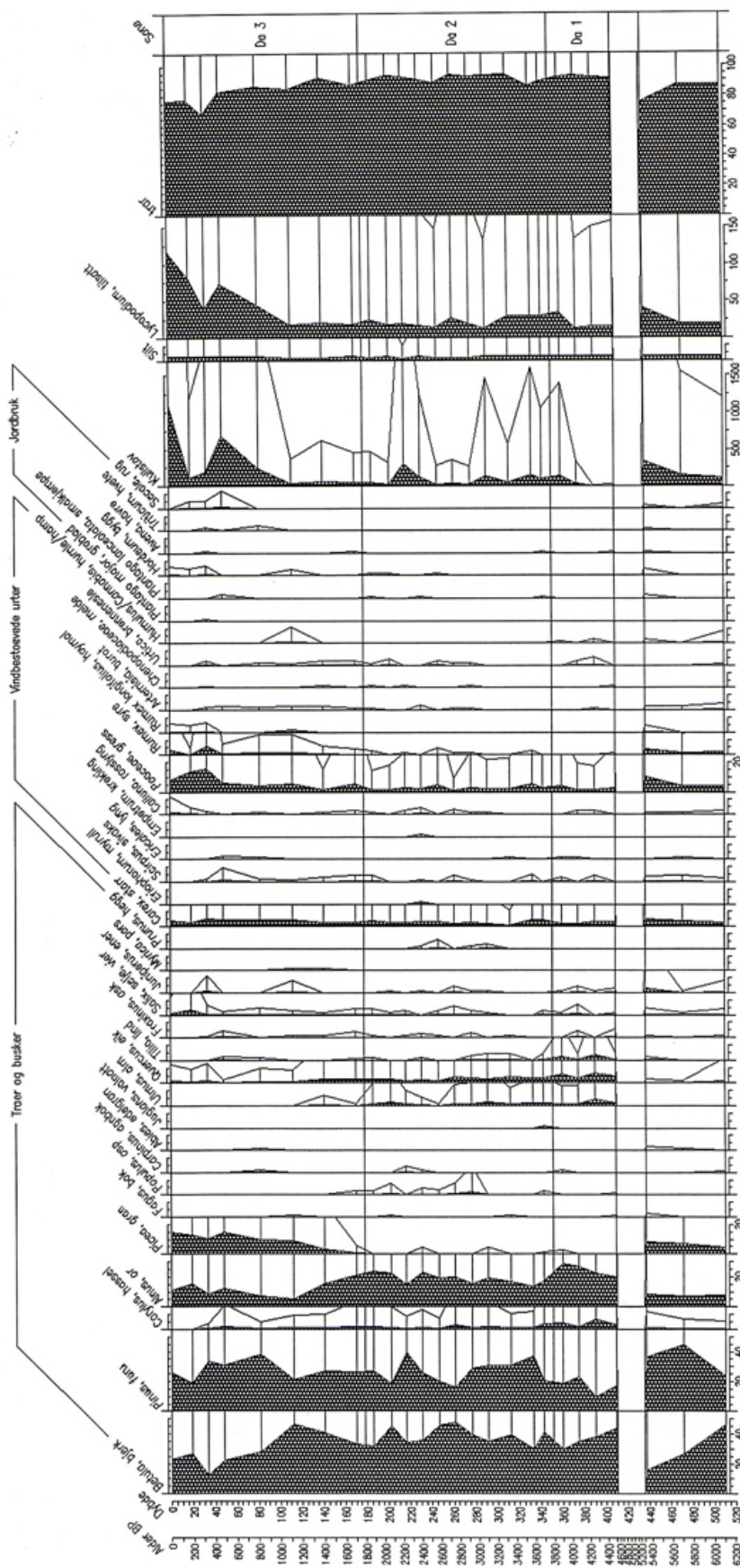
Vorren, K. D. 1979: Anthropogenic influence on natural vegetation in coastal North Norway during the Holocene. Development of farming and pastures. Norw. Arch. Rev. 12, 1 - 21.

Vorren, K.-D. 1983: Den eldste korndyrking i det nordlige Norge. Folk og ressurser i nord. Universitetet i Trondheim, NLHT. s. 11 - 46.

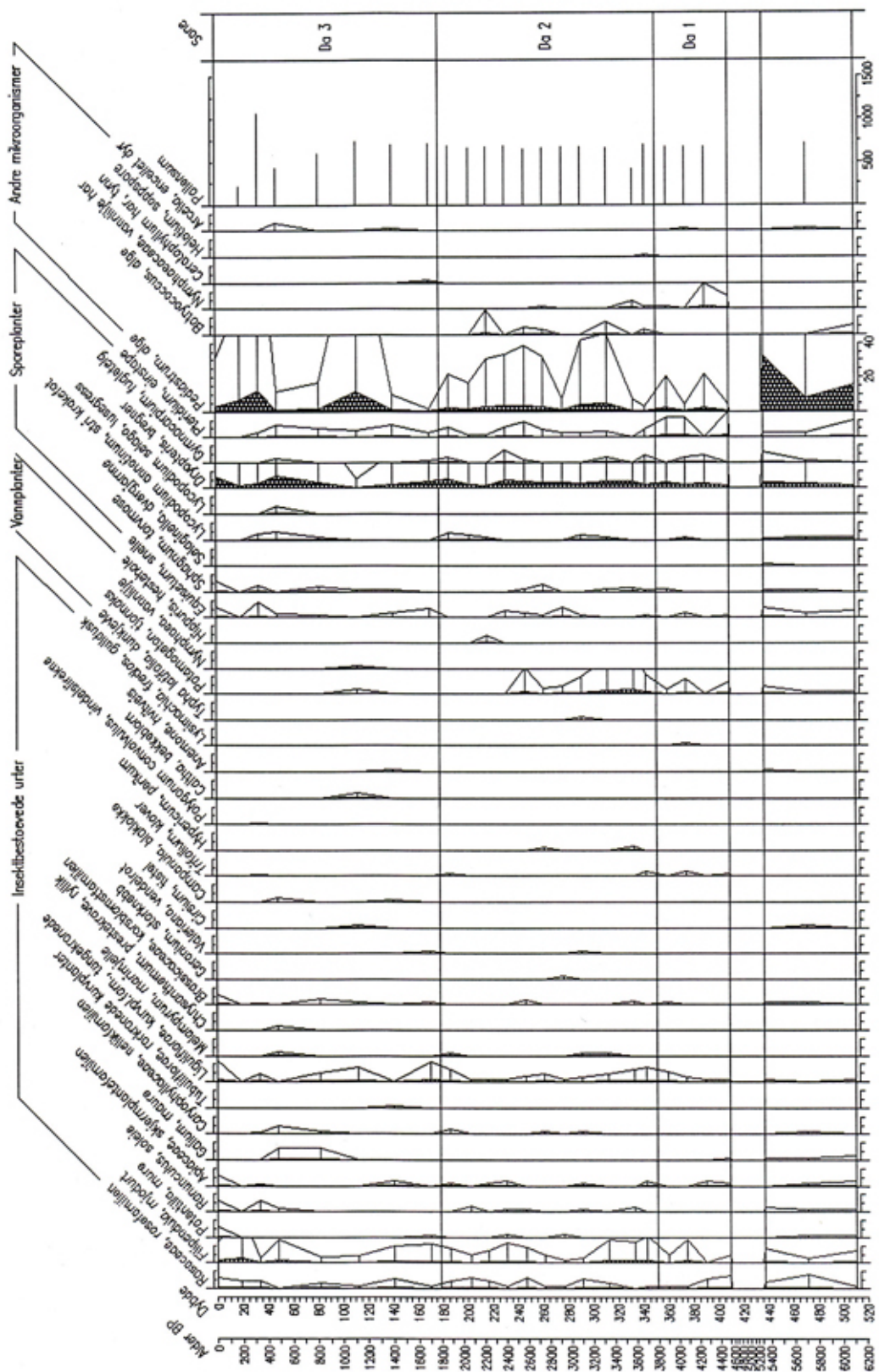
*Hilja Iona Høy.*



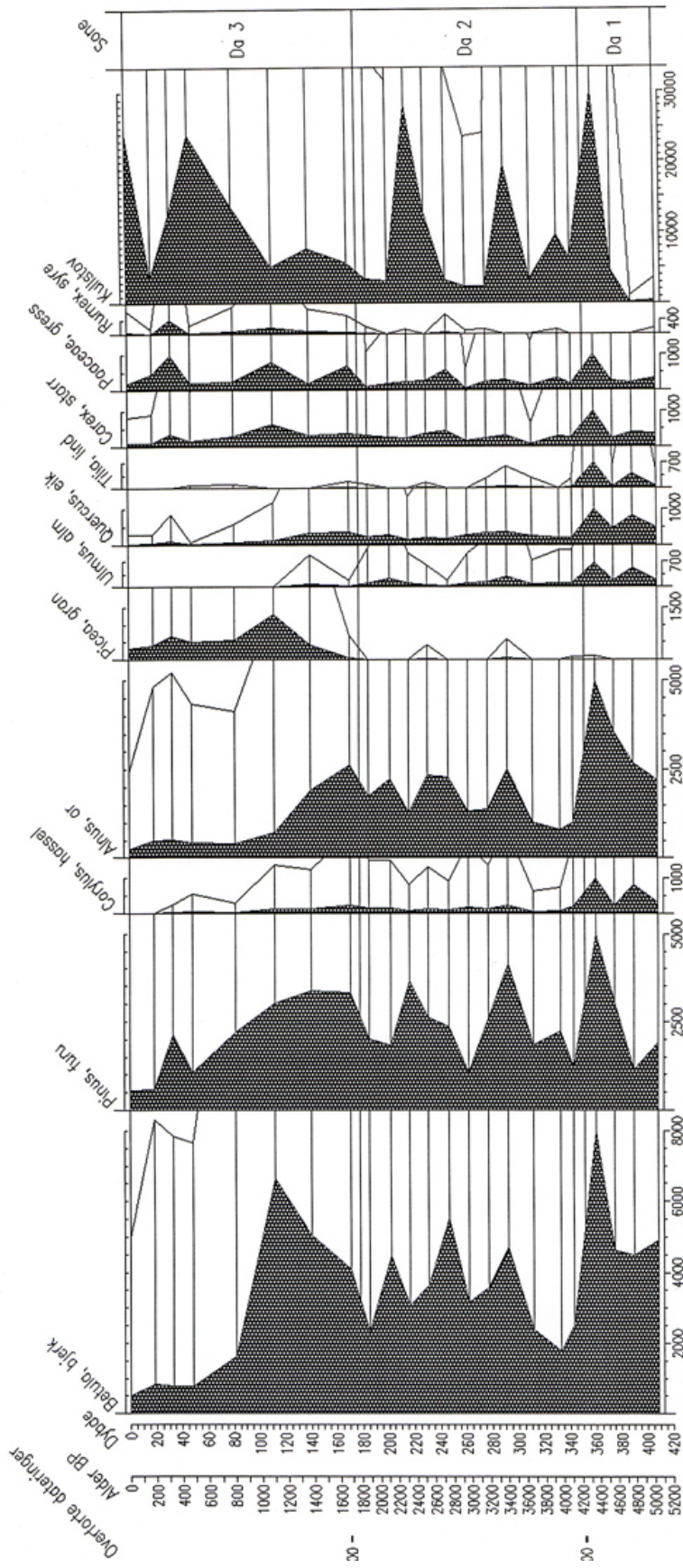
Figur 3.1a) Pollendiagram for Dagsjøen



Figur 3.1b) Pollendiagram for Dagsjøen



Figur 3.2 Influx diagram for Dagsjøen



## **APPENDIKS IV:**

**A 1. Totaltelleskjema for Dagsjøen**

**B 1. Prosentkjema for Dagsjøen**

**B 2. >5% skjema for Dagsjøen**

**B 3. >5% skjema for Dagsjøen (> 200 diatomeer pr. nivå)**

**C 1. Sjekkliste for Dagsjøen**

	0cm(l)	2cm(l)	4,5cm(l)	7cm(l)	9cm(l)	20cm(l)	30cm(l)	40cm(l)	50cm(l)	60cm(l)
<i>Achnanthes clevei</i> var. <i>rostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>boyei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora libyca</i>	7	1	0	11	0	2	11	14	2	1
<i>Amphora ovalis</i>	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> spp.	4	2	2	0	0	2	1	5	0	0
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella formosa</i>	3	9,5	15	25	22,5	2	3	2,5	0	0
<i>Asterionella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira italica</i> f. <i>crenulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>italica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Caloneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caloneis ventricosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis neodiminuta</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>genuina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>pseudolineata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis scutellum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cocconeis</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Cyclotella</i> aff. <i>bodanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> aff. <i>Pseudostelligera</i>	98	101	107	92	26	104	90	17	0	0
<i>Cyclotella bodanica</i> var. <i>affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella bodanica</i> var. <i>bodanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella comta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> var. <i>planetophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella radiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymatopleura librile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella austriaca</i> var. <i>reducta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella cistula</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella cuspidata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella cymbiformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella diluviana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella ehrenbergii</i> var. <i>Hungarica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella inaequalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella lanceolata</i> var. <i>genuina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella minuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

70cm(VII)	73cm(II)	80cm(VII)	83cm(II)	90cm(VII)	93cm(II)	100cm(VII)	103cm(II)	110cm(VII)	113cm(II)	123cm(II)	128cm(III)	138cm(III)	148cm(III)	158cm(III)	168cm(III)	178cm(III)	188cm(III)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	7	0	24	0	3	3	0	0	0	0	0	0	1	9	4	8
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	7	0	1	3	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	15	458
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

198cm (III)	198cm(IV)	208cm(IV)	218cm(IV)	228cm(IV)	238cm(IV)	248cm(IV)	258cm(IV)	268cm(IV)	275cm(V)	288cm(V)	298cm(V)	308cm(V)	318cm(V)	328cm(V)	328cm(VI)	337cm(V)	337cm(VI)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	1	5	9	3	5	8	6	2	1	13	7	3	5	2	0	2	0
1	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
8	2	4	6	6	4	1	6	0	0	3	0	0	7	0	5	11	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
3	2,5	37	2,5	5	0	0,5	0	5,5	0	26	0	0,5	3	2,5	5,5	5,5	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0	0	0	2	0	10	0	0	4	0	3	2	4
2	5	0	0	3	0	0	0	2	0	12	0	0	4	0	3	0	4
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0	1	4	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		0	0	0	0	0
0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	17	0	425
1	5	13	2	15	0	0	1	17	0	50	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	419	197	0	3	0	0	0	100	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
345	266	157	201	169	149	267	86	295	0	0	2	0	0	39	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

347cm(VI)	357cm(VI)	372cm(VI)	384cm(VI)	391cm(VI)	398,5cm(VI)
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	15
0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	22
0	0	0	0	0	0
39	0	0	47	296	0
0	1	1,5	0	1	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	7	0	0
0	0	0	7	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3	2
0	0	0	0	0	0
0	449	5	0	0	62
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
277	0	0	0	0	0
0	0	0	300	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0



	0cm(l)	2cm(l)	4,5cm(l)	7cm(l)	9cm(l)	20cm(l)	30cm(l)	40cm(l)	50cm(l)	60cm(l)
<i>Cymbella prostrata</i> var. <i>auerswaldii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella proxima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella simonsenii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> spp.	0	3	0	2	3	1	1	4	0	0
<i>Diatoma hyemale</i> var. <i>mesodon</i>	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0
<i>Dimeregramma minor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema mesianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia adnata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia frickei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia sorex</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Epithemia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Epithemia turgida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia bilunaris</i> var. <i>mucophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria biceps</i>	0,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria bidens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria brevistriata</i>	81	35	4	25	26	160	78	223	114	1
<i>Fragilaria capucina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria caspiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria construens</i>	7	0	0	0	2	0	21	14	0	0
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>binodis</i>	18	0	0	1	0	49	5	16	0	0
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria dilatata</i>	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria fasciculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria investiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria leptostauron</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria leptostauron</i> var. <i>dubia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria parasitica</i> f. <i>typica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria pinnata</i>	23	4	6	14	15	45	33	40	1	0
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>genuina</i> f. <i>subsolitaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>intercedens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria</i> spp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria tenera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia rhomboides</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema augur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> spp.	2	3	0	6	3	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema truncatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



198cm (III)	198cm(IV)	208cm(IV)	218cm(IV)	228cm(IV)	238cm(IV)	248cm(IV)	258cm(IV)	268cm(IV)	275cm(V)	288cm(V)	298cm(V)	308cm(V)	318cm(V)	328cm(V)	328cm(VI)	337cm(V)	337cm(VI)
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	0	3	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	4	0	0	0	5	0	0	1	7	0	2	2	8	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	10	2	2	5	3	0	5	0	6	1	0	11	5	2
1	5	0	3	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	2	2
1	0	7	2	2	0	1	1	0	0	4	2	0	0	5	2	1	0
7	6	0	9	13	6	2	4	4	4	4	4	16	8	5	12	4	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	1	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1,5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	116	141	149	82	253	137	266	93	13	38	46	315	288	337	231	147	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	6	15	6	0	2	4	0	1	4	18	5	68	19	98	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	24	0	24	33	0	15	0	5	0	33	17	33	29	1
0	1	9	0	1	9	0	3	4	0	0	3	3	33	7	3	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	18	0	17	0	3	0	20	0
0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	2	12	14	16	12	30	12	12	6	1	46	2	1	0	10	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	0	19	0	1	5	6	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5,5	0,5	0	2,5	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
6	0	0	2	4	0	4	5	0	2	8	1	2	11	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0

347cm(VI)	357cm(VI)	372cm(VI)	384cm(VI)	391cm(VI)	398,5cm(VI)
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	2
0	0	0	1	0	2
6	5	2	5	2	10
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
0	0	0	2	1	5
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3
1	0	0	0	5	15
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0
0	0	1	0	0	0
80	29	4	122	84	151
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	4	31
0	0	0	0	0	0
8	1	0	13	24	19
1	0	0	0	9	2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	2	1
0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	15	49
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0
11	0	7	2	24	26
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	0	2
0	0	0	0	0	0

	0cm(l)	2cm(l)	4,5cm(l)	7cm(l)	9cm(l)	20cm(l)	30cm(l)	40cm(l)	50cm(l)	60cm(l)
Gomphonema truncatum var. truncatum	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karayevia clevei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Martyana martyi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mastogloia smithii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meridion circulare	4	0	0	2	9	0	4	2	0	0
Navicula abiskoensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula bacillum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Navicula cari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula cari var. cincta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula cryptocephala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula cuspidata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula cymbula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula eidrigeana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula elginensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula exigua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula gastrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula gastrum var. genuina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula laevisissima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula laevisissima var. laevisissima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula lanceolata var. genuina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Navicula libonensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula menisculus	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0
Navicula menisculus var. upsalensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula oblonga	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Navicula placentula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula pseudoanglica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula radiosa	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Navicula similis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula spp.	1	0	1	2	0	0	1	2	4	0
Navicula tuscula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula viridula var. viridula	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula viridula var. vulpina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neidium ampliatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neidium dubium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neidium hercynicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia angustata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia obtusa var. brevissima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia romana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia sp.	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Nitzschia thermalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinnularia abaujensis var. abaujensis	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Pinnularia gibba var. parva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinnularia hemiptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinnularia legumen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



198cm (III)	198cm(IV)	208cm(IV)	218cm(IV)	228cm(IV)	238cm(IV)	248cm(IV)	258cm(IV)	268cm(IV)	275cm(V)	288cm(V)	298cm(V)	308cm(V)	318cm(V)	328cm(V)	328cm(VI)	337cm(V)	337cm(VI)
0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	3	3	0	1	0	0	0	10	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	6	0	0	0	0
0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	4	0	6	2	0	4	0	0	2	0	4	2	2	1
0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	0	2	9	1	1	0	1	0	4	13	1	1	5	2	75	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	2	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	3	9	7	3	4	3	0	1	11	12	0	14	5	1	15	31	5
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	3	0	0	0	2	0	0	7	0	2	1	2	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

347cm(VI)	357cm(VI)	372cm(VI)	384cm(VI)	391cm(VI)	398,5cm(VI)
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	5	0	1
0	2	0	0	0	0
1	0	0	0	0	3
0	0	0	3	0	1
1	0	0	0	2	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	9
0	0	0	0	1	0
0	0	3	2	0	21
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	6
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1
24	9	2	6	9	27
1	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0



	0cm(l)	2cm(l)	4,5cm(l)	7cm(l)	9cm(l)	20cm(l)	30cm(l)	40cm(l)	50cm(l)	60cm(l)
<b>Pinnularia microstauron</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pinnularia spp.</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Pinnularia viridis</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Placoneis elginensis</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Planothidium lanceolata</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Planothidium lanceolata sp.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pleurosigma angulatum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pleurosigma sp.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rhopalodia gibba</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rhopalodia gibba var. gibba</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rhopalodia gibba var. parallela</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rhopalodia spp.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sellaphora pupula var. pupula</b>	0	0	0	1	0	0	4	1	0	0
<b>Stauroneis phoenicenteron</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Stauroneis smithii</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Stausosira construens</b>	0	0	0	8	0	12	0	38	0	0
<b>Stausosirella leptostauron</b>	1	0	0	0	0	0	3	2	1	0
<b>Stephanodiscus parvus</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Surirella sp.</b>	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
<b>Synedra acus</b>	235	335	371	320	391	119	245	107	0	0
<b>Synedra delicatissima var. angustissima</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Synedra parasitica var. parasitica</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Synedra parasitica var. subconstricta</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Synedra sp.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tetracyclus rupestris</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SUM</b>	<b>507</b>	<b>500</b>	<b>508</b>	<b>519</b>	<b>501</b>	<b>501</b>	<b>504</b>	<b>502</b>	<b>124</b>	<b>3</b>
<b>Uidentifiserte</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>51</b>	<b>82</b>	<b>41</b>	<b>14</b>	<b>5</b>
<b>Fragmenter</b>	<b>60</b>	<b>145</b>	<b>61</b>	<b>72</b>	<b>87</b>	<b>95</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>77</b>	<b>13</b>

70cm(VII)	73cm(II)	80cm(VII)	83cm(II)	90cm(VII)	93cm(II)	100cm(VII)	103cm(II)	110cm(VII)	113cm(II)	123cm(II)	128cm(III)	138cm(III)	148cm(III)	158cm(III)	168cm(III)	178cm(III)	188cm(III)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	89	0	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	6	2	10	9	2	1	3	0	0	0	0	0	4	7	0	0
0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	40	0	95,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	161	189	313	317	28	500	506	500	61	0	0	0	9	15	128	78	500
3	36	48	44	30	6	32	3	62	0	0	0	0	0	0	21	11	11
49	95	169	124	383	206	121	261	248	13	0	1	1	0	23	78	94	146

198cm (III)	198cm(IV)	208cm(IV)	218cm(IV)	228cm(IV)	238cm(IV)	248cm(IV)	258cm(IV)	268cm(IV)	275cm(V)	288cm(V)	298cm(V)	308cm(V)	318cm(V)	328cm(V)	328cm(VI)	337cm(V)	337cm(VI)
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	2	1	2	0	0	1	0	1	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	4	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	1	5	0
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	6	3	3	0	0	3	0	0	2	2	2	1	38	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	0	3	10	11	1	3	0	5	0	0	9	0	0	1	3	1	4
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	64	31	0	42	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
0	37	0	0	0	0	15	20	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
0	38	4	6	84	0	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
502	508	506	508	504	500	506	507	505	500	511	122	503	505	502	526	503	504
10	4	47	56	90	16	63	95	90	129	24	31	184	166	6	55	54	69
154	98	150	139	413	215	204	206	203	59	412	67	511	109	115	209	451	120

347cm(VI)	357cm(VI)	372cm(VI)	384cm(VI)	391cm(VI)	398,5cm(VI)
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	0	7
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	4	15
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
500	504	31,5	527	502	549
40	13	6	29	97	321
126	128	12	151	202	580

## Appendiks IV B 1: Prosent-tabell, Dagsjøen.

Dyp (cm)	Achnanthes clevei var. rostrata	Achnanthes lanceolata var. boj	Achnanthes sp.	Amphora libyca	Amphora ovalis	Amphora spp.	Anomoeoneis sphaerophora	Asterionella formosa	Asterionella sp.	Aulacoseira granulata	Aulacoseira granulata var. angi	Aulacoseira granulata var. grar	Aulacoseira italica f. crenulata	Aulacoseira italica var. italica	Aulacoseira spp.	Caloneis sp.	Caloneis ventricosa	Cocconeis neodiminuta	Cocconeis placentula	Cocconeis placentula sp.	Cocconeis placentula var. eugl
0				1,4	0,4	0,8		0,6													
2				0,2	0,6	0,4		1,9												0,2	
4,5						0,4		3										0,2			
7				2,1				4,8							0,2						
9								4,5													
20				0,4		0,4		0,4													
30				2,2		0,2		0,6													
40				2,8		1		0,5													
50				1,6																	
60				33,3																	
70						2,4															
73				1,2	0,6	4,3				1,2											
80				3,6		2,1															
83						0,3		1,1													
90				7,6		0,9															
93			3,6																21,4		
100				0,6		0,8															
103				0,6																	
110																					
113						1,6															
123																					
128																					
138																					
148																					
158				6,7																	
168				7,1																	
178				5,1		2,6		5,8					5,1							9	
188		0,4		1,6				0,2													
198				0,4	0,2	1,6		0,6			0,4										
198,5				0,2		0,4		0,5			1										
208				1		0,8		7,3		0,4					0,6						
218				1,8	0,8	1,2		0,5							0,8		0,4				
228				0,6		1,2		1				0,6	0,4						0,4		
238				1		0,8															
248				1,6	0,2	0,2		0,1													0,6
258				1,2		1,2															0,6
268				0,4				0,9			0,4										
275				0,2																	
288				2,6		0,6	0,2	5,2			2	0,4							0,2		
298				5,8																	
308	0,2			0,6			0,2		0,1												
318				1		1,4		0,6			0,8			0,4			0,2				
328				0,4				0,5								0,2					
328,5						1		1,1			0,6		0,6								
337		0,2		0,4	0,8	2,2		1,1			0,4		0,4								
337,5						0,6		0,4			0,8										
347				1				7,8												0,4	
357									0,2											0,4	
372								4,8													
384								9			1,3										
391							58,9	0,2													
398,5				2,7	0,5	4															















Suirella sp.	Synedra acus	Synedra delicatissima var. ang	Synedra parasitica var. parasit	Synedra parasitica var. subcon	Synedra sp.	Tetracyclus rupestris	Prosent	SUM DIATOMEER
	46,3					0,2	100	507
	66,9					0,2	100	500
	73						100	507,5
	61,7		0,2				100	518,5
	78						100	500,5
0,4	23,7						100	500,5
	48,6						100	504
0,2	21,2						100	502
							99,9	124
							99,9	3
						2,4	100	42
	24,8						99,7	161
							100	193
	30,5					0,3	99,8	313
						0,3	100	317
							100	28
							100	500
							100	506
							100	500
							100	61
							0	0
							0	0
							0	0
							100	3
							100	15
							100	128
							100	78
							100	500
							100	500
							100	502,5
						0,8	100	506
	0,8					0,2	99,8	507,5
							100	504
							100	500
			0,2				99,9	505,5
							100	507
							99,9	502,5
							100	500
						0,8	100	500,5
							99,9	122,5
			0,2		0,2		100	502,5
							100	502,5
							100	501,5
	0,2			0,2			101	522,5
							100	502,5
							100	500
							100	500
							100	504
							99,9	31,5
							100	520
							100	501,5
						0,2	100	549

Appendiks IV B 2:

Prosent-tabell. Arter > 5% , Dagsjøen.

Dyp (cm)	<i>Amphora libyca</i>	<i>Asterionella formosa</i>	<i>Cyclotella aff. pseudostelligera</i>	<i>Cyclotella bodanica var. affinis</i>	<i>Cyclotella comta</i>	<i>Cyclotella kuetzingiana</i>	<i>Fragilaria radiosa</i>	<i>Fragilaria brevistriata</i>	<i>Fragilaria capucina var. mesolepta</i>	<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria construens f. binodis</i>	<i>Fragilaria construens f. venter</i>	<i>Martyana martyi</i>	<i>Navicula menisculus</i>	<i>Navicula menisculus var. upsalensis</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>	<i>Staurosira construens</i>	<i>Stephanodiscus parvus</i>	<i>Synedra acus</i>			
0	1,4	0,6	19,3	0	0	0	16	0	1,4	3,6	0	4,5	0	0,2	0	0,2	0	0	0,2	0	46,3	
2	0,2	1,9	20,2	0	0	0	7	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	66,9	
4,5	0	3	21,1	0	0	0	0,8	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0,2	0	0	0	0	73	
7	2,1	4,8	17,7	0	0	0	4,8	0	0	0,2	0	2,7	0	0	0	0,4	0	1,5	0	0	61,7	
9	0	4,5	5,2	0	0	0	5,2	0	0,4	0	0	3	0	0,2	0	0	0	0	0	0	78	
20	0,4	0,4	20,8	0	0	0	32	0	0	9,8	0	9	0	0	0	0	0	2,4	0	0	23,7	
30	2,2	0,6	17,9	0	0	0	15,5	0	4,2	1	0	6,5	0	0	0	0,2	0	0	0,6	0	48,6	
40	2,8	0,5	3,4	0	0	0	44,4	0	2,8	3,2	0	8	0	0,4	0	0,4	0	7,6	0,4	0	21,2	
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
83	0	1,1	1	0	0	0	54	0	3,5	0,3	0	6,7	0	0	0	0,6	0	0	0,6	0	30,5	
90	7,6	0	0	0	0	0	33,1	0	16,1	0	0	34,1	0	0	0	0,3	0	0	3,2	0	0	
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	0,6	0	0	0	0	0	53,8	0	0	0,2	0	25,4	0	0	0	0,4	0	17,8	0,4	0	0	
103	0,6	0	0	0	0	0	62,5	0	8,9	0	0	27,7	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	
110	0	0	0	0	0	0	59,4	0	0	3	0	16,4	0	0	0	0	20,2	0,6	0	0	0	
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
188	1,6	0,2	0	1,2	0	0	91,6	1,4	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
198	0,4	0,6	0	0,2	0	0	69	16,8	2,6	0	0	0,4	0	0	0	0,6	2,6	0	0	0	0	
198,5	0,2	0,5	0	1	0	0	52,9	23,1	0	0	0,2	0	1	0	0,6	0	0,6	0	7,4	7,6	0	
208	1	7,3	0	2,6	0	0	31	27,9	1,2	0	1,8	0	0,4	0	0	1,8	1,2	12,6	0	0,8	0	
218	1,8	0,5	0	0,4	0	0	39,6	29,4	3	0	0	2,4	0	0,4	0	1,4	0,6	6,1	0	1,2	0,8	
228	0,6	1	1,8	3	0	0	33,5	16,3	1,2	4,8	0,2	0	2,8	0	1,8	0	0,6	0,6	0	16,7	0	
238	1	0	0	0	0	0	29,8	50,6	0	0	1,8	0	3,2	0	0,2	0	0,8	0	8,4	0	0	
248	1,6	0,1	0	0	0	0	52,8	27,1	0,4	4,7	0	0	2,4	0	0,2	0	0,6	0	0	3	0,6	0
258	1,2	0	0	0,2	0	0	17	52,5	0,8	6,5	0,6	0	5,9	0	0	0	0	0,6	0	3,9	2,6	0
268	0,4	0,9	0	3,4	0	0	58,7	18,5	0	0	0,8	8,2	2,4	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0	0
275	0,2	0	0	0	83,8	0	0	2,6	0,2	3	0	0	2,4	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0
288	2,6	5,2	0	10	39,4	4	0	7,6	0,8	0	0	3,6	1,2	0	0,8	0	2,4	0,4	0	0,2	0	0
298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
308	0,6	0	0	0	0,6	0	0	62,7	1	0	0,6	3,4	9,2	0	0,2	0	2,8	0,4	1	0,4	0	0
318	1	0,6	0	0	0	0	0	57,5	13,6	6,6	6,6	0	0,4	0	0,2	0	1	0,2	0	0	0	0
328	0,4	0,5	0	0	0	0	7,8	67,2	3,8	3,4	1,4	0,6	0,2	0	1	0	0,2	7,6	0	0	0	0
328,5	0	1,1	3,3	0	0	0	0	44,2	18,8	6,3	0,6	0	0	6,1	0,4	0	2,9	0,6	0	0	0	0
337	0,4	1,1	0	0	19,9	0	0	29,3	0,4	5,8	0,4	4	2	0	14,9	0	6,2	0	0	0	0	0
337,5	0	0,4	85	0	0	0	0	6	0	0,2	0	0	0	0	1,6	0	1	0	0	0	0	0
347	1	7,8	0	0	55,4	0	0	16	0	1,6	0,2	0	0	0	0	5,2	4,8	0	0	0	0	0
357	0	0	89,1	0	0	0	0	5,8	0,2	0,2	0	0	0,2	0	0	0	1,8	0	0	0	0	0
372	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
384	0	9	0	0	0	57,7	0	23,5	0	2,5	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0
391	0	58,9	0	0	0	0	0	16,7	0,8	4,8	1,8	0	3	0	0	0	1,8	0,2	0	0	0	0
398,5	2,7	0	11,3	0	0	0	0	27,5	5,6	3,5	0,4	0	8,9	0	0,2	0	4,9	0,2	0	0,9	0	0

## Appendiks IV B 3:

### Prosent-tabell. Arter > 5% (mer enn 200 diatomeer i prøven), Dagsjøen.

Dyp (cm)	<i>Amphora libyca</i>	<i>Asterionella formosa</i>	<i>Cyclotella aff. pseudostelligera</i>	<i>Cyclotella bodanica var. affinis</i>	<i>Cyclotella comta</i>	<i>Cyclotella kuetzingiana</i>	<i>Fragilaria radiosa</i>	<i>Fragilaria brevistriata</i>	<i>Fragilaria capucina var. mesolepta</i>	<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria construens f. binodis</i>	<i>Fragilaria construens f. venter</i>	<i>Martyana martyi</i>	<i>Navicula menisculus</i>	<i>Navicula menisculus var. upsalensis</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>	<i>Staurosira construens</i>	<i>Stephanodiscus leptostauron</i>	<i>Synedra acus</i>
0	1,4	0,6	19,3	0	0	0	16	0	1,4	3,6	0	4,5	0	0,2	0	0,2	0	0	46,3
2	0,2	1,9	20,2	0	0	0	7	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	66,9
4,5	0	3	21,1	0	0	0	0,8	0	0	0	1,2	0	0	0,2	0	0	0	0	73
7	2,1	4,8	17,7	0	0	0	4,8	0	0,2	0	2,7	0	0	0,4	0	1,5	0	0	61,7
9	0	4,5	5,2	0	0	0	5,2	0,4	0	3	0	0,2	0	0	0	0	0	0	78
20	0,4	0,4	20,8	0	0	0	32	0	9,8	0	9	0	0	0	2,4	0	0	0	23,7
30	2,2	0,6	17,9	0	0	0	15,5	4,2	1	0	6,5	0	0	0,2	0	0	0,6	0	48,6
40	2,8	0,5	3,4	0	0	0	44,4	2,8	3,2	0	8	0,4	0	0,4	0	7,6	0,4	0	21,2
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	1,1	1	0	0	0	54	0	3,5	0,3	6,7	0	0	0,6	0	0	0,6	0	30,5
90	7,6	0	0	0	0	0	33,1	16,1	0	34,1	0	0	0	0,3	0	3,2	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0,6	0	0	0	0	0	53,8	0	0,2	0	25,4	0	0	0,4	0	17,8	0,4	0	0
103	0,6	0	0	0	0	0	62,5	8,9	0	27,7	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	59,4	0	3	0	16,4	0	0	0	20,2	0,6	0	0	0
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188	1,6	0,2	0	1,2	0	0	91,6	1,4	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
198	0,4	0,6	0	0,2	0	0	69	16,8	2,6	0	0,4	0	0	0	0,6	2,6	0	0	0
198,5	0,2	0,5	0	1	0	0	52,9	23,1	0	0,2	0	1	0,6	0,6	0	7,4	7,6	0	0
208	1	7,3	0	2,6	0	0	31	27,9	1,2	0	1,8	0	0	1,8	1,2	12,6	0	0,8	0
218	1,8	0,5	0	0,4	0	0	39,6	29,4	3	0	0	2,4	0	0,4	0	1,4	0,6	6,1	0
228	0,6	1	1,8	3	0	0	33,5	16,3	1,2	4,8	0,2	2,8	0	1,8	0	0,6	0	16,7	0,8
238	1	0	0	0	0	0	29,8	50,6	0	0	1,8	0	3,2	0	0,8	0	8,4	0	0
248	1,6	0,1	0	0	0	0	52,8	27,1	0,4	4,7	0	2,4	0	0,2	0	0,6	0	3	0,6
258	1,2	0	0	0,2	0	0	17	52,5	0,8	6,5	0,6	0	5,9	0	0	0,6	0	3,9	2,6
268	0,4	0,9	0	3,4	0	0	58,7	18,5	0	0	0,8	8,2	2,4	0	0,2	0	0	0	0
275	0,2	0	0	0	83,8	0	2,6	0,2	3	0	2,4	0	0	0	2,2	0	0	0	0
288	2,6	5,2	0	10	39,4	4	7,6	0,8	0	0	3,6	1,2	0	0,8	0	2,4	0,4	0	0,2
298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
308	0,6	0	0	0	0,6	0	62,7	1	0	0,6	3,4	9,2	0	0,2	0	2,8	0,4	1	0,4
318	1	0,6	0	0	0	0	57,5	13,6	6,6	6,6	0	0,4	0	0,2	0	1	0,2	0	0
328	0,4	0,5	0	0	0	7,8	67,2	3,8	3,4	1,4	0,6	0,2	0	1	0	0,2	7,6	0	0
328,5	0	1,1	3,3	0	0	0	44,2	18,8	6,3	0,6	0	0	6,1	0,4	0	2,9	0,6	0	0
337	0,4	1,1	0	0	19,9	0	29,3	0,4	5,8	0,4	4	2	0	14,9	0	6,2	0	0	0
337,5	0	0,4	85	0	0	0	6	0	0,2	0	0	0	1,6	0	1	0	0	0	0
347	1	7,8	0	0	55,4	0	16	0	1,6	0,2	0	0	0	5,2	4,8	0	0	0	0
357	0	0	89,1	0	0	0	5,8	0,2	0,2	0	0	0,2	0	0	1,8	0	0	0	0
372	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
384	0	9	0	0	0	57,7	23,5	0	2,5	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0
391	0	58,9	0	0	0	0	16,7	0,8	4,8	1,8	0	3	0	0	1,8	0,2	0	0	0
398,5	2,7	0	11,3	0	0	0	27,5	5,6	3,5	0,4	0	8,9	0	0,2	0	4,9	0,2	0	0,9

## Appendiks IV C 1: Sjekkliste for Dagsjøen

	Livsform	Trofigrad	pH	Nitrogen	Oksygen
<i>Achnanthes clevei</i> var. <i>rostrata</i>		4	4	2	2
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>boyei</i>					
<i>Amphora libyca</i>	2		3		
<i>Amphora ovalis</i>	1	5	4	2	2
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	2	5	5	2	4
<i>Asterionella formosa</i>	1	4	4	2	2
<i>Aulacoseira granulata</i>		5	4	2	3
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	1	5	4	2	3
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	1	5	4		
<i>Aulacoseira italica</i> f. <i>crenulata</i>		1	3	1	1
<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>italica</i>	1	3	3		
<i>Caloneis ventricosa</i>	4	4	4	1	2
<i>Cocconeis neodiminuta</i>					
<i>Cocconeis placentula</i>	3	2	4	2	3
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	3	5	3	2	3
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>genuina</i>					
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	3	5	3	2	3
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>pseudolineata</i>					
<i>Cocconeis scutellum</i>	3		5		
<i>Cyclotella</i> aff. <i>bodanica</i>	1	1	3	1	1
<i>Cyclotella</i> aff. <i>pseudostelligera</i>	1	5	3	2	3
<i>Cyclotella bodanica</i> var. <i>affinis</i>	1				
<i>Cyclotella bodanica</i> var. <i>bodanica</i>	1				
<i>Cyclotella comta</i>	1	5	4		
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>	1		3		
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> var. <i>planetophora</i>	1	4	4	1	1
<i>Cyclotella radiosa</i>	1	5	4	1	2
<i>Cymatopleura librile</i>	2	5	4	2	3
<i>Cymbella austriaca</i> var. <i>reducta</i>					
<i>Cymbella cistula</i>	4	5	4	1	2
<i>Cymbella cuspidata</i>	4	3	3		
<i>Cymbella cymbiformis</i>	3	2	3	1	1
<i>Cymbella diluviana</i>	2		3		
<i>Cymbella ehrenbergii</i> var. <i>hungarica</i>					
<i>Cymbella inaequalis</i>	4	3	5	1	1
<i>Cymbella lanceolata</i> var. <i>genuina</i>					
<i>Cymbella minuta</i>			3		
<i>Cymbella prostrata</i> var. <i>auerswaldii</i>		7			
<i>Cymbella proxima</i>		3			
<i>Cymbella simonsenii</i>					
<i>Diatoma hyemale</i> var. <i>mesodon</i>		3	3	1	1
<i>Dimeregramma minor</i>	3				
<i>Encyonema mesianum</i>			4		
<i>Encyonema silesiacum</i>		7	3	2	3
<i>Epithemia adnata</i>	3	4	5	1	2
<i>Epithemia frickei</i>	2		6		
<i>Epithemia sorex</i>	2	5	5	1	2
<i>Epithemia turgida</i>	3	4	5	1	2
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	3	4	5	1	2
<i>Eunotia bilunaris</i> var. <i>mucophila</i>		2	2	2	2
<i>Fragilaria biceps</i>		5	4		
<i>Fragilaria bidens</i>		5	4	1	1
<i>Fragilaria brevistriata</i>	3	7	4	1	1
<i>Fragilaria capucina</i>	3	3	3		
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	3	2	4		

Fragilaria caspiens					
Fragilaria construens	1	4	4	1	1
Fragilaria construens f. binodis	1	4	4	2	1
Fragilaria construens f. venter	1	4	4	2	1
Fragilaria dilatata		5	4	1	1
Fragilaria fasciculata		5	4	2	3
Fragilaria investiens					
Fragilaria leptostauron	1	4	4	1	1
Fragilaria leptostauron var. dubia	2		4		
Fragilaria parasitica f. typica					
Fragilaria parasitica var. parasitica					
Fragilaria pinnata	3	7	4	2	1
Fragilaria pinnata var. genuina f. subsolitaris					
Fragilaria pinnata var. intercedens					
Fragilaria tenera		2	2	1	1
Fragilaria ulna		7	4	2	3
Frustulia rhomboides		1	2	1	1
Gomphonema acuminatum	4	5	4	1	2
Gomphonema augur	3	4	4	1	1
Gomphonema parvulum	4	5	3	3	4
Gomphonema truncatum	3	4	3	1	2
Gomphonema truncatum var. truncatum	4	4	4		
Karayevia clevei					
Martyana martyi	3		3		
Mastogloia smithii	2	5	4		
Meridion circulare	2	7	4	2	2
Navicula abiskoensis					
Navicula bacillum	2	4	4	1	2
Navicula cari	2	7	3		
Navicula cari var. cincta	4	5	4	2	3
Navicula cryptocephala	2	7	3	2	3
Navicula cuspidata	4	5	4	2	3
Navicula cymbula		1			
Navicula eidrigeana					
Navicula elginensis		5	4	2	2
Navicula exigua	2	5	4	1	1
Navicula gastrum	2	5	4	2	2
Navicula gastrum var. genuina					
Navicula laevisissima	2	3	3	1	1
Navicula laevisissima var. laevisissima					
Navicula lanceolata var. genuina					
Navicula libonensis					
Navicula menisculus		5	4	2	3
Navicula menisculus var. upsalensis			4		
Navicula oblonga	2	5	4	2	2
Navicula placentula	2	5	4	2	2
Navicula pseudoanglica		4	4	2	1
Navicula radiosa	2	4	3	2	2
Navicula similis					
Navicula tuscula	2	7	5		
Navicula viridula var. viridula					
Navicula viridula var. vulpina		4	4	1	1
Neidium ampliatum		2	3		
Neidium dubium		4	3	1	1
Neidium hercynicum			2		
Nitzschia angustata	2	3	3	1	1



<b>Nitzschia obtusa var. brevissima</b>		5	3		3
<b>Nitzschia romana</b>					
<b>Nitzschia thermalis</b>					
<b>Pinnularia abaujensis var. abaujensis</b>					
<b>Pinnularia gibba var. parva</b>					
<b>Pinnularia hemiptera</b>		1	3		1
<b>Pinnularia legumen</b>	2	1	3	1	
<b>Pinnularia microstauron</b>	4	7	3	2	3
<b>Pinnularia viridis</b>	4	7	3	2	3
<b>Placoneis elginensis</b>	2	3	6		
<b>Planothidium lanceolata</b>	4	5	4	2	3
<b>Pleurosigma angulatum</b>	2				
<b>Rhopalodia gibba</b>	3	5	5	1	3
<b>Rhopalodia gibba var. gibba</b>	2	7	3	2	3
<b>Rhopalodia gibba var. parallela</b>	2	1	5	1	1
<b>Sellaphora pupula var. pupula</b>	2	4	3	2	3
<b>Stauroneis phoenicenteron</b>	2	4	3	2	3
<b>Stauroneis smithii</b>	2	7	4	2	1
<b>Staurosira construens</b>	3		3		
<b>Staurosirella leptostauron</b>	3		3		
<b>Stephanodiscus parvus</b>	1	6	5		
<b>Synedra acus</b>	1	4	3		
<b>Synedra delicatissima var. angustissima</b>					
<b>Synedra parasitica var. parasitica</b>		4	4	1	1
<b>Synedra parasitica var. subconstricta</b>	3	4	4	1	1
<b>Tetracyclus rupestris</b>					

Van Dam et al.	
De Wolf	
Corol, G.	
Bakken, T.B.	
mine antakelser	