

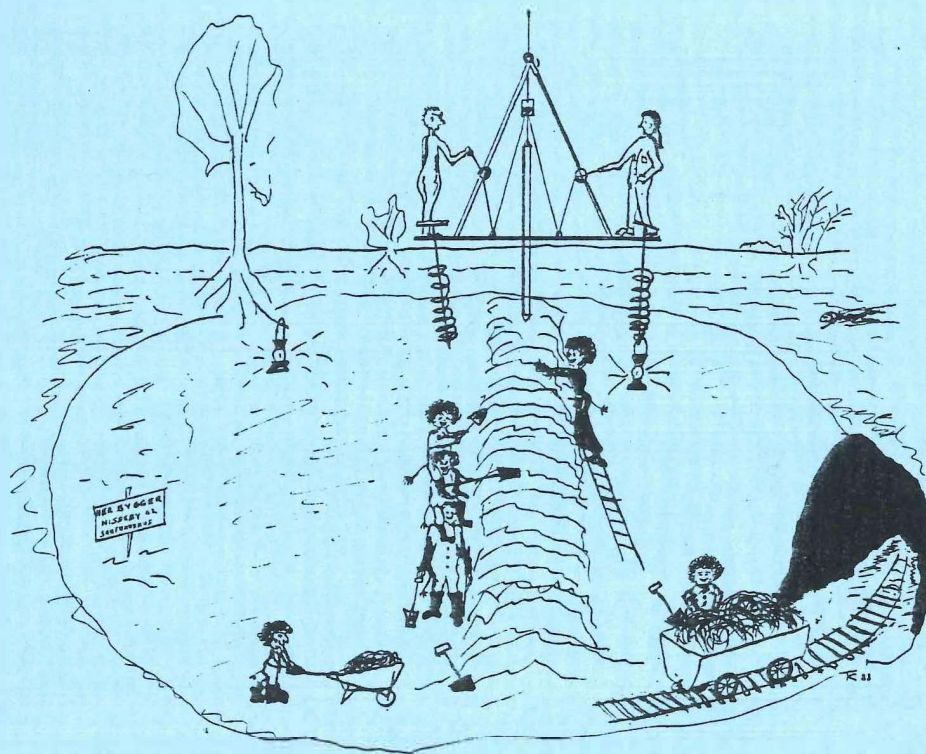
U. B. BERGEN

Ms. Rb 2805

THORBJØRN KALAND

# STRANDFORSKYVNING I HJELMELAND, RYFYLKE

BIO- OG LITOSTRATIGRAFISKE BASSENGUNDERSØKELSER  
PÅ RANDØY OG VED FISTER



HOVEDFAGSOPPGAVE (CAND. SCIENT) I KVARTÆRGEOLOGI

UNIVERSITETET I BERGEN HØSTEN 1988.

FORORD

27/11 88  
dato

  
underskrift

De som går løs på studier av de såkalte "våte" fag, bio- og geofagene, har anledning til å utdanne seg til noe langt mer enn skrivebordsakademikere. Disse studiene innebærer en betydelig innøving i å observere naturens mange forunderlige fenomener. Mange velger disse fagene nettopp av den grunn.

Studenttilgangen innen de ulike fag svinger stadig, ofte som en konsekvens av arbeidsmarkedet.

Da jeg ble student i 1981, hadde biofagene en nedgang mens geofagene opplevde en mangedobling av studenttilgangen, grunnet den økende oljevirkksomheten. Utover i 80-årene har denne tendensen snudd; og vi ser at "alle" biologer sporer seg inn på akvakultur og genteknologi, mens studenttilgangen til geofagene er redusert til en tredjedel, i forhold til begynnelsen av 80-årene.

Gjennom den samme perioden har folks oppmerksomhet i stadig større grad blitt rettet mot de store naturødeleggelsene som har funnet og som finner sted. Dette har resultert i en opptrapping av offentlige midler til naturvernarbeid. Kraftutbyggere møter ofte mer motstand enn velvilje for sine prosjekter, blandt de folkevalgte.

Industribedrifter blir stadig overvåket av miljøorganisasjoner som opptrer som miljøpoliti.

Det har med andre ord gått opp for de fleste av oss at vi er i ferd med å ødelegge livsgrunnet for våre etterkommere.

"Vi har ikke arvet jorden av våre fedre, vi har lånt den av våre barn" (indiansk ordspråk).

Regjeringen har nå reagert med å igangsette et prosjekt med 70 forsøkskommuner som skal bygge opp eller oppruste naturvern- og naturvitenskapelige avdelinger. Dette gir ringvirkninger på arbeidsmarkedet for naturvitere.

Det er åpenbart at samfunnet etterhvert vil ha et økende behov for kompetanse innen naturvitenskap, dersom vi ønsker å forvalte naturen med omtanke for fremtiden.

Dette bør også lærestedene merke seg m.h.p. valg av forskningsområder og hovedfagsoppgaver generelt.

En oppgave som kombinerer geologi og botanikk gir i så måte et godt grunnlag for forståelsen av naturen som en helhet.

Jeg har bare positive erfaringer fra mitt arbeid ved Geologisk Institutt, avd. B og Botanisk Institutt, og jeg vil derfor oppfordre instituttene til ytterligere samarbeid.

Det gode sosiale miljøet ved Botanisk Institutt har gitt meg et rikelig overskudd av arbeidsglede.

Jeg vil takke mine veiledere Karl Anundsen og Dagfinn Moe for god veiledning og mange praktiske råd så vel i felt som på instituttet.

Denne hovedoppgave var opprinnelig tiltenkt to studenter. Etter første feltsesong ble imidlertid jeg alene om arbeidet. Jeg vil rette en takk til Tom Schistad, for at han holdt ut med meg en feltsesong og bidro med prøvetakingen som jeg vanskelig kunne gjort alene.

Aage Paus, Jan Berge, Kari Hjelle og Svenn Sivertsen skal ha en stor takk for utrettelig hjelp og oppofrelse under pollenanalysen og ved andre problemer under arbeidet.

Takk til Peter Emil Kaland for en engasjert innsats i å lære meg bruk av programpakken.

Takk til Mons Kvamme og René for å ha inspirert meg til å gjøre arbeidet ferdig så fort som mulig, og endelig takk til Helene Kaland for god hjelp med korrrektur, tekstretting og figurtegning.

Fotografiene i oppgaven (med unntak av flyfoto) er tatt av undertegnede. Illustrasjoner og figurer er laget av undertegnede, der andre opphavsmenn ikke er nevnt. Forsideillustrasjonen viser en av de mange dannelses teorier for stratigrafien i Hjelmebassengene som har vært diskutert i forbindelse med dette arbeidet.

## INNHOLO

	side
<b>KAPITTEL 1 INNLEDNING</b>	<b>1</b>
OMRÅDEVALG	1
<b>KAPITTEL 2 OMRÅDEBESKRIVELSE</b>	<b>4</b>
LOKALISERING	4
TOPOGRAFI	4
GEOMORFOLOGI	4
BERGGRUNNSGEOLOGI	6
VEGETASJON	8
KLIMA	8
<b>BASSENGBESKRIVELSER</b>	<b>11</b>
LIARMARKA 28	11
LIARMARKA 32	11
LAUHILDRANE 49	14
<b>KAPITTEL 3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER I OMRÅDET</b>	<b>17</b>
LIARMARKA, FISTER	17
GRØNNEVIK, RANDØY	17
HJELMELANDSVÅGEN	19
<b>KAPITTEL 4 FELTARBEID OG SEDIMENTBESKRIVELSER</b>	<b>20</b>
NIVELERING	20
SONDERING	20
LIARMARKA 28	20
LIARMARKA 32	22
LAUHILDRANE 49	22
MERKING AV PRØVER OG KJERNER	22
PRØVETAKING	24
NY MATERIALINNSAMLING	26
<b>SEDIMENTBESKRIVELSER</b>	<b>26</b>
STRATIGRAFISK INNDELING	26
LIARMARKA 28	29
AVSETNINGSFORHOLD I LIARMARKA	34
LIARMARKA 32	34
AVSETNINGSFORHOLD I LIARMARKA 32	37
LAUHILDRANE 49	38
AVSETNINGSFORHOLD I LAUHILDRANE 49	40
<b>KAPITTEL 5 DIATOMEANALYSE</b>	<b>44</b>
SAMMENDRAG	44



INNLEDNING	44
METODE	45
BENYTTET KLASIFIKASJONSSYSTEM	46
HOVEDDIAGRAMMET	47
DIAGRAMBESKRIVELSE FRA BUNNEN AV KJERNEN	47
TOTALDIAGRAMMET	49
DISKUSJON	50
KONKLUSJON	51
<b>KAPITTEL 6 POLLENANALYSE</b>	<b>55</b>
<b>LABORATORIEARBEID OG PREPARERINGSPROSEDYRE</b>	<b>56</b>
PREPARERINGSPROSEDYRE	56
TILSETTING AV <u>LYCOPODIUM-TABLETTER</u>	57
FJERNING AV KALK	57
FJERNING AV HUMUSSTOFFER	58
FJERNING AV CELLULOSE	58
FJERNING AV SILIKATER	58
ULTRALYDBEHANDLING	59
<b>ANALYSEMETODE</b>	<b>59</b>
BESTEMMELSESLITTERATUR	59
IDENTIFIKASJON	59
ANALYSEUTSTYR	59
POLLENSUMMEN	60
<b>POLLENDIAGRAMMENE</b>	<b>60</b>
RELATIVT POLLENDIAGRAM - PROSENTDIAGRAM	61
KONSENTRASJONSDIAGRAM	61
INFLUKSDIAGRAM	61
INDELING AV DIAGRAMMET	62
BIOSTRATIGRAFISK SONERING	64
<b>SENTRALE GRUPPER</b>	<b>64</b>
LISTE OVER VANLIGE LATINSKE PLANTENAVN	64
BETULACEAE	66
SALICACEAE	66
ROSACEAE	66
POLYGONACEAE	67
POLYPODIACEAE	67
PEDIASTRUM	67
ERICALES	67
LYCOPODIACEAE	67

<i>BESKRIVELSE AV POLLENDIAGRAMMENE OG POLLENSONENE</i>	68
L-1 SALIX - CYPERACEAE - POACEAE - POLLENSONE	68
L-2 EMPETRUM - POLLENSONE	68
L-2-A EMPETRUM - BETULA - UNDERSONE	69
L-2-B EMPETRUM - PINUS - UNDERSONE	69
L-3 BETULA - POLLENSONE	69
L-3-A BETULA - EMPETRUM - UNDERSONE	70
L-3-B BETULA - CORYLUS - UNDERSONE	70
LIARMARKA 32: POLLENDIAGRAMMET	71
<i>KAPITTEL 7 TOLKING AV POLLENDIAGRAMMENE</i>	72
KORRELASJON AV DIAGRAMMENE FRA LAUHILDRANE	72
L-1 SALIX - CYPERACEAE - POLLENSONE	74
KONKLUSJONER L-1 SALIX - CYPERACEAE - POLLENSONE	80
L-2 EMPETRUM - POLLENSONE	80
L-2-A EMPETRUM - BETULA - UNDERSONE	81
KONKLUSJONER, L-2-A EMPETRUM - BETULA - UNDERSONE	86
L-2-B EMPETRUM - PINUS - UNDERSONE	87
KONKLUSJONER L-2-B EMPETRUM - PINUS - UNDERSONE	93
L-3 BETULA - POLLENSONE	94
L-3-A BETULA - EMPETRUM - UNDERSONE	95
KONKLUSJONER, L-3-A BETULA - EMPETRUM - UNDERSONE	98
L-3-B BETULA - CORYLUS - UNDERSONE	98
KONKLUSJONER, L-3-B BETULA - CORYLUS - UNDERSONE	101
KORRELASJON MELLOM LAUHILDRANE OG LIARMARKA	101
<i>KAPITTEL 8 DATERINGER</i>	103
<i>FEILKILDER</i>	104
RESEDIMENTASJON	105
BIOTURBASJON	105
HAROVANNSEFFEKT	106
YNGRE FORURENSING	106
RESERVOARALDER	106
DATERING AV KARBONFATTIGE PRØVER	107
FORURENSING UNDER FELT- ELLER LABORATORIEARBEIDET	107
<i>DATERINGSMATERIALET</i>	108
<i>ANDRE DATERINGSMETODER</i>	109
POLLENSTRATIGRAFISK KORRELASJON	110
LITOSTRATIGRAFISK KORRELASJON	110
STRANDFORSKYVNINGSKORRELASJON	111

<i>SEDIMENTASJONSHASTIGHET</i>	111
<i>DISKUSJON</i>	112
DATERING AV DEGLASIASJONEN VED LAUHILDRANE	113
ISOLASJON AV LIARMARKA 32 OG LAUHILDRANE 49	113
<b>KAPITTEL 9 STRANDFORSKYVNING</b>	<b>115</b>
EUSTATISK ENDRING	115
ISOSTATISK ENDRING AV JORDSKORPEN	117
<b>STRANDFORSKYVNING PÅ SØRVESTLANDET</b>	<b>118</b>
SOTRA	118
BØMLO	119
KARMØY	121
YRKJE	121
TAU	123
JÆREN	123
ISOBASÉLINJER	124
STRANDLINJEGRADIENTER	128
<b>STRANDFORSKYVNING I HJELMELAND</b>	<b>128</b>
REGRESJONSBUNN	129
TRANSGRESJONSKURVEN OG LANDHEVINGSGRADIENTEN	130
TRANSGRESJONSTOPPEN	131
REGRESJONSHASTIGHETEN	131
<b>KAPITTEL 9 SAMMENDRAG</b>	<b>133</b>

## KAPITTEL 1 INNLEDNING

Med denne oppgaven forsøkes det å gi et bidrag til de undersøkelser og resultater som foreligger m.h.p. strandforskyvning og klimautvikling i Sørvest-Norge.

Oppgaven er således en del av et prosjekt ledet av professor Karl Anundsen. Undersøkelsene er gjort på materiale hentet fra Randøy og Fister i Hjelmeland kommune, Ryfylke.

I tilknytning til dette prosjektet er det foretatt tilsvarende undersøkelser ved Yrkje (Anundsen 1977, 1978, Anundsen & Fjellskaar 1983, Braaten & Hermansen 1985) og på Nord-Karmøy (Austad & Erichsen 1987). Flatekvål (in prep.) arbeider med tilsvarende undersøkelser ved Tau.

Omfattende undersøkelser i kvartærgeologi og/eller vegetasjonshistorie på sørvest-landet er dessuten foretatt av Rekstad (1908), Fægri (1940, 1944), Andersen (1964), Kallevik (1947), Klemsdal (1969), Rønnevik (1971), Lorentzen-Styr (1978), Thomsen (1981), Radum & Kaland (1982), Anundsen (1972, 1977a,b, 1978, 1980, 1985) og Paus (1982, 1988).

### OMRÅDEVALG

Området i Hjelmeland kommune er valgt ut med tanke på å få et bilde av strandforskyvningen i indre deler av Rogaland, og for å fylle ut det bildet man har av strandforskyvningen i landsdelen forøvrig. For å kunne konstruere en strandforskyvningskurve som går tilbake til 13.000 B.P., var det nødvendig å velge et område som ligger utenfor Yngre Dryas-fremstøtet.

Det spesielle med dette område er at det ligger lenger inne i landet enn noen av de andre områdene i landsdelen som er undersøkt m.h.p. strandforskyvning. Det er derfor av stor interesse å få undersøkt om landhevingen øker innover i landet eller om den går jevnt (som en rett linje).

Hjelmeland kommune har etter isobasekartet til Anundsen (1985) en marin grense på mellom 50 og 60 m.

På bakgrunn av disse tallene ble det søkt funnet bassenger som idag befinner seg like under marin grense. Det ideelle ville i så måte være



å finne to nærliggende bassenger med ulike terskelhøyder og hvor en kunne finne transgresjonstoppen i det ene og regresjonsbunnen i det andre bassenget. Med transgresjonstoppen menes høyeste havnivå under transgresjonen i Yngre Dryas kronosone. Med regresjonsbunnen menes laveste havnivå ved regresjonen forut for Y.D.-transgresjonen.

Til tross for den vekslende topografien i Ryfylke, var det ikke mulig å finne områder med flere bassenger umiddelbart under marin grense. Området er preget av et nettverk av fjorder og vekslende topografi opp til 3-400 m høye fjell.

Anundsen & Hermansen hadde tidligere sondert to myrbassenger ved Fister. Det ble tatt utgangspunkt i disse under feltarbeidet i 1986. Det ble også besluttet å ta prøver fra et basseng på Randøy som ble funnet, sondert og nivelert sammen med Anundsen og Moe under en rekognoseringsstur i mai 1986.

Formålet med oppgaven var å finne ut om "Yngre Dryas-transgresjonen" (sensu Anundsen 1985) var å finne i Hjelmelandsområdet. Denne er tidligere funnet flere steder i SørvestNorge (Anundsen 1985, Austad & Erichsen 1987 m.fl.)

Arbeidet med oppgaven innebærer derfor:

- Litostratigrafiske og sedimentologiske undersøkelser i bassenger ved Fister og på Randøy.
- Etablering av pollenstratigrafi i området.
- Bestemmelse av eventuelle inngresjoner og isolasjoner av bassengene v.h.a. diatomeanalyse.
- Datering av eventuelle inngresjoner og isolasjoner i bassengene ved  $^{14}\text{C}$ -metoden og ved pollenanalyse.
- Konstruere strandforskyvningskurve for området.
- Sammenlikne kurven og resultatene med undersøkelser fra andre lokaliteter i Rogaland og eventuelt korrigere de eksisterende isobasekart og strandlinjegradienter i Sørvest-Norge.

I undersøkelsene inngår feltarbeid, som ble foretatt i samarbeid med Tom Schistad august-september 1986 og med hjelp av Flatekvål & Anundsen oktober 1987, samt sedimentologiske undersøkelser og mikrofossilanalyser. Da Schistad trakk seg fra oppgaven, ble diatomeundersøkelsen utført av Cato Erichsen, på oppdrag.

Glødetap ble undersøkt i 10 borekjerter fra tre myrbassenger. Dette ble gjort for å få et bilde av den organiske produksjonen i / ved bassengene i sen- og tidlig glasiatid, og for å få en oversikt og en prioriteringsrekke m.h.p. mikrofossilanalysene.

Pollenanalysen gir et bilde av vegetasjonshistorien i området fra den første jordsmonnutviklingen og frem til myrutviklingen i bassengene tok til. I tillegg gir undersøkelsen opplysninger som kan nyttes til dateringer ved korrelasjon til andre områder.

Det ble beskrevet og tatt boreprøver fra 3 myrbassenger. Kun resultatene fra ett av bassengene var tilfredstillende for etablering av vegetasjonshistorien.

I tillegg er det benyttet data fra et annet basseng på Randøy (ved Grønnevik), som Anundsen har undersøkt (Anundsen unpubl).

Til fremstilling av pollendiagrammene og utregning av diagramverdiene er programpakken Core-systems (Michelsen 1985) benyttet.

## KAPITTEL 2 OMRÅDEBESKRIVELSE

### LOKALISERING

De undersøkte bassengene ligger ved Fister (1 km mot nord), og på Randøy like over fjorden vest for Fister. Begge lokalitetene ligger i Hjelmeland kommune.

To myrbassenger er undersøkt ved Fister (Liarmarka 28 & 32, LL331655), med terskel på h.h.v. 28,36 m o.h. og 32,48 m o.h.

Ett myrbasseng er undersøkt på Randøy (Lauhildrane 49, LL330653). Dette har en terskel på 49,1 m o.h.

Området ligger utenfor Yngre Dryas-fremstøtet, som bl.a. er registrert noe lenger inne, ved Jøsenfjorden (Austbø, 1988).

### TOPOGRAFI

Randøy dekker et areal på 16 km<sup>2</sup>. Topografien der er som på fastlandet i Hjelmeland, vekslende ofte med bratte strandsoner og med fjell på opp til 370 m o.h. Ved det undersøkte området på Randøy er der relativt liten hellning fra havnivå og opp til myrbassenget. Ovenfor myrbassenget er der bratte knauser som avgrenser bassenget i vest.

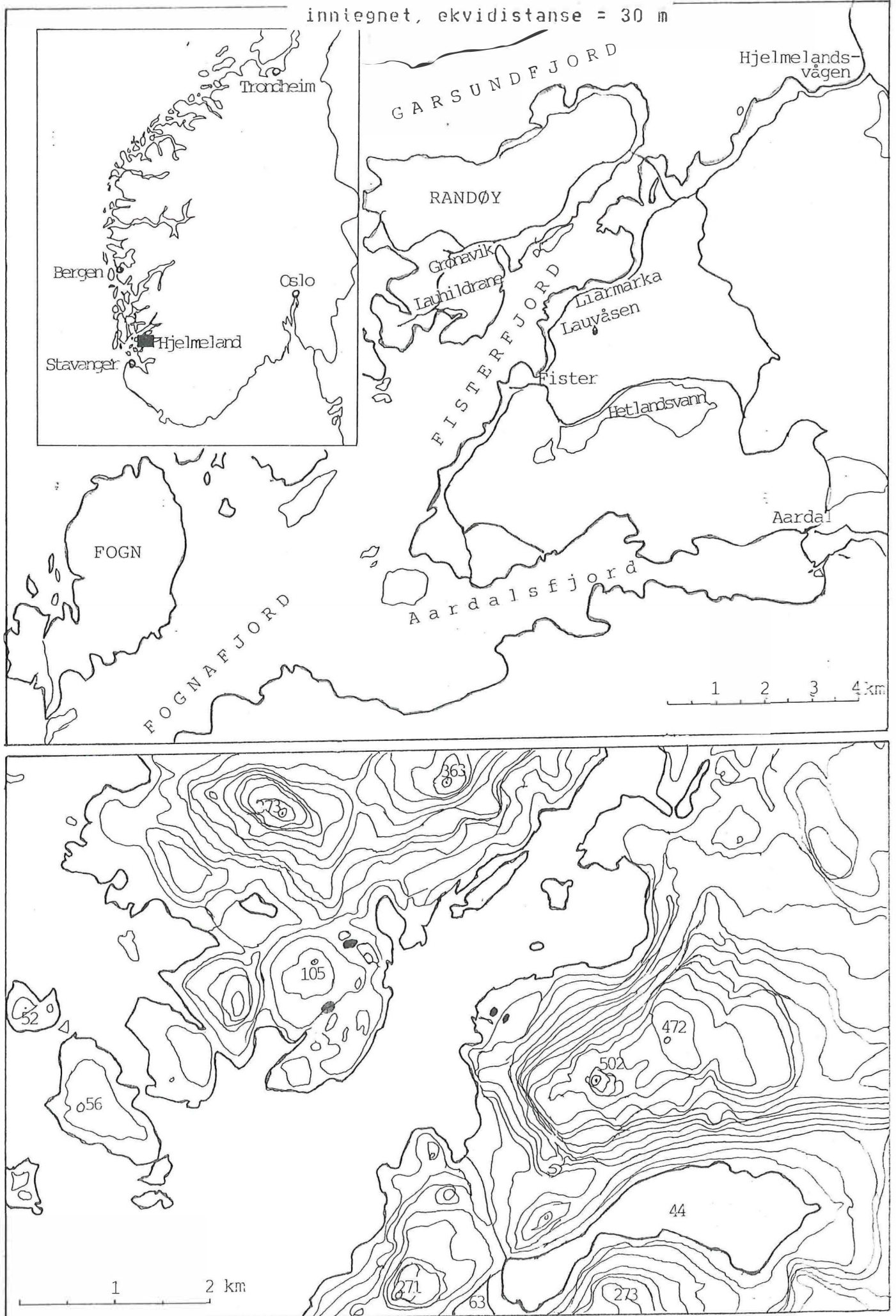
I det undersøkte området ved Fister, er landskapet bratt fra strandsonen og opp til ca. 20 m o.h. hvor det flater ut og bukter seg inn til fjellsiden (40 m o.h.). Landskapet preges av det ca. 10 km lange fjellpartiet, som strekker seg fra Fister i sør og til Hjelmeland i nord. Den høyeste toppen, Lauvaasen (502 m o.h.), ligger rett over Liarmarka.

### GEOMORFOLOGI

Hjelmeland kommune ligger i grenseområdet mellom åpne fjordsystemer med spredte øygrupper, og Ryfylkeheienes fjellpartier som er avbrutt av trange øst/vest orienterte fjorder.

Øyene vest for Randøy har langt lavere fjell, enn de vi finner i Hjelmeland. Der er imidlertid velutviklede strandflater på disse øyene (se fig. 2.9).

Figur 2.1 landsdelskart og topografisk kart med bassengene innegnet, ekvidistanse = 30 m





De mange østvestorienterte fjordene som deler opp fjellheimen i Rogaland gir landsdelen et typisk vestnorsk preg.

Den lokale topografien rundt Fister er derimot ikke preget av en øst/vestgående fjord, men av Fisterfjorden. Denne er en tverrforbindelse med NØ-SV orientering, mellom Garsundsfjorden i nord og Fognafjorden i sør. Fistervågen går inn normalt på Fisterfjorden (mot SØ). Langs sidene av vågen (ved kirken i vest og idrettsplassen i øst), ligger noen relativt mektige deltaavsetninger som tydeligvis er avsatt av smeltevannsdrenering fra området rundt Hetlandsvannet i øst. Deltaoverflaten ligger på ca. 40 m o.h.

Avsetningen vitner om en betydelig drenering som trolig har hatt sin kilde fra et større dreneringsområde enn det som dekker Hetlandsvannet i dag. Dette kan forklares ved at isen har beveget seg mot vassdraget fra området øst for dagens lokale vannskille i øst. Litlavannet er adskilt fra Hetlandsvannet i sørvest, ved en nordvestorientert esker, som vitner om en stor drenering fra områdene utenfor vannenes nåværende nedslagsfelt.

En tilsvarende avsetning fra den glasiiale dreneringen ved Hjelmelandsvågen er beskrevet av Blystad og Anundsen (1983).

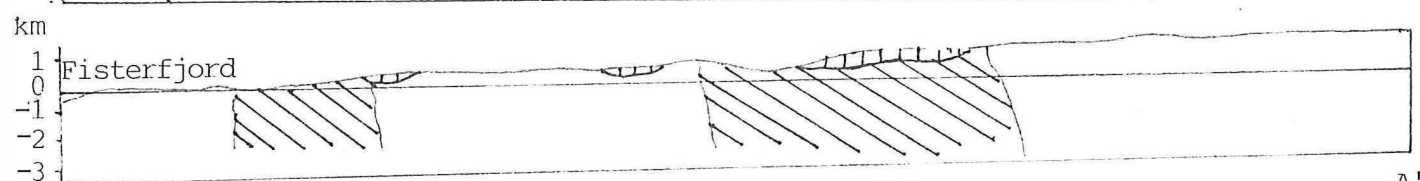
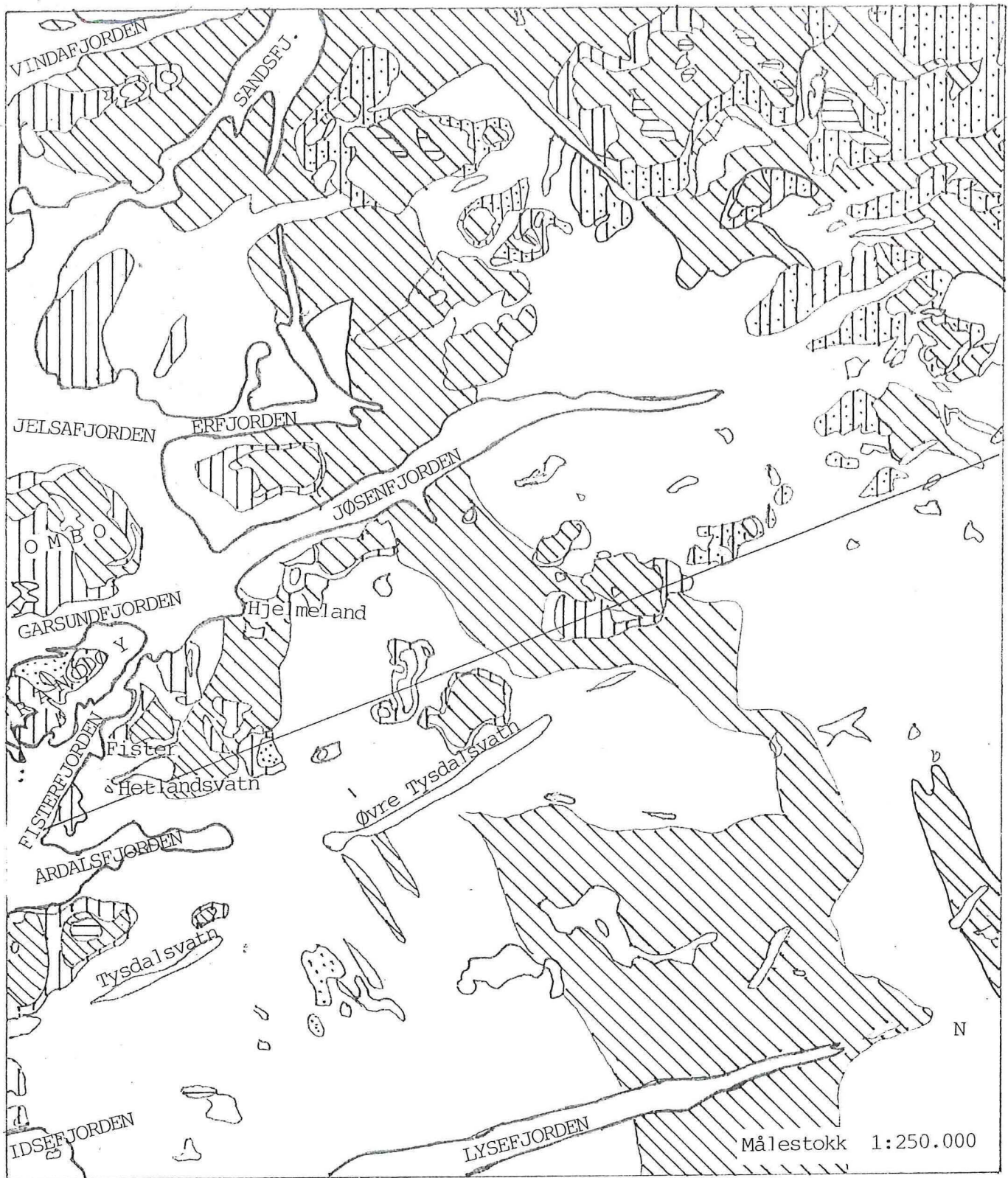
#### BERGGRUNNSGEOLOGI

Områdene rundt Fister og den sørøstlige delen av Randøy består i hovedsak av massiv granitt. Fjellområdene over Fister på fastlandet og over Hovda på Randøy, har også endel metamorfe pelittiske b.a., samt innslag av gneis.

På sentrale og vestlige deler av Randøy og ved Askvik og Riskadal på fastlandet, finnes en del metasandstein (metaarkose - kvartsitt). Metamorfe suprakrustalbergarter antatt tilhørende Telemarksuitten, finnes i adskilte synklinale felter, fra Tauområdet og nordover til Suldal og Åkrafjorden.

De dominerende bergartene i Hjelmeland er granitter.

Kildematerialet til de tre undersøkte bassengene, er derfor hovedsakelig granitt og med en del metamorfe pelittiske bergarter (Sigmond 1975).



- |   |  |
|---|--|
| <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Massiv granitt, porfyrganitt, middels- til grovkornet</li> <li> Gneis, migmatitt, granitt, udifferensiert</li> <li> Metamorfe pelittiske bergarter, udifferensiert,</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Metasandstein, vesentlig meta-arkose og kvartsitt</li> <li> Kvarstglimmerskifer/Kvarstglimmerskifer med serpentinit</li> <li> Charnockittiske bergarter, udifferensiert, vesentlig av intermedier sammensetning</li> </ul> |
|---|--|

Figur 2.2 bergrunnskart, etter Sigmond 1978

## VEGETASJON

Ettersom kommunen er en del av fjellheimen mens den også har åpne fjorder, preges vegetasjonen både av fjellflora og kystflora. Det meste av arealet er eller har vært dekket av skog. Det er først og fremst løvskog som opptrer, med enkelte innslag av edelløvtrær. Furuskog finnes også på Randøy og langs kysten, samt i heiene mellom Hetlandsvann og Fister. Tregrensen ligger 300 m o.h. Lyngheier finnes enkelte steder på knausete partier langs kysten, bl.a. ved de tre omtalte myrbassengene.

I enkelte områder finnes oreskog. Denne vokser bl.a. på en del av Liarmarka 28 -bassenget.

Der jordsmonn og topografi tillater det, er der dyrket mark. De større oppdyrkete områdene ligger i dalføret fra Hjelmeleand og østover, og Fra Fister og innover rundt Hetlandsvannet.

## KLIMA

Nedbørsnormal : 1265 mm/år

Antall døgn med nedbør : 82

Antall døgn med temp.  $< 0^{\circ} \text{C}$  : 28

Antall døgn med vindstyrke  $> 6 \text{ m/s}$  : 27

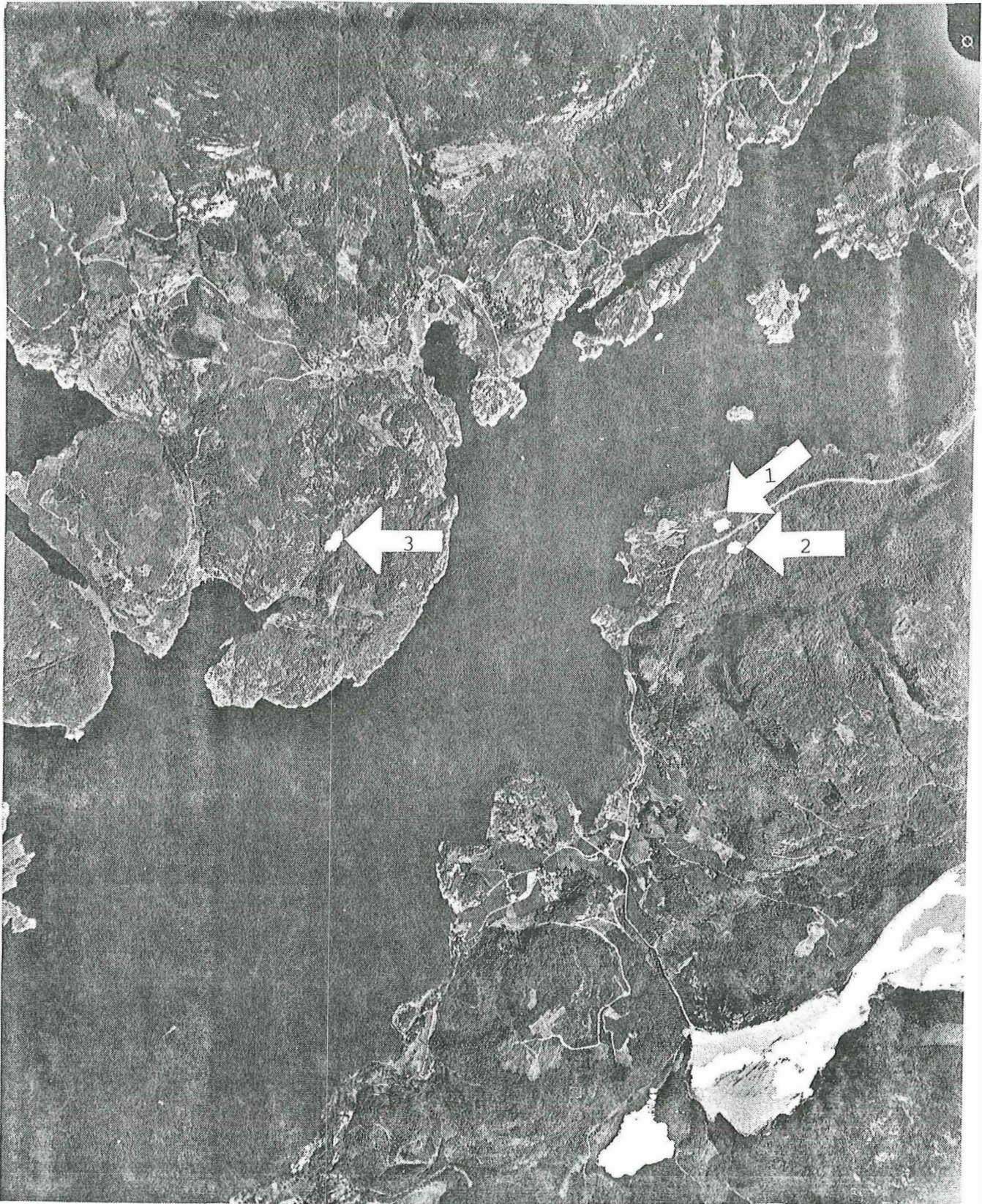
Tidevannsforskjeller: 52 cm /maksimal: 68 cm

Tallene bygger på målinger ved Fister værstasjon gjennom perioden 1931 - 1960. De viser et mildt kystklima, men med relativt lite nedbør.

Tidevannsforskjellen var muligens større etter deglasiasjonen p.g.a. andre tidevannsstrømmer fra Atlanterhavet (Thomsen 1982). Tidevannsamplituden kan ha påvirket varigheten av overgangsfasen. Det er likevel lite trolig at endringen i tidevannsamplituden har hatt stor betydning sammenliknet med konsekvensen av springflo (Erichsen 1987).

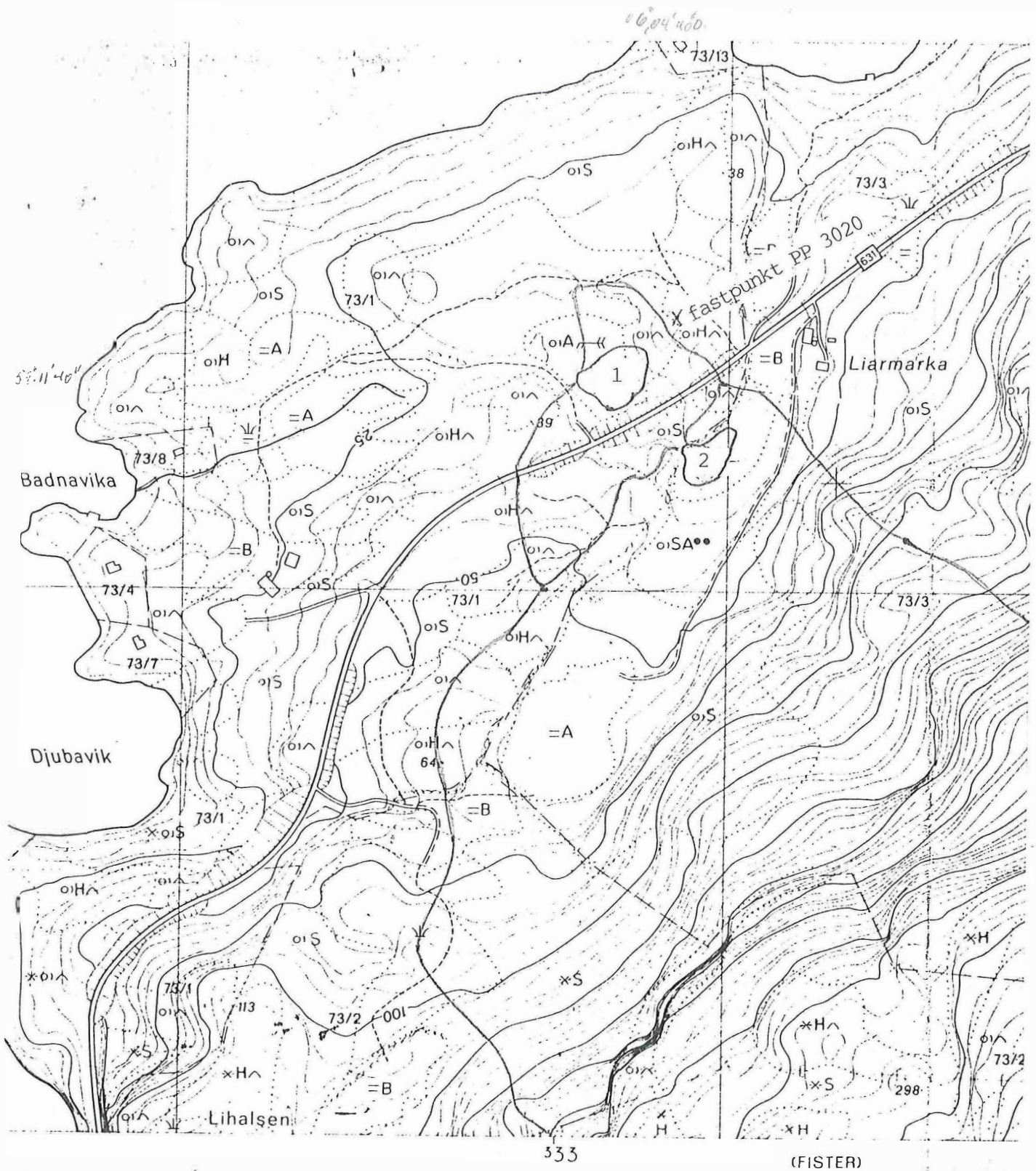
Ettersom alle de tre undersøkte bassengene ligger nær den NØ-SV-gående Fisterfjorden, er de utsatt for både nord- og sønnavind. Randøybassenget ligger isolert for vestavinden mens Fisterbassengene er godt isolert for østavinden.





Figur 2.3 flyfoto over Fisterfjorden, 1 - Liarmarka 28,  
2 - Liarmarka 32, 3 - Lauhildrane 49





Figur 2.4 lokalitetskart, Liarmarka med inntegninger av bassenger og nedslagsfelt

## BASSENGBESKRIVELSER

### LIARMARKA 28

Myrbassenget dekker et areal på 2,8 DA. Nedslagsfeltet dekker 25 DA (i tillegg til nedslagsfeltet fra Liarmarka 32 som drenerer ned i dette bassenget). Største registrerte dyp med sonderbor er 850 cm under overflaten. Bassengterskelen ligger 28,35 m o.h. mens myroverflaten ligger 29,8 m o.h. (se figur 2,x).

Myroverflaten er idag dekket med torv, samt en del lyng, einer, breiner, bjørk, or og furu.

Bassenget er fyllt opp med marine sedimenter opp til 445 cm under overflaten, og med lakustrine sedimenter fra brakkvannsonen ved 445 cm og opp til overflaten (se figur 2,x).

Bassenget gjennomløpes av en bekk, som også renner gjennom Liarmarka 32.

Områdene rundt bassenget er stort sett knauset utmark. Riksvei 14 passerer bassenget i øst ved en veifylling.

### LIARMARKA 32

Bassenget dekker et areal på 1,9 DA. Det ligger ved foten av Lauåsen (502 m o.h.). Bassengets nedslagsfelt strekker seg fra toppen av dette fjellet og i et 2-300 m bredt belte ned til bassenget. Nedslagsfeltet dekker et areal på 575 DA. Største registrerte dyp er sondert til 820 cm under myroverflaten. Bassengterskelen ligger 32,48 m o.h. mens myroverflaten ligger på 34,5 m o.h. (se figur 2,x).

Bassenget er idag gjengrodd med torv, ofte i store tuer og stedvis. En del av bassenget er dekket med vierkratt, en del av bassenget har bjørkeskog mens et større område sentralt er åpent og dekket med torv, ofte i store tuer og stedvis dekket av lyng.

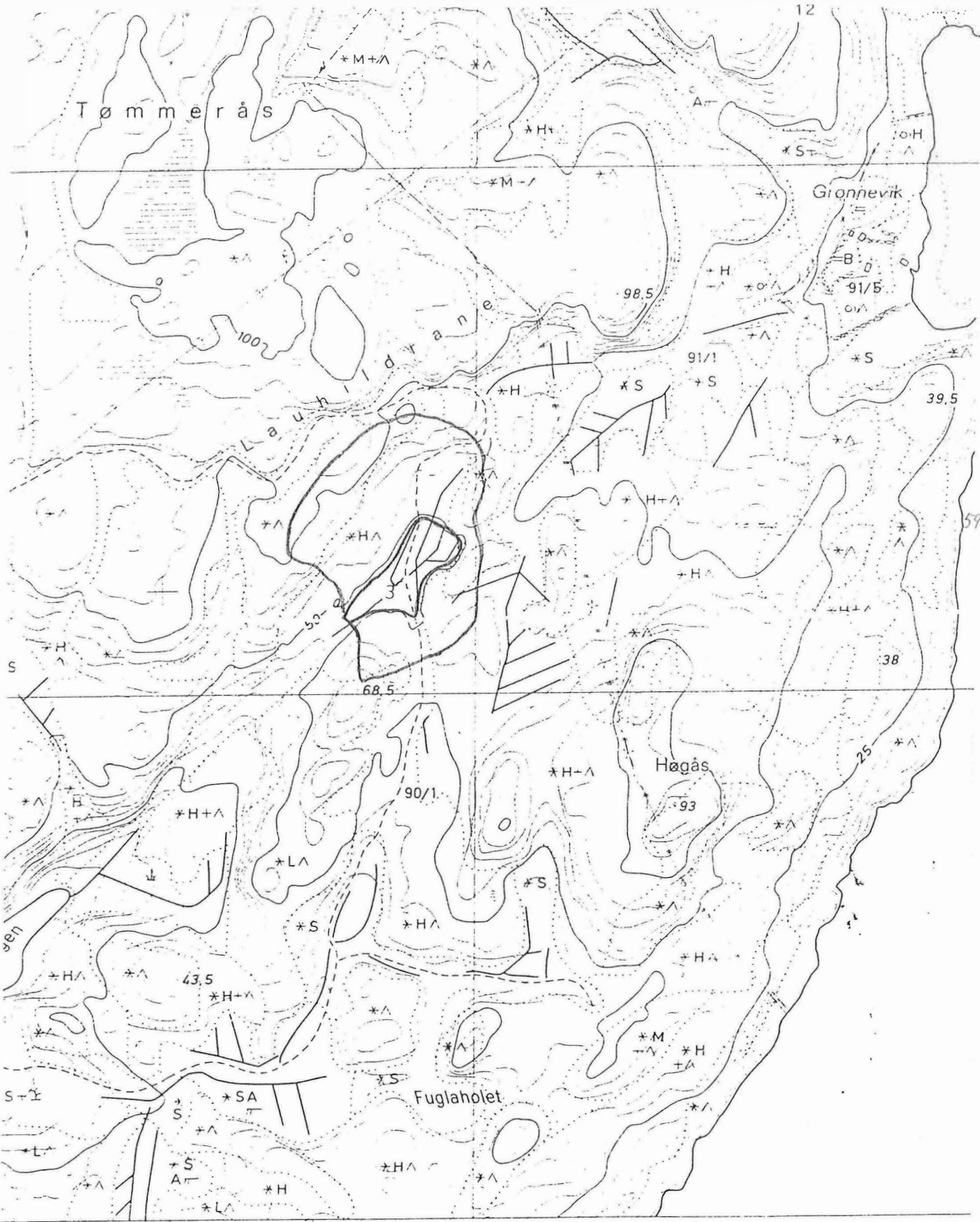
Bassenget har marine sedimenter opp til 448 cm, overlagret av en overgangssone (10 cm) og deretter lakustrint materiale opp til overflaten (se figur 2,x)

Bassenget grenser mot innmark i syd, øst og nord. Det er avgrenset fra Liarmarka 28 ved en traktform i knausene og ligger omlag 25 m øst for det nederste bassenget. Riksvei 14 passerer mellom de to bassengene.



06° 02' 43"

12



591130''

Målestokk 1: 5000



Figur 2.5 lokalitetskart, Lauhildrane med inntegnét basseng og nedslagsfelt





Figur 2.6 Liarmarka sett fra Lauvåsen (502 m o.h.)



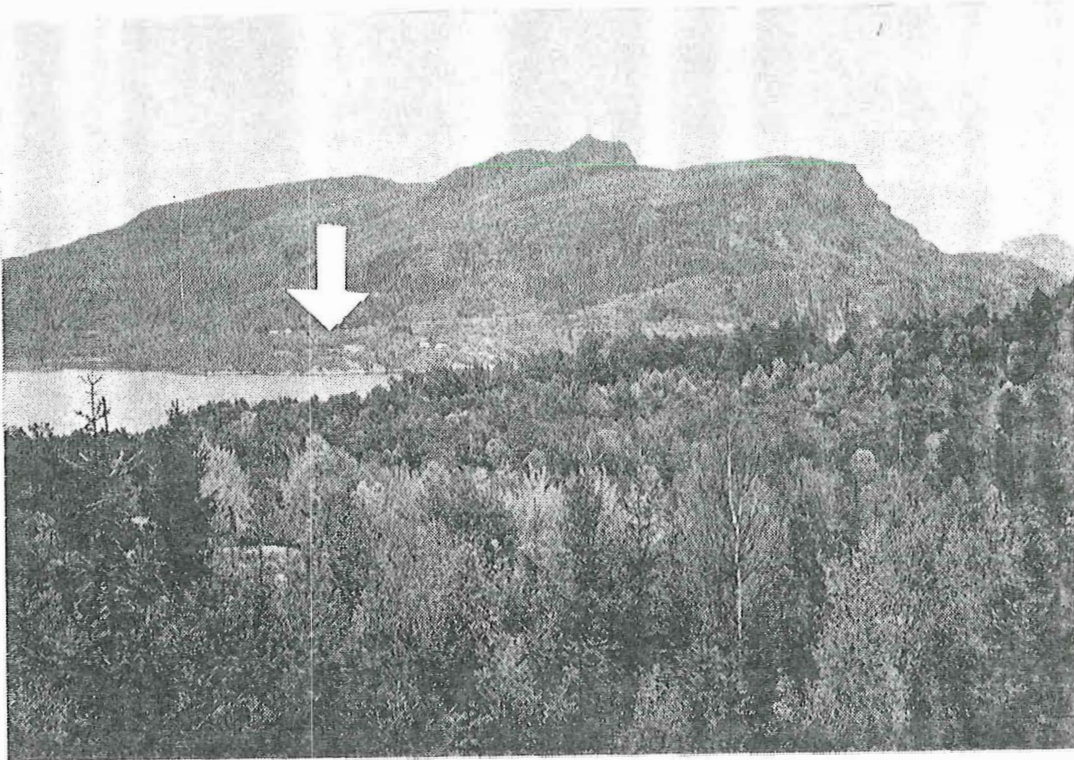
Figur 2.7 Lauhildrane 49, det grøftede og gjenngrodde myrbassenget sett fra Lauhildrane



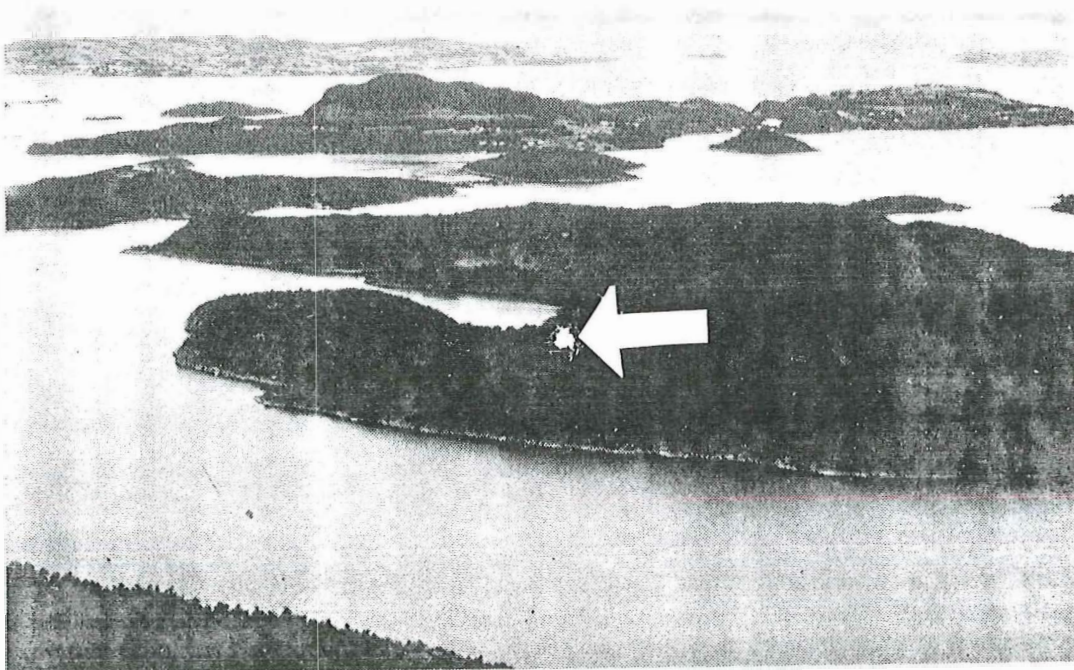
LAUHILDRANE 49

Bassenget dekker et areal på 4,0 DA. Nedslagsfeltet er på 32,5 DA. Bassenget er innringet av knauser, og med et bratt heng opp til Lauhildrane (30-40m) i vest (se figur 2,x).

Bassenget er idag gjengrodd med torv. Det ble i slutten av 60-årene grøftet og beplantet med furu. Terskelen ble imidlertid ikke sprengt i stykker under disse arbeidene (i følge egen befaring og forespørsel hos grunneier). En bekk renner idag gjennom bassenget i en av grøftene. En kjerreveg går gjennom bassenget fra vest mot øst og ned til båthavnen. Bassengterskelen er nivelert til 49,10 m o.h., mens bassengoverflaten ligger 50,5 m o.h. Der er boret ned til 430 cm med russerbor. Sedimentene er lakustrine opp til 360 cm u. overflaten, marine opp til 300 cm og lakustrine opp til overflaten (se figur x.2).

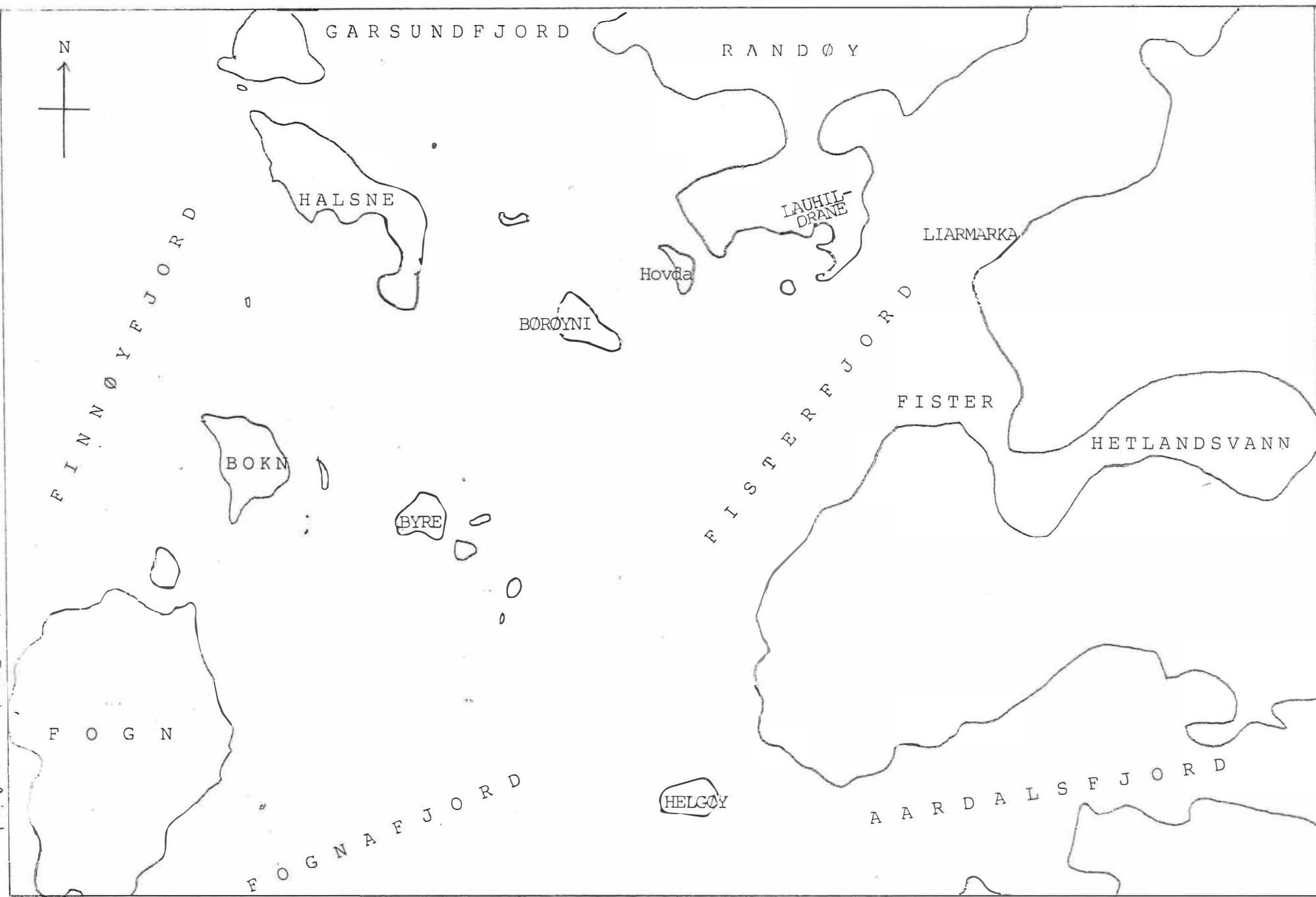


Figur 2.8 Lauvåsen og Liarmarka sett fra Lauhildrane, Randøy



Figur 2.9 Sørøstenden av Randøy (med Lauhildrane), og øygarden med strandflater sør og vest for Randøy, sett fra Lauvåsen

Figur 2.10 Paleogeografisk kart over Fister-Randøy-området  
ekstrapolert til antatt V.D. havnivå (50-60 m o.h.)





### KAPITTEL 3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER I OMRÅDET

#### LIARMARKA, FISTER

Karl Anundsen hadde, før mitt arbeid kom i gang, lett etter egnete bassenger i indre deler av Rogaland. Han hadde i samarbeid med Dag Hermansen funnet et par bassenger ved Tau, samt de nevnte bassengene ved Fister. Disse ble også sondert med russerbor av Hermansen & Anundsen i 1985. De kom da ned til 585 cm i Liarmarka 28 og til 595 cm i Liarmarka 32. Der ble ikke trukket opp sonderingsprofiler.

Glødetapsundersøkelser ble utført av Hermansen på prøver tatt ut hver 10 cm fra russerkjernene. Noen av prøvene ble sjekket m.h.p. pollen og alger. Undersøkelsene ble ikke fullendte, men de foreligger i "Foreløpig rapport fra arbeid med prosjektet Strandforskyvning på sørvestlandet" (Hermansen 1986, unpub.).

Hermansen påpeker i rapporten at regresjons/transgresjonsamplituden må ligge mellom 35 og 50 m o.h.

Etter nivelering av tersklene og biostratigrafiske undersøkelser av bassengene, kan Hermansens påstander her bekreftes.

D.v.s. amplituden justeres her til å ligge i området 40-51 m o.h. (se forøvrig kap. 9).

Hermansen konstruerer også en tentativ strandforskyvningskurve for området, basert på at landhevingen her er ensartet med den fra andre lokaliteter i landsdelen.

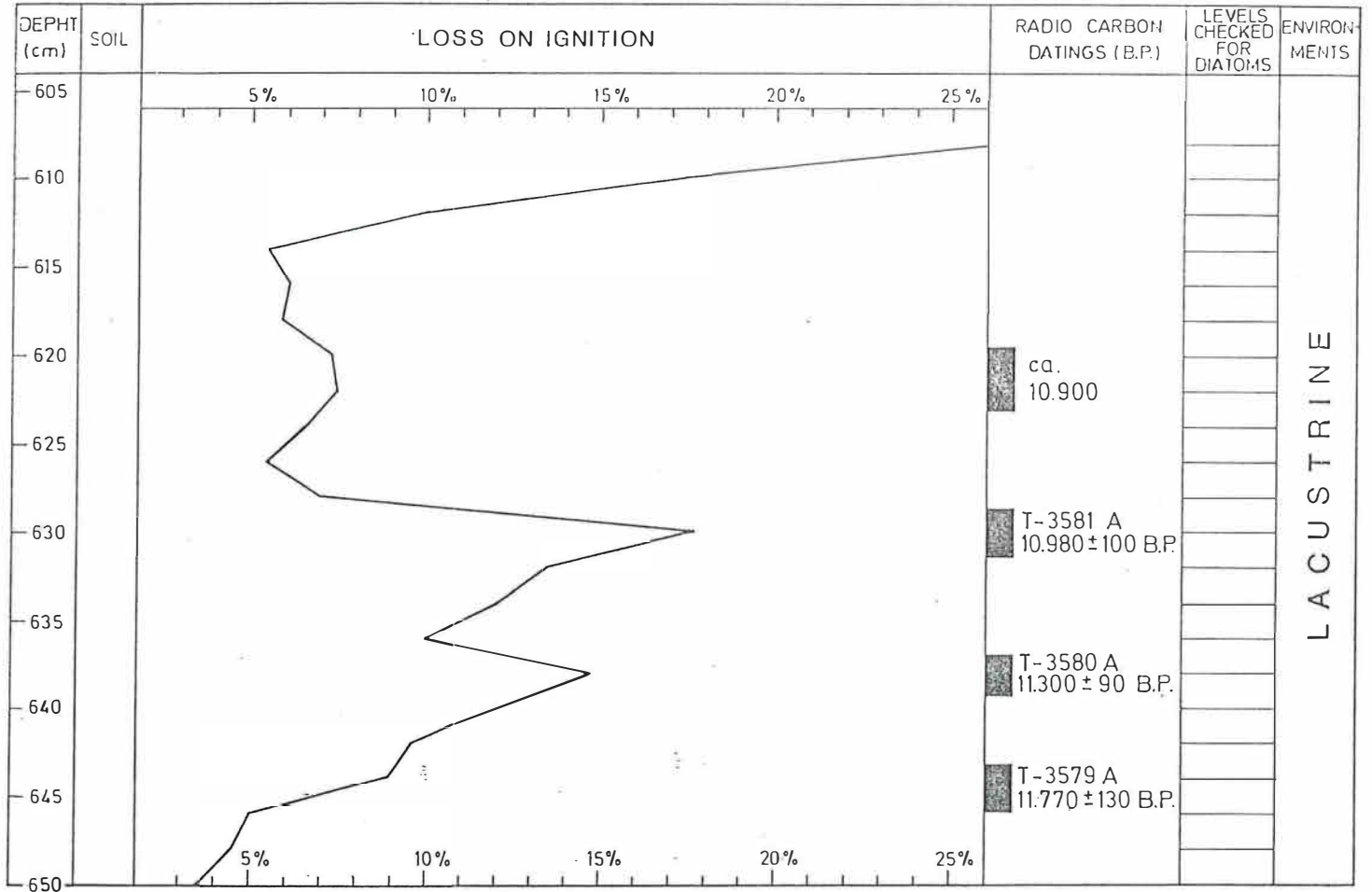
Etter at pollen- og diatomeanalyser samt dateringer fra bassengene nå foreligger, ser det ut til at denne kurven må justeres en del; Toppen av kurven er her hevet fra 48 til 51 m o.h., og toppen er også en del flatere. Spesielt under transgresjonsfasen i Allerød, antas det her at sjøen har stått på et langt høyere nivå, enn det Hermansen foreslår (kap. 7, L-2-A).

#### GRØNNEVIK, RANDØY

Anundsen har undersøkt et basseng ved Grønnevik på østsiden av Randøy. Bassenget ligger omlag 800 m nord for Lauhildrane 49.

RANDØY

52 m a.s.l.



Figur 3.1 Glødetapskurve med dateringer fra basseng Randøy 52 (ved Grønnevik) etter Anundsen 198?

Bassengterskelen ligger ca. 52 m o.h. Der er tatt ut 110 mm borekjer-  
ner som er undersøkt stratigrafisk.

Materialet fra bunnen av bassenget er datert til  $11.770 \pm 130$  B.P.  
Hanne Thomsen har foretatt diatomeundersøkelser i prøvematerialet.  
Hun har påvist at der kun har vært lakustrint miljø i bassenget etter  
avsmeltingen (Thomsen unpubl).

Dette bassenget, som ligger relativt nært Lauhildrane 49, markerer  
m.a.o. øvre grense for Yngre Dryas-transgresjonen i området.

Transgresjonen som kommer tydelig inn i Lauhildrane 49, har altså en  
topp < 52 m o.h. Transgresjonstoppen må derfor ligge mellom 50 og 51  
m o.h.

#### HJELMELANDSVÅGEN

Anundsen & Blystad publiserte i 1983 "Late Weichselian Stratigraphy  
at Hjelmeland, southwest Norway". Der er undersøkt en avsetning  
ved Hjelmelandsvågen med vekslende sand- og morenelag. De konkluderer  
med at området ble aviset i Bølling eller eventuelt Eldre Dryas  
kronosone. Fossilfunnene viser tilstedeværelsen av atlantisk vann i  
denne perioden. Det påvises også et brefremstøt under Allerød eller  
tidlig i Yngre Dryas. Anundsen & Blystad (1983) antar at isfronten  
rykket tilbake til fjordmunningen (Jøsenfjorden) i tidlig Yngre Dryas,  
for å bli liggende der gjennom flere hundre år. Sjøvannet var i denne  
perioden dominert av kaldt issmeltet vann (op. cit.)

Øvrige arbeider vedrørende strandforskyvning på sørvestlandet er be-  
skrevet i kap. 8.



## KAPITTEL 4 FELTARBEID OG SEDIMENTBESKRIVELSER

Området ble rekognosert i mai 86 av Karl Anundsen, Dagfinn Moe, Tom Schistad og undertegnede.

De tre nevnte bassengene ble da lokalisert og sondert. Der ble også søkt etter flere egnete bassenger, men uten positive resultater. Lauhildrane-bassenget på Randøy ble nivelert langs vei fra medium tidevannssone, til 49,1 m o.h.

Området ble deretter oppsøkt for mer detaljerte undersøkelser og prøvetakinger av Shistad & Kaland august-september 86.

### NIVELERING

Til nivelering av alle tre bassengene ble det brukt Zeiss kikkertutstyr og en 4 m tachymeterstang.

Bassengene ved Fister ble nivelert i terreng og langs vei fra fastpunkt PP 3020 (se fig. 2.4).

Terskelen til det laveste bassenget ble nivelert til 28,37 m o.h, mens det øvre bassenget ble nivelert til 32,48 m o.h.

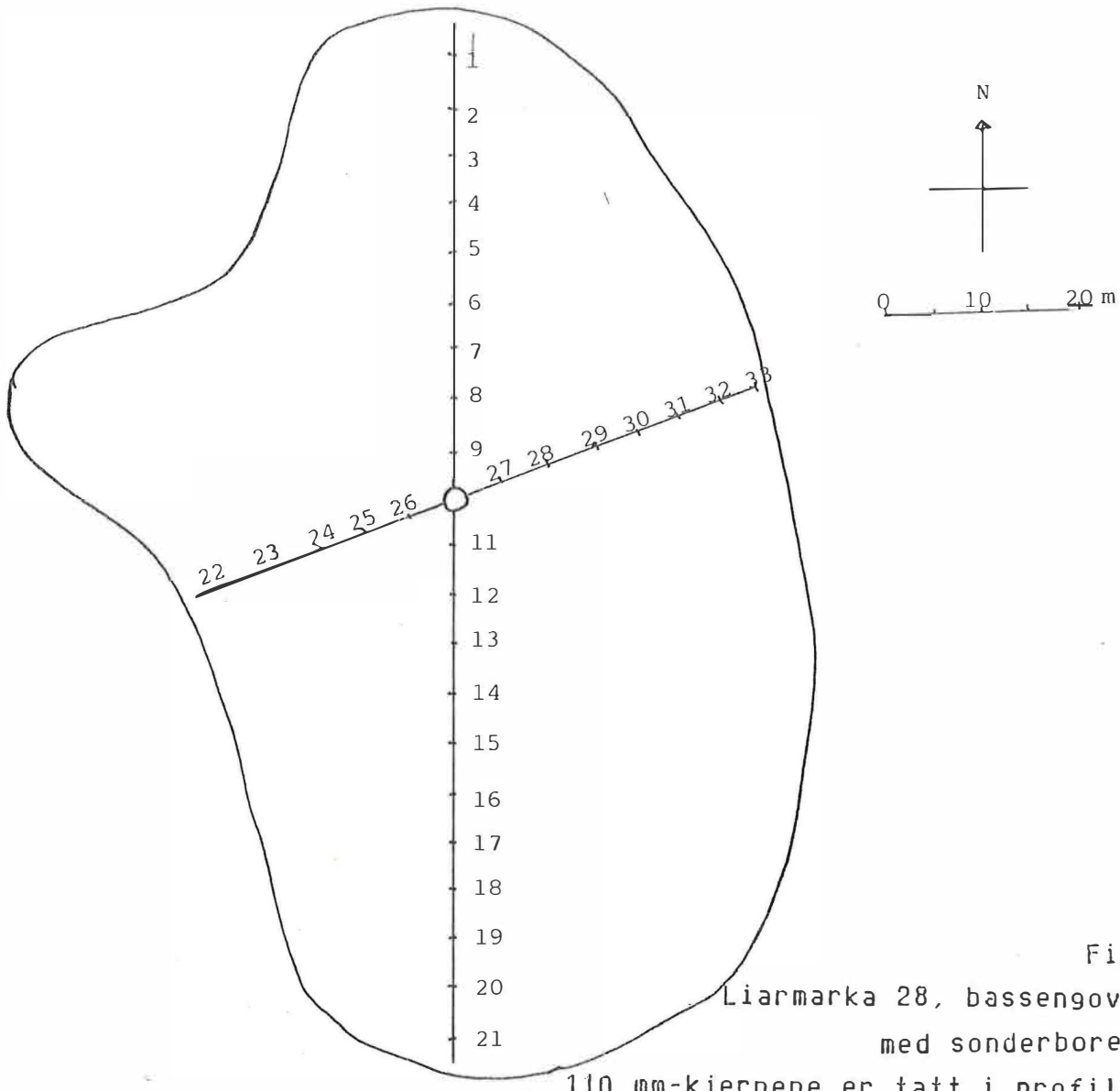
### SONDERING

Sondering ble utført med russerbor (Tolonen 1967) med 1 m kanne, 22 mm stenger samt kuleklemme. Hensikten med sonderingen var å få et bilde av bassengenes dyp og sedimentutbredelse. Stikkene ble tatt hver 5. m etter opptrukne profiler på langs og på tvers av de tre bassengene. Der ble foretatt sonderingsboringer ved ialt 99 punkter (se fig. 4.1-4.3). Sedimentene fra hvert prøvestikk er beskrevet (se fig. 4.7-4.9)

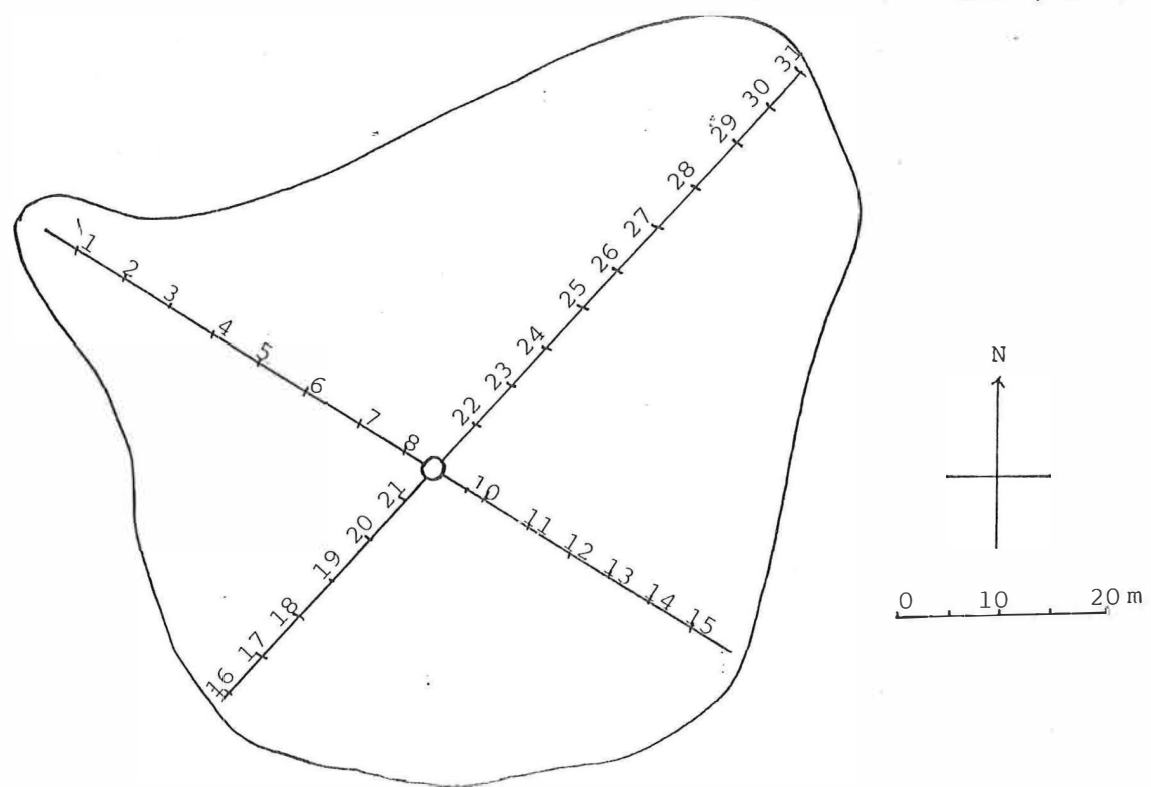
### LIARMARKA 28

Det første profilet (200-400 g) er en fortsettelse av en linje som går fra fastpunkt PP3020 og mot 200 g (se fig. 2.4). Det første prøvesticket er tatt på denne profillinjen 50 m fra fastpunktet.

Det andre profilet (80-280 g) krysser 200-400 g-profilet ved punkt 11, 100 m fra PP3020.



Figur 4.1  
Liarmarka 28, bassengoverflate  
med sonderborepunkter  
110 mm-kjernene er tatt i profilkrysset



Figur 4.2 Liarmarka 32, bassengoverflate med sonderborepunkter  
110 mm-kjernene er tatt i profilkrysset

LIARMARKA 32

Det første profilet (140-340 g) begynner ved terskelpunktet og bekkeutløpet. Det andre profilet krysser det første ved punkt 13, 55 m fra terskelen.

LAUHILDRANE 49

Det første profilet (70-270 g) begynner ved bassengterskel og bekkebekkeutløp. Det andre profilet krysser det første ved punkt 9, 35 m fra terskelen.

BASSENG		SONDERINGSPROFILER		
Liarmarka 28		80 - 280 g	60 m	12 stikk
		200 - 400 g	105 m	21 stikk
Liarmarka 32		140 - 340 g	75 m	15 stikk
		50 - 250 g	85 m	16 stikk
Lauhildrane 49		70 - 270 g	90 m	14 stikk
		20 - 220 g	105 m	21 stikk

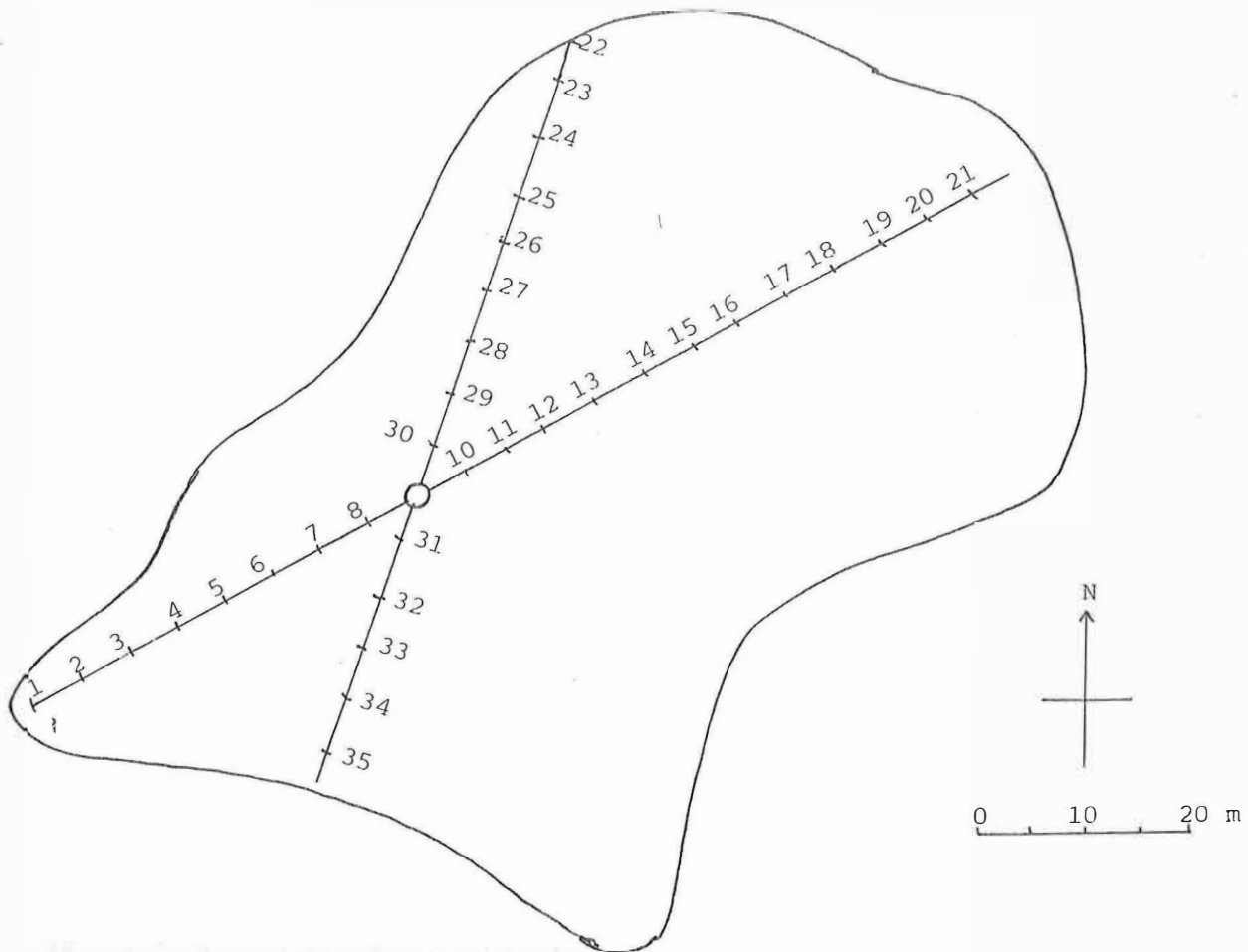
tabel 4.1

MERKING AV PRØVER OG KJERNER

De tre undersøkte bassengene er i merkekodene kalt 1, 2 og 3 (h.h.v. Liarmarka 28, 32 og Lauhildrane 49). Borekjernene er merket med romertall fra I til X i den rekkefølge de ble tatt. I - V er tatt i Liarmarka 28, VI - VIII er tatt i Liarmarka 32 og IX og X er tatt i Lauhildrane 49. Prøvene som ble tatt ut fra hver borekjerne er merket med tre tall, der det første er løpenummer med nr. 1 i bunnen av kjernen, det andre er romertallet som angir kjernen og det tredje er bassengnummeret (se tabel 4.2). Kjernene I - IX er 110 mm-kjerner, mens kjerne X er en russerborrekjerne.

I glødetapskjemaene og pollendiagrammene er prøvenes dyp i cm dessuten angitt. Som eksempel er prøve / spektrum nr. 1 VI 2 følgelig hentet







Figur 4.3 Lauhildrane 49, bassengoverflate med sonderborepunkter 110 mm-kjerne tatt i profilkrysset



Figur 4.4 borerigg med stempelprøvetaker

fra den første og nederste kjernen i basseng Liarmarka 32. Da denne kjernen går til 794 cm dyp, blir det også dypet til dette spektrumet. De øvrige prøvene i kjernen er tatt ut hver 2. cm over denne, så dypet kan beregnes (eller leses direkte ut av pollendiagrammene og glødetapskurvene).

	prøve nr (lavest nr nederst i kjernen)
	kjerne nr (110 mm-kjerner, I - IX)
Spektrum nr 1-VI-2 —	basseng nr (Liarmarka 28, 32, Lauhil.49)

tabel 4.2

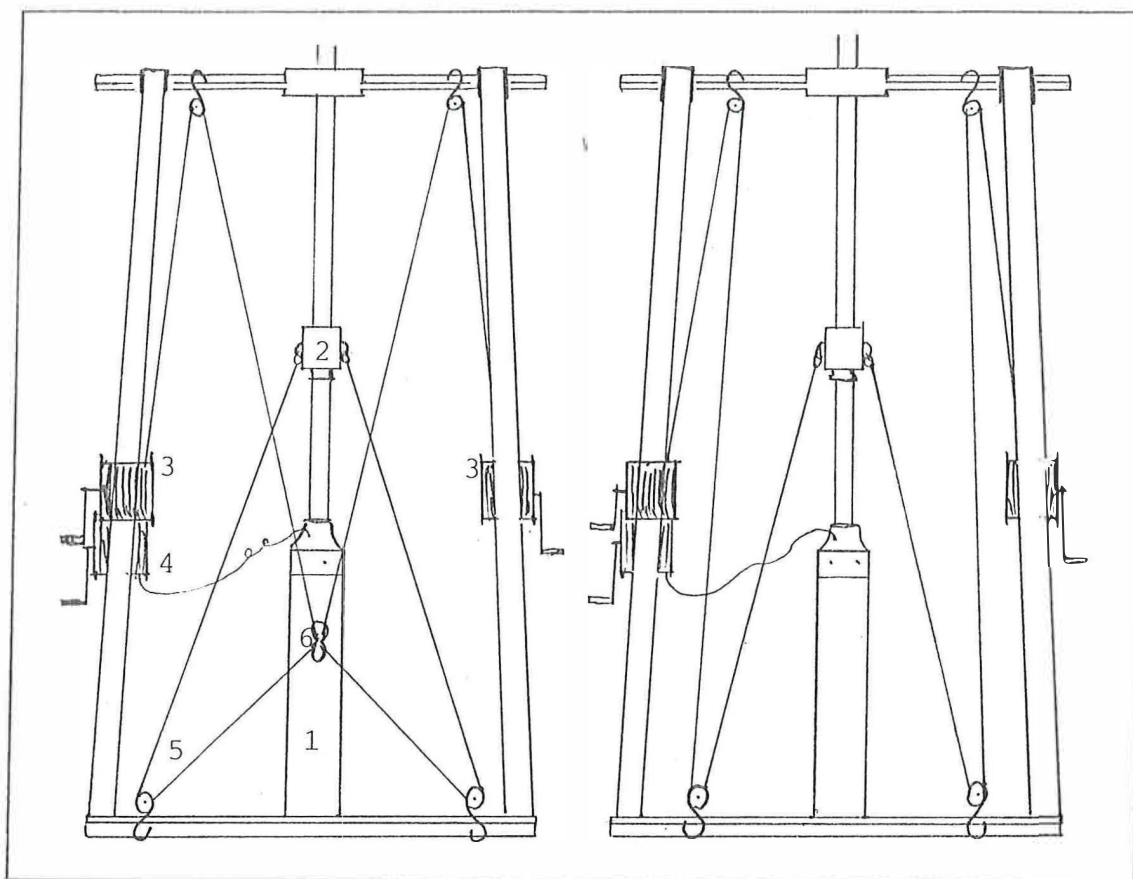
#### PRØVETAKING

Det best egnete punkt for prøvetaking ble bestemt på bakgrunn av sonderboringen.

Kjerneprøvene ble tatt med 110 mm stempelprøvetaker (Wright 1967). Dette er en modifisert utgave av Livingstone-Valentyne-prøvetaker (se fig. 4.4 - 4.5). Vi forbedret boreriggens egenskaper noe ved å erstatte dobbeltwiren med et sett kasteblokker og ved å spenne opp wirespillet på en ny måte. Vi oppnådde da å øke høyden for sammenhengende boring samt å forenkle prosedyrene både ved boring og tilbakehaling av kjernen (se fig. 4.5).

Rørets lengde er 220 cm og prøvens lengde kan være inn til 200 cm. Plastrøret er utformet med et spissformet stempel i nedre ende. Ved ønsket dyp frigjøres stempelet og blir stående ved dette dyp mens plastrøret drives ned i sedimentene. Prøvene blir således skåret inn i røret. Når Prøvetakeren heises opp igjen vil vacumsuget i røret medvirke til at prøven står igjen i røret. Ved tyntflytende materiale i bunnen av kjernen kan imidlertid en del av kjernens innhold lett gå tapt ved oppheising av røret.

Kjerneprøvene ble forseglet med Sphagnum (kjent materiale) og plastpropper i felt og brakt til Bergen for videre undersøkelser.



Figur 4.5 borerigg og stempelprøvetaker med ordinært wirespill (t.v.) og med modifisert opprigging

FORKLARING TIL FIG.4.5

- 1 bøkjerne ( $\emptyset = 110 \text{ mm}$ )
- 2 kuleklemme med wirefester
- 3 winch med wirespill
- 4 winch med wire for å holde stempelet i prøvetakeren tilbake ved prøveinnskjæring (erstattet innerrør)
- 5 dobbeltwire kobles mellom hovedspill og kuleklemme
- 6 festeblokk mellom hovedspill og dobbeltwire (går uavhengig av prøvetaker)

Fordelene ved endringen i oppriggingen er at en får en direkte kraftoverføring og at både montering og omrigging til opphalingssposisjon blir enklere og raskere.

Ved opphaling av prøvetakeren hektes nå kun kasteblokkene nede av festet i plattformen mens kuleklemmen snues.

Figur 4.6 forklaring til figur 4.5



## NY MATERIALINNSAMLING,

Under første feltsesong (1986) ble det boret ned til 410 cm med stempelprøvetaker. Dette var også det største dyp som ble nådd med sonderbor.

Året etter ble det gjort nye forsøk med boring i Lauhildrane 49. Det lyktes da å nå ned til 430 cm med russerbor, ved fjorårets prøvehull.

Hvorvidt boringene året før ble hindret av en blokk eller om boret denne gang kom ned i en sprekk, er umulig å si noe om. Det som er sikkert er imidlertid at veien ned er meget trang. Der ble gjort over 30 forsøk med russerboret før det nådde ned til 430 cm. De fleste stikk nådde stein på ca 400 cm.

Selv om russerboret nådde lenger ned i bassenget enn 110 mm kjernen, er det ikke sikkert at det nådde ned til stort eldre sedimenter. Sedimentdekkene som avsettes vil i grove trekk følge bunntopografien. Den nye borekjernen hadde rikelig overlapping med den første, slik at pollendiagrammene og glødetapskurvene fra de to kjernene (nr IX & X) kan sammenliknes. I kapittel 7 blir dette gjort, og stratigrafien og graden av overlapping blir tolket der.

Dateringsprøve fra bunnsedimentet er derimot tatt ut fra kjerne IX, for å få en kontinuerlig lagserie opp til de andre dateringene. Alderen til materialet fra bunnen av kjerne X blir anslått i kapittel 8.

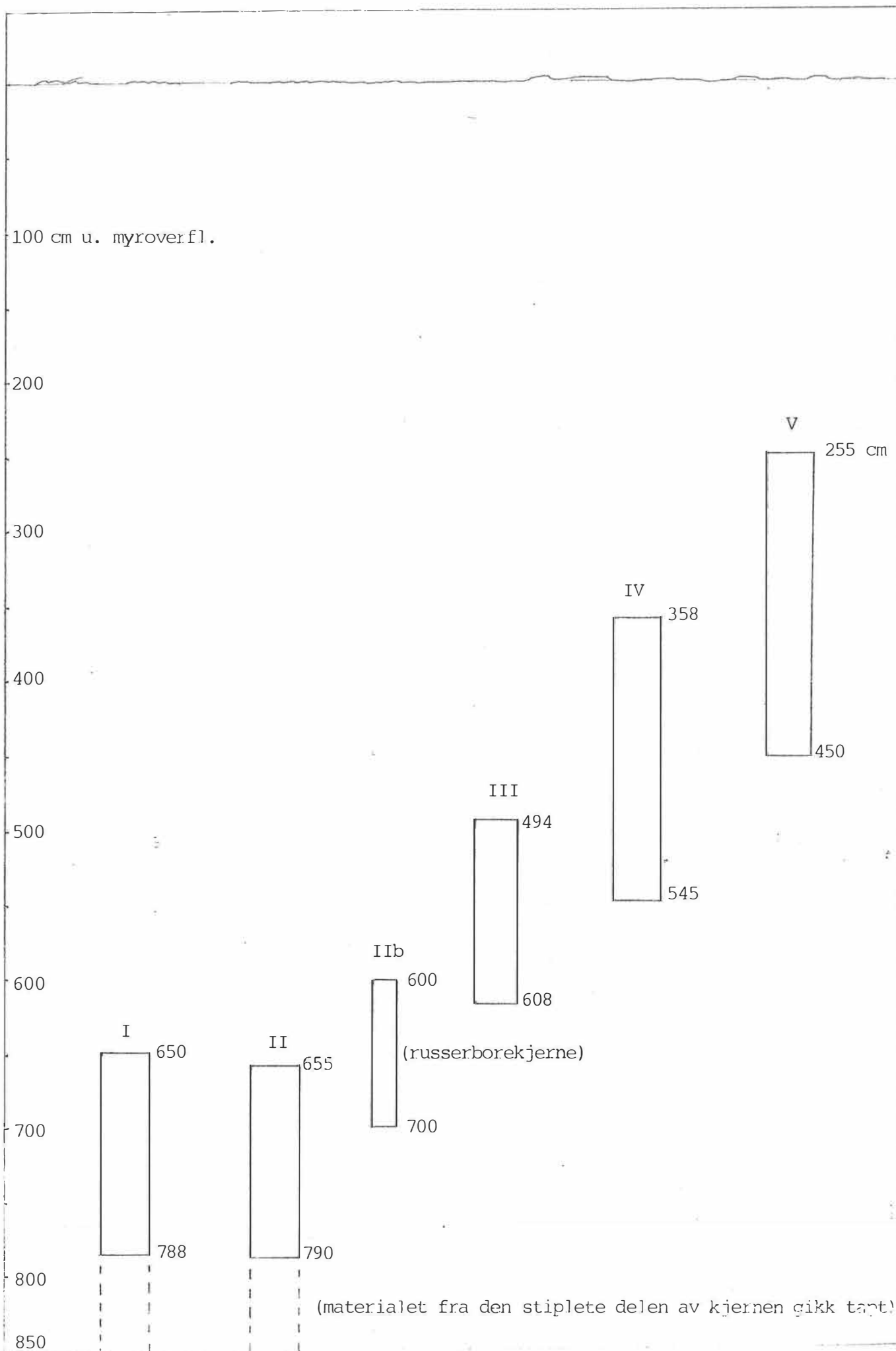
I avsnittet "sedimentbeskrivelser" under, blir prøvematerialet ned til 430 cm beskrevet.

Materialet som er beskrevet fra 410 cm og oppover er hentet fra kjerne IX, mens beskrivelsen av de nederste 20 cm er hentet fra kjerne X.

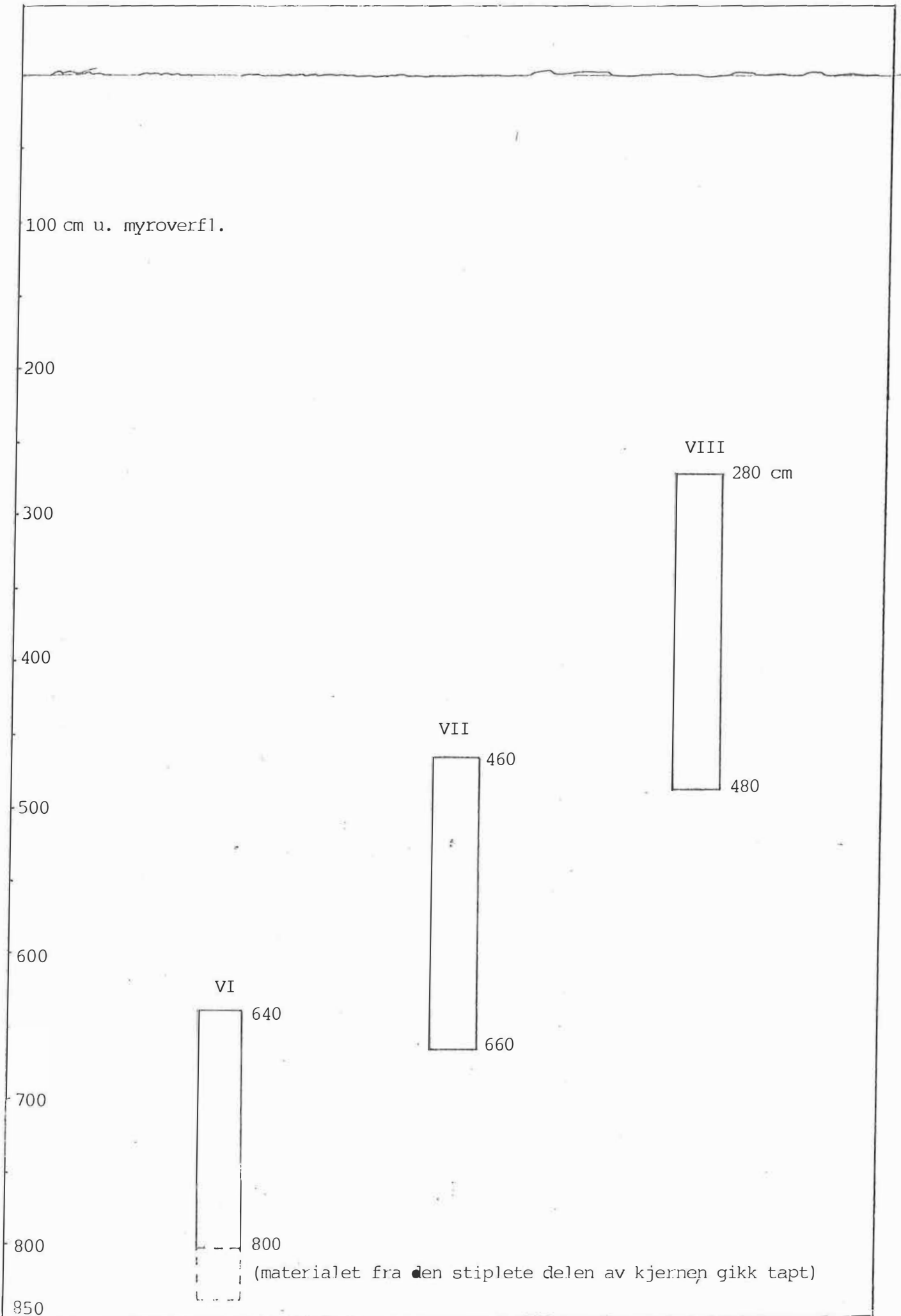
## **SEDIMENTBESKRIVELSER**

### STRATIGRAFISK INDELING

Stratigrafien som her beskrives baserer seg på de kontinuerlige lagserier som foreligger fra hvert av de tre undersøkte bassengene. Disse lagsereier er sammensatt av 2 - 5 borekjerner med kjent overlapping (se fig. 4.7 - 4.9).



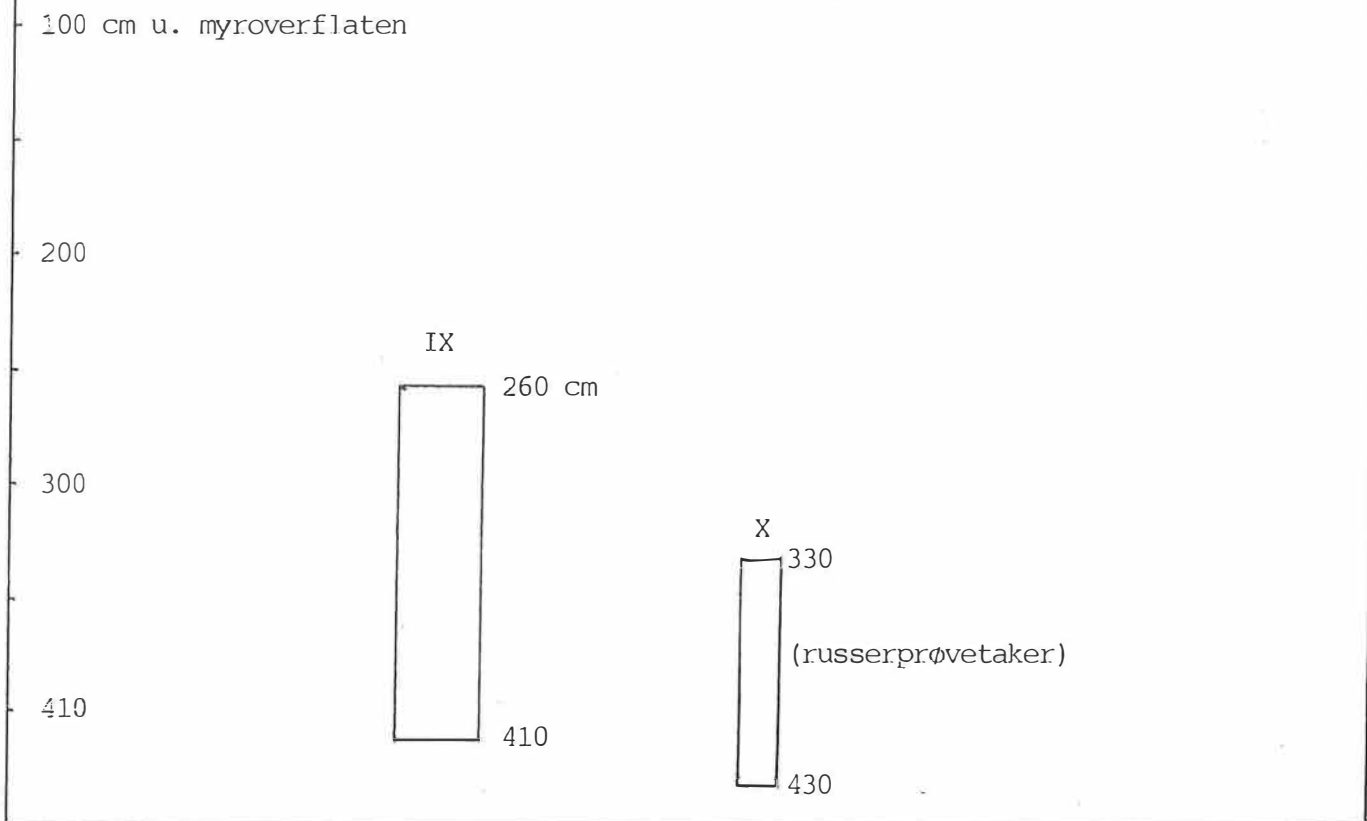
Figur 4.7 Liarmarka 28, stempelprøvetakernes dyp og overlapping



Figur 4.8 Liarmarka 32, stempelprøvetakernes dyp og overlapping



Figur 4.9 Lauhildrane 49, prøvetakernes dyp og overlapping



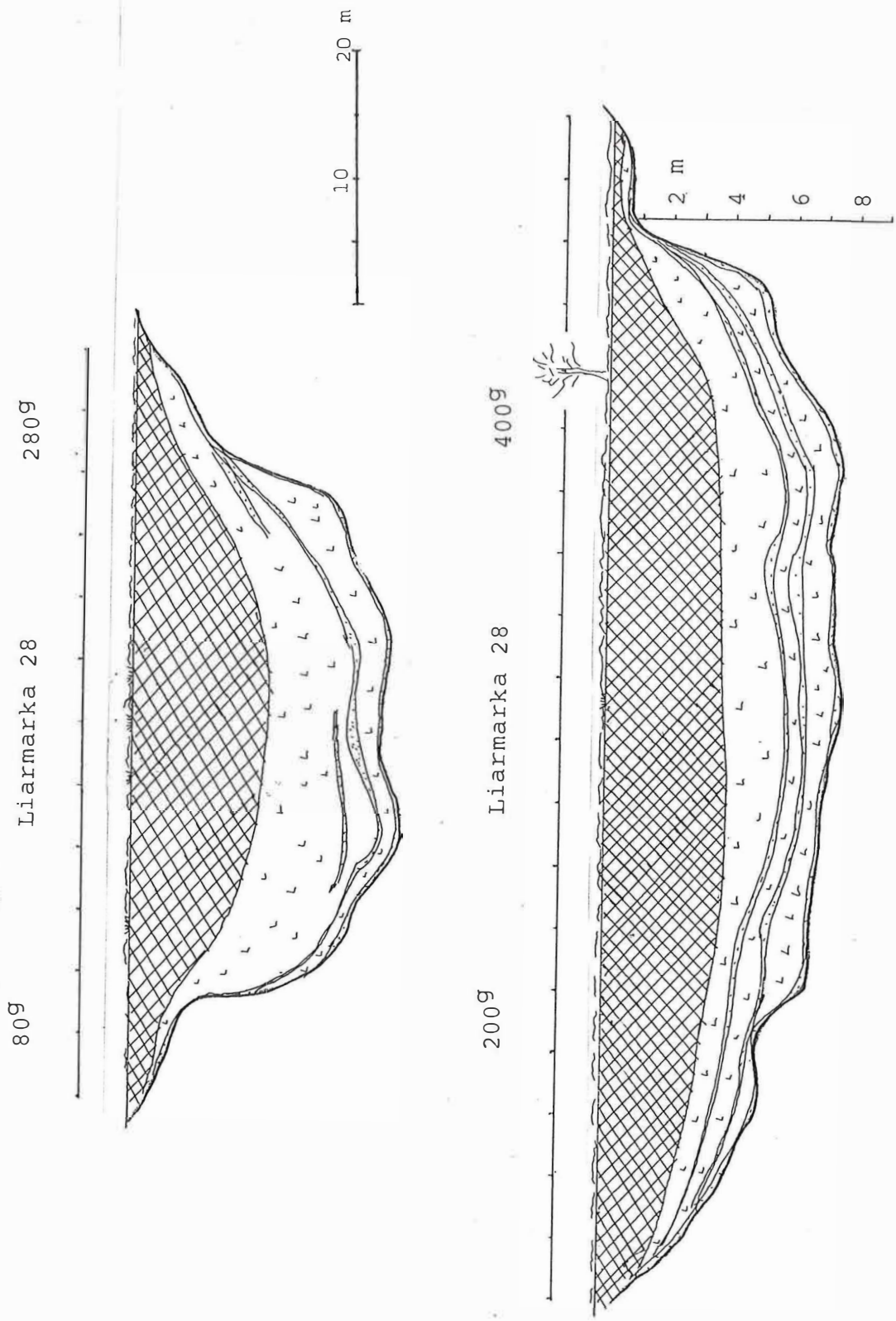
Stratigrafien i hvert basseng inndeles i 4 formasjoner som i sin tur inndeles i 1 - 10 lag.

Formasjonskontaktene defineres ved markante endringer i sedimentasjonsforeløpet, som synlig endring i organisk innhold eller kornstørrelse. Laggrensene defineres ved mindre endringer, som endring i farge eller innhold av organiske sjikt, grussjikt m.m.

#### LIARMARKA 28

Der ble tatt 5 110 mm kjerner fra dette bassengt (I - V). De nederste 40 cm av de nederste kjernene (kjerne I & II) var meget flytende og rente ut av kjernen.

Materialet som er beskrevet i stratigrafikartet (fig.4.14) er utelukkende hentet fra 110 mm-kjernene. Det bløte materialet fra bunnen av kjerne I & II som gikk tapt, er ikke undersøkt m.h.p. glødetap eller detaljerte sedimentbeskrivelser, og er derfor ikke tatt med i figuren. Der foreligger derimot en enkel sedimentbeskrivelse, også fra de nederste 40 cm av sedimentpakken. Disse er beskrevet i feltdagboken og



Figur 4.10 Liarmarka 28 bassengprofiler, sonderborepunkter hver 5. m inntegnet over basenet (tegnforklaring fig. 4.13)

baserer seg på en russerborekjerne fra sonderboringen (som ikke er oppbevart). Disse opplysningene er tatt med i sedimentbeskrivelsene under, men de er ikke tegnet inn stratigrafikartet, da der ikke foreligger materiale som kan bidra til de andre opplysningene som inngår i figuren.

Prøver til glødetapsundersøkelser og pollenanalyse ble tatt ut hver 2. cm fra kjernene. Der er undersøkt glødetap på omlag 200 spektre fra bassenget. Fargekoden i sedimentbeskrivelsen er hentet fra Munsell Soil Color Charts (1975) (fargenavnet er direkte oversatt).

#### FORMASJON A 830 - 780 cm

Lag A-1 830 - 820 cm, grov sand, grå 6/1

Lag A-2 820 - 818 cm, silt, grå 6/1, skarp overgang til A-3

Lag A-3 818 - 787 cm, sand med gruspartikler, oppfining til silt, grå 6/1, skarp overgang til A-4

Lag A-4 787 - 775 cm, leirig silt, grå 6/1, glødetap < 2 %

#### FORMASJON B 775 - 447 cm

Lag B-1 775 - 773 cm, sand, grå 6/1, glødetap 3 %, skarpe overganger

Lag B-2 773 - 715 cm, silt, oliven 4/3, glødetap økende fra 5 til 10 %, et par spektre med opp til 20 %, organrike lag ved 722 og 755 cm, skjellfragmenter ved 725 cm

Lag B-3 715 - 685 cm, gytjig silt, gradvis økende brunfarge fra oliven 4/3 nederst til oliven brun 4/4, glødetap 5-16 %, skallfragmenter, skarp overgang til B-4



- Lag B-4 685 - 652 cm, silt, grå 6/1, skallfragmenter, glødetap 6-10%  
overgang til mer brunlig farge øverst, markert  
overgang til B-5
- Lag B-5 652 - 595 cm, silt, grålig brun 5/2, skallfragmenter, gløde-  
tap 6-18 %
- Lag B-6 595 - 555 cm, silt, oliven grå 5/2, urtefosiler ved 570 cm,  
glødetap 6-8 % med et par topper på 26 og  
12 %.
- Lag B-7 555 - 478 cm, silt, grålig brun 6/2, glødetap 10-14 %, flere  
organiske sjikt (ved 550, 524, 518 og 492 cm),  
en del skallfragmenter
- Lag B-8 478 - 447 cm, silt, grå 6/1, glødetap, 3-6 % med topper på  
opp til 10 %, skarp overgang til Lag C

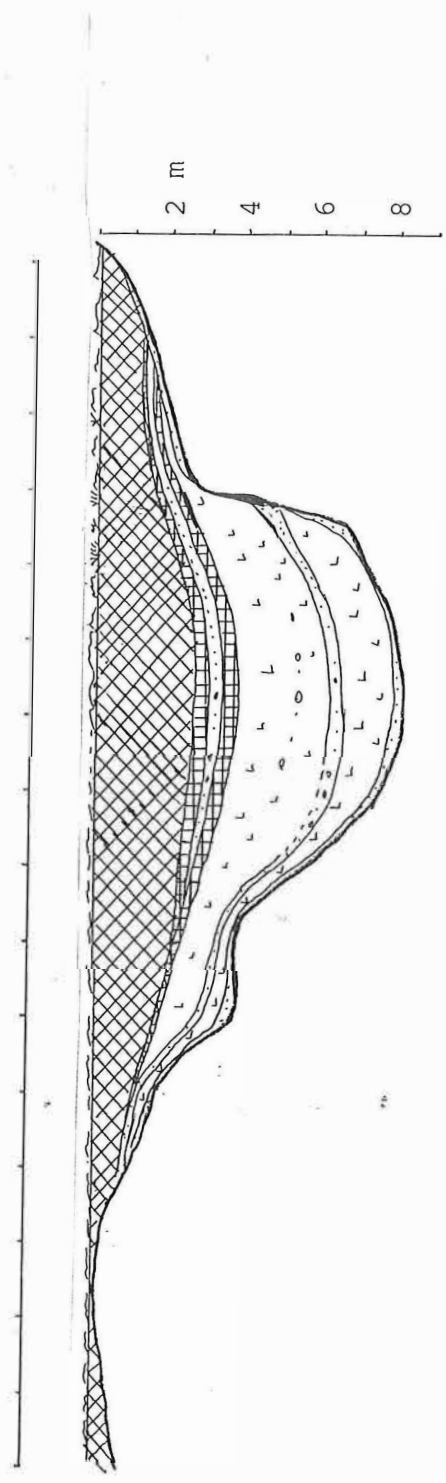
FORMASJON C 447 - 440 cm

- Lag C 447 - 440 cm, siltig gytje, olivenbrun 4/4, glødetap 6-8 %,

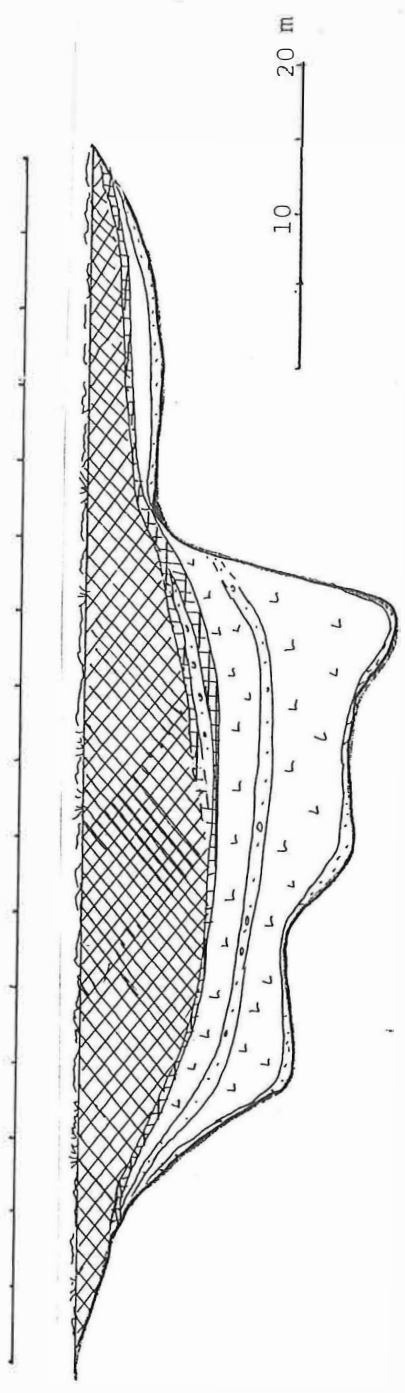
FORMASJON D 440 - 380 cm

- Lag D-1 440 - 428 cm, gytje, brun 4/3, glødetap 20-50 %
- Lag D-2 428 - 422 cm, sand, grå 6/1, glødetap 5-8 %, skarpe over-  
ganger
- Lag D-3 422 - 402 cm, silt, gråbrun 5/2, glødetap omkring 30 % med  
en bunn på 16 %
- Lag D-4 402 - 380 cm, gytje, brun 4/3, glødetap økende fra 30 til  
95 %
- Organisk dominert materiale (>90 %) fra 380 cm og opp til overflaten.

3409 Liarmarka 32 1409



509 Liarmarka 32 2509



Figur 4.11 Liarmarka 32 bassengprofiler, sonderborepunkter hver 5. m inntegnet over bassenget

AVSETNINGSFORHOLD I LIARMARKA 28

Bassenget har en jevn skålform med jevn fordypning ned til 830 cm under myroverflaten (figur 4.10).

Sedimenttilførselen domineres av materialet som fraktes ned fra den bratte fjellsiden som bassenget ligger ved foten av. Materialtilførselen fra de knausene rundt bassenget blir forsvinnende liten i forhold til den store transporten fra fjellsiden ned fra Lauvåsen (502 m o.h.). Ettersom dreneringen til Liarmarka 28 har gått gjennom Liarmarka 32, har sedimenttilførselen trolig vært jevnere til det nederste bassenget. Det har blant annet ikke vært så utsatt for ras fra fjellsiden slik det øverste bassenget har vært.

Det henvises videre til avsnittet "Sedimentasjonshastighet" kap.8.

LIARMARKA 32

Der ble tatt 3 kjerner (110 mm) fra bassenget (800 - 280 cm) med 20 cm overlapping mellom rørene. Den øverste og den underste kjernen ble tatt i samme hull, mens den midtre ble tatt 1/2 m fra dette punktet (figur 4.8).

Som i kjerne I (Liarmarka 28), gikk der tapt noe materiale fra bunnen av den nederste kjernen (VI) (omlag 25 cm). Denne delen av kjernen er derfor ikke tatt med i figur 4.15. I sedimentbeskrivelsen under er de nederste 2 lagene tatt med og opplysningene stammer fra feltnotatene. Der ble tatt ut prøver fra kjernene hver 2. cm til glødetaps- og pollenundersøkelser. Glødetapet er undersøkt ved 265 spektrere (fig.4.15.).

FORMASJON A 820 - 768 cm avsatt i marint miljø

Lag A-1 820 - 818 cm, sand, grå, steril

Lag A-2 818 - 786 cm, silt med oppfining til leirig silt, grå 5/1, meget lavt organisk innhold, skarp overgang til A-3

Lag A-3 786 - 770 cm, sand, grå 6/1, glødetap 5-8,



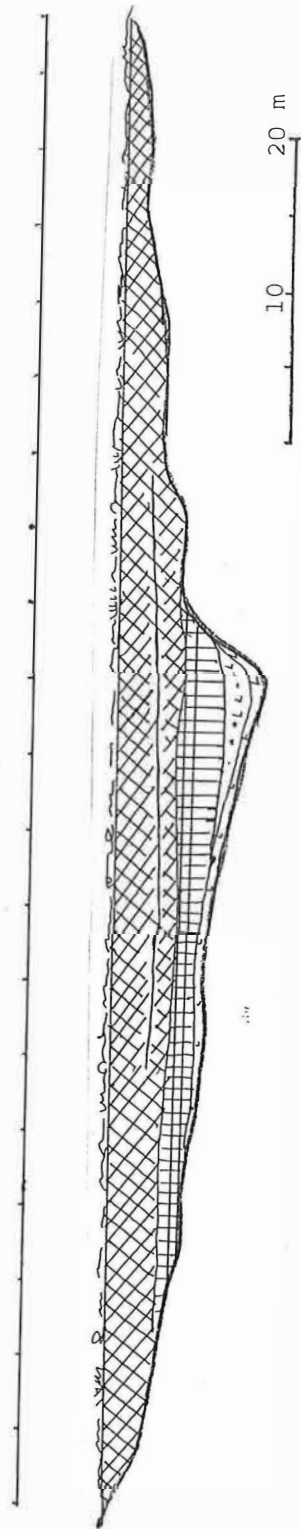
FORMASJON B 768 - 448 cm

- Lag B-1 768 - 740 cm, leirig silt, olivengrå 5/2, brunlige lag ved 662, 658 og 650 cm (4/3), glødetap 8-13 %
- Lag B-2 740 - 644 cm, leirig silt, olivengrå 5/2, mørkere farge oppover fra 700 cm (til 4/2), skjellfragmenter bl.a. Mytilus Edulis (nok til artsbestemmelse, men trolig for lite til datering), mørke lamina ved 696 cm, glødetap 8-10 %, skarp overgang til B-3
- Lag B-3 644 - 620 cm, silt, oliven 5/3, sandlaminering ved 640 cm, skjellfragmenter, glødetap 8-15 %
- Lag B-4 620 - 588 cm, silt, gråbrun 5/2, skjellfragmenter, glødetap 10-23 %
- Lag B-5 588 - 519 cm, silt, overgang fra gråbrun til olivengrå 5/2, skjellfragmenter ved 580 - 590 cm, planterester ved 549 cm, en del organisk rike sjikt (564, 556 og 547 cm, for lite fossilmater. i kjernen til datering av B-fraksjon, glødetap 15-20 %, med topper på opp til 30 %
- Lag B-6 519 - 500 cm, silt, gradvis overgang til grå silt 5/1, mørke lamina ved 517 cm, glødetap omkring 16 %
- Lag B-7 500 - 474 cm, silt, grålig brun 5/2, tykke organiske sjikt, glødetap 14-18 %
- Lag B-8 474 - 419 cm, silt, grå 5/1, brunlig grå sjikt ved 562, 554 og 533 cm, glødetap 8-12 %, skarp overgang til B-9
- Lag B-9 419 - 411 cm, leirig silt, grå 4/1, glødetap 9 %
- Lag B-10 411 - 349 cm, oppgroving til fin sand, grå 5/1, glødetap avtagende fra 6 til 2%, skarp overgang til Lag C

209

Lauhildrane 49

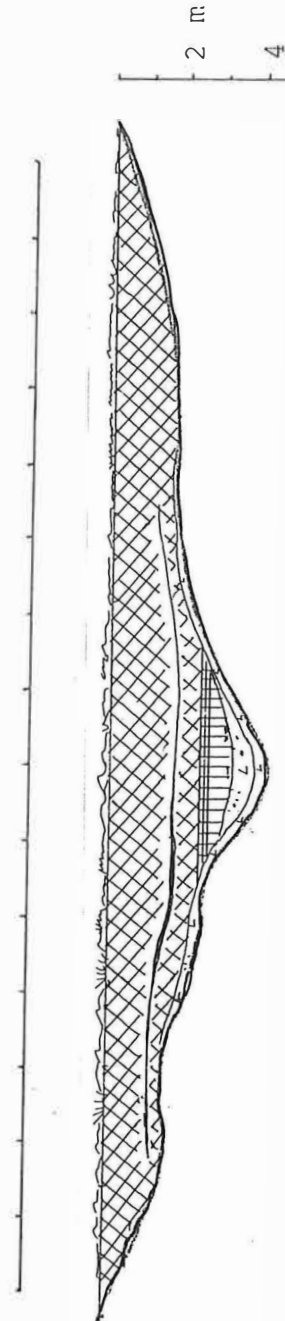
2209



709

Lauhildrane 49

2709



Figur 4.12 Lauhildrane 49 bassengprofiler, sonderborepunkter hver 5. m inntegnet over bassenget

FORMASJON C 349 - 340 cm

Lag C 349 - 340 cm, silt, olivenbrun 4/4, glødetap 4-6, brakkvann-  
sone med overgang til ferskt miljø, skarp  
overgang til D-1

FORMASJON D 340 - 280 cm

Lag D-1 340 - 330 cm, siltig gytje, grålig brun 5/2, glødetap 5 %  
skarp overgang til D-2

Lag D-2 330 - 319 cm, grov sand, grå 3/1, glødetap 5-7 %  
skarp overgang til D-3

Lag D-3 319 - 310 cm, gytje, brun 4/3, glødetap opp til 24 %

Lag D-4 310 - 301 cm, sandlag, grå 4/1, glødetap > 40 %

Lag D-5 301 - 288 cm, gytje, mørk gulbrun 3/4, glødetap 35-40 %.

AVSETNINGSFORHOLD I LIARMARKA 32

Bassenget er skålformet, men med en bratt side i sør. Den henimot loddrette kanten på 6 m (se figur 4.11), ble lokalisert ved en rekke prøvestikk.

Sedimenttilførselen fra den bratte fjellsiden er betydelig. Topografi-  
en danner en trakt som fører dreneringen fra et ca 200 m bredt belte  
langs fjellsiden ned i bassengområdet. Den store materialtilførselen  
har resultert i svært lav pollenkonsentrasjon i sedimentene fra Liar-  
markabassengene (se figur 7.1).

En kan ikke se bort fra muligheten av at lagrekken her kan ha blitt  
forstyrret av utrasinger fra fjellsiden. Der er imidlertid ikke funnet  
noen klare tegn på diskomformiteter i lagsøylen som er beskrevet fra  
borekjerneene.

LAUHILDRANE 49

Prøvematerialet er hentet fra 2 kjerner (IX og X). Da den stratigrafiske overlappingen mellom disse er noe uklar (denne tolkes i kap.7), er glødetapskurvene samt de øvrige stratigrafiske data fremstilt i 2 figurer (fig. 4.16 og 4.17).

Prøver til glødetapsundersøkelser og pollenanalyse ble tatt ut hver 2. cm (tilsammen 85 spektre).

FORMASJON A 430 - 354 cm

Lag A-1 430 - 428 cm, sand, grå 6/1, glødetap 4 %

Lag A-2 428 - 425 cm, sandig silt, brunlig grå 6/2, glødetap 5 %

Lag A-3 425 - 390 cm, silt, olivengrå 6/2 nederst, med gradvis overgang til brunlig grå 6/2, mørkere lamina ved 424, 420, 415, 414, 401 og 395 cm, lys grålig lag ved 410,5 - 409,5 cm, glødetap omkring 10%

Lag A-4 390 - 354 cm, silt, brun 5/3, mørke lamina ved 388, 384 og 381 cm, glødetap 10-23 %

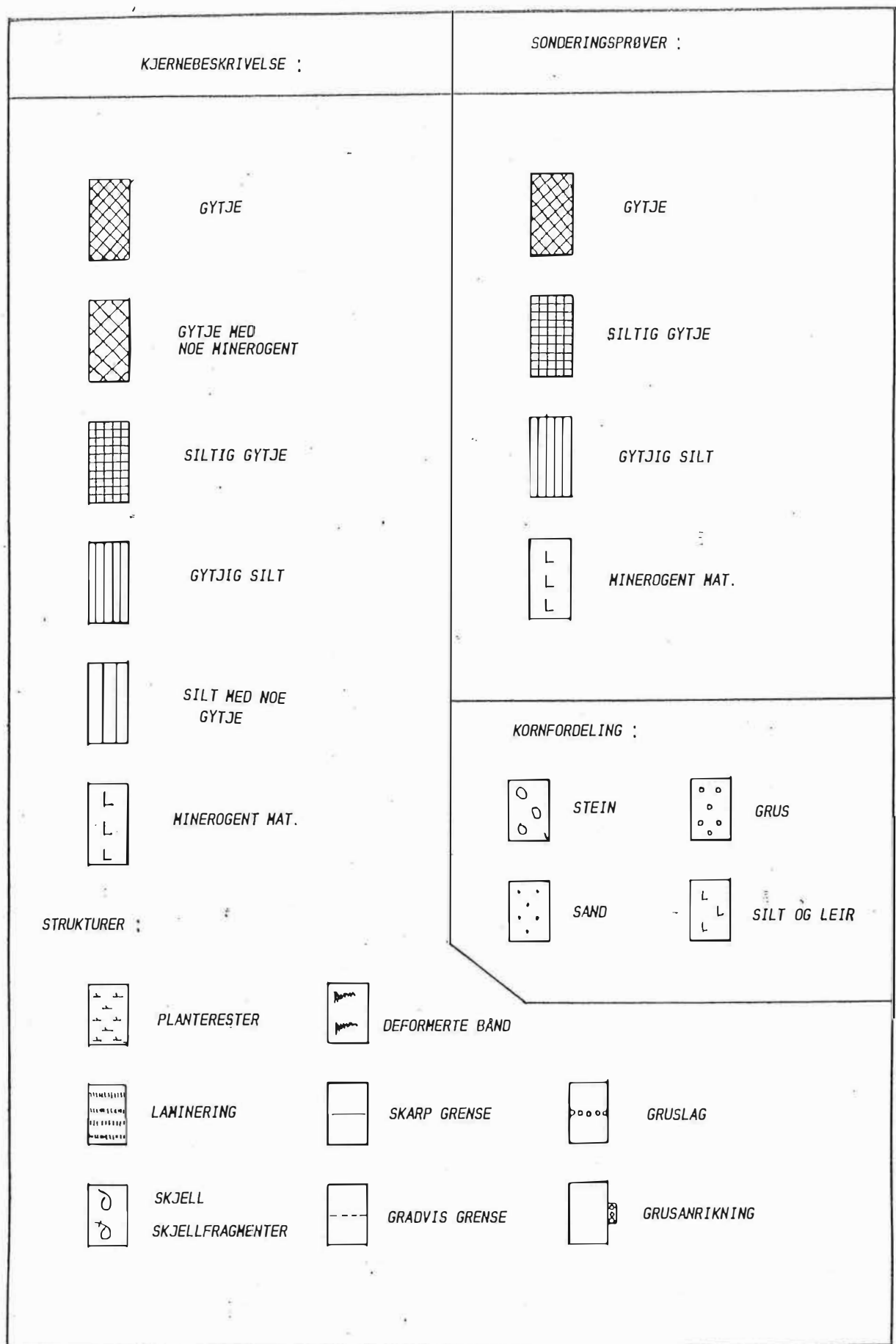
FORMASJON B 354 - 345 cm

Lag B 354 - 345 cm, silt, grålig brun 5/2, brune lag ved 348 og 346 cm, brakkvannsoner med overgang til marint miljø, glødetap 8-18 %

FORMASJON C 345 - 306 cm

Lag C-1 345 - 306 cm, silt, oppfining i øverste del, brunlig grå 5/2 nederst med overgang til grå 6/1, brunlig lag ved 343 cm, en del skjellfragmenter, glødetap avtagende fra 12 til 7 %





Figur 4.13 tegnforklaring til bassengprofiler og stratigrafikart

Lag C-2 306 - 300 cm, gytjig silt, gradvis mørkere brunfarge brun 5/3 - mørk brun 4/3, glødetap økende fra 7 til 30 %, markert overgang til D-1

FORMASJON D 300 - 240 cm — avsatt i lakustrint miljø

Lag D-1 300 - 294 cm, siltig gytje, økende brunfarge fra mørk brun 4/3 til mørk gulbrun 3/6, glødetap 29-36 %, en del plantefragmenter

Lag D-2 294 - 240 cm, gytje, vekslende mellom mørk gulbrun 3/4 og mørk rødlig brun 3/4, glødetap 80-97 %, en del kullfragmenter, kullag ved 246 cm

AVSETNINGSFORHOLD

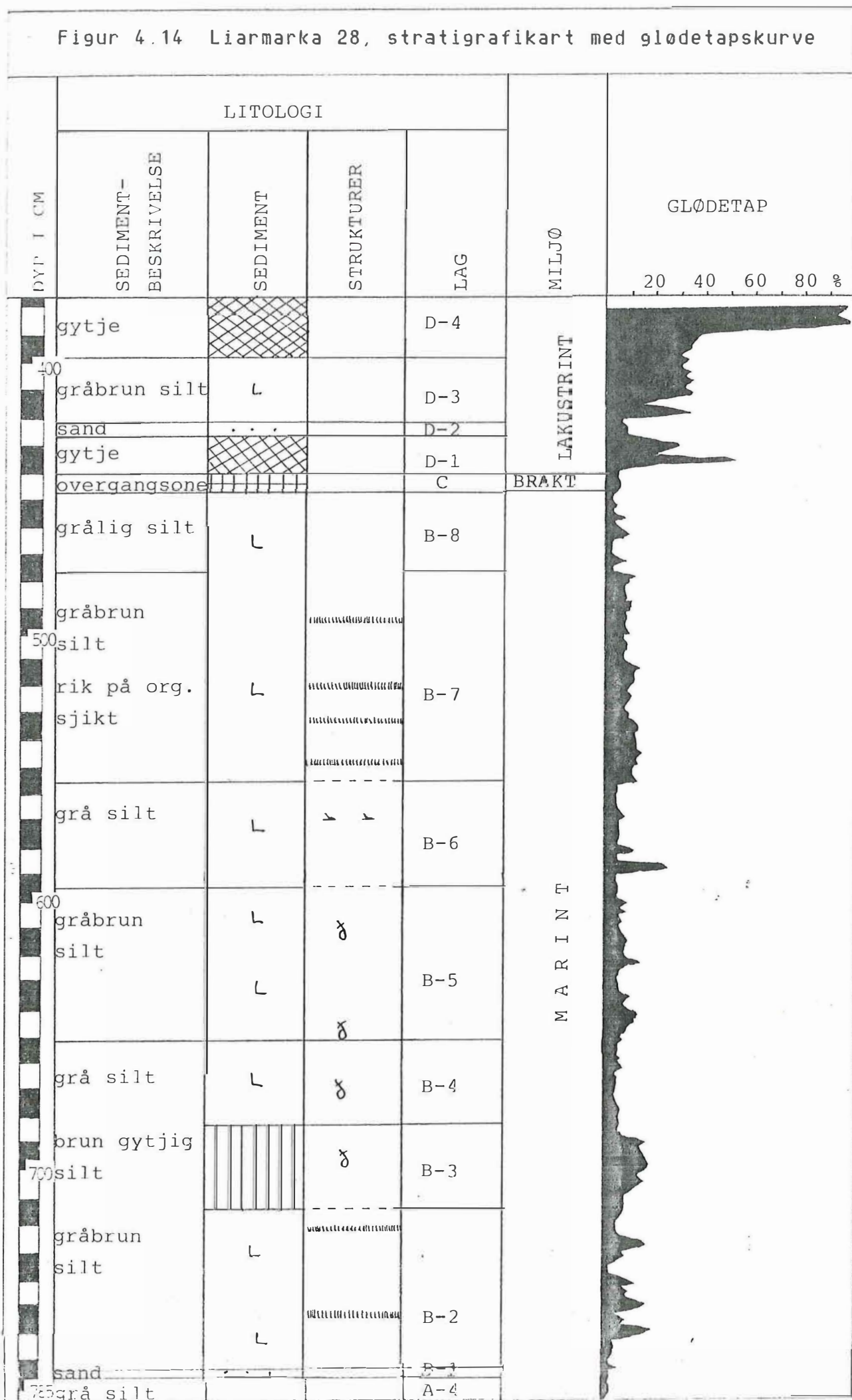
Bassengbunnen er relativt jevn og skrår svakt ut til de omkransende knausene som ikke har noen bratte partier. Ved den innerste siden (mot vest) skrår bassengsiden jevnt inn til Lauhildrane som har en bratt nærmest loddrett bar fjellside. Lauhildrane ligger 20-30 m over bassenget.

På bakgrunn av de topografiske forhold må det antas at materialtilførselen til dette bassenget har foregått meget langsommere enn til de to overnevnte bassengene.

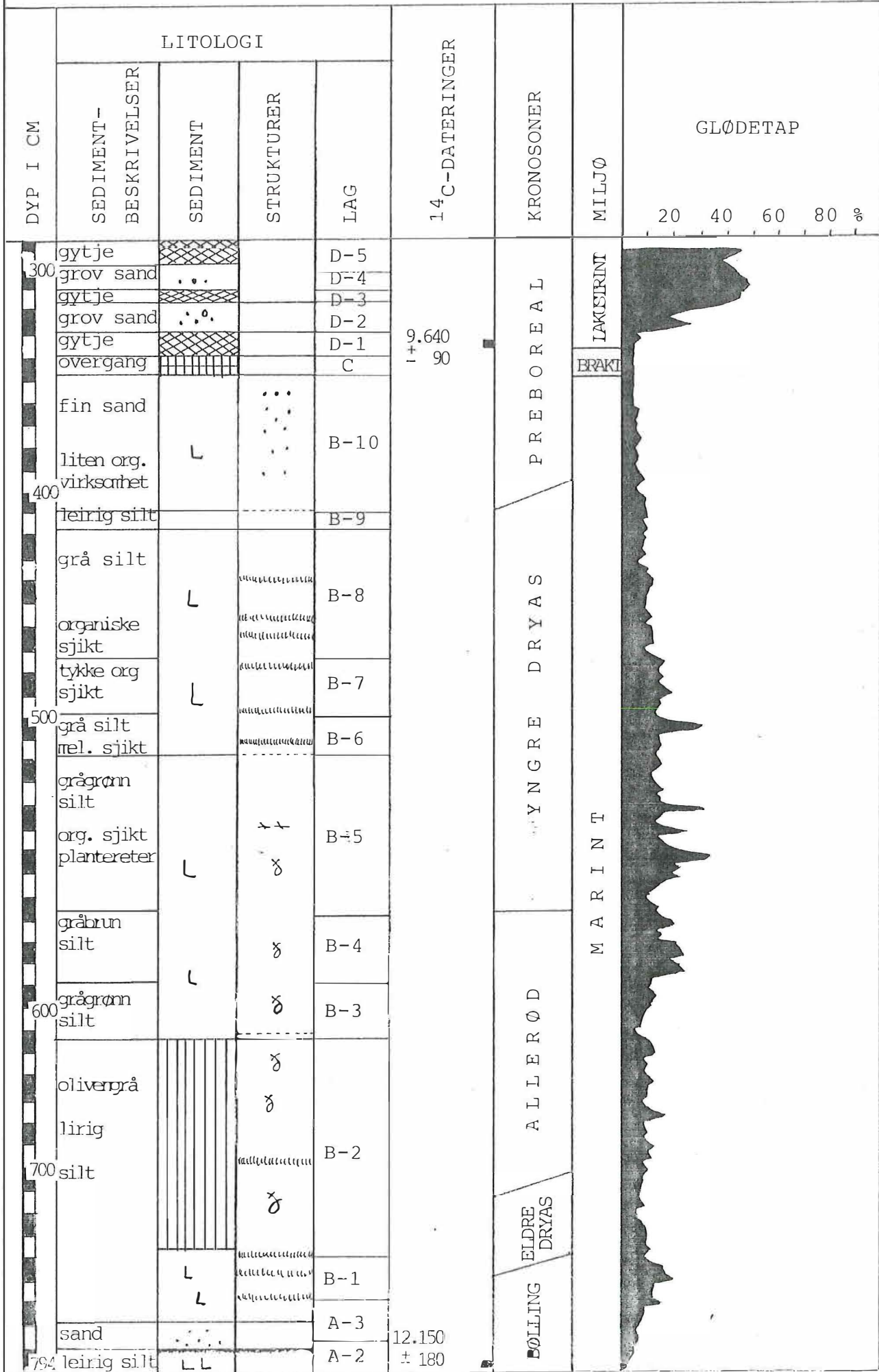
En del av materialet stammer nok fra de omliggende knausene, men det er mest sannsynlig å anta at mesteparten kommer fra høydedraget i vest (Lauhildrane) (se kart figur 2.5).

Avstanden fra bassengets dypeste nivå og langs den relativt flate grunnen inn til fjellveggen, er såpass lang (70-80 m), at det må anses som lite sannsynlig at ras kan ha forstyrret lagrekken i kjernene (figur 2.5).

Figur 4.14 Liarmarka 28, stratigrafikart med glødetapskurve

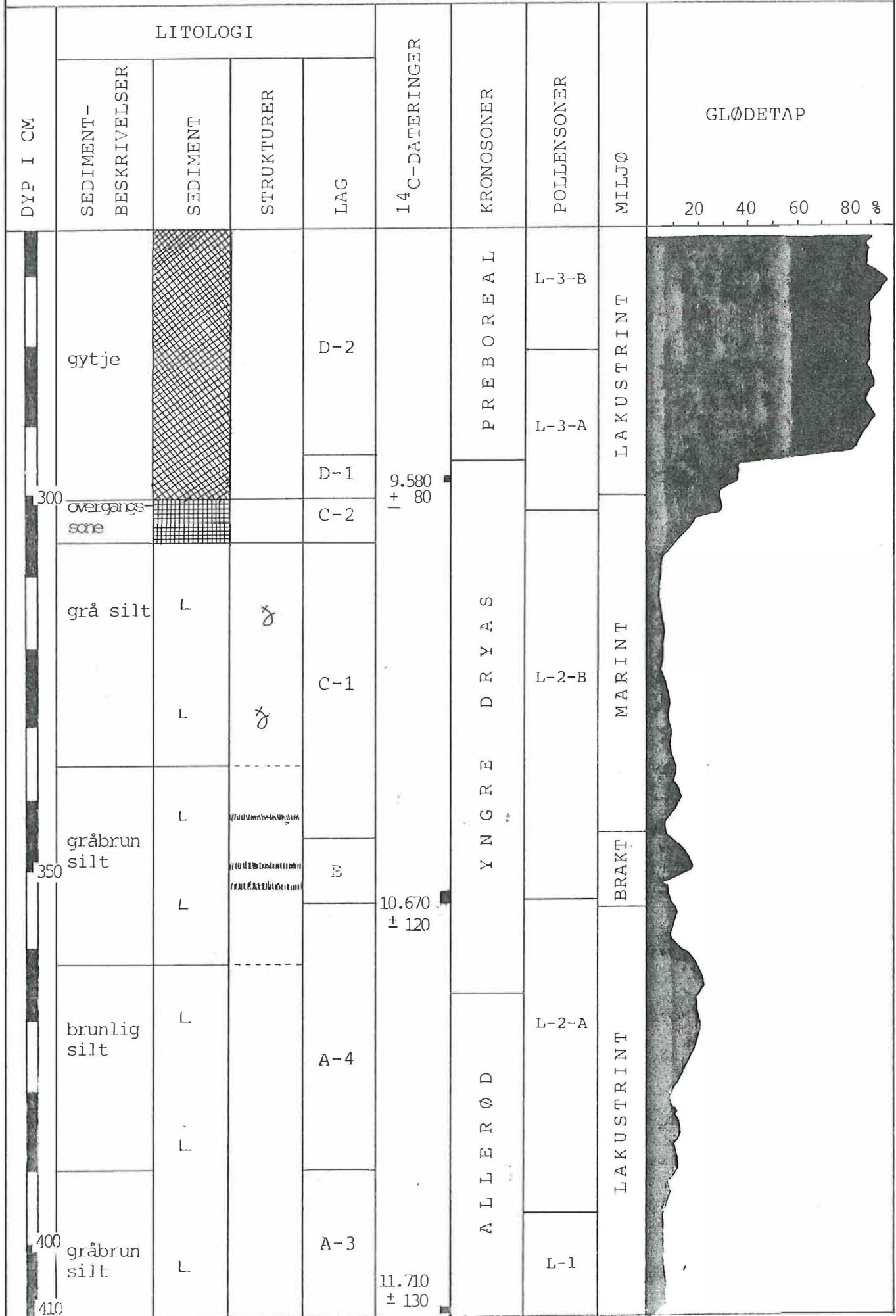


Figur 4.15 Liarmarka 32, stratigrafikart med glødetapskurve





Figur 4.16 Lauhildrane 49, stratigrafikart med glødetapskurve



## KAPITTEL 5 DIATOMEANALYSE

Kapittelet er skrevet av Cato Erichsen som en rapport etter hans diatomeundersøkelser i prøvematerialet fra Liarmarka 32 og fra Lauhildrane 49.

### SAMMENDRAG

Diatomeanalyse blir i denne undersøkelsen brukt til å kartlegge transgresjoner og regresjoner i et basseng.

Fra en kjerneprøve i et myrbasseng (49,1 m o.h.) på Randøy i Boknfjorden, S-V Norge er det utført diatomeanalyse i den nedre (minero-gene) del av sedimentene. Det er undersøkt 21 spektre, og miljøet er inndelt med hensyn på saltholdighet. Slekten *Fragilaria* er ikke tatt hensyn til ved vurderingene.

Den undersøkte delen av kjernen er på totalt 1.7 meter. De nederste 80 cm (spektra 1 - 30-IX-3) er tolket som lakustrint utfra representasjonen av de oligohalobe-indifferente og halofobe artene.

Etter en kort overgangsfase (8 cm) indikerer en stor dominans av polyhalobe og mesohalobe diatomeer (spektra 34 - 52-IX-3) et marint miljø, før bassenget raskt isoleres.

Oligohalob-indifferente og halofobe arter blomstrer opp og indikerer lakustrint miljø fra spekter 53 og oppover i kjerneprøven så langt det er undersøkt (spektrum 66-IX-3).

Der forelå ingen  $^{14}\text{C}$ -dateringer da denne rapporten ble utarbeidet.

Resultatet av diatomeanalysen i denne rapporten er sammenliknet med informasjon fra en tidligere diatomeanalyse-undersøkelse.

### INNLEDNING

Denne diatomeanalysen er støttet av NAVF-prosjektmidler som disponeres av professor Karl Anundsen. Arbeidet er utført i forbindelse med en

cand. scient. oppgave for Thorbjørn Kaland. Rapporten er ment å støtte oppunder Kalands oppgave som omhandler strandforskyvning.

Hensikten med undersøkelsen har vært å kartlegge transgresjon og regresjon ved et myrbasseng på Randøy i Boknfjorden. Endringer i saltholdighet vil gjenspeiles i diatomesammensetningen. Miljøene er definert ved hjelp av artsbestemmelse av diatomeer. Arbeidet er utført i to faser i 1987. I den første delen av undersøkelsen (vedlegg 1) var hensikten å grovkartlegge miljøgrensene. Dette har vært utgangspunkt for søknad om aldersbestemmelse (radiokarbon-dateringer) av overgangsfasene mellom ferske og marine miljøer. Rapport med tilhørende diagram for arbeidets første fase er gitt i vedlegg 1.

I andre del av arbeidet er det foretatt en mer detaljert undersøkelse av 21 spektre i kjerneprøven fra Randøy (49.1 m o.h.). De undersøkte spektra er fordelt over de nedre 1.7 metrene av en kjerneprøven, men er konsentrert rundt overgangsfasene.

#### METODE

Det er talt 100-130 skall i hvert spektrum. Slekten *Fragilaria* er plassert i en spesiell gruppe (jfr. fig. 5.2).

Prøvene er preparert etter prosedyre beskrevet av Braaten & Hermansen (1985:s.119), med enkelte modifikasjoner.

Nedenfor beskrives prosedyren inkludert endringer som her er gjort.

1. En liten spatelsspiss med sedimenter tas ut fra prøven.
2. 35% hydrogenperoksyd ( $H_2O_2$ ) tilsettes og kokes opp i ca 5 minutter. Preparatet dekkes til og står natten over i romtemperatur (ca  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
3. Preparatet overføres til sentrifugerør, sentrifugeres ved ca. 3500 omdr./min, og hydrogenperoksyden helles forsiktig av. Røret fylles opp med destilert vann, sedimentene resuspenderes og sentrifugeres. Vaskeprosessen, resuspendering og sentrifugering gjentas en gang til.

4. Prøven fortynnes med destilert vann. Mengde destilert vann er avhengig av diatometetthet og må utprøves.  
Preparatet dryppes på et varmt dekk-glass. Ved mye minerogent materiale lot jeg sedimentene synke 5-20 sekunder før prøven ble dryppet på dekkglasset.
5. Vannet dampes vekk fra dekkglasset før objektglass legges på. Objektglasset er dekket av en tynn film Hymount (brytningsindeks: 1.657).
6. Eventuelle luftblærer presses ut mot kanten. Objektglasset varmes opp for at dekkglasset skal feste godt.

#### BENYTTET KLASSIFIKASJONSSYSTEM

Inndelingen er basert på Kolbes (1927) revidert av Hustedt's (1957) klassifikasjonssystem. Systemet baserer seg på dagens kunnskap om de resente diatomeenes reaksjon på salinitetsendringer (Tabell 1).

<u>Hustedts klassifikasjonssystem</u>	
1. Polyhalobe arter:	Optimum ved mer enn 30‰ saltholdighet, men en del arter tåler lavere saltholdighet.
2. Mesohalobe arter:	30-0.2‰.
	a) euruhaline mesohalober      30-10‰.
	b) $\alpha$ -mesohalober              > 10‰.
	c) $\beta$ -mesohalober                10-2‰.
3. Oligohalobe arter:	Kan leve i brakt og ferskt miljø.
	a) Halofile arter med optimum i brakkvann.
	b) Indifferente arter m. optimum i ferskvann
4. Halofobe arter:	Ferskvannsararter med øvre toleransegrense ved 0.2‰

Tabell 5.1



Til artsbestemmelse er hovedsakelig Cleve-Euler (1951-55) og Hustedt (1930-1966, 1957) benyttet.

I rapporten vil gruppen med oligohalob-indifferente arter tolkes å leve i et lakustrint miljø, men tåler et svakt innslag av salter. Mesohalobe arter er ofte beskrevet å tåle tildels store variasjoner i saltholdighet. Et slikt miljø kan en finne ved fjordmunninger og kystområder der ferskvann tilføres. Dette vil redusere saltholdigheten og mesohalobe arter vil blomstre opp trass i det "egentlige" marine miljøet.

I hoveddiagrammet (fig. 5.1) er diatomeartene plassert i halobie-gruppe i alfabetisk rekkefølge. De enkelte artene er inndelt i fire grupper (>25%, >10%, >1% og <1%) etter hyppighet i spekteret, og er ment og gi en indikasjon på hvilke arter som dominerer i de ulike spektra. Flere talte skall i hvert spektrum vil trolig endre den prosentvise fordelingen artene i mellom. En mer detaljert inndeling av artene, basert på skallmaterialet vil derfor være uriktig.

I totaldiagrammet (fig. 5.2) er artene i hver halobiegruppe summert. De ulike miljøene vil da oftest komme tydelig frem.

#### HOVEDDIAGRAMMET

I hoveddiagrammet (fig. 5.1) er alle de identifiserte artene oppført. Artene er inndelt etter hyppighet i forhold til totalt antall diatomeer. Diagrammet antyder de dominerende artene (>25% og >10%). Ved detalj-studium bør det legges størst vekt på disse artene.

#### DIAGRAMBESKRIVELSE FRA BUNNEN AV KJERNEN

Spektra 1 - 30-IX-3 inneholder 11 oligohalob-indifferente og 12 halofobe arter. Sonen domineres av de indifferente artene Nitzschia fonticola og stedvis Achnanthes linearis og A. levanderi. Blandt de halofobe artene dominerer Achnanthes microcephala og Anomoeoneis brachysira. Alle artene indikerer lakustrint miljø. Det er ikke funnet innslag av polyhalobe, mesohalobe eller oligohalob-halofile arter.

Mellom den underliggende ferske fasen og marin fase over, er det tatt tre spektra (8 cm) som karakteriseres av en skiftende diatomesammensetning (med hensyn til salinitetsforhold). Det er funnet 14 polyhalobe, 7 mesohalobe, 2 oligohalob-halofile, 10 oligohalob-indifferente og 9 halofile arter. Av de polyhalobe artene dominerer Cocconeis scutellum over hele området. Synedra tabulata er mest representert blandt de mesohalobe artene. Blandt de halofobe og oligohalob-indifferente utgjør den enkelte art hovedsakelig under 10% av total sammensetning.

Den overliggende marine sonen omfatter spektra 34 - 52-IX-3 og inneholder 15 polyhalobe, 12 mesohalobe, 2 oligohalob-halofile, 9 oligohalob-indifferente og 4 halofobe arter. Cocconeis scutellum dominerer i alle spektra. Amphora proteus, Plagiogramma staurophora og Rhabdonema minutum har kortvarig, men kraftig oppblomstring i ulike deler av sonen. Hverken oligohalob-halofile, oligohalob-indifferente eller halofobe arter er representert med over 10% i sonen.

Totaldiagrammet (fig. 5.2) gir et godt inntrykk av den kvantitativt lave representasjonen av ferskvanns-indikerende diatomeer.

Artssammensetningen endres raskt opp mot den overliggende ferske sonen. Området omfatter spektra 53 - 66-IX-3 og inneholder 2 polyhalobe, 3 mesohalobe, 1 oligohalob-halofil, 14 oligohalob-indifferente og 10 halofobe arter. Innslaget av marine indikatorarter er bare observert i nedere del av fasen, og indikerer en kortvarig overgangs/brakkvanns fase der Synedra pulchella er den mest vanlige.

Lenger opp i sonen utgjør oligohalob-indifferente og halofobe arter 100% av sammensetningen. Enkelte av de oligohalob-indifferente artene viser korvarige, men kraftige oppblomstringer. Dette gjelder Cocconeis placentula og slekten eunotia. Blandt de halofobe artene dominerer Anomoeoneis brachysira, A. serians og Frustulia saxonica i midten og øvre del av sonen. Andelen av uidentifiserte arter i forhold til det totale antallet er alltid lavere enn 10%.

Slekten Fragilaria dominerer i de fleste spektra, men i den marine fasen har slekten en lavere representasjon enn ellers i kjernen (Jfr. totaldiagrammet). Spesielt Fragilaria virescens er hyppig forekommende i de fleste spekter. Slekten Fragilaria er ikke representert i

total-diagrammet da slektes optimale miljø er tolket forskjellig av ulike forfattere. Dette skyldes trolig at arten har en stor toleransegrense for salinitetsendringer. Arter i slekten kan derfor bli plassert i feil gruppe i Husteds klassifikasjonssystem og gi et uriktig bilde av avsetningsmiljøet. Det store antallet skall av *Fragilaria* medfører at slekten vil dominere og dermed avgjøre miljøtolkningene. Andre og klarere miljøindikerende arter vil da få lavere prosentverdier, og dermed bli tillagt mindre betydning.

I tillegg til spektrene som er presentert i diagrammet er diatomesammensetningen undersøkt i spektrum 18-IX-3 og spektrum 23-IX-3. Begge viser samsvarende resultater sammenliknet med nærliggende spektra, noe som tyder på uendrete miljøforhold (Jfr. fig. 5.2)

#### TOTALDIAGRAMMET

Totalt antall av talte diatomeer foruten slekten *fragilaria* er tatt med i fremstillingen av diagrammet. Begrunnelse for utelatelse av *fragilaria* er gitt i hoveddiagrammet. Artene er summert sammen i halobiegrupper etter inndeling vist i hoveddiagrammet.

I nedre del av sonen utgjør halofobe og oligohalob-indifferente arter 100% av totale arter, og indikerer et ferskt miljø.

Brakkvannssonen mellom den nederste ferske sonen og den marine sonen over indikerer arter som lever i ferskt/brakt og marint miljø. Dette er trolig en overgangsfase fra ferskt til marint miljø.

Den marine sonen domineres av polyhalobe arter (ca 60 %), mesohalobe (15-20 %) og delvis oligohalobe-halofile arter (10 %).

De oligihalob-indifferente og halofobe artene reduseres i sonen, men er imidlertid representert gjennom hele marin fase med tilsammen 15 - 20 % (jfr. Diskusjon).

Overgangen mellom marint og ferskt miljø skjer raskt. Polyhalobe, mesohalobe og oligohalob-halofile arter forsvinner og oligohalob-indifferente og halofobe arter blomstrer opp.

## DISKUSJON

Det er talt 100-130 skall i hvert spekter. Det statistiske materialet som danner bakgrunn for rapporten tilsier at konklusjonene basert på de enkelte diatomeers representasjon vil være usikker.

Imidlertid er artene inndelt i grupper basert på salinitetsavhengighet. Hvis majoriteten av talte skall faller innenfor en eller to salinitetsgrupper vil dette gi en god indikasjon på avsetningsmiljøet. Trass i relativt få talte diatomeskall i hvert spektrum vil derfor derfor miljøgrensene basert på de ulike halobiegruppene være godt definert.

Kjernene er undersøkt med hensyn på diatomeenes reaksjon på saltholdighet, mens andre miljøaspekter (pH, temperatur, trofisk status o.s.v.) ikke er diskutert.

Totaldiagrammet viser to klare lakustrine faser med en mellomliggende marin fase. I tillegg er det i tre spektre (30 - 33-IX-3) funnet en diatomesammensetning som indikerer et overgangsmiljø. Der viser diagrammet betydelige endringer i halobiegruppene mellom nærliggende spektre.

Cocconeis scutellum er dominerende i hele den marine fasen. Arten er beskrevet å tåle resedimentering og abrasjon bedre enn de fleste arter (Ingmar 1973). Hvis denne arten ikke er "in situ" kan miljøtolkingen bli mer diskutabel.

I fasen som er tolket marin er de oligohalob-indifferente og halofobe gruppene representert med tilsammen 10-20%. Dette kan skyldes stor lokal innrenning i bassenget, eller større regional ferskvannstilførsel som har påvirket hele fjordsystemet.

Grensen tilden overliggende ferske sonen skjer raskt, og miljøet er ferskt opp til det øverste analyserte spekteret.

Miljøgrensene som ble funnet i de innledene undersøkelsene er i hovedtrekk identiske med grensene som ble funnet i den mer detaljerte analysen. Dette kan tyde på at den relativt enkle og raske fremgangs-



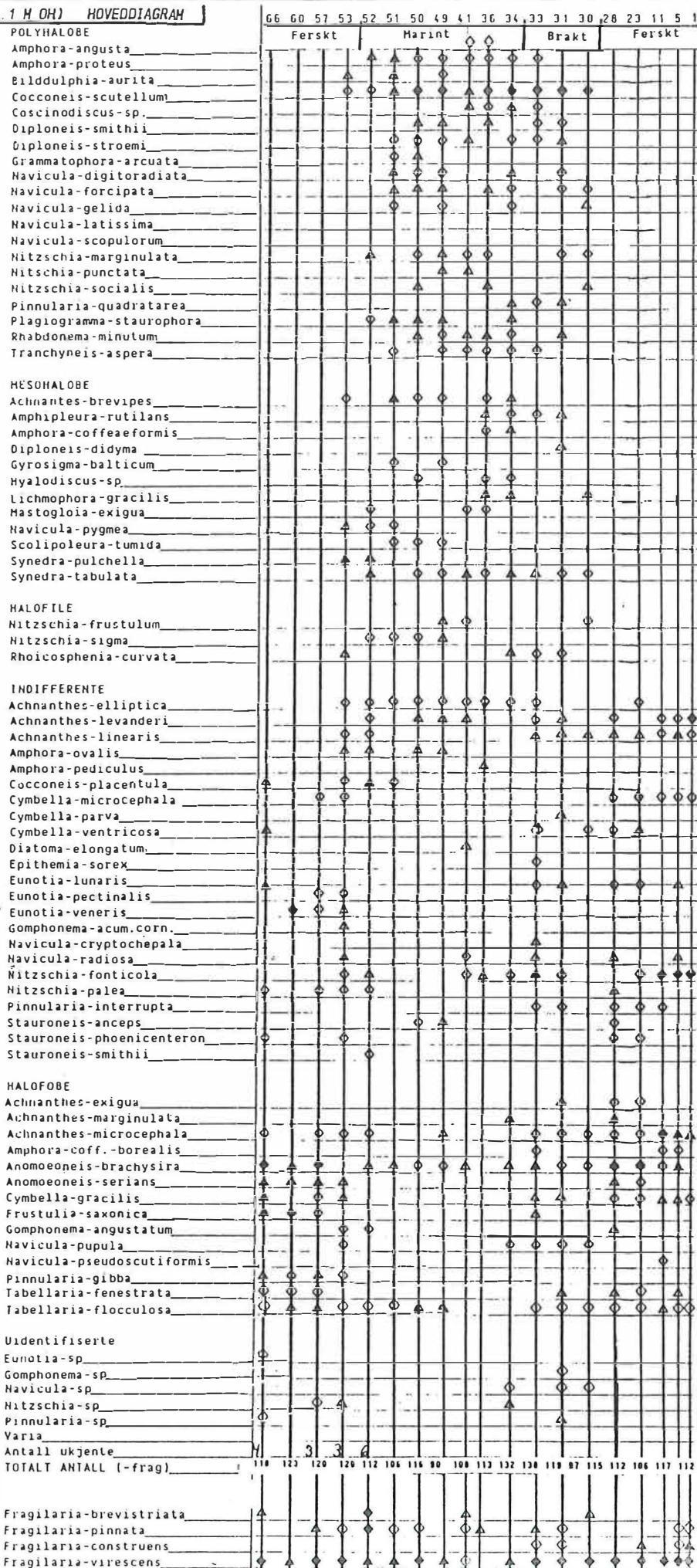
småten som er benyttet i første fase av miljøkartleggingen, kan gi gode miljøindikasjoner (selv om den er overfladisk). Metoden forutsetter imidlertid entydige miljøforhold.

Spektrene i bunn av kjernen er antatt avsatt etter deglasiasjonen. Spektrene er imidlertid diatomerike og karakteriseres dermed ikke av det sterile miljøet som vanligvis forekommer i denne perioden. Stor minerogen sedimentasjon (og ofte høyt innhold av leirpartikler) gjør leveforholdene for diatomeene dårlige. Imidlertid kan den lokale topografien rundt bassenget, dreneringsforhold og løsmassedekke i området forklare den raske oppblomstringen av diatomeene som registreres i de eldste sedimentene i prøvematerialet.

#### KONKLUSJON

I den nedre del av den undersøkte delen av kjernen viser diatomesammensetningen lakustrine forhold til spektrum 30-IX-3. Sonen etterfølges av et miljø med divergerende diatomesammensetning med hensyn på saltholdighet (spektra 30 - 33-IX-3). Sonen tolkes som en brakkvannson, og er trolig overgang mot den marine overliggende sekvensen. I marin fase dominerer polyhalobe og mesohalobe diatomeer sammensetningen med over 80 % (spektra 34 - 52-IX-3). I den øvre del av kjernen viser diatomesammensetningen ferske forhold opp til det øverste undersøkte spektrumet (66-IX-3).

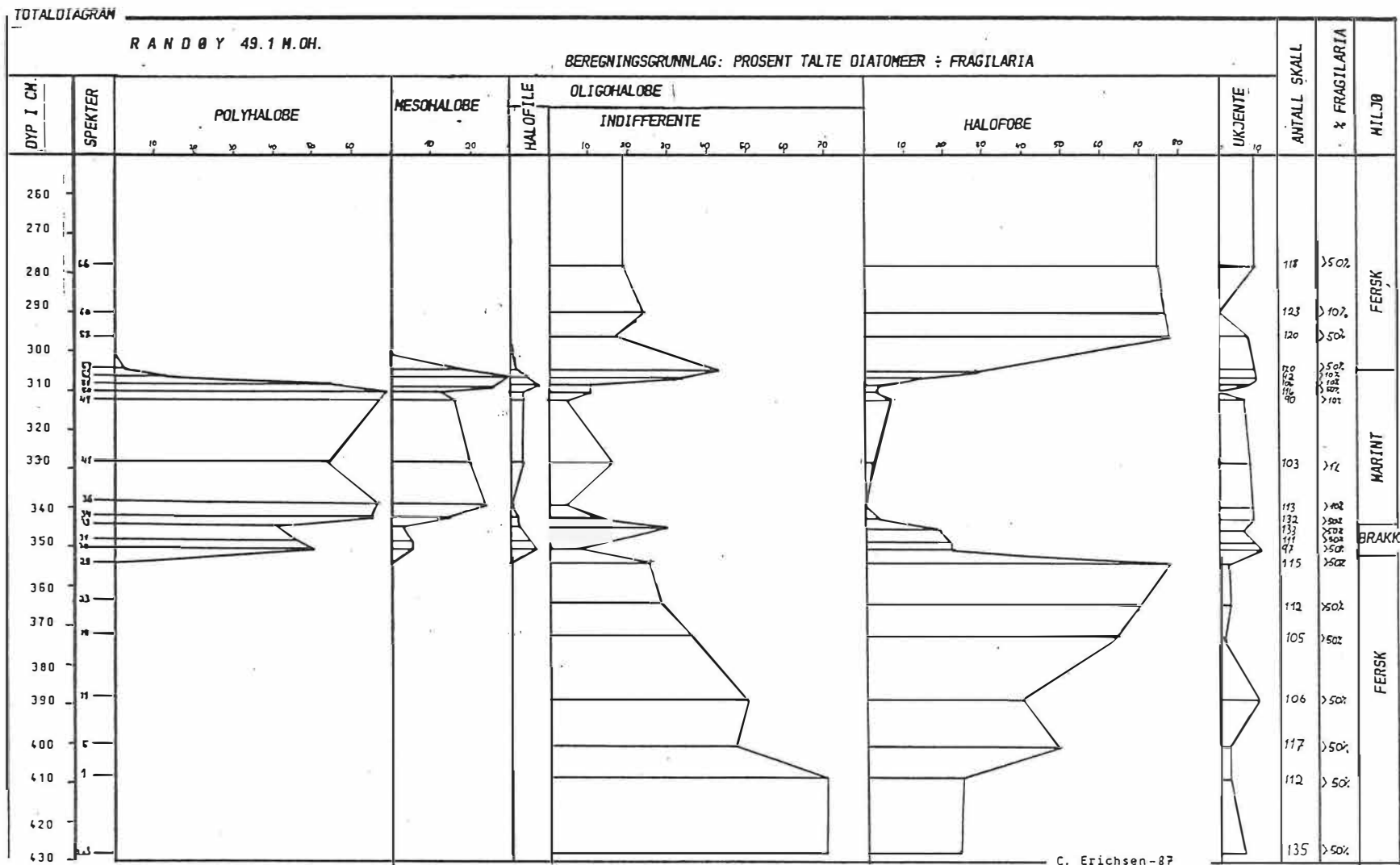
De antatte miljøgrensene som er funnet henholdsvis i de innledende og i de seinere og mer detaljerte undersøkelsene viser små forskjeller.



Figur 5.1 hoveddiagram, Lauhildrane 49. Figuren viser inndelingen av de identifiserte arter i de ulike halobiegrupper. Artene er kvantitativt inndelt i forhold til total antall skall (untatt slekten Fragilaria som er plassert for seg). Miljøgrensene er avmerket

◆ >251  
▲ >102  
◊ >12  
◻ <12

Figur 5.2 totaldiagram, Lauhidrane 49. Figuren viser prosentvis fordeling av de ulike halobie-gruppene. Miljøgrensene er avmerket.



Figur 2.  
Totaldiagrammet viser prosentvis fordeling av de ulike halobie-gruppene. Miljøgrensene er avmerket.

## KAPITTEL 6 POLLENANALYSE

Der er foretatt systematisk mikrofossilanalyse av materialet fra borekjernene fra Lauhildrane 49 (Randøy) og Liarmarka 32 (Fister). Analysen omfatter pollen, sporer, grønnalger og dinoflagelatcyster. Resultatene er fremstilt i pollendiagrammer (fig. 7.1 - 7.5 vedlagt), som inndeles i soner som definerer vesentlige endringer i vegetasjonsbildet.

Pollenkorn og sporer produseres og spres i så store mengder at de representerer et godt statistisk materiale ved vegetasjonshistoriske undersøkelser. Pollenkornene har normalt størrelse 30-50  $\mu\text{m}$ . De spres lett med vinden, og de kan fraktes fra et kontinent til et annet (Fægri & Iversen 1975).

Pollenkorn som avsettes i et basseng og lagres i sedimenter, kan motstå nedbrytning og bevares i flere hundre tusen år. Det er således vanlig å finne resedimentert pollen fra tidligere mellomistider i bunnen av sedimentpakken (Fægri & Iversen 1975, Paus 1982a).

Det er pollenkornets skall som bevares, mens celleinnholdet nedbrytes. Skallet er bygget opp av sporopollenin, som hører til de mest resistente organiske forbindelser. Sporopollenin er et polymer av karotenoider og karotenoidestere (Brooks & Shaw 1968).

Dette oppbevares best i anaerobisk surt miljø, mens følsomheten er størst overfor alkalisk miljø. Kornskallet kan derfor relativt raskt brytes ned om det lagres i godt luftet torv (Fægri & Iversen 1975).

Under tolkingen av pollendiagrammene må det tas hensyn til de forskjellige plantenes ulike pollenproduksjon og pollenspredning.

De fleste analyserte artene er vindbestøvende. Det betyr at transporten av pollenkorn kan være lang, slik at tilstedeværelsen av en arts pollen ikke stadfester plantens tilstedeværelse (Fægri & Iversen 1975). De ulike artenes innvandring og suksesjon kan derimot tolkes ut fra deres økning i antall korn gjennom tid (Paus 1982a).

Bassengenes miljøutvikling fra limnisk til gjenngrodd miljø kan ofte bestemmes ved analyse av alger, dinoflagelatcyster og Sphagnum-



sporer (Paus pers. medd.). Miljøutvikling fra marint til brakt og ferskt miljø kan bestemmes ved diatomeanalyse (se kap. 5).

## LABORATORIEARBEID OG PREPARERINGSPROSEDYRE

Under preparering anrikes pollenkorn o.a. mikrofossiler som ønskes analysert. Pollen- og sporeveggens høye resistanse overfor ulike kjemikalier utnyttes under prepareringsprosedyren (Fægri & Iversen 1975). Gjennom ulike prosesser (se beskrivelse under), fjernes humussyrer, kalk, silikater og cellulose.

### PREPARERINGSPROSEDYRE

Prepareringsprosedyren er basert på Fægri & Iversen (1975), med en del mindre endringer basert på egne erfaringer (se prosedyre under).

Prepareringsprosedyren som her listes opp, benyttes forøvrig ved Geologisk og Botanisk Institutt, UiB.

- 1 Den volumbestemte prøven tilsettes 3 Lycopodium-tabletter.
- 2 10 % saltsyre (HCl) tilsettes til tablettene og gelantinkapslene er oppløst.
- 3 Prøven kokes omlag 30 sekunder i kalilut (KOH) i begerglass. Materialet siles og spyles grundig ned i begerglasset. Det sentrifugeres deretter sammen og konsentreres i reagensrør.
- 4 Konsentrert eddiksyre ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) tilsettes. Det sentrifugeres ned.
- 5 Det tilsettes acetolyseblending; Først 9 ml eddiksyreanhydrid ( $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ), deretter 1 ml konsentrert svovelsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Det varmes opp i 10-15 minutter, for så å bli sentrifugert ned.
- 6 Konsentrert eddiksyre tilsettes, og prøven sentrifugeres så ned.
- 7 Prøven overføres til plastrør. Den skylles med destilert vann og sentrifugeres. 40 % flussyre (HF) tilsettes og prøven varmes opp.

Prøven står 1-2 timer i varmeblokk under avtrekk. Ved minerogene sedimenter gjenntas prosessen.

Prøven sentrifugeres deretter og skylles over på glassrør.

8 Prøven vaskes 2-3 ganger med varm saltsyre. Den varmes opp hver gang. Den vaskes til supernatanten (vesken) ikke lenger har grønn farge. Deretter vaskes prøven et par ganger med destilert vann og sentrifugeres.

9 Kalilut tilsettes og prøven varmes opp, den skylles deretter et par ganger med vann.

10 Fushsinfargestoff tilsettes i siste skyllevann. Prøven sentrifugeres ned.

11 Prøven overføres til analysebeger. Den tilsettes Glycerol og fenol. Den står så og fordamper på varmeplate (ev. over natten).

#### TILSETTING AV LYCOPODIUM-TABLETTER

Ved tolkingen av pollendiagrammene er det en fordel å kjenne pollentettheten i hvert analysert spektrum. Denne beregnes ved at der tas ut et bestemt volum prøvemateriale og ved at dette tilsettes et kjent antall sporer (Lycopodium) som lett kan adskilles fra det fossile materialet under tellingen.

Materialvolumet til hvert preparat er derfor 0.95 ml, bestemt ved gelantinkapsler.

Lycopodium-antallet i hvert preparat er omlag 34.000 korn (3 tabletter).

#### FJERNING AV KALK

Da der ikke er spesielt kalkholdige bergarter i nedslagsfeltet til de undersøkte bassengene, har høyt karbonatinnhold ikke vært et problem i det undersøkte materialet. Kalk løses lett i saltsyre (HCl). Denne behandlingen ble likevel gjort for å fjerne eventuelle karbonater avsatt som skallfragmenter. Saltsyren løser dessuten opp Lycopodium-tablettene (Stockmar 1971). Dette er standardprosedyre.

### FJERNING AV HUMUSSTOFFER

Disse ble løst ved koking i kalilut (KOH). De løste stoffene helles ut med supernatanten (vesken), etter at pollen og bunnsfall er sentrifugert ned i røret (Fægri & Iversen 1975). Lutkokingen er her standardprosedyre.

### FJERNING AV CELLULOSE

Cellulosen bygger opp celleveggen i blader, stengler og røtter. Disse opptrer som større og mindre fragmenter i prøvematerialet, og de brytes ned ved hydrolyse. Prøven dehydreres først ved eddiksyreanhydrid ( $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ ) før den tilsettes svovelsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), som så løser opp cellulosen. Reaksjonen utvikler varme, men den effektiviseres også ved ekstern tilførsel av varme (op. cit.). Dette er her standardprosedyre.

### FJERNING AV SILIKATER

Silikatene løses opp i flussyre (HF). Reaksjonen effektiviseres ved varmetilførsel. Erfaringsmessig har det vist seg at det lønner seg å foreta 2 flussyrebehandlinger à 1 time i varmeblokk, fremfor å la prøven stå natten over i ett flussyrebad. Det er viktig å skylle godt med destillert vann før dekantering til glassrør, da flussyren reagerer med glasset. Metoden har vært benyttet der prøvematerialet i hovedsak har vært minerogent.

Silikater og andre mineraler kan også separeres ut ved å tilsette en tung veske (bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ), sinkklorid ( $\text{ZnCl}_2$ ) m.fl.), som har egenvekt rundt 2,2-2,3 (Mangerud et al 1981). Mineralene synker da ned ved sentrifugering, mens pollenet blir flytende i vesken. Metodens svakheter er at ikke alle mineralene synker og at en del pollenkorn kan synke ned. Det har og vist seg at det er spesielle arter som forsvinner ut i større omfang ved denne metoden (Lie & Lømo 1981). Den endrer med andre ord forholdet mellom opptreden av de ulike artene i prøven og svekker det statistiske grunnlaget for analysen. Denne metoden er derfor ikke benyttet under prepareringen.

### ULTRALYDBEHANDLING

Denne behandlingen kan løse opp organiske partikler som ligger i floker og klumper. Metoden kan forårsake en selektiv ødeleggelse av pollenkorn ved at de blir flisete og opprevet (Braaten & Hermansen 1985). For å unngå dette, og da slike klumper ikke var et stort problem, er der ikke benyttet ultralydbehandling.

## **ANALYSEMETODE**

### BESTEMMELSESLITTERATUR

Det har i hovedsak vært benyttet bestemmelsesnøkkeilen Fægri & Iversen (1975) samt Fægri & Iversen (in print). Enkelte spesialnøkler har vært benyttet for spesielle familier (Moe 1974, Eide 1979).

Referansesamlingen ved Bot. inst. har dessuten vært meget nyttig, både til identifisering av spesifikke karakterer og ved innlæring av ukjente arter.

### IDENTIFIKASJON

Det er ofte små nyanser i oppbyggingen som skiller de ulike artenes eller slektenes pollenkorn. Det er derfor nødvendig å ha detaljerte kunnskaper om kornenes morfologi. For å benytte bestemmelsesnøkkel må en og kjenne de mange karakterenes terminologi.

Det analyserte pollenmaterialet stammer fra trær, busker, dvergbusker og urter.

### ANALYSEUTSTYR

Der har ved pollentelling blitt benyttet Zeiss forskningsmikroskop med 8 x okularer. Rutineanalysene er utført med Zeiss Planapo 63 x f:1,4 og 40 x f: 1,0 objektiver. Spesielle karakterer er bestemt ved Zeiss Neofluar 100 x f: 1,0 objektiv. Der har dessuten vært benyttet et Zeiss Axiomat mikroskop med de samme brennvidder som over, ved bestemmelse v.h.a. referansesamlingen ved pollenlaboratoriet Bot.inst. Alle de nevnte objektivene har fasekontrast.

Der er benyttet et 24 kanalers mekanisk telleapparat til tellearbeidet



## POLLENSUMMEN

Ved pollenanalysen er det nødvendig å oppnå en pollensum og et artsantall som gir det tilstrekkelige statistiske grunnlaget for å kunne innhente de ønskede opplysningene.

I denne sammenhengen er det av primær interesse å få et korrelasjonsgrunnlag gjennom klima -og vegetasjonsutviklingen. Det er da nødvendig å bestemme et begrenset antall "lettere gjenkjennbare" arter (ofte kun slekter), som er gode klima/tidsindikatorer.

I vegetasjonshistorisk sammenheng kan det derimot være nødvendig med en langt mer detaljert analyse med langt flere arter og høyere pollensummer, bl.a. for også å kunne kartlegge de insektsbestøvende artene i større grad.

I denne undersøkelsen inngår det i all vesentlighet vindbestøvede arter. Denne undersøkelsen gir derfor ikke et detaljert bilde av vegetasjonshistorien sett i en botanisk sammenheng, men den kan bidra med et korrelasjonsgrunnlag for såvel botaniske som geologiske undersøkelser.

I denne undersøkelsen er det funnet nødvendig å telle minst 400 pollenkorn pr. spektrum. I enkelte spektre er pollenkonsentrasjonen derimot så lav at pollensummen, av praktiske grunner, ligger under 200 korn pr. spektrum. Pollensummene er angitt i hoveddiagrammene (fig.7.1 - 7.3).

Pollensummene i en del spektre fra Liarmarka er så lave at de ikke gir grunnlag for statistisk analyse. De er likevel tatt med for å vise hvilke arter som opptrer.

## **POLLENDIAGRAMMENE**

Pollendiagrammet er en grafisk fremstilling av den historiske utbredelsen til de plantene som er registrert i området. Datamaterialet i diagrammet gir ikke eksakte opplysninger over hvorvidt plantene faktisk har levd i området og over deres kvantitative utbredelse. Dette må en selvsagt ta hensyn til ved tolking av pollendiagrammene.

Pollensummen i hoveddiagrammet omfatter gruppene trær, busker, dvergbusker, urter og uidentifiserte. De øvrige artene som ikke inngår i pollensummen er inndelt i gruppene vannplanter, sporer, alger og dinoflagellatcyster.

#### RELATIVT POLLENDIAGRAM - PROSENTDIAGRAM

Dette angir mengden av hvert taxum i prosent av den totale pollensummen. Det vil si at en til en hver tid kan studere forholdet mellom plantenes pollenrepresentasjon kvantitativt. En generell økning i pollenproduksjonen vil derimot ikke kunne registreres ut av diagrammet.

Prosentverdiene beregnes på grunnlag av total pollensum av trær, busker dvergbusker og urter. Vannplantepollen eller sporer tas ikke med. Prosentdiagrammet er godt egnet for områder med få trær, som Vest-Norge i Sein-Weichsel (Fægri & Iversen 1975).

#### KONSENTRASJONSDIAGRAM

Dette viser hvert taxum fremstilt i antall talte korn. Hvert taxum fremstår derfor uavhengig av de andre og den enkelte kurve gir et bilde av det enkelte taxums utbredelse i tid. Dette diagrammet er nyttig for vurderingen av artene enkeltvis da det gir et eksakt bilde av pollenkonsentrasjonen hos hver av disse. Det er derimot ikke så godt egnet som prosentdiagrammet til å vurdere det totale vegetasjonsbildet ved et gitt spektrum, da de artene som har størst pollenproduksjon vil få en dominerende plass i diagrammet.

Antall pollen-korn ( $\text{korn}/\text{cm}^3$ ) av en art, for et hvert spektrum, kan leses ut av konsentrasjonsdiagrammet. Verdien fremkommer ved å opphøye kurveverdien med eksponenten som er angitt over kurven (ved taxumnavnet). Eksponenten er forskjellig for de ulike taxa, for at kurvene skal kunne samsvare i størrelse.

#### ABSOLUTT POLLENDIAGRAM - INFLUKSDIAGRAM

Her er pollenkonsentrasjonen fremstilt som antall pollen pr. flateenhet ( $\text{cm}^2$ ) pr. år. Denne benevnelsen kalles polleninfluks.

Hver pollenkilde registreres da individuelt. Store endringer i opptredenen hos en art vil således ikke innvirke på de andres utbredelse i diagrammet.

Den vanligste metoden for å beregne polleninfluksen er tilsetning av et kjent antall korn som telles sammen med mikrofossilene. Det ble derfor tilsatt Lycopodium-sporer ved prepareringen.

For at det statistiske grunnlaget skal bli ideelt, bør det tilstrebes å tilsette et antall Lycopodium-sporer som ikke avviker for meget fra pollenantallet. Det ble etter en del erfaring derfor tilsatt 3 tabletter (ialt 34.000 korn) med Lycopodium, til hvert preparat, slik at Lycopodium-summen kom i samsvar med pollensummen.

Ved bruk av et konstant volum materiale til hvert preparat kan polleninnfluksen beregnes ut fra formelen:

$$\text{pollenkons.} = ( \Sigma \text{pollen} * \underline{\text{Lyc.}} \text{tilsatt} ) / ( \Sigma \underline{\text{Lyc.}} * \text{sedimentvolum} )$$

Pollenkonsentrasjonen benevnes pollen / cm<sup>3</sup>

$\Sigma$  = talt sum

Lyc.tilsatt er her konstant lik 34.000 sporer,

mens sedimentvolumet her er konstant lik 1 cm<sup>3</sup>.

Polleninfluksen beregnes ved å multiplisere pollenkonsentrasjonen med sedimentasjonshastigheten i den aktuelle perioden. Sedimentasjonshastigheten kan beregnes på grunnlag av de dateringene som foreligger fra borekjernen. Dette innebærer at den beregnede polleninfluksen blir uttrykt som en middelvei for de tidsintervallene som ligger mellom de daterte spektrene.

Antallet pollen-korn (korn/cm<sup>3</sup>) kan leses ut av diagrammet og beregnes som nevnt under "konsentrasjonsdiagram".

#### INDELING AV DIAGRAMMET

Hoveddiagrammet (prosentdiagrammet) omfatter kurver for samlegruppene trær, busker, dvergbusker, urter, vannplanter og varia., samt prosentkurver for alle taxa som er registrert ved mikrofossilanalysen.

Glødetapskurven samt lito -og kronostratigrafi, sedimentkodertyper, lag , miljø og dateringer er av praktiske grunner ikke tatt med i hoveddiagrammet. Heller ikke konsentrasjonsdiagram eller influksdiagram er tatt med her. Disse foreligger i egne diagrammer som har samme målestokk som pollendiagrammet og dermed lett kan leses mot dette.

Totaldiagrammet angir forholdet mellom de fem gruppene trær, busker, dvergbusker, urter og vannplanter.

I gruppen trær inngår Betula, Pinus, Ulmus, Quercus, Alnus, Corylus, og Populus. Da der ikke er foretatt Betula-analyse, omfatter Betula her både B. pubescens, B. verucosa og B. nana. I samlegruppen er Betula plassert under "trær".

I "busker" inngår Juniperus, Salix og Myricia. Salix kan og være representert med S. herbaceae som er en dvergbusk. De samles her i gruppen "busker".

Dvergbusker (lyng) innbefatter Ericales samt slektene Empetrum, og Calluna som skilles ut fra denne familien.

Diagrammet omfatter Poaceae, Cyperaceae samt et tredvetalls andre urter.

I gruppen vannplanter inngår Myriophyllum alterniflora, M. spicatum, Potamogeton sect. Eupotamogeton, P. sect. Collegeton, Sparganium og Nymphaeae. Denne gruppen regnes ikke inn i pollensummen som de andre gruppene.

Foruten de overnevnte gruppene som inngår i totaldiagrammet, omfatter hoveddiagrammet også mikrofossiler gruppert som sporer, grønnauger og dinoflagelater.

Gruppen sporer omfatter Polypodium vulgare, Polypodiaceae, Lycopodium selago, Ruppia og Sphagnum.

Blant grønnauger inngår Pediastrum samt artene P. integrum, P. tetras og P. borvanum og dessuten Scenedesmus.



Gruppen dinoflagelater omfatter cyster av de tre artene Spiniferites, Lingulodinium machaerophorum, og Operculodinium centrocarpa. Disse er samlet i diagrammet under Hystrix.

#### BIOSTRATIGRAFISK SONERING

Diagrammene er stratigrafisk inndelt i pollensoner som defineres etter endringer i vegetasjonsbildet. Denne inndelingsmetoden kalles assemblage-inndeling. Det er her snakk om lokalpollensoner som dermed ikke kan korreleres til pollensoner fra andre lokaliteter. Biostratigrafisk sonering kan og inndeles etter intervaller (Mangerud et al. 1974, Hedberg 1976). Hvert intervall avgrenses av en sentral oppgang, f.eks. Empetrum - Betula, Betula - Pinus og Pinus - Corylus - intervaller. En slik inndeling er ikke valgt her. Dette fordi den førstnevnte metoden gir en bedre oversikt over trekkene i vegetasjonsutviklingen. Diagrammene fra Randøy viser heller ikke mange nok utpregete oppganger til at en intervallinndeling vil være hensiktsmessig.

Der foreligger ingen intervallsonering fra andre samtidige undersøkelser i landsdelen som det ville være naturlig å korrelere seg til.

Sonegrensene trekkes mellom to spektre, og sonene navngis etter fremtredende taxa.

Sonegrensene er trukket etter kurvenes foreløp. De danner ikke basis for korrelasjon til andre diagrammer, da de kun representerer utviklingen i den lokale biotopen der undersøkelsen er gjort.

Pollensonerne korreleres heller ikke til den litostratigrafiske soneringen (Fægri & Iversen 1975).

### SENTRALE GRUPPER

#### LISTE OVER VANLIGE LATINSKE PLANTENAVN

Trær	<u>Pinus</u>	furu
	<u>Betula pubesceus</u>	vanlig bjørk
	<u>B. verucosa</u>	hengebjørk
	<u>Ulmus</u>	alm

	<u>Corylus</u>	hassel
	<u>Populus</u>	osp
	<u>Quercus</u>	eik
	<u>Alnus</u>	or
<hr/>		
Busker	<u>Juniperus</u>	einer
	<u>Salix</u>	div. vierarter, selje m.m.
	<u>Myricia</u>	pors
	<u>Betula nana</u>	dvergbjørk
<hr/>		
Dvergbusker	Ericales	lyngfamilien
	<u>Calluna vulgaris</u>	røsslyng
	<u>Vaccinium myrtilus</u>	blåbær
	<u>Empetrum</u>	kreking (krekebær)
	<u>Salix herbaceae</u>	musøre
	<u>S. polaris</u>	polarvier
<hr/>		
Urter	Poaceae	gressfamilien
	Cyperaceae	starr/halvgressfamilien
	<u>Rumex</u>	syrer
	<u>Oxyria</u>	fjellsyre
	<u>Artemisia</u>	burot
	<u>Sedum</u>	bergknapp
	<u>Dryas octopetala</u>	reinrose
	Caryophyllaceae	nellikfamilien
	<u>Diantus T.</u>	engnellik type
	<u>Lychnis T.</u>	hanekam type
	Chenopodiaceae	meldefamilien
	Apiaceae	skjerimplantefamilien
	<u>Filipendula</u>	mjødurt
	Campanulaceae	klokkefamilien (blåklokke)
	<u>Plantago maritima</u>	strandkjempe
	<u>Urtica</u>	nesle (brennesle)
	Rosaceae	rosefamilien
	<u>Polygonum aviculare</u>	tungras
	<u>P. bistorta</u>	ormrot
	<u>P. viviparum</u>	harerug

Vannplanter	<u>Myriophyllum spicatum</u>	akstusenblad
	<u>M. alterniflora</u>	tusenblad
	<u>Potamogeton</u>	tjønnaks
	<u>Sparganium</u>	piggknopp
	<u>Nymphaea</u>	vannlilje/nøkkerose
<hr/>		
Karsporeplanter	<u>Polypodium vulgare</u>	sisselrot
	<u>Lycopodium selago</u>	lusegras
	<u>Sphagnum</u>	torvmose

#### BETULACEAE

Betula nana, B. pubescens og B. verrucosa (dvergbjørk, vanlig bjørk og hengebjørk), kan adskilles ved pollenanalyse. Forskjellene mellom disse er imidlertid meget små. De skilles bl.a. ved måling av forholdet mellom korndiameteren og poredybden (Birks 1968). Hybridisering er ikke uvanlig blant disse artene, og dette kompliserer Betula-analysen. Metoden er meget tidkrevende. Det ble derfor ikke funnet grunn til å bestemme Betula-pollen til art, da de i denne sammenhengen er gode indikatorer også som samlet gruppe.

#### SALICACEAE

Salix glauca type, S. polaris, S. herbacea og S. pentandra kan skilles etter bestemmelsesnøkkel; Fægri & Iversen (1975).

Jeg har ikke funnet det nødvendig å adskille disse i denne undersøkelsen, da det er tildels tidkrevende og da det fossile pollenmaterialet ofte har skadete korn hvor de signifikante egenskapene ikke alltid kan identifiseres.

#### ROSACEAE

I denne familien er der skilt ut Filipendula, Potentilla type (Potentilla & Comarum) samt Dryas octopetala. De øvrige taxa i familien er samlet i gruppen Rosaceae. Bestemmelsesnøkkel Eide (1980) er benyttet.

POLYGONACEAE

Artene Polygonum aviculare, P. bistorta og P. viviparum er adskilt i diagrammet. Rumex og Oxyria er slått sammen og benevnes Rumex/Oxyria, da disse kan være vanskelig å skille.

POLYPODIACEAE

Kun en art Polypodium vulgare er skilt ut, mens de øvrige er samlet under familienavnet i diagrammet.

PEDIASTRUM

Jeg har skilt ut artene Pediastrum integrum, P. borvanum og P. tetras. Øvrige taxa er gruppert under Pediastrum spp.

ERICALES

Av denne ordenen er der adskilt to slekter Caluna og Empetrum. De øvrige er plassert i gruppen Ericales.

LYCOPODIACEAE

Lycopodium har en særdeles høy sporeproduksjon, men sporespredningen er ikke så effektiv. De gjør seg derfor lite gjeldende i pollenanalytisk sammenheng. L. selago er adskilt i analysen etter bestemelsesnøkkel Moe (1974). L. clavatum er tilsatt preparatene (se avsnittet "Absolutt pollendiagram"). Alle Lycopodium clavatum-sporer er registrert som eksotiske sporer (tilsatt). Naturlig forekommende L. clavatum opptrer forøvrig i så lave kvanta (hvis de i det hele tatt opptrer), at feilen i beregningsgrunnlaget ved kalkulering av pollentetthet blir marginal, dersom fossile og tilsatte sporer blandes.



## BESKRIVELSE AV POLLENDIAGRAMMENE OG POLLENSONENE

### LAUHILDRANE 49

#### L-1 430 - 396 cm - SALIX - CYPERACEAE - POACEAE

Sonen er preget av en blanding av primærvegetasjon og mer arter som edelløvtrær. De "varmekrevende" artene (Corylus, Quercus, Ulmus, Alnus, Pinus og Populus) har ikke vokst her umiddelbart etter deglasiasjonen (Paus 1982a).

Pollenprosentene er for store til at de kan forklares som fjerntransport, så det er åpenbart snakk om resedimentert pollen. Det er ikke uvanlig å finne pollen fra edelløvtrær i de underste sedimentlagene. (Paus 1982a, Krzywinski & Stabell 1984).

Dette har vært lagret i avsetninger fra siste mellomistid (eller tidligere) for så å ha blitt transportert ut i nye avsetninger etter deglasiasjonen.

Blant primærvegetasjonen opptrer Cyperaceae og Poaceae med h.h.v. 20-30 og 15-20 %. Cyperaceae når en topp på 50 %.

Salix ligger også på 20-30 % og den har topper på 60 % like før og etter Cyperaceae-toppen.

Betula, Juniperus, Empetrum og Filipendula opptrer jevnt med 5-10 % hver, gjennom hele sonen.

Rumex / Oxyria, Artemisia, Chenopodiaceae og Asteraceae sect. cich. opptrer spredt i enkelte spektre, mens Hypericum og Plantago maritima opptrer i et spekter.

#### L-2 396 - 303 cm - EMPETRUM - SONE

Sonen innledes av en kraftig Empetrum-oppgang fra 0 til 30-40 %. Empetrum dominerer hele sonen med andeler på 20-40 % og med topper på opp til 60 %. De andre taxa som har stor utbredelse opptrer i ulike perioder, slik at det har vært nødvendig med en inndeling i undergrupper;

L-2-A 396 - 354 cm - EMPETRUM - BETULA - UNDERSONE

Betula har også en økning ved begynnelsen av L-2 opp til 10-20 %, som den ligger på gjennom undersonen. Salix begynner sonen med 25 %, men faller hurtig ned på 5 % og opptrer med en andel på 5-10 %, gjennom hele sonen. I begynnelsen av sonen har Poaceae en topp på 20 %, men den ligger jevnt på 5-10 % gjennom sonen forøvrig.

Cyperaceae-kurven er meget svingende gjennom pollensonen. Den veksler mellom bunnverdier på 3-5 % og toppverdier på 20-40 %.

Pinus har en liten topp på 15 % nederst i undersonen. Den opptrer forøvrig i de fleste spektra og andelen ligger mellom 2 og 10 %.

Juniperus og Calluna har jevne verdier på 4-8 % gjennom undersonen.

Myricia har en beskjeden opptreden gjennom tre spektre i slutten av undersonen. Ericales, Rumex / Oxyria, Artemisia, Sedum, Chenopodiaceae og Filipendula opptrer regelmessig gjennom hele pollensonen, med verdier fra 0 til 8 %.

Potentilla type, Rubiaceae, Mellanpyrum, Heliantemum, Saxifraga, Dryas octopetala, Thalictrum, Apiaceae, Campanulaceae, Plantago maritima, Asteraceae og Urtica opptrer spredt i få spektre og med lav andel.

L-2-B 354 - 303 cm - EMPETRUM - PINUS - UNDERSONE

Undersonen innledes av en nedgang i Betula-utbredelsen parallelt med en oppgang for Pinus. Pinus-kurven er varierende; den øker først til en topp på 25 %, så avtar den til 12 % og øker så jevnt opp til 40 % som den holder 3-4 spektre før den avtar ned til 10 % øverst ved sonegrensen. Betula ligger jevnt på under 10 % med en topp på 0 % midt i undersonen. Salix har noe lavere verdier i denne undergruppen enn i den forrige. Juniperus og Salix er også jevne her, men de har et par mindre topper på opp til 15 %. Salix har her noe lavere verdier. Caryophyllaceae opptrer spredt med lave verdier. For de øvrige taxa er beskrivelsen som nevnt under L-2-A.

L-3 303 - 266 cm - BETULA - POLLENSONE

Sonen innledes av en Betula-oppgang som følger en Pinus-nedgang. Da øverste delen av denne sonen preges av innvandring av pollen fra edelløvtrær, deles sonen inn i to undersoner;

L-3-A 303 - 280 cm - BETULA - EMPETRUM - UNDERSONE

Empetrum øker først i sonen til 35 % hvorpå verdien går ned til 12 % ved overgangen til L-3-B. Cyperaceae har en topp på 25 % i begynnelsen av undersonen, før den går ned til 12 %. Poaceae har jevne verdier mellom 5 og 10 % gjennom hele L-3.

Juniperus har en topp på 15 % i begynnelsen av sonen, for så å avta til under 5 % for resten av L-3.

Ulmus, Quercus, Alnus, Corylus og Populus kommer inn midt i undersonen med lave verdier (2-4 %). Verdiene tyder på at trærne neppe vokste i området. De mange tresortene som kommer omtrent samtidig indikerer derimot at trærne sannsynligvis ikke har vært så langt borte, da pollenflukten er regelmessig.

Salix, Calluna, Ericales, Rumex / Oxyria og Filipendula har jevn men lav utbredelse gjennom det meste av pollensonen (2-8 %).

Mellanpyrum, Artemisia, Sedum, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Asteraceae sect. aster., Urtica og Onosis opptre spredt gjennom pollensonen i små kvanta.

L-3-B 280 - 266 cm - BETULA - CORYLUS - UNDERSONE

Betula har en relativt lav verdi ved undersonegrensen (20 %), men øker opp til omkring 40 % hvor den ligger i de tre øverste spektra.

Pinus øker opp til en topp på 30 % for å avta noe i det øverste spektrumet.

Empetrum øker til 28 % for så å avta ned til under 10 % i de øverste to spektra.

Corylus øker til 6-8 % hvor den ligger jevnt de tre øverste spektra. Det kan bety at den vokser i området eller i nærheten. Også Alnus har høye verdier (opp til 10 %), den avtar noe i det øverste spektrumet. Ulmus og Quercus opptre fortsatt med lave verdier, mens Populus har jevn utbredelse fra 60-IX-3 og oppover.

Om Corylus vokser i området, har den i denne perioden meget lav utbredelse, da oppgangen i Corylus-kurven ikke har medført nedgang i Betula-kurven. Betula er fortsatt den dominerende pollenprodusenten og den møter åpenbart ingen konkurranse fra edelløvtrærne i den perioden som her er undersøkt. Utbredelsen til de øvrige taxa er som i L-3-B.

## LIARMARKA 32

POLLENDIAGRAMMET

Polleninfluksen i Liarmarka-bassengene var særdeles lav. Pollenanalysen fra Liarmarka 32 har av den grunn ikke resultert i detaljerte pollendiagrammer. De fleste spektrene som er analysert er til tross for omfattende undersøkelser, kun representert med noen få pollenkorner (omlag 1 pollenkorner pr. 400 Lycopodium).

Pollendiagrammet herfra er derfor alt for mangelfullt til at det gir grunnlag for pollenonering eller tolking.

Det tas likevel med for å illustrere hvilke arter som er observert i området. De som er registrert hører til dem som også opptrer i høye konsentrasjoner ved Lauhildrane 49; Cyperaceae, Salix, Betula, Poaceae og Empetrum.

I den øverste delen av diagrammet øker pollensummene til omkring 100 korn pr. spektrum. Her ser vi også intreden av edeløvtrær (Corylus). Denne perioden er også karakteristisk ved relativt stor økning i polleninfluksens ved andre lokaliteter (Randøy, Yrkje (Braaten & Hermansene 1985)).



## KAPITTEL 7 TOLKING AV POLLENDIAGRAMMENE

Hovedvekten av tolkingen er basert på materialet fra Lauhildrane 49. Tolkingen er basert på prosent-, konsentrasjons- og influksdiagrammer. Ved sammenlikning av de ulike taxas utbredelse i en gitt periode, er det primært prosentdiagrammet som er benyttet. De andre diagrammene er nyttige for å vurdere en gitt arts utbredelse i tid.

For å fremstille influksdiagrammet er det nødvendig å kjenne kronostratigrafien for lagserien. Denne er primært basert på  $^{14}\text{C}$ -dateringer. For den øverste sonen (60 - 73-IX-3) er imidlertid kronostratigrafien basert på pollenstratigrafien. Denne delen av influksdiagrammet er derfor ikke representert i influksdiagrammet, da det ville ha blitt en ringslutning.

Pollensummene er her relativt høye og konsentrasjonsdiagrammet og prosentdiagrammet har gitt tilstrekkelig grunnlag for tolkingen.

Vegetasjonshistorien som her er kartlagt er basert på den terrestriske og den limniske floraen hvor det er lagt vekt på klimatiske, edafiske og konkurransemessige forhold.

Figur 5.2 Lauhildrane 49 - pollendiagram (prosentdiagram) er konstruert på bakgrunn av materialet fra kjerne X (russerborekjerne). Figur 5.3 Lauhildrane 49 - pollendiagram, er konstruert etter materialet fra kjerne IX (110 mm-kjerne).

Fig. 5.4 og 5.5 konsentrasjons- og influksdiagrammer er basert på materialet fra kjerne IX.

Diagrammene tolkes sonevis nedenfra og oppover.

### KORRELASJON AV DIAGRAMMENE FRA LAUHILDRANE

Ved diatomeundersøkelser av bunnspektrene i kjerne IX, registrerte Cato Erichsen at diatomefloraen ikke var helt typisk for den man normalt finner umiddelbart etter deglasiasjon (se forøvrig kap. 5).

Dette ga bl.a. grunnlag for å gjøre nye feltundersøkelser med henblikk på å nå dypere ned i bassenget.

Kjerne X ble følgelig tatt året etter den første feltsesongen. Denne kjernen går 20 cm lenger ned enn den første. Ved sammenlikning av glødetapskurvene og pollendiagrammene fra de to kjernene, ser det ut til at den dypeste kjernen kan ha nådd noe lenger tilbake i tid (se figur 4.9).

Pollensummene er ganske lave i de nederste spektrene fra de to kjernene (147-300). Dette gir seg utslag i noe ulik artssammensetning i kjernene.

Når det gjelder edelløvtrær er kjerne IX representert med Quercus, Corylys og Populus, mens kjerne X har Ulmus, Alnus og Quercus i de to nederste spektrene. Begge vitner altså om resedimentasjon, og at vi befinner oss i bunnen av bassenget.

Ved sammenlikning av Pinus-, Juniperus-, Salix- og Poaceae-kurvene, i kjerne IX og X, ser en flere indisier på at kjerne X har nådd ned i eldre sedimenter enn kjerne IX. Pinus-kurven har en topp på 12 % i nederste spektrum mens den ligger jevnt på 2 % i spektrene over i kjerne X. Denne toppen er ikke registrert i kjerne IX der Pinus har jevn utbredelse på 2 %.

Juniperus, Salix og Poaceae har alle en markert nedgang fra relativt høye verdier i spektrum 13-X-3, 26 cm over bunnen av kjerne X.

Den samme markerte nedgangen er registrert i kjerne IX, men her ligger den 6 cm over bunnen av kjernen.

Cyperaceae er representert med en kraftig nedgang fra 40 % til 10 %, 8 cm over bunnen av kjerne IX. Denne nedgangen er ikke registrert i de nederste 26 cm av kjerne X som er pollenanalysert. Den ligger her jevnt på 30 %. Når denne utpregete nedgangen ikke registreres i den nederste kjernen (X) taler dette for at den delen av kjerne X som er analysert utelukkende stammer fra materiale som er eldre enn denne Cyperaceae-nedgangen.

Etter opptredenen til de sentrale taxa som er beskrevet over, vil jeg korrelere de to kjernene til å ha en overlapping der kjerne X når omlag 20 cm lenger ned i eldre materiale enn kjerne IX.

L-1 SALIX - CYPERACEAE - POACEAE - POLLENSONE

Denne nederste pollensonen preges av en gruppe med typiske pionerarter (Cyperaceae, Poaceae, Rumex, Campanulaceae, Chenopodiaceae og Salix), og en gruppe med planteslag som er mer kravstore m.h.p. temperatur og jordsmonn (bl.a. trær). Den siste gruppen representerer, som nevnt i kap. 6, ikke planter som har vokst i området under avsetning av pollenmaterialet.

Dette pollenmaterialet kan teoretisk ha blitt tilført ved resedimentasjon eller ved fjernflukt. Den siste muligheten antas å ha hatt liten betydning som kilde for pollentilgangen, da pollentransporten i så fall må ha krysset Nordsjøen.

Pollenandelene fra disse artene er imidlertid så store at de neppe kan representere en slik tilfeldig flukt.

De "varmekrevende" artene som opptrer i bunnen av kjernen (bl.a. Pinus, Corylus, Ulmus, Alnus og Populus), antas derfor å være interglasiale planter viss pollen er resedimentert etter deglasiasjonen.

Plantesamfunnet i nylig deglasierte områder er gjerne typiske snøleie-samfunn. Artene som vokser her, er ofte arter som i den resente flora regnes som fjellplanter. I sennglasial tid levde de ofte ned til strandsonen. Disse er lyskrevende, næringskrevende og ofte kalkkrevende. De tåler hardt klima og lange vintre og de vokser på mineraljord, men de er lite konkurransedyktige når grunnlaget for mer krevende arter etableres.

Grunnmaterialet som pionerartene vokser på er mineraljord utviklet på bunnmorene eller andre avsetninger. Dette materialet kan gjerne være kalkrikt, selv om den lokale berggrunnen ikke har kalkholdige bergarter, da materialet ofte er langtransportert med is. Etterhvert som humusjord utvikles vil kalken løses og vaskes ut. Dersom der ikke er kalkholdige kildebergarter vil vegetasjonen da endres mot arter som lever i surere miljø.

En del arter av dvergbusker, busker og trær vokser normalt i humusjord men kan og godt leve rett på morenejord (Betula, Empetrum, Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea, Calluna og Myrica) (Vetås 1986:89). Flere av disse lever symbiotisk med mychorizzasopp som bidrar til lettere opp-

løsning av nødvendige mineraler (Fægri 1970). Disse artene vil gjennom tiden selv bidra til å produsere humusjord som de trives bedre i. De lever med andre ord i en autonom prosess der deres egen utbredelse stadig optimeres.

Den motsatte skjebne opplever de mer nøysommelige pionerartene som utelukkende lever på mineraljord. Disse bidrar også til dannelse av humusjord mens de samtidig ødelegger sine egne levevilkår.

Salix som er godt representert i området, konkurreres fort ut av trær. Dens tilstedeværelse vitner om at trepollenet neppe representerer trær som har vokst i området. Pinus er derfor i likhet med de overnevnte treslag resedimentert eller eventuelt transportert ved fjernflukt (luftsekkene gjør den spesielt egnet til lang transport og den er her representert med lave verdier). Betula er derfor her høyst sannsynlig representert med B. nana, spesielt også da dvergbjørken også kan opptre som en snøleieart.

Salix er her trolig representert med Salix herbacea (fjellmo, musøre), som lever i ekstreme snøleiesamfunn og gjerne på kalkfattig grunn. Den kan ha stor utbredelse og ligge som lange tette tepper, og således oppta en dominerende plass i vegetasjonsbildet, under skrinne forhold. Salix kan og være representert med Salix polaris (polarvier), som også lever i strøk med lange snøvintre, men som vokser på mer kalkrik grunn.

Empetrum har generelt lave verdier i L-1. Den er ikke observert i alle spektra. Etter konsentrasjonsdiagrammet er utbredelsen marginal frem til overgangen til L-2. Utbredelsen er størst i det nederste spektrumet (9 % i 1-X-3), før utbredelsen avtar gjennom et par spektre for så å øke noe igjen. Empetrum vokser som regel i humusjord, men den kan og stå rett på morenejord. Det antas at den høye verdien i nederste spektrumet skyldes resedimentasjon, før en liten naturlig populasjon etableres på mineraljorden i denne pollensonen. Også Calluna kan vokse på mineraljord, og denne er representert i et par spektre i midtre og øvre del av sonen. Dennes utbredelse må ha vært relativt beskjeden her da den ikke har kontinuerlig utbredelse i spektrene og da summene er lave.

En del av pionerartene som her er registrert kan trives godt i fuktig miljø. Det være seg Salix, Filipendula, Rumex, Artemisia, Sedum, Dryas octopetala, Cyperaceae, Plantago maritima og Urtica. De to siste er typiske strandarter og krever nitrogenholdige voksesteder.

Pionerfloraen her har også en del planter som krever tørrere miljø, som Empetrum, Juniperus og Lychnis t. Områdene sør og øst for bassenget er preget av bare knauser med rask avrenning, som gir vekstvilkår for en del tørrere arter.

Juniperus ser ut til å ha etablert seg ganske permanent ved de knausete partiene av bassengsiden i sørvest. Den har en jevn utbredelse gjennom det meste av diagrammet, (etter konsentrasjonsdiagrammet har den et par topper i L-2 som kommenteres lenger bak).

Rumex / Oxyria har noe spredt opptreden i begynnelsen av pollensonen, men utbredelsen øker opp til et maksimum på 12 % øverst i sonen. Gruppen omfatter flere slekter med ulik økologi. Denne kan her være representert med Oxyria digyna (fjellsyre), en typisk snøleieart som er næringskrevende og som foretrekker god tilgang på smeltevann (Nordhagen 1943, Rønning 1972).

Rumex acetosella (småsyre) vokser på knauser eller i utrasningsjord i fjellet. Den trives imidlertid ikke i snørike områder (Iversen 1954). Hvorvidt Rumex her er representert med en eller flere arter er umulig å si noe om, men i mer detaljerte undersøkelser som er foretatt i nærliggende områder (Paus 1982) har Oxyria digyna en klar dominans. Ut fra dennes økologi er det stor sannsynlighet for at denne spiller en vesentlig rolle også i dette området.

Poaceae har høye verdier i den nederste del av pollensonen (10-30 %), mens den varierer mer mellom høye og lave verdier i øverste delen (4-30 %). Denne gruppen kan være representert med en rekke arter med ulik økologi. En del arter trives godt i snøleiesamfunn. Poacea har i likhet med Cyperaceae en markant nedgang i 1-IX-3 og 5-IX-3 som skyldes en tilsvarende økning for Salix. Salix er muligens her etablert med buskvegetasjon som vinner terreng fra gressartene.

Etter at en eventuel buskvegetasjon er etablert avtar Salix igjen i et par spektre før den tar seg opp igjen. I denne perioden er det dels



Poaceae men først og fremst Cyperaceae som tar seg opp igjen.

En annen busk Myrica opptrer i 3-IX-3, mens Salix har avtagende verdier. Myrica vokser ofte i fuktig miljø, gjerne på myr. Den opptrer i et spekter der Cyperaceae, Poaceae, Juniperus, Filipendula og Rubiaceae har oppgang, mens Betula og Salix har nedgang.

Da denne endringen i utbredelse registreres i to nærliggende spektre, og da den omfatter en rekke sentrale arter / grupper, er det naturlig å anta at det dreier seg om en miljøforandring til et fuktigere miljø. Det kan bl.a. være snakk om varmere og kortere vintre gjennom en tid. Ut fra sedimentasjonshastigheten kan det være snakk om en periode på 70-100 år, et tidsrom som er tilstrekkelig for omfattende endringer i vegetasjonsbildet.

En kan likevel ikke se bort fra lokale endringer i miljøet som har forårsaket en mer fuktigkrevende vegetasjon. Det kan f.eks. skyldes endring i et elveløp, oppdemming av en elv eller en brerest som har hatt økt avrenning under sin nedsmelting.

Filipendula har noe spredt opptreden i L-1. Den vokser i fuktig lys-åpent miljø i mineraljord og ofte i strandeng. Den krever også godt tilsig av ferskt vann. Den opptrer kontinuerlig i den første delen av pollensonen, mens den i den siste delen kun opptrer i den overnevnte fuktige perioden.

Urtica er representert i toppen av L-1. Denne etablerer her en stabil opptreden, da den også er å finne i første del av den etterfølgende pollensonen. Urtica er nitrofil. Den vokser i næringsrik jord, ofte i fuktig miljø. Den er ofte å finne i strandsonen, der nitrogentilgangen er god (Johansson & Staav 1976).

Chenopodiaceae er også nitrofil (Johnson et al. 1976) og denne gruppen er registrert i fire spektre øverst i sonen. Også denne etablerer en stabil opptreden, og den vedvarer gjennom neste pollensone.

Campanula er representert i 2-IX-3. Det er imidlertid vanskelig å lese noe om miljøet ut fra dennes opptreden da den er ganske kosmopolitisk.

Blant de registrerte karsporeplantene er kun Lycopodium selago funnet i L-1. Den er talt i den øvre delen av sonen hvor den har en jevn

utbredelse.

Blant vannplantene har Sparganium størst utbredelse. Denne er representert med forholdsvis høye verdier (5-12 %) fra det nederste spektrumet og gjennom hele sonen. Sparganium er flerårig og ikke spesielt kravstor. Når den er etablert i område vil den lett kunne befeste sin stilling og unngå utkonkurrering fra andre vannplanter.

Også Potamogeton er godt representert i denne pollensonen. Den kommer imidlertid seinere inn; P. sect. Eupotamogeton kommer inn i 3-X-3 mens P. sect. Collegeton kommer inn i 1-IX-3.

P. sect. Collegeton omfatter P. pectinatus og P. filiformis.

P. pectinatus lever i innsjøer, tjern, myrer, bekker og elver. Den lever ofte i kalkholdig vann og den vokser på humus- slam- eller sandbunn, på 20-300 cm dyp. P. pectinatus har stor økologisk amplitude fra næringsfattig kalkoligotrof til polytrof eller grumset vann. Den lever og i brakt vann (Pascher, 1980:130).

P. filiformis er oligotrof, mest kalkoligitrof. Den vokser på humus- torv- eller sandbunn. Den lever i klart vann og den kan også leve i brakkvann. (Pascher, 1980:131)

P. sect. Eupotamogeton omfatter de øvrige Potamogeton-artene. Pascher (1980) beskriver 20 arter innen denne gruppen som lever i Norge. Man kan vanskelig tenke seg at alle disse har levd i det her omtalte området. Men da det er vanskelig å artsbestemme disse er det og vanskelig å si hvilke av disse som er representert i prøvematerialet. Da artene i gruppen Eupotamogeton stiller en rekke ulike økologiske krav, betyr det her at Eupotamogeton som samlegruppe må betraktes som relativt kosmopolitisk.

Myriophyllum alterniflorum kommer inn første gang i slutten av sonen (spektrum 5-IX-3).

Blant Chlorophyta (grønnalgene) er Scenedesmus og Pediastrum registrert stort sett gjennom hele sonen.

Scenedesmus har høy verdi (6 %) i nederste spektrum før den avtar og forsvinner helt i et par spektre og kommer tilbake i øverste del av sonen. Scenedesmus indikerer eutroft miljø. Og den er alkalofil, men lever og i nøytralt eller svakt surt miljø. Den lever normalt i

ferskt miljø, men kan og tåle svake saliniteter; den går inn i gruppen halofil - oligohalob (Tjemsland 1983:169).

Også Pediastrum har høye verdier i nederste spektrum, med avtagende verdier i spektrene over. De kommer inn med høye verdier igjen i øverste del av L-1.

Pediastrum boryanum har størst utbredelse under eutrofe miljøforhold. Den lever i alkalisk til nøytralt miljø og primært i ferskvann. Den kan og forekomme i store populasjoner ved saliniteter på 2,7 - 3 %. Den regnes som indifferert oligohalob.

Pediastrum integrum har færre egenskaper som lokaliserer den til et spesielt miljø. Den har større toleranse overfor salinitet (Thrams 1939). Vi ser at den også her har størst og lengst utbredelse i både denne og de overliggende pollensonen.

P.integrum kan muligens være en form av P. boryanum (Tjemsland 1983). Bigeard (1933:192) hevder at P.boryanum får en P.integrum form ved endring av det kjemiske miljøet.

Da det her kun er et mindre antall Chlorophyta-arter som er analysert, er det vanskelig å vurdere hvorvidt P. boryanum og P. integrum her er samme art som indikerer ulike kjemiske miljø. Men da de begge opptrer sammen i en del spektre taler det mot at et formskifte som det Bigeard (1933) beskriver her funnet sted her.

Pediastrum tetras har lave verdier (2-3 %) i de spektrene den opptrer (i nedre del og i øverste halvdel). Denne foretrekker miljø med lavt organisk innhold. Den har optimal ved svakt eutrofe forhold og lav organisk produktivitet. Den er indifferert og acidofil og den opptrer med avtagende verdier ved økende salinitet.

Der er også samlet en gruppe med Pediastrum-arter som ikke er bestemt til art. Denne samlegruppen har og høye verdier i de nederste spektra, før den avtar en del gjennom en tid for å øke mot et par topper (8 %) i øverste del av sonen.

Den lave organiske aktiviteten umiddelbart etter deglasiasjonen forklarer Chlorophytas oppblomstring i bunnen av kjernen. De avtar så noe etter som den organiske aktiviteten i bassenget øker. Enkelte er ikke registrert i en del spektre. Disse har sannsynligvis avtatt i utbredelse ettersom Hydrogenionkonsentrasjonen har avtatt.

At P. boryanum bare registreres i ett spektrum i den øvre halvdel av

pollensonen, må kunne tolkes som at miljøet er endret fra svakt alkalisk til svakt surt gjennom denne sonen. Dette kan forklares ved at den alkaliske påvirkningen fra moreneavsetningene begynner å tynnes ut, mens pH i større grad preges av de sure kildebergartene.

#### KONKLUSJONER. L-1 SALIX - CYPERACEAE - POACEAE - POLLENSONE

Som konklusjon etter diskusjonen omkring denne pollensonen kan følgende punkter listes opp:

- Svakt alkalisk miljø i begynnelsen av sonen
- Lav organisk aktivitet tidlig i sonen
- Vegetasjon preget av pionerarter som vokser på mineraljord
- Edelløvtrær og andre trær representert ved resedimentert pollen
- Overgang til svakt surt miljø mot slutten av sonen

#### L-2 EMPETRUM - POLLENSONE

Sonen innledes ved en markant økning for Empetrum, fra 0 til 30 %. Empetrum svinger deretter rundt 30 % gjennom hele sonen, med et par topper på opp til 60 %. Calluna og Ericales spp. følger også Empetrum-oppgangen og ligger jevnt på 3-8 % gjennom første del av L-2, og med noe mer spredt utbredelse gjennom andre del av sonen.

Parallelt med Empetrum-oppgangen går Salix-kurven ned fra 20 til 10 %, hvor den ligger jevnt men med noen mindre fluktuasjoner gjennom pollensonen. Salix har her åpenbart tapt terreng for Empetrum, der den spiller en beskjeden rolle i forhold til utbredelsen i L-1 med toppe på opp til 60 %.

Pinus har en vesentlig økning i L-2 og da spesielt i øverste del av sonen. Det antas at Pinus ikke vokste i området i Allerød eller Yngre Dryas kronosoner (Paus 1982a, 1988, Krzywinski & Stabell 1984).

Pollenmaterialet fra denne antas derfor å være tilført ved fjernflukt fra andre landsdeler. Pinus-kurven kan derfor for et gitt område betraktes som en maksimumsverdi for fjerntransport for treslag som ikke har vokst i landsdelen. Dette fordi Pinus normalt er det treslag med høyest fjerntransport.

Betula har også en vesentlig økning i L-2. Verdiene avtar noe i øverste del av sonen. I følge Betula-analyser fra nærliggende områder (Kårstø og Karmøy) (Paus 1982a, 1988), utgjør omlag halvparten av Betula-pollenet B. pubescens, mens det øvrige pollenmaterialet er B. nana. Dette til tross for at B. pubescens ikke har vokst i områdene i den omtalte perioden. B. pubescens har en langt høyere pollenproduksjon enn B. nana. Dens pollen spres også langt lettere enn B. nanas. Det må derfor kunne antas at omkring halvparten av bjørkepollenet som er talt i L-2 er B. pubescens, og at denne arten ikke har vokst i Hjelmeland i denne perioden. Denne delen av Betula-verdiene er derfor sannsynligvis avsatt etter fjernflukt.

Pollensonen L-2 er delt inn i to undersoner L-2-A og L-2-B, som hver er karakterisert ved h.h.v. høye Betula-verdier og høye Pinus-verdier, i tillegg til de høye Empetrum-verdiene som følger begge undersonene.

#### L-2-A EMPETRUM - BETULA - UNDERSONE

Undersonen er på bakgrunn av dateringene beregnet til å omfatte perioden 11.400 - 10.670 B.P. (se kapittel 8, dateringer).

Dersom dette er tilfelle betyr det at første halvdel av undersonen tilhører Allerød kronosone, mens andre halvdel tilhører Yngre Dryas. Det registreres ikke noen markerte endringer i utbredelsen hos noen spesiell art/gruppe som kan henvise til klimaforverringen i Y.D. En mer markert endring i pollensammensetningen finnes derimot i skillet mellom undersonene L-2-A og L-2-B.

Pinus har en topp på 12 % i begynnelsen av undersonen for så å stabilisere seg på omlag 3 % gjennom en tid. I spektrum 21-IX-3 er den ikke registrert, men i de øverste 3 spektrene i undersonen har den en verdi på omlag 8 %. Om denne økningen har sin årsak i klimaskiftet ved inngangen til Yngre Dryas, må den skyldes økt vindtransport langs isranden. Slike vinder som går utenfor de nedste områdene langs iskanten er et vanlig glasiaklimatisk fenomen.

Også Betula er registrert med en oppgang (fra 10 til 20 %) midt i undersonen. Denne begynner et par spektrere før Pinus har sin økning. I det siste spektrumet har Betula en topp på 25 %.

Grensen mellom Allerød og Yngre Dryas antas her å ligge ved spektrum



23-IX-3. Dersom sedimentasjonshastigheten har vært konstant i tidsrommet mellom dateringen ved 1-IX-3 (11.710 B.P.) og ved 28-IX-3 (10.670 B.P.), skal Allerød/Y.D.-grensen ligge ved 18-IX-3.

Det er derimot naturlig å anta at sedimentasjonshastigheten var større i Allerød enn i Yngre Dryas kronosone, da der var større organisk produksjon, høyere forvitring og jevnere vanntilgang i Allerød.

Dette ser vi og klare indisier på i influksdiagrammet, som viser klar nedgang hos en rekke sentrale arter (Betula, Juniperus, Salix, Empetrum, Poaceae og Cyperaceae).

Betula har en liten nedgang i begynnelsen av Yngre Dryas, før den når en topp igjen (20 %), for så å gå kraftig tilbake igjen over en tid i L-2-B. Betula har generelt høye verdier (10-20 %) gjennom L-2-A. Dette kan sannsynligvis forklares ved at Betula nana kommer inn i større omfang parallelt med at Salix reduseres betraktelig.

Salix i buskform (eks. S. glauca) kan ha måttet vike plass for B. nana utover i undersonen, idet voksestedet har blitt tørrere. Salix glauca lever på fuktig grunn som regel i og ved bekkeløp eller på myr. Dens markerte nedgang ved 13-IX-3 kan derfor tenkes forårsaket ved miljøforandringer som ut tørring/drenering av myrområder og/eller endring og samling av bekkeløp.

En kan heller ikke se bort fra muligheten av at Salix har vokst perifert i nedslagsfeltet og at dens pollenspredning til bassenget hindres av andre busker og dvergbusker som etableres i mer sentrale områder. Salix-nedgangen går parallelt med den markerte Empetrum-oppgangen. Hvis Salix primært har vært representert ved dvergbusker, som S. herbacea og S. polaris er det sannsynlig å anta at disse har møtt konkurranse av Ericales-vekster som finner seg bedre til rette i det økende humusjordsmonnet. Det er derfor grunn til å tro at endringen i jordsmonnet har medført permanent tilbakegang for Salix og for pollensonen forøvrig.

Juniperus opptrer jevnt med 3-6 % gjennom hele undersonen. Den ble etablert i området i L-1 og den vokste der sannsynligvis gjennom hele L-2 også.

Dvergbuskene holder som nevnt også jevn utbredelse gjennom L-2-A. Vaccinium sp. er ikke registrert i 21-IX-3, men ellers ligger denne og Calluna på 3-8 %.

Rumex opptrer med høye verdier i begynnelsen av L-2-A (10 %). Den faller så ned på 3-4 % hvor den ligger jevnt første del av undersonen for å opptre mer spredt og med lavere verdier den øvre del av L-2-A. Denne pionerarten vokser med andre ord i området gjennom hele pollensonen, men den lave opptreden kan tyde på at den lever i de mer perifer og knausete områder etter at humusjorden er dannet i større deler av området.

Poaceae veksler i utbredelse mellom 3 og 8 %. Den har imidlertid en topp på over 20 % i 13-IX-3, i det samme spektrumet som Salix har en kraftig nedgang. Poaceae-økningen kan ha kommet som en konsekvens av Salix-nedgangen m.h.p. pollenspredning. Den kan ha vokst i andre deler av området, men pollenspredningen til bassenget har fått større omfang ettersom Salix avtar i utbredelse. Inklusjonsdiagrammet viser også en markert oppgang for Poaceae og viser dermed at dette ikke bare er en relativ oppgang i forhold til andre arters nedgang. Det er uvisst hvilke arter Poaceae her er representert med, men det er ikke umulig at det her er snakk om gressarter som krever tørrere grunn. Disse passer i så fall godt inn med påstanden om miljøendring som kan forklares ved nedgangen av Salix.

Cyperaceae derimot har lave verdier under poaceas topp i 13-IX-3. Denne har derimot et par markerte topper sentralt i undersonen (på opp til 30 %). Cyperaceae-kurven er relativt svingende gjennom hele L-2. De laveste verdiene ligger på 3 %. Da de ulike artene innen Cyperaceae stiller meget ulike økologiske krav, kan en vanskelig lese noe om klima/miljøforholdene ut fra denne ujevne kurven.

Myrica opptrer med et par prosent i de tre øverste spektrene i undersonen. Denne vokser ofte på myr. Pollensummen er her for lav til at en kan anta at den har vokst ved basseng L-49. Men da den opptrer jevnt i tre sammenhengende spektre må en kunne anta at den har vokst i området. I så tilfelle indikerer den at der kan ha vært så stor organisk produksjon at der er dannet myrer over større arealer.

Urtica og Plantago maritima opptrer i enkelte spektre i første del av L-2-A. Urtica har dessuten opptreden i 25-IX-3 øverst i undersonen. Disse to er nitrofile og vokser gjerne i strandkanten. De opptrer her

med relativt høye verdier (h.h.v. 4 og 6 %).

Disse strandsoneartenes inntreden kan tyde på at strandlinjen ligger ganske tett opp til bassengterskelen. Pinus har en topp i 11-IX-3, like etter at Urtica etablerer seg her. Pinus-pollenet avsettes over store arealer på sjøoverflaten. Det kan avsettes og anrikes på stranden for så å bli blåst opp i bassenget.

Myriophyllum alterniflora registreres i begynnelsen av pollensonen. Den er ikke registrert i midten av undersonen, men den kommer inn med jevn opptreden og forholdsvis høye verdier i siste del av undersonen (fra 21-IX-3). Parallelt med dennes inntreden i øversete del av L-2-A, forsvinner Potamogeton sect. Eupotamogeton. Denne samlegruppen har arter med en rekke økologiske parametre, men ingen av artene lever i salint vann. M. alterniflora kan derimot leve i brakt miljø.

Det ser ut til at strandlinjen har ligget ved terskelen gjennom hele undersonen, og at sjøvann kan ha skyldt inn i bassenget allerede tidlig i sonen. Transgresjonen har i så tilfelle gått meget langsomt, og der har således vært en langvarig overgangssone til marint miljø. Brakkvannsonen som er registrert ved diatomeanalyse (se kap.5) er også relativt langvarig.

Det må derfor kunne antas at det lakustrine miljøet jevnlig har blitt utsatt for innskylling av saltvann fra spektrum 21. Saliniteten vil etter en innskylling avta noe ved elvetilførsel inn til neste innskylling. Saliniteten vil likevel prege vegetasjonen, dels ved at arter forsvinner og dels ved at andre opplever bedre næringstilgang.

Sporadisk innskylling av sjøvann, som det antas har funnet sted også tidlig i sonen, behøver ikke å ha påvirket saliniteten i bassenget nevneverdig, men sjøvannet vil kunne endre det elektrolyttiske miljøet i bassenget (Moe, pers.medd.).

Artemisia er representert i de fleste spektra i sonen med verdier på 2-4 %. Pionerartene er ikke borte fra området selv om mer kravstore arter har etablert seg. Forholdene ble da også gunstigere for de mer nøysommelige artene ettersom klimaforverringen i Y.D. gjorde seg gjeldende i siste del av L-2-A.

Filipendula er og representert i de fleste spektra. Denne har derimot lavere verdier i første halvdel av undersonen (1-2 %), mens den øker opp til 5-6 % i siste del av L-2-A. Det samme er tilfelle for Chenopodiaceae som har spredt opptreden i første del og kontinuerlig opptreden gjennom siste del. Det later til å være en endring i vegetasjonsbildet en gang midt i denne undersonen. En rekke av de typiske pionerartene viser en økning i sin opptreden i siste del av undersonen. Dette ser en også i kurven for Sedum som har vært registrert tidligere, men som kommer inn og har kontinuerlig opptreden gjennom siste halvdel av undersonen. En del andre pionerarter som Potentilla type, Rubiaceae, Mellampyrum, Saxifraga, Rosaceae, Thalictrum samt Helianthemum opptrer spredt i enkelte spektra i øverste del av undersonen. Deres lave pollenandeler har nok sin årsak i at disse generelt har lavere pollenproduksjon enn buskene og at de heller ikke har så god pollenspredning som de busker og dvergbusker som dominerer området. De overnevnte urtene vokser på mineraljord, noen på tørt og noen på fuktigere underlag.

Økningen i opptredenen hos de overnevnte pionerartene er klare tegn på en klimaforverring. Økningen faller her sammen med overgangen Allerød/Yngre Dryas, som er beregnet til dette spektrumet (23-IX-3) på bakgrunn av dateringene (se kap.8).

Asteraceae sect. cichorioidae, Apiaceae Campanulaceae samt Polygonium viviparum og P. aviculare har spredt opptreden gjennom undersonen. Enkelte opptrer kontinuerlig gjennom 3-4 spektra. Disse kan alle opp- tre under vekslende miljøforhold. De kan derfor ikke fortelle noe spesielt om miljøet i L-2-A.

Lycopodium selago er registrert i første del av undersonen, med verdi- er på opp til 5 %. Denne vokser i skog- og myrområder (Lid 1974). Dens utbredelse utover i sonen avtar trolig på grunn av konkurranse. Empetrum, Ericalesgruppen, og Juniperus har oppganger i spektra etter at Lycopodium selago er borte. Sporer fra Lycopodium selago registreres igjen i lavt antall i det øverste spektret i L-2-A.

Blant vannplantene har Sparganium størst utbredelse. Denne har jevn utbredelse gjennom første del av L-2-A på 2-4%. Den avtar ut mot midten av undersonen, og den er ikke registrert annet enn i det

øverste spektrumet i den øvre halvdel av undersonen.

Pediastrum integrum har kontinuerlig utbredelse med verdier på opp til 7 % gjennom første del av undersonen. Verdiene avtar med tiden og i øvre halvdel av L-2-A registreres den kun i det øverste spektrumet. Den samme opptreden og utbredelse har samlegruppen P. spp. P. boryanum og P. tetras har noe mer spredt opptreden, men også de opptrer primært i første del av undersonen samt i øverste spektrum i undersonen. Den mer spredte opptredenen til disse artene kan kanskje ha sin årsak i at miljøet i bassenget har blitt noe mindre eutroft.

Scenedesmus opptrer i begynnelsen, midten og slutten av undersonen.

#### KONKLUSJONER, L-2-A EMPETRUM - BETULA - UNDERSONE

Vegetasjonen i L-2-A er som nevnt sammensatt av en rekke ulike planteslag som stiller ulike krav til omgivelsene. Det kupert terrenget gir utviklingsgrunnlag for ulike vekstmiljø; både myrområder og tørrere områder. Noen steder har velutviklet humusjord mens andre har skrin mineraljord. Arter som tåler marin påvirkning gjør seg gjeldende i første del av sonen, mens en del nøysommelige urter avsetter mer pollenmateriale i den siste delen av undersonen. Lyngartenes utbredelse går imidlertid ikke ned i utbredelse mens de overnevnte urtene har en økning. Den siste delen av L-2-A antas å tilhøre Yngre Dryas (på grunnlag av dateringene i kap.8). Der er imidlertid ingen klare tegn på klimaskifte ved overgangen til Y.D. i pollen-diagrammene, utover den overnevnte økningen av pionerarter.

Et mer markert miljøskifte registreres derimot ved overgangen til undersonen L-2-B. Det har sin årsak i inngresjonen av Lauhildrane 49.

Etter diskusjonen ved L-2-A undersone kan følgende konkluderes:

- Strandlinjen har ligget tett oppe under bassengterskelen gjennom det meste av perioden
- Sporadisk innskylling av sjøvann i bassenget i denne perioden
- Meget langsom overgang til marint miljø i siste del av L-2-A
- Økt opptreden av pionerarter utover i undersonen
- Siste del av undersonen korreleres til eldste del av Yngre Dryas kronosone



L-2-B EMPETRUM - PINUS - UNDERSONE

Undersonen omfatter perioden fra 10.670 til 10.100 B.P. (jfr. dateringene nevnt i kap. 8).

Glødetapskurven viser generelt lavere verdier i denne undersonen enn i den foregående.

L-2-B er karakteristisk ved langt lavere influks enn ved de foregående sonene.

Pinus øker kraftig i utbredelse gjennom denne perioden (fra 7 til 28 %). Den holder generelt høye verdier gjennom hele undersonen med unntak av en bunn på omlag 10 % i 38-IX-3 (dette spektrumet har svært lav polleninfluks).

Mens Pinus har en oppgang i L-2-B ser vi en markert nedgang for Betula i denne perioden. Denne nedgangen (fra 21 til 8 %), kommer og tydelig frem i konsentrasjonsdiagrammet.

Juniperus har mer svingende verdier i denne undersonen enn i den under. Dette er en tendens som er påfallende for en rekke av de taxa som opptrer kontinuerlig i L-2 (Salix, Empetrum og Cyperaceae).

Juniperus og Salix opptrer begge med verdier mellom 2 og 12 %. Begge har en nedgang tidlig i L-2-B (32 - 34-IX-3) og en nedgang mot slutten av undersonen (48 - 52-IX-3) samt en bunn midt i L-2-B som ikke er synkron hos de to.

Myrica er ikke registrert i denne undersonen.

Empetrum har også noe lavere verdier i denne marine fasen. I konsentrasjonsdiagrammet ser man og en reduksjon for Empetrum som er mer markert enn reduksjonen en finner hos en del andre taxa (som Juniperus og Cyperaceae). En del av tilbakegangen kan skyldes lavere influks, men dette er åpenbart ikke hele forklaringen for at Empetrum her opptrer med en del lavere verdier. I prosentdiagrammet svinger verdiene meget mellom topper på 30-50 % og bunner på ned i 12 %, mens en i konsentrasjons- og influksdiagrammene ser en langt jevnere kurve. Den ujevne kurven i prosentdiagrammet illustrerer Empetrum-andelene i forhold til de andre taxaenes utbredelse, mens den noe misvisende gir inntrykk av at denne slektens utbredelse stadig halveres og dobles i

sykler. Det er imidlertid ikke tvil om at Empetrum er godt etablert i området gjennom hele pollensonen og at den utgjør en dominerende del av vegetasjonsbildet.

Calluna og Ericales-gruppen forøvrig har ikke noen nedgang i L-2-B i forhold til opptredenen i L-2-A. Riktig nok har de hele tiden vært representert med relativt lave verdier, og de utelir også i et par spektra i denne undersonen. Opptredenen er likevel jevn (2-5 %) og der er ingen typiske topper eller bunner.

Poaceae opptrer med jevne men lave verdier. Også denne er uten markerte topp- eller bunnverdier. Cyperaceae derimot har meget svingende kurve som veksler mellom bunnverdier på 2-6 % og toppverdier på 30 og opp til 40 %. Disse svingningene ser en og i konsentrasjonsdiagrammet, men der er de ikke så utpreget. Cyperaceae utgjør en rekke arter med ulik økologi. Planten er ettårig og den spres raskt. Det er derfor ikke så unaturlig at denne kommer inn på arenaen på kort varsel når andre taper terreng på grunn av miljøforandringer. Spesielt langs strandsonen kan flere arter som tåler salint miljø etablere seg. Når miljøet deretter blir mer stabilt eller når mer avanserte planter som tåler det nye miljøet kommer inn, vil Cyperaceae-artene raskt måtte vike plass for disse.

Filipendula og Chenopodiaceae opptrer i de fleste spektra i undersonen med verdier på 2-8 %. Dette er grupper som ofte er å finne i fuktig miljø.

Rumex, Artemisia, Sedum, og Caryophyllaceae har spredt opptreden i 3 spektra i første del av undersonen. Disse er også representert i 1-2 spektra i øverste del av sonen. Denne opptredenen er omtrent som i den foregående undersonen for de tre førstnevnte. Det viser at disse ikke har avtatt i utbredelse i løpet av denne undersonen. De har kanskje tvert imot tatt seg opp en del på bekostning av andre som har gitt etter for miljøendringer. Når influksen avtar vil de artene som beholder sine verdier ha en reell oppgang.

Andre pionerarter som går på mineraljord som Dryas octopetala, Saxifraga, Campanulaceae, Dianthus t., Lychnis t., Onagraceae samt Poly-

gonium aviculare og P. bistorta er representert i 1-2 spektre i L-2-B. Disse har omtrent samme utbredelse som de hadde i L-2-A. De vokser sannsynligvis spredt på knauser og i mer perifere deler av nedslagsfeltet.

Asteraceae sect aster. og A. sect Cichorioidea opptrer kun i de 2-4 spektre i øverste del av undersonen. De har vokst i området tidligere, men har trolig en beskjeden opptreden da de først registreres øverst i L-2-B. Deres økologi er imidlertid for generell til å gi noen spesifikke opplysninger om miljøet her.

Blant vannplantene registreres en nedgang i denne undersonen. Myriophyllum alterniflora registreres spredt i enkelte spektre. M. spicatum og Potamogeton coleogeton registreres i h.h.v 36-IX-3 og 34-IX-3, mens Sparganium finnes i 4-5 spektre gjennom sonen. Sparganium har kanskje vokst i miljøet gjennom hele denne undersonen.

I slutten av undersonen, øker alle vannplantene betraktelig i utbredelse. Myriophyllum alterniflora opptrer med en andel på nærmere 50 % mens M. spicatum ligger på omkring 10 %.

Blant Chlorophyta ser vi at ulike Pediastrum-arter er tilstede gjennom hele denne undersonen. P. integrum opptrer med 2-5 % i de fleste spektra.

P. tetras har levd i området det meste av perioden, men med svært lav utbredelse. Miljøet har vært tilfredstillende for denne m.h.p. organisk virksomhet.

Scenedesmus er her representert spredt i fire spektre. Denne foretrekker miljø der det omsettbare organiske materialet nedbrytes fullstendig (Tjemsland, 1983).

Hystrix kommer inn tidlig i undersonen (34-IX-3). Den øker jevnt opp til 20 % sentralt i L-2-A for så å avta noe utover i undersonen, med en topp øverst i sonen (53-IX-3). Hystrix forsvinner helt ved sonegrensen til L-3-A.

Hystrix som er en samlegruppe for marine og brakke dinoflagelattcyster, er her ikke artsbestemt. De mest aktuelle artene som kan opptre i sen-glasialt materiale er Operculodinium Ssentrocarpum, Lingulodinium macha-

erophodum samt Spiniferites sp. (Aksdal 1986, Wall & Dale 1968: 265).

Hystrix' opptreden gjennom denne sonen vitner om et salint miljø. Der er en rekke andre indisier som ender ved den samme konklusjonen.

Denne undersonen er som nevnt datert til å tilhøre Yngre Dryas kronosone. Pinus har ikke vokst i denne landsdelen på et så tidlig tidspunkt (Paus, pers medd.). Når Pinus nå likevel viser en markant oppgang, kan det lettest forklares ved at bassenget har hatt marin kontakt. Under den marine fasen øker nedslagsfeltet betraktelig, idet partikler som fraktes på/i vannet kan strande i bassenget. Pinus flyter lettere enn en del andre pollentyper p.g.a. sine luftsekker. Dette innebærer at pollentransporten med sjøvannet blir selektiv.

Pollentilgangen viser en generell nedgang i denne undersonen. Dette kan forklares ut fra den marine påvirkningen; Den marine fasen innebærer en ny sedimentasjonskilde, i tillegg til de eksisterende, der andelen av pollenkorn er betydelig lavere.

Nedgangen for en del sentrale arter (som Salix, Betula og Empetrum) tolkes derfor til å ha sin primære årsak i den marine påvirkningen. Dette kan forklares dels ved at pollenavsetningen generelt har en nedgang og med en selektiv avsetning i den marine fasen, og dels ved at miljøet rundt bassenget endres ved at arter som ikke tåler salin påvirkning erstattes av arter som lever i strandmiljø.

En del arter som tidligere har hatt liten og spredt opptreden uteblir eller reduseres ytterligere i denne undersonen (Myrica, Helianthemum, Potentilla og Rubiaceae). Dette kan støtte opp om teorien om marin påvirkning av bassenget i denne fasen; De reduserte influksverdiene i perioden innebærer at mange av dem som har hatt en marginal representasjon helt faller ut, og miljøendringen ved bassengkantene til strandsone betyr at flere arter forsvinner fra de sentrale deler av nedslagsfeltet.

Apiaceae og Urtica er og vanlige å finne i strandeng. Urtica er også nitrofil. Disse to opptrer imidlertid først i øverste del av sonen. Begge disse ble observert i den foregående undersonen, så de har

åpenbart levd i området en tid. Når de ikke registreres i denne undersonen før i slutten av denne, kan det skyldes tilfeldigheter som at deres pollenkorn ikke er avsatt i prøvematerialet, da de generelt har lav pollensum. Den manglende og lave pollenrepresentasjonen kan og skyldes at de har vokst perifert i nedslagsfeltet.

Caryophyllaceae kommer derimot inn for første gang i denne undersonen. Det er derfor naturlig å anta at den her er representert med strandnellik (Armeria maritima), og at denne har vokst ved bassengkanten.

Samme voksested har nok også Plantago maritima hatt. Denne er funnet i de fleste spektra i denne undersonen og den opptrer med verdier mellom 1 og 6 %. P. maritimas markante økning i L-2-B er også et klart indisium på at miljøet i denne undersonen er marint.

Glødetapskurven viser også en nedgang ved overgangen til L-2-B undersone. Glødetapet har generelt lavere verdier i denne undersonen enn i den foregående lakustrine. Dette skyldes nok primært økt innstrømming av minerogent materiale men også nedgang i den organiske produksjonen.

L-2-B innledes av en fase som antas å ha hatt brakt miljø. Denne antagelsen bygger bl.a. på utbredelsen til Chlorophytae og vannplantene. Pediastrum tetras og P. boryanum opptrer i 3 spektra (30, 31 og 32-IX3) nederst i undersonen.

Disse tåler en viss saltholdighet, men forsvinner om de blir utsatt for rent sjøvann (Tjemsland, 1983).

Den brakke perioden omfatter i så fall de tre nevnte spektra. Etter den beregnede sedimentasjonshastigheten, kan denne brakke perioden ha vart omlag 70 år (jfr.sed.hast., kap.8).

Dette tyder på at miljøet har blitt rikere på næringssalter under en inngresjon, og at miljøet deretter har hatt en gradvis økning i salinitet. Til slutt har miljøet trolig blitt for salt for at P. boryanum kunne leve der.

Myriophyllum alterniflora har en nedgang i den omtalte overgangsfasen i begynnelsen av L-2-B, etter en kontinuerlig opptreden gjennom det meste av L-2-A. Deretter har den en mer spredt opptreden gjennom



L-2-B. M. alterniflora opptrer i ett spektrum (36-IX-3) i denne sonen.

Ved undersøkelser av resente forekomster av Myriophyllum ser man at de også kan leve i ferskvann der saltvann stadig skylles inn (Åsheim pers.medd.). De lever derimot ikke i sjøvann, og deres spredte opptreden i bassenget i denne undersonen vitner om at fjordvannet inne ved Hjelmeland ikke har hatt så høy salinitet som sjøvann ellers.

Også Scenedesmus opptrer jevnt ved overgangen til L-2-B for å ha en mer spredt opptreden gjennom undersonen forøvrig. Denne trives best i miljø der det omsettbare organiske materialet brytes fullstendig ned. Dette innebærer at miljøet ikke har vært innelukket og isolert, og at der har vært rikelig tilgang på friskt vann.

Der er flere observasjoner som peker mot at miljøet i bassenget aldri har vært så salint som sjøvann forøvrig;

Vi befinner oss som kjent inne i et fjordsystem. Ferskvannstilgangen er stor, både fra de omkringliggende landområder og ved overflate-transport på fjorden med kilde i de nedste Ryfylkeheiene.

Der opptrer som kjent også en del arter som tåler en viss salinitet i miljøet, men ikke så høy salinitet som i reint sjøvann (eksempelvis Scenedesmus, Pediastrum og Myriophyllum).

Anundsen og Fjeldskaar (1983) antar at fjordvannet i dette tidsrommet var dominert av kaldt smeltevann.

Den store oppblomstringen av vannplanter ved overgangen til L-3 indikerer et miljøskifte mot lakustrint miljø.

Miljøet må åpenbart også ha vært rikt på næringsalter i denne perioden da disse vannplantene trives så godt, til tross for at det ikke er så ferskt som det miljøet de primært opptrer i.

I 54-IX-3 (øverst i sonen) kommer Pediastrum boryanum tilbake igjen, og vi ser en kraftig oppblomstring for alle Pediastrum-artene i overgangsonen til L-3. Dette er nok et indisium på at saliniteten er avtagende og tyder på at bassenget igjen isoleres.

Argumenter som taler for at undersone L-2-B tilhører en marin periode kan sammenfattes som følger:

- Inklusjonsverdiene er kraftig redusert i denne undersonen.
- Nedgang i glødetapskurven.
- Pinus-verdiene har en markant økning.
- Nedgang for en rekke sentrale arter (Empetrum, Betula, Salix).
- Økende opptreden for planter som kan leve i strandsonen
- Stabil opptreden for Pediastrum-arter som tåler salint miljø, mens de som er mer følsomme for saliniteten avtar i utbredelse.
- Vannplantene som ikke tåler salint miljø forsvinner.
- Hystrix kommer inn med betydelige verdier.

Diatomeundersøkelsen som er beskrevet i kapittel 5 kan også konkludere med at miljøet gjennom denne perioden har vært marint. Overgangsonene ved inngresjon og isolasjon, som defineres i kap. 5, faller også sammen med de overgangene som defineres gjennom analysen av pollen, Chlorophyta og Hystrix.

Pollenanalysen konkluderer derimot med en noe lengre brakkvannsone ved inngresjonen enn den som er beskrevet i kap.5.

Diatomeundersøkelsen viser ikke noen utpreget brakkvannsone ved isolasjonen av bassenget. Pollen/Chlorophyta-analysen påpeker en tydelig brakkvannsone som indikerer en overgang til lakustrint miljø i overgangen mellom sonene L-2 og L-3.

#### KONKLUSJONER, L-2-B EMPETRUM - PINUS - UNDERSONE

Undersonen L-2-B skal etter dateringene (se kap. 8) omfatte det meste av Yngre Dryas kronosone. Det er imidlertid vanskelig å finne konkrete endringer i vegetasjonsbildet som kan tilskrives denne klimanedgangen. De artene som lever i området i denne perioden er alle arter som tåler harde klimaforhold som f.eks. lange og kalde vintre. Det er stort sett lyskrevende arter, en del av dem krever velutviklet jordsmonn og en del krever spesielt fuktig eller tørt miljø. Disse kravene dekkes i området også under et klima med lengre vintre.

Det er derfor mer naturlig å tilskrive de endringene, som vegetasjonen gjennomgikk i løpet av denne pollensonen, til miljøendringene som skyldes transgresjonen og regresjonen i området, enn å forklare

endringene i vegetasjonsbildet ved klimaendringer.

Pollenundersøkelser fra Karmøy (Austad & Erichsen 1987, Paus in print), Kårstø (Paus 1982a) og Yrkje (Braaten & Hermansen 1985, Anundsen 1985) viser alle en utpreget klimaforverring som dateres/korreleres til Y.D. Ved lokalitetene i Yrkje (op.cit.) og på Nord-Karmøy (Austad & Erichsen), baseres vegetasjonshistorien på flere bassenger i ulike høyder. Ved lokalitetene på Sør-Karmøy og Kårstø (Paus 1982, Paus in print), ligger bassengene over M.G. Disse overnevnte lokalitetene som det ville være naturlig å sammenlikne vegetasjonshistorien fra Randøy med, har unngått å ha Y.D.-grenser som faller sammen med de marine grensene. Det faller derfor vanskelig å korrelere utviklingen i Y.D. (på Randøy) til Y.D. ved de overnevnte lokalitetene, når vegetasjonsendringene på Randøy i Y.D. først og fremst bærer preg av at bassenget har hatt marint miljø.

Undersøkelser fra et basseng over M.G. i Hjelmelandsområdet, ville derfor kunne gi resultater som ville sagt mer om vegetasjonsutviklingen i Yngre Dryas, og som i større grad kunne korreleres til landsdelen forøvrig.

Konklusjonene på argumentene vedrørende utviklingen i undersone L-2-B kan listes i følgende punkter:

- Markert miljøskifte ved innledningen og utgangen av undersonen.
- Brakt / marint miljø i bassenget.
- Betydelig økt næringstilgang til bassenget.
- Høyere sedimentasjonshastighet.
- Økning i pionerartenes utbredelse.

### L-3 BETULA - POLLENSONE

Tendensen i denne pollensonen er en klar tilbakegang for Pinus og en tilsvarende klar fremgang for Betula. Der er dessuten jevnt over høye verdier for Empetrum, Poaceae og Cyperaceae.

I siste del av sonen kommer også edelløvtrærne inn på arenaen, med en rekke arter og med forholdsvis høye verdier.

Det er her funnet nødvendig å dele sonen i to undersoner, der oppblomstringen av Pinus og edelløvtrær går inn i den øvre undersonen.

Innvandringen av trær vurderes imidlertid ikke til å endre vegetasjonsbildet så betraktelig at denne perioden bør skilles ut som egen pollensone.

Sedimentasjonshastigheten ser ut til å være langt lavere i denne pollensonen enn i den foregående, undersonen. Dette registreres bl.a. ut fra økende forhold pollenkorn/tilsatt Lycopodium.

#### L-3-A BETULA - EMPETRUM - UNDERSONE

Overgangen fra L-2-B er ganske markert for en del arter. Dette har åpenbart sin årsak i at sonegrensen følger overgangen fra marint til lakustrint miljø. Den brakke overgangsonen er av langt kortere varighet her, enn den var ved inngresjonsfasen.

Pinus har en markert nedgang i slutten av L-2-B (fra 40 til 10 %). Den opptrer med 10 % først i L-3-A og avtar jevnt til 5 % gjennom undersonen.

Betula har derimot en stor fremgang i soneskiftet til L-3-A (fra 10 til 30 %).

Juniperus avtar jevnt i utbredelse fra 10 % ved begynnelsen av sonen til den uteblir i det øverste spektrumet i undersonen.

Parallelt med Juniperus' nedgang, øker Salix tilsvarende (til 10 %).

Også Salix avtar i øverste del av undersonen. Dette kan nok settes i sammenheng med at trærne etablerer seg i dette tidsrommet og konkurrerer følgelig ut buskene.

En tredje buskvekst som opptrer i denne undersonen er Myricia. Den er imidlertid kun registrert i ett spektrum tidlig i sonen. Denne kan være en indikator på fuktig mark eller myr.

Ericales opptrer jevnt gjennom undersonen, både i samlegruppen og for Calluna. Empetrum derimot har noe svingende utbredelse, men med svært høye prosentverdier. Den dominerer første del av L-3-A sammen med Betula. Empetrum ligger i første del av undersonen med verdier på opp

til 30 %, mens den faller ned på omlag 10 % i de øverste to spektra.

Også Betula har en tilbakegang i de øverste to spektra i L-3-A, mens Cyperaceae har en markert fremgang (fra 10 til 30 %). Denne endringen kan derfor kanskje forklares ved at deler av nedslagsfeltet har blitt fuktigere, f.eks. ved endring av elveløp eller oppdemming av et basseng. Cyperaceae opptrer også hyppig ved og i bassenger som er i ferd med å gro igjen.

Denne markerte endringen i vegetasjonsbildet som preger L-3-A vitner om en tydelig klimaoppgang.

Den kraftige nedgangen for Pinus-pollenet indikerer at den marine fasen av er over. Pinus-transporten foregår heretter åpenbart med vinden. Pinus-kurven blir derfor mer realistisk i forhold til treets utbredelse i området.

Betulas markante oppgang kan nok delvis forklares ved at influksen nå er høyere, men hovedårsaken er sannsynligvis den at Betula-veksten i stadig større grad preges av B. pubescens mens B. nana avtar.

B. pubescens har også langt bedre pollenproduksjon- og spredning enn sin "lillesøster". Dette støtter også opp om forklaringen på at Betula-verdiene øker så drastisk. B. pubescens oppgang i denne perioden kan registreres også ved Kårstø (Paus 1988).

Indisiene på en klimaoppgang indikerer og at Salix nå sannsynligvis vokser i buskform. Salix øker som nevnt tidlig i L-3-A, men avtar igjen i øverste del av undersonen. Denne nedgangen kommer parallelt med inntreden av edelløvtrærne (Ulmus, Quercus og Corylus), og kan sannsynligvis forklares med konkurranse fra disse.

Poaceae øker til 10 % i begynnelsen av sonen og holder seg jevnt på dette nivået gjennom undersonen forøvrig.

Rumex/Oxyria og Artemisia har jevn opptreden i første del av undersonen, men fra 62-IX-3 avtar disse og i 65-IX-3 har Rumex under 1 % mens Artemisia er helt borte. Også denne tilbakegangen går parallelt med Ulmus, Quercus og Corylus inntreden.

Chenopodiaceae og Caryophyllaceae som opptrer jevnt i første del av



sonen har og en tilbakegang i de overnevnte spektra. De er begge borte i 62-IX-3 for å komme inn med lave verdier (for siste gang) i 65-IX-3. Felles for disse artene er at de alle krever lysåpne voksesteder.

Når pollen fra edelløvtrærne i denne pollensonen begynner å avsettes i området, er det selvsagt ikke sikkert at trærne har vokst i her.

Ulmus, Quercus og Corylus registreres derimot tidlig i sonen. Når en rekke lysfølsomme pionerarter reduseres kraftig og forsvinner i siste del av undersonen, synes det som et klart tegn på at trærne er vel etablert i området. Det behøver nødvendigvis ikke være snakk om edelløvtrær. Edelløvtrærne blir imidlertid ofte større og tettere, og de skygger derfor mer enn f.eks. Pinus og Betula. Disse sistnevnte står også helst spredt, slik at deres opptreden ikke medfører så stor sjenanse for de de lyskrevende urtene som de større løvtrærne gjør. Dette taler derfor for at det nettopp edelløvtrærne som har inntatt arenaen og konkurrert ut lyskrevende urter.

Apiaceae vokser fortsatt i området, da den registreres i et par spektra i undersonen. Den har ikke så høye verdier her som i de foregående sonene, men det skyldes kanskje trærenes dominans innen pollenspredningen.

Filipendula opptrer med jevne verdier på 2-4 % gjennom hele L-3. Den har åpenbart funnet sin nisje i fuktig miljø, kanskje ved bekkeutløp, hvor den møter liten konkurranse. Den forteller derfor her lite om vegetasjonsutviklingen.

Sedum, Mellanpyrum, Asteraceae sect. aster, A.sect. cichrioidae samt Ononis t. opptrer i ett spektrum sentralt i undersonen. Disse har trolig levd i området gjennom det meste av sonen, men de kan ha levd perifert eller spredt på knauser slik at deres pollenspredning har blitt svært liten, sammenliknet med de før omtalte artene som har en mer dominerende plass i området.

Alle de seks registrerte vannplantene har en markert topp i det siste spektrumet i L-2-B. Myriophyllum spicatum hadde her en andel på 50 %. M. spicatum, M. alterniflora samt Sparganium hadde også relativt høye verdier i begynnelsen av pollensonen. Disse nøt nok godt av at miljøet

i bassenget ennå er preget av høye verdier av næringsalter fra den marine perioden. Myriophyllum-artene avtar imidlertid utover mot midten av undersonen. Sparganium blir værende i bassenget med verdier mellom 2 og 5 % gjennom hele L-3.

Potamogeton-artene er ikke registrert i det første spektrumet i sonen, men opptrer i 2-3 spektre i første del av L-3-A.

Nympheae har spredt opptreden i øverste del av undersonen.

Polypodiaceae opptrer i et spektrum tidlig i sonen, mens Polypodium vulgare er registrert i øverste del av undersonen.

Hystrix er ikke registrert i noen spektre i denne pollensonen. Dennes store utbredelse i den forrige sonen samt dens spontane utvandring er et av indisiene for bestemmelse av sonegrensen.

Pediastrum-artene har en topp før eller like etter sonegrensen. De avtar imidlertid raskt i begynnelsen av sonen. P. borvanum og P. tetras er ikke registrert etter 55-IX-3. P. integrum registreres med lave verdier t.o.m. 60-IX-3, mens samlegruppen P. spp. opptrer med lave verdier gjennom det meste av sonen.

Også pediastrums opptreden bærer preg av at disse lever godt i den første perioden etter isolasjonen, for så å avta i utbredelse med tilgangen på næringsalter.

#### KONKLUSJONER L-3-A - BETULA - EMPETRUM - UNDERSONE

- Lakustrint miljø gjennom hele undersonen
- Rik tilgang på næringsalter i bassenget i første del av perioden
- Gradvis forbedring av klimaet
- Bjørkeveksten domineres av trær (og ikke busker)
- Etablering av edelløvtrær og trolig også furu i siste del av L-3-A

#### L-3-B BETULA - CORYLUS - UNDERSONE

Denne øverste undersonen karakteriseres ved at trærnes pollenmateriale har en dominerende plass i prøvematerialet.

Samtidig registreres en markert tilbakegang for de fleste urtene og for dvergbuskene i området. Det er dermed ikke sagt at urtene avtar i utbredelse i området; urtenes utbredelse vil nok stadig forbedres og spesialiseres. Trærne produserer derimot langt mer pollen enn urtene pr. flateenhet, og de står også langt bedre eksponert for vindspredning.

Landskapet rundt nedslagsfeltet er idag ganske knauset med flere områder uten særlig jordsmonn. Vegetasjonsbildet må derfor ha vært sammensatt av en rekke ulike planteslag, selv om mange av disse har liten eller ingen representasjon i prøvematerialet.

Pinus har en kraftig fremgang i L-3-B. I 71-IX-3 er den oppe i 30 % av pollenet fra den terrestriske vegetasjonen.

Også Betula har høye verdier. Etter en nedgang i grensen mellom undersonene, øker den opp til 40 % i 69-IX-3.

Corylus er nå representert med verdier på opp til 10 %. Corylus-oppgangen er mange steder preget av en tilsvarende Betula-nedgang, idet bjørken konkurreres ut av hassel (Paus 1988). En slik nedgang ser vi ikke tegn på i dette området. Det kan nok forklares ved at topografien og jordsmonnutviklingen begrenser Corylus' mulighet til å etablere seg som skog og dermed kunne konkurrere ut de mer nøysommelige treslagene.

Ulmus, Quercus og Populus har en jevn utbredelse på 1-2 % gjennom undersonen. Dette tyder på at de vokser relativt nærmt, ettersom pollenavsetningen er temmelig konstant over et lengre tidsrom. Hvorvidt disse har vokst i nedslagsfeltet eller i mer perifere områder er vanskelig å si noe om på bakgrunn av så lave pollenverdier.

Alnus har konstant opptreden på omkring 2 % gjennom tre spektre, men i 71-IX-3 har den en markert oppgang opp til 10 % for så å avta til 5 % i det øverste spektrumet i kjernen (73-IX-3).

Oppgangen i dette spektrumet registreres og for Corylus og Pinus, mens det samtidig registreres en nedgang hos Betula og Empetrum. Det er vanskelig å forklare disse endringene ved konkurranse, da de tre artenes økning går noe tilbake i det neste spektrumet. Dette er også det

øverste spektrumet i kjernen og etterlater dermed et stort spørsmålstegn vedrørens trærnes videre etablering.

Blant buskene ser vi at Juniperus er representert i det meste av sonen, men med relativt lave verdier, mens Salix har jevnt økende verdier utover i pollensonen (opp til 14 %).

Sphagnum er representert gjennom hele undersonen, og med økende verdier. Dette er et typisk tegn på at bassenget, eller deler av det, er i ferd med å gro igjen. Denne nydanningen av myr gir igjen godt grunnlag for busker som lever i fuktig miljø.

Dette kan derfor være en forklaring på Salix' fremgang i slutten av sonen. I øverste spektrum kommer Myricia inn igjen. Også denne vokser på fuktig grunn. Dennes opptreden stemmer derfor her godt overens med at bassenget gror igjen, mens det etableres et nytt våtmarks-miljø.

Ericales-artene har jevn opptreden i første del av undersonen, men avtar eller blir borte i 71-IX-3 for å komme tilbake med lave verdier i det øverste spektrumet. Nedgangen kan til en viss grad skyldes overrepresentasjon hos en del av de overnevnte treslagene.

For Empetrum derimot ser vi en klar tilbakegang fra over 20 % til 5-8% midt i undersonen. En mulig forklaring på dette er at en del større busker som etableres i områder også brer seg utover Empetrums voksesteder. Dette vil i så fall også kunne være tilfelle for andre Ericales-arter.

Filipendula har som nevnt over jevn utbredelse gjennom hele pollensonen. Denne lever som kjent i fuktig miljø, og det er derfor naturlig å anta at også denne etableres ved de tiltagende myrområdene.

Poaceae og Cyperaceae har begge en nedgang etter det første spektrumet i undersonen. De opptrer deretter med relativt lave verdier gjennom resten av sonen (2-4 %). Dette skyldes nok dels overrepresentasjon av trepollen, men også det faktum at den økende skogdannelsen foregår på bekostning av gressartene.

Andelen av urter er forøvrig svært beskjedne i pollendiagrammet i denne øverste undersonen.

Rumex/Oxyria er sammen med Filipendula den med størst og hyppigst opptreden, men med andeler på 1-2 % kan en ikke si at de har en dominerende plass.

Chenopodiaceae og Fabaceae opptrer i øverste spektrum, mens Apiaceae har en lav opptreden i de to øverste spektra.

Blant vannplantene har Sparganium størst opptreden, og denne registreres kontinuerlig gjennom hele pollensonen.

Potamogeton-artene kommer inn med lave verdier i 73-IX-3, og vitner dermed om at bassenget ikke blir helt gjengrodd i denne perioden.

Sporer av Lycopodium selago og Polypodiaceae registreres i første spektrum i undersonen, mens Polypodium vulgare opptrer i 73-IX-3.

Pediastrum integrum og P. boryanum opptrer i de øverste spektra i sonen, etter å ha vært borte gjennom en tid. Dette kan forklares ved at gjengroingen av bassenget gjør miljøet i bassenget mer eutroft. Dette er trolig også årsaken til at Menyanthes og Scenedesmus også er å finne i et spektrum i sonen.

#### KONKLUSJONER, L-3-B - BETULA - CORYLUS - UNDERSONE

- Lyskrevende urter må vike for trevegetasjonen
- Etablering av skoger i området
- Tiltagende gjengroing av bassenget
- Etablering av ny våtmarksflora på de nyetablerte myrområdene

#### KORRELASJON MELLOM LAUHILDRANE OG LIARMARKA

Som en ser av pollendiagrammet fra Liarmarka 32 har det for få data til at en strengt tatt kan sammenlikne det med Lauhildrane. Kun de to øverste spektra har en pollensum som kan gi grunnlag for statistisk behandling.

Vi ser her at Betula dominerer det nest øverste mens Cyperaceae dominerer det øverste spektret med h.h.v 66 og 45 % på disse to.

I det øverste spektrumet er der innslag av Quercus og Alnus. Disse kommer inn i spektrum nr. 60 i Lauhildrane.



I 60-IX-3 har Betula en markert nedgang fra 33 til 20 % mens Cyperacee har en topp etter en kraftig oppgang. Den samme markante nedgangen for Betula parallelt med en kraftig oppgang for Cyperaceae finner vi i de øverste spektrene fra Liarmarka.

Vegetasjonen ved Liarmarka har meget forskjellige vekstvilkår sammenliknet med Lauhildrane. Sedimentasjonsprosessene, vanntilførselen, lysforholdene, vindeksponeringen og sjøinnstrømmingen er, og har vært forskjellig for de to områdene. Det er derfor grunn til å anta at artssammensetningen vil være temmelig ulik ved de to områdene, noe som også vil prege de store pollenprodusentene.

Om korrelasjonsgrunnlaget er noe tynt (bassert på 4 taxa), må det likevel kunne anses som sannsynlig at spektrum 60-IX-3 (292 cm u.o.) er avsatt samtidig med spektrum 79-VIII-2 (324 cm u.o.).

## KAPITTEL 8 DATERINGER

Der er ialt foretatt 5  $^{14}\text{C}$ -dateringer på materiale fra Liarmarka 32 og Lauhildrane 49. I tillegg har jeg kunnet benytte dateringer fra et basseng 52 m o.h., like ved Lauhildrane 49, som er undersøkt av Anundsen (upubl.).

Fra Liarmarka 32 er materiale fra bunnen av bassenget datert, for å få en minimumsalder på deglasiasjonen. Dessuten er materiale fra isolasjonen til ferskt miljø datert, til bruk ved konstruksjon av strandforskyvningskurve.

Fra Lauhildrane 49 er materiale fra bunnen av bassenget datert, og dessuten prøver fra inngresjonen og fra isolasjonen av bassenget.

Fra basseng Randøy 52 er materiale fra bunnen av bassenget datert samt 2 prøver fra perioder med høy organisk produksjon (ifølge glødetapskurven fig 3.1).

LAUHILDRANE 49			
DYP I CM	SPEKTRUM	T-Nr	ALDER B.P.
410	1 IX 3	T-7570 A	11.710 $\pm$ 130
354	29 IX 3	T-7568 A	10.670 $\pm$ 120
300	56 IX 3	T-7569 A	9.580 $\pm$ 80
LIARMARKA 32			
790	1 VI 2	T-7571 A	12.150 $\pm$ 180
338	72 VIII 2	T-7572 A	9.640 $\pm$ 90

tabell 8.1

RANDØY 52		
SPEKTRUM	T-nr	ALDER B.P.
R 644	T-3579 A	11.770 ± 130
R 638	T-3580 A	11.300 ± 90
R 630	T-3581 A	10.980 ± 100

tabell 8.2

Benevnelsen "A" ved prøvenumrene indikerer at dateringen er foretatt på den lutløselige delen av materialet. Lutuløselig materiale (makrofossiler) benevnes med "B".

Enkelte dateringsprøver er så tykke (opp til 5 cm) at de spenner over flere av de her definerte spektra. De er her oppgitt med det spektrumnummer som ligger sentralt i det sylindervolumet som er benyttet.

### FEILKILDER

Ved konstruksjon av strandforskyvningskurve (kap. 9), viser det seg at i hvert fall en av dateringene må være uriktig. Dette fordi det nederste bassenget ble isolert 60 år før det øverste, etter dateringene. Alle de 5 dateringene er gjort på A-fraksjoner, d.v.s. på mikro-fossilt materiale som er løst i lut (NaOH).

Der er en rekke mulige feilkilder som kan ha forårsaket de avvikende dateringsresultatene. Disse kan deles i to grupper:

- Måletekniske og systematiske feil ved  $^{14}\text{C}$ -metoden
- Feil ved prøvematerialet (Gulliksen 1974: 10-22)

Ved den første kategorien med feilkilder har brukeren liten mulighet til å påvise eller diskutere omfanget av feil for ens egne prøver. Ved feilkilder som kan tilbakeskrives til prøvemateriale, er det naturlig å diskutere følgende feilkilder:

#### RESEDIMENTASJON

Karbon som er avsatt tidligere kan resedimenteres og forårsake for gammel alder ved datering. Karbonet kan enten være organisk eller uorganisk bundet. Det uorganiske karbonet kan tilføres bassenget fra bergarter og/eller sedimenter i nedslagsområdet og det opptrer ofte i sedimenter med lavt organisk innhold (Gulliksen 1974: 22).

Ved resedimentasjon av organisk materiale med "gammelt" karbon, vil det først og fremst dreie seg om makrofossiler (B-fraksjon).

Som nevnt var ingen av de overnevnte dateringene gjort på B-fraksjonen. Ingen av disse dateringene var av utpreget eldre alder, enn det som var forventet.

Dateringen av bunnmaterialet fra Liarmarka 32 var 400 år eldre enn antatt. Denne alderen har imidlertid liten betydning for bestemmelsen og korreleringen av strandforskyvningen. Deglasiasjonen i et gitt område kan heller ikke bestemmes spesielt nøyaktig kun, ved korrelasjon til andre områder. Det er ingenting i veien for at nettopp bunnen av Liarmarka kan ha blitt utsatt for resedimentasjon av gammelt karbon. Alderen er imidlertid sannsynlig, om en sammenlikner med nærliggende daterte deglasiasjonsforeløp (Yrkje, Anundsen 1985). Det antas derfor her at forurensing av gammelt kalk ikke er en aktuell feilkilde ved denne dateringen.

De samme argumentene er også gjeldende for de øvrige dateringene. Ingen av disse har eldre alder enn antatt, og resedimentasjon av gammelt karbon er derfor en lite sannsynlig feilkilde for disse dateringene.

#### BIOTURBASJON

Den bentiske faunaen kan omrøre sedimentene i de øverste lagene, slik at sedimenter av ulik alder blandes (Økland 1976:91,98). Denne feilmå derimot anses som minimal i disse bassengenes avsetningsmiljø, da den bentiske faunaen opptrer i svært lite omfang i slikt miljø .

### HARDVANNSEFFEKT

Når inaktivt og vannløst CO<sub>2</sub> tilføres bassenget og opptas av vannplantene, vil dette kunne resultere i for høy alder ved datering. Denne effekten påvirker både A- og B-fraksjonen.

Effekten avhenger blant annet av området's botaniske utbredelse. Ved lav organisk aktivitet i nedslagsfeltet vil berggrunnen og sedimentene ha større innflytelse på tilførselen av løste stoffer til bassenget (Paus 1982 b). Hardvannseffekten vil derfor mest sannsynlig ha påvirket dateringene fra bunnen av bassengene, dersom den har virket. Da berggrunnen i nedslagsfeltene også er kalkfattig, må også denne feilkilden kunne regnes som lite sansynlig for de daterte prøvene.

### YNGRE FORURENSING

Yngre materiale kan tilføres eldre lag ved nedvasking av humussyrer eller nedvoksende røtter. Humussyrene er lutløselige og vil kunne påvirke resultatene fra A-fraksjonen (Gulliksen, 1974, Kaland et al., 1984). Rester av dyptvoksende røtter løses derimot ikke i lut og vil i så fall påvirke resultatene fra B-fraksjonen. Røtter fra vannplanter kan vokse en halv til en meter ned under sedimentoverflaten.

Etter isolasjonen av Liarmarka 49, var der en forholdsvis stor oppgang av vannplanter (Myriophyllum Alterniflora, M. Spicatum og Sparganium). En kan derfor ikke se bort fra muligheten av forurensing ved humussyrer eller nedvoksende røtter som kan ha påvirket dateringen ,T-7569, slik at denne ble yngre enn dens reelle alder.

### RESERVOARALDER

De levende organismene i et biosystem vil ha samme <sup>14</sup>C-innhold som miljøet de lever i. De landlevende organismenes <sup>14</sup>C-innhold følger atmosfærens <sup>14</sup>C-innhold, mens de marine organismenes <sup>14</sup>C-innhold følger sjøvannets innhold. Sjøvannet har derimot en langsommere utskilling av <sup>14</sup>C-isotopet med atmosfæren. De marine organismene får derfor ved datering en tilsynelatende alder eller reservoaralder (Mangerud & Gulliksen, 1975).



Resente skjell fra overflatevann kan eksempelvis få en reservoaralder på 440 år (Mangerud & Gulliksen, 1975:221).

Vannet i et brakt basseng eller inne i en fjordarm med stor tilførsel av ferskt vann vil derimot ikke ha en så høy reservoaralder. Ved datering av materiale fra et brakt miljø er det vannskelig å bestemme hvor stor del av det organiske materialet som stammer fra landlevende organismer og hvor stor del som stammer fra marine organismer.

Dateringsprøvene fra inngresjons- og isolasjonskontaktene er derfor alle tatt fra den den ferske sonen like under eller over den marine influensen.

For dateringene fra bunnen av de tre bassengene kan denne effekten ha påvirket alderen. Men da der ikke er datert skalldyr eller andre makrofossiler, og da bassengene har hatt stor tilførsel av ferskt vann, må en kunne anta at et eventuelt utslag av effekten har vært relativt lite. Reservoaralderen er her neppe så høy som 100 år over korrekt  $^{14}\text{C}$ -alder.

#### DATERING AV KARBONFATTIGE PRØVER

Olsson (1979) påpeker fare for store unøyaktigheter ved datering av prøver som har lavt innhold av karbon. Hun tar spesielt for seg gytjeprøver fra innsjø- og mybassenger. Med små karbonmengeder oppbevart som fossilt materiale, vil andre karbonkilder fra berggrunnen som grafitt, påvirke alderen betydelig. Dateringen vil da kunne vise en langt eldre alder enn den en antar prøven har. Olsson kommer imidlertid frem til at det er ved datering av den lutuløselige fraksjonen, en får størst avvik fra reel alder når karbonfattig materiale dateres. Størst avvik fra estimert alder forekommer også ved datering av karbonfattige prøver fra bunnen av bassenget (op.cit.).

Denne feilkilden antas å ha hatt liten effekt på de her omtalte dateringene fra Hjelmeandsområdet. Dette fordi det kun er datert lutløselige fraksjoner, og da de daterte aldrene fra bunnen av bassengene, ikke er eldre enn estimert alder.

#### FORURENSING UNDER FELT- ELLER LABORATORIEARBEIDET.

Ved behandlingen av såvel prøvetakerutstyret som prøvematerialet, ble

det lagt stor vekt på nøyaktighet og renslighet for å unngå forurensing av ungt materiale. Utstyret og arbeidsrutinene er de samme som forøvrig benyttes ved Geologisk og Botanisk institutt.

Jeg vil derfor betrakte muligheten av feilkilder forårsaket ved felt / lab.arbeidet, som lite sannsynlig.

### dateringsmateriale

Prøvene ble tatt ut av 110mm-kjernene med spesialutstyr ved Botanisk institutt U.i B. Det benyttes en spesialkonstrert tvinge som åpner kjernen og muliggjør uttak av materiale, med minimal fare for forurensing eller omblanding av materialet. Den ytterste cm av kjerneprøven ble rensset bort for å unngå forurensing fra PVC-røret.

Dateringene er utført ved Laboratoriet for radiologisk datering, NTH, Trondheim.

Dateringsresultatene er beregnet ut fra en halveringstid på  $5.570 \pm 30$  år.

Dateringene er angitt med 1 standardavvik og i antall år B.P. (før nåtid, 1950).

#### T-7571 A LIARMARKA 32

Det daterte materialet består av organisk holdig sandig silt. Glødetapet er på 6 %. Det ble avsatt i marint miljø og det var nødvendig å ta ut materiale fra 5 cm av borekjernen. Denne tykkelsen representerer en periode på omlag 30 år (jfr. "Sedimentasjonshastighet" under). Dateringen angir minimumsalder for deglasiasjonen av Liarmarka.

#### T-7570 A LAUHILDRANE 49

Materialet består av organisk holdig fin silt, glødetapet er 5 %, og det ble avsatt i lakustrint miljø. Det ble tatt ut materiale fra 5 cm av kjernen. Dette representerer en periode på omlag 100 år.

Dateringen angir minimumsalder for deglasiasjon av Lauhildrane. Som nevnt i kap. 4 ligger bunnen av kjerne IX (der denne dateringen er tatt), omlag 20 cm over bunnen av kjerne X. Det gir grunn til å anta

at materialet fra bunnen av Lauhildrane er noen år eldre enn denne dateringen (jfr. diskusjon under).

T-7568 A LAUHILDRANE 49

Materialet er tatt ut fra den lakustrine delen av kjernen, like under inngresjonskontakten (som er beskrevet i kap. 5).

Kornstørrelsen er silt. Glødetapet er 12 %. Det ble tatt ut 2,5 cm fra kjernen, og det tilsvarer avsetning gjennom en periode på ca. 50 år. Dateringen angir alderen til inngresjonen av Lauhildrane 49.

T-7569 A LAUHILDRANE 49

Materialet er avsatt i ferskt miljø like etter at isolasjonen fant sted (Jfr. kap. 5). Dateringen angir følgelig minimumsalder for isolasjonen av Lauhildrane 49.

Materialet er gytjig silt med glødetap på 32 %. Det ble tatt ut 2,5 cm av kjernen. Dette tilsvarer omlag 50 år (jfr. "sedimetasjonshastighet" under).

T-7569 A LIARMARKA 32

Materialet er avsatt i ferskt miljø like etter isolasjonen. Kornstørrelsen er silt og glødetapet er på 8 %. Det ble tatt ut 2,5 cm av kjernen som representerer en periode på omlag 15 år. Dateringen angir alder på isolasjonen av Liarmarka 32.

## ANDRE DATERINGSMETODER

Antallet <sup>14</sup>C-dateringer en kan få utført vil alltid være høyst begrenset av økonomiske og kapasitetsmessige grunner. En del sedimenttyper er dårlig egnet til radiologisk datering, blant annet de som har lavt organisk innhold og de som er avsatt ved svært lav sedimetasjonshastighet.

Det er derfor viktig å kunne registrere andre data i prøvematerialet som kan gi informasjon om alderen til konkrete nivåer i prøvematerialet. Det kan her dreie seg om spor som kan korreleres til

analoge funn/hendelser i ved andre daterte lokaliteter. Slike korrelasjonsgrunnlag kan deles i tre kategorier:

- Pollenstratigrafisk korrelasjon
- Litostratigrafisk korrelasjon
- Strandforskyvningskorrelasjon

#### POLLENSTRATIGRAFISK KORRELASJON

Av pollendiagrammene leses vegetasjonsutviklingen i et gitt område, som igjen gir informasjon om klimautviklingen i området. Vegetasjonsutviklingen ligger imidlertid etter klimautviklingen, da den er betinget av de ulike artenes innvandringstid og etableringstid samt den tiden det tar før enkelte arter dør ut etter en klimaforverring. En art må være representert i et visst omfang før en kan si at den har levet i området og ikke bare er representert med fjernttransportert pollen. Denne tidsforskjellen mellom klimaendring og endring i vegetasjonsbildet, kan være ulik fra sted til sted da den også avhenger av de geografiske forhold.

Utbredelsen av arter som er spesielt følsomme overfor klimaendringer kan ofte lett gjenkjennes i andre pollendiagrammer fra samme landsdel. Typisk er her klimaforverringen i slutten av Allerød og klimaforbedringen mot slutten av Yngre Dryas, som er beskrevet og datert fra en lang rekke lokaliteter på sørvestlandet. Absolutt alder kan derfor bestemmes ved godt sonerte pollendiagrammer der disse klimaendringene registreres.

En skal være forsiktig med å korrigere radiologiske dateringer som en antar er ukorrekte, med pollenstratigrafien, da en ikke med sikkerhet kan fastslå en arts innvandringshastighet ved en gitt lokalitet. Dette vil i så tilfelle medføre fare for ringslutninger, eller at en justerer dateringen til feil klimaendring.

#### LITOSTRATIGRAFISK KORRELASJON

Identifiserbare lag med skarpe grenser, og som er avsatt gjennom et kort tidsrom, men over et større område, er viktige for korrelasjon mellom ulike lokaliteter. Det kan her dreie seg om kullag etter en

skogbrann (innen et begrenset område), eller askelag fra et større vulkanutbrudd (f.eks. Vedde Askelag (Mangerud et al, 1984)).

Der er ikke funnet askelag eller andre ledehorisonter som går igjen både på Randøy og på fastlandet. Der finnes derimot en del karakteristiske kullag i Lauhildrane 49 som kunne vært korrelert til andre bassenger på SørøstRandøy.

#### STRANDFORSKYVNINGSKORRELASJON

Denne metoden bygger på sammenlikning av strandforskyvningskurver. Da disse i stor grad er basert på  $^{14}\text{C}$ -dateringer, blir dette også en kontrollmulighet over for  $^{14}\text{C}$ -dateringene. En kan sammenlikne transgresjonstopper- og bunner samt transgresjons/regresjonshastigheter mellom ulike lokaliteter. En må her være oppmerksom på at de isostatiske forhold endres over avstander. Dette kan skyldes økende istykkelse innover i landet, ulike topografiske forhold som har forårsaket ulik isutbredelse samt ulike beskaffenheter i berggrunnen som innebærer ujevn isostatisk landheving.

Om en har dateringer fra nærliggende bassenger i ulike høydenivåer, kontrolleres også dateringenes rigtighet ved å sjekke at ingresjoner og isolasjoner kommer i en logisk tidsrekke.

### **SEDIMENTASJONSHASTIGHET**

Når en har to eller flere "sikre" dateringer fra et myrbasseng, kan sedimentasjonshastigheten i bassenget beregnes. Denne kan gi nyttige opplysninger om miljøet under avsetning og den kan gi en forklaring på den biologiske aktiviteten som registreres ved glødetapskurven. Andelen av organisk materiale i sedimentet avhenger også av tilførselen av minerogent materiale. Sedimentasjonshastigheten forteller også endel om vegetasjonsdekket på løsmassene i bassengets nedslagsområde.

Sedimentasjonshastigheten i den marine fasen i Liarmarka 32 er beregnet til 1,91 mm/år. Sedimentasjonshastigheten i perioden frem til inngresjonen av Lauhildrane 49 er beregnet til 0,51 mm/år, mens hastigheten for den marine fasen er beregnet til 0.91 mm/år.



Som nevnt tidligere er sedimentasjonshastigheten særdeles høy for Liarmarka 32. Dette har medført at forholdet mellom mikrofosilinnstrømming og avsetning av minerogent materiale har vært svært lavt. Sedimentasjonshastigheten i nederste del av Lauhildrane 49 er nesten en fjærdedel av hastigheten i Liarmarka 32. Dette skyldes nok to årsaker; at nedslagsfeltet i ved Lauhildrane er betydelig mindre, og at bassenget ikke har hatt marint miljø i denne perioden.

I den marine fasen av Lauhildrane 49 øker sedimentasjonshastigheten med 90 %. Denne fasen ligger også i Y.D. da tilstrømmingen fra nedslagsfeltet muligens var lavere, grunnet lengre vintre med lavere erosjon/forvitring. Den økte sedimentavsetningen må derfor forklares med at bassenget ligger relativt godt eksponert for havinnstrømming fra vest (jfr. paleogeografisk kart fig. 4.2).

### DISKUSJON

Dateringene som er nevnt i tabell 8.1, benyttes ved konstruksjon av strandlinjediagrammet for Hjelmeland (fig. 9.4), samt til å bestemme deglasiasjonen av lokalitetene.

Dateringene viser godt samsvar med dateringene fra Yrkje (Braaten & Hermansen 1985, Anundsen, 1985). De passer og godt med de andre dateringene av Yngre Dryas-transgresjonen og den preboreale regresjonen i landsdelen. (se tabell 8.3 og forøvrig kap. 9).

alder B.P.	deglas.	inngresjon	transgr.topp <sup>1</sup>	isolasjon
KARMØY	12.420	10.510	10.420	10.330
YRKJE	12.700	10.690	10.500	10.300 <sup>2</sup>
HJELMELAND	12.150	10.670	10.300	9.580 <sup>3</sup>

tabell 8.3

Forklaring til tabell 8.3:

<sup>1</sup> - transgresjonstoppens alder er lest ut av kurvene for å kunne sammenlikne de ulike kurvene. Dateringene fra Yrkje er hentet fra Braaten og Hermansen (1985). <sup>2</sup> - alderen er lest ut av kurven (op.cit.). <sup>3</sup> - dateringen antas å være for ung (jfr. diskusjon under). Dateringene fra Karmøy er hentet fra Austad og Erichsen (1987).

#### DATERING AV DEGLASIASJONEN VED LAUHILDRANE

Dateringen T-7571 fra bunnen av kjerne IX angir som nevnt over, minimumsalder for deglasiasjonen av Liarmarka.

Kjerne IX som her er datert, er som nevnt i kap. 4 ikke den kjernen som har nådd dypest i Lauhildrane 49. Kjerne X nådde som kjent 20 cm lenger ned, men der er ikke foretatt dateringer av materialet fra denne kjernen. Om en estimerer den samme sedimentasjonshastigheten for avsetningen av de nederste 20 cm i kjerne X, som den som er beregnet for bunnen av kjerne IX (se "sedimentasjonshastighet" over), vil de nederste 20 cm av kjerne X tilsvare en avsetningstid på ca. 110 år. Det vil derfor være naturlig å legge denne tiden til alderen for den eldste dateringen fra Lauhildrane når en skal sette en minimumsalder for avsmeltning av området.

Den antatte alderen til bunnmaterialet i Lauhildrane 49 blir dermed 12.820 B.P.

Til denne alderen hører der en viss usikkerhet. Det kan ikke sies med sikkerhet at kjerne X har gått 20 cm ned i eldre materiale enn kjerne IX. Dette antas imidlertid ut fra pollenkorrelasjon (kap.7). Det kan heller ikke slås fast at sedimentasjonshastigheten har vært konstant i dette tidsrommet.

Det må imidlertid antas at dateringen av bunnen av kjerne IX ikke daterer det eldste materialet i bassenget. Den foreslåtte alderen baseres på de antagelsene det er mest naturlig å legge til grunn for et slikt alderestimat. Den betraktes derfor her for å være mer realistisk enn den eldste dateringen fra kjerne IX.

#### ISOLASJON AV LIARMARKA 32 OG LAUHILDRANE 49

To av dateringene viser motstridende aldre.

Liarmarka 32 ble ifølge datering T-7572 isolert 9.640 ± 90 B.P., mens

Lauhildrane 49 ble isolert  $9.580 \pm 80$  B.P. (T-7569).

Om en plasserer isolasjonen av Lauhildrane ved standardavvikets eldste ytterkant og isolasjonen av Liarmarka 32 ved standardavvikets yngste yttergrense, vil de overlape hverandre. Men regresjonshastigheten vil i så tilfelle bli usannsynlig rask, da det er 18 meters høydeforskjell mellom de to bassengene (etter korreksjon for skjev landheving). Minst en av dateringene er derfor høyst sannsynlig noen hundre år for gammel eller for ung.

Isolasjonen av Liarmarka 32 har en langt mer realistisk alder enn den fra Lauhildrane 49. Dette fordi T-7572 fra Liarmarka plasserer den foregående transgresjonstoppen i midt/sen Y.D. og markerer en rask regresjon i sen Y.D og tidlig preboreal. Dette stemmer godt overens med de tilsvarende resultatene fra bl.a. Yrkje (op.Cit.) og Karmøy (Austad & Erichsen 1987).

Dersom T-7572 er for gammel og Lauhildrane 49 virkelig ble isolert 9.580 y.B.P. vil transgresjonstoppen for Y.D.-transgresjonen måtte plasseres i overgangen Y.D./preboreal, mens regresjonen plasseres i midt/sen preboreal. Der er imidlertid ingen andre strandlinjediagrammer fra sørvestlandet som kan underbygge dette.

Dateringen av isolasjonen i Lauhildrane betraktes derfor for å være for ung. En mer sannsynlig alder er derfor omlag 10.050 B.P.

Denne alderen antas ut fra korrelasjonene til Yrkje. Dersom Lauhildrane 49 ble isolert 10.050 B.P. passer både kurvens form ved transgresjonstoppen og regresjonshastigheten godt overens med Anundsens strandforskyvningskurve fra Yrkje. Regresjonshastigheten ved Hjelme-landsområdet blir da 5,0 cm/år frem til isolasjonen av Liarmarka 32 ( $9.640 \pm 90$  B.P.). Middels regresjonshastighet ved Yrkje var 5,1 cm/år frem til isolasjonen av Yrkje 25 (9.800).

Ved inndeling av kronosoner (fig 4.16), og ved beregning av sedimentasjonshastighet for den øverste delen av Lauhildrane 49, er den antatte alderen 10.050 B.P. benyttet i stedet for T-7569 (9.580 B.P.).

## KAPITTEL 9 STRANDFORSKYVNING

### STRANDFORSKYVNINGSKURVEN

Strandforyskyvningskurven illustrerer endringen av det relative havnivået gjennom tid. Verdiene i kurven utgjør summen av eustasi og isostasi.

Da de to ulike prosessene virker samtidig, og da de både kan forsterke og motvirke hverandre, er det ikke mulig ut fra disse undersøkelserne å kartlegge de to prosessene uavhengig av hverandre i dette området, ei heller kan en av dem fremstilles alene.

Endring av absolutt havnivå kan derimot undersøkes, bl.a. ved å nivelere og datere fossile koralrev som ligger terrassevis innover i landet på øyer som er under tektonisk oppløfting, der man kan anta konstant hevingshastighet gjennom en begrenset periode (som Kvartær).

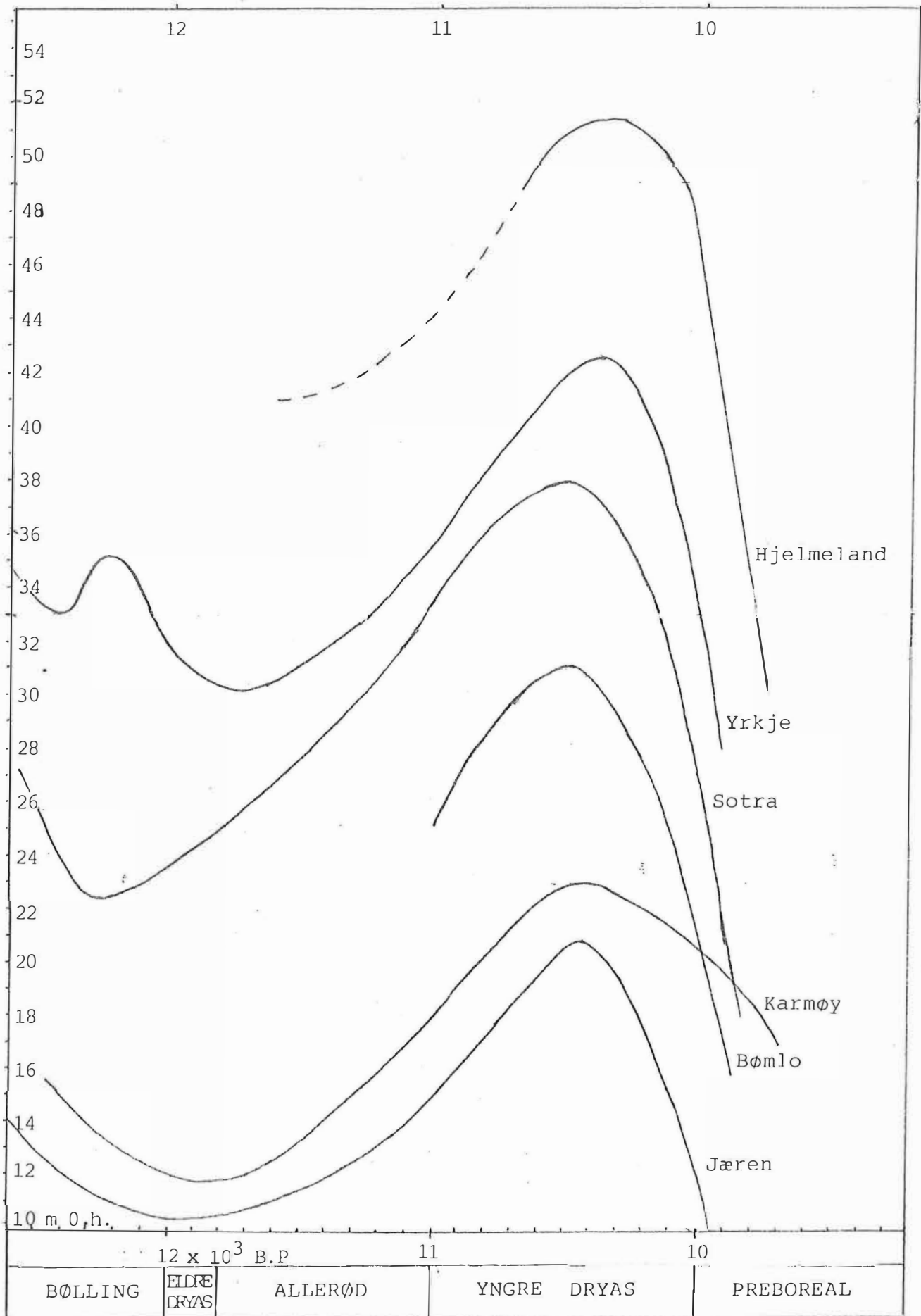
Vi kan si en del om de to prosessenes enkeltvise virke gjennom sen-glacial tid. De blir her presentert for å anskueliggjøre de faktorer som påvirker strandforyskyvningen.

### EUSTATISK ENDRING

Under Weichselisens maksimumsutbredelse (ca. 20.000 B.P. på mesteparten av den nordlige og deler av den sørlige halvkule og omkring 15.000 B.P. på deler av den nordlige og sørlige halvkule), hadde havnivået et absolutt minimum.

Under isavsmeltingen var der flere perioder med klimaforverring og isfremrykk. Det må antas at disse kan ha forsinket eller stoppet den eustatiske havhevingen.

Isfremstøtet i Yngre Dryas, som foregikk i den perioden strandforyskyvningen her er undersøkt, er registrert både i Nord-Amerika og Sør-Amerika. Det ser med andre ord ut til å ha hatt en flerkontinental utbredelse som kan ha hindret eller stoppet hevingen av havnivået.



Figur 9.2 Strandforskyvningskurver fra VestNorge; Jæren, Karmøy, Bømlo, Sotra, Yrkje, Hjelmeland



Geoideeffekten må også nevnes som en faktor som medfører hevingen av havnivået.

Geoiden er en modifisert utgave av den elipsoiden som tilnærmet har jordens form. Geoiden korrigerer i grove trekk for jordens ujevne overflate.

Geoideeffekten virker mot tyngdekraften ved at vann også tiltrekkes av store fjellmassiver som vannet grenser inn mot.

Dette ser vi idag på havoverflaten i en trang fjordarm, som buer opp mot de bratte fjellssidene. Likeledes har større isfronter som har ligget ut mot kysten påvirket havnivået, slik at det har blitt hevet noen meter.

#### ISOSTATISK ENDRING AV JORDSKORPEN

Den isostatiske landhevingen har pågått siden isavsmeltingen tok til etter Weichsels maksimum, og den pågår fortsatt.

Men vi ser at mesteparten av denne hevingen foregikk fra isavsmeltingen og i løpet av de første århundredene etter den siste avsmeltingen.

Det må antas at landhevingen ble hindret og i enkelte områder stoppet under de ulike isfremstøt. I Anundsen & Fjeldskaar (1903), påvises en nær sammenheng mellom isoscillasjoner og de geofysiske prosessene i jordskorpen. Disse undersøkelsene må imidlertid betraktes som en første tilnærming, da slike undersøkelser ikke har pågått lenge.

Jordskorpens tykkelse varierer med overflatehøyden. Jordskorpen under en fjellkjede går langt dypere ned i mantelen enn jordskorpen under et lavlandsplatå, som igjen går dypere ned i mantelen enn havbunnskorpen. Massen som flyter i mantelen vil befinne seg i en likevektstilstand der massen er like stor over som under en tenkt likevektslinje.

Likevektslinjen er en sfære i jordskorpen som definerer jordskorpens likevekt i oppdriften over den "flytende" mantelen. Denne sfæren er ikke plan som havet, men bøyer ned i de tykke kontinentalblokkene og ligger relativt høyere i den tynnere marinskorpen.

Når jordskorpens tykkelse endres, f.eks. ved innskyving av skyvedekker eller ved pålegging av et isdekke, vil likevekten forskyves, og

skorpen presses dypere ned i mantelen.

En rekke andre prosesser vil virke i og på jordskorpen ved tilføring av nye masser over jordskorpen, som komprimering av sedimenter og bergarter, utskyvinger av fjellkropper langs forkastningsplan.

Fjeldskaar (1983) redegjør for ulike modeller for landheving. De ulike modellene forklares ut fra ulik oppbygging av mantelen. En modell forutsetter at mantelens sammensetning er av plastisk tilstand, mens en annen modell bygger på at mantelens materiale er av fast form.

I den første modellen kan konveksjonstrømmer bevege seg fritt rundt i hele mantelens tykkelse (Haskel 1935). For modellen med mantel i fast form må materialstrømninger gå i avgrensede kanaler øverst i mantelen (van Benelen & Berlage 1935).

Det må antas at isfremstøt under deglasiasjonen også har påvirket landhevingen under deglasiasjonen i negativ betydning. Men det er vanskelig å si hvor stort omfang denne prosessen har hatt umiddelbart utenfor fremstøtet. Det avhenger blant annet av de lokale berggrunnstrukturene, omfanget av forkastningssystemer o.l.

Dette vanskeliggjør diskusjonen omkring transgresjonstoppen i Yngre Dryas, og dekomponeringen av resultatene til eustatiske og isostatiske prosesser.

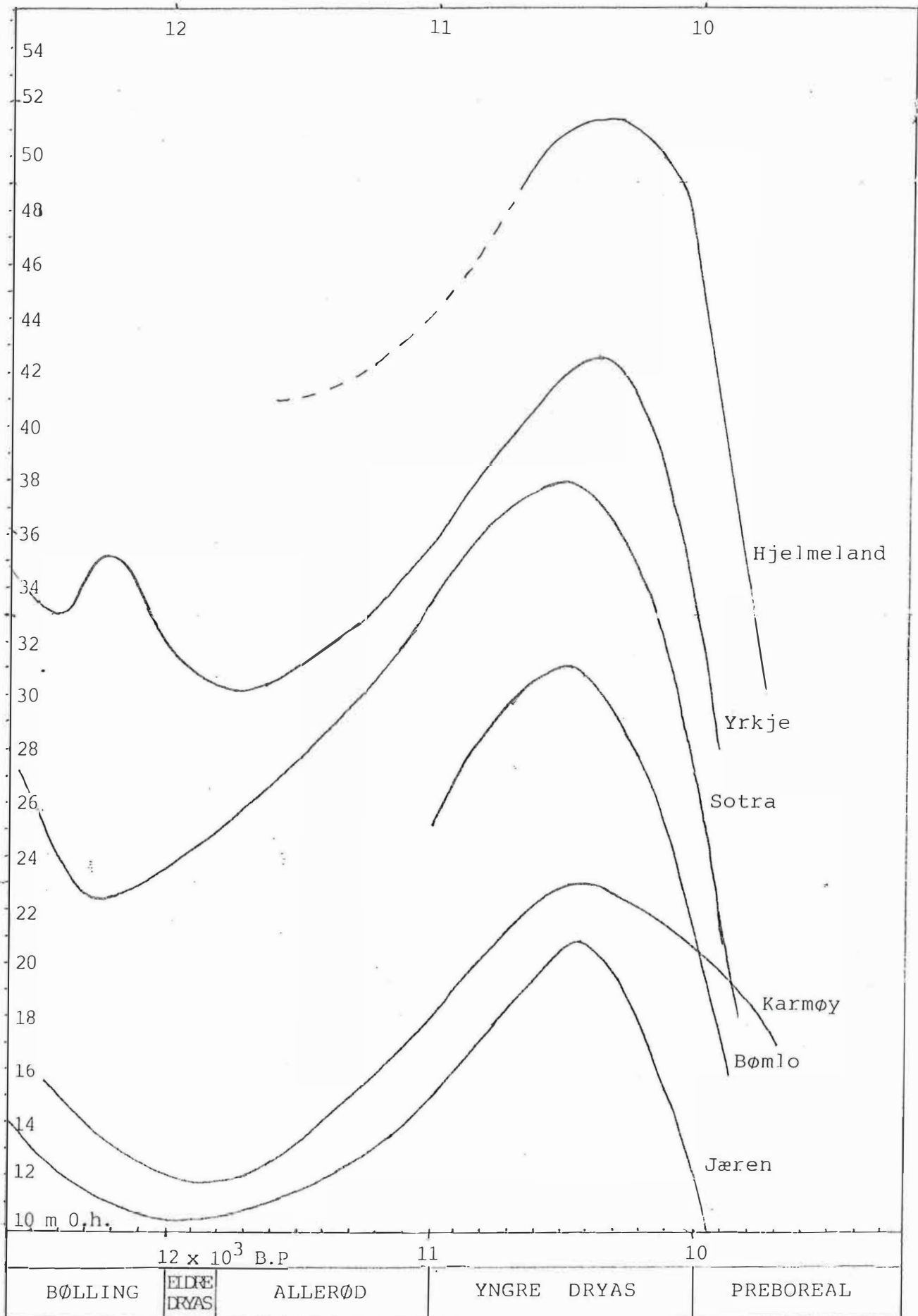
## STRANDFORSKYVNING PÅ SØRVESTLANDET

### SOTRA

Krzywinski & Stabell (1984) har undersøkt 10 bassenger mellom 22 og 40 m o.h. m.h.p. pollenanalyse og diatomeanalyse. Der er gjort  $^{14}\text{C}$ -dateringer bl.a. av isolasjons- og inngresjonskontakter.

Strandforyskyvningskurven som er konstruert viser en regresjonsbunn i Bølling etterfulgt av en jevn transgresjon frem til Yngre Dryas og deretter en rask regresjon i sen Y.D. og tidlig Preboreal.

Bassengene ligger fordelt fra syd på Tofterøy til nordenden av Sotra. Flere av dem ligger i nærheten av isobasen på 30 m som Aarseth & Mangerud (1974) konstruerte for vestlandet. Men noen av bassengene ligger relativt langt fra denne linjen. Der er 3,6 km i "gradient-



Figur 9.2 Strandforyringskurver fra Vest-Norge; Jæren, Karmøy, Bømlo, Sotra, Yrkje, Hjelmeland

avstand" mellom det vestligste og det østligste bassenget. Men der er ikke korrigerert for skjev landheving. Anundsen (1985), har derimot justert bassenghøyden etter en strandlinjegradiant for Holocene (1,2 m/km), som er utarbeidet av Kaland (1984).

Der er flere avvik mellom radiologiske dateringer og mellom pollen-sonedateringer, og likeledes mellom dateringer av A -og B-fraksjonen. Enkelte dateringer er også motstridende ved at bassenger i følge dateringer ble isolert i feil rekkefølge i forhold til terskelhøyden. Dette kan skyldes forurensing som bl.a. blir diskutert i Kaland, Krzywinski & Stabell (1984).

Resultatene fra denne artikkelen (op.cit.) har forårsaket at Krzywinski og Stabell velger å feste mer lit til de biostratigrafiske korrelasjonene enn til en del av dateringene.

Den kronostratigrafiske inndelingen er derfor i stor grad basert på pollenstratigrafien.

Krzywinski & Stabell (1984) bestemmer de to klimaforverringene Eldre og Yngre Dryas ut fra pollenstratigrafien. Denne tolkingen har i ettertid møtt kritikk (Svendsen 1984, Anundsen 1985), der det argumenteres med at fluktuasjonene innen enkelte arter i pollenstratigrafien, ikke behøver å bety en klimaoppgang (Allerød), som adskiller Eldre og Yngre Dryas. Klimaoppgangen som Krzywinski & Stabell, tolker til Bølling foreslås defor av Svendsen (1984) å flyttes til Allerød, mens det publiserte Eldre Dryas foreslås som første del av Yngre Dryas.

Krzywinski & Stabells resonement er logisk riktig, og det kan forsvares rent vegetasjonshistorisk. De mange opplysningene som har kommet til angående bestemmelse av kronosonene, tyder imidlertid klart på at de overnevnte justeringene av kronosonene fra Sotra nok er mer korrekte enn de som først ble publisert.

#### BØMLØ

Fægri (1944) beskriver en senglacial transgresjon ved Bømlø som han påviser gjennom pollenanalyse og stratigrafiske undersøkelser. Etter

vegetasjonsutviklingen konkluderer han med at transgresjonen fant sted i Allerød. Det gjør den også korrelerbar med transgresjonen ved Jæren (Fægri 1939). Anundsen (1977,1978) mener derimot at transgresjonen fant sted noe seinere (Y.D.). Han sammenlikner pollendiagrammene mellom Bømlo og Yrkje, og finner en analog vegetasjonsutvikling som dermed taler for at transgresjonen på Bømlo var samtidig med den i Yrkje.

Transgresjonmaksimumet var etter Fægri 1944 på 32,2 m.

Kaland (1984) har datert en del av isolasjonskontaktene fra Fægri's bassenger, og påvist at transgresjonen fant sted i Y.D. Han har også justert strandforskyvningskurven for skjev landheving, slik at transgresjonmaksimumet er endret til 30,5 m.

#### KARMØY

Austad & Erichsen (1987) undersøkte 4 bassenger fra Nord-Karmøy. ~~Æ36~~ Det er foretatt pollen- og diatomeanalyse, og det foreligger 11

dateringer fra bassengene. Kun 4 av disse var imidlertid klare da arbeidet ble utgitt, og kun disse ligger til grunn som  $^{14}\text{C}$ -dateringer da strandforskyvningskurven ble utformet.

Denne viser en regresjon i Bølling, etterfulgt av transgresjon fra midten av Allerød og utover i Yngre Dryas. Regresjonsbunnen i Allerød er ikke bestemt, men den lå sansynligvis under 13 m o.h.

Transgresjonstoppen i Y.D. antas å ligge omkring 22 m o.h., bestemt av  $^{14}\text{C}$ -dateringer som viser kort intervall mellom inngresjon og isolasjon i Gunnarhaugsvatn 21 m o.h. Toppen antas å ha funnet sted 10.400 B.P. Regresjonen i sen Y.D. og utover i Preboreal, gikk langt langsommere her enn tilfellet var lenger inne i landet (Yrkje (Anundsen 1985), Hjelmeland, jfr. diskusjon under).

Bassengersklene er korrigert for ujevn landhevning.

#### YRKJE

Området har vært åsted for en rekke undersøkelser, (Anundsen 1977, 1978) (Anundsen & Fjeldskaar 1983) og (Braaten & Hermansen 1985). Det er ialt undersøkt 9 bassenger bl.a. med glødetapsundersøkelser og diatomeanalyser. Tre bassenger er dessuten pollenanalysert.



Der foreligger 27  $^{14}\text{C}$ -dateringer (Anundsen 1985). Strandforskyvningskurve er konstruert på bakgrunn av miljøendringene og dateringene av disse, fra ialt 6 bassenger (se fig. 9.2).

Den eldste dateringen av bunnmateriale er på 12.700 B.P. (30 m basseng) som betraktes som minimumsalder for deglasiasjon av Yrkje.

Krzywinski & Stabell (1984) foreslår en resonering av noen av pollensonene som Anundsen (1978) har korrelert til kronosoner i Yrkje. Allerød foreslås forlenget slik at den også omfatter *Betula/Artemisia/Cyperaceae*-sonen, Y.D. foreslås begrenset til *Poaceae/Ericaceae*-sonen, mens preborealgrensen flyttes opp til *Betula*-oppgangen.

Det karakteristiske for Yrkje er at det herfra er beskrevet to transgresjonstopper, en i Bølling og en i Yngre Dryas. Den siste er i ettertid bekreftet ved registreringer ved en rekke andre arbeider fra landsdelen (som også omtales i dette kapitlet).

Transgresjonen i Bølling som er obsertert ved inngresjonen av Tinghaugsmyra, innledet en marin periode på omlag 500 år i dette bassenget. Denne periodens lengde indikerer at Bøllingtransgresjonen kan ha gått en del høyere enn 33 m bassenget. Braaten & Hermansen (op. cit.) foreslår en transgresjonstopp på 34 - 35 m, mens Anundsen (1985) antyder at den kan ha nådd over 38 m. Anundsen og Fjeldskaar (1983) forklarer transgresjonen ved at et mindre brefremstøt har forårsaket nedpressingen av landområdene like utenfor dette.

Austad & Erichsen (1987) har derimot, gjennom pollenstratigrafien, registrert en klimanedgang i denne perioden som underbygger teorien om brefremstøt i forbindelse med Bøllingtransgresjonen.

Regresjonen som etterfølger den nevnte transgresjonen og går ned under 30 m, representerer regresjonsminimumet i Yrkje. Braaten & Hermansen (1985) plasserer regresjonsbunnen i Eldre Dryas kronosone, mens Anundsen (1985) plasserer den noe senere (11.600-11.700 B.P.).

Anundsen strekker her også intervallet mellom isolasjonen og inngresjonen av 34 m bassenget ut over et lengre tidsrom; 12.100 - 11.250 B.P. mens Braaten & Hermansen beskriver en langt kortere periode mellom isolasjonen og inngresjonen i 33 m bassenget som de har undersøkt og de forklarer dette ut fra dateringene av miljøendringene.

Denne ulike tolkingen kan ha sin årsak i at de to arbeidene bygger på

ulike bassenger i området, hvor sedimentasjonsforeløp- og hastighet har vært forskjellig.

Forskjellen i terskelhøyde på 1 m har trolig lite å si for tolkingen, da ingen av de to kurvene vil endre karakter om høyden justeres en meter i diagrammet.

Etter inngresjonen i 33 og 35 m bassengene foregår en langsom transgresjon gjennom 6-700 år (0,3 cm/år), etterfulgt av en rask transgresjon frem til transgresjonstoppen (og marin grense) i Yngre Dryas (2 cm/år). Disse transgresjonsforeløpene tidfester også Anundsen til en noe seinere periode enn Braaten & Hermansen, slik at denne andre transgresjonstoppen i Yrkje fant sted et par hundre år seinere i følge Anundsen (1985), enn den toppen Braaten & Hermansen (1985) beskriver. Regresjonen etter Y.D.transgresjonen foregikk meget hurtig i Yrkje med 8-10 cm/år (Braaten & Hermansen 1985, Anundsen 1985).

Denne hurtige regresjonen i tidlig Preboreal registreres også i Hjelmeland i følge mine undersøkelser og den er forøvrig kjent over vestlandet generelt.

#### TAU

Hermansen og Anundsen har gjort innledende undersøkelser i et område ved Tau, Roar Austad har gjort pollenanalyse i et basseng 36 m o.h., og Flatekvål har gjort detaljerte undersøkelser (bl.a. pollenanalyse) til sin hovedoppgave fra Tauområdet.

Undersøkelsene viser at transgresjonen i Y.D. sannsynligvis ikke har nådd opp til et basseng 39 m o.h. (Flatekvål in prep.).

#### JÆREN

Fægri (1939) fra Jæren er det første arbeidet der de ulike gamle strandvollene settes inn i et system. På bakgrunn av strandvoller beliggende i ulike høyder og pollenanalyse fra bassenger på Nord- og Sentral-Jæren, bestemte Fægri en transgresjon som han mente var eldre enn Allerød. Fægri (1943) påviser også denne "PreAllerød-transgresjonen" på Bømlo. Seinere radiokarbondateringer viser at transgresjonen er yngre (Thomsen 1982).

Fægri bestemte også marin grense til 25 m o.h. ut fra strandvoller i

området.

Thomsen (1981) har gjort pollen- og diatomeanalyser fra 5 bassenger på Nord-Jæren. Den eldste dateringen i området er på  $15.500 \pm 300$  y.B.P., og viser at området ligger meget perifert i forhold til isfronten. Denne dateringen (fra Kulebergmyra 21 m o.h.), har en strandvoll til terskel. Denne antas å være dannet under transgresjonen som nevnt over. Thomsen antar terskelen lå 15,5 m o.h. før strandvollen ble bygget opp i slutten av Bølling.

Thomsen korrelerer Fægri's transgresjon til den hennes egne undersøkelser påviser.

Thomsens strandforskyvningskurve viser en regresjonsbunn til under 12 m o.h. i skillet Bølling/Eldre Dryas etterfulgt av en økende transgresjon opp til 21 m o.h. med topp i tidlig Yngre Dryas.

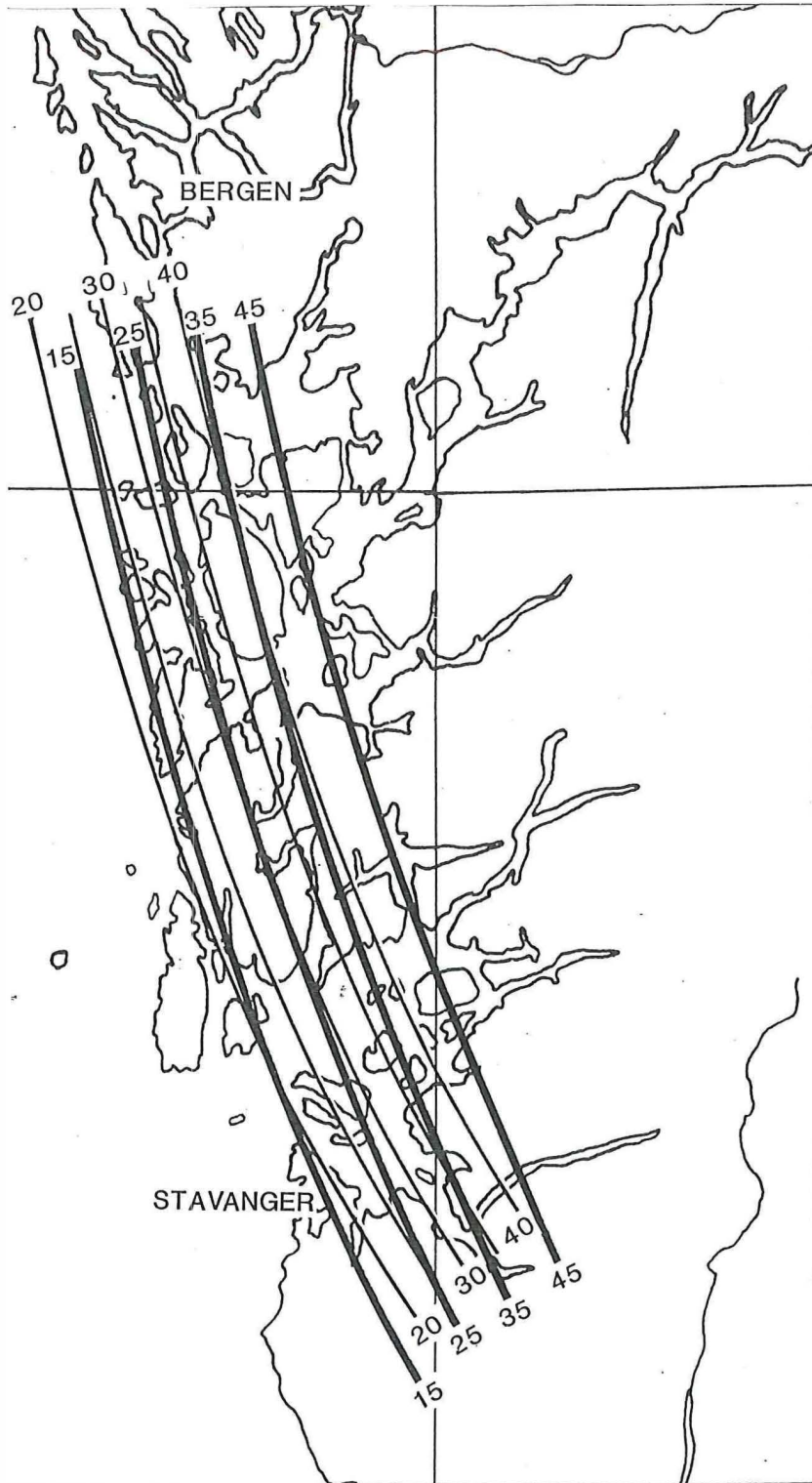
Anundsen (1985) mener transgresjonen fra Jæren må ha vært seinere enn Fægri (1939) og Thomsen (1982) antar. Dette begrunnes med at inngresjonen ved Kulebergmyra er 3-400 år for gammel om en tar hensyn til vegetasjonsutviklingen samt sedimentasjonshastigheten i bassenget. Dersom den daterte alderen på inngresjonen er riktig, har sedimentasjonshastigheten vært uvanlig høy i den marine fasen, sammenliknet med den lakustrine fasen.

Etter Anundsens tolkning av strandforskyvningskurven, kommer transgresjonen i Yngre Dryas og ikke i Allerød som først antatt.

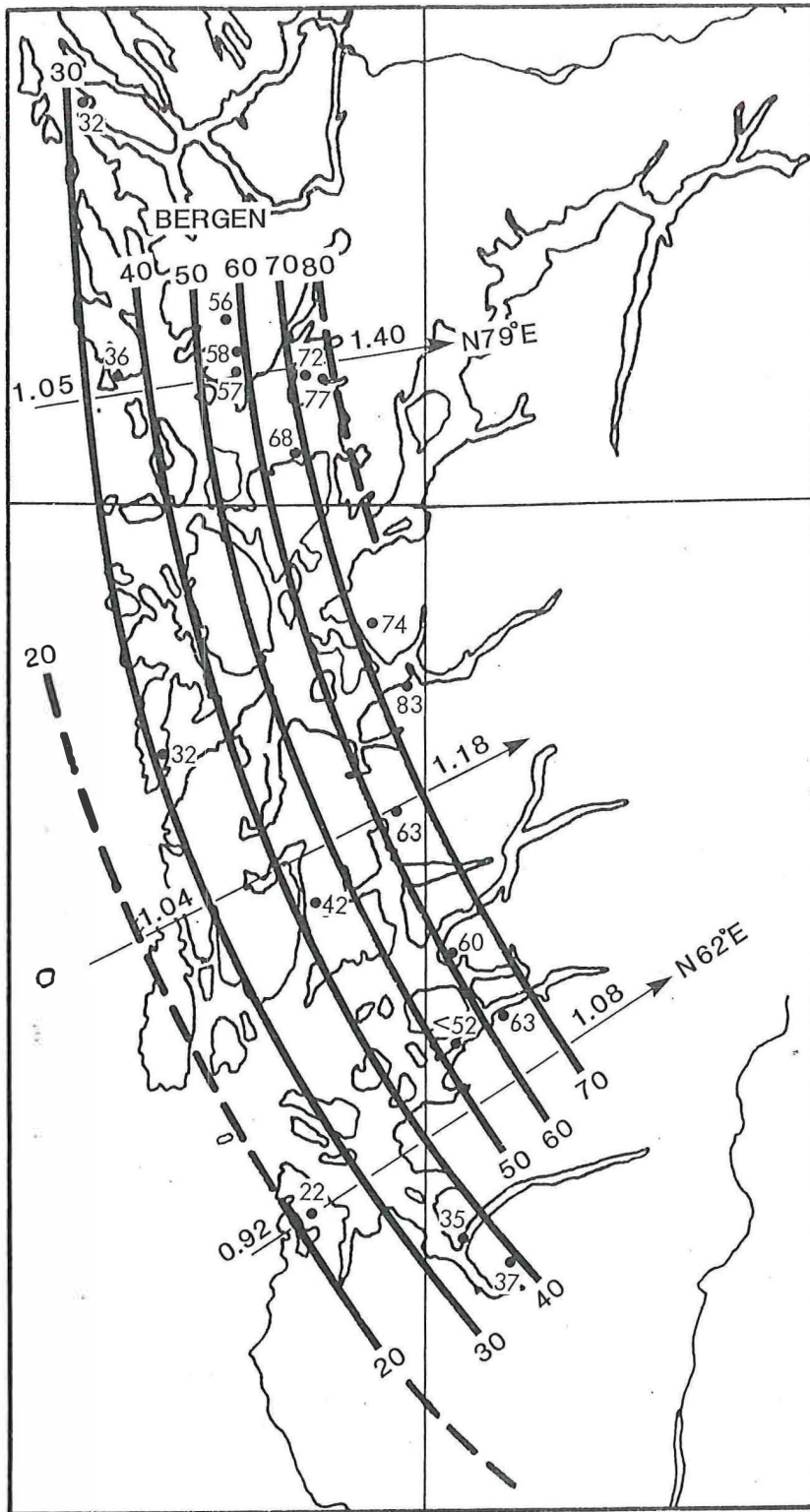
Dette gjør den korrelerbar med Y.D.-transgresjonen som er beskrevet fra de andre lokalitetene (nevnt over) fra vestlandet.

#### ISOBASELINJER

En isobase er en tenkt linje som er trukket mellom lokaliteter der havnivået har hatt like høyde (over dagens havnivå) til samme tid. Observasjonene som legges til grunn for konstruksjon av isobasene, kan være daterte isolasjonsbassenger, deltaer, isranddeltaer, strandvoller m.m. Da det finnes få daterte strandvoller og deltaer på vestlandet, er de fleste dateringene hentet fra isolasjonsbassenger. Aarseth & Mangerud (1974:fig.11) har derimot konstruert isobaser fra fra områdene rundt Bjørnafjorden, på bakgrunn av antatt samtidige isranddeltaer.

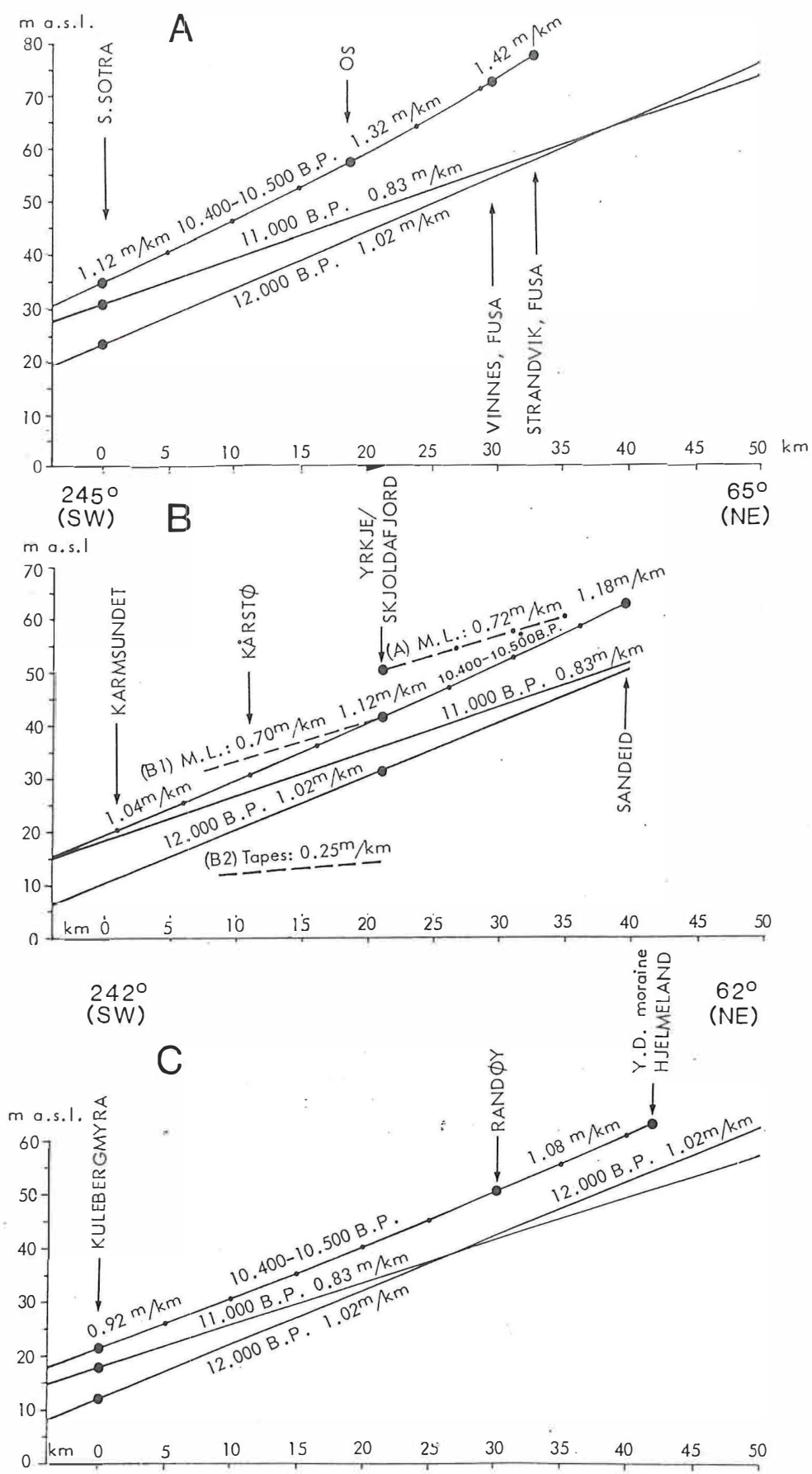


Figur 9.3 isobasekart for SørvestNorge, 12.000 B.P. (tykk linje) og 11.000 B.P. (tynn linje). Etter Anundsen 1985



Figur 9.4 isobasekart for SørvestNorge, 10.400 B.P. (Y.D.-fremstøtet)  
 Etter Anundsen (1985)





Figur 9.5 Landhevingsgradienter fra ulike perioder ved A: Sotra - Bergen, B: Karmøy - Sandeid og C: Jæren - Lysefjorden, basert på fig. 9.5 & fig. 9.6. Store punkter er observasjonspunkter langs profilet. Små punkter langs 10.400-10.500-linjene er beregnede høyder etter formelen til Fjeldskær & Kanestrøm (1981). Etter Auundsen (1985)

Isobaselinjer fra ulike nivåer er således konstruert for vestlandet, og plottet inn på kartet som koter. De plottes normalt med en ekvidistanse på 10 meter.

Anundsen (1985) har konstruert isobasekart for Yngre Dryas-isobasene, 11.000- og 12.000 B.P.-isobasene for sørvestlandet (fig.9.3 - 9.4).

#### STRANDLINJEGRADIENTER

En strandlinjegradienkurve sammenfatter lokaliteter som har hatt ulike havnivå til samme tid. Lokalitetene ligger på rekke langs isens bevegelsesretning, og dermed normalt på isobaselinjene. Gradientkurven gir således et uttrykk for den ulike landhevingen fra de perifere kyststrøk og inn til de mer sentrale områder.

Sammenstilles hevingsgradientkurver fra ulike perioder ved samme lokaliteter, får man en illustrasjon av jordskorpens tiltbevegelse (rotasjon) i tillegg til dens heving (se fig.9.5).

I Figur 9.5 er de før omtalte lokalitetene fra sørvest- og vestlandet sammenstilt i tre hevingsgradientdiagrammer (etter Anundsen 1985).

### **STRANDFORSKYVNING I HJELMELAND**

De undersøkte bassengene ligger mellom isobaselinjene for 50 og 60 m, etter isobasekart for Y.D., Anundsen (1985).

Strandforskyvningskurven er konstruert på bakgrunn av dateringene fra Liarmarka 32, Lauhildrane 49 og Randøy 52. Avstanden mellom de to bassengene på Randøy er omlag 400 m langs isobaselinjen, og den kan derfor overses m.h.p. eventuell skjev landheving.

Avstanden mellom Lauhildrane 49 og Liarmarka 32 er 1,8 km.

Om en måler avstanden langs en linje normalt på isobaselinjene, blir denne 1,2 km. Et kompliserende moment er det her at Fisterfjorden går mellom de to bassengene. Det er ikke mulig å undersøke hvorvidt landhevingen har vært jevn mellom disse bassengene. Fjorden kan for eksempel skjule et forkastningssystem.

Det er her valgt å se bort fra muligheten av lokale tektoniske bevegelser i Fisterfjorden. Terskelhøyden korrigeres derfor ved Liarmarka 32 som ved normal skjev landheving. Terskelhøyden for Liarmarka 32 ble

derfor justert opp med 1,0 m i forhold til bassengene på Randøy som ble betraktet som nullpunkter.

#### REGRESJONSBUNN

De daterte inngresjons- og isolasjonskontaktene indikerer at strandforskyvningskurven for Hjelmeandsområdet viser en transgresjon frem mot midten av Y.D. og en regresjon i slutten av Y.D. Da der ikke er funnet noe basseng under 49 m o.h. med inngresjonsovergang, kan det her ikke sies så meget om kurvens form før inngresjonen av Lauhildrane 49 (10.670 ± 120 B.P.). Det vi vet er at kurven ikke har ligget så lavt som ved 31 m o.h., da Liarmarka 32 (korrigert til 31 m o.h.) kun har marin fase i dette tidsrommet (jfr. kap.5).

Liarmarka 28 og Liarmarka 32 har kun marin fase frem til isolasjonen i tidlig preboreal (se dateringer kap. 8).

Opplysninger fra pollenanalysen (kap.7) peker mot at strandlinjen har stått høyt oppunder Lauhildrane 49 gjennom en lengre tid (3-400 år) før inngresjonen. Dette anses imidlertid ikke for å være så eksakte opplysninger at de danner grunnlag for å konstruere strandforskyvningskurve for denne perioden. I strandforskyvningskurven er der likevel tegnet inn en stiplet kurve for en del av Allerød. Dette er gjort for å markere hvor en antar at den ville ha godt om en hadde hatt tilstrekkelige data til å konstruere den for Allerød. Den stiplede kurven begynner ved 42 m over dagens havnivå. Dette er det nivå som det er mest sannsynlig at en eventuell regresjonsbunn i området har ligget omkring. Et argument for dette er konklusjonene i pollenanalysen som peker mot at havet stod forholdsvis nært oppunder bassenget i denne perioden. Et annet argument som taler for en eventuell regresjonsbunn ved 40 m o.h., er at høydeforskjellen mellom en regresjonsbunn ved den nedre grensen på 31 m o.h. og transgresjonstoppen på 51 m o.h., vil bli hele 20 m. Dette er langt mer enn høydeforskjellen ved noen av de andre lokalitetene i landsdelen.

De overnevnte lokalitetene ved Jæren, Karmøy, Yrkje og Sotra har alle en høydeforskjel mellom 10 og 13 m (Austad & Erichsen 1985) (se tabell 9.1). Ved en regresjonsbunn på 40 m over dagens havnivå i Allerød, vil høydeforskjellen mellom denne og transgresjonstoppen bli 10-11 m.

	REGRESJONSMIN.	TRANSGRESJONSMAKS.	HØYDEFORSKJELL
SOTRA	24 m o.h.	36 m o.h.	12 m
BØMLØ	?	30 m o.h.*	
KARMØY	12 m o.h.	22 m o.h.*	10 m
YRKJE	29 m o.h.	42 m o.h.*	13 m
JÆREN	12 m o.h.	22 m o.h.	10 m

tabell 9.1

\* - nivåene i tabellen er justert av Anundsen (1985).

#### TRANSGRESJONSKURVEN OG LANDHEVINGSGRADIENTEN

Landhevingsgradientene som er utarbeidet av Anundsen (1983), bygger dels på observerte eldre havnivåer og dels på antatte eldre havnivåer som er beregnet ut fra en formelen utarbeidet av Fjeldskaar & Kanestrøm (1981). Ved konstruksjonen av gradientkurvene for 11.000 B.P. og 12.000 B.P. er det antatt at isobaseretningene er konstante for hele sørvestlandet, gjennom perioden 12.000 - 10.500 B.P. Denne antagelsen er relativ usikker, men det er nødvendig å bygge på denne for å kunne fremstille en gradientlinje for 12.000 og 11.000 B.P.

I landhevingsgradienten for Jæren - Lysefjord plotter Anundsen (1985) inn Randøy, som representeres ved Y.D.-havnivået i 10.400-10.500 B.P.-gradienten (fig. 9.5). Dette nivået estimeres til 50-51 m o.h. ut fra det lakustrine bassenget Randøy 52 (Anundsen unpubl.). Dette nivået kan og estimeres ved å ekstrapolere 50 m-isobasen sørover til Randøy, men der er fortsatt ingen klare opplysninger som bekrefter at havet sto så høyt som 50-51 m over dagens nivå i Y.D. i Anundsen (1985). Inngresjonen i Lauhildrane kan derimot bekrefte at den ekstrapolerte 50 m-isobasen over Randøy er riktig plassert.

Gradientene for 12.000 og 11.000 B.P. ved Jæren - Lysefjord, har kun ett observasjonspunkt; Kulebergmyra på Jæren (Thomsen 1981).

Gradientlinjenes helning ved 12.000 og 11.000 bygger på en hevningsgradient på h.h.v. 1,02 og 0,83 m/km. Det forutsettes her at helningen er lik ved Sotra - Bergen-, Karmøy - Sandeid- og Jæren - Lysefjord-gradientene, til samme tid. Dette er en ganske løs antagelse. Men den

danner grunnlaget for en modell som senere undersøkelser kan prøves mot, for så eventuelt å modifisere denne.

Om vi leser havnivået ved Randøy for 12.000 og 11.000 B.P. ut fra gradientlinjen, vil dette ligge på h.h.v. 44 og 42 m over dagens havnivå. Disse nivåene er en tanke for høye til å representere en eventuell regresjonsbunn (jfr. diskusjonen over vedr. høydeforskjell). Om en eventuell regresjonsbunn har funnet sted i perioden mellom 12.000 og 11.000 B.P., vil denne kunne gå noe dypere enn 42 m o.h. mens strandforskyvningskurven forøvrig kan passe med de to høydene på 42 og 44 m o.h. En regresjonsbunn i denne perioden ville forøvrig kunne korreleres til de overnevnte lokalitetene (Jæren, Karmøy og Yrkje).

Om det antas at en regresjonsbunn i E.D./Allerød ligger så lavt som ved Liarmarka 32 (som er nedre grense, 31 m o.h.), vil gradienten få en helt annen helning. Hevingsgradienten vil i så tilfelle være 0,65 m/km for 12.000 B.P. og 0,46 m/km for 11.000 B.P. Dette vil i så fall være middelveier for strekningen Jæren - Randøy. Gradientlinjen måtte da hatt en knekk, da høydeforskjellene vitterlig er langt lavere ved de andre lokalitetene i landsdelen.

#### TRANSGRESJONSTOPPEN

Transgresjonens topp med overgang til en ny regresjon kan bestemmes ut fra miljøgrensene i Lauhildrane 49 og miljøet i Basseng Randøy 52. Da Randøy 52 kun har hatt lakustrint miljø (Aanundsen upubl.), angir dette transgresjonstoppens maksimumsverdi.

Da det ikke finnes spor av marine fossiler i dette bassenget må det antas at transgresjonstoppen må ha ligget 1 - 2 m under bassengterskelen. Bassengterskelen ligger østvendt, og bassenget ligger ikke spesielt eksponert for havbølger.

Ifølge dateringene av inngresjons- og isolasjonskontaktene har den marine perioden i Lauhildrane 49 vart i omlag 1100 år. Som nevnt i kap. 8 justeres isolasjonen omlag 400 år tilbake, i forhold til dateringen (T-7569), og det antas at den marine fasen har vart omlag 600 år. Dette innebærer en relativt flat kurve i den marine fasen, da havnivået kun har beveget seg ca. 2 m opp og ned, i løpet av ca 600 år.



REGRESJONSHASTIGHETEN

Regresjonen i Preboreal foregikk relativt hurtig. Den er registrert ved dateringen av isolasjonen av Liarmarka 32 ( $9.640 \pm 90$  B.P.). Det betyr en regresjon på 18 m i løp av ca 400 år, og det gir en regresjonshastighet på 4,5 cm/år. Dette tilsvarer regresjonshastigheten i Yrkje (5,1 cm/år) (Braaten & Hermansen 1985, Anundsen 1985).

## KAPITTEL 9 SAMMENDRAG

Undersøkelsene er gjort ved Fister og på Randøy i Hjelmeland kommune, Ryfylke. Tre isolasjonsbassenger er undersøkt. To av dem ligger sammen på fastlandet 28 og 32 m o.h., og et basseng ligger på Randøy 49 m o.h. I tillegg er der benyttet opplysninger fra et annet basseng på Randøy, 52 m o.h., som Anundsen har undersøkt.

Sedimentstratigrafien i bassengene inndeles i 4 formasjoner som igjen deles i 1-4 lag. Overgangene mellom disse har dels sammenheng med klimaendringer, og dels sammenheng med transgresive miljøendringer. Disse endringene passer også med de endringene som kommer frem i glødetapsundersøkelsene.

Overgangene fra minerogene til gytjige sedimenter faller sammen med overgangene fra marint til lakustrint miljø.

Pollenanalyse og diatomeanalyse er foretatt på prøvemateriale fra et basseng ved Fister (Liarmarka 32) samt det undersøkte bassenget på Randøy (Lauhildrane 49).

Fullstendige pollendiagrammer er utarbeidet fra bassenget på Randøy.

Dateringer av stratigrafien i bassengene er gjort ved  $^{14}\text{C}$ -metoden og ved sammenlikning av vegetasjonsutviklingen.

Det eldste materialet er datert til omlag 12.150 B.P. (Liarmarka 32), som anses å være kort tid etter deglasiasjonen av området.

Det eldste materialet i Lauhildrane 49 er anslått til å ha en alder omkring 12.000 B.P.

Vegetasjonen på Randøy er tolket til å være sparsommelig, dominert av pionerarter gjennom første del av Allerød. Buskvegetasjon får imidlertid utvikle seg i siste del av Allerød og frem til overgangen til Yngre Dryas. Området var på denne tid åpent eksponert mot havet, grunnet det høye havnivået som sto over store deler av dagens øy- og landarealer. Bassenget Lauhildrane 49 hadde da terskelen over havnivå. Det kjemiske miljøet i bassenget hadde en overgang fra svakt alkalisk til svakt surt miljø gjennom Allerød kronosone.

I begynnelsen av Yngre Dryas sto havnivået tett oppunder terskelen til

Lauhildrane 49, noe som vegetasjonen åpenbart bærer preg av. Der foregikk en meget langsom overgang til marint miljø i denne perioden. Vegetasjonen i Y.D. preges også mer av pionerarter/snøleiearter og indikerer dermed en klimanedgang.

Den marine fasen av Lauhildrane 49 (ca 10.700-10.000 B.P.) preges av økt sedimentasjonshastighet og næringstilgang.

Overgangen til Preboreal faller sammen med isolasjonen av Lauhildrane 49. En markert klimaforbedring registreres fra denne perioden.

Bjørkeskog etableres og edelløvtrærne etablerer seg etterhvert i området. Hasseloppgangen registreres i øverste del av prøvematerialet, og den anslås til å ha kommet omtrent midt i Preboreal kronosone.

Bassengene ved Fister (28 og 32 m o.h.) har ingen inngresjonsfase. De har hatt marint miljø fra deglasiasjonen og frem til isoleringen. Isolasjonen av Liarmarka 32 er datert til  $9.640 \pm 90$  B.P.

Bassengene ligger ved foten av den bratte skråningen opp til Lauvåsen, 502 m o.h., noe som har forårsaket meget stor sedimenttilførsel.

Pollenkonsentrasjonene i bassengene er derfor meget sparsomme.

Miljøet i Liarmarka 32 indikerer at regresjonen i Allerød ikke har gått så langt ned som til 32 m o.h.

Ifølge vegetasjonshistorien som er etablert for Lauhildrane-området, har haved stått langt høyere i Allerød, sannsynligvis høyere enn 40 m o.h.

Den etterfølgende transgresjonen i Yngre Dryas, har hatt en topp på mellom 50 og 51 m o.h. Den marine fasen som registreres i Lauhildrane 49, har ikke nådd opp til Grønavik-bassenget 52 m o.h. Dette ligger på Randøy, 800 m nord for Lauhildrane 49, og det ble undersøkt av Anundsen i 7?.

Strandforyskyvningskurven som her er konstruert for Hjelmeandsområdet, korresponderer med de øvrige kurvene som finnes for landsdelen (Sotra, Bømlo, Karmøy, Yrkje og Jæren). Transgresjonstoppen i Bølling, som er beskrevet fra Yrkje, kan her hverken avvises eller påvises. Dette skyldes dels at der ikke er funnet bassenger i passende høyder i dette området, og dels at ingen av dateringene fra området er av Bølling alder.

Regresjonene og transgresjonene i områder settes i sammenheng med brefrontens oscillasjoner i senglasial tid. Yngre Dryas-fremstøtet antas å ha forårsaket den markante transgresjonen i denne perioden. Brefronten antas da å ligge øst for Lauvåsen, få km fra Liarmarka.

## REFERANSER

- Aksdal, S. 1986: Holocen vegetasjonsutvikling og havnivåendringer i Florø, Sogn og Fjordane. Hovedfagsoppgave i spesiell botanikk Univ. i Bergen, unpubl.
- Andersen, B. 1954: Randmorener i Sørvest-Norge. Norsk Geografisk Tidsskrift B.14: 274-342.
- Andersen, B. 1960: Sørlandet i Sen- og Postglasial tid. Norges Geologiske Undersøkelse. 280: 1-24.
- Anundsen, K. 1972: Glacial Chronology in Parts of Southwestern Norway. Norges Geologiske Undersøkelser 280: 1-24.
- Anundsen, K. 1977: Radiocarbon dating and glacial striae from the inner part of the Boknfjord area, Southwestern Norway. Norsk Geografisk Tidsskrift 31: 41-54.
- Anundsen K. 1977: Sediments, pollen and diatoms from two basins in South-Western Norway. Rapport fra Geologisk institutt, NTH. Univ. i Trondheim.
- Anundsen K. 1978: Marine transgression in Younger Dryas in Norway. Boreas 7: 49-60.
- Anundsen K. 1985: Changes in shore-level and ice-front position in Late Weichselian and Holocene, Southern Norway. Norsk Geografisk tidsskrift. nr 39, 205-225.
- Anundsen, K. & Ølystad, P. 1983: Late Weichselian stratigraphy at Hjelmland, Southwest Norway. Norsk geologisk tidsskrift 63:277-287.
- Anundsen K. & Fjeldskaar, W. 1981: Observed and theoretical late Weichselian shore-level changes related to glacier oscillations at Yrkje, Southwest Norway. - i: Anundsen K. 1980: Quaternary geological studies in Sunnhordland and Nord-Rogaland, Southwest Norway Dr. Philos. avhandling ved Univ. i Bergen.



- Anundsen, K. & Fjeldskaar, W. 1983: Observed and theoretical late Weichselian shore-level changes related to glacier oscillations at Yrkje, Southwest Norway. - i: Shroeder-Lanz H. (red.): Late- and postglacial oscillations of glaciers: Glacial and periglacial forms: 133-177. A.A. Balkema, Rotterdam 1983.
- Austbø, P.K. 1988: Seismostratigrafi av israndavsetninger i Jøsenfjorden, Erfjorden, Ytre Sandsfjord og Ytre vindafjord, Ryfylke, Rogaland. Hovedfagsoppgave i maringeologi, Univ. i Bergen. upubl.
- Bigeard, E. 1933: Les Pediastrum d'Europe. Trav. Lab. Bot. Univ. Cathol. Angers 5.192s.
- Birks H. J. B. 1968: The identification of Betula nana pollen. New Phytol. 67:309-314.
- Braaten, A. M. & Hermansen, D. 1985: Bio- og litostratigrafiske undersøkelser ved Yrkje, Rogaland. Hovedfagsoppgave i kvartærgeologi ved Univ. i Bergen. upubl.
- Cleve-Euler, A. 1951-1955: Die Diatomeen von Schweden und Finland. Kungliga Svenska Vet. Akad. Handl. 4 th ser. 2:1 (1951). 3:3 (1952), 4:1 (1953), 5:4 (1955).
- Eide, F. G. & Paus Aa. 1982: Vegetasjonshistoriske undersøkelser på Kårstø, Tysvær Kommune, Rogaland. Botansk institutt Univ. i Bergen rapport 23.
- Eide, F. G. 1979: Key for identification of northwest European Rosaceae pollen. - Grana 19.
- Fjeldskaar W. 1983: Mantelens struktur og landhevingen. Naturen nr 5
- Fjeldskaar W. 1985: Konveksjon og landhevingen. Naturen nr 2
- Fjeldskaar & Kanestrøm 1981: Isostatic process in Fenoscandia and inferred lithosphere and mantle rheology. (manuskript i:) Fjell-

- skaar, W.: Late glacial movements of sea level and crust in Fennoscandia. Dr. scientoppgave ved univ. i Bergen.
- Flatekvål, L. H. in prep.: Strandforskyvning ved Tau, Rogaland. Hovedfagsoppgave i kvartærgeologi ved Univ. i Bergen. unpubl.
- Fægri, K. 1940: Quartærgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen. Zur spetquartären Gesichte Jærens. - Bergens Museums Årbok 1939-1940. Naturv. rekke 7, 202.
- Fægri, K. 1944: Studies on the Pleistocene of Western Norway. III Bømlo. Bergens Museums årbok 1943, Naturv. rekke nr 8, 1-100.
- Fægri, K. 1953: On the periglacial flora of Jæren. With notes on the morphology of the Salix pollen grain. - Norsk Geografisk Tidsskrift 14, 67-76.
- Fægri, K. 1970: Norges planter, blomster og trær i naturen. 2. utg. J.W. Cappelens forlag.
- Fægri, K. & Iversen J. 1975: Textbook of pollen analysis. 3. rev. ed. Munksgaard (København).
- Fægri, K. & Iversen J. (in print): Textbook of pollen analysis 4. rev. ed. ved Fægri, K., Kaland, P. E. & Krzywinski, K. Munksgaard
- Hendey, N. 1964: An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V : Bacillariophyceae Diatoms Fishery invest. 4, 1-37.
- Hermansen, D. 1986: Foreløpig rapport om strandforskyvning ved Hjelmland, Ryfylke. unpubl.
- Hustedt, F. : 1930 Bacillariophyta Diatomeae. in: Pascher, A (red): Die Sussewasserflora Mitteleuropas 10. Jena.
- Hustedt, F. 1930 - 1966: Die Kiselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz Bd. I-III in: Rabenhorst Kryptogamen-Flora

v-VII, Leipzig, Akad. Verlag. (1930 b 9 7 (1) - (1959) 7 (2)  
(1961 - 66) 7 (3).

Ingmar, T. 1973: Sjøavsnøringer från aktualgeologiska synspunkter.

En oversikt. - Univ. of Lund, dep. of Quaternary Geology. Report  
3: 48-90.

Iversen, J. 1954: The Late-glacial flora in Denmark and its relation  
to climate and soil. Danmarks geologiske undersøkelser II.R. 80  
87-119.

Johnson, R., Lindau, Å. & Moen, J. 1976: Ville blomster i skog og mark  
fotoflora i farger. Gyldendal norsk forlag.

Kaland, P. E. 1984: Holocene shore displacement and shorelines in Hordaland, western Norway. Boreas nr 13, 203-242

Kaland, P. E., Krzywinski, K. & Stabell, B. 1984: Radio-carbondatings  
of transitions between marine and lacustrine sediments and their  
relation to the development of lakes. Boreas nr 13, 243-258.

Kaldhol, H. 1941: Terrasser og Strandlinjer fra Hellesylt, Sunnfjord  
til Rogaland.

Kallevik, N. 1947: Strandlinjeundersøkelser på sydsiden av Haugesunds-  
halvøya. Hovedfagsoppgave i fysisk geografi, Univ. i Bergen.

Klemsdal, T. 1969: A Lista stage moraine on Jaren. Norsk Geografisk  
Tidsskrift B 23, 193-199

Kolbe, R. W. 1927: Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der  
Brachwasser-Diatomeen. Die Kieselalgen des Sperenberger Saltz-  
gebiet. Pfalzenforschung 7, 1-146.

Krzywinski, K & Stabell, B. 1984, 1984: Late Weichselian sea level  
changes at Sotra, Hordaland, western Norway. Boreas nr 13, 159-202

Lid, J. 1974: Norsk og svensk flora 2.utg. Det norske samlaget. 808 pp.

- Lie, S.E. & Lømo, L. 1981: En lito- og biostratigrafisk undersøkelse av marine og limniske sedimenter i Ålesundsområdet. Hovedfagsoppgave ved univ. i Bergen. unpubl.
- Lorentzen-Styr, T. J. 1977: Kvartærgeologi i Strand Kommune, Ryfylke. Hovedfagsoppgave ved Univ. i Bergen.
- Mangerud, J. & Gulliksen S. 1975: Apparent radiocarbon Ages of reasent marine shells from Norway, Spitsbergen and arctic Canada. Quaternary research 5, 263-273.
- Mangerud, J., Sønstegeard, E., Sejrup, H.-P., & Haldorsen, S. 1981: A continuous Eemian - Early Weichselian sequence containing pollen and morine fossils at Fjøsanger, Western Norway. - Boreas 10: 137-208.
- Moe, D. 1974: Identificationkey for Trilete Microspores of Fennoscandian Pteridophyta. Grana 14, 132-142
- Munsell, . 1975: Soil Color Charts. Baltimore, USA.
- Pascher 1980: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 23-24: Casper & Krausch: Pteridophyta und Anthophyta. 1. und 2. Teil. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Paus, Aa. 1982: Vegetasjonshistoriske undersøkelser i Sandvikvatn, Kårstø, Tysvær i Rogaland - Botanisk Institutt Univ. i Bergen. Rapport 23, del 2.
- Paus, Aa. 1982: Paleoøkologiske undersøkelser på Frøya, Sør-Trøndelag. - Hovedoppgave i spesiell botanikk ved Univ. i Trondheim (upub.).
- Paus, Aa. 1988: Late Weichselian Vegetation, Climate, and floral migration at Sandvikvatn, North Rogaland, southwestern Norway. Boreas nr 17, 113-139.

Paus, Aa. (in print): Late Weichselian Vegetation, Climate, and floral migration at Liarstemma, Karmøy, North Rogaland, southwestern Norway. *Journal of Quaternary Science* 1.

Rekstad, . 1908: Jakttagelse av øer. Norsk geografisk Tidsskrift I 8.

Rønnevik, H. C. 1971: Kwartargeologi på ytre del av Haugesundshalvøya. Hovedfagsoppgave ved Univ. i Bergen. unpubl.

Stockmarr, J. 1971: Tablets with spores used in absolute pollen analysis. Pollen et Spores 13: : 615-621

Vetås, O. R. 1986: Økologiske faktorer i en primærsuksesjon på daterte endemorener i Bødalen, Stryn. Hovedfagsoppgave i botanikk ved Univ. i Bergen, unpubl.

Wall, D. & Dale, B. 1968: Modern Dinoflagellate cysts and evolution of the peridinales. Micropaleontology 14: 265-304.

Øvstedal, D. O. & Aarseth, I 1975: Bryophytes from Late Weichselian sediments at Vinnes, Western Norway. Linbergia nr 3.

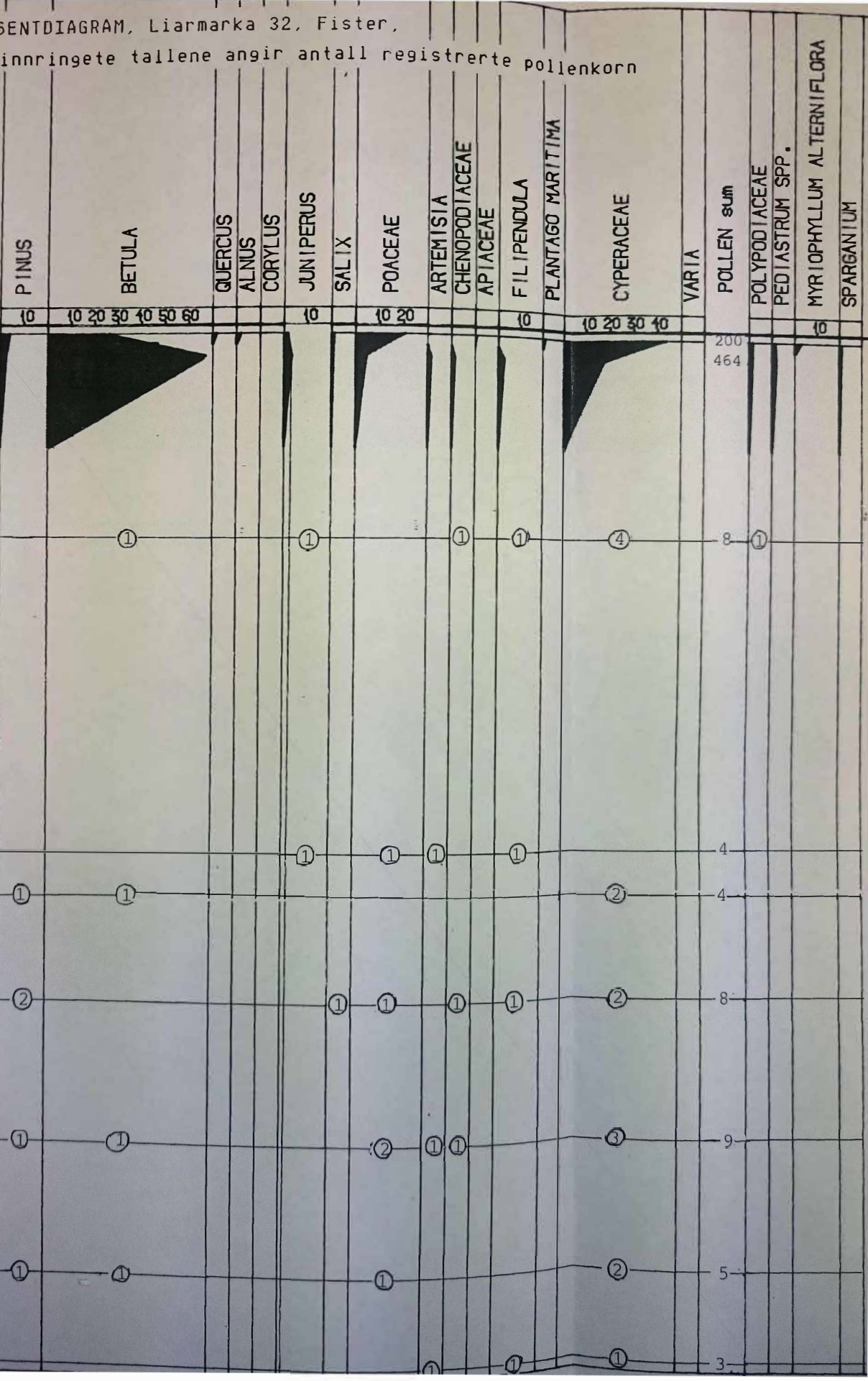


Figur 7.1 PROSENTDIAGRAM, Liarmarka 32, Fister,  
de innringete tallene angir antall registrerte pollenkorner

U. B. BERGEN  
Ms. Rb 2805

902017799

DYP I CM SPEKTRUMNR.



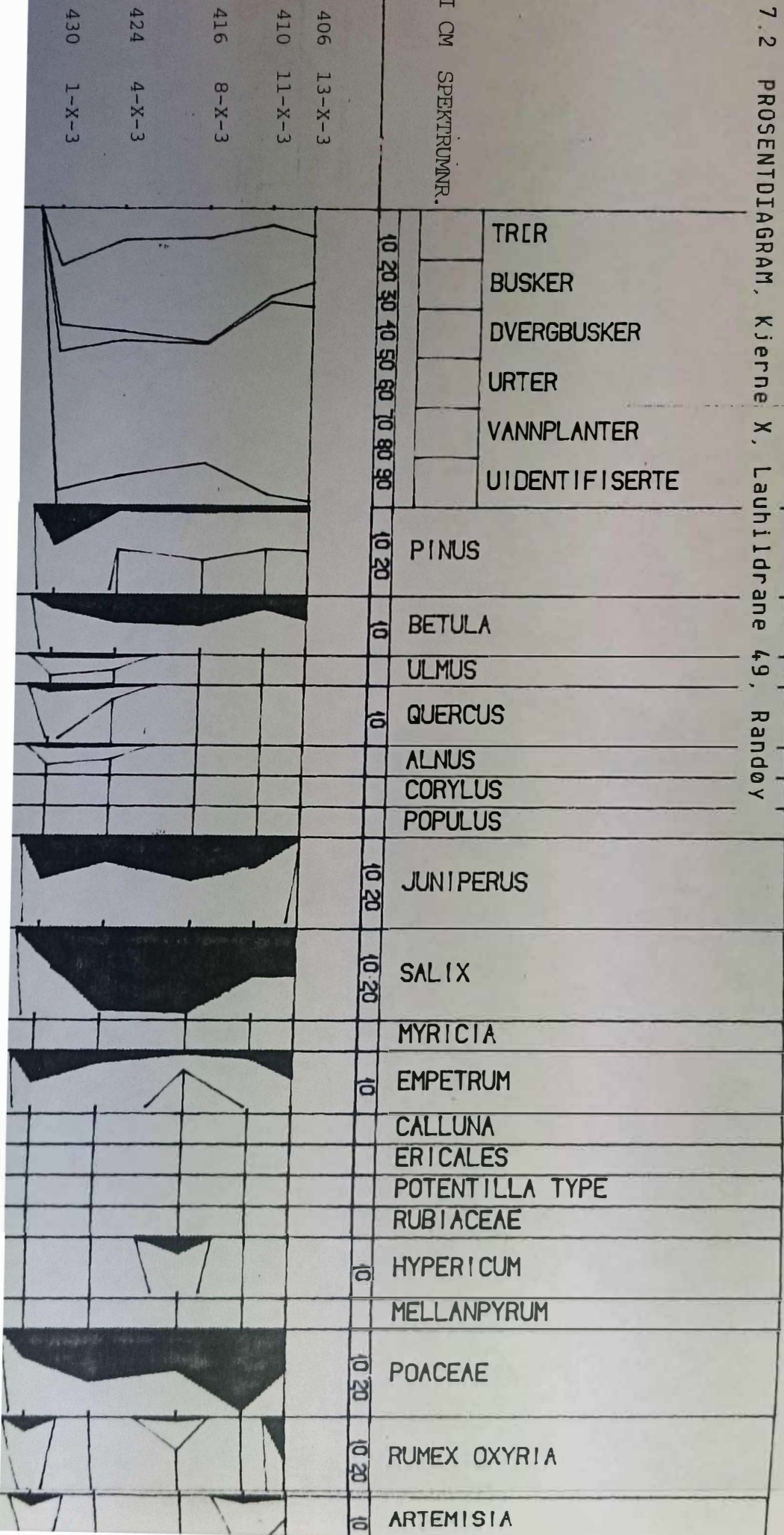
U. B. BERGEN

Ms. Rd 2805

90d017799

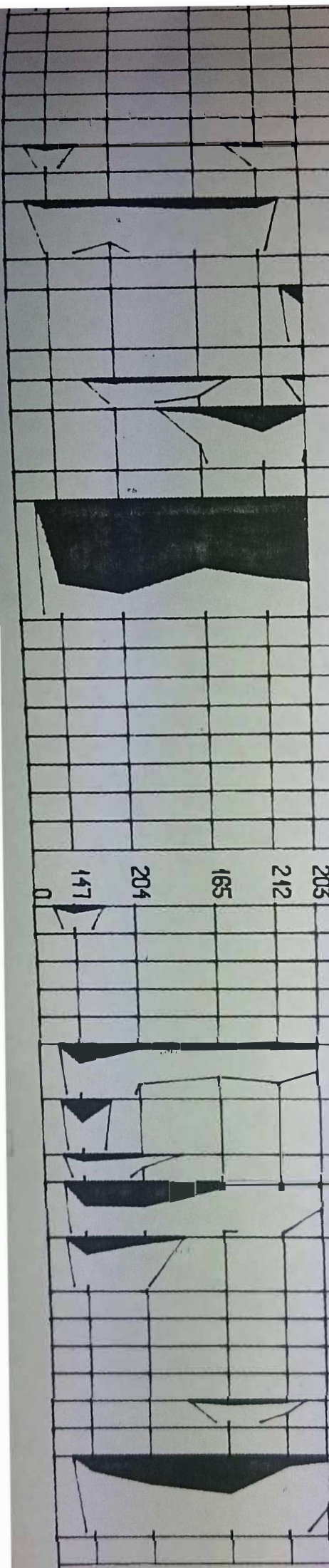
Figur 7.2 PROSENTDIAGRAM, Kjerne X, Lauhildrane 49, Randøy

DYP I CM SPEKTRUMNR.





7.8



SEDUM  
 HELIANTHEMUM  
 SAXIFRAGA  
 DRYAS OCTOPETALA  
 THALICTRUM  
 CARYOPHYLLACEAE  
 CHENOPODIACEAE  
 APIACEAE

10 FILIPENDULA  
 CAMPANULACEAE

10 PLANTAGO MARITIMA  
 ASTERACEAE SECT. ASTER.  
 A. SECT. CICHORIOIDAE

10 URTICA  
 ONONIS T.

10 20 30 CYPERACEAE

DIANTHUS T.  
 LYCHNIS T.  
 SAGINA  
 ROSACEAE  
 POLYGONIUM AVICULARE  
 POLYGONIUM  
 ONAGRACEAE  
 VARIA

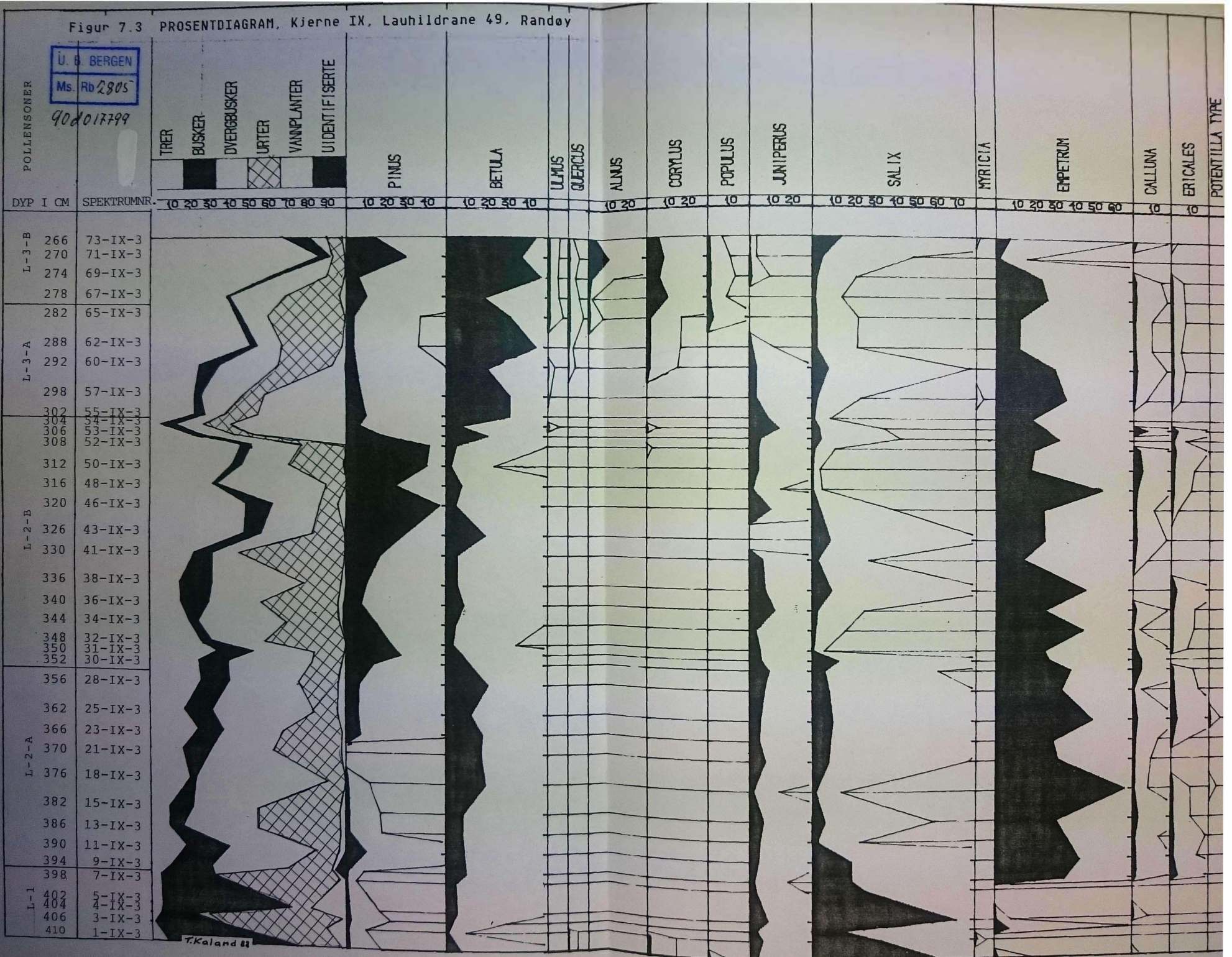
203 POLLEN sum  
 212  
 185  
 204  
 147  
 0

10 PEDIASTRUM INTEGRUM  
 10 PEDIASTRUM BORYANUM  
 PEDEIASTRUM TETRAS  
 10 PEDIASTRUM SPP.  
 10 SCENEDESMUS  
 HYSTRIX  
 MENYANTHES  
 MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORA  
 MYRIOPHYLLUM SPICATUM  
 POTAMOGETON EUPOTAMOGETON  
 POTAMOGETON COLLEOGETON

10 20 SPARGANIUM  
 NYMPHAEA

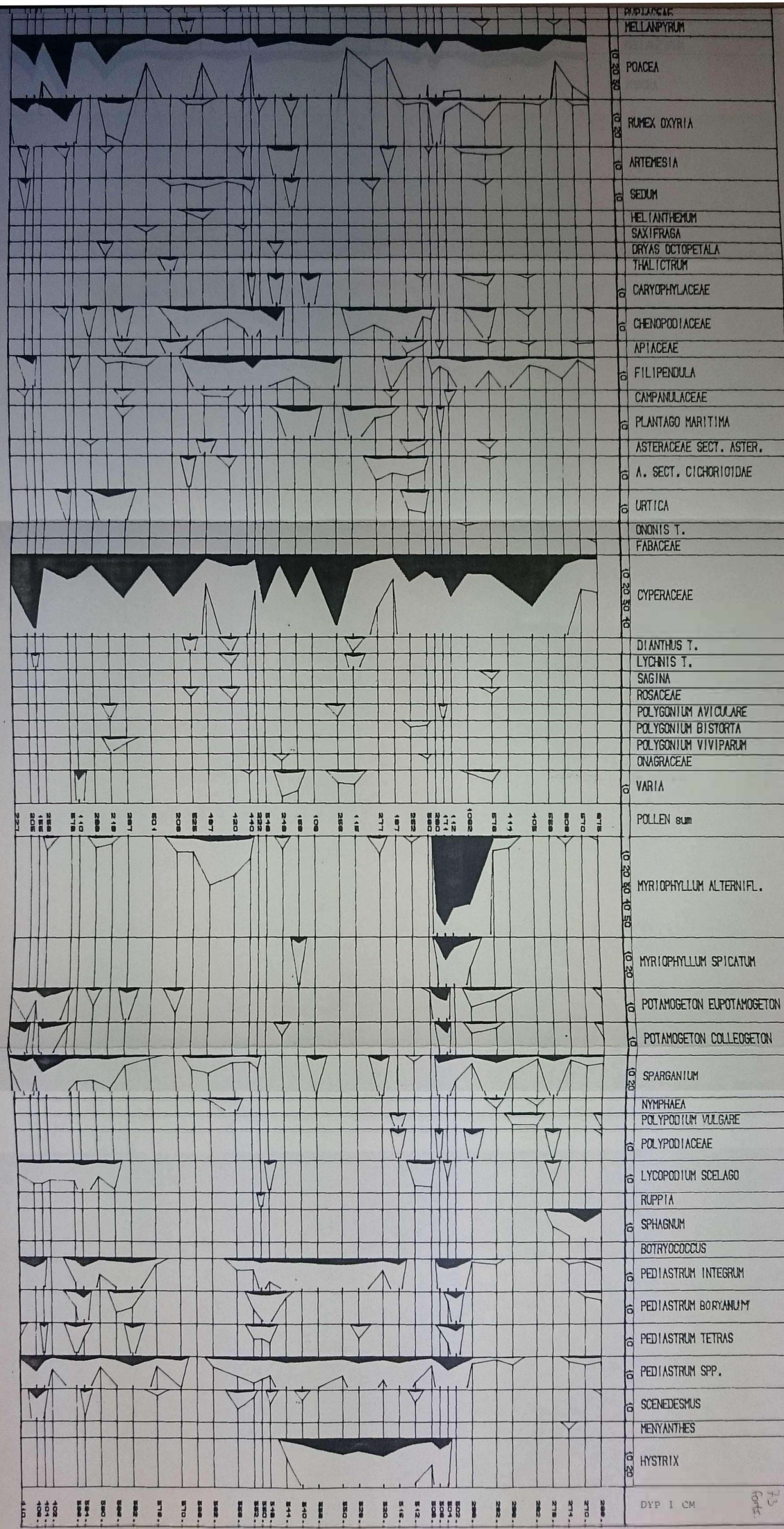


Figur 7.3 PROSENTDIAGRAM, Kjerne IX, Lauhildrane 49, Randøy



T. Kaland 81





PIPULACAE  
MELLANPYRUM  
POACEA  
RUMEX OXYRIA  
ARTEMESIA  
SEDUM  
HELIANTHEMUM  
SAXIFRAGA  
DRYAS OCTOPETALA  
THALICTRUM  
CARYOPHYLLACEAE  
CHENOPODIACEAE  
APIACEAE  
FILIPENDULA  
CAMPANULACEAE  
PLANTAGO MARITIMA  
ASTERACEAE SECT. ASTER  
A. SECT. CICHORIOIDEAE  
URTICA  
ONONIS T.  
FABACEAE  
CYPERACEAE  
DIANTHUS T.  
LYCHNIS T.  
SAGINA  
ROSACEAE  
POLYGONUM AVICULARE  
POLYGONUM BISTORTA  
POLYGONUM VIVIPARUM  
ONAGRACEAE  
VARIA  
POLLEN sum  
MYRIOPHYLLUM ALTERNIFL.  
MYRIOPHYLLUM SPICATUM  
POTAMOGETON EUPOTAMOGETON  
POTAMOGETON COLLEOGETON  
SPARGANIUM  
NYMPHAEA  
POLYPODIUM VULGARE  
POLYPODIACEAE  
LYCOPODIUM SCELAGO  
RUPPIA  
SPHAGNUM  
BOTRYOCOCCUS  
PEDIASTRUM INTEGRUM  
PEDIASTRUM BORYANUM  
PEDIASTRUM TETRAS  
PEDIASTRUM SPP.  
SCENEDESMUS  
MENYANTHES  
HYSTRIX

288.  
270.  
274.  
278.  
282.  
286.  
290.  
294.  
298.  
302.  
306.  
310.  
314.  
318.  
322.  
326.  
330.  
334.  
338.  
342.  
346.  
350.  
354.  
358.  
362.  
366.  
370.  
374.  
378.  
382.  
386.  
390.  
394.  
398.  
402.  
406.  
410.



Figur 7.4 KONSENTRASJONSDIAGRAM, Kjerne IX, Lauhildrane 49, Randøy

U. B. BERGEN  
Ms. Rb 2905

90d017799

TRER  
BUSKER  
DVERGBUSKER  
URTER  
VANNPLANTER  
UIDENTIFISERTE

PINUS

BETULA

ULMUS

QUERCUS

ALNUS

CORYLUS

POPULUS

JUNIPERUS

SALIX

EMPETRUM

POACEA

RUMEX OXYRIA

ARTEMESIA

CYPERACEAE

POLLEN SUM

MYRIOPHYLLUM ALTERNIFL.

HYSTRIX

DYP I CM SPEKTRUMNR.

266 73-IX-3  
270 71-IX-3  
274 69-IX-3  
278 67-IX-3  
282 65-IX-3  
288 62-IX-3  
292 60-IX-3  
298 57-IX-3  
302 55-IX-3  
304 54-IX-3  
306 53-IX-3  
308 52-IX-3  
312 50-IX-3  
316 48-IX-3  
320 46-IX-3  
326 43-IX-3  
330 41-IX-3  
336 38-IX-3  
340 36-IX-3  
344 34-IX-3  
348 32-IX-3  
350 31-IX-3  
352 30-IX-3  
356 28-IX-3  
362 25-IX-3  
366 23-IX-3  
370 21-IX-3  
376 18-IX-3  
382 15-IX-3  
386 13-IX-3  
390 11-IX-3  
394 9-IX-3  
398 7-IX-3  
402 5-IX-3  
404 4-IX-3  
406 3-IX-3  
410 1-IX-3

