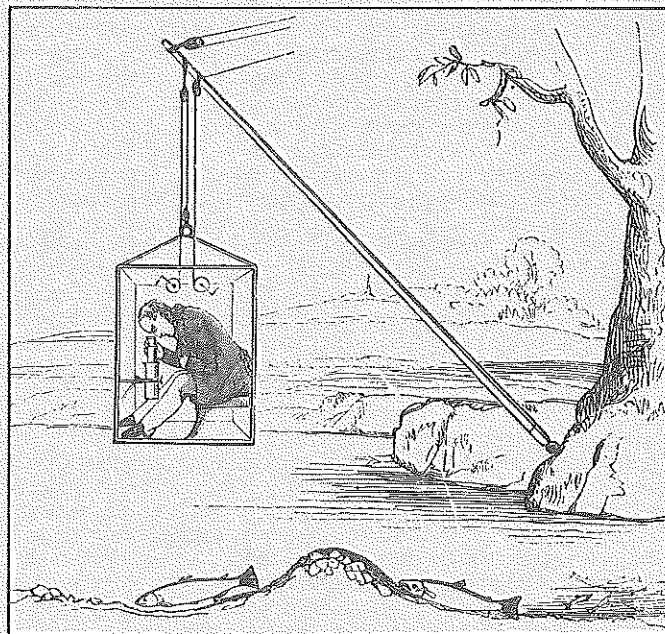


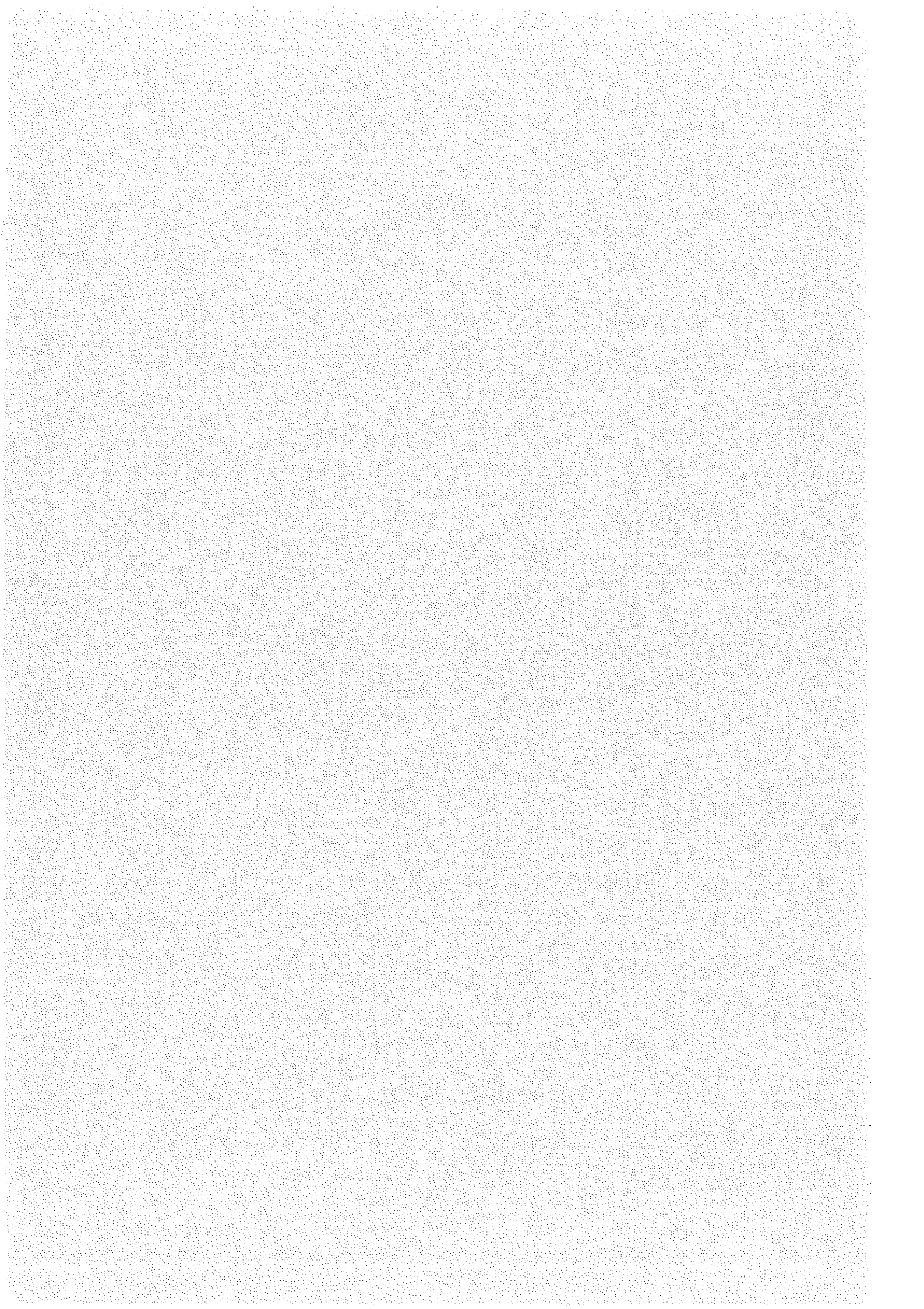
Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET Drottningholm



HÅKAN WESTERBERG

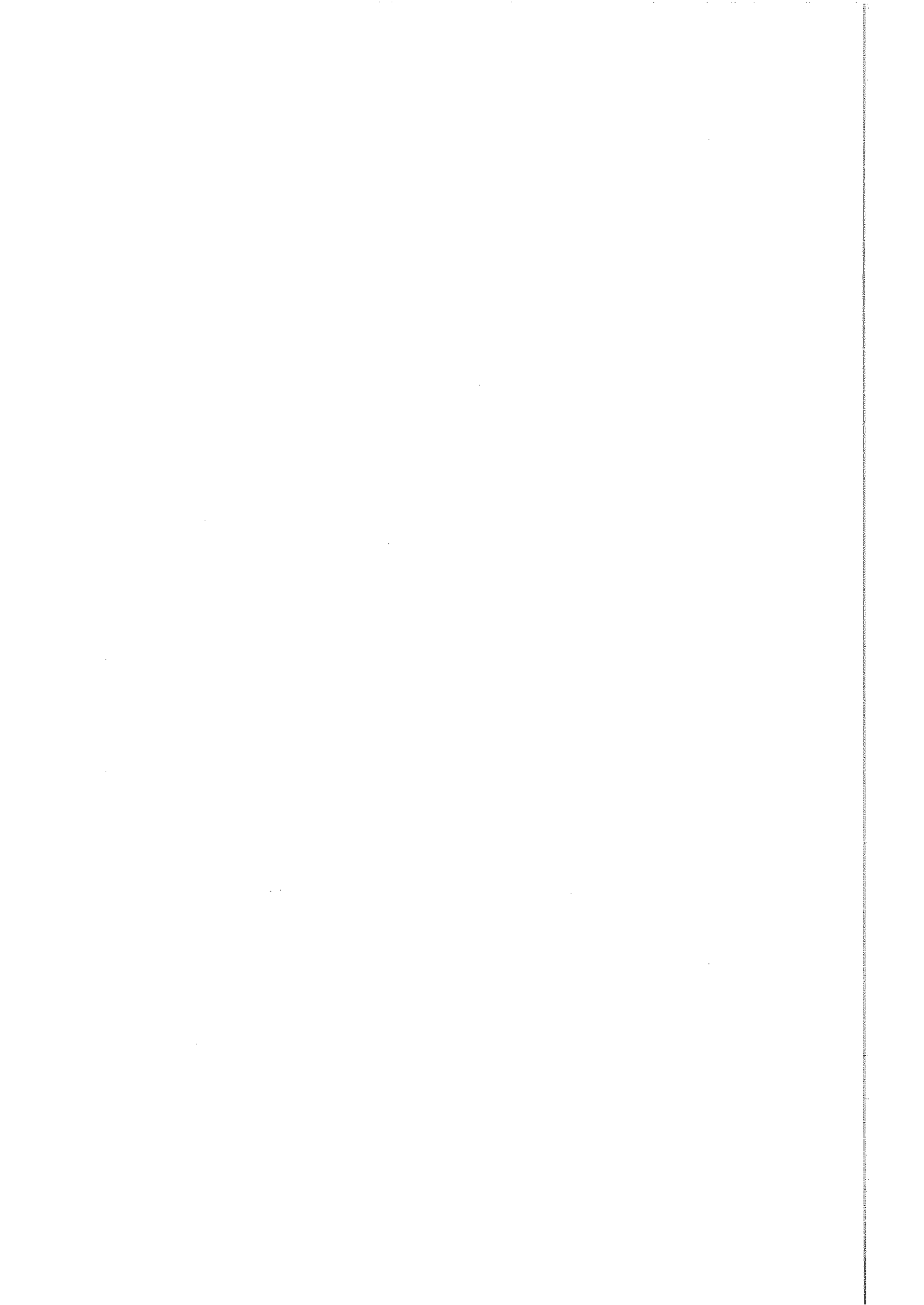
Telemetriförsök med
blankål i Hjälmarens



TELEMETRIFÖRSÖK MED BLANKAL I HJÄLMAREN

Håkan Westerberg

INLEDNING	1
MATERIAL OCH METODER	2
<u>Telemetrispårning</u>	2
<u>Temperatur- och strömmätningar</u>	3
<u>Bearbetning av simdjupsdata</u>	4
RESULTAT	4
<u>Aktivitet och rörelser</u>	4
<u>Omgivningsfaktorer</u>	7
<u>Simdjup</u>	8
<u>Reaktioner på redskap</u>	14
DISKUSSION	16
<u>Simdjup</u>	18
<u>Undvikande av redskap</u>	19
ERKÄNNANDEN	20
LITTERATUR	20
ENGLISH SUMMARY: ULTRASONIC TRACKING OF MIGRATING EELS IN LAKE HJÄLMAREN	21



INLEDNING

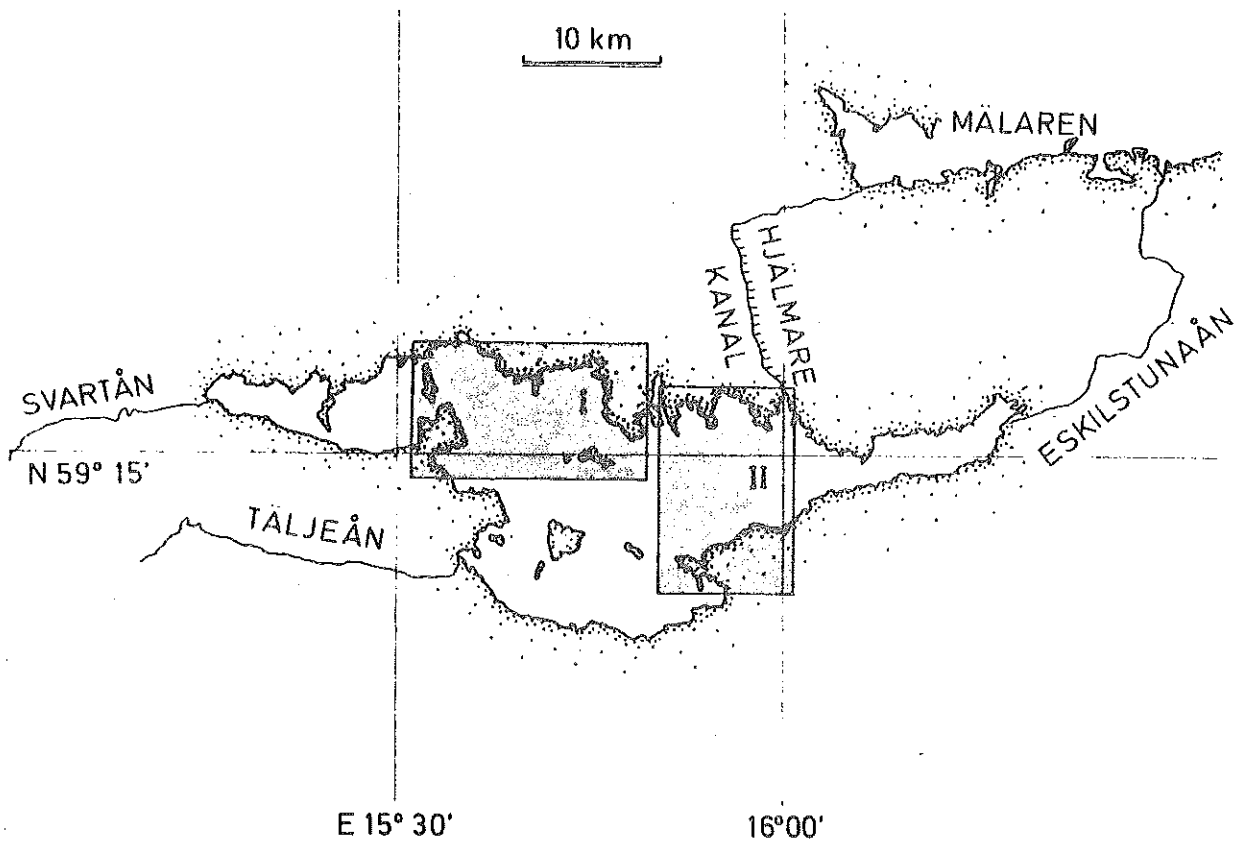
Utplanteringar av ål i Hjälmlaren har gjorts i ökande omfattning sedan 1960-talet. Resultatet av dessa utsättningar är ett begynnande yrkesmässigt ålfiske med storryssjor. Årsfångsten är för närvarande cirka 9 ton, och fisket har stor betydelse som komplement till gösfisket. Det finns en potential för en betydande ökning av sjöns ålproduktion om utsättningarna ökar.

Det yrkesmässiga ålfisket i Hjälmlaren är relativt nytt och man saknar traditioner och kunskaper om lämpliga fiskeplatser och metoder. Målsättningen för en serie telemetriförsök under augusti 1981 var därför att studera ålarnas vägval och beteende under utvandringsskedet, för att ge fiskeribiologisk bakgrundsinformation. Flera av utsättningarna gjordes så att ålarna skulle komma i kontakt med en ryssjas ledarm och fiskens reaktioner på redskapet studerades så detaljerat som möjligt.

En ytterligare motivering för experimenten var att studera hur ålar utnyttjar temperaturskiktning och temperaturgradienter under vandringen. Hjälmlaren är en relativt grund sjö (medeldjup cirka 10 m), och under sommaren skiftar temperaturförhållandena snabbt beroende på vindsituationen. Starka vindar bryter på kort tid ned temperaturskiktningen och hela bassängen blir välblandad. Under perioder med svaga vindar stratifieras sjön snabbt på nytt. Detta gav möjligheter att jämföra vandringsbeteendet vid radikalt olika temperaturförhållanden. Under spårningarna gjordes täta sonderingar för att mäta temperaturskiktningen längs ålens väg. Dessutom registrerades ålens simdjup kontinuerligt vid två av experimenten.

En översiktskarta över Hjälmlaren ges i Figur 1. Den största tillrinningen sker via Svartån och Täljeån i sjöns västra del. Utloppet till Mälaren sker väsentligen via Eskilstunaån och cirka 10 % av avbördningen sker via Hjälmlare kanal.

Totalt spårades 8 blankålar mellan en och tre nätter vardera. Antalet experiment är en kompromiss mellan önskemålen att följa samma individ lång tid och att få ett stort material under en given tidsperiod. Tidigare kunskap om blankålsvandring i insjöar



Figur 1. Sjön Hjälmaren. De områden som visas i detaljkartorna (Figur 2 - 4) är skuggade.

begränsar sig huvudsakligen till fiskeristatistiska undersökningar (Deelder 1970) och därför är flera iakttagelser, av t ex simhastighet, vertikallrörelser, avstånd till land vid vandringen och reaktionerna på redskap nya. Det begränsade antalet spårningar tillåter dock inte långtgående generaliseringar om ålarnas beteende.

I denna rapport redovisas de allmänna resultaten av telemetriförsöken. En detaljerad genomgång av simdjupsobservationerna och beteendet i relation till temperaturfältet kommer att göras i ett annat sammanhang.

MATERIAL OCH METODER

Telemetrispårning

Telemetriutrustningen och tekniken är utförligt beskriven i Björk 1977 och Westerberg 1977. Principen är att korta ultraljudspulser från en liten sändare på fisken pejlas med en rikt-

ningskänslig undervattensmikrofon. Detta gör det möjligt att lokalisera och följa fisken med båt. Vid försöken i Hjälmarens användes en sändartyp med längden 35 mm, diametern 14 mm och en vikt i vatten av 9 g. Simdjupsändarna hade måtten 70 och 15 mm och vikten 13 g.

Sändarna placerades utvändigt på ålen, strax framför ryggen. Sändarens båda ändar fästes med rostfri 0.3 mm tråd i ryggskinnet på ett sådant sätt att föremål inte skulle kunna kilas fast mellan sändaren och ryggen då ålen grävde ned sig på botten. Märkningen gjordes utan att bedöva ålen och hanteringen i luft varade några minuter. Efter märkningen fick fisken gå 30-60 minuter i nätkasse eller balja före utsättningen. De ålar, som vi använde, var nyfångade och sattes ut i närheten av det redskap där de fångats.

Samtliga ålar var honor och bedömdes vara i framskridet blankålsstadium. Som kontroll slaktades en ål med vikten 1.6 kg och längden 89 cm. Den hade välutvecklade gonader med höjden 18 mm. Magen var väsentligen tom.

För spårningen användes en 10 m fiskebåt; "GÖSEN". Positioner togs med radar och osäkerheten är 50-100 m. Vid sex försök satte vi ut ålen nära land så att den vid en trolig vandringsriktning skulle gå mot ledarmen till en ålryssja. Ålens rörelser följdes vid dessa försök med handhydrofon från roddbåt och positionerna relativt redskapet uppskattades med en noggrannhet bättre än 5 m. Då ålen kommit ut på öppet vatten fortsattes spårningen från "GÖSEN".

Temperatur- och strömmätningar

Parallellt med spårningen gjordes temperatursonderingar med en kontinuerligt registrerande termistorsond. Vid experimenten med simdjupsregistrering togs sonderingarna med cirka en timmes intervall, i övrigt vid några tillfällen under varje experiment.

Sondens vertikalupplösning är ca 10 cm och den relativa temperaturnoggrannheten bättre än 1/100 grad. Data lagrades digitalt på band.

Under de tre sista spårningarna gjordes strömmätningar med förankrade registrerande strömmätare. Mätarna var av typ Sensordata SM-4. Registrering av strömhastighet och riktning gjordes med 1 timmes intervall under cirka 12 timmar på varje mätstation. Mätningarna gjordes i spårningsområdet, dock ej i omedelbar anslutning till ålens väg.

Bearbetning av simdjupdata

Simdjupsändaren mäter vattentrycket och omvandlar tryckvariationen till en pulsperiodvariation. Under spårningen spelades signalen från hydrofonen in kontinuerligt på en kassetbandspelare. Pulsperioderna på bandet har sedan mätts med en universalräknare och konverterats till simdjup. För perioder med detekterbara pulser ger avkodningssystemet successiva medelvärden av simdjupet under 10 sekunder. Databehandling och plottning av simdjup har gjorts med en HP-85 bordsdator.

Tryckgivarens hysteres och olineartitet, temperatureffekten på tryckgivare och sändarelektronik samt driften på grund av batterispänningsvariationen adderar sig till en total absolut noggrannhet i djupmätningen för hela experimentet, som är cirka 30 cm för en sändare med maximaldjup 20 m. Relativupplösningen är dock bättre än 10 cm för perioder med god kvalitet på de inspelade sändarpulserna.

RESULTAT

Aktivitet och rörelser

Data för ålarna och tiden för de olika spårningarna sammanfattas i Tabell 1. De flesta spårningarna avbröts planerligt, men vid försöken a, b och d förlorade vi kontakten med sändaren i förtid. Under experimenten a och d låg då ålarna stilla på botten och signalen avtog i styrka för att sedan tystna. Förklaringen är med stor sannolikhet att ålarna grävt sig ned i bottenleran, så djupt att ljudpulserna från sändarna dämpats bort helt. Detta kan också ha varit orsaken vid försöket b.

Tabell 1. Data för spårningsförsöken.

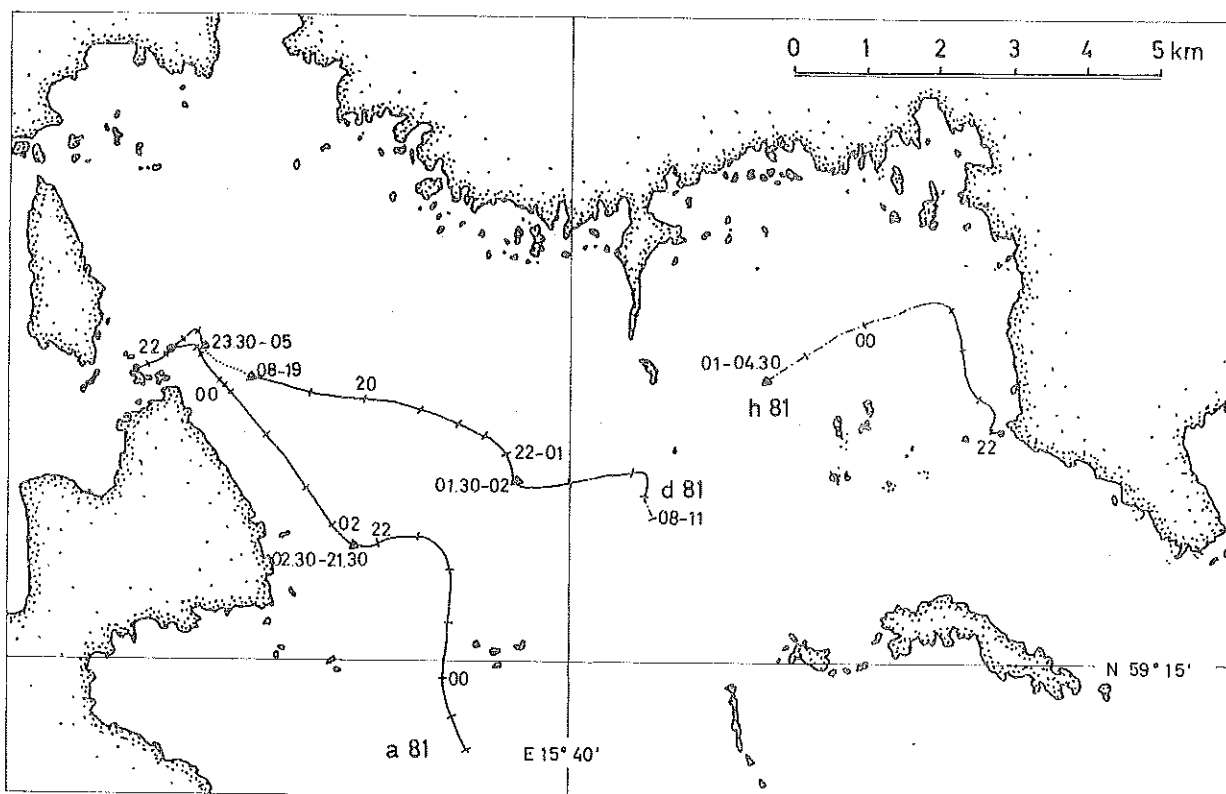
Experimen- tets be- teckning	Ålens vikt (kg)	Utsatt datum	Utsatt tid	Spårning (tim)	Typ av sändare	Anm
a 81	1.1	81 08 11	22.05	30	Pos	
b 81	1.6	13	20.30	3	Pos	*
c 81	1.4	17	21.10	63	Pos	*
d 81	2.2	18	21.10	35	Djup	*
e 81	1.5	20	20.40	6	Pos	*
f 81	2.2	24	21.30	52	Djup	**
g 81	1.5	27	21.20	1	Pos	*
h 81	1.6	27	21.40	7	Pos	*

* Efter utsättningen gjordes detaljspårning vid redskap.

** Sändaren återfunnen i Flatviken 81 10 22.

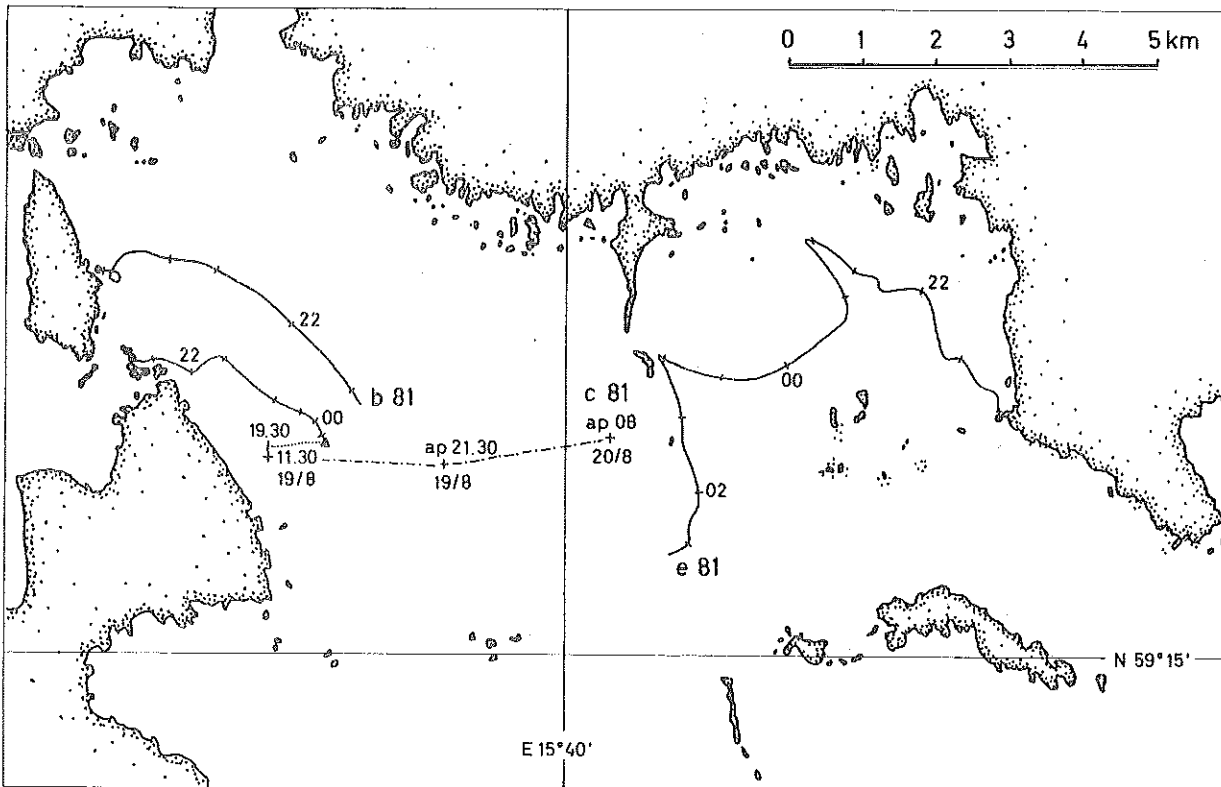
Ålarnas rörelser visas i Figur 2, 3 och 4. Detaljkartornas utsnitt är markerade i översikten i Figur 1. Figur 5 visar vid vilken tid på dygnet ålarna var i rörelse, i relation till solens och månens upp- och nedgång. Som synes var aktiviteten väsentligen begränsad till förnatten, från solnedgången och framåt. Vid flera tillfällen rörde sig ålarna också under en kortare period strax efter soluppgången. Simriktningen under denna senare aktivitetsperiod avvek ofta markant från huvudriktningen under natten.

Observationerna av ålens rörelser, baserade på medelvärden av hastighet och riktning under 30 minuters intervall, har summerats för successiva mörker- och ljusperioder i Tabell 2. Den totala förflyttningen ges dels som den verkliga sträckan relativt botten vilken ålen rörde sig, dels som fågelvägen mellan start och slutpunkterna för den aktiva perioden. Kvoten mellan dessa sträckor ger ett mått på graden av stabilitet i fiskens kurs-hållning. Detta uttrycktes som ett "straightness index", SI, definierat som $100 \times (\text{avståndet start-slutpunkt} / \text{verklig rörelse})$. Medelhastigheten har beräknats ur totala tiden från början av



Figur 2. Experiment a, d, h 81. Alarnas observerade rörelser. Tidsmarkeringar med 30 minuters intervall. Prickad linje visar rörelser under dagtid. Streckprickad linje visar förflyttningar med ofullständig positionskontroll. Utsläppspunkten är markerad med cirkel och positioner där ålen var stilla under längre perioder har markerats med fylld triangel. Område I enligt Figur 1.

aktivitet under en natt till slutet av den sista observerade rörelsen och kan innefatta längre och kortare perioder då ålen var stilla. Som jämförelse tabelleras också den maximala hastigheten som observerats under ett 30 minuters intervall samma natt. Kvoten mellan medel- och max-hastigheten ger då ett mått på graden av intermittens i ålens förflyttning, väsentligen en undre gräns för hur stor del av den totala aktiva tiden som fisken var i aktiv rörelse. Slutligen tabelleras också spridningen av simriktningarna som observerats under de 30 minutersintervall då ålen summit snabbare än 10 cm/s. Att riktningarna vid långsammare förflyttningar inte tagits med motiveras av att även små fel i positionerna ger en stor osäkerhet i riktning då förflyttningen är liten och av att vid en så låg medelhastighet kan advektionen genom strömmar i vattnet ge ett väsentligt bidrag till den observerade riktningen.

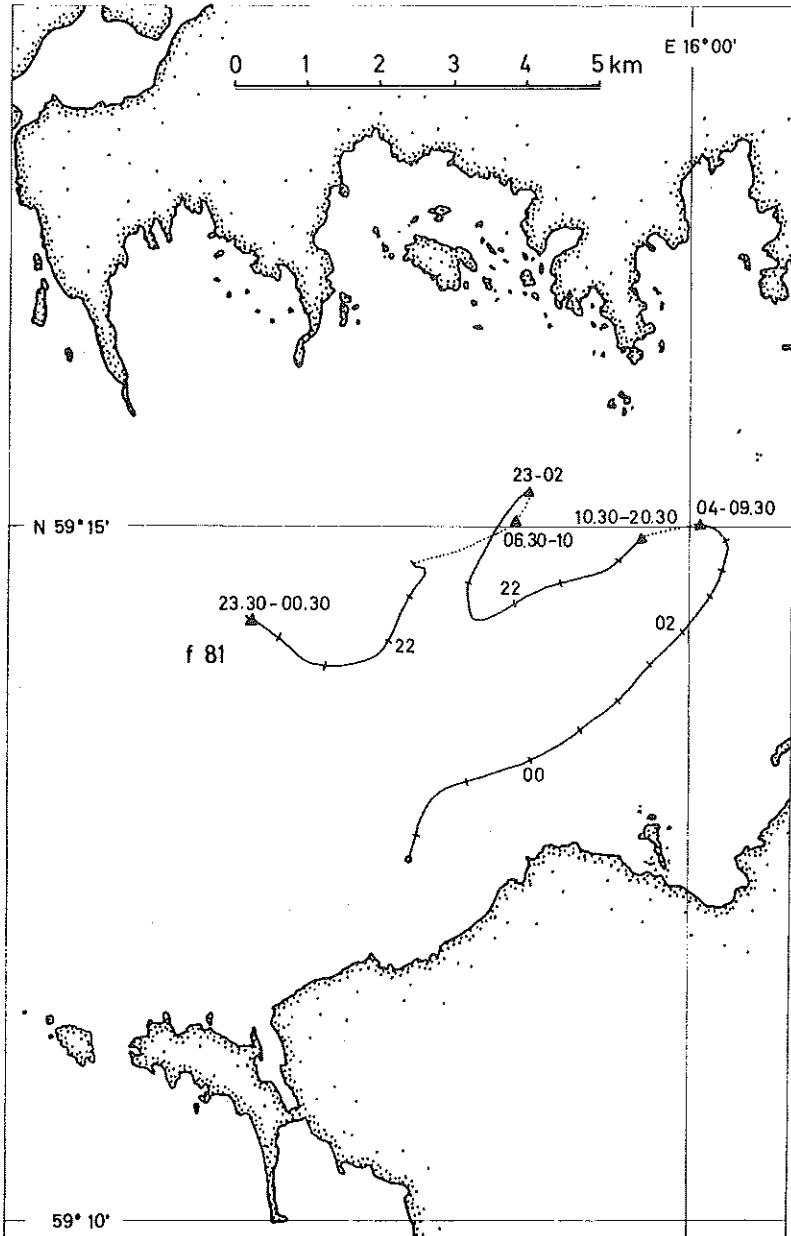


Figur 3. Experiment b, c, e 81. Beteckningar som i Figur 2. ap betecknar ungefärliga positioner.

Omgivningsfaktorer

Strömmarna i Hjälmararen är svaga. Den permanenta ström som orsakas av till- och utflödena är helt försumbar i Storhjälmaren. Seicher i bassängen torde högst orsaka strömmar med en amplitud av 1 cm/s och period av storleksordningen 1 timme. Den dominerande strömdrivande faktorn är vinden. De mätningar som gjordes visade i öppna delar av sjön hastigheter upp till 10 cm/s vid vindar mellan 10-12 m/s, en vindstyrka runt 5 m/s gav strömmar mellan 1-7 cm/s. Eftersom de flesta spårningarna gjordes vid svaga vindar är felet litet om man betraktar den observerade rörelsen över botten som lika med ålarnas rörelse genom vattnet. Ett undantag är första natten av experiment d, då medel- och max-hastigheterna var runt 15 cm/s och den långsamma rörelsen ungefärligen i vindens riktning.

Tillgängliga hydrologiska och meteorologiska data under spårningsperioden är samlade i Figur 6. Experimenten började under en högtryckssituation med varmt väder, som varade fram till

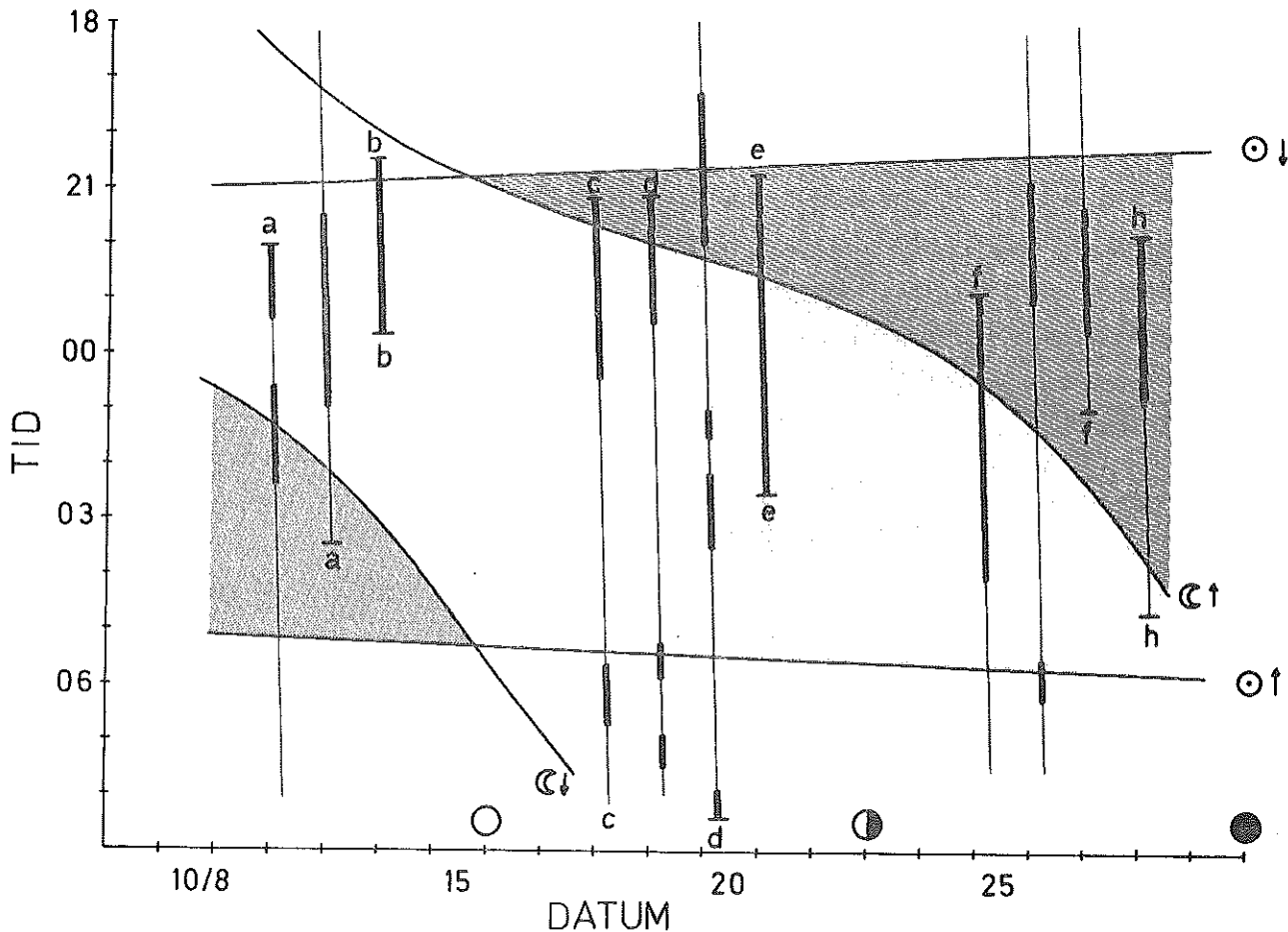


Figur 4. Experiment f 81. Beteckningar som i Figur 2. Område II enligt Figur 1.

den 16:e, då ett mindre men intensivt lågtryck rörde sig norrut över Östersjön. En sval och ostadig väderlekstyp vidtog och varade under resten av månaden med nya lågtryckspassager den 21 och 26 augusti.

Simdjup

Vid experimenten d och f försågs ålarna med sändare som telemetrerade simdjupet. Båda ålarna visade ett likartat beteende



Figur 5. Aktivitetsdiagram för samtliga spårningar. Tunn linje visar tider då ålen var under observation och låg stilla, tjock linje rörelse. Tidpunkterna för solens och månens upp- och nedgång har sammanbundits som funktion av datum. Det mörkare fältet visar tider då både sol och måne befinner sig under horisonten, det ljusare den tid på natten då månen är uppe. Fullmåne inföll natten 15 - 16 och nytändning 29 -30 augusti. Alla tider är sommartid.

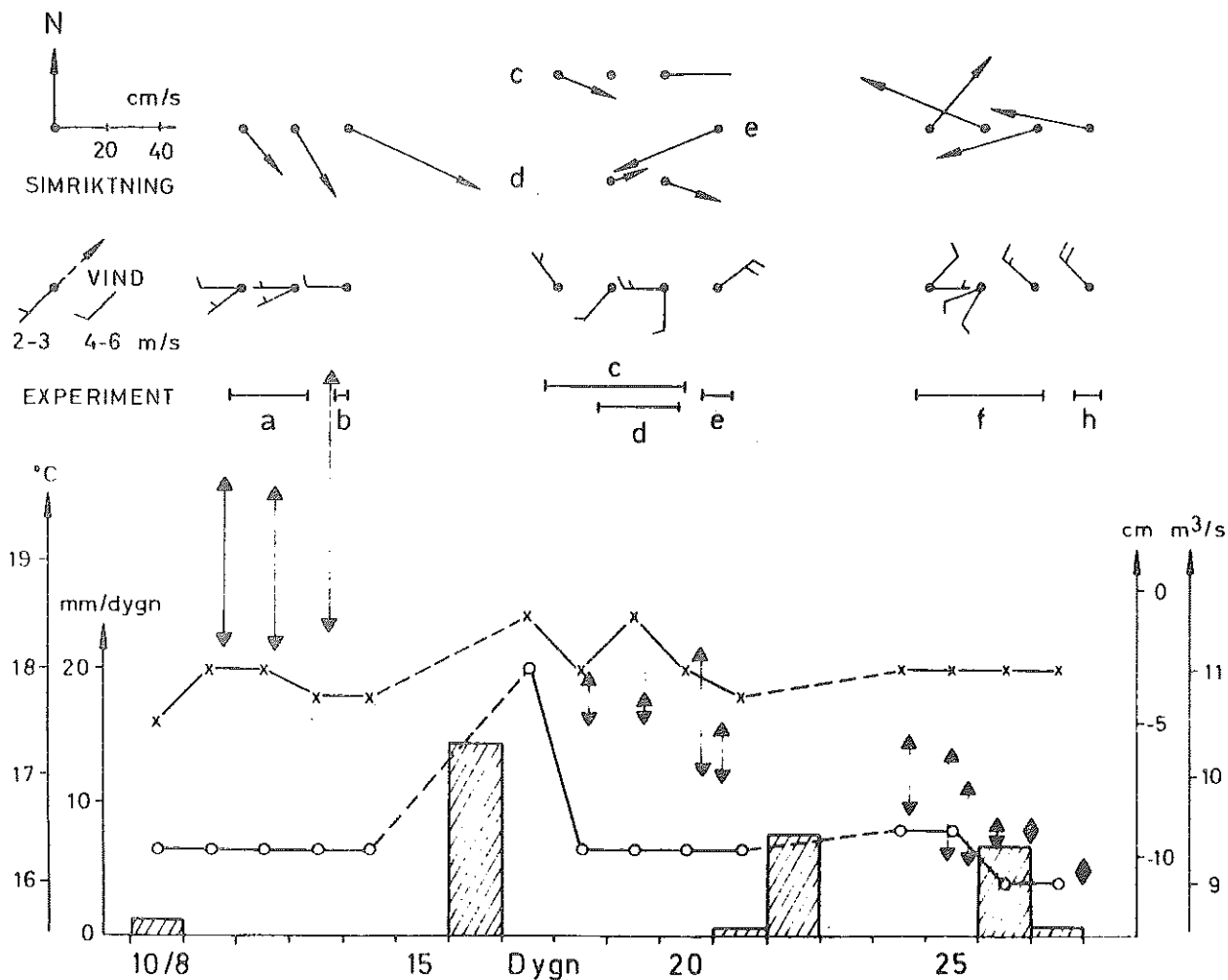
med snabba rörelser upp och ned mellan ytan och botten. Figur 7 visar ett avsnitt av andra nattens spårning av d. Väsentligen hela tiden denna ål var aktiv rörde den sig i cykler upp och ned. Ål f hade även kortare perioder av 5-10 minuters längd, då den rörde sig helt uppe vid vattenytan. Figur 8 visar ett utsnitt av första nattens spårning, där temperaturskiktningen också är inlagd i diagrammet.

Simdjupscyklerna visar en viss regelbundenhet. Vattenytan och botten är ofta vändpunkter, men även en termoklin kan tjäna som vändningsnivå, som Figur 8 ger exempel på. Skiktning och varierande vattendjup gör alltså att vertikalamplituden för cyklerna

Tabell 2. Observationer av ålarnas horisontella rörelser, uppdelade på successiva perioder mellan solens upp- och nedgång; m - mörker, l - ljus.

Experimen- tets be- teckning	Period	Rörelse total längd (km)	fågel- vägen (km)	Medelhast under aktiv period (cm/s)	Max hast 30 min (cm/s)	Medel max hast %	Medel- rikt- ning (grader)	SI	Riktning inter- vall (grader)
a 8l	m	3.7	3.6	23	51	46	137	96	10
	l	0	0						
	m	4.0*	3.2	32	42	76	150	79	105
b 8l	m	4.0*	3.7	56	69	81	115	93	30
	m	3.1	2.8	25	49	52	111	91	85
c 8l	l	0.8					265		
	m	0.0	0.0	0	0	-	-		
	l	-							
	m	4.6		-	-	-	088		
d 8l	m	1.3	1.0	15	17	91	072	74	115
	l	0.7					120		
	m	6.0	5.6	20	48	40	107	93	70
e 8l	m	10.1*	4.5	48	67	72	248	45	180
f 8l	m	6.8	5.9	36	56	65	041	88	130
	l	0.7					256		
	m	4.2	1.7	50	83	60	292	40	150
	l	0.5					208		
	m	3.2*	2.5	40	52	76	254	76	100
h 8l	m	4.7	3.3	39	50	77	279	72	105

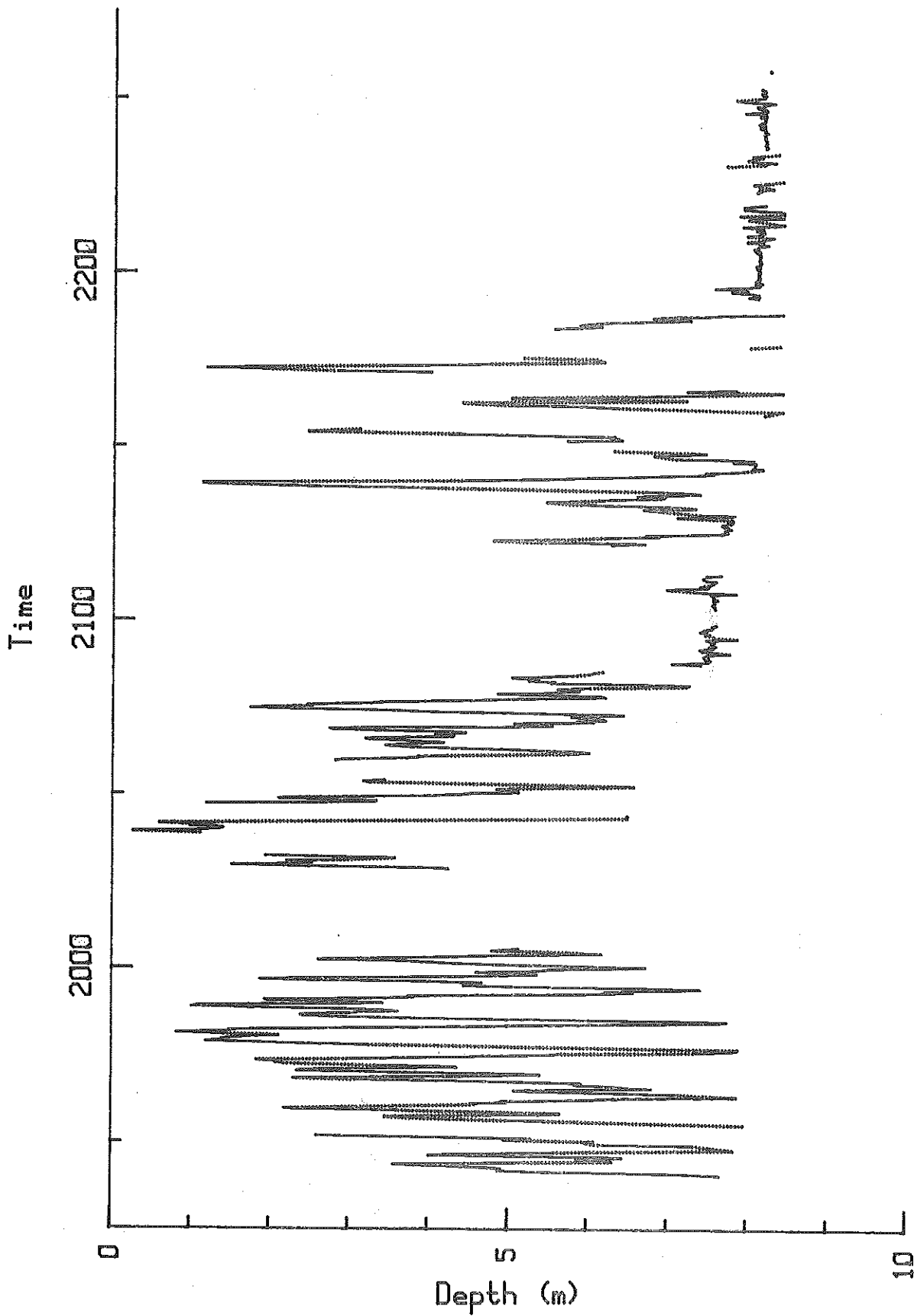
* Spårningen avbruten före mörkerperiodens slut.



Figur 6. Sammanställning av hydrologiska och meteorologiska observationer under försöksperioden. Nederbörd, vattenstånd och vattenföring enligt SMHI:s observationer, vattentemperatur och vind mätt under experimenten. Stolpdigram = nederbörd, x = vattenstånd; cm under Hjälmarens medelvattenstånd, o = vattenföring i Svartån, ▲ = max vattentemperatur, ▼ = min vattentemperatur. Ålarnas totala nattliga medelhastighet och simriktning har lagts in i vektorform.

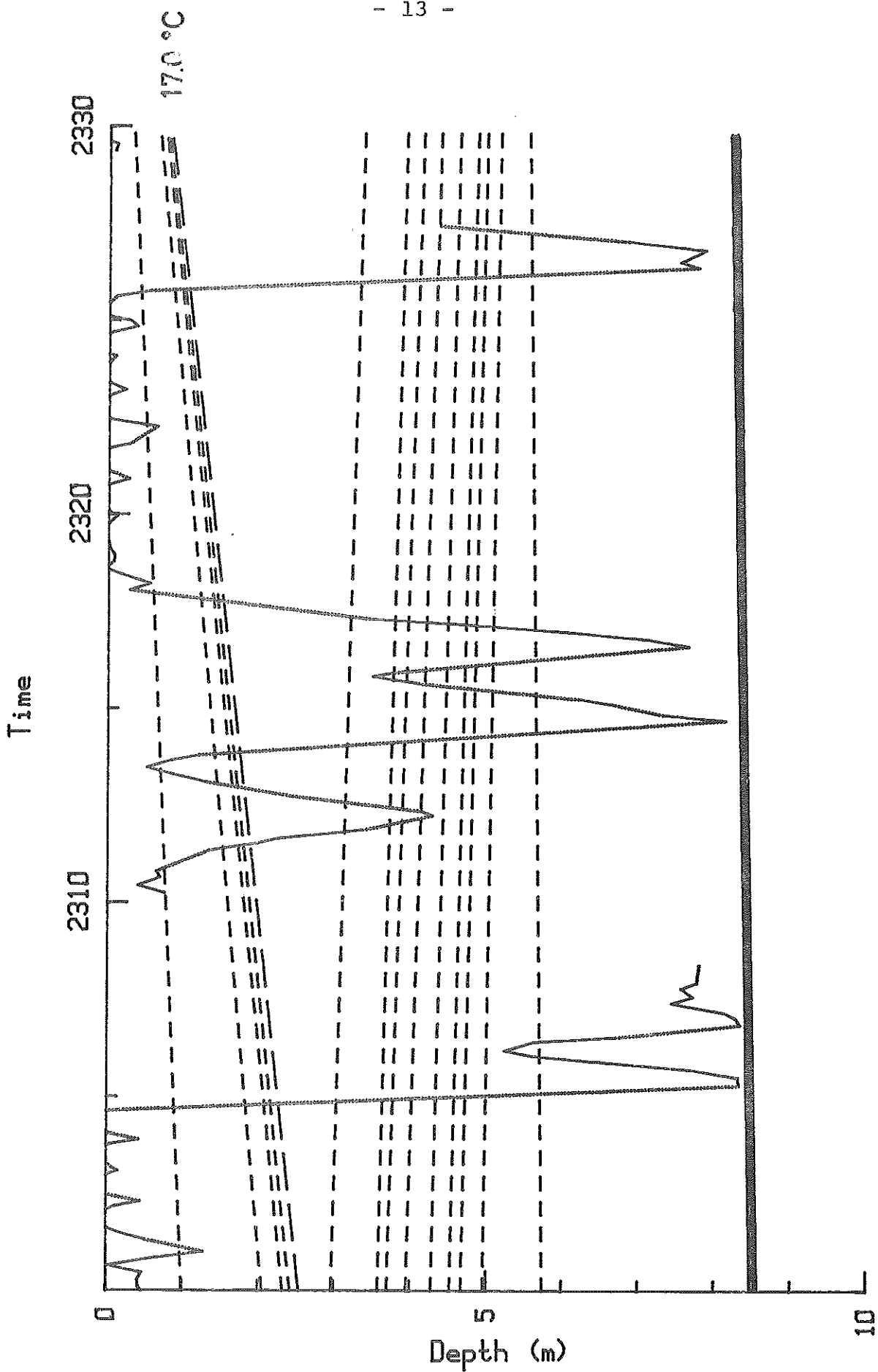
varierar under experimenten. Figur 9 visar medelperioderna vid några tillfällen med 2-6 cykler av nära konstant amplitud. Exempelen är tagna från båda experimenten. Observationerna visar att cyklerna går väl att beskriva som en triangelkurva med en konstant vertikal hastighet av ca 7 cm/s. Den horisontella simhastighetskomponenten var vid dessa tillfällen ca 40 cm/s. Ålens totala hastighet genom vattnet blir då obetydligt större än horisontalkomponenten och den simmar alternerande med en vinkel av cirka 10 grader upp eller ned från horisontalplanet.

EXPERIMENT d81. DATE 810819

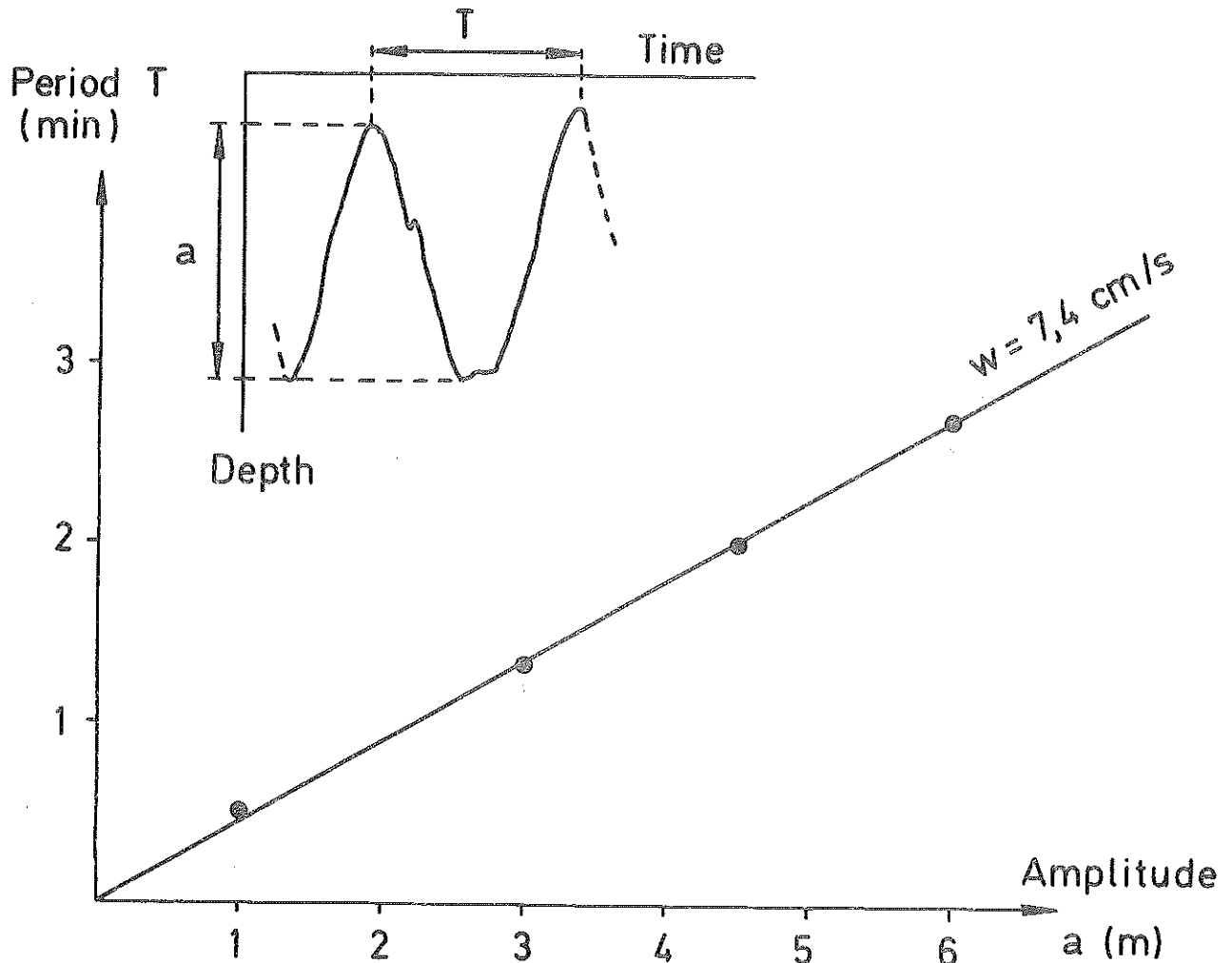


Figur 7. Simdjupsobservationer från experiment d 81.

EXPERIMENT f81 DATE 810824



Figur 8. Simdjupsobservationer från experiment f 81. Temperaturfältet är inlagt med 0.05° mellan isothermerna. Ungefärliga bottendjupet har markerats med heldragen linje.

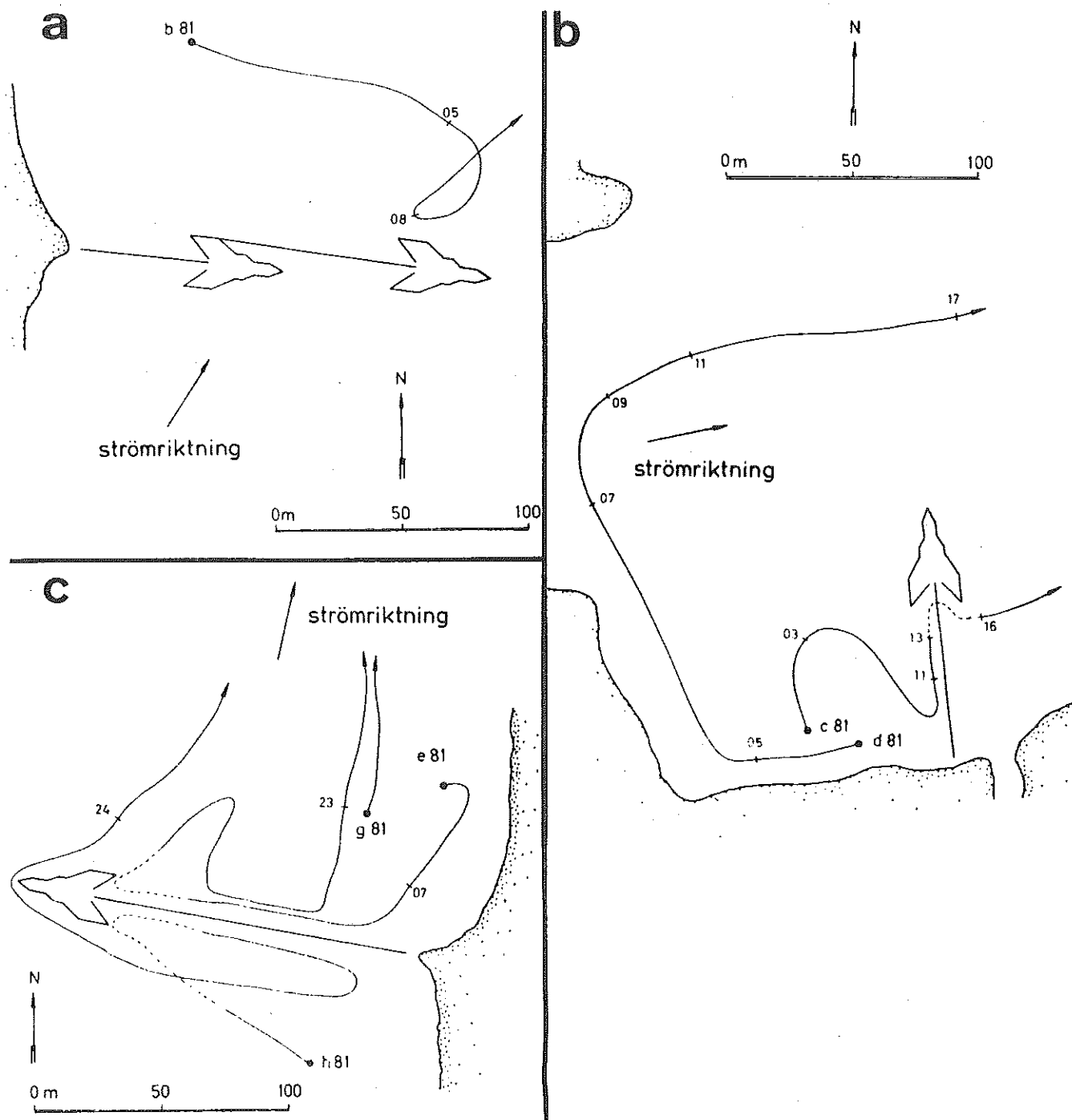


Figur 9. Sambandet mellan medelvärdet av 2 - 6 successiva simdjupscyklers period och simdjupsvariationens amplitud. En schematisk definitionsskiss av amplitud och period har lagts in. Den heldragna linjen visar sambandet mellan amplitud och period för en triangelkurva med konstant stig- och sjunkhastighet av 7.4 cm/s.

Reaktioner på redskap

Vid sex av spårningarna sattes ålarna ut nära den ryssja i vilken de fångats. Genom att med roddbåt följa tätt efter ålen försökte vi kartlägga detaljerna i fiskens reaktion vid kontakt med redskapet. Med handhydrofonen går det att på nära håll bestämma ålens position mycket exakt då den ligger stilla. Under snabb rörelse ger spårningstekniken en god uppfattning om riktningen till fisken, men en större osäkerhet om avståndet. Vi försökte därför manövrera så att vi lyssnade parallellt med den mittre ledarmen, och fick på så sätt en bra uppskattning av fiskens avstånd till denna. Detaljerna i hur ålen betedde sig vid ryssjans förgård och sidoarmar är dock mer osäkra.

Detaljkartor av ålarnas rörelser kring ryssjorna ges i Figur 10a-c. Vid två experiment (d och g) rörde sig ålen bort från redskapet omedelbart efter utsättningen och kom aldrig i kontakt med detta. Vid försöken b och e gick ålen upp mot ryssjan men avlägsnade sig efter en tid i motsatt riktning utan att ha passerat. Ålarna



Figur 10 a-c. Detaljskisser av ålarnas rörelser vid ålryssjor. Tidsmarkeringarna anger tiden i minuter efter utsättningen. Prickade delar av kurvan markerar att ålens detaljerade väg är osäker. Ryssjornas utseende är schematiskt.

c och h närmade sig ryssjan och fortsatte efter passage. Ingen av ålarna fångades. Perioden i omedelbar närhet av redskapet varierade från några få till cirka 20 minuter. Vid experiment c låg ryssjans ledarm några dm under vattenytan och det är oklart om ålen passerade över armen eller gick genom förgården. Då ålarna rörde sig parallellt med mittarmen var avståndet till denna minimum 5 m, typiskt cirka 10 m.

En "återfångst" av experimentålarna har rapporterats. Sändaren från ål f återfanns under hösten intrasslad i nätmaskorna på en gösryssja. Platsen var i västra delen av sjön 1,9 km från spårningens slutposition och tidpunkten kan ha varit när som helst före 22 oktober 1981.

DISKUSSION

I flera avseenden ger spårningarna en entydig bild av vandringsbeteende hos ål i Hjälmarens:

En kort aktiv vandringsperiod under förnatten, då ålen förflyttar sig totalt cirka 5 km.

En vandringsriktning som varierar föga under natten och rörelser företrädesvis i de centrala delarna av sjön, typiskt mer än 1 km från land.

Ständiga växlingar mellan att simma med en lutning svagt uppåt eller nedåt och en total simdjupsvariation mellan ytan och botten.

Förmåga att upptäcka nät på cirka 10 m avstånd och att undvika redskap.

Den aktiva perioden var i de flesta fall relativt kort; 2,5-5 timmar/natt, typiskt 3-3,5 timmar. I ett fall (ål c natt 2) förblev ålen passiv under hela natten. För de tillfällen då ålen övervakades hela den mörka delen av dygnet observerades cirka 80 % av den totala aktiviteten under nattens första hälft.

Den kortare förflyttning som vid några tillfällen observerades efter soluppgången torde inte ha med utvandringen att göra. I experimenten d och f, där det djupa ålen befann sig på direkt

registrerades, var förflyttningarna mot 1-2 m större djup. Ett troligt skäl kan vara att ålarna sökte lägre ljusnivå eller ett lämpligare underlag för dagens stillaliggande.

Månfasens inverkan på ålarnas aktivitet har belagts vid många fångstundersökningar och experiment. (Sammanställda t ex av Tesch 1973.) Den typiska effekten är en ökning av fångsterna under fjärde kvartalet, dvs vid avtagande halvmåne. Telemetri-försöken visar dock ingen påtaglig skillnad i aktivitet eller rörelsemönster vid olika månfas. Yrkesfiskarna vid Hjälmaren hade inte heller någon erfarenhet av skillnad i fångster sammanhängande med månen. Någon förklaring till detta förhållande kan jag inte ge. En stark månfas effekt har t ex rapporterats från Rhen (Jens 1953) så skillnaden förklaras inte av att ålarna befann sig i sötvatten.

Den korta aktivitetsperioden medförde också att den totala förflyttningen per dygn blev liten, typiskt 3-6 km. Detta kan jämföras med resultaten av märknings- och telemetriförsök i havet, där dygnsförflyttningen normalt är 25-50 km (Westin och Nyman 1979, Westerberg 1979). Med den observerade vandringshastigheten blir passagetiden genom Hjälmaren 10-20 dygn.

Ålarna rörde sig i de flesta experimenten ut från land omedelbart efter utsättningen, och höll sig sedan på mer än 1 km avstånd från stranden, i de centrala delarna av sjön. Ett visst beroende av kustlinjen visades av ålarna e och h, som under de första timmarna av spårningen rörde sig norrut längs en nord-sydlig strand. Dessa ålar följde detaljerat djupkurvan för 6 m. I de övriga experimenten observerades inget samband mellan ålarnas väg och bottenpografien.

Det begränsade materialet och graden av uniformitet i ålarnas beteende gör det svårt att diskutera inverkan av meteorologiska faktorer på vandrigen. Det intensiva lågtryck som passerade den 16 augusti medförde en kortvarig ökning av tillflödena till sjön och syns också i en svag vattenståndsökning den 17-19 augusti. Spårningarna c och d avviker dock inte på något påtagligt vis från a och b, som gjordes i samma område men under den föregående stabila högtrycksperioden. Något samband mellan vindens riktning eller styrka och ålvandringen framgår inte heller av observationerna.

Vandringsriktningen var i de experiment där ålarna sattes ut i västra delen av sjön ostlig eller sydostlig, vilket överensstämmer med den förväntade riktningen ut ur sjön. Spårningarna e, g och h gjordes i en del av sjön där en ostlig vandringsriktning blockerades av land. Dessa ålar gick alla norrut längs land för att sedan röra sig söderut mot den centrala delen av sjön. Vandringsriktningen i experiment f är inte adekvat för en utvandring. Återfyndet av sändaren i västra delen av sjön visar också att ålen fortsatt med en västlig riktning efter spårningen. Huruvida det är vanligt förekommande att blankålar cirkulerar en längre tid i sjön före utvandringen kan inte avgöras av dessa försök.

Simdjup

De oavbrutna rörelserna upp och ned över hela vattendjupet är ett iögonenfallande beteende, som indirekt kunde observeras även vid spårningarna utan simdjupsändare. När dessa gjordes under situationer med stark temperaturskiktning kunde passagen av termoklinen höras som en markant ändring i signalstyrka.

Simdjupmätningarna är endast preliminärt bearbetade, och kommer att diskuteras utförligare tillsammans med liknande observationer från spårningar i havet.

Beteendets betydelse för ålen är oklar. Det ligger nära till hands att anta ett samband med ålens orientering under vandringen. Förklaringen kan då vara att ålen söker information i vertikal-fördelningen av någon parameter, eller att vertikalrörelsen i sig är nödvändig för orienteringen. Det senare fallet skulle t ex kunna vara en aktiv avkänning av det geomagnetiska fältets riktning genom att ålen detekterar det elektriska fält som induceras av dess egen rörelse. Induktion från magnetfältets horisontella komponent, som är den som innehåller riktningsinformation, ges då i ålens längdriktning om rörelsen har en vertikalkomponent (Kalmijn 1974).

I det förra fallet finns flera tänkbara alternativ. Kombinationen av den vertikala fördelningen av vattenmassor och deras relativa rörelser kan ge upplysning om riktningen till eller från en vattenmassas ursprungsområde. Karakteriseringen av de olika vat-

tenmassorna kan tänkas vara genom temperaturen eller någon kemisk egenskap, t ex luktämneskoncentrationer. En sådan modell förklarar de fall då vertikalcyklerna begränsas av strukturer i den vertikala temperaturskiktningen. En annan möjlig parameter är det geoelektriska fält som induceras av vattenströmmarna genom det jordmagnetiska fältet. Detta elektriska fält har Rommel och McCleave (1973a, b) föreslagit som en trolig orienteringsmekanism för ålvandringen. Eftersom fältet koncentreras vid gränsytor mot luft och botten, kan eventuellt beteendet förklaras som att ålarna kombinerar riktningsinformationen på de nivåer där fältet är starkast genom att snabbt flytta sig mellan dem.

En alternativ hypotes är att oscillationerna inte alls har med orienteringen att göra, utan att ålen "glidflyger". Weihs 1973 har teoretiskt visat att en fisk som är tyngre än vatten kan minska sin energiförbrukning avsevärt genom att alternera mellan glidflykt och aktiv rörelse snett uppåt. Vid första påseende tycks en ål ha en långt ifrån idealisk aerodynamisk form för glidflykt. Den optimala formen för en fisk i detta avseende är emellertid inte självklar. Hos en stelt utsträckt kropp, såsom vid glidflykt, bestäms i första approximation vattenmotståndet av tvärsnittsarean. För en given volym ger då ålformen en minimal tvärsnittsarea och alltså litet vattenmotstånd vilket är fördelaktigt för en effektiv glidflykt. Genom att vikten i vatten är liten krävs en liten lyftkraft och ålens bröstfenor (som för övrigt ökar i storlek vid omvandlingen till blankålsfas) torde vara tillräckligt effektiva.

Undvikande av redskap

Vid samtliga utsättningar undgick ålarna att låta sig fångas av ryssjorna. Beteendet vid redskapen är på flera sätt svår-förklarligt. Så långt noggrannheten i spårningstekniken kan avgöra det, så upptäckte ålarna nätarmarna på minst 5-10 m avstånd. Siktdjupet i Hjälmaran var vid tiden för experimenten extremt lågt, mindre än 50 cm, och spårningarna gjordes i skymningen med mycket svagt dagsljus. Det är därför helt uteslutet att ålarna kunde se nätet. Att de upptäcktes genom lukt kan också uteslutas, eftersom beteendet var lika då ålarna närmade sig

från upp- eller nedströmssidan. Återstår akustiska effekter eller eventuella störningar i det geoelektriska fältet som möjliga stimuli för att upptäcka nätet.

Att undvikandereaktionen är inlärd, och alltså förutsätter att ålen varit fångad tidigare, kan inte uteslutas genom dessa försök. Dock har jag vid telemetriförsök på lax observerat ett liknande beteende vid redskap och i detta fall kan man av fiskestatistik och data för uppehållstider dra slutsatser att beteendet är det samma hos laxar utan föregående erfarenhet av redskap.

ERKÄNNANDEN

Undersökningen har skett inom ramen för Fiskeristyrelsens projekt "Telemetrastudier på fisk" med medel från CDL:s Nämnd för Värme-kraftens Miljöfrågor. Bidrag har också anslagits från E3-medel; "Främjande i allmänhet av fiskerinäringen".

Försöken planerades och utfördes i samarbete med Tommy Sjölund och Erik Wahlgren vid Fiskeristyrelsen i Västmanlands län. Deras insats under fältarbetet, liksom hjälpen och intresset från yrkesfiskarna vid Hjälmaran, erkännes tacksamt.

Jag vill också tacka Kristina Hansson och Agneta Hilding för hjälp med rit- och skrivarbete.

LITTERATUR

- Björk, L. 1977. Utrustning för telemetriundersökningar. (English summary: Equipment for telemetry investigations.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (16). 26 p.
- Deelder, C.L. 1970. Synopsis of biological data on the eel Anguilla anguilla (Linnaeus) 1758. FAO Fish.Synopsis 80 (FIRI/S80).
- Jens, G. 1953. "Über den lunaren Rhythmus der Blankaalwanderung. Arch.FishWiss. 4:94-110.
- Kalmijn, A.J. 1974. The detection of electric fields from inanimate sources other than electric organs. p. 148-200. In Electroreceptors and other specialized receptors in lower vertebrates. Ed.: A. Fessard. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.

- Rommel, S.A. och J.D. McCleave. 1973a. Sensitivity of American eels (Anguilla rostrata) and Atlantic salmon (Salmo salar) to weak electric and magnetic fields. J.Fish.Res.Bd Can. 30(5):657-663.
- och J.D. McCleave. 1973b. Prediction of oceanic electric fields in relation to fish migration. J.Cons.Explor.Mer. 35(1):27-31.
- Tesch, F.-W. 1973. Der Aal. Biologie und Fischerei. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin. 306 p.
- Weihs, D. 1973. Mechanically efficient swimming techniques for fish with negative buoyancy. J.Mar.Res. 31:194-209.
- Westerberg, H. 1977. Ultraljudsteleometri. (English summary: Ultrasonic telemetry.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 39 p.
- 1979. Counter-current orientation in the migration of the European eel. Rapp.Cons.Explor.Mer. 174:134-143.
- Westin, L. och L. Nyman. 1979. Activity, orientation and migration of Baltic eel (Anguilla anguilla L). Rapp.Cons.Explor. Mer. 174:115-123.

ENGLISH SUMMARY: UTLRASONIC TRACKING OF MIGRATING EELS IN LAKE HJÄLMAREN

During the peak of the migration season, in August 1981, 8 female eels in the silver stage were tracked for periods of 1 to 3 nights each. The main results were:

- 1) A short nocturnal activity period was observed with, typically, 3-5 hours of directed migration from the sunset to the middle of the night.
- 2) The migration speed was 3-5 km per 24-hour period, the sustained swimming speeds 0.5-1 body length/s.
- 3) The movements were highly directed and in most cases in an appropriate easterly direction, towards the outlet of the lake.
- 4) The routes of the eels were in the centre of the lake, normally more than 1 km from the shores.
- 5) Swimming depth was monitored in two of the trackings. A preliminary analysis shows a characteristic cycling between the surface and the bottom. The inclination of the eels' movement was approximately 10 degrees from the horizontal,

alternating up- and downwards. The significance of this observation is discussed in terms of swimming energetics and orientation mechanisms.

- 6) Avoidance of fyke nets was observed in several cases. The eels reacted to the leader at a distance of the order of magnitude 10 m, which was well above the visual range. Avoidance was equally effective during approaches with and against the current.