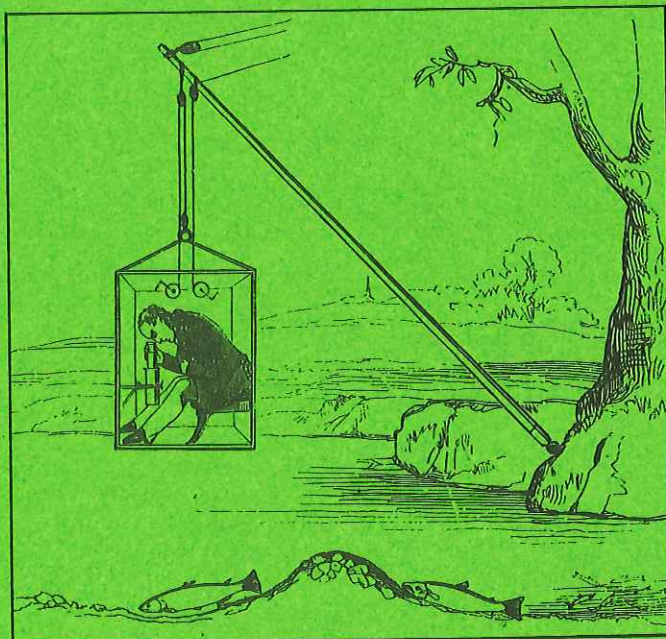


Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET Drottningholm



HÅKAN WESTERBERG

Metodproblem vid telemetri-  
studier av fisk





# METODPROBLEM VID TELEMETRISTUDIER AV FISK

Håkan Westerberg

INLEDNING	1
DIREKTEFFEKTER	2
<u>Viktändring</u>	2
<u>Hinder för simning</u>	5
<u>Mekaniska effekter</u>	6
<u>Andra direkteffekter</u>	7
SPÅRNINGSSITUATIONEN	7
HANTERINGENS EFFEKTER	9
<u>Fördröjd dödlighet</u>	9
<u>Reversibla fysiologiska effekter</u>	10
<u>Bedövning</u>	11
<u>Beteendestörningar</u>	11
DISKUSSION	14
ERKÄNNANDE	15
LITTERATUR	15
ENGLISH SUMMARY: METHODOLOGIC PROBLEMS IN FISH TRACKING	17

1. 1950-1955

2. 1956-1960

3. 1961-1965



## INLEDNING

I de flesta situationer är undervattensteleometri den enda tillgängliga metoden för direkta studier av fiskars beteende i naturlig miljö. Principen är att förse en fisk med en miniatyriserad radio- eller ultraljudsändare, så att det går att från land eller med båt följa dess rörelser. Med speciella sändare kan fysiologiska mätvärden från fisken överföras under experiment, eller kan sändaren ge kontinuerlig information om omgivningsfaktorer såsom temperatur eller simdjup. Internationellt har metoden snabbt fått stor utbredning. Översiktsartiklar om tekniken och dess användningsområden har skrivits av t ex Stasko och Pincock (1977), Ireland och Kanwisher (1978) och Priede (1979).

Att metoden är så unik gör det dessvärre också svårt att utvärdera i vilken mån det observerade beteendet är stört av metoden - det finns normalt inga oberoende observationer att jämföra med. I förhållande till det stora antal telemetriundersökningar som gjorts och den sofistikerade som telemetriteknologin uppnått, har det därför utförts relativt få grundläggande studier av metodproblemen. Avsikten med denna rapport är att sammanställa och diskutera de resultat som redovisats i telemetrelitteraturen.

Problemet är komplext och olika effekter kan förväntas beroende på hur sändaren appliceras, vilken art det gäller, experimentets tidsutsträckning och vilken spårningsteknik som används.

En uppdelning av de potentiella effekterna kan göras i följande kategorier:

- Direkteffekter, relaterade till sändarens närvaro på eller i fisken.
- Spårningssituationens inverkan på fiskens beteende.
- Hanteringens effekter.

De första två kategorierna är specifika för telemetrimetoden, och direkteffekterna är de som blivit mest studerade. Akuta och kroniska effekter på grund av fångst och hanteringen vid märkningen är ett mer generellt problem inom experimentell fiskeri-

biologi. Variationerna beroende på art och detaljer i märkningsproceduren är stora och kunskaperna, speciellt om korttidseffekter, är bristfälliga.

## DIREKTEFFEKTER

Tre metoder används för att applicera sändaren på fisk: Mekanisk fastsättning utvändigt, inoperering i bukhålan och placering i magsäcken. Beroende på vilken metod som används kan sändaren i varierande grad inverka mekaniskt på fisken. Vid olämpligt materialval kan sändaren ge kemiska effekter och eventuellt kan signalen från sändaren uppfattas av och störa fisken.

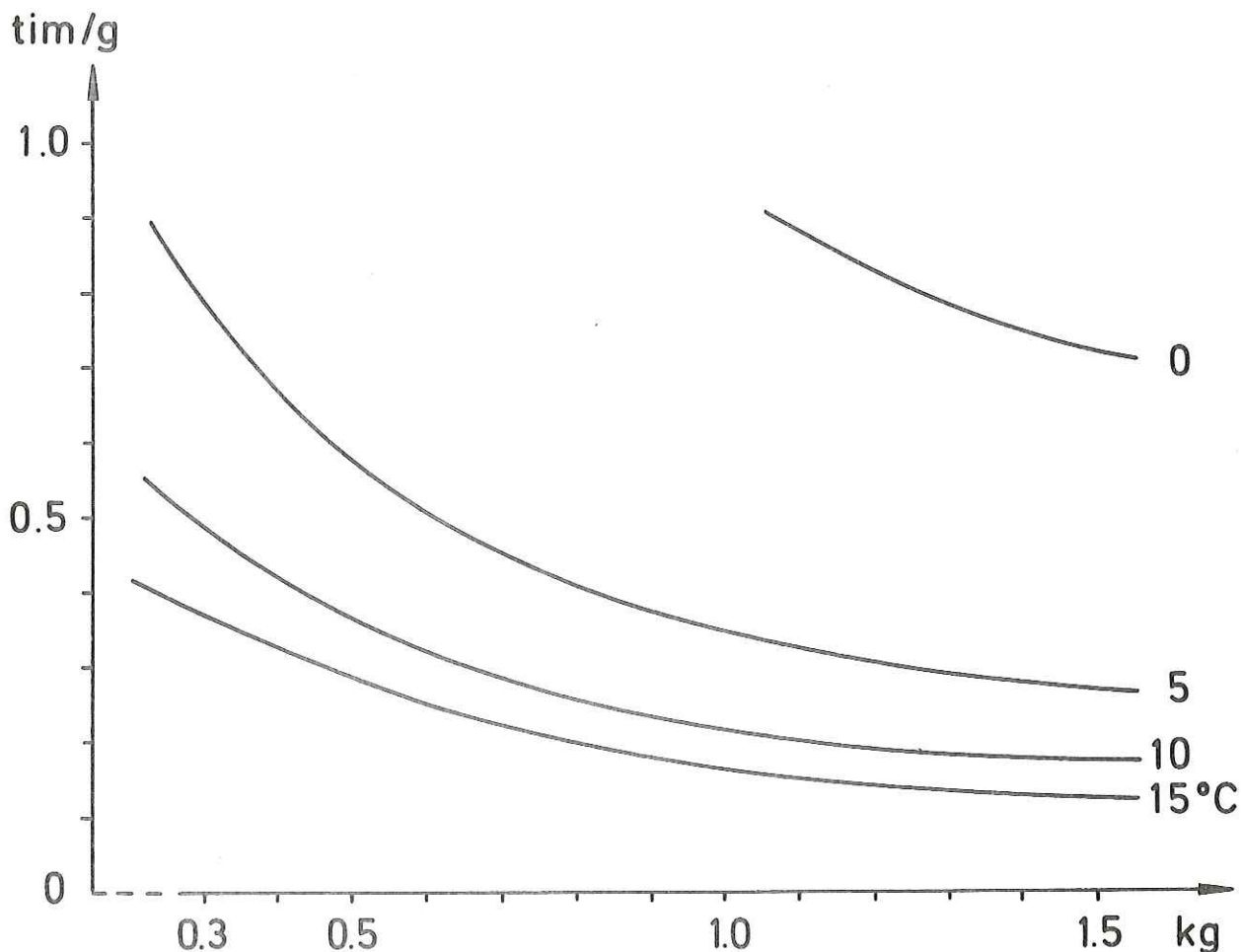
## Viktändring

De flesta fiskarter som lever i de översta hundratalet meter i havet har simblåsa. Undantag är vissa bottenlevande arter, hajar och makrillfiskar. Typiskt utgör simblåsevolymen ca 5 % av fiskens totala volym, vilket medför att fisken är nära neutralt flytande. Simblåsan expanderar, respektive trycks samman, då vattentrycket minskar eller ökar. Dessa volymförändringar vid en simdjupförändring kan kompenseras på två sätt, beroende på artens simblåseanatomi:

- Fysoclister, till vilken grupp majoriteten av arter hänför sig, har en sluten simblåsa i vilken gasmängden regleras genom absorption eller sekretion från blodsystemet.
- Fysostomer har förbindelse mellan svalget och simblåsan, och kan vid vattenytan fylla på simblåsan genom att snappa luft, till denna grupp hör bland annat laxfiskar och ål.

Eftersom en telemetrisändare normalt har en viss vikt i vatten kommer den att störa fiskens viktbalans. Reaktionerna hos en fysoclist fisk har studerats t ex av Gallepp och Magnusson (1972). En måttlig extravikt, motsvarande några % av fiskens totalvikt, kan kompenseras omedelbart genom aktiva simrörelser. Om det djupa fisken före märkningen var adapterad till inte var alltför nära vattenytan kan den finna hydrostatisk balans på ett nytt, grun-

dare djup. För att återfå jämvikt vid det ursprungliga adaptationsdjupet måste extravikten kompenseras genom utsöndring av gas till simblåsan, vilket är en relativt långsam process. Sekretionshastigheten är starkt temperaturberoende och mängden gas, som kan avges per tidsenhet väsentligen proportionell mot simblåsans yta, vilket innebär att mindre fiskar utsöndrar gas relativt snabbare än större. Figur 1 visar den tid som behövs för att kompensera 1 g viktökning om fisken befinner sig vid vattenytan (beräknat med data från torsk, Harden Jones (1977)). Om viktstillskottet sätts till 1 % av totalvikten, vilket motsvarar att fisken flyttas från vattenytan ned till 2.5 m djup, blir tiden att återvinna flytkraften ca 2 timmar vid 10 °C.



Figur 1. Tid för att återvinna neutral flytkraft nära vattenytan vid ett viktstillskott. Gasutsöndringshastighet från mätningar på torsk (Harden Jones 1977).



Den maximala extravikt som kan kompenseras på detta sätt torde motsvara ungefärligen en fördubbling av simblåsans normala volym, dvs ca 5 % av fiskens totalvikt.

Efter den initiala compensationen kvarstår en effekt av extraviktens närvaro. Varje djupförändring kräver att en större gasvolym utsöndras eller absorberas än vad som vore fallet utan extravikten. Detta medför att det djupintervall fisken kan röra sig inom under en given tidsrymd, t ex amplituden för en vertikal dygnsvandring, blir mindre än utan extravikten. Det åtgår också mer energi för gasutsöndring genom att totalvolymen är större.

Flytkraftkompensering hos en fysostom art (lax) har studerats av Fried et al. (1976). Extravikter motsvarande 4.5 % av kroppsvikten kompenstrades gradvis om fisken gavs möjlighet att snappa luft vid vattenytan. Efter 4 timmar hade i genomsnitt halva extravikten kompenstrats. De individuella variationerna var stora. Fiskar som förhindrades att nå vattenytan var oförmögna att kompensera vikten.

Extraviktens effekter på arter utan simblåsa har inte studerats experimentellt. Pelagiska arter motverkar sjunktrenden genom att kroppsformen ger en hydrodynamisk lyftverkan vid rörelse horisontellt. Lyftverkan ökar med kvadraten på simhastigheten och teoretiskt skulle en extravikt kunna inducera en ökad simhastighet. Alternativt kan vikten kompenseras med oförändrad hastighet men genom att fisken simmar med en liten vinkel upp från horisontalplanet.

Fiskar med simblåsa har ofta kroppens tyngdpunkt belägen över lyftkraftcentrum, vilket medför att orienteringen i vattnet är instabil. Om de kompenstrande rörelserna med bröstfenorna upphör så tippar fisken runt. Denna instabilitet påverkas av telemetrisändarens vikttillskott och en utvändigt placering dorsalt, vilket är ett vanligt sätt att anbringa sändare på fisk, ökar vridmomentet på fisken maximalt. Vid laboratorieförsök med abborre fann Ross och McCormick (1981) att med placering vid ryggfenan var den största tillåtna sändarvikten i vatten ca 2.1 % av fiskens totalvikt, om de skulle klara balanseringen.



När sändaren placeras i magsäcken eller bukhålan förskjuts tyngdpunkten nedåt och effekten är att fiskens normala orientering blir statistiskt stabil (Chamerlain 1979).

#### Hinder för simning

Sändarens storlek kommer att påverka fiskens rörelser i vattnet, dels genom en ökning av strömmotståndet, om den är placerad utvändigt, dels som ett mekaniskt hinder för simrörelserna. Arnold och Holford (1978) har studerat strömmotståndsförändringen teoretiskt och experimentellt i samband med telemetriförsök på rödspätta och torsk. Approximativt gäller att ökningen i strömmotstånd är proportionell mot ökningen av den yta som fisken exponerar i simriktningen. I det fall som diskuteras av Arnold och Holford (1978) var sändaren en cylinder med 1 cm diameter, placerad med ändytan mot strömmen. Fiskarna som användes hade storleken 40-50 cm (rödspätta) och 50-70 cm (torsk). Ökningen av simmotstånd vid normala simhastigheter (1-2 kroppslängder/s) var 3-5 %. Motsvarande resultat, att sändarens strömmotstånd ger ett enkelt additivt bidrag, fann McCleave och Stred (1975) och Shepherd (1973) vid försök med laxfiskar i strömakvarier.

Förutsättningen för att detta skall gälla är dock att sändaren anbringas långt fram på fisken, där vattenrörelsen förbi sändaren väsentligen ges av fiskens medelhastighet framåt. Om sändaren placeras där simslagen har stor amplitud, t ex på stjärtspolen, utsätts den för väsentligt större hastigheter och strömmotståndet, som är proportionellt mot kvadraten på hastigheten, kan bli betydande. En sådan placering kan också ge effekter genom att simrörelsernas hydrodynamiska effektivitet minskar. Sändare som släpas i en lång fästtråd, så att de vid snabb simning kommer i höjd med stjärtfenan, kan drastiskt minska simeffektiviteten (Ichihara et al. 1972).

McCleave och Stred (1975) visade vid försök med laxsmolt att placering i magsäcken inte gav någon signifikant effekt på simprestationsförmågan, även då sändarens längd var upp till 15 % av smoltens totallängd. Förhållandet torde vara detsamma, då

sändaren opereras in i bukhålan, men några undersökningar av effekten på simprestationerna vid denna metod att placera sändaren har inte gjorts.

#### Mekaniska effekter

Vid flera studier har man observerat skador på grund av att sändaren genom sin tyngd och strömmotstånd drar i infästningsanordningen eller skaver mot fisken (Henderson et al. 1966, Ichihara et al. 1972, McCleave och Stred 1975, Zimmerman 1980 och Ross och McCormick 1981). Mest påtaglig blir denna typ av skador då sändaren får hänga fritt, fäst med endast en tråd. Tvåpunktsfastsättning, relativt långt fram på fisken, där simrörelseamplituden är liten, minskar risken för inverkan. En fästplatta som modellerats för att ansluta skonsamt till fisken har också visat sig gynnsam för att undvika mekaniska skador.

Även vid placering av sändaren i bukhålan kan sändarens tyngd orsaka tryckskador och nekros (Chamberlain 1979, Zimmerman 1980). Eftersom bukväggen hos många fiskarter är tunn, och blodförsörjningen till muskulaturen relativt dålig, kan läkningen av operationssåret ta lång tid. Hart och Summerfelt (1975) rekommenderar därför användning av suturtråd som är av icke-absorberbart material, då annars såret lätt kan gå upp.

Den metod som medför minst mekanisk påverkan på fisken är placering i magsäcken, speciellt hos rovfiskar, som har stor magsäck och regelmässigt sväljer stora föremål. Ett riskmoment föreligger då sändaren förs ned genom matstrupen. Vassa kanter på sändaren eller sonden som används kan ge skador. I övrigt tycks flera arter tolerera sändaren väl, och behåller den under långa perioder. Lax har märkts på detta sätt och återfångats efter flera månader med sändaren kvar och utan observerbara skador (Stasko 1975, Westerberg 1982). Torsk fortsätter att äta normalt trots närvaron av sändaren (Hawkins, pers.medd.). Dock finns många arter som efter relativt kort tid spottar upp sändaren (t ex bass, Henderson et al. (1966)), vilket naturligtvis begränsar metodens användbarhet.



### Andra direkteffekter

Materialet i sändaren har betydelse speciellt vid placering i kroppshålan eller magsäcken. Ofullständigt härdade och åldrade epoxiplaster kan avge irriterande och giftiga härdarrester. Sköljning av sändaren i saltsyra och avspolning med vatten eliminerar en del av denna risk. En EKG-sändare för placering i magsäcken, som hade en elektrodyta av mässing, gav problem genom att försöksfiskarna efter kort tid spottade upp sändaren. Då elektrodens guldpläterades tolererades sändaren väsentligt bättre (Holand 1975).

De vanligen använda ljudfrekvenserna vid telemetri (50 kHz eller högre) ligger över det hörbara frekvensområdet hos alla fiskarter vars hörsel studerats. Flera försök (t ex Young et al. 1972, Facey et al. 1977) har inte kunnat påvisa någon reaktion hos fisken på närvaron av sändarsignalen. Ett undantag rapporterades av McCleave och Stred (1975), som observerade en sänkning av hjärtfrekvensen hos laxsmolt i samband med att en 70 kHz sändare startades i försökstanken. Hur signalen detekterades är oklart, eventuellt gav sändaren ett lågfrekvent klickljud i samband med ultraljudspulserna.

### SPÅRNINGSSITUATIONEN

Många variationer finns på sättet att observera den märkta fisken under ett telemetriexperiment. Spårning med fast utplacerade hydrofoner torde inte kunna innebära några störningar för fisken, men då fisken följs med båt, vilket är den vanligaste tekniken, kan spårningssituationen vara en faktor som påverkar fiskens beteende.

De flesta fiskar har god hörsel i det lågfrekventa området, med en hörseltröskel jämförbar med, eller lägre än, bakgrundsbrusets nivå i frekvensområdet 100-300 Hz (Chapman 1973). Ljudnivån från följbåten varierar naturligtvis avsevärt beroende på båttyp och motor. Stasko och Buerkle (1975) har gjort uppmätningar av undervattensljuden från ett antal mindre båtar, och resultaten återges i Tabell 1.

Tabell 1. Exempel på undervattensljud från småbåtar och teoretisk hörbarhetssträcka (beräknat från data i Stasko och Buerkle (1975)).

Båttyp	Källstyrka vid 100Hz relativt bakgrundsbrus (dB)	Teoretisk hör- barhetsgräns (km)
15 m fiskebåt under trålning	76	6.3
7 m trä disel driven	41	0.1
5 m plast 50 hp utombord	79	8.9
4 m plast 9 hp utombord	78	7.9
4 m plast 6 hp utombord	59	0.9
3 m gummi 6 hp utombord	36	0.1

Om man försummar eventuella begränsningar av ljudutbredningen på grund av skiktning i vattnet kan hörbarhetsgränsen för båt ljuden skattas som det avstånd på vilket ljudintensiteten avtagit till samma nivå som bakgrundsbrusets. Detta avstånd är framräknat i tabellen och kan jämföras med det avstånd en typisk ultraljudsändare (frekvens 100 kHz, signalnivå 110 dB över bakgrundsbrusets nivå) vore hörbar med samma beräkningssätt; nämligen 1.5 km. Slutsatsen är att i många spårningssituationer kan fisken höra följebåten under hela eller större delen av den tid den är under observation. Eftersom fisken dessutom har god förmåga att avgöra riktningen till en ljudkälla (Schuijf 1975, Hawkins och Sand 1977) skulle en undflyendereaktion kunna leda till att de förflyttningar som observeras snarare återspeglade försökssituationen än ett ostört beteende.

Vid telemetrispårningar av lax och ål under lekvandring har jag prövat existensen av sådana effekter genom att variera följebåtens läge relativt fisken och studera om detta kunde ändra valet av simriktning (Westerberg 1982). Ingen riktad undflyendereaktion kunde noteras, dock reagerade båda arterna genom att dyka djupare ned då båten kom som närmast, på avstånd av storleksordningen 10 m från fiskens position. Denna påverkan var kortvarig och fiskarna återtog sitt ursprungliga simdjup kort tid efter det att båten passerat.

Störningar av beteendet på grund av buller från observationsbåten har inte heller redovisats vid några andra telemetriexperiment. En förklaring kan vara att ljud sannolikt inte har samma



informationsvärde som varningssignal för fiskar i deras miljö som för landlevande djur. Erfarenheterna från försök med akustiska barriärer för att styra fiskar visar också på svaga och snabbt övergående reaktioner även på mycket starka ljudkällor (Hocutt 1980).

## HANTERINGENS EFFEKTER

Märkningen med ultraljudsändare innebär normalt att fisken har fångats och hanterats i samband med fastsättningen av sändaren. Denna akuta stress medför fysiologiska störningar som kräver en viss tid för återhämtning. Om utsättningen sker i en för fisken okänd miljö kan detta också innebära ett stört och atypiskt beteende under den tid som krävs för etablering av en ny home-range, eller återlokalisering av den tidigare. I ett fåtal fall kan man eliminera dessa problem helt genom märkning "in situ". Sändaren döljs då i en betesfisk, som sänks ned och sväljs av den fisk som sedan spåras. Detta har använts med framgång för märkning av tonfisk (Pincock et al. 1978), men uppenbarligen har metoden begränsningar t ex genom att möjligheten att påverka vad för fisk som märks är liten.

### Fördröjd dödlighet

Vid hög muskelaktivitet sker en accumulation av mjölksyra hos fisken, som i svåra fall kan leda till en störning av den intracellulära syra-bas balansen. Denna störning är irreversibel, och leder till att fisken dör efter en latensperiod av typiskt 4-8 timmar. Omedelbart efter aktivitetsperioden är fisken utmattad och passiv, men under en första period, av någon eller några timmar, finns inga yttre tecken som skiljer de individer som kommer att dö från dem som återhämtar sig. En översikt och diskussion av fenomenet ges t ex av Wood et al. (1983). Typisk är dödligheten 25-50 % vid experiment där fiskar jagas runt så länge att de av utmattning slutar reagera på störningen. Låg syrehalt i vattnet vid hög temperatur ökar risken för dödlighet (Wendt 1967).

Uppenbarligen kan detta vara ett allvarligt problem vid telemetrieförsök. Fiskemetoder som nät- och krokfiske kan medföra att fisken under lång tid arbetar för att komma loss. Hanteringen då den tages från redskapet och under märkningsproceduren ger ytterligare stress. Om fisken tages ur vattnet avbryts syretillförseln helt, vilket leder till snabbt ökad anaerob metabolism och därigenom till större risk för irreversibelt mjölksyraöverskott.

Eftersom effekten är fördröjd kan fisken förefalla normal omedelbart efter märkningen, men, när den släppts ut, ändå dö efter några timmar. Att konstatera detta kan vara svårt och tidskrävande vid ett telemetrieförsök, genom att man normalt inte kan avgöra om sändaren har fallit av, fisken är död eller om den helt enkelt ligger stilla. Risken för denna destruktiva hanterings-effekt kan minskas genom följande rekommendabla försiktighetsåtgärder:

- Att fånga försöksfisk med en metod som medför minimal stress, t ex ryssjor och fällor.
- Att sörja för god syresättning av vattnet under hanteringen, och undvika hantering av fisken i luft.
- Att söva fisken vid märkningen.
- Att hålla fisken under observation ca 12 timmar före utsättning.

Om de två sistnämnda punkterna råder delade meningar. Narkosmedel för fiskar kan i sig ge ogynnsamma verkningar, vilket skall diskuteras senare. Vissa författare (t ex Hart och Summerfelt 1975) anser att omedelbar utsättning är att föredra.

#### Reversibla fysiologiska effekter

Fiskar skiljer sig från varmblodiga djur i att den mjölksyra som ackumuleras i muskulaturen vid ansträngning kvarstår under lång tid. Typiskt krävs ca ett halvt dygn för att mjölksyrhalten i blodet skall återgå till normal nivå (Perrier et al. 1978). Kopplat till detta sker en ökning av glykoshalten i blodet, vilken kulminerar ca 4 timmar efter hanteringen. Återhämtningen är långsammare än för mjölksyra, och kräver ca ett dygn. En mer kortvarig ökning av plasmacortisol och halten cyklisk AMP följer också på akut stress.



Vid en 2-veckors studie av effekten av en enstaka, kortvarig (2 minuter) och relativt mild hantering av öring fann Pickering et al. (1982), utöver de störningar av blodkemin som nämnts ovan, även mer långvariga effekter. Lymfocytkoncentrationen sjönk till ett minimum efter ca två dygn och mängden bagerceller i ytterhuden ökade till ett maximum ca en vecka efter hanteringen. Fiskarna slutade också att äta under upp till 3 dygn. Mätbara stress-effekter kan alltså kvarstå lång tid, även efter minimal hantering.

### Bedövning

Att söva fisken är nödvändigt om större ingrepp skall göras på den vid märkningen, t ex då sändaren skall opereras in i buk-  
hålan. Föreligger risk att fisken skall kämpa våldsamt vid hanteringen kan en lätt bedövning eliminera risken för fördröjd dödlighet, som nämnts ovan. Dock ger de vanliga narkosmedel som används för fisk, MS 222 eller Finquel (etyl-m-aminobenzonat metansulfonat) och Bensokain (etyl p-aminobenzonat), fysiologiska effekter utöver bedövningen. Mjölksyra och blodglykoshaltarna påverkas på samma vis som vid hanteringsstress, dessutom ökar blodparametrarna hemoglobinkoncentration (Hb) och hematokritvärdet på grund av bedövningen (Soivio et al. 1977). Återgången till normalvärden sker över samma tidsperiod som behövs för utsöndring och nedbrytning av bedövningsmedlet, 2-12 timmar (Houston et al. 1971). Beteendestörningar på grund av bedövningen har inte beskrivits, men de kan naturligtvis inte uteslutas under den tid rester av bedövningsmedlet finns i kroppen.

En speciell risk föreligger med MS 222, som i dåligt buffrade naturliga vatten kan sänka pH avsevärt. Det sura bedövningsbadet kan då skada fisken (Wedemeyer 1970). Narkoseffekten påverkas inte om MS 222-lösningen neutraliseras före användningen, vilket alltså är att rekommendera.

### Beteendestörningar

I rapporter om telemetriförsök med fisk förekommer ofta subjektiva kommentarer om fiskens beteende, typ "föreföll normal då den återhämtat sig i bassäng före utsättning", eller tillfälliga

visuella observationer i fält då man kunnat konstatera att den märkta fisken rört sig tillsammans med artfränder, ätit osv. Försök att mer objektivt mäta överensstämmelsen i beteende hos fiskar som försetts med sändare jämfört med opåverkade individer är få. I Tabell 2 finns en sammanställning av kontrollerade experiment i bassänganläggningar eller akvarier, som syftat till att utvärdera märkningens inverkan på beteende. Fältförsök där utförliga jämförelser kunnat göras med vild fisk eller mellan olika tidsperioder under ett spårningsförsök har också tagits med.

Att dra generella slutsatser ur detta disparata och begränsade material går ej. I flera fall observeras en högre rörelseaktivitet något eller några dygn efter utsättning i naturlig miljö (1, 15 och 16 i tabellen) medan den spontana rörelseaktiviteten minskar i laboratorieexperiment (3, 4 och 12). En förklaring kan vara att observationerna gäller territoriella arter, som vid utsättningen blivit förflyttade och under en första period skall etablera ny home-range eller söka sig tillbaka till sitt ursprungliga område.

Den mest omfattande studien av märkningseffekter har gjorts av Manns och Whiteside (1979, 15 i tabellen). Intermittenta dykarobservationer gjordes av 14 st Guadalupe bass, med ultraljudsändare inopererade i bukhålan, under en ettårs-period efter utsättningen. Mer än 80 beteende- och omgivningsvariabler noterades vid varje observationstillfälle. Jämförande iakttagelser gjordes på omärkt bass i området. Totalt gav undersökning över 1 000 observationstillfällen av märkta respektive omärkta fiskar. Under ca 4 dygn efter operationen noterades avvikande beteenden, som i många fall överensstämde med fiskarnas beteenden dygnet före de dödsfall som inträffade under experimentet. Detta gällde en reduktion av födointag, ökad frekvens av djupförändringar med åtföljande temperaturförändring, mer nomadiskt beteende samt en tendens att söka sig till delar av sjön med liten djupgradient och direkt solbelysning. Under återhämningsperioden efter operationen rörde sig fiskarna nära strandlinjen och tillbringade stor del av tiden nära botten, i motsats till detta sökte sig sjuka och döende individer till de centrala delarna av sjön där de rörde sig pelagiskt.



Tabell 2. Sammanställning av beteendestudier i samband med märkning med telemetrisändare. Sändarens vikt är angiven som vikt i vatten i procent av fiskens totalvikt.

Referens	Art	Sändare		Observationer			
		Place-ring	Vikt (%)	Förhållande	Tid (dygn)		
1	Holliday et al 74	Salmo trutta	utv	0.5-1	fält	5-16	Markant ökad rörelseaktivitet upp till 48 tim efter utsättning.
2	Young et al 72	- " -	utv	0.7-1.3	akv	6(?)	Ingen observerad påverkan på aktivitet, födointag eller dominansordning i jämförelse med omärkta individer i samma akvarium.
3	Zimmermann 80	- " -	oper	0-4.2	akv	15	Spontan aktivitet minskade proportionellt med sändarens relativa vikt. 1.4% av totalvikten ger 10% minskning av spontan aktivitet.
4	- " -	- " -	utv	0-4.2	akv	15	Som ovan. 1.4% av totalvikten medför ca 20% minskning av aktivitet.
5	Shepard 73	S. gairdnerii	utv släpande	0	akv	5	Ökad spontan aktivitet under de 12 första timmarna efter märkning. Detta gäller också hanterade kontroller. Ingen signifikant aktivitetsskillnad under någon fas av experimentet.
6	- " -	S. clarki	utv släpande	0	fält	4	Lägre rörelseaktivitet och simhastighet hos individer med släpande sändare jfrt med när sändaren är fast monterad på fiskens rygg.
7	Chamberlain 79	Perca flavescens	utv & oper	5	akv	7-180	Både märkta och kontroller inaktiva och utan att äta. Ingen signifikant skillnad observerad.
8	Ross et al 81	- " -	utv	0.5-1.5	akv	42	Ingen signifikant skillnad i födointag, tillväxt och respirationsfrekvens.
9	- " -	- " -	utv	0.5-1.5	damm	86	Signifikant överdödlighet hos märkta fiskar i damm med tät vegetation och låg oxygenhalt. Mekaniskt hinder.
10	- " -	- " -	utv	0.5-1.5	damm	37	Predationstrycket från gäddor i dammen större på fiskar med sändare.
11	Wrenn et al 79	Stizostedion canadense	oper	0.5-1	damm	156	Ingen signifikant skillnad i tillväxt och dödlighet. Har genomfört lek under experimentet.
12	Ross et al 81	Micropterus salmonides	utv	0.5-1.5	akv	13	Signifikant lägre födointag och tillväxt, dock aktiva och äter 12 timmar efter märkning.
13	Chamberlain 79	M. dolomieu	utv & oper	1.8	akv	7-180	Äter aktivt omedelbart efter märkning utv. Opererade fiskar börjar äta efter något dygn.
14	Manns et al 79	M. treculi	oper	1.5-3.3	fält	180-400	Dykarobservationer av märkta jfrt med vilda fiskar. Observerar avvikande beteenden under ca 4 dygn efter operation samt dygnet före observerade dödsfall. Efter återhämtningen överensstämde beteendet med vild fisk vad gäller aktivitet, födosök, habitat och reaktioner på hydrografiska faktorer. Signifikant skillnad observerades i en lägre tendens till stimbeteende.
15	- " -	Ambloplites rupestris	utv & oper	7	akv	7	Opererade fiskar dog efter 5-7 dagar.
16	Hawkins et al 74	Gadus morhua	mage	1.4	fält	7	Ökad rörelseaktivitet 12-24 timmar efter utsättning. Söker sig till grundare områden eventuellt p g a problem med vikt kompensering.
17	Holand 76	Pollachius virens	mage	0.6	fält	10	EKG-telemetri visar förhöjd hjärtfrekvens under 2-4 timmar efter MS222-bedövning om all hantering sker under vatten. Oxygenbrist vid sändarinsättning i luft gav tackykardi under ca 24 timmar.
18	Ichihara et al 72	Seriola quinqueradiata	utv släp	1	akv	15	Släpande sändare var mekaniskt hinder vid födojakt. Lockade till attack från andra fiskar i akvariet.

Individer, som återhämtat sig efter operationen, visade överensstämmelse med omärkt bass i alla observerade avseenden med undantag för det sociala beteendet. Benägenheten att ansluta sig till stim var signifikant lägre hos märkta fiskar, och då de gick i stim var det med individer av mindre storlek än de själva. Denna observation kan dock inte generaliseras till alla arter. Gråsejens stimbeteende påverkas inte av märkning med ultraljudsändare, utvändigt eller i magsäcken (Holand 1976).

En observation, som inte direkt berör beteendet, men som har betydelse för tolkningen av telemetriexperiment, är det ökade predatortrycket på individer med utvändiga sändare (10 och 18). I fall då man kan befara predation bör sändaren därför ges en diskret färg för att minimera experimentfiskens ökade synlighet. Något säkert sätt att avgöra om man råkar följa en predator istället för den fisk man märkt finns dock ej.

## DISKUSSION

Översikten av telemetriteknikens metodproblem visar att det finns många möjliga effekter av att märka fiskar med de relativt stora sändarna. Den huvudsakliga slutsats man kan dra av genomgången av nuvarande kunskaper om sändareffekter är att de är bristfälliga. Att värdera vilka typer av störningar som är allvarliga respektive försumbara är vanskligt, effekterna varierar beroende på art och märkningsteknik. Det är därför av vikt, att vid planeringen av telemetriundersökningar om möjligt göra förberedande experiment, som kan kvantifiera graden av påverkan vid de betingelser som gäller för undersökningen.

När det gäller sändarens direkteffekter förefaller betydelsen av sändarens vikt att vara undervärderad jämfört med fördelen av att minska storleken. Även efter att viktökningen kompenseras medför sändarens vikt en inskränkning av fiskens möjligheter att röra sig vertikalt, en onormalt stor simblåsevolym och ett ökat metaboliskt arbete. Eftersom den normala simhastigheten hos fisk ligger väsentligt under maximalprestationen och ökningen av simmotståndet på grund av sändaren vid låga hastigheter är mar-



ginell, torde det vara bättre att minska sändarens vikt i vatten genom att öka storleken med tillsatta flytelement än att sträva efter en så kompakt och liten sändare som möjligt.

Hanteringseffekterna är inte möjliga att generalisera, utan kräver analys för varje experiment separat. Återhämtningstiden varierar från några timmar till många dygn. Uppenbarligen är också typen av beteende som spårningen avser att studera av betydelse. Starkt motiverade beteenden, som t ex lekvandring, torde kräva kortare anpassningstid.

## ERKÄNNANDE

Arbetet har gjorts med medel från Nämnden för Värmekraftens Miljöfrågor.

## LITTERATUR

- Arnold, G.P. och B.H. Holford. 1978. The physical effects of an acoustic tag on the swimming performance of plaice and cod. *J.Cons.Explor.Mer.* 38:189-200.
- Chamberlain, A. 1979. Effects of tagging on equilibrium and feeding. *Underwater Telemetry Newsletter* 9(1):1-3.
- Chapman, C.J. 1973. Field studies of hearing in teleost fish. *Helgoländer wiss.Meeresunters.* 24:371-390.
- Facey, D.F., J.D. McCleave och G.E. Doyon. 1977. Responses of Atlantic salmon parr to output of pulsed ultrasonic transmitters. *Trans.Am.Fish.Soc.* 106:489-496.
- Fried, S.M., J.D. McCleave och K.A. Stred. 1976. Buoyancy compensation by Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts tagged internally with dummy telemetry transmitters. *J.Fish.Res.Board Can.* 33:1377-1380.
- Gallepp, G.W. och J.J. Magnuson. 1972. Effects of negative buoyancy on the behaviour of the bluegill *Lepomis macrochirus*. *Trans.Am.Fish.Soc.* 101:507-512.
- Harden Jones, F.R. 1977. Performance and behaviour on migration. p. 145-170. *Ur Fisheries mathematics*. Red.: J.H. Steele. Academic Press, London.
- Hart, L.G. och R.C. Summerfelt. 1975. Surgical procedures for implanting ultrasonic transmitters into flathead catfish (*Pylodictis olivaris*). *Trans.Am.Fish.Soc.* 104:56-59.
- Hawkins, A.D., D.N. MacLennan, G.C. Urquhart och C. Robb. 1974. Tracking cod *Gadus morhua* L. in a Scottish sea loch. *J.Fish. Biol.* 6:225-236.
- och O. Sand. 1977. Directional hearing in the median vertical plane by the cod. *J.Comp.Physiol.* 122:1-8.

- Henderson, H.F., A.D. Hasler och G.G. Chipman. 1966. An ultrasonic transmitter for use in studies of movements of fishes. *Trans.Am.Fish.Soc.* 95:350-356.
- Hocutt, C.H. 1980. Behavioral barriers and guidance systems. p. 183-205. Ur Power plants, effects on fish and shellfish behaviour. Red.: C.H. Hocutt, J.R. Stauffer Jr., J.E. Edinger, L.W. Hall Jr. och R.P. Morgan II. Academic Press, New York.
- Holand, B. 1975. Fish. Telemetry report 6. SINTEF Rapp. STF 48 A75065. 81 p.
- 1976. Fish. Telemetry report 7. SINTEF Rapp. STF 48 A76076. 70 p.
- Holliday, F.G.T., P. Tytler och A.H. Young. 1974. Activity level of trout (Salmo trutta) in Airthrey Loch, Stirling, and Loch Leven, Kinross. *Proc.Roy.Soc.Edinb.* (B) 74:315-331.
- Houston, A.H., J.A. Madden, R.J. Woods och H.M. Miles. 1971. Variations in the blood and tissue chemistry of brook trout, Salvelinus fontinalis, subsequent to handling, anesthesia, and surgery. *J.Fish.Res.Board Can.* 28:635-642.
- Ichihara, T., M. Soma, K. Yoshida och K. Suzuki. 1972. An ultrasonic device in biotelemetry and its application to tracking a yellowtail. *Bull.Far Seas Fish.Lab.* 7:27-47.
- Ireland, L.C. och J.W. Kanwisher. 1978. Underwater acoustic biotelemetry. p. 341-379. Ur The behaviour of fish and other aquatic animals. Red. D.I. Mostofsky. Academic Press, New York.
- Manns, R.E. och B.G. Whiteside. 1979. Behavioral variations associated with ultrasonic tagging of Guadalupe bass in Lake Travis, Texas. *Underwater Telemetry Newsletter* 9(2):4-9.
- McCleave, J.D. och K.A. Stred. 1975. Effect of dummy telemetry transmitters on stamina of Atlantic salmon (Salmo salar) smolts. *J.Fish.Res.Board Can.* 32:559-563.
- Perrier, C., M. Terrier och H. Perrier. 1978. A time-course study of the effects of angling stress on cyclic AMP, lactate and glucose plasma levels in the rainbow trout during a 64 hour recovery period. *Comp.Biochem.Physiol.* 60A:217-219.
- Pickering, A.D., T.G. Pottinger och P. Christie. 1982. Recovery of the brown trout, Salmo trutta L., from acute handling stress: a time-course study. *J.Fish.Biol.* 20:229-244.
- Pincock, D.G., D.M. Luke, F.A. Voegeli och M.J.A. Butler. 1978. A multichannel ultrasonic telemetry system for physiological and behaviour studies of bluefin tuna. p. 27-30. Ur Biotelemetry IV. Red.: H.-J. Klewe och H.P. Kimmich. Klewe/Kimmich, Braunschweig, Nijmegen.
- Priede, I.G. 1979. An analysis of objectives in telemetry studies of fish in the natural environment. p. 105-118. Ur A handbook on biotelemetry and radio tracking. Red.: C.J. Amlaner och D. McDonald. Pergamon Press, Oxford.
- Ross, M.J. och J.H. McCormick. 1981. Effects of external radio transmitters on fish. *Progr.Fish-Cult.* 43:67-72.
- Schuijf, A. 1975. Directional hearing of cod under approximate free field conditions. *J.Comp.Physiol.* 98:307-332.



- Shepherd, B. 1973. Transmitter attachment and fish behaviour. Underwater Telemetry Newsletter 3(1):8-11.
- Soivio, A., K. Nyholm och M. Huhti. 1977. Effects of anaesthesia with MS 222, neutralized MS 222 and benzocaine on the blood constituents of rainbow trout, Salmo gairdneri. J.Fish.Biol. 10:91-101.
- Stasko, A.B. 1975. Progress of migrating Atlantic salmon (Salmo salar) along an estuary, observed by ultrasonic tracking. J.Fish.Biol. 7:329-338.
- och U. Buerkle. 1975. Underwater noise from boats. Underwater Telemetry Newsletter 5(2):8-9.
- och D.G. Pincock. 1977. Review of underwater biotelemetry, with emphasis on ultrasonic techniques. J.Fish.Res.Board Can. 34:1261-1285.
- Wedemeyer, G. 1970. Stress of anesthesia with MS 222 and benzocaine in rainbow trout (Salmo gairdneri). J.Fish.Res. Board Can. 27:909-914.
- Wendt, C. 1967. Mortality in hatchery-reared Salmo salar L. after exercise. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 47: 98-112.
- Westerberg, H. 1982. Ultrasonic tracking of Atlantic salmon. I. Movements in costal regions. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 60:81-101.
- Wood, C.M., J.D. Turner och M.S. Graham. 1983. Why do fish die after severe exercise? J.Fish.Biol. 22:189-201.
- Wrenn, W.B. och P.A. Hackney. 1979. Growth and survival of sauger (Stizostedion canadense) with surgically implanted dummy transmitters. Underwater Telemetry Newsletter 9(2):9-12.
- Young, A.H., P. Tytler, F.G.T. Holliday och A. McFarlane. 1972. A small sonic tag for measurement of locomotor behaviour in fish. J.Fish.Biol. 4:57-65.
- Zimmermann, F. 1980. Effect of tagging on rainbow trout. Underwater Telemetry Newsletter 10(1):6-8.

#### ENGLISH SUMMARY: METHODOLOGIC PROBLEMS IN FISH TRACKING

A literature review of the influence of telemetry tags on the physiology and behaviour of fish has been performed. The direct effects of the tag on buoyancy regulation and swimming performance are discussed. The chronic effect of an additional weight seems to be underestimated and it is suggested that the advantage of making a tag neutrally buoyant by increasing its bulk could outweigh the negative effect on drag.

The various, and often long-lasting, effects of stress during the capture and handling of the experimental fish are pointed out.

The large variations in observed handling effects, depending on species and tagging technique, make generalizations impossible. A study of these effects should be included at the start of a telemetry investigation.