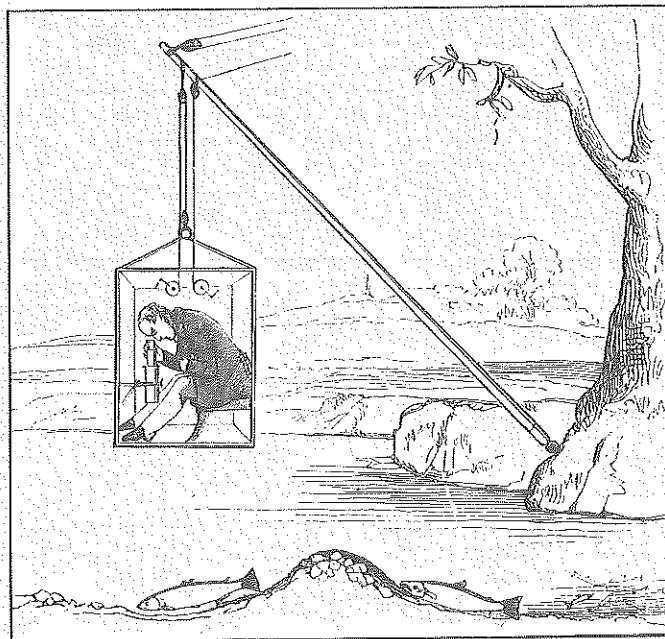


FISKENÄMNDEN  
I VÄSTMANLANDS LÄN  
1984 -11- 2 1  
Dnr .....

Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET

## Drottningholm



HÅKAN WESTERBERG

Om laxens lekvandring och  
vattenföringen i hemälven  
(Lule älv)

# OM LAXENS LEKVANDRING OCH VATTENFÖRINGEN I HEMÄLVEN (LULE ÄLV)

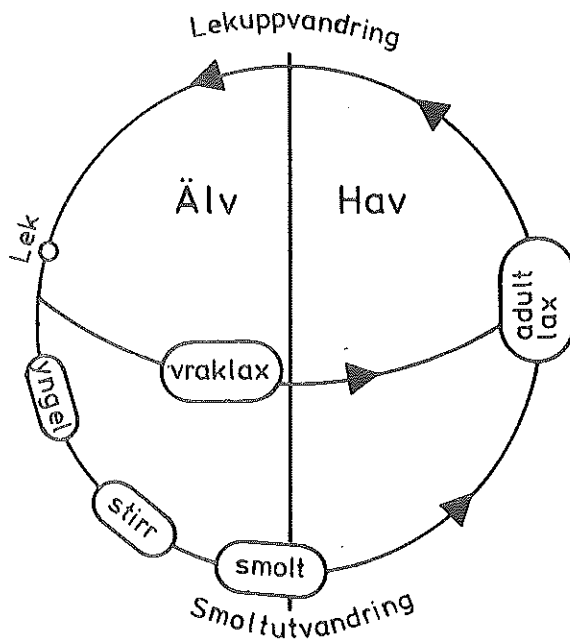
Håkan Westerberg

INLEDNING	1
LAXUPPGÅNG OCH OMGIVNINGSAKTORER	2
<u>I öppet hav</u>	3
<u>Vid kusten</u>	3
<u>I älven</u>	5
PRIMÄRDATA OCH STATISTISK BEARBETNING	7
RESULTAT	9
<u>Det genomsnittliga tidsförloppet</u>	9
<u>Korrelationer med vattenförling</u>	11
<u>Andra omgivningsfaktorer</u>	12
<u>Regressioner</u>	13
DISKUSSION	13
SAMMANFATTNING	17
LITTERATUR	19
ENGLISH SUMMARY: RIVER DISCHARGE AND TIMING OF THE SALMON RUN IN THE RIVER LULE	23
TABELLBILAGA Tabell 1 - 16	25

## INLEDNING

Vattenfall önskar ändra minimitappningen i Luleälven från nu gällande 450 m<sup>3</sup>/s till 200 m<sup>3</sup>/s. Eftersom Luleälven är en av de stora laxälvarna i Sverige är det av intresse att analysera tänkbara effekter av en så radikal vattenföringsändring på laxfisket. På uppdrag av fiskeriintendent Östen Karlström har jag skrivit detta PM, som del av underlaget för en sådan bedömning. Litteraturoversikten av laxens vandringsbeteenden har allmänt intresse och den statistiska bearbetningen ger resultat som är nya, om än preliminära. Vi har därför ansett det av värde att publicera materialet i Information.

Laxens anadroma livscykel kan sammanfattas som i Figur 1. Under alla utvecklingsfaser förutom tillväxtperioden i havet befinner sig lax i hemälven eller dess mynningsområde och kan direkt eller indirekt påverkas av dess vattenföring. Genom att reproduktionen i Luleälven väsentligen baseras på odling elimineras vattenföringens inverkan på lek och på utvecklingen t o m stirr. Aterstår betydelsen under smoltutvandringen och vid lekvandringen tillbaka till hemälven.



Figur 1. Laxens livscykel.

En stor andel av den totala mortaliteten under perioden från utsättningen av smolt till laxens lekmognad infaller under den korta tid smolten rör sig nedför älven och genom mynningsområdet, på grund av att predationstrycket då är stort. Hög eller mycket hög vattenföring under denna fas ökar smoltens chans att passera till den relativt skyddade pelagiska miljön till havs. Detta är sannolikt den helt dominerande effekten av vattenföringen då det gäller det fångstbara beståndets storlek. Hypotesen om smoltvandringens stadiet som den primära populationsreglerande faktorn framfördes av Svärdson (1957) och har utvecklats av Larsson (1984), som påpekar vattenföringens viktiga roll.

Avsikten med denna genomgång är att diskutera vattenföringens effekter på den vuxna laxens lekvandring, dels genom en litteraturgenomgång, dels utifrån analys av fångststatistik. Framst kommer jag att behandla fångstens tidsfördelning. Fångstutbytet totalt torde vara okänsligt för vattenföringen under lekvandringen (populationsstorleken är däremot indirekt beroende genom inverkan under smoltvandringen). Fördelningen på älv-, kust- och havsfiske kan emellertid påverkas av tidsfördelningen.

Fångstutfallet för en speciell fiskeplats beror utöver populationstätheten på redskapets effektivitet, vilken sannolikt kommer att variera med vattenföringen genom dess inverkan på ström och hydrografi. Då kunskapen om laxens beteende vid redskap och vad som påverkar fångstbarheten är liten kommer jag inte att närmare kunna diskutera dessa lokala effekter.

## LAXUPPGÅNG OCH OMGIVNINGSAKTORER

Laxens lekvandring är primärt genetiskt bestämd, så att för varje hemälvspopulation lekmognad och vandring börjar vid en tid på året som är optimal för vandringssträckan och tidpunkten för lek i älven. Fysiologiskt regleras tidsutvecklingen av dagsljuslängdens inverkan på gonadotropinproduktionen (Crim et al. 1976). Resultatet är att laxen går upp i älven under en relativt kort säsong och att uppvandringstiden varierar föga mellan olika år.

Man kan urskilja tre vandringsfaser, med olika beteende och sannolikt olika dominerande orienteringsstimuli; en fas i öppet hav, en då laxen nått kusten i närheten av älvmyningen och en tredje, älvuppvandringen (Stasko et al. 1973a).

### I öppet hav

Havsfasen är den minst kända. Märkning - återfångst visar typiska vandringshastigheter mellan uppväxtområde och kusten vid hemälven av storleksordningen 1-2 km/tim, vilket svårligen låter sig förklaras utan en betydande komponent av riktad aktiv rörelse (Arnold 1981, Brannon 1982). Ett stort antal faktorer har diskuterats som möjliga orienteringsstimuli: geomagnetism (Quinn 1982), geoelektriska fält (Royce et al. 1968), gravitationspotential (Stasko et al. 1973a), solkompass (Groot 1965, Hasler 1966) och luktspår som lämnats av utvandrande smolt (Nordeng 1977). Få direkta observationer av laxens beteende har gjorts i öppet hav. De telemetriförsök som redovisats (Smith et al. 1981, Arnold 1981) visar att vandringen kan ske med väsentligen konstant kurs och fart relativt vattnet under lång tid. Advektionen på grund av tidvattenströmmar gör dock att den observerade rörelsen relativt botten fluktuerar under dygnet. Solobservationer är inte en nödvändig förutsättning för riktad vandring.

### Vid kusten

Vid eller i närheten av kusten kommer laxen i kontakt med hemälvsvatten och en kustfas vidtar. Flera experiment visar att synsinnet är av ringa betydelse under denna del av vandringen (se rev i Stasko 1971). Akustiska förhållanden tycks inte heller ge laxen ledning för lokaliseingen av älvmyningen (Stober 1969). Luktsinnets fundamentala betydelse är däremot väl belagd i experiment med utsättning av anosmiska laxar (Bertmar och Toft 1969, Stabell 1982). Den omfattande verifikationen av hypotesen om lukts betydelse för laxens återfinnande av hemälven har sammanställts av Hasler och Scholz (1983).

Storleken av älvens influensområde avgör var övergången mellan havs- och kustfas sker. I vilken koncentration hemälvslukten är detekterbar för laxen är oklart. Elektrofysiologiska experiment

visar att en spädningsgrad av  $1:10^2$  -  $1:10^3$  av älvvatten ger respons (Döving pers.medd.). Avståndet från älvmyningen till den zon där älvvattnet föreligger i tröskelkoncentration bestäms av hydrografiska och topografiska förhållanden vid mynningen. Vid öppna kuster med starka strömmar kan kustzonen förväntas vara liten, säg av storleksordning 1 km. En skärgård utanför mynningen och svaga kustströmmar medför en stor kustzon.

Vid i övrigt konstanta förhållanden kommer älvens influensområde, kustzonens storlek, att bestämmas av älvens vattenföring. En enkel modell för älvvattenplymens spridning, t ex Takanos klassiska tidsberoende modell med konstanta utbyteskoefficienter, ger ett avstånd från mynningen till en isokoncentrationslinje som är proportionellt med roten ur vattenföringen (Takano 1954). I fallet med en halvering av vattenföringen innebär detta att "målstorleken", längden av den kuststräcka där från havet inkommande lax möter älvvatten i detekterbar koncentration, minskar ca 30%. I mer realistiska modeller, där täthetsfältets inverkan på blandningsprocesserna ingår, kan man förvänta sig en snabbare variation av målstorlek med vattenföringen.

Kunskaper om laxens beteende under kustfasen har vi främst genom resultaten av telemetriförsök. Både Salmo salar (Elson et al. 1972, Stasko 1975, Olsen 1975, Waatevik 1980, Hawkins et al. 1980, Brawn 1982, Westerberg 1982) och Oncorhynchus-arter (Hallock et al. 1970, Groot et al. 1975, Stasko et al. 1973b, Stasko et al. 1976, Scholtz et al. 1972) har studerats under denna del av vandringen. Huvuddragen i beteendet är gemensamma för atlantisk och kanadalax. En genomgående iakttagelse är att laxarnas vägval och aktivitet under denna period är variabel och oförutsägbar. Laxen "irrar" omkring med liten nettoförflyttning, och tycks stanna kvar i kustzonen under lång tid, jämfört med vad som skulle behövas för direkt passage upp i älven med den genomsnittshastighet som observeras under havsfasen. Man har tolkat detta som en nödvändig omställningsperiod vid passagen från salt till sött vatten, men samma beteende observeras hos lax som vandrar upp från insjöar, och det finns vissa observationer av lax som gått direkt från havet upp i älven då kustzo-

nen är liten (Hawkins et al. 1980). Jag har tolkat beteendet som en luktorienteringsprocess, där de riktningsgivande faktorerna fluktuerar och endast har en svag medelriktning mot älvmynningen.

I de fall då starka tidvattenströmmar eller seicher dominerar strömförhållandena har man observerat en modulerad aktivitet, så att laxen står stilla, sannolikt vid botten, eller driver passivt under perioder med ström in mot flodmynningen. Under utström rör sig laxen aktivt mot strömmen (Stasko 1975, Scholzet al. 1972, Hallock et al. 1970). I många fall är dock laxens egenaktivitet oberoende av tidvattensfas och laxen advekeras bara ut och in. Under senare delen av vandrings säsongen kan detta beteende permanentas och laxen förblir i mynningsområdet flera månader (Brawn 1982).

De faktorer som synes ha betydelse för laxens rörelser i kustzonen är älvvattnets fördelning och strömförhållandena. Vattenföringens direkta inverkan på strömsättningen begränsar sig till området närmast mynningen och i trånga sund. I övrigt dominerar strömmarna av meteorologiska faktorer och förhållandena i recipienten. Spridningen av älvvatten påverkas också av tillförselns storlek, men utöver effekten på "målområdets" genomsnittliga storlek (se ovan) är det svårt att ange hur en ändring av älvvattnens spridningen skulle inverka på laxens beteende.

### I älven

Laxuppgången i älven är lättare att övervaka, med hjälp av fångststatistik, vandringsfällor och elektroniska fiskräknare. Insikten att det finns ett samband mellan uppvandringens intensitet och vattenföringen är gammal. Utförliga översiktsartiklar som sammanställer iakttagelserna ges av Banks (1969), Alabaster (1970) och Arnold (1974). I allt behandlas för Salmo salar relationen mellan vattenföring och dygnsfluktuationer i fångst/uppgångsintensitet för ett tiotal olika floder, med genomsnittsvattenföringar i intervallet 5-50 m<sup>3</sup>/s. En sammanfattning av resultaten är:

- 1) En kortvarig markant ökning av vattenföringen, en "freshet", startar en våg av uppvandring. Laxens aktivitet minskar tillfälligt, då vattenföringen är maximal och når sin största styrka under avtagande vattenföring.
- 2) Det finns ingen vattenföring som är optimal för alla floder, eller för olika år och säsonger i samma flod.

Samma mönster redovisar Dunkley och Shearer (1982), som dock vid ett tillfälle noterar en kraftig topp i uppvandringensintensitet utan någon samtidig vattenföringsändring. Som en trolig förklaring anges att toppen sammanföll med att laxleken uppströms kulminerade. Hellowell et al. (1974) fann en omvänd relation mellan vattenföring och uppvandring, så att huvuddelen av uppgången var vid vattenföringar under medelvattenföring.

Även om sambandet mellan korttidsvariationer i vattenföring och antalet laxar som rör sig uppströms i många fall är påtagligt, så är orsakssambanden inte självklara. Att vad som är den optimala vattenföringen varierar mellan och även inom år tyder på att det är någon annan faktor än flödet som är primärorsak. God korrelation finns naturligtvis med meteorologiska faktorer, kraftigt regn t ex, som föregår en tillfällig vattenföringstopp (Allen 1959), men artificiellt skapade toppar genom reglering av flödet är också effektiva för att locka upp lax. Förutom vattenföringen eller strömhastigheten kan någon kemisk faktor, som varierar med flödet, tänkas vara den kausala faktorn. Analys av problemet kompliceras av att uppenbarligen tillgången på lax vid mynningen kan variera, och en vattenföringstopp oavsett egenskaper inte ger något resultat när det inte finns några laxar att aktivera. Någon studie av uppgångsaktivitet normaliserad med laxtätheten vid mynningen finns inte redovisad.

Alla dessa observationer rör korttidsfluktuationerna i laxens uppvandring. Försök att relatera säsongens totala uppvandring till vattenföringen har gjorts av Huntsman (1934) och Alabaster (1970), som finner en ökad total flodfångst då medelvattenföringen är över det normala. De stora fluktuationerna i populationsstorlek i havet gör det dock svårt att fastställa sådana samband.



Förutom att ändringar i vattenföring påverkar aktiviteten finns det ett direkt samband mellan motströmmens styrka och vandringshastigheten. Vid en strömhastighet av 0.5-1 kroppslängd/s övergår laxen från att simma kontinuerligt till att växla mellan korta ruscher och vila i bakströmmar (Ellis 1962). Detta innebär att hastigheten med vilken en lax maximalt kan förflytta sig uppströms avtar starkt då den kritiska uppströmshastigheten överskrids.

Det individuella beteendet hos laxar i en älv såsom det framgår av telemetrisk spårning skiljer sig mycket från den vedertagna uppfattningen att laxen rör sig målmedvetet och relativt snabbt uppströms. Typiskt är istället en mycket oregelbunden aktivitet med rörelser både upp- och nedströms (Westerberg 1977, Power och McCleave 1980, Uppman 1980, Solomon och Storeton-West 1983, Gueneau 1983). Samtliga spårningar visar typiska genomsnittsförflyttningar av 1-5 km/dygn, med stora variationer mellan dagar, långa perioder av stillastående och maximala förflyttningar av 15-20 km/dag. Solomon och Storeton-West (1983) ger genom spårningarna en ytterligare bekräftelse på vattenföringstoppars aktiverande inverkan.

## PRIMÄRDATA OCH STATISTISK BEARBETNING

För att studera hur laxuppgångens tidsförlopp varierar med vattenföring och andra faktorer har jag utnyttjat tidsserier av dygnsfångsterna (antal), vid centralfiskena i Skellefte och Lule älv för perioden 1972-81 (från diagram i bilaga K4 till Vattenfalls ansökan) samt 10 års fångstdata från redskapen i Sandöfjärden. Då fångststatistik inte fördes under 1973-74 består den senare serien av åren 1969, 1970, 1972, 1975-81. För Boden och Skellefte älv har bearbetningen gjorts för hannar och honor separat. Eftersom kön inte redovisats i data från Sandön kan ingen differentiering göras i denna serie. För jämförelser mellan Sandön och Boden har beräkningar därför också gjorts med totala dygnsfångsten i Boden under år då data föreligger från Sandön.

Dygnsfångsterna fluktuerar starkt under uppvandringssäsongen och tidsserierna uppvisar ofta flera toppar. Att beskriva tidsförloppet med statistiska centralmoment som läges- och spridningsmått är därför olämpligt. En bättre beskrivning ges av tidspunkterna då olika fraktiler av fångsten uppnåtts. För beräkningarna har jag använt tiderna (Julianskt datum) då 10, 25, 50 och 75% av årets totalfångst räknats in. Datum för första och sista fångst har också tagits med som variabel vid korrelationsberäkningarna. Under högsäsong vittjas redskapen vid Sandön varje eller varannan dag, fraktiltiderna har då hänförts till vittjningsdatum. Då fångsterna är låga i början eller slutet av säsongen vittjas redskapen med större intervall, i vissa fall har fraktiltiden då interpolerats. Datum för första fångst vid Sandön är under flera av åren inte representativ för ankomsten av lax, eftersom redskapen satts ut då det redan fanns lax i området. Fisket vid centralfiskena startar dock i god tid före de första fångsterna.

Korrelationsberäkningar har sedan gjorts mellan fraktiltiderna och olika omgivningsfaktorer. Fördelningen av fraktiltider är i många fall skev och avviker starkt från normalfördelning. Vattenföringsdata beskrivs oftast bäst av en log-normalfördelning. Därför har förutom den vanliga korrelationskoefficienten Spearmans rankkorrelationskoefficient beräknats. Denna är parameterfri och torde i detta fall ge en bättre indikation på eventuella korrelationer.

Vattenföringsdata som använts är månadsmedelvärden från peglarna i Boden och Kvistforsen. I avsaknad av vattentemperaturen i havet har jag använt observationerna av lufttemperaturen i Luleå, månadsmedelvärden hämtade ur SMHI:s Årsbok (del 1) för de aktuella åren. Isutbredningen har tagits från SMHI:s iskartor.

Korrelationsberäkningarna är användbara för att finna tänkbara samband mellan omgivningsfaktorer och laxuppgångens tidsförlopp. Självfallet kan de aldrig visa att ett orsakssamband föreligger, oavsett konfidensnivå, eftersom det alltid finns möjligheter för samvariationer med ett stort antal variabler som inte tagits med i analysen, t ex älvvattenkoncentrationen av det eller de okända

ämnen som laxen är präglad på. Flera signifikansnivåer för avvikelser från nollhypotesen (ingen korrelation) har markerats enligt följande tabell:

Tabell 1. Signifikansnivåer.

Sannolikhet ( $2\alpha$ )	0.1	0.05	0.01
Korskorrelation ( $N=8$ )	0.55	0.63	0.76
Rankkorrelation ( $M=10$ )	0.56	0.65	0.79
Markering i tabell	—	~~~~	□

Det visar sig att både vattenföringen och isförhållandena ger korrelation med uppvandringstiden. För att ge ett meningsfullt mått på vattenföringens kvantitativa andel i den observerade tidsförskjutningen har därför multipel linjär regression använts.

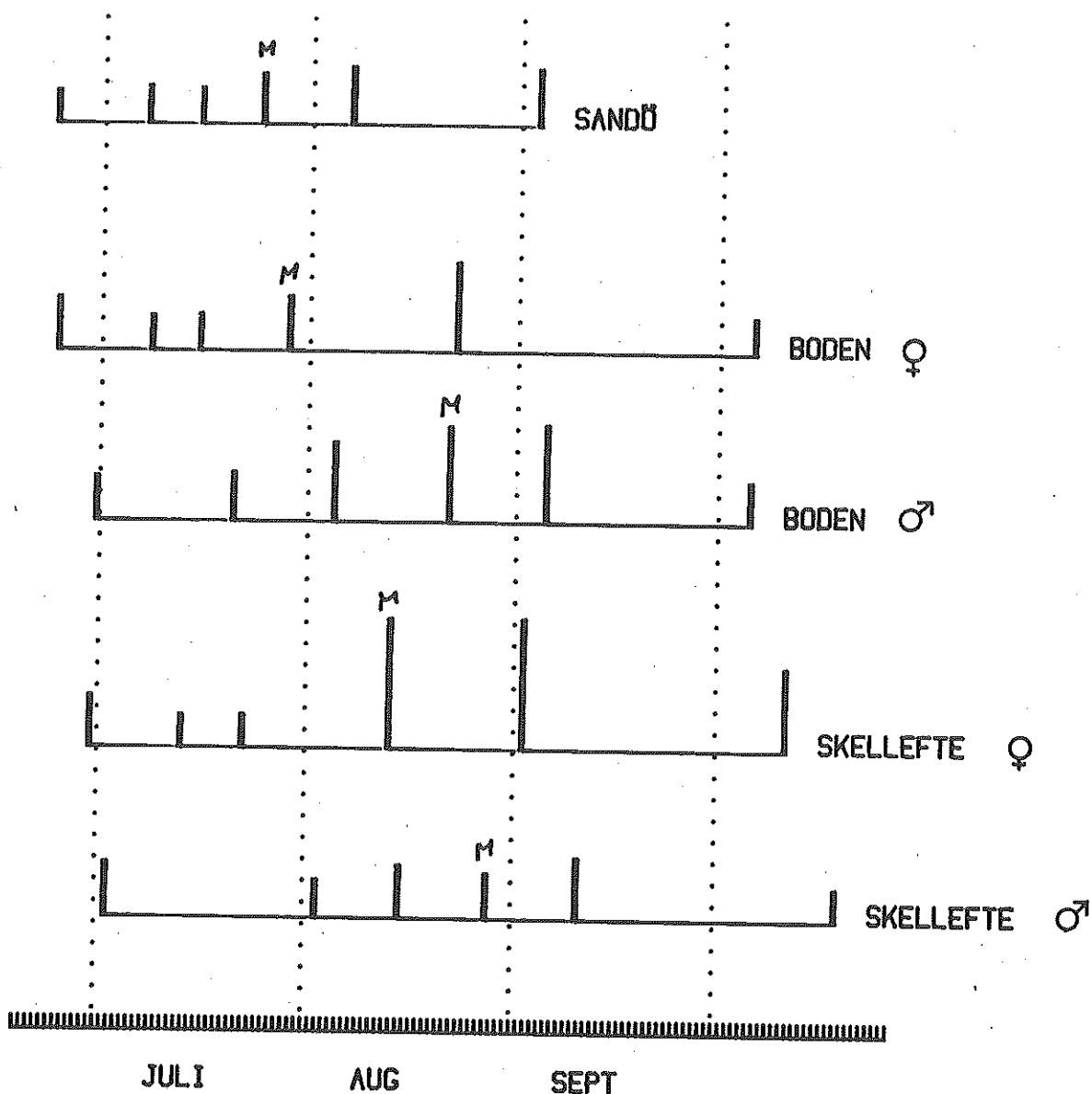
## RESULTAT

### Det genomsnittliga tidsförloppet

Fraktiltidernas medelvärden och standardavvikelser har beräknats för de olika tidsserierna och resultaten presenteras i Figur 2.

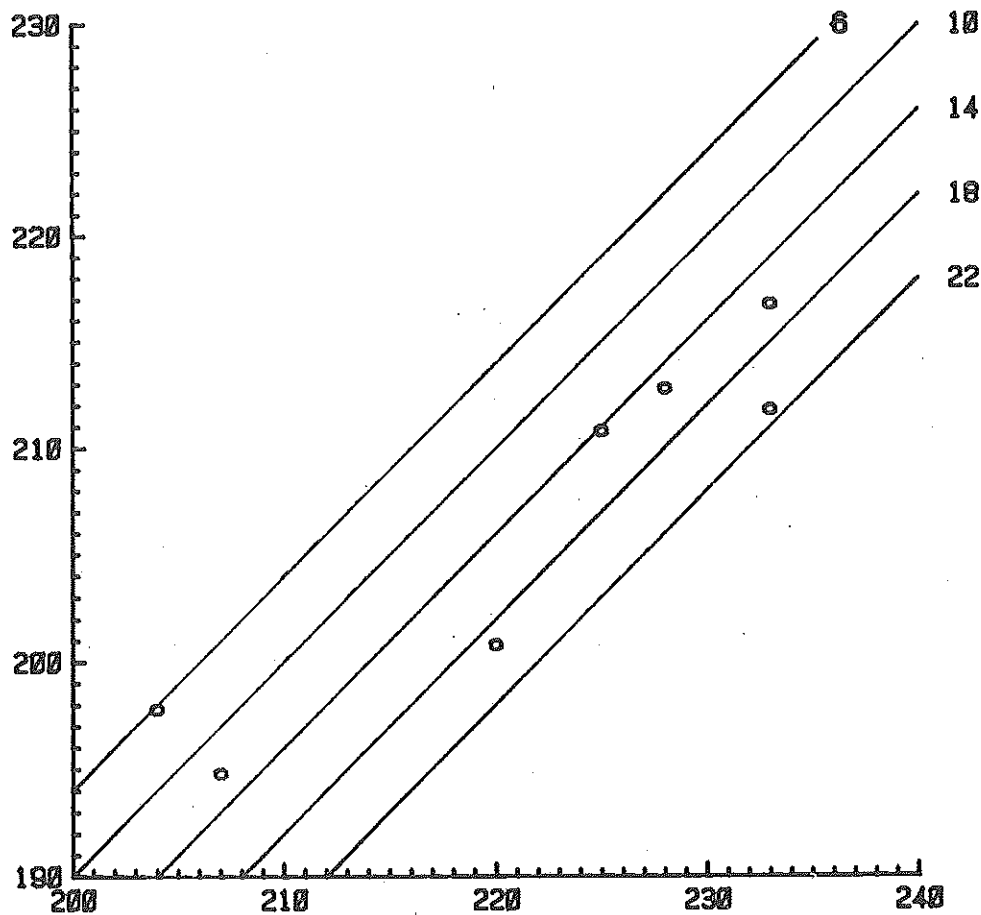
Man observerar att:

- 1) Uppvandringen är utsträckt över ca 3 månader, halva totalfångsten tas under ca 1 månad kring tiden för medelfånst.
- 2) Honornas uppvandring ligger 2-3 veckor före hannarnas. Uppgångskurvan är skev så att den första hälften av fångsten tas under en kortare tidsrymd än den andra för honor, omvänt för hannar.
- 3) Fraktiltidernas spridning är större för slutet av uppvandringensperioden.
- 4) I Sandöfjorden ligger medelfångstkurvan före fångsterna vid Boden (tidpunkterna för första och sista fångst vid Sandö återspeglar inte förekomsten av lax utan bestäms väsentligen av tiden för redskapens i- och upptagning).



Figur 2. Fångstsäsongens utsträckning, medelvärden över 10 år. De vertikala staplarna visar datum för (från vänster första fångst, 10, 25, 50, 75 och 100% av årets totalfångst. Stapelns höjd motsvarar standarddeviationen i dagar, samma skala som tidsaxeln.

Eftersom tidsserierna för Boden och Sandön inte sammanfaller i tiden och materialet från Sandön inte är könsuppdelat har jag för att kvantifiera den sista punkten beräknat fraktiltiderna för totala dygnsfångsten i Boden för de år då Sandöns fångster journalförts. I Figur 3 har mediantiderna för Sandöfjorden och Boden plottrats mot varandra.



Figur 3. Mediantiden för fångsten i Sandöfjärden som funktion av mediantiden vid Boden samma år. Linjerna visar tidsskillnaden i dygn. Man ser att tidsförskjutningen är från en till tre veckor, typiskt ca två veckor. Detta stämmer bra med de medelhastigheter som observerats vid telemetriförsöken och med erfarenheten från märkningar i Luleå skärgård.

### Korrelationer med vattenföring

Tabellerna 2-7 (Tabellbilaga) redovisar korrelationskoefficienterna för 10-årsperioden mellan fraktiltider och olika perioders vattenföring. Gemensamt för alla tabeller är att negativ korrelation betyder att ökande vattenföring ger tidigare uppgång. Vidare är varje tabell tvådelad, övre halvan ger korskorrelationskoefficienterna och undre halvan Spearmans rankkorrelationskoefficient. Värden som avviker signifikant från noll är markerade enligt Tabell 1. Som hjälp vid studiet av korrelatio-

nera har korskorrelationer mellan fraktiltider i Luleå och Skellefteå centralfisker, samt vattenföringarna i resp älvar, tabellerade i Tabell 14 och 15.

Tabell 2 visar korrelationen mellan föregående års medelvattenföring och uppgångstiderna vid centralfiskerna. Det finns en signifikant korrelation med premiärdagen för laxfångst i Boden, åtminstone för hannar. I övrigt ingen korrelation.

Vattenföringen under våren är korrelerad med tiderna i Boden i Tabell 3 och 4, dels som månadsmedelvärden och dels som successivt ackumulerade värden från juli och bakåt i tiden. Vi finner ett visst mönster i korrelation, som är olika för könen. Honorna har under den tidiga delen av uppgången en klar negativ korrelation med juli månads vattenföring, den senare delen av uppgången är positivt korrelerad med vattenföringen under mars-maj, dvs hög vattenföring 4-5 månader före fångstperioden ger sen ankomst. Positiv korrelation med vattenföring under vintern och tidig vår dominerar mönstret för hannarna. En antydning till negativ korrelation för juni-juli vattenföringen finns för de första fraktiltiderna.

Motsvarande beräkningar för fraktiltiderna i Sandöfjärden ges i Tabell 5. För detta icke könsdifferentierade material finner vi en negativ korrelation med vattenföringen i maj eller den ackumulerade vattenföringen juli-maj.

Tabell 6 och 7 ger korrelationsvärdena för centralfisket i Skellefteälven. Inget samband med vattenföringen framgår. Man kan möjligen notera att den övervägande delen av korrelationerna är negativa.

#### Andra omgivningsfaktorer

En faktor som man kan förvänta sig påverka könsmognadsprocessen och alltså kan påskynda eller fördröja starten av migrationen är havsvattentemperaturen under våren. Då direkta mätningar av denna saknas, har jag prövat en korrelationsberäkning med lufttem-

peraturen mätt i Luleå, som borde ha en viss samvariation med ytvattentemperaturen i norra Bottenviken. Resultaten visas i Tabell 8-10. Någon stark korrelation tycks inte föreligga. Man kan se en tendens för både Sandön och Boden att hög temperatur under juni-juli ger en fördröjning av uppvandringen.

Isförhållandena kan också vara ett indirekt mått på Bottenviken och Bottenhavets temperatur under vinter-vår. Tre kvantifierbara mått på isvinterförhållandena valdes: tidpunkten för maximalt istäcke i Östersjön, hur långt söderut havsisen då sträckte sig (eller mer väldefinierat, latituden för nordligaste område med öppet vatten vid maximal isutbredning) och tidpunkten då havsisen i Bottenviken börjat bryta upp så att ca 50% av ytan var istäckt.

Dessa isvinterparametrars korrelation med uppvandringstiden sammanfattas i Tabell 11-13. Något oväntat är isförhållandenas tidsförlopp föga korrelerade med uppvandringstiden, men för samtliga tidsserier finns ett samband mellan stor utbredning av istäcket och sen laxuppgång. För Lule älv är denna korrelation hög för huvuddelen av uppvandringen vid Sandö och första halvan av honornas ankomst till Boden. Hannarnas fraktiltider vid Boden visar dock endast en svag korrelation för de första 10% av totalfångsten. I Skellefteälven visar båda könen en relativt god korrelation för hela uppvandringen.

### Regressioner

För de korrelationer som identifierats i materialet är det av intresse att kvantifiera sambanden. Eftersom både vattenföring och isförhållandena synes ha effekter har en multipel linjär regression gjorts och resultaten redovisas i Tabell 16.

### DISKUSSION

Korrelationsanalyserna visar för Luleälvs materialet flera samband mellan laxuppgångens tidsförlopp och vattenföringsförhållandena. Tolkningen av eventuella bakomliggande kausalsamband är

dock osäker, speciellt som uppgångsförloppet i Skellefteälven inte uppvisar motsvarande variationer med vattenföringen. En möjlig förklaring till detta är att centralfisket i Skellefteälven ligger så att laxen först skall passera en laxtrappa. Lokala betingelser vid trappan kan då ge en variabel fördröjning, som inte är korrelerad med vattenföringen och som maskerar tidsförloppet i älven. Att fisket inte fungerar normalt antyds av den extremt höga andelen hannar i fångsten. Könskvoten (antal hannar/honor) är i genomsnitt 7.9 i Skellefteälvens centralfiske mot 1.7 vid Boden. Det låga antalet honor gör också att fraktiltidernas varians är hög (Figur 2) och påverkad av små korttidsfluktuationer i fångsten vilket också kan dölja eventuella korrelationer. Att en fördröjning liknande den som observeras i Luleälven kan föreligga styrks av att regressionsanalysen (Tabell 16) ger approximativt samma storlek och tecken på variation med avseende på vattenföring i juli.

Hur skall man då förstå korrelationerna i Luleälven? Fördröjningen av fångsten av honor vid Boden vid låg vattenföring i juli, under själva vandrings säsongen, ligger i linje med de observationer av uppvandringsaktivitet och korttidsvariationer av vattenföring som redovisats från andra platser. Motsvarande fördröjning i mynningsområdet ges av låg vattenföring under en längre och tidigare period, juli-maj. Ännu större tidsskillnad mellan vattenföringsvariation och effekt i uppvandring gäller för det omvända sambandet på hannar och sent anländande honor. Hög vattenföring i mars-april ger en fördröjning av uppvandringskurvan.

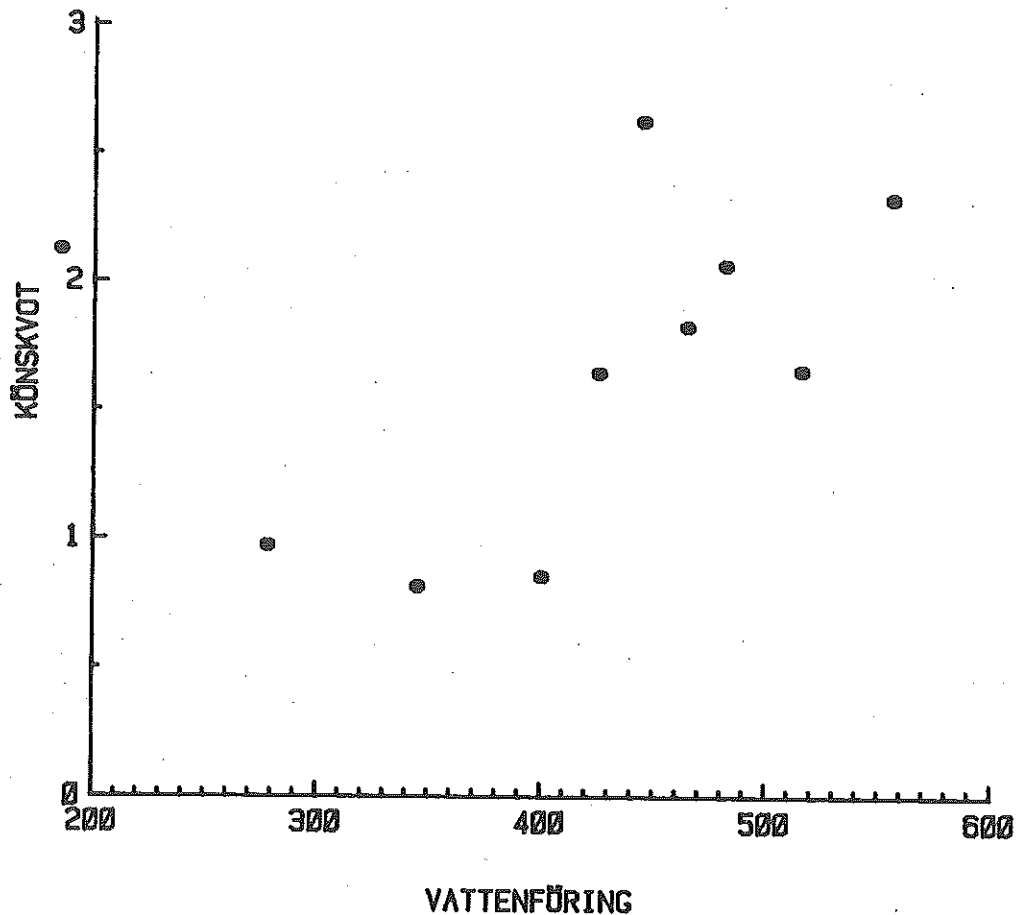
Stora tidsskillnader mellan vattenföringsanomalier och effekt på uppvandring har observerats tidigare för kanadalax (Onchorhynchus nerka) i Fraser river. Gilhousen (1960) finner en signifikant korrelation mellan låg juni-juli vattenföring och fördröjning av uppvandringen i september. Om de observerade korrelationerna inte är nonsenskorrelationer via någon samvarierande faktor, som orsakar tidsskillnaden, måste detta tolkas så att älvvatteninblandningen har betydelse på avsevärt avstånd från mynningen. Den del av älvvattenplymen, som avgränsas av en front mot det saltare kustvattnet, innehåller en sötvattensvolym som



uppskattningsvis motsvarar en eller ett par veckors älvflöde. Efter storleksordningen 10 dygns residenstid i plymen advekteras och sprids älvvattnet med den storskaliga cirkulationen. Medelströmförhållandena i Bottenviken är en cyklonal cirkulation, med en sydgående ström utanför Luleå av ca 5-10 cm/s. Detta betyder en advektion av approximativt 200 km/månad. Om laxens vandringshastighet sätts till 20 km/dygn skulle älvvattnet som passerar mynningen i april påverka lax 600 km S Luleå, dvs i södra Bottenhavet om laxen anländer i juli. Området vid Kvarken skulle nås redan med en månads fördröjning med den antagna advektionshastigheten. Strömförhållandena är dock mycket varierande och väderberoende, och vad som är en realistisk skattning av älvvattentransporten söderut är oklart.

En annan svårighet är att förstå hur låg vattenföring kan ge både positiv och negativ korrelation med fraktiltiderna. Att den positiva korrelationen verkar på hannar och sent anländande honor tyder på att det kan vara en effekt på grilse. En hypotes är att hög vårvattenföring (mars-april) ger en stimulans till lekvandring för en vinterfisk (A1+) i Bottenhavet eller norra Östersjön, och medför en stor proportion sent anländande grilse, vilket förskjuter fraktiltiderna mot ett senare datum. Ett indirekt argument för att år med hög aprilvattenföring ger en stor andel grilse ges av könskvoten i Boden relaterad till vattenföringen i april samma år (Figur 4). Man ser att för vattenföringar 400 m<sup>3</sup>/s ligger könskvoten nära 1, men vid högre medelflöde kvoten varierar kring 2.

Det är möjligt att vissa könskvoter är överskattade genom att det under den tidigare delen av tidsserien förekommer "rundgång" av grilse, som då släpptes ut och återfångades. Vidare bryts mönstret helt av relationen 1981, då vattenföringen var 200 m<sup>3</sup>/s och könskvoten ca 2. 1981 var ett både meteorologiskt och hydrologiskt exceptionellt år, med extrema regnmängder i mars och juli, orkanvindar över Bottenhavet i april och en maximal vattenföring i Luleälven under augusti som var nära 1 000 m<sup>3</sup>/s. Att könskvoten 1981 inte är vad hypotesen förväntar kan kanske skyllas på de onormala förhållandena.



Figur 4. Antalet hannar/antal honor för laxfångsterna vid Boden, som funktion av medelvattenföringen i april samma år.

Utgångspunkten vid korrelationsberäkningarna med isparametrar var att dessa kunde ge ett indirekt mått på temperaturutvecklingen i havet under våren. Det visade sig dock att isvinterns tidsförlopp är föga kopplad till förändringar i uppgångstid, men att däremot istäckets maximala utbredning söderut är starkt korrelerad, trots att tidpunkten för maximal isläggning varierar med ca en månad både mellan år då sydgränsen går i södra Kvarken och då den ligger i norra Östersjön. En enkel modell som skulle förklara detta är att laxen under vintern uppehåller sig söder om iskanten. Då istäcket börjar dra sig tillbaka blir laxen kvar, eventuellt därför att primärproduktionen kommit igång i detta område och födotillgången därför är gynnsammare här än längre norrut. Vid en tidpunkt under senvåren, som är relativt fixerad startar så vandringen norrut och efter hårda isvintrar

blir vandringen längre och ankomsten senare. Regressionskoefficienterna i Tabell 16 ligger i intervallet 0.012 till 0.046 dygn/km, med lägre värden för de tidiga fraktiltiderna, omräknat till vandringshastighet motsvarar detta 80-20 km/dygn, vilket inte är orealistiska värden och skulle stämma med modellen.

Konsekvenserna av en ändrad vattenföring i Luleälven är enligt dessa resultat flera. För flervinterfiskar, speciellt honor, kan man förvänta en fördröjning både till havs och i skärgårdsområdet, som vid en sänkning från 400 till 200 m<sup>3</sup>/s motsvarande ca 10 dygn (Tabell 16). Vad detta innebär för omfördelning mellan havs-, skärgårds- och älvfångster beror på fisketrycket i de olika områdena, men man kan förvänta att en mindre andel fisk når fram till avelsfisket i Boden. Låg vattenföring under våren kan också innebära att en vinterfisk uteblir i uppvandringen, vilket skulle betyda en minskning av de totala fångsterna i skärgårds- och älvområdet, eftersom havsfisket på smålax är intensivt och få av dessa fiskar kommer att finnas kvar för vandring under nästa säsong.

## SAMMANFATTNING

Frågan om hur hemälvens vattenföring inverkar på laxens lekvandring har studerats dels i en genomgång av litteraturen, dels genom statistisk bearbetning av laxuppvandringens tidsförlopp i Lule- och Skellefte älv för en 10-årsperiod. Resultaten är:

- 1) Vattenföringen kan vara en bestämmande faktor för populationsstorleken genom dess effekt på predationsrisken under smoltutvandringsfasen. Under lekvandringen torde betydelsen ligga i en omfördelning av fisket mellan hav, skärgård och älv.
- 2) Om vandringen mellan uppväxtområdena i havet och kustområdet i närheten av hemälven är föga känt. Den förhärskande uppfattningen är att vandringen sker i öppet hav, riktat och snabbt.

- 3) Vid kusten är luktorientering av primär betydelse för lokalisering av älvmynningen. En enkel plymmodell ger resultatet att den kuststräcka som håller en älvvattenhalt med detekterbar koncentration är proportionell mot roten ur vattenföringen under i övrigt konstanta förhållanden. Detta kan ge ett mått på hur risken för felvandring varierar med älvflödet.
- 4) I området utanför mynningen rör sig laxen företrädesvis i anslutning till älvvattenplymen. Fiskarna kan förbli i detta område under lång tid.
- 5) Då laxen nått fram till älvmynningen, eller befinner sig i älven, har man i ett flertal studier funnit en aktivering av uppvandringen vid kortvariga vattenföringsökningar.
- 6) Det finns resultat som visar en minskad total älvfångst vid minskad medelvattenföring under uppvandringssäsongen.
- 7) Korrelationsanalys av sambandet mellan laxuppvandringens tidsförlopp och månadsmedelvattenföringarna under våren-sommaren visar för Luleå en fördröjning av laxen vid mynningen vid låg vattenföring i maj-juli. I Bodens centralfiske föreligger en fördröjning av ankomsten av tidiga honor vid låg vattenföring under juli. Hannar och sent anländande honor visar en fördröjning kopplad till hög vattenföring under perioden mars-maj.
- 8) Utöver vattenföringen visar laxuppgångens tidsförlopp en korrelation med havsisens maximala utbredning under vintern före uppvandringen.
- 9) Fördröjningen vid låg vattenföring under och strax före vandringssäsongen ger vid extrapolation av regressionsekvationerna ca 10 dygns förskjutning av uppgången om vattenföringen sänks med  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- 10) Påskyndandet av sena honors och hannars uppgång vid låg vattenföring i mars-maj har tolkats som en effekt av att sent uppgående A1+ fisk, grilse, uteblir vid medelvattenföringar  $<400 \text{ m}^3/\text{s}$  under denna period.

## LITTERATUR

- Alabaster, J.S. 1970. River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. *J.Fish.Biol.* 2:1-13.
- Allen, G.H. 1959. Behaviour of chinook and silver salmon. *Ecology* 40:108-113.
- Arnold, G.P. 1974. Rheotropism in fishes. *Biol.Rev.* 49:515-576.
- 1981. Fish movements and water currents. *Soc.Exp.Biol., Seminar Ser.* 13:55-80.
- Banks, J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *J.Fish.Biol.* 1:85-136.
- Bertmar, G. & R. Toft. 1969. Sensory mechanisms of homing in salmonid fish. I. Introductory experiment on the olfactory sense in grilse of Baltic salmon (Salmo salar). *Behaviour* 35:235-241.
- Brannon, E.L. 1982. Orientation mechanism of homing salmonids. p. 219-227. In Salmon and trout migratory behaviour symposium. Eds.: E.L. Brannon and E.O. Salo. School of fisheries, Univ.Washington.
- Brawn, V.M. 1982. Behaviour of Atlantic salmon during suspended migration in an estuary, Sheet Harbour, Nova Scotia, observed visually and by ultrasonic tracking. *Can.J.Fish.Aquat. Sci.* 39:248-256.
- Crim, I.W., E.G. Wattler & D.M. Evans. 1976. The plasma gonadotropin profile during sexual maturation in a variety of salmon fishes. *Gen.Comp.Endocrin.* 27:62-70.
- Dunkley, D.A. & W.M. Shearer. 1982. An assessment of the performance of a resistivity fish counter. *J.Fish.Biol.* 20:717-737.
- Ellis, D.V. 1962. Preliminary studies on the visible migrations of adult salmon. *J.Fish.Res.Board Can.* 23:181-187.
- Elson, P.F., L.N. Lauzier & V. Zetko. 1972. A preliminary study of salmon movements in a polluted estuary. p. 325-330. In Marine pollution and sea life. Ed.: M. Ruivo. Fishing News (Books) Ltd.
- Gilhousen, P. 1960. Migratory behaviour of adult Fraser river sockeye. *Progr.Rep.Int.Pac.Salm.Fish.Comm.* 7. 78 p.

- Groot, C. 1965. On the orientation of young sockey salmon during their seaward migration out of lakes. Behaviour (Suppl.) 14. 198 p.
- K. Simpson, I. Todd, P.D. Murray & G.A. Buxton. 1975. Movements of sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) in the Skeena River estuary as revealed by ultrasonic tracking. J.Fish.Res.Board Can. 32:233-242.
- Gueneau, P. 1983. Radio-telemetry on Atlantic salmon in France. p. 267-269. In Proc.4th Int.Wildl.Biotee.Conf. Aug. 1983. Ed.: D.G. Pinocock. Halifax.
- Hallock, R.J., R.F. Elewell & D.H. Fry Jr. 1970. Migration of adult king salmon in the San Joaquin delta as demonstrated by the use of sonic tags. Fish.Bull., Sacramento 151:1-92.
- Hasler, A.D. 1966. Underwater guideposts. University of Wisconsin Press. Madison, Wisc. 155 p.
- & A.T. Scholz. 1983. Olfactory imprinting and homing in salmon. Zoophysiology 14:1-134.
- Hawkins, A.D., G.G. Urguhart & W.M. Shearer. 1980. The coastal movements of returning Atlantic salmon. p. 789-791. In A handbook on biotelemetry and radio tracking. Eds.: C.J. Amlaner and D.W. Macdonald. Pergamon Press, Oxford.
- Hellawell, J.M., H. Leatham & G.I. Williams. 1974. The upstream migratory behaviour of salmonids in the River Frome, Dorset. J.Fish.Biol. 6:729-744.
- Huntsman, A.G. 1934. Factors influencing return of salmon from the sea. Trans.Am.Fish.Soc. 64:351-355.
- Larsson, P.-O. 1984. Predation on migrating smolts as an important regulating factor for salmon (Salmo salar L.) populations. J.Fish.Biol. (In the press.)
- Nordeng, H. 1977. A pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids. Oikos 28:155-159.
- Olsen, V. 1975. Sugermudring og fiskeoppgang i Orkla sesongen 1975. Merkning av lax med ultralyd. Rapp.Dir.Vilt Ferskvannsfisk. 15 p.
- Power, J.H. & J.D. McCleave. 1980. Riverine movements of hatchery-reared Atlantic salmon (Salmo salar) upon return as adults. Environ.Biol.Fish. 5:3-13.

- Quinn, T.P. 1982. A model for salmon navigation on the high seas. p. 229-237. In Salmon and trout migratory symposium. Eds.: E.L. Brannon and E.U. Salo. School of fisheries. Univ.Washington.
- Royce, W.F., L.S. Smith & A.C. Hartt. 1968. Models of oceanic migrations of Pacific salmon and comments on guidance mechanisms. Fish.Bull. U.S. 66:441-462.
- Scholtz, A.T., D.M. Madison, A.B. Stasko, R.M. Horrall & A.D. Hasler. 1972. Orientation of salmon in response to water currents in or near the homestream. Am.Zool. 12:54.
- Smith, G.W., A.D. Hawkins, G.G. Urguhart & W.M. Shearer. 1981. Orientation and energetic efficiency in the offshore movements of returning Atlantic salmon. Rep.Scot.Fish.Res. 21. 22 p.
- Solomon, D.J. & T.J. Storeton-West. 1983. Radio tracking of migratory salmonids in rivers: development of an effective system, MAFF Fish.Res.Tech.Rep. 75. 11 p.
- Stabell, O.B. 1982. Homing of Atlantic salmon in relation to olfaction and genetics. p. 238-246. In Salmon and trout migratory behaviour symposium. Eds.: E.L. Brannon and E.O. Salo. School of fisheries. Univ.Washington.
- Stasko, A.B. 1971. Review of field studies on fish orientation. Ann.N.Y.Acad.Sciences 188:12-29.
- 1975. Progress of migrating Atlantic salmon along a estuary observed by ultrasonic tracking. J.Fish,Biol. 7:329-338.
  - A.M. Sutterlin, S.A. Rommel Jr. and P.F. Elson, 1973a. Migration-orientation of Atlantic salmon (Salmo salar L.). p. 119-137. In International Atlantic salmon symposium. Eds.: M.W. Smith and W.M. Carter. Int.Atl.Salm.Fdn. Spec.Publ. 4.
  - R.M. Horrall, A.D. Hasler & D. Stasko. 1973b. Coastal movements of mature Fraser river pink salmon (Oncorhynchus gorbuscha) as revealed by ultrasonic tracking. J.Fish. Res.Board.Can. 30:1309-1316.
  - R.M. Horrall & A.D. Hasler. 1976. Coastal movements of adult Fraser river sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) observed by ultrasonic tracking. Trans.Am.Fish.Soc. 105:64-71.

- Stober, Q.J. 1969. Underwater noise spectra, fish sounds and response to low frequencies of cutthroat trout (Salmo clarki) with reference to orientation and homing in Yellowstone lake. Trans.Am.Fish.Soc. 98:652-663.
- Svärdson, G. 1957. Laxen och klimatet. (English summary: The salmon and the climate.) Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 38:357-384.
- Takano, K. 1954. On the salinity and the velocity distribution off the mouth of a river. I. Oceanogr.Soc.Japan 10:92-98.
- Uppman, S. 1980. Försök med ultraljudsteleometri på lekvandrande lax i Ljusnans mynningsområde 1979. (English summary: Ultrasonic tracking of migrating spawners of Atlantic salmon (Salmo salar L.) in the mouth of River Ljusnan.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 32 p.
- Waatevik, E. 1980. Vandringsstudier av laks (Salmo salar L.) i Sandsfjorden i Ryfylke ved hjelp av akustiske merker. Univ.Bergen. Unpubl.Thesis. 76 p.
- Westerberg, H. 1977. Telemetriförsök med lax och laxöring i Mörumsån, 1976. Inform.Swed.Salm.Res.Inst. 4:1-10.
- 1982. Ultrasonic tracking of Atlantic salmon (Salmo salar L.). I. Movements in coastal regions. II. Swimming depth and temperature stratification. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 60:81-120.



## ENGLISH SUMMARY: RIVER DISCHARGE AND TIMING OF THE SALMON RUN IN THE RIVER LULE

A review of the literature on salmon homing behaviour in relation to environmental factors is presented together with an analysis of the correlation between the timing of the salmon run in the River Lule and the discharge rates during and prior to the run. The study is part of an environmental impact assessment of the proposed reduction of the minimum discharge from 450 m<sup>3</sup>/s to 200 m<sup>3</sup>/s.

Time series of the daily salmon catches at the river mouth and at Boden, 45 km upstream, were used to calculate the dates at which 10, 25, 50 and 75% of the total annual catch were taken. These dates were used as measures of the development of the run and were correlated to the monthly mean discharge rates for a 10 year period.

The date of the median catch at the river mouth is at the end of July, and it is approximately 14 days later at Boden. The time between the 25 to 75 percentile dates is approximately one month. Significant ( $p < 0.05$ ) correlations were found between a delay in the catches at the river mouth and a low discharge rate during the period May-July. In Boden early-homing females were delayed by a low discharge in July. Males and the late-homing females showed a delay correlated to a high discharge rate in the period March-May.

There is also a relation between the discharge during March-May and the sex ratio, so that a low discharge gives a ratio of males to females of approximately 1, but at discharges  $> 400$  m<sup>3</sup>/s the ratio increases to approximately 2. This indicates that an explanation for the delay following high spring discharges could be a high proportion of salmon which have spent one winter at sea (grilse) during these years.

Other environmental factors were tested and a significant correlation was found between a delay in timing and an extensive ice cover in the Baltic during the preceding winter.

TABELLBILAGA

Tabell 1 - 16

Tabell 1. Signifikansnivåer.

Sannolikhet ( $2\alpha$ )	0.1	0.05	0.01
Korskorrelation ( $N=8$ )	0.55	0.63	0.76
Rankkorrelation ( $M=10$ )	0.56	0.65	0.79
Markering i tabell	—	~~~~	□

Tabell 2. Korrelation mellan fångsttider och medelvattenföring föregående år.

		FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
			10	50	80	75	
SKELLEFTE ALV	%	-.06	-.05	.12	-.07	.25	-.11
		-.05	.12	-.07	.25	-.11	-.15

SKELLEFTE ALV	%	.19	.02	.25	.10	.22	-.15
		.07	.03	.13	.15	-.02	-.21

		FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
			10	50	80	75	
LULE ALV	%	-.53	-.48	-.20	-.09	-.27	.21
		-.72	.18	.06	.26	.14	.40

LULE ALV	%	-.56	-.27	-.15	-.09	-.27	.22
		-.65	.02	-.09	-.01	-.10	.36

Tabell 3. Korrelation mellan fångsttider och vattenföring månadsmedelvärden. Centralfisket Lule älv.

	F	% AV TOTALFANGST				T
		1	2	3	4	
JAN	-.12	-.15	-.03	-.01	.19	.07
FEB	-.11	-.02	.19	.20	.26	.31
MAR	-.14	.09	.29	.29	.49	.13
APR	-.14	-.24	.01	.10	.50	.44
MAJ	-.00	-.23	-.33	-.39	.75	-.02
JUN	.22	-.26	-.46	-.52	.59	-.18
JUL	-.10	-.69	<b>-.78</b>	-.68	.29	.17
AUG				-.42	.00	.09

♀

JAN	-.27	-.20	-.08	.12	-.03	-.08
FEB	-.10	.07	.44	.47	.42	.07
MAR	-.16	.12	.43	.44	.62	-.12
APR	-.16	-.13	.27	.35	.77	.18
MAJ	-.15	-.25	-.03	-.04	.56	-.07
JUN	.35	-.35	-.49	-.55	.07	.01
JUL	.09	-.54	.71	.73	.02	.31
AUG				.71	-.27	.09

	F	% AV TOTALFANGST				T
		1	2	3	4	
JAN	-.12	.49	.55	.44	.53	.20
FEB	.01	.59	.55	.41	.39	.47
MAR	.05	.60	.60	.45	.39	.51
APR	-.18	.53	.61	.52	.44	.65
MAJ	-.14	.02	.42	.29	.40	.20
JUN	-.16	-.26	.07	-.01	.10	-.11
JUL	-.61	-.31	.11	.26	.36	.03
AUG				.39	.47	-.04

♂

JAN	-.07	.38	.30	.30	.30	-.07
FEB	.13	.61	.56	.43	.28	.38
MAR	.09	.56	.60	.48	.35	.37
APR	-.09	.58	<b>.81</b>	.67	.52	.64
MAJ	-.31	.10	.61	.41	.31	.37
JUN	-.42	-.54	-.15	-.18	-.10	-.03
JUL	-.41	-.49	.05	.22	.32	.09
AUG				.03	.20	-.20

Tabell 4. Korrelation mellan fångsttider och ackumulerad vattenföring. Centralfisket Lule älv.

	F	% AV TOTALFANGST					S
		1	2	3	4	5	
JAN-JUL	-.02	-.28	-.25	-.26	.78	.12	
FEB-JUL	-.01	-.29	-.27	-.28	.73	.12	
MAR-JUL	.01	-.31	-.33	-.34	.75	.08	
APR-JUL	.05	-.36	-.43	-.44	.73	.06	
MAJ-JUL	.10	-.34	-.51	-.55	.69	-.08	
JUN-JUL	.16	-.38	-.56	-.59	.56	-.11	
JUL	-.10	-.69	-.78	-.68	.29	.17	

♀

JAN-JUL	-.01	-.16	.07	.09	.77	-.03
FEB-JUL	-.05	-.16	.09	.08	.77	.02
MAR-JUL	-.05	-.16	.09	.08	.77	.02
APR-JUL	-.12	-.26	-.07	-.02	.75	.04
MAJ-JUL	.16	-.47	-.52	-.54	.28	.21
JUN-JUL	.32	-.38	-.52	-.54	.13	.07
JUL	.09	-.54	-.71	-.73	.02	.31

	F	% AV TOTALFANGST					S
		1	2	3	4	5	
JAN-JUL	-.20	.26	.55	.42	.48	.34	
FEB-JUL	-.20	.20	.51	.38	.44	.34	
MAR-JUL	-.22	.11	.45	.34	.41	.29	
APR-JUL	-.26	-.00	.37	.28	.37	.21	
MAJ-JUL	-.24	-.18	.23	.16	.28	.03	
JUN-JUL	-.28	-.29	.08	.06	.17	-.09	
JUL	-.61	-.31	.11	.26	.36	.03	

♂

JAN-JUL	-.13	.39	.81	.66	.59	.41
FEB-JUL	-.22	.33	.75	.59	.49	.50
MAR-JUL	-.22	.33	.75	.59	.49	.50
APR-JUL	-.36	.25	.76	.65	.55	.54
MAJ-JUL	-.55	-.35	.22	.27	.27	.32
JUN-JUL	-.43	-.47	-.08	-.07	.01	.03
JUL	-.41	-.49	.05	.22	.32	.08

Tabell 5. Korrelation mellan fångsttider och vattenföring; månadsmedelvärden och ackumulerade. Fisken i Sandöfjärden, ej könsuppdelat.

	KORRELATION	% AV TOTALFANGST				KORRELATION
		1	2	3	4	
JAN	.33	-.35	-.21	.21	.30	-.68
FEB	.14	-.45	-.32	.04	.22	-.51
MAR	-.15	-.54	-.35	-.11	-.05	-.46
APR	-.17	-.57	-.37	-.20	.04	-.19
MAJ	-.24	<u>-.76</u>	<u>-.58</u>	-.42	-.18	-.12
JUN	-.12	.04	-.03	-.29	-.17	.60
JUL	<u>-.56</u>	.04	-.13	-.38	-.35	.45
AUG					-.15	-.35

JAN	.25	-.30	-.13	.19	.35	-.67
FEB	.21	-.36	-.26	.03	.33	-.39
MAR	.01	-.48	-.28	.01	.07	-.50
APR	-.08	<u>-.59</u>	-.28	-.14	.12	-.14
MAJ	-.22	<u>-.68</u>	-.44	-.35	-.07	-.28
JUN	-.30	.04	-.10	-.36	-.27	.56
JUL	<u>-.60</u>	-.30	-.45	-.36	<u>-.64</u>	.28
AUG					<u>-.36</u>	-.38

	KORRELATION	% AV TOTALFANGST				KORRELATION
		1	2	3	4	
JAN-JUL	-.11	-.61	-.44	-.22	.00	-.27
FEB-JUL	-.20	<u>-.63</u>	-.47	-.30	-.06	-.16
MAR-JUL	-.29	<u>-.65</u>	-.49	-.30	-.15	-.04
APR-JUL	-.33	<u>-.61</u>	-.48	-.48	-.18	.20
MAJ-JUL	-.37	-.44	-.43	<u>-.59</u>	-.33	.51
JUN-JUL	-.24	.04	-.06	<u>-.36</u>	-.24	.66
JUL	<u>-.56</u>	.04	-.13	-.38	-.35	.45

JAN-JUL	-.12	-.58	-.30	-.18	.07	-.18
FEB-JUL	-.20	<u>-.61</u>	-.42	-.26	-.04	-.16
MAR-JUL	-.20	<u>-.61</u>	-.42	-.26	-.04	-.16
APR-JUL	-.26	<u>-.55</u>	-.37	-.32	-.13	-.05
MAJ-JUL	-.53	-.39	<u>-.70</u>	<u>-.71</u>	-.54	.38
JUN-JUL	-.39	.01	-.14	<u>-.39</u>	-.35	.59
JUL	<u>-.60</u>	-.30	-.45	-.36	-.64	.28

Tabell 6. Korrelation mellan fångsttider och vattenföring månadsmedelvärden. Centralfisket Skellefte älv.

	F T I D E R	% AV TOTALFANGST				F T I D E R
		1	2	3	4	
JAN	-.46	-.00	-.03	-.21	-.00	.32
FEB	-.38	-.02	-.13	-.40	-.19	.40
MAR	-.27	.07	-.12	-.50	-.22	.29
APR	-.23	.06	-.18	-.44	-.28	-.02
MAJ	-.38	-.06	-.42	-.30	-.53	-.01
JUN	-.09	-.08	-.35	.07	-.26	-.04
JUL	-.17	-.32	-.42	.47	.11	.11
AUG				-.21	-.34	.15

♀

JAN	-.47	-.02	-.16	-.12	.05	.22
FEB	-.60	-.42	-.52	-.44	-.21	.10
MAR	-.31	-.08	-.25	-.40	-.20	.05
APR	-.41	-.05	-.28	-.48	-.28	-.16
MAJ	-.36	.22	-.12	-.38	-.52	-.03
JUN	.07	.14	-.04	-.18	-.36	-.01
JUL	-.13	-.20	-.30	.10	-.08	.02
AUG				.03	-.38	.14

	F T I D E R	% AV TOTALFANGST				F T I D E R
		1	2	3	4	
JAN	-.27	-.25	.07	.14	.15	.06
FEB	-.25	-.26	-.08	.03	.15	.16
MAR	-.15	-.18	-.07	.04	.06	.05
APR	.01	-.02	-.08	-.09	-.28	-.30
MAJ	-.24	-.44	-.57	-.39	-.36	.15
JUN	-.02	-.06	-.40	-.34	-.28	.15
JUL	-.28	-.17	-.29	-.26	-.15	.16
AUG				-.05	.25	.33

♂

JAN	-.18	-.20	.09	.05	.16	.03
FEB	-.22	-.20	-.25	-.32	-.05	-.14
MAR	-.10	-.03	-.02	-.16	-.10	-.20
APR	-.03	-.01	-.05	-.27	-.41	-.45
MAJ	.01	-.37	-.14	-.14	-.10	.14
JUN	.18	.05	-.01	-.07	-.07	.18
JUL	-.16	-.13	-.28	-.24	-.19	.05
AUG				-.08	.15	.27

Tabell 7. Korrelation mellan fångsttider och ackumulerad vattenförling. Centralfisket Skellefte älv.

	F Ö R S T E	% AV TOTALFANGST					S I S T E
		1	2	3	4	5	
JAN-JUL	-.51	-.18	-.60	-.24	-.44	.23	
FEB-JUL	-.44	-.18	-.61	-.21	-.45	.18	
MAR-JUL	-.38	-.18	-.61	-.14	-.43	.10	
APR-JUL	-.30	-.19	-.56	-.01	-.37	.03	
MAJ-JUL	-.23	-.19	-.48	.09	-.27	.03	
JUN-JUL	-.07	-.24	-.42	.34	-.04	.06	
JUL	-.17	-.32	-.42	.47	.11	.11	
♀							
JAN-JUL	-.64	.01	-.52	-.13	-.09	.21	
FEB-JUL	-.43	.08	-.41	-.28	-.28	.03	
MAR-JUL	-.37	.10	-.39	-.19	-.19	.07	
APR-JUL	-.32	.12	-.30	-.14	-.25	.05	
MAJ-JUL	-.38	-.08	-.38	-.10	-.25	-.01	
JUN-JUL	-.02	-.04	-.18	.08	-.12	-.02	
JUL	-.13	-.20	-.30	.10	-.08	.02	

	F Ö R S T E	% AV TOTALFANGST					S I S T E
		1	2	3	4	5	
JAN-JUL	-.37	-.45	-.56	-.39	-.33	.17	
FEB-JUL	-.33	-.41	-.59	-.43	-.36	.16	
MAR-JUL	-.30	-.37	-.59	-.45	-.40	.14	
APR-JUL	-.25	-.32	-.56	-.45	-.41	.12	
MAJ-JUL	-.24	-.30	-.51	-.40	-.32	.18	
JUN-JUL	-.19	-.14	-.36	-.32	-.22	.17	
JUL	-.28	-.17	-.29	-.26	-.15	.16	
♂							
JAN-JUL	-.21	-.26	-.08	-.14	-.04	.14	
FEB-JUL	.04	-.13	-.05	-.16	-.10	.10	
MAR-JUL	.01	-.08	-.03	-.13	-.09	.13	
APR-JUL	-.01	-.14	-.08	-.13	-.09	.16	
MAJ-JUL	-.12	-.28	-.28	-.26	-.16	.10	
JUN-JUL	-.07	-.10	-.20	-.15	-.16	.10	
JUL	-.16	-.13	-.28	-.24	-.19	.05	

Tabell 8. Korrelation mellan lufttemperaturer och fångsttider.  
Centralfisket Lule älv.

		KORRELATION	% AV TOTALFANGST				SISTA
			1	2	3	4	
MEDELTEMP	APR	<del>-.65</del>	-.28	.09	.36	.34	-.05
	MAJ	-.49	.06	.12	.16	-.00	.03
	JUN	-.09	-.35	-.01	.26	.54	.26
	JUL	.23	.01	-.02	.08	<u>.61</u>	-.36

♀

MEDELTEMP	APR	-.59	-.02	.02	.35	.36	-.07
	MAJ	-.50	.01	.18	.21	.04	-.12
	JUN	-.24	-.37	-.12	.24	.64	.21
	JUL	.09	-.07	-.18	.05	<u>.50</u>	-.36

		KORRELATION	% AV TOTALFANGST				SISTA
			1	2	3	4	
MEDELTEMP	APR	-.45	.29	.37	.42	.29	.22
	MAJ	.01	.03	.16	.09	.08	.21
	JUN	-.20	.55	<u>.61</u>	.48	.42	.21
	JUL	.17	.08	.28	.08	.15	-.37

♂

MEDELTEMP	APR	-.10	.28	.33	.33	.26	.25
	MAJ	-.01	.08	.30	.14	.01	.14
	JUN	-.18	.52	.55	.55	.53	.38
	JUL	.08	.10	.26	.15	.26	-.22



Tabell 9. Korrelation mellan lufttemperaturer i Luleå och fångst-tider. Sandöfjärden.

		KORRELATION	% AV TOTALFANGST				TOTALT
			10	20	30	40	
MEDELTEMP	APR	-.20	-.13	.01	.04	-.17	-.35
	MAJ	.01	-.59	-.60	-.20	-.17	-.55
	JUN	.42	.20	.32	.35	.53	.10
	JUL	.14	.19	.31	.31	.15	-.07
MEDELTEMP	APR	-.13	-.22	-.01	.05	-.25	-.28
	MAJ	.07	-.50	-.52	-.10	-.07	-.64
	JUN	.47	.20	.44	.28	.58	.25
	JUL	.28	.19	.44	.41	.28	-.02

Tabell 10. Korrelationer mellan lufttemperaturer i Luleå och fångsttider. Centralfisket Skellefte älv.

		% AV TOTALFANGST					SISTA
		FÖRSTA	10	50	90	95	
MEDELTEMP	APR	-.22	-.18	-.17	.12	.35	-.04
	MAJ	-.09	-.08	-.07	-.34	-.10	.00
	JUN	.01	.37	.12	.16	.20	.16
	JUL	-.29	.10	-.31	.39	.18	.39

♀

MEDELTEMP	APR	-.09	-.27	-.28	.25	.45	-.02
	MAJ	-.26	-.31	-.30	-.28	-.03	.04
	JUN	.08	.39	.24	.12	.08	.01
	JUL	-.37	.27	-.14	.21	.12	.21

		% AV TOTALFANGST					SISTA
		FÖRSTA	10	50	90	95	
MEDELTEMP	APR	-.35	-.32	-.02	.09	-.07	-.18
	MAJ	.14	.05	.09	.04	.02	-.21
	JUN	-.30	-.09	.11	.22	-.20	-.07
	JUL	-.50	-.23	-.15	.00	-.20	.19

♂

MEDELTEMP	APR	-.30	-.27	-.21	-.05	-.05	-.07
	MAJ	-.04	.04	-.02	-.15	-.04	-.21
	JUN	-.26	-.22	.05	.14	-.24	-.08
	JUL	-.41	-.35	-.01	.05	-.18	.08

Tabell 11. Korrelation mellan isparametrar och fångsttider.  
Centralfisket Lule älv.

	FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
		10	20	30	50	
TIDEN FÖR MAX ISTÄCKE	-.41	-.02	.35	.56	.12	.60
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	-.46	-.69	-.02	-.71	.14	-.20
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.41	.36	.55	.59	-.10	.41

TIDEN FÖR MAX ISTÄCKE	-.49	-.09	.33	.53	.25	.58
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	-.18	-.59	-.77	-.65	-.04	-.05
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.67	.43	.54	.36	-.04	.26

	FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
		10	20	30	50	
TIDEN FÖR MAX ISTÄCKE	-.02	.42	.40	.48	.31	.56
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	-.70	-.49	-.01	.05	.18	-.16
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.42	.53	.21	.30	.14	.30

TIDEN FÖR MAX ISTÄCKE	.05	.52	.30	.36	.18	.65
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	-.48	-.59	.12	.12	.18	-.12
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.49	.30	-.19	-.10	-.15	.12

Tabell 12. Korrelationer mellan isparametrar och fångsttider.  
Sandöfjärden.

	R	% AV TOTALFANGST				R
		1	2	3	4	
TIDEN FÖR MAX ISTÄCKE	-.15	.09	.18	.08	.19	.13
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	-.62	<u>-.80</u>	-.60	-.54	<u>-.82</u>	-.33
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.40	<u>.72</u>	.51	.38	<u>.68</u>	.51
TIDEN FÖR MAX ISTÄCKE	.03	-.03	.35	.15	.13	.33
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	-.70	<u>-.70</u>	-.60	-.52	<u>-.78</u>	-.08
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.14	<u>.42</u>	.32	-.04	<u>.24</u>	<u>.81</u>

Tabell 13. Korrelation mellan isparametrar och fångsttider.  
Centralfisket Skellefte älv.

	FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
		1	2	3	4	
TIDEN FÖR MAX ISTACKE	.54	.22	.23	.12	.51	.26
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	<u>-.59</u>	<u>-.58</u>	<u>-.56</u>	<u>-.45</u>	<u>-.69</u>	<u>-.61</u>
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	<u>.61</u>	.36	.49	.45	<u>.62</u>	.41
♀						
TIDEN FÖR MAX ISTACKE	<u>.62</u>	.14	.26	.26	.53	.18
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	<u>-.45</u>	<u>-.41</u>	<u>-.54</u>	<u>-.52</u>	<u>-.55</u>	<u>-.54</u>
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	<u>.59</u>	.32	.47	.47	<u>.41</u>	.19
♂						
	FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
		1	2	3	4	
TIDEN FÖR MAX ISTACKE	-.00	.23	.36	.44	.31	.03
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	<u>-.08</u>	<u>-.51</u>	<u>-.66</u>	<u>-.71</u>	<u>-.79</u>	<u>-.60</u>
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	<u>-.02</u>	.42	.49	.48	.52	.31
♂						
TIDEN FÖR MAX ISTACKE	-.05	.25	.27	.36	.25	.15
HAVSISENS MAX SYDGÅNS	.10	<u>-.10</u>	<u>-.45</u>	<u>-.66</u>	<u>-.79</u>	<u>-.66</u>
TIDEN FÖR 50% IS I BOTTENVIKEN	.12	.53	.37	.39	.36	.25

Tabell 14. Korrelation mellan fångsttider; centralfiskena Lule älv (rader) och Skellefte älv (kol).

	FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
		1	2	3	4	
FÖRSTA	- .05	.13	.09	.31	.10	.46
10	- .06	.09	.03	.32	.44	.64
25	.13	.27	.24	.41	.73	.61
% 50	.20	.30	.32	.55	.97	.54
75	- .45	- .23	- .97	- .22	- .09	.40
SISTA	.74	.39	.33	- .11	.07	- .26

♀

FÖRSTA	- .09	.08	- .04	.26	.10	.28
10	- .21	- .13	- .15	.55	.62	.60
25	.16	.12	.09	.49	.72	.53
% 50	.25	.24	.26	.68	.85	.45
75	- .27	- .15	- .32	.01	.16	.25
SISTA	.83	.31	.47	- .20	- .10	- .42

	FÖRSTA	% AV TOTALFANGST				SISTA
		1	2	3	4	
FÖRSTA	- .22	.25	.30	.35	.55	.61
10	- .44	- .02	.29	.35	.25	.07
25	- .70	- .41	- .18	- .05	- .18	- .12
% 50	- .63	- .38	- .23	- .18	- .28	- .33
75	- .69	- .58	- .37	- .24	- .28	- .17
SISTA	.01	.19	- .03	- .12	- .27	- .55

♂

FÖRSTA	- .49	.13	.32	.43	.58	.53
10	- .44	- .07	.21	.41	.33	.24
25	- .60	- .36	- .45	- .37	- .41	- .35
% 50	- .58	- .33	- .45	- .33	- .41	- .35
75	- .66	- .50	- .49	- .32	- .36	- .21
SISTA	.15	.27	- .09	- .15	- .35	- .44

Tabell 15. a) Korrelation mellan vattenföring i Lule älv (rader) och Skellefte älv (kol).  
 b) Autokorrelation vattenföringen i Lule älv.

	FÖREG. ÅR	JAN- JUN	JAN- FEB	MAR- APR	MAJ- JUN
FÖREG. ÅR	.67	-.39	-.09	-.10	-.39
JAN-JUN	.20	.68	.40	.65	.28
JAN-FEB	.47	.34	.63	.72	-.32
MAR-APR	.51	.42	.53	.76	-.19
MAJ-JUN	-.23	.71	.02	.25	.75

FÖREG. ÅR	.48	-.04	.21	.18	-.28
JAN-JUN	.24	.75	.45	.71	.01
JAN-FEB	.59	.48	.54	.67	-.45
MAR-APR	.48	.65	.58	.77	-.22
MAJ-JUN	-.27	.55	.20	.41	.45

	FÖREG. ÅR	JAN- JUN	JAN- FEB	MAR- APR	MAJ- JUN
FÖREG. ÅR		.04	.33	.20	-.22
JAN-JUN	.04		.70	.86	.78
JAN-FEB	.33	.70		.87	.13
MAR-APR	.20	.86	.87		.38
MAJ-JUN	-.22	.78	.13	.38	

FÖREG. ÅR		.08	.28	.25	-.08
JAN-JUN	.08		.68	.92	.60
JAN-FEB	.28	.68		.84	.03
MAR-APR	.25	.92	.84		.47
MAJ-JUN	-.08	.60	.03	.47	

Tabell 16. Multipel lineär regression av fraktiltid (j, Julianskt datum) mot iskantens maximala sydliga läge (x, km S Luleå och vattenföring y, m<sup>3</sup>/s) enligt ekvationen  $j = a + bx + cy$ .

Plats	Kön	Vattenföring månad	Fraktil %	a Julianskt datum	b dygn/km	c dygn/m <sup>3</sup> s
Boden	♀	7	25	213	0.012	-0.046
"	♀	7	50	228	0.018	-0.057
"	♀	4	75	212	-0.005	+0.062
"	♂	4	25	186	0.006	+0.069
"	♂	4	50	205	0.002	+0.070
Sandön	♀+♂	5-7	25	205	0.022	-0.050
"	♀+♂	5-7	50	236	0.027	-0.105
"	♀+♂	5-7	75	213	0.046	-0.054
Skellefte	♀	7	25	200	0.013	-0.032
"	♂	7	50	231	0.024	-0.028