



# SULLE TRACCE DEL CALO DELLA POPOLAZIONE ITTICA



## INDICE

<b>Riassunto</b>	<b>2</b>
<b>Cosa sta succedendo ai pesci?</b>	<b>5</b>
<b>Alla ricerca delle cause</b>	<b>8</b>
<b>Cosa possiamo fare?</b>	<b>20</b>
<b>Prospettive</b>	<b>25</b>

# PROGETTO «STUDIO SUL CALO DELLA POPOLAZIONE ITTICA IN SVIZZERA» – «FISCHNETZ»: RIASSUNTO

## «FISCHNETZ» IN BREVE

Dal 1980 il pescato di trote in Svizzera è diminuito del 60%. Al contempo, si è constatato un peggiore stato di salute generale dei pesci in vari corsi d'acqua. Ciò è bastato all'Ufficio federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque (EAWAG) e all'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP) per avviare insieme ad alcuni Cantoni nel 1998 il progetto «Fischnetz» con l'obiettivo di documentare i cambiamenti avvenuti nell'ambito della pesca e della salute dei pesci, di scoprire le cause di questi cambiamenti e di proporre dei provvedimenti. Tutti i 26 Cantoni, il Principato del Liechtenstein, la Federazione Svizzera di pesca (FSP), la Società svizzera delle industrie chimiche (SSIC) si sono uniti al progetto investendo circa 3 milioni di franchi nel corso di 5 anni.

Le indagini svolte nell'ambito di 77 progetti parziali poggiavano su una dozzina d'ipotesi. L'attività dei pescatori è diminuita e pertanto è calato anche il pescato? La predazione del cormorano e dello smergo maggiore è diventata eccessiva? Gli habitat adatti ai pesci sono sempre meno? I pesci vengono avvelenati con sostanze chimiche? Le risorse alimentari dei pesci sono diminuite o è colpa del riscaldamento del clima? Nel quadro del pro-

getto «Fischnetz» sono state prese in esame tutte queste possibili cause.

Le statistiche della pesca dimostrano che sono state rilasciate sempre meno licenze annuali di pesca e che quindi la pesca viene praticata sempre meno. Ciò però non basta per spiegare la diminuzione del pescato. Le analisi dettagliate di queste statistiche suggeriscono che anche il patrimonio ittico è diminuito. La direzione del progetto «Fischnetz» conclude che le principali ragioni per il calo delle popolazioni ittiche sono la cattiva qualità degli habitat naturali e la malattia renale proliferativa. La cattiva qualità degli habitat include sia la morfologia (per esempio zone di riparo mancanti in seguito ad una rettificazione dei corsi d'acqua o argini troppo stretti senza vegetazione) che la qualità dell'acqua (per esempio inquinamento chimico).

## MANCANZA DI HABITAT NATURALI

La correzione e l'arginatura dei fiumi, come pure la distruzione della vegetazione delle rive risalgono in parte a decenni fa. Tuttavia le loro conseguenze, come ad esempio gli habitat monotoni e mal collegati sono presenti ancora oggi. Per i pesci risulta così più difficile sfuggire ai pericoli e accedere alle zone di riproduzione. L'isolamento degli spazi naturali limita altresì la diversità genetica delle popolazioni ittiche.

## QUALITÀ DELL'ACQUA INSUFFICIENTE

L'inquinamento dei corsi d'acqua dovuto a sostanze chimiche è notevolmente diminuito negli ultimi 30 anni. Ciononostante, i picchi di concentrazione dei composti azotati, quali il nitrito e l'ammonio, che si trovano nei fiumi in

seguito alle piogge forti sono pericolose per la fauna acquatica. Nelle zone con attività agricola intensiva le concentrazioni di pesticidi sono troppo alte. Per di più, nelle regioni densamente popolate dell'Altopiano centrale gli ormoni naturali e sintetici sono in grado di avere ripercussioni sui pesci. È probabile che gli effetti congiunti di varie sostanze chimiche («cocktail chimici») si ripercuotono sullo stato di salute dei pesci.

## MALATTIA INFETTIVA PKD

Nell'ambito delle ricerche effettuate sulla salute dei pesci, l'attenzione è stata rivolta anche alla malattia renale proliferativa PKD (proliferative kidney disease), osservata per la prima volta in Svizzera nel 1979. La malattia è stata riscontrata nel 2000 e nel 2001 in 190 dei 462 siti, in particolare modo nei corsi d'acqua dell'Altopiano. La PKD comporta un aumento del volume dei reni e spesso la morte dei pesci. Vengono pescati meno pesci nei siti positivi per la PKD che nei siti senza PKD. Perciò, la PKD dovrebbe essere una delle ragioni principali che hanno contribuito al calo del pescato.

## POSSIBILI COMBINAZIONI

La riduzione del patrimonio ittico è però dovuta anche all'effetto combinato di fattori d'influenza che possono andare oltre a semplici effetti additivi. Per esempio la PKD si manifesta quando la temperatura dell'acqua resta per più di due settimane al di sopra dei 15°C. Fra il 1978 e il 2002 la temperatura dei corsi d'acqua svizzeri è aumentata di circa 1°C. Oltre a favorire il diffondersi della PKD, l'innalzamento della temperatura riduce il numero degli habitat adatti alle trote. I corsi d'acqua dell'Altopiano diventano infatti troppo caldi per questi pesci.

## MISURE AD HOC

È molto importante fare una distinzione fra le varie cause a seconda dei vari corsi d'acqua. I provvedimenti devono infatti essere assolutamente adeguati alle circostanze locali. In primo luogo vanno migliorati gli habitat. I corsi d'acqua devono essere collegati meglio tra loro (lungo il profilo longitudinale), la vegetazione delle rive va promossa e occorre fare in modo che nei corsi d'acqua vi sia sempre acqua a sufficienza. Per tutte le sostanze rilevanti occorre fissare e rispettare standard di qualità. È necessario applicare e monitorare in modo più coerente la legge federale sulla protezione delle acque. Anche la gestione dei corsi d'acqua va ottimizzata. I pesci provenienti da corsi d'acqua infetti da PKD non devono essere introdotti in acque «sane» o non controllate, e il ripopolamento deve avvenire solo nel quadro di programmi specifici. Per poter seguire lo sviluppo nel lungo periodo e l'effetto delle misure, è altresì necessario un regolare controllo degli effettivi dei pesci.

## PROGETTO SUCCESSIVO E CENTRO DI CONSULENZA

Tali misure devono essere affiancate da tutta una serie di informazioni, da una solida formazione e da un valido sostegno per il controllo della qualità. Grazie al nuovo progetto per l'ottimizzazione del pescato e della qualità dei corsi d'acqua («Optimierung der Fischfangerträge und der Gewässer-qualität»), «Fischnetz» aiuterà i Cantoni e le organizzazioni di pesca ad attuare tali provvedimenti. A partire dall'aprile 2004, i pescatori potranno contare anche sull'appoggio del centro di consulenza per la pesca FIBER promosso dall'EAWAG, dall'UFAFP e dall'FSP.



## COSA STA SUCCEDENDO AI PESCI?

Nasse vuote, pescatori insoddisfatti, relazioni che attestano un sempre maggior numero di pesci con malattie o alterazioni organiche: le indicazioni relative al cattivo stato di salute dei pesci nelle acque svizzere sono in aumento da alcuni anni. Le cifre attuali dell'Ufficio Federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAPF) mostrano ad esempio che dall'inizio degli anni '80 sono state pescate nei corsi d'acqua svizzeri sempre meno trote. Questo calo della pesca tuttavia, non è iniziato da per tutto nello stesso momento e procede con velocità differente nelle varie acque. Per i temoli le cifre relative alla pesca oscillano: sembra ci siano fasi di calo e di crescita. Le cifre riportate dai pescatori sono tuttavia solamente un indizio sul calo della popolazione ittica; torneremo ancora a parlare di questo aspetto nel paragrafo «L'influenza della gestione» a pagina 8. Anche i rilevamenti effettuati direttamente sulla densità dei pesci indicano un calo della popolazione ittica. Così gli scienziati hanno scoperto ad esempio che dall'inizio degli anni '80 sono state pescate sempre meno lasche nell'Alto Reno e che in diverse acque è diminuita la concentrazione dei nasi.

Vi sono diversi motivi per prendere in seria considerazione la silenziosa sparizione dei pesci e per riflettere sulle conseguenze di questo fenomeno.

- I pesci malati e le cifre relative al calo della loro densità indicano le cattive condizioni delle acque dal punto di vista ecologico. Questo è un segnale d'allarme perché le acque sono in stretta correlazione tra loro e con l'ambiente circostante, sono quindi per così dire la spina dorsale di un ecosistema. Le buone condizioni delle acque dal punto di vista ecologico sono essenziali per un ambiente intatto, e sono perciò anche stabilite per legge.
- Varietà biologica: oggi solamente dodici delle 54 specie

locali non sono minacciate da questa situazione, mentre otto specie si sono già estinte nei decenni passati.

- Salute: la diminuzione della densità ittica e un cattivo stato di salute dei pesci possono indicare un deterioramento delle acque dovuto a sostanze nocive. Poiché molte persone bevono l'acqua filtrata delle rive proveniente dalle acque superficiali, i danni alla salute dei pesci sono un campanello d'allarme anche per le possibili conseguenze sulla salute umana, e dovrebbero essere oggetto di verifica.
- Economia ittica: se l'amo rimane troppo spesso vuoto i pescatori non rinnovano la licenza, con conseguenti perdite nelle entrate delle Amministrazioni cantonali e problemi di mantenimento e di controllo delle acque pescose.

### REALIZZAZIONE DI UNA RETE DA PESCA («FISCHNETZ»)

Le seguenti Istituzioni federali l'Istituto Federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque (EAWAG), l'UFAPF ed alcuni Cantoni, hanno dato vita alla fine del 1998 ad un progetto che doveva documentare i cambiamenti avvenuti in tutto il territorio svizzero, identificare le cause del calo del pescato e proporre dei provvedimenti per la risoluzione dei suddetti problemi: il progetto «Studio sul calo della popolazione ittica in Svizzera», detto brevemente «Fischnetz». Poco più tardi hanno aderito al progetto tutti gli altri Cantoni, il Principato del Liechtenstein (FL), la Federazione Svizzera di pesca (FSP) e la Società Svizzera delle Industrie Chimiche (SSIC).

Oltre 100 specialisti provenienti dal mondo scientifico, dalle autorità, dal settore della consulenza ecologica, dalle Associazioni di pesca e dall'industria chimica hanno

Dove sono andati a finire i pesci? Per cinque anni gli esperti della «Fischnetz» hanno cercato una risposta. Oltre 100 specialisti hanno studiato la salute dei pesci ed i loro habitat, il deterioramento delle acque ed il comportamento dei pescatori e molto altro. Vi sono risposte? Sì! Le possibili cause del calo della popolazione ittica sono molteplici e sono strettamente correlate le une alle altre. Alcuni interazioni importanti sono ora note, come ad esempio l'influenza dell'habitat sui pesci, tuttavia il significato di altri aspetti rimane ancora da definire e da analizzare.



collaborato ai 77 progetti della «Fischnetz». Mai prima d'ora era stato condotto uno studio così accurato della densità ittica e della pesca soprattutto per quanto riguarda le trote di fiume nei corsi d'acqua svizzeri. Il progetto è terminato nel mese di Dicembre 2003 con la pubblicazione di un rapporto finale di 180 pagine che contiene commenti esaurienti ai risultati delle ricerche condotte nel corso dei cinque anni. L'obiettivo del presente opuscolo è quello di raccogliere insieme le informazioni più importanti contenute nel rapporto.

Per la «Fischnetz» l'EAWAG, l'UFARP, il Principato del Liechtenstein, i Cantoni e la SSIC hanno speso complessivamente circa 3 milioni di Franchi svizzeri. Importante per la riuscita del progetto è stato inoltre il grande impiego a livello personale dei collaboratori dell'UFARP, dell'EAWAG, dei Cantoni, del Centro veterinario di Studi ittici e della fauna selvatica, dell'industria chimica e della FSP.

Un Comitato di direzione ha assunto la funzione di organo politico di vigilanza. Il progetto è stato diretto da esperti dei settori della pesca, della biologia ittica, dell'ecotossicologia, delle tecniche di depurazione delle acque di scarico e della chimica. Gli specialisti sono stati responsabili della pianificazione, della direzione scientifica e dell'attuazione dal punto di vista tecnico degli obiettivi prefissati dal Comitato di direzione.

In diversi progetti di ricerca sono state trattate le problematiche relative al calo della popolazione ittica, seguendo approcci diversi. Nei cosiddetti studi di monitoraggio sono stati osservati numerosi corsi d'acqua, per poter avere una visione d'insieme della diffusione di determinati fenomeni. Gli studi specifici sui singoli casi hanno integrato la prospettiva che si era delineata con gli studi di monitoraggio: a questo proposito sono stati ampiamente analizzati pochi corsi d'acqua selezionati, sui

quali esistevano già numerosi dati. Inoltre sono state raccolte informazioni relative alla pesca, all'immissione di pesci e alla loro diffusione. Infine gli scienziati hanno analizzato studi già conclusi per poter tirare le conclusioni e avere indicazioni relative all'intero progetto e alle regioni considerate. La parte più importante dei progetti finanziati dalla «Fischnetz» ha riguardato proprio queste analisi, perché in questo caso è stato possibile, con un impegno relativamente esiguo, mettere in relazione e riunire i dati già a disposizione, tenendo in considerazione le informazioni scientifiche provenienti da altri paesi e le problematiche più rilevanti per la Svizzera.

La «Fischnetz» è stata anche una rete di collegamento per gli esperti: le sei conferenze relative ai progetti parziali, con 185 partecipanti complessivi, sono state un'occasione di scambio fra i responsabili dei diversi studi. Anche gli specialisti esterni della pratica della pesca, della ricerca, delle Autorità e anche quelli provenienti da settori privati hanno collaborato con la «Fischnetz». In occasione di sei incontri nazionali di esperti e di quattro internazionali, con un totale di 137 partecipanti, i collaboratori della «Fischnetz» hanno rivolto domande specifiche agli esperti, hanno discusso i diversi approcci ed hanno sviluppato insieme le proposte di possibili provvedimenti.

#### POSSIBILI CAUSE DEL CALO DELLA POPOLAZIONE ITTICA

Chi desidera avere delle risposte a un problema deve, prima di tutto, formulare le domande in modo corretto. La «Fischnetz» ha quindi disposto e analizzato diverse ipotesi di lavoro:

- I tassi di riproduzione della fauna acquatica sono diminuiti.

- Le popolazioni di pesci non hanno abbastanza pesci giovani.
- Il calo della popolazione ittica è da ricondurre a un cattivo stato di salute dei pesci.
- Il deterioramento delle acque ad opera dei prodotti chimici compromette la salute dei pesci comportando quindi un calo della densità ittica.
- Gli habitat carenti o insufficienti sono la causa della diminuzione dei pesci.
- L'aumento del sedimento fine è responsabile di questo calo.
- I pesci non trovano cibo sufficiente.
- La diminuzione del pescato è la conseguenza di una gestione inadeguata della pesca.
- Il calo della pesca della trota è il risultato di una ridotta intensità di pesca.
- L'aumento degli uccelli che si cibano di pesce causa un calo della popolazione ittica.
- Le alterazioni della temperatura dell'acqua hanno portato ad un calo della fauna acquatica.
- Il calo della popolazione ittica è il risultato di un'alterazione della quantità della portata d'acqua dei fiumi e di un cambiamento della portata del materiale solido di fondo.
- Diversi fattori regionali sono la causa del calo della consistenza ittica e del pescato.

Tutti questi possibili fattori di influenza possono essere in parte delle cause dirette del fenomeno di diminuzione dei pesci: a questo proposito si includono la carenza degli habitat, i prodotti chimici, i sedimenti fini, la gestione delle acque, la pesca, gli uccelli che si cibano di pesce, la temperatura dell'acqua e l'alterazione della portata d'acqua dei fiumi. Altre ipotesi di lavoro si concentrano invece sui

probabili effetti delle suddette cause, prendendo in considerazione ad esempio, il tasso di nascita dei nuovi nati, la riproduzione, la salute e l'alimentazione dei pesci. L'insorgere di questi effetti indiretti tuttavia, non fornisce alcuna indicazione precisa sulle cause di questa alterazione ma, al contrario vengono spesso analizzate diverse cause per spiegare questo fenomeno.

Le ipotesi relative ai sedimenti fini, alla temperatura dell'acqua e ad un cambiamento della portata d'acqua dei fiumi si riferiscono soprattutto alle trote di fiume; questa specie si riproduce in inverno perché necessita di acque fresche per poter deporre le uova nel greto: troppi sedimenti fini sul letto del fiume, l'aumento della temperatura dell'acqua e della piena invernale possono essere quindi particolarmente pericolosi per la loro sopravvivenza.

La correlazione esistente tra i fattori elencati rende più difficile l'individuazione del rapporto tra cause ed effetti, perché in parte ne risultano conseguenze con reazioni inaspettate. In questo modo per esempio un aumento della quota dei sedimenti fini sul letto del fiume non influisce solo sulle uova di trota che si sviluppano sul greto, ma anche sulla quantità e sui tipi di distribuzione degli animali che vivono sul fondo e che costituiscono il nutrimento dei pesci. Una carenza di animali che costituiscono il nutrimento dei pesci può comportare un cattivo stato di salute generale di questi ultimi e indebolirli, rendendoli più soggetti alle malattie. Importanti per la «Fischnetz» sono stati quindi i metodi di ricerca transdisciplinare ed estese analisi delle acque, come riporta l'ultima ipotesi sopracitata: il calo della densità ittica e del pescato non è determinato da un'unica causa, ma è il risultato di numerosi singoli fattori che rivestono un'importanza diversa anche a livello regionale. Di conseguenza non è possibile trovare una soluzione unica per tale problema.

Alcuni di questi probabili fattori sono stati esclusi, mentre altri sembrano essere validi solo per determinate acque o in determinate stagioni. I dettagli a questo proposito si trovano nella relazione finale. Il merito principale del progetto «Fischnetz» è stato quello di individuare quali fattori abbiano avuto un'influenza determinante sull'alterazione della densità ittica in molte acque della Svizzera. Di questi fattori si parlerà in modo più esauriente nel capitolo successivo.

## ALLA RICERCA DELLE CAUSE

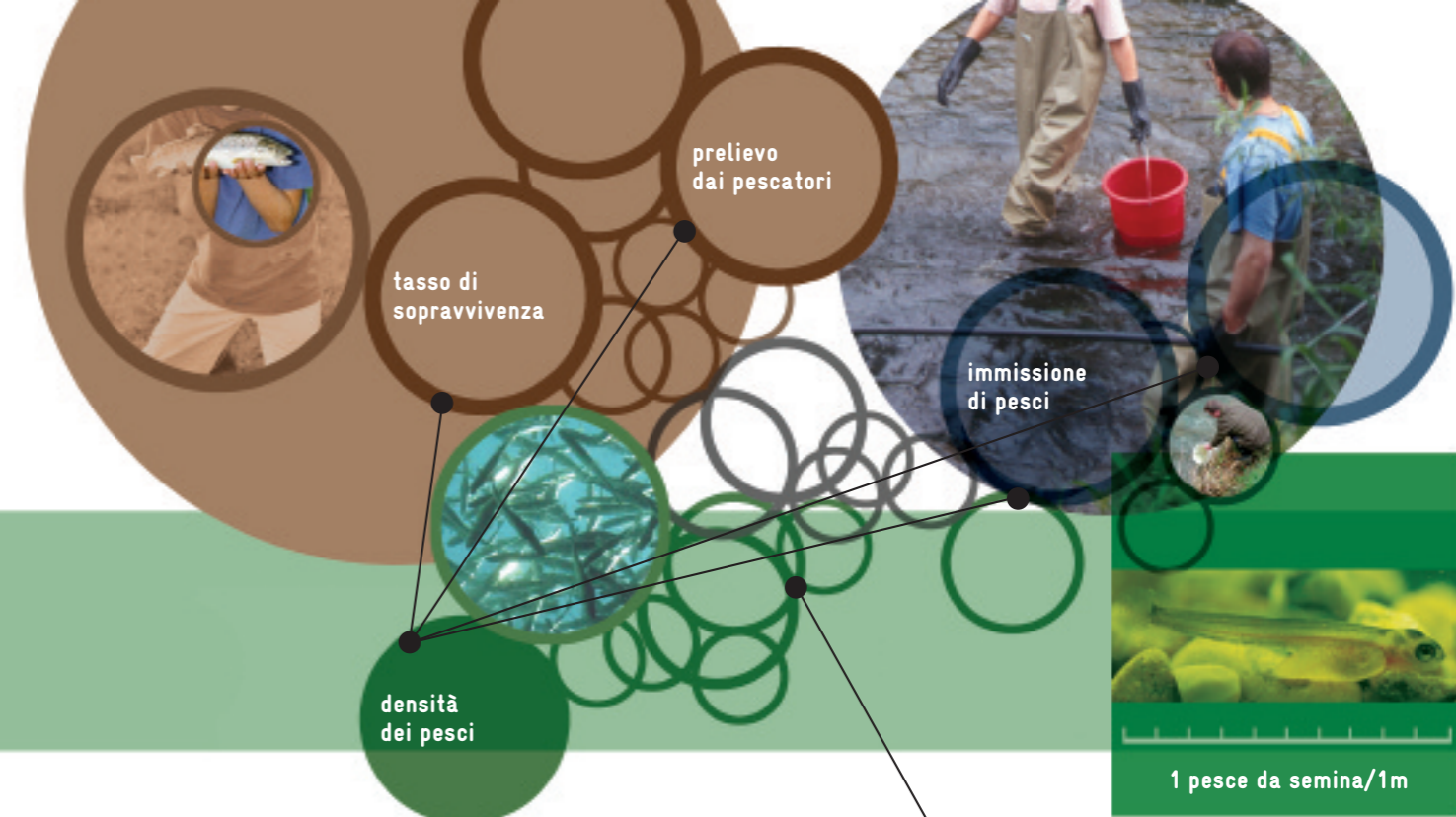
Le nasse vuote dei pescatori sono state un valido motivo per poter lanciare il progetto «Fischnetz» e per ricercare le cause del calo della popolazione ittica. Alla scienza spetta il compito di mettere in dubbio anche le relazioni che sembrano apparentemente evidenti: per questo motivo la «Fischnetz» ha analizzato anche la correlazione tra la diminuzione del pescato e la diminuzione della densità dei pesci. Il pescato cala perché vi sono sempre meno pesci? Oppure sono diminuiti i pescatori e quindi si pesca meno? In molte acque i pesci vengono anche immessi, non solo pescati. Anche la quantità e l'età dei pesci che costituiscono la semina, nonché il momento della semina stessa influiscono sulla densità dei pesci. Nel primo paragrafo del presente capitolo si tratterà quindi della gestione delle acque, mentre nel secondo paragrafo saranno trattati i motivi della diminuzione della densità ittica.

### L'INFLUENZA DELLA GESTIONE

Quel che è certo è che le cifre annuali fornite dai pescatori relative al pescato sono diminuite: mentre nel 1980 sono state pescate ancora 1 milione e 200 mila trote, nel 2001 queste erano solo un po' più di 400'000. Le analisi di

«Fischnetz» mostrano che l'intensità della pesca e la sua suddivisione in termini di tempo e spazio influiscono sul pescato in maniera determinante. La riduzione del pescato si accompagna di solito ad un inasprimento delle norme di tutela ambientale. Nelle acque che confinano con zone che hanno differenti disposizioni in materia di pesca questa attività dà, infatti, esiti differenti e di domenica e nei giorni festivi le cifre relative al pescato crescono perché molte più persone vanno a pescare.

Tra il 1980 e il 2000 il numero delle licenze annuali di pesca nei corsi d'acqua è diminuito del 23%, e di quelle per la pesca combinata nei laghi e nei fiumi è diminuito del 46%. Il numero di licenze di pesca solamente nei laghi è invece aumentato del 26%. Un sondaggio rappresentativo effettuato tra i pescatori in merito alla frequenza di pesca nei corsi d'acqua, ha rivelato inoltre che il numero delle escursioni di pesca per ciascuna licenza è calato da una media di 27 escursioni nel 1980 a una di 22 nel 2000. Oltre a questi indizi relativi al calo dell'intensità della pesca vi sono anche indicazioni relative ad una riduzione della densità ittica tra il 1980 e il 2000: le escursioni di pesca terminate con successo sono diminuite passando dall'87% al 49%, e il numero dei pesci catturati è passato da 49 a 25 esemplari all'anno. Cosa significano questi



L'uomo è un grosso pesce nell'acqua: con il prelievo, cioè la pesca, e la semina, influenziamo la densità ittica. Le analisi della «Fischnetz» hanno tuttavia mostrato che la densità ittica influisce anche sui pescatori: nel corso del tempo questi ultimi hanno reagito all'aumento delle battute di pesca senza successo, per questo motivo oggi ci sono meno pescatori attivi. Meno pesci e meno pescatori hanno comportato insieme un calo significativo delle cifre relative al pescato annuale, un motivo importante questo per dare vita al Progetto «Fischnetz».

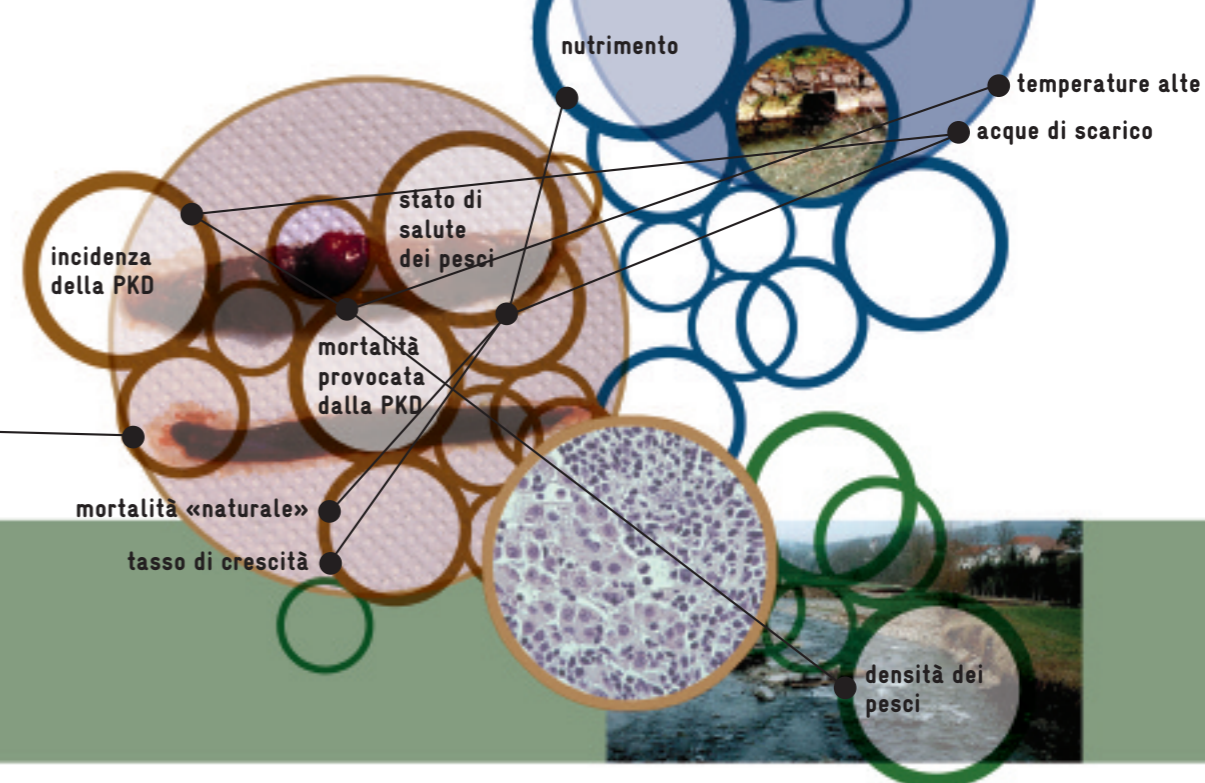
dati? Gli esperti della «Fischnetz» partono dalla seguente considerazione: il punto di partenza è stato il calo della densità dei pesci. Nel corso del tempo i pescatori hanno reagito all'incremento dei risultati negativi diminuendo il numero di escursioni di pesca e, di conseguenza, oggi vi sono anche meno pescatori attivi. Per questo motivo non si può giudicare direttamente la densità dei pesci presente nelle acque dalle cifre sul pescato. Tuttavia queste cifre rimangono indizi molto importanti per poter avere un'idea generale della situazione della fauna acquatica. Un'approccio alternativo al problema è stato quello di effettuare delle rilevazioni dirette della densità dei pesci, ma anche qui vi sono state delle difficoltà: infatti si è potuto confermare dal punto di vista scientifico il calo della consistenza ittica nelle acque della Svizzera nei singoli casi, ma non in generale, poiché si dispone di dati troppo esigui sulla variazione della densità ittica.

Per considerare questo fenomeno in modo più esauriente è necessario prendere in considerazione un ulteriore aspetto: l'uomo non preleva solo pesci dalle acque, ne immette anche di nuovi. Le trote di fiume ad esempio, vengono immesse nella maggior parte dei corsi d'acqua svizzeri. Le analisi relative alla quota di sopravvivenza dei pesci da semina in Svizzera ed in altri Paesi mostrano

che solo una quota ridotta di questi pesci cresce fino a raggiungere le dimensioni ideali per essere pescati e finire nelle nasse dei pescatori. Infatti l'incremento della semina di pesci giovani nel periodo tra il 1970 e il 1982 non ha portato ad un aumento corrispondente delle cifre relative al pescato. In generale si può affermare che il possibile effetto positivo della semina di pesci giovani viene fortemente sopravvalutato.

Provvedimenti di semina errati (come ad esempio quantità esagerate, età impropria dei pesci, origine non idonea dei pesci, piani di semina errati) possono addirittura nuocere sul piano locale alla densità dei pesci selvatici e causare un calo della popolazione ittica.

PKD è il nome di una patologia renale ampiamente diffusa in Svizzera e mortale per molti pesci. Essa è la causa diretta in diverse acque del calo della popolazione ittica, ma anche un sintomo di condizioni di vita patologiche. Anche la carenza di cibo e l'inquinamento dovuto ai liquidi di scarico rientrano tra queste condizioni. La PKD si manifesta nei pesci infetti solo se questi vivono in acque che hanno una temperatura al di sopra di una determinata soglia, per cui l'aumento della temperatura dell'acqua dovuto al cambiamento generale del clima aggrava il problema.



## CAUSE DEL CALO DELLA DENSITÀ ITTICA

Ogni ecosistema è diverso dagli altri: le differenze risultano da numerosi fattori di influenza che possono variare dal punto di vista spaziale e temporale. Per questo non esistono cause generali e valevoli per tutto il territorio svizzero. La «Fischnetz» è riuscita ad identificare tra tutte le cause possibili, quelle che hanno avuto un ruolo determinante.

### LA PATOLOGIA INFETTIVA PKD

La comune concezione che il pesce che vive nei laghi e nei fiumi sia sano viene offuscata da una patologia che si diffonde sempre di più e che secondo i risultati della «Fischnetz» costituisce sicuramente un motivo determinante del calo della popolazione ittica in molte acque della Svizzera. La presenza della cosiddetta malattia proliferativa renale («proliferative kidney disease», PKD) è stata dimostrata finora nelle trote di fiume, nelle trote iridee e nei temoli. Responsabile di questa infezione è un parassita monocellulare, che determina negli esemplari colpiti un'escrescenza nei reni, che ne compromette il funzionamento fino a causare la morte dei pesci. In Svizzera la presenza della PKD è stata dimostrata per la prima volta nel 1979. Il decorso della PKD dipende dalla tempe-

### ESEMPIO: LANGETEN (CANTONE DI BERNA) E VERSOIX (CANTONE DI GINEVRA)

Negli stagni in cui l'acqua proveniva dalla Langeten, quasi il 90% delle trote di fiume è morto di PKD quando la temperatura dell'acqua in estate è rimasta per più di due settimane al di sopra dei 15°C. Invece nella Versoix, dove le trote avevano l'infezione da PKD come nella Langeten, e dove tuttavia le temperature dell'acqua sono rimaste costantemente al di sotto dei 13-14°C, è morto meno del 10% dei pesci. L'importanza della temperatura è chiara anche nell'ambito della stessa area della Langeten: infatti i pesci che si trovano nel corso superiore mostrano un quadro meno accentuato dei sintomi della PKD rispetto ai pesci che si trovano nel corso inferiore. Oltre alla temperatura altri fattori ambientali, in particolare la qualità dell'acqua, possono influire sull'incidenza della PKD.

ratura dell'acqua: se questa rimane per più di due settimane al di sopra dei 15°C, la patologia insorge nei pesci già infetti, con conseguenze spesso mortali. In particolare ne sono colpiti i pesci giovani che quindi non riescono più a riprodursi. E questo si ripercuote anche sul pescato: una valutazione dei dati relativi alla pesca in cinque Cantoni ha mostrato che nelle acque in cui si manifesta la PKD viene pescata una percentuale minore di pesci per ogni escursione.

Nell'ambito della «Fischnetz» è stata analizzata nel 2000 e nel 2001 la diffusione della PKD nelle trote di fiume su tutto il territorio svizzero. Nel corso di questa analisi si è riscontrato che la PKD si manifesta soprattutto nelle acque dell'Altipiano centrale. Al di fuori di questa zona la presenza della PKD è stata dimostrata solo in modo sporadico. Nel complesso la presenza della PKD è stata riscontrata in 190 ubicazioni analizzate su 462. Questa patologia è quindi largamente diffusa nelle trote provenienti dalle acque svizzere. Questo esito diventa critico per le acque e per quei tratti d'acqua in cui la temperatura dell'acqua rimane al di sopra dei 15°C per più di due settimane.

Se questa soglia critica viene raggiunta solo nella parte inferiore dei corsi d'acqua, i pesci moriranno di PKD solo in quest'area, mentre i pesci già infetti non si ammalieranno in maniera significativa nella parte superiore, in cui la temperatura è notoriamente più fredda. Per questo motivo probabilmente è possibile compensare le perdite della parte inferiore con una migrazione verso la parte superiore dei corsi d'acqua. È da notare che un'epidemia di PKD non comporta necessariamente un calo misurabile della densità della popolazione o del pescato.

Un fattore che spiega l'incidenza crescente della PKD potrebbe essere il cambiamento, altresì analizzato dalla

«Fischnetz», della temperatura dell'acqua: negli ultimi 25 anni i corsi d'acqua sono diventati più caldi per effetto del cambiamento del clima. Con l'aumento della temperatura, le acque in alcune zone si trovano in una condizione critica per quanto riguarda la diffusione della PKD.

È soprattutto nell'Altipiano centrale che sono state osservate nei pesci condizioni di salute generalmente peggiorate. Le cause dei danni organici non sono univoche; in alcuni casi vi sono ad esempio indicazioni di una correlazione tra questo peggioramento con le immissioni degli impianti di depurazione delle acque. Le alterazioni organiche che sono passate da livelli medi a livelli gravi, influiscono sfavorevolmente sulla sopravvivenza, la crescita e la riproduzione dei pesci e contribuiscono così al calo della densità ittica. Anche in questo caso esistono delle interazioni tra i vari fattori: diversi risultati indicano che nelle acque inquinate dalla presenza di sostanze nocive muoiono molti più pesci di PKD rispetto a quelle pulite e in buone condizioni.

### GLI HABITAT

Con l'aumento della densità della popolazione e dell'industrializzazione i corsi d'acqua sono diventati un fattore economico decisivo per l'uomo: l'acqua viene utilizzata per la produzione di energia, viene prelevata dai bacini naturali, utilizzata e introdotta nuovamente nei fiumi sotto forma di liquidi di scarico. Le zone abitate si estendono e si avvicinano sempre più alle rive dei fiumi, e man mano cresce anche la necessità di una protezione efficace dalle piene. Questo sviluppo, iniziato circa 100 anni fa, ha influito notevolmente sulle acque della Svizzera. Dei 61'000 chilometri di corsi d'acqua presenti sul territorio svizzero,



Nei decenni passati i fiumi sono stati adattati alle esigenze dell'uomo: rettifiche, costruzione di strutture protettive per gli argini, drenaggi e sfruttamento dell'energia idrica hanno dato un altro volto a molti corsi d'acqua. Tuttavia ciò che è utile all'uomo si è rivelato dannoso per i pesci, che necessitano di varietà lungo i corsi d'acqua, con tratti a scorrimento rapido ma anche di zone più tranquille e con possibilità di ritirarsi. Il collegamento delle acque è essenziale per far sì che i pesci migrino e risalcano verso i luoghi di deposizione delle uova. In acque monotone e dotate di strutture artificiali manca sia la varietà che il collegamento.

**REQUISITI DEGLI HABITAT PER LA FAUNA ITTICA DEI Fiumi**

I requisiti degli habitat per le specie ittiche dei corsi d'acqua sono di diverso tipo. Per far sì che il fiume in questione possa mantenere in salute la molteplicità delle diverse specie, sono quindi fondamentali habitat con quantità sufficienti d'acqua, variegati e ben collegati tra loro. Per la riproduzione naturale delle trote di fiume sono ad esempio di importanza determinante i piccoli affluenti. Poiché questa specie si sviluppa nel greto, anche la permeabilità dello strato di greto diventa un elemento importante. A seconda dell'età e della taglia, i pesci cercano aree del fiume di tipo diverso. Mentre le piccole trote ad esempio preferiscono aree a profondità bassa di scorrimento veloce con un substrato grossolano, quelle più grandi si trattengono per lo più nelle zone più profonde che forniscono loro una migliore possibilità di riparo. Specialmente in inverno i pesci di tutte le età cercano protezione dai pericoli riparandosi nel greto o nelle aree dei fiumi a lento scorrimento.

circa 12'500 si trovano in condizioni lontane da quelle naturali.

Interventi massicci sotto forma di rettifica dei fiumi, strutture di protezione delle rive, gli sbocchi degli scarichi o anche la rimozione della vegetazione dagli argini esercitano ancora oggi la loro influenza, anche se questi cambiamenti risalgono in parte a molti decenni fa. Gli effetti di tutto ciò sono evidenti negli habitat che sono diventati monotoni e mal collegati. I pesci necessitano, a seconda della specie, dell'età, della stagione e in parte addirittura del momento della giornata, di habitat molto variegati (vedi riquadro). Essi devono poter vagare liberamente per poter sfuggire alle condizioni avverse, alle piene o alle secche oppure per poter raggiungere le zone in cui poter deporre le uova o trovare nutrimento, ma anche per accedere dalle zone di cova in regioni del fiume a minore densità di pesci. Come sono i fiumi dal punto di vista dei pesci?

**Costruzioni:** nel Cantone di Berna ad esempio si registrano più di 13'600 barriere su di una lunghezza dei corsi d'acqua di 6'800 chilometri, cioè due ostacoli per ogni chilometro che sbarrano la strada ai pesci. I corsi d'acqua nel Cantone di Zurigo (lunghezza cartografata dei corsi

d'acqua 3'620 chilometri) presentano più di 38'900 barriere (10.7 per ogni chilometro). Quasi il 70% di tutte le barriere presenti sono artificiali. Nel Ticino sono il 44%, nell'Aare a valle del lago di Biel il 20% e nel Reno solo poco più del 19% del corso d'acqua può scorrere liberamente.

Le grosse differenze di profondità tra i corsi principali e gli affluenti rappresentano un altro problema: poiché la maggior parte dei corsi d'acqua principali sono stati rettificati e ristretti, la loro velocità di scorrimento aumenta, e di conseguenza il letto del fiume si erode e diventa sempre più profondo. In questo modo i piccoli affluenti si ritrovano a poco a poco divisi dal fiume principale cosicché i pesci non riescono più a risalire verso gli affluenti per poter depositare le loro uova. Diversi progetti della «Fischnetz» hanno dimostrato la grande importanza dei piccoli corsi d'acqua per i pesci giovani.

**Argini:** non è solo l'aspetto del letto del fiume stesso ad essere determinante per la buona salute dei pesci, ma anche le strutture che si frappongono tra l'acqua e il territorio hanno un ruolo importante. Argini troppo stretti o dotati interamente di strutture protettive comportano un impoverimento strutturale di questa importante zona ecologica, infatti i rami o le radici di piante che si trovano parzialmente immerse nell'acqua costituiscono posti privilegiati dove i pesci possono trovare riparo. Gli insetti e gli altri esseri viventi provenienti dalla riva che finiscono in acqua rappresentano inoltre un importante contributo al nutrimento dei pesci. Se le rive non sono sufficientemente variegate oppure se sono completamente costruite, mancherà di conseguenza la vita animale lungo gli argini dei fiumi. Diverse analisi hanno dimostrato che è possibile osservare un maggior numero di avannotti nei corsi

d'acqua lungo i quali le rive assumono diverse conformazioni naturali. Se mancano gli argini, le acque saranno meno protette dalle ingerenze dell'agricoltura.

**Sedimenti fini:** nei decenni passati l'erosione delle superfici sfruttate dall'agricoltura è aumentata. Le cosiddette sostanze in sospensione, polveri finissime che dai campi entrano nei fiumi, possono in teoria avere un'influenza negativa direttamente sui pesci (a causa delle alte concentrazioni di queste sostanze nell'acqua) oppure indirettamente (per sedimentazione sul fondo). I risultati della «Fischnetz» mostrano che un'influenza diretta delle sostanze in sospensione sulla salute dei pesci è da ritenersi improbabile. In determinate condizioni, tuttavia un aumento delle quantità di sedimento fine può però comportare anche un consolidamento del fondo del letto. Questa sedimentazione può disturbare sensibilmente la riproduzione e lo sviluppo delle uova che i pesci depongono nel greto: da una parte perché il fondo consolidato del corso d'acqua non è più adatto per la creazione di fregolatoi e dall'altra perché le uova, ricoperte dai sedimenti, non ricevono abbastanza acqua ricca di ossigeno e i prodotti del metabolismo non possono più essere rimossi, di conseguenza le uova muoiono. Questo potrebbe essere un ulteriore fattore di influenza sul calo della popolazione ittica, ma sono necessarie altre analisi per poterne essere certi.

Lo sfruttamento dell'energia idrica, che contribuisce per il 60% alla produzione di energia elettrica in Svizzera, non influisce negativamente sui pesci solo per effetto della costruzione di barriere. Quasi il 25% delle centrali idroelettriche di medie e di grandi dimensioni provocano oscillazioni del deflusso. Le centrali idroelettriche consumano in determinate ore del giorno molta acqua proveniente dai laghi artificiali mentre in altri momenti, in cui la



richiesta e quindi il prezzo di energia si riducono, l'acqua è ritenuta nei bacini idrici, per cui la portata e il livello dell'acqua cambiano velocemente nei corsi d'acqua. La portata d'acqua massima durante il funzionamento delle turbine viene chiamata «onda di piena», il livello d'acqua negli altri momenti invece viene definito «livello inferiore». Gli avannotti delle trote di fiume possono andare alla deriva per effetto della forte corrente durante la fase di onda di piena, e finire in secca nella fase di livello inferiore.

La fase di onda di piena determina nella maggior parte delle acque analizzate una diminuzione e una composizione diversa degli organismi che vivono nell'acqua, in stretta correlazione con le condizioni dell'habitat: più è monotona la condizione del corso d'acqua, più forti possono essere le ripercussioni della centrale elettrica.

Anche nel caso di alterazioni dell'habitat vi può essere un'interazione con un'altra possibile causa del calo della popolazione ittica, analizzata dalla «Fischnetz»: l'aumento della temperatura nelle regioni più basse dell'Altipiano centrale comporta un maggiore stress termico per le trote di fiume che amano le zone fredde, e quindi svantaggi nei confronti di altri pesci che preferiscono piuttosto le zone calde. L'aumento medio della temperatura negli ultimi 20 anni è stato di circa 1°C e in Svizzera ha avuto come conseguenza lo spostamento della zona preferita dalle trote di fiume verso altitudini maggiori da 100 a 200 m di altezza. Una migrazione verso tratti di fiume più idonei viene tuttavia resa più difficile, se non addirittura impossibile, dagli ostacoli naturali e artificiali. Questi effetti sono stati finora solamente ipotizzati in teoria, poiché mancano ancora opportune analisi scientifiche. Anche le cifre relative alla pesca permettono solo parzialmente di arrivare a conclusioni analoghe per effetto della semina di nuovi pesci effettuata in molte zone.

### ESEMPIO: LA THUR (CANTONI DI SAN GALLO, APPENZELLER INTERNO ED ESTERNO, TURGOVIA E ZURIGO)

La Thur è stata rettificata e fortemente delimitata dall'intervento dell'uomo. La naturale dinamica fluviale di questo corso d'acqua è stata quindi modificata e la sua struttura è divenuta monotona. Come conseguenza, molte specie ittiche, a diversi stadi di sviluppo, non riescono più a trovare un habitat idoneo per la loro sopravvivenza: quando la portata d'acqua è estrema con una conseguente maggiore velocità di scorrimento, i pesci non riescono a ritirarsi. Le costruzioni che rendono impraticabile l'attraversamento della parte superiore del corso della Thur impediscono oltretutto la migrazione della fauna ittica del fiume. Anche negli affluenti l'attraversabilità è in parte fortemente limitata. Inoltre i pesci spesso non riescono più a raggiungere i torrenti che sfociano nella Thur per due possibili motivi: o perché questi corsi d'acqua sono stati deviati e non sfociano più in questo fiume ma in un altro canale, oppure perché non è più possibile risalirli a causa del grande dislivello che si è venuto a creare tra il letto del fiume e i suoi affluenti. Negli anni passati si è cercato di rimediare in parte a queste carenze. Nel tratto rivitalizzato della Thur sono infatti ricomparse le nasi.

Anche se molte delle rive dei corsi d'acqua sono diventate meno variegata e più difficilmente percorribili da parte dei pesci a causa delle manipolazioni dell'uomo, questi cambiamenti da soli non sono sufficienti per spiegare il calo della popolazione ittica rispetto agli anni passati, perché in effetti, gli interventi più massicci sui corsi d'acqua sono avvenuti molto tempo prima. Negli ultimi 25 anni nell'Altipiano centrale ad esempio, non è stata quasi effettuata alcuna rettifica delle acque. Le ripercussioni di questi cambiamenti si possono osservare tuttavia solo con notevole ritardo. Dal momento che anche nelle acque con habitat in buone condizioni si registra una diminuzione del pescato e della densità dei pesci, vi devono necessariamente essere altri fattori che con la loro influenza hanno provocato una diminuzione dei pesci. È molto probabile che la scarsa qualità delle acque, in alcuni tratti dei corsi d'acqua dei fiumi, sia un fattore determinante del calo della densità della fauna acquatica.

### QUALITÀ DELL'ACQUA

Dal 1955 esiste in Svizzera una Legge sulla protezione delle acque. Da allora sono stati costruiti in tutto il Paese molti impianti di depurazione, che tengono lontana dai laghi e fiumi una parte considerevole delle sostanze nocive contenute nei liquidi di scarico. Tuttavia, nonostante tutti gli sforzi fatti, una parte dei prodotti chimici raggiunge ugualmente le acque per effetto delle inondazioni dei campi e delle strade e dagli impianti di depurazione dei liquidi di scarico. Poiché molte di queste sostanze non sono completamente biodegradabili, esse si ritrovano nell'acqua e nei sedimenti insieme ai prodotti già degradati. A tutto questo si aggiunge il contributo di sostanze di origine naturale che si trovano ancora in quantità elevate soprattutto nei corsi d'acqua minori (ad esempio i fosfati provenienti dal drenaggio delle zone abitate). Da ciò risulta un deterioramento delle acque da parte di centinaia di sostanze, delle quali solo una minima parte è stata identificata dal punto di vista chimico o analizzata dal punto di vista tossicologico. Le sostanze tossiche che influiscono negativamente su un ecosistema possono nuocere seriamente anche alla salute dell'uomo. Nel complesso i danni dovuti ai prodotti chimici negli ultimi 30 anni

sono diminuiti in modo considerevole. I picchi di concentrazione delle sostanze tossiche e le sostanze non ancora identificate, di cui non si conoscono ancora i possibili effetti, rappresentano tuttavia un rischio per l'ecosistema. Sulla densità della popolazione ittica influiscono secondo le analisi della «Fischnetz» tre principali gruppi di sostanze: i legami di azoto, i pesticidi e le sostanze che influiscono sul sistema ormonale.

**Legami di azoto:** in conformità all'Ordinanza sulla protezione delle acque, la qualità dell'acqua dev'essere tale per cui la concentrazione di nitrito e ammonio non deve pregiudicare la riproduzione e lo sviluppo degli organismi sensibili. In molti corsi d'acqua dell'Altipiano centrale questa concentrazione rimane però sempre ancora troppo alta e non soddisfa i requisiti relativi alla qualità dell'acqua imposti dal Decreto. In particolare a valle degli impianti di depurazione dei liquidi di scarico è spesso riconoscibile un aumento della concentrazione dei nitriti che determina un peggioramento della qualità dell'acqua. Questi requisiti vengono soddisfatti in pratica solo nella parte superiore dei corsi d'acqua e nei tratti di fiumi direttamente provenienti dai laghi.

**Pesticidi:** la quantità di pesticidi impiegati è diminuita tra il 1988 e il 2000 quasi del 40%. In particolare è calato il consumo degli insetticidi e degli erbicidi. Tuttavia per quanto il loro utilizzo sia diminuito, l'efficacia di questi prodotti è invece aumentata grazie al loro continuo sviluppo. I pesticidi possono inquinare le acque superficiali danneggiando gli animali che costituiscono il nutrimento dei pesci oppure nuocendo direttamente ai pesci stessi. I pesticidi entrano nelle acque superficiali sotto forma di immissione diffusa sia nel caso che vengano utilizzati in maniera impropria, ma anche, per quanto in misura minore, attraverso gli impianti di depurazione.

In particolare, il rischio di maggiori concentrazioni nelle acque di queste sostanze tossiche aumenta durante l'utilizzo dei pesticidi sui campi e in caso di forti piogge. L'EAWAG e i Cantoni effettuano regolarmente da alcuni anni analisi sui pesticidi che si trovano nei corsi d'acqua e negli sbocchi degli impianti di depurazione dei liquidi di scarico. Nelle acque prealpine queste sostanze sono

## ESEMPIO: PRODOTTI DI DEGRADAZIONE DELLE SOSTANZE ATTIVE PRESENTI NEI DETERSIVI E NEI DETERGENTI

Prima dell'entrata in vigore dell'Ordinanza sulle sostanze pericolose per l'ambiente nel 1986 sono state impiegate in Svizzera circa 5'000 tonnellate all'anno di tensioattivi non ionici del tipo nonilfenolo polietossilato. Queste sostanze, attive nei detersivi e nei detergenti, vengono smaltite dai batteri durante la depurazione delle acque ed è proprio in seguito a questo processo che si formano i prodotti tossici di scarto. Nello specifico, il nonilfenolo è considerato una sostanza particolarmente critica per l'inquinamento dell'ambiente a causa della sua tossicità relativamente alta e la sua attività estrogenica. Dalla valutazione del rischio del nonilfenolo effettuata dall'Unione Europea è risultato che le concentrazioni che superano la soglia dello 0.33 µg/l devono essere considerate critiche. L'EAWAG ha analizzato in maniera approfondita le quantità di nonilfenolo presenti nei liquidi di scarico, nei fanghi di depurazione e nelle acque in Svizzera già nei primi anni '80. In particolare, nei fiumi maggiormente inquinati dai liquidi di scarico sono state rilevate concentrazioni fino a cento volte superiori alla soglia critica. In seguito sono stati adottati diversi provvedimenti per ridurre l'impiego dei tensioattivi a base di nonilfenolo polietossilato. Oggi circa 500 tonnellate all'anno di questo gruppo di sostanze vengono impiegate in Svizzera, soprattutto nei detergenti industriali. Le concentrazioni attualmente rilevate di nonilfenolo nei fiumi svizzeri sono nella maggior parte inferiori allo 0.33µg/l: tra il 1997 e il 2001 questo valore è stato superato solo in 18 campioni su 220, mentre nei rilevamenti effettuati negli anni '80, i campioni che superavano il valore critico erano 164 su 220.

Prima di tutto le buone notizie: il deterioramento dovuto ai prodotti chimici è diminuito sensibilmente negli ultimi 30 anni. Gli impianti di depurazione tengono lontano da laghi e fiumi gran parte delle sostanze nocive. Ma i picchi di concentrazione, i legami chimici sconosciuti e la mancanza di conoscenze sugli effetti dell'interazione tra le sostanze rappresentano tuttavia un rischio per i pesci. Nel mirino dei ricercatori vi sono soprattutto tre gruppi di sostanze: i legami di azoto, i pesticidi e gli ormoni. E mentre si riscontrano evidenti miglioramenti nell'agricoltura, nelle attività professionali e nell'industria, cresce il consumo di prodotti chimici per uso domestico.

state trovate in misura minima, mentre nelle acque del Giura e dell'Altipiano centrale è stata rilevata la regolare presenza di pesticidi. Ad esempio, i risultati delle analisi condotte nelle acque del Cantone di Argovia nell'anno 2001, mostrano la presenza di 33 delle 76 sostanze tossiche sottoposte a verifiche di routine. Risultati simili sono stati resi noti dai Cantoni di Zurigo e di Vaud. Le analisi della «Fischnetz» a Venoge e ad Emme hanno confermato un aumento delle concentrazioni elevati dei pesticidi.

**Sostanze che influiscono sul sistema ormonale:** gli estrogeni ambientali agiscono direttamente o indirettamente sul sistema ormonale dei pesci e sono stati ritenuti responsabili di una serie di effetti sulla fauna acquatica, tra cui anche la formazione della vitellogenina, una proteina che costituisce il tuorlo non solo nei pesci di sesso femminile, ma anche in quelli di sesso maschile.

Numerosi progetti della «Fischnetz» dimostrano la presenza di estrogeni negli scarichi degli impianti di depurazione. In questo ambito sono stati identificati gli ormoni steroidei estrone, estradiolo, estriolo, l'ormone di origine sintetica etinilestradiolo (una sostanza presente nei contraccettivi ormonali) e i prodotti chimici industriali nonilfenolo, nonilfenolo mono- e nonilfenolo dietossilato. Il de-

terioramento delle acque svizzere dovuto agli ormoni steroidei viene in genere ridimensionato per mezzo di una sufficiente diluizione di queste sostanze nel canale di raccolta; tuttavia l'effetto dannoso di questi ormoni può comunque ripercuotersi sui pesci, soprattutto a valle degli impianti di depurazione o quando la diluizione è insufficiente.

Sorgenti puntiformi e immissioni diffuse: è difficile rilevare una correlazione diretta tra l'estensione dei danni dovuti ai prodotti chimici ed il calo della popolazione ittica. Sono noti sia esempi di acque fortemente deteriorate che non sono interessate dal calo del pescato, che esempi di acque meno deteriorate in cui invece è notevole la diminuzione del pescato.

Le popolazioni ittiche che risultano essere minacciate in base alle cifre relative alla densità misurata, si trovano soprattutto nelle acque dell'Altipiano centrale, deteriorate a causa di sorgenti puntiformi (impianti di depurazione) e immissioni diffuse (agricoltura). Ma anche nelle acque prealpine ed alpine in cui la qualità dell'acqua è decisamente migliore, si è potuto constatare un calo del pescato.

Nella zona delle immissioni degli impianti di depurazione molte acque sono ancora ben lontane dal raggiungimento delle condizioni necessarie per garantire la salvaguardia dell'ecosistema. Il tasso di sopravvivenza delle uova dei pesci a valle degli impianti di depurazione dei liquidi di scarico è tendenzialmente minore rispetto a quella delle uova che si trovano a monte degli impianti stessi. Gli effetti degli ormoni sui pesci a valle di alcuni impianti di depurazione sono soprattutto dovuti agli estrogeni naturali e sintetici. Le analisi effettuate dalla «Fischnetz» ed altri studi hanno mostrato che nel caso di forti precipitazioni nelle uscite degli impianti di depurazione

dei liquidi di scarico compaiono alte ed acute concentrazioni dei legami tossici di azoto come i nitriti e l'ammonio, nonché alte concentrazioni di pesticidi. Ciò dimostra che i provvedimenti intrapresi finora per la tutela dell'ambiente contro le immissioni nocive non hanno sempre raggiunto esiti positivi.

Tuttavia non sono solo le immissioni che arrivano alle acque per mezzo degli impianti di depurazione ad essere critiche: nelle zone agricole infatti, la contaminazione dei pesticidi può avvenire direttamente nelle acque, specialmente dopo che ha piovuto, mettendo in pericolo gli organismi che vivono nell'acqua. A ciò si aggiungano i prodotti chimici difficilmente biodegradabili nonché le sostanze poco note dal punto di vista chimico delle acque meteoriche, la cui immissione è altresì possibile lungo tutto il corso d'acqua.

Nonostante l'importanza di questi effetti non sia stata ancora completamente chiarita, è lecito presumere che tali fattori possano pregiudicare severamente la sopravvivenza dei pesci in alcuni tratti dei corsi d'acqua. A causa dei pochi dati relativi al deterioramento delle acque in Svizzera per effetto delle sostanze chimiche e dei loro effetti a lungo raggio, non è possibile valutare esattamente la pericolosità effettiva della maggior parte di queste sostanze.

Nei decenni passati le immissioni dei prodotti chimici agricoli ed industriali nell'ambiente sono diminuiti. I rifiuti riconosciuti dannosi sono stati sostituiti in parte da sostanze maggiormente compatibili con l'ambiente ed è stata migliorata la capacità di filtraggio degli impianti di depurazione. Tuttavia, a questi miglioramenti nell'agricoltura, nelle attività professionali e nell'industria si contrappone un pericoloso aumento del consumo di prodotti chimici (i cosiddetti «cocktail chimici») nell'uso domestico.

Ed ora immaginate se le linee di congiunzione in questa figura fossero fili di lana. Cosa succederebbe se si appendesse un peso su uno dei nodi? Esatto: tutto si metterebbe in movimento e si stabilizzerebbe su un nuovo equilibrio. In un modo simile, ma più complicato, agiscono i fattori che influenzano la vita dei pesci, analizzati dalla «Fischnetz»: se un fattore, ad esempio il peggioramento della qualità dell'acqua, si aggrava, si manifestano una serie di reazioni a catena. Questa complessità non deve però scoraggiarci. Con l'aiuto dei provvedimenti proposti dalla «Fischnetz» è possibile migliorare decisamente la situazione dei pesci.

## UNA QUESTIONE DI INTERAZIONI

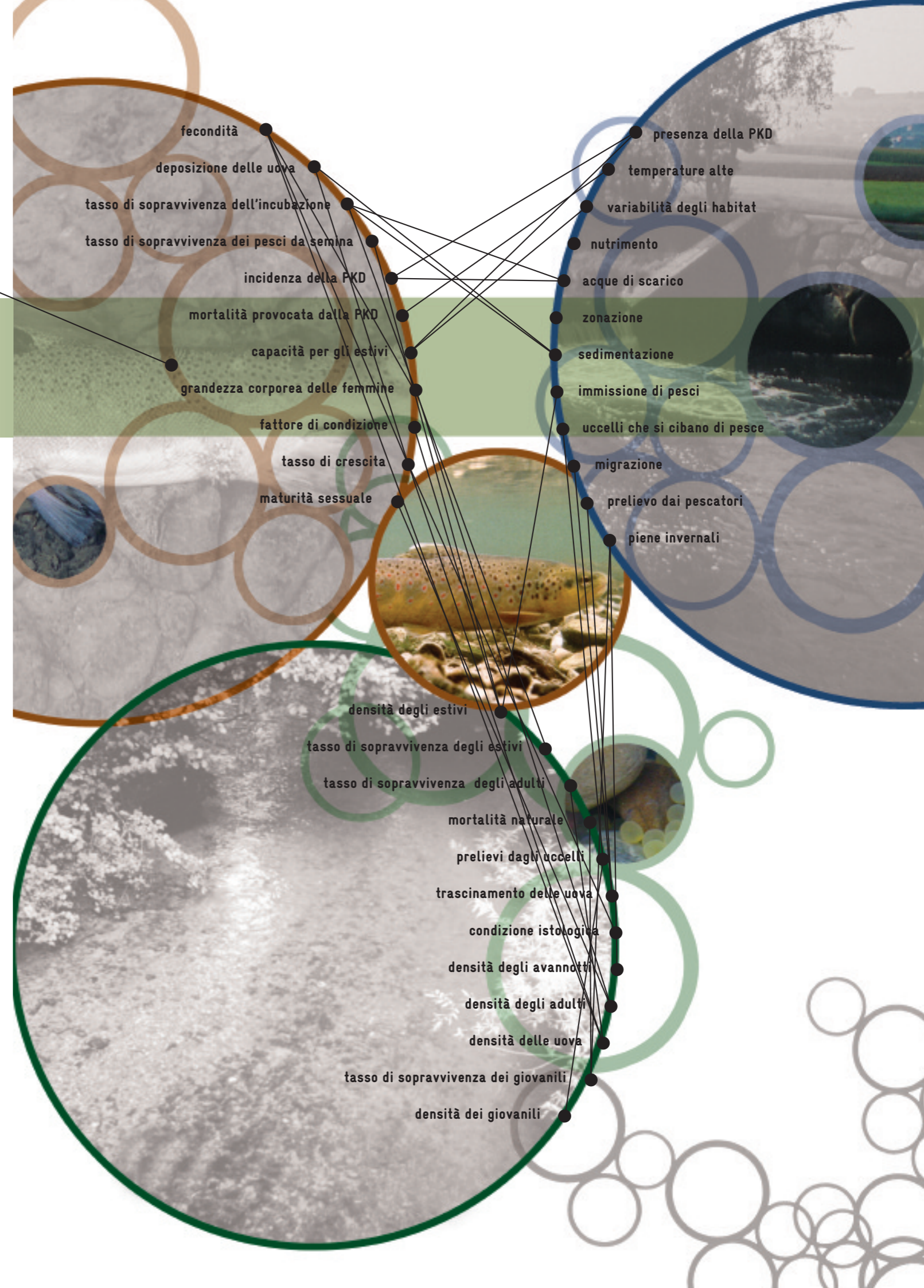
I risultati della «Fischnetz» mostrano che nessuno dei fattori analizzati preso singolarmente, può essere considerato l'unico responsabile della diminuzione del pescato nelle acque svizzere. Tuttavia, mentre alcuni fattori rivestono soprattutto un'importanza locale oppure regionale (ad esempio, gli uccelli che si cibano di pesce possono ridurre la densità ittica solo nei luoghi in cui sono presenti in grande quantità), altri fattori invece, come il peggioramento delle condizioni degli habitat naturali, riguardano le acque di tutto il territorio svizzero e sono stati indicati dalla «Fischnetz» come motivi determinanti del calo della popolazione ittica.

In questo contesto è necessario sottolineare quanto sia importante l'effetto dell'interazione dei vari fattori d'influenza: lo dimostra ad esempio la PKD; infatti, nelle acque dove sono presenti gli agenti patogeni della PKD, le trote di fiume riescono a sopravvivere al di sotto di una temperatura di 15°C. Se però la temperatura dell'acqua supera questa soglia, si manifesta la patologia. Se la salute dei pesci è già in parte compromessa dalla cattiva qualità delle acque, l'esplosione di questa malattia ha effetti ancora più catastrofici. Se le acque sono ben collegate, queste perdite possono essere compensate dalle migrazioni di pesci sani provenienti dalla parte superiore dei corsi d'acqua oppure dagli affluenti in cui non si è manifestata la PKD: ciò è quasi impossibile che avvenga invece in acque che presentano numerose strutture artificiali e che sono mal connesse lungo il corso del fiume ed ai propri affluenti. Allo stesso modo, diverse sostanze nocive combinate fra loro o con altri fattori possono causare danni alla salute dei pesci, anche se è stato dimostrato che le stesse sostanze o gli stessi fattori presi singolarmente non hanno avuto effetti negativi riconoscibili. Ciò sta a di-

mostrare che l'effetto dei «cocktail chimici» può essere più dannoso di quello della somma degli effetti delle singole sostanze. Inoltre nel caso di carenza di ossigeno oppure di un aumento della temperatura dell'acqua si osserva un aumento della sensibilizzazione nei confronti delle sostanze tossiche.

Molte delle alterazioni documentate dagli studi attuali sono la conseguenza di processi a lungo termine innescati dall'intervento umano, che si ripercuotono in maniera lenta e graduale sulla densità della fauna acquatica e sulla pesca. Ad esempio non è stato ancora possibile individuare quali siano le conseguenze della sedimentazione del fondo del letto dei corsi d'acqua per gli habitat dei pesci giovani. Gli scienziati dovranno quindi continuare ad effettuare ricerche in questo ambito.

Anche se non tutti gli aspetti del problema sono stati chiariti in maniera definitiva, dai risultati della «Fischnetz» si possono dedurre provvedimenti concreti per migliorare le condizioni di vita dei pesci. Le proposte della «Fischnetz» si rivolgono sia alle Autorità della Confederazione, dei Cantoni e dei Comuni, ma anche direttamente a chi gestisce le centrali elettriche, agli agricoltori e ai pescatori. Affinché questi provvedimenti siano efficaci tutti gli interessati dovranno dare il loro contributo.



## COSA POSSIAMO FARE?

Come si è visto i problemi connessi al calo della densità ittica sono molteplici. Esistono sì dei risultati concreti, ma anche molti nuovi aspetti da esaminare. In questa sede si riassumeranno i provvedimenti che possono migliorare in maniera evidente le condizioni di vita dei pesci nelle acque della Svizzera.

Nei capitoli precedenti è stato già detto: i fattori importanti di un ecosistema formano una fitta rete di rapporti interdipendenti e possono indebolirsi o rafforzarsi reciprocamente. I provvedimenti da assumere per ottenere un miglioramento effettivo di questa situazione hanno quindi senso soprattutto se sono in grado di influire positivamente e contemporaneamente sui diversi fattori. Al contrario, intraprendere un provvedimento per risolvere un problema, aggravandone un altro nel contempo, sarebbe completamente inefficace. In linea di massima si preferisce intervenire in ciascuna situazione con il minor numero possibile di provvedimenti. Nella maggior parte dei casi i provvedimenti devono essere adeguati alle varie condizioni locali. Purtroppo attualmente sembra non esistere alcuna terapia contro il manifestarsi della PKD, ma è possibile agire con delle misure preventive per evitare gli effetti negativi di questo importante fattore d'influenza.

Le soluzioni proposte hanno un'efficacia differente ed

intervengono su piani diversi. I provvedimenti che servono per intervenire alla radice del problema sono sicuramente molto efficaci, ma purtroppo sono molto difficili da mettere in pratica. Spesso sono necessari periodi lunghi, ad esempio per le modifiche di legge oppure per un divieto definitivo dell'utilizzo di determinate sostanze. Alcuni provvedimenti non intervengono sulla causa scatenante, ma solo sugli effetti del problema. Questi provvedimenti, come ad esempio la semina di nuovi pesci, possono migliorare la situazione a breve termine, tuttavia la loro efficacia sarà limitata fintanto che non vengono scoperte e possibilmente rimosse le cause effettive. Tale tipo di soluzioni possono rivelarsi utili solo se utilizzate in maniera transitoria cioè fino a quando le vere cause non vengono rimosse. Oltre ai singoli provvedimenti saranno citati anche coloro che sono interessati alle proposte, cioè le persone che detengono le competenze adatte per poter mettere in pratica tali provvedimenti.

### LA CORRETTA GESTIONE DELLE ACQUE

- Nessuna semina con pesci provenienti da acque contaminate dalla PKD in acque non contaminate o non esaminate per la presenza della PKD. Si dovrà inoltre rilevare regolarmente la diffusione della PKD. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni e l'Ufficio Federale di Veterinaria.
- Un'accurata pianificazione delle misure di semina che dovranno essere effettuate solamente con avannotti nati da uova provenienti dallo stesso bacino imbrifero. Prima della semina si dovrebbe chiarire se è già presente o meno nelle acque un numero sufficiente di

pesci selvatici. L'obiettivo è quello di non turbare inutilmente la riproduzione naturale con la presenza di pesci da semina. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni e le Organizzazioni della pesca.

- Regolamentazione delle attività di pesca in funzione del rispetto dell'attuale densità ittica e in base alla diversità dei vari corsi d'acqua per avere una coltivazione che duri nel tempo. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni e le Organizzazioni della pesca.
- Messa in pratica delle nuove direttive sulla gestione della FSP per l'incremento della densità della popolazione ittica. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni e le Organizzazioni della pesca.

### VARIETÀ DEGLI HABITAT

- Provvedimento principale: Ripristinare il collegamento lungo tutto il corso d'acqua e quello con i suoi affluenti, per creare nuovi habitat protetti, propizi alla deposizione delle uova e/o al ritiro dei pesci durante la fase di riproduzione e per permettere la libertà di movimento e favorire la varietà genetica. In questo modo si garantisce inoltre il naturale trasporto dei detriti alluvionali e si contrasta l'erosione del fondo. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni, i Comuni, l'UFAFP e l'Ufficio Federale di Idrogeologia (BWG).
- Secondo provvedimento: aumento della molteplicità strutturale dei corsi d'acqua che sono già connessi a loro interno e ai loro affluenti. Obiettivo: creare un maggior numero di habitat naturali ad alto valore biologico per le diverse specie ittiche e le loro esigenze in funzione dei vari stadi di sviluppo. Si aspira ad esempio a creare un ricambio equilibrato tra i tratti a scorri-

mento lento e quelli a scorrimento veloce e preservare tutti i possibili rifugi naturali dei pesci presenti nelle acque come ad esempio, i pezzi di legno morto. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni, i Comuni, l'UFAFP, l'Ufficio Federale di Idrogeologia.

- Ripristino della zona delle rive come elemento strutturale. Per effetto di ciò si ottiene anche un miglioramento della qualità del nutrimento. Rive ben strutturate ostacolano maggiormente le immissioni di sedimenti fini ed in particolare anche delle sostanze provenienti dall'agricoltura (ad esempio pesticidi e liquami). La vegetazione con le sue fronde ripara le acque proteggendole così dal riscaldamento del sole. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni, i Comuni, l'UFAFP, l'Ufficio Federale delle acque e della geologia (UFAEG), gli agricoltori ed i proprietari di terreni confinanti con i corsi d'acqua.
- Miglioramento della portata d'acqua. L'obiettivo di questo provvedimento è favorire il trasporto dei detriti alluvionali e la ritenzione dell'acqua, insieme al controllo degli effetti negativi causati dalle centrali idroelettriche (quantità residue d'acqua insufficienti, fasi di onda di piena e di livello inferiore, lavaggio delle zone di accumulo). Questi obiettivi possono essere raggiunti grazie ad una gestione ottimale del prelievo e della restituzione dell'acqua, ad una ottimizzazione delle riserve, ad una riduzione della compattezza del terreno e ad una rivitalizzazione dei tratti con frequenti piene invernali. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni, i Comuni, i Consorzi agrari, i gestori delle centrali idroelettriche.

## ACQUA PULITA

L'obiettivo è garantire la buona qualità delle acque superficiali, in modo tale che la sopravvivenza dei pesci e degli altri organismi non venga minacciata e che non si abbiano ripercussioni negative a medio e a lungo termine sul loro stato di salute generale. «Fischnetz» raccomanda le seguenti misure:

- **Provvedimento principale:** definizione e rispetto degli standard di qualità ambientale per tutte quelle sostanze che possono pregiudicare in modo rilevante l'ecosistema e i pesci. Si dovrà evitare che le immissioni di sostanze nocive superino quelle determinate concentrazioni che sono state riconosciute pericolose (principio precauzionale). Gli interessati a questo provvedimento sono: le Autorità federali svizzere.
- **Migliore monitoraggio e conseguente realizzazione della Legge sulla protezione delle acque nelle zone agricole con una quota di coltivazione superiore al 10%, per limitare il deterioramento dell'acqua dovuto ai pesticidi e alle altre sostanze tossiche.** Si dovrà cercare di promuovere una maggiore conversione all'agricoltura biologica. La verifica e l'eventuale ottimizzazione dei sistemi agricoli di drenaggio e la posa di sponde sugli argini aiutano a diminuire il rischio di inondazioni e le immissioni di sostanze nocive ad esse connesse. Inoltre si dovrà controllare l'attuazione e il rispetto dei provvedimenti in ambito agricolo (ad esempio per lo smaltimento corretto dei residui). Gli interessati a questo provvedimento sono: la Federazione, le Autorità cantonali e locali, i Consorzi per lo smaltimento delle acque reflue, i Consorzi agrari, gli Istituti agrari.
- **Sostituzione delle sostanze difficilmente degradabili con sostanze completamente biodegradabili, soprattutto nel caso dei prodotti chimici di largo consumo,**

utilizzati nei prodotti per la pulizia domestica, come i detersivi, i detersivi oppure i cosmetici. Gli interessati a questo provvedimento sono: i produttori e rivenditori dei prodotti sopraccitati, i consumatori.

- **Ottimizzazione, eventualmente risanamento degli impianti problematici di depurazione delle acque di scarico e diminuzione delle ripercussioni sui canali di raccolta.** Gli interessati a questo provvedimento sono: i gestori degli impianti di depurazione dei liquidi di scarico, i Consorzi degli impianti di depurazione dei liquidi di scarico, i Cantoni.

## DATI MIGLIORI

Non si è riusciti a verificare in maniera soddisfacente alcune delle ipotesi formulate per spiegare il calo della popolazione ittica, per la mancanza dei relativi dati. Si dovrebbero rilevare sistematicamente i seguenti dati:

- **Pesca e intensità di pesca.** Si dovrebbero riunire le statistiche effettuate dai Cantoni, in modo da poter confrontare i dati tra loro. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni, le Organizzazioni della pesca, l'UFARP.
- **Densità ittica.** Mancano dati relativi a tutto il territorio riguardanti la densità, l'età, la taglia, il peso, le specie ittiche, le alterazioni organiche e l'epidemia di PKD nelle singole acque. Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni, la Federazione.
- **Verifica delle condizioni biologiche e chimiche delle acque (inclusa la compressione del fondo del letto) nonché la valutazione del rischio dovuto a sostanze**

particolarmente nocive, come ad esempio i pesticidi, gli estrogeni ambientali e così via.

Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni.

- **Determinazione delle condizioni ecomorfologiche dei corsi d'acqua secondo il sistema modulare graduato.** In questo modo è possibile analizzare la situazione attuale e dimostrare la necessità di eventuali interventi in base alle direttive della Legge sulla protezione delle acque. Inoltre si dovrebbero ordinare i provvedimenti da prendere a seconda della loro importanza. Documentazione e comunicazione dei risultati nel momento in cui un corso d'acqua viene riportato nuovamente alle condizioni originarie.

Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni.

- **Controllo dei risultati positivi di tutti i provvedimenti effettuati per mezzo di una documentazione accurata dei valori più importanti, come ad esempio la condizione delle acque, la qualità dell'acqua, la densità ittica e del pescato.**

Gli interessati a questo provvedimento sono: i Cantoni.

## SAPERNE DI PIÙ

Saranno necessarie ulteriori analisi scientifiche per quanto riguarda le questioni basilari riguardanti la biologia ittica, in particolare la salute, la genetica, la riproduzione e le varie implicazioni ecologiche. Ciò è principalmente compito degli Istituti di ricerca (ad esempio gli Istituti universitari e gli Istituti di Ricerca). «Fischnetz» ritiene importanti le seguenti analisi:

- **Prosecuzione delle analisi sugli effetti dei prodotti chimici sul sistema ormonale, immunitario e nervoso dei pesci. Che effetto hanno le basse concentrazioni di**

queste sostanze a lungo termine? Quali sono gli effetti dei miscugli di queste sostanze e quelli delle loro concentrazioni variabili?

- **Indagini migliori sull'estensione, la diffusione e lo sviluppo cronologico delle malattie che colpiscono i pesci. In particolare sono necessarie analisi sulla PKD, per comprendere meglio il ruolo di questa patologia sulla diminuzione della popolazione ittica e sviluppare misure preventive adatte.**
- **Migliore documentazione e indagini sull'argomento «onda di piena-livello inferiore» e sulle relative ripercussioni sui pesci.**

## FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO

I provvedimenti consigliati possono essere pianificati e messi in pratica in modo adeguato solo se tutti gli interessati dispongono anche delle opportune conoscenze. È quindi importante quanto segue:

- **Formazione adeguata dei membri delle Autorità competenti per l'applicazione corretta delle varie metodologie di intervento (ad esempio misurazione della sedimentazione, rilievo dei dati sul pescato e sulla popolazione ittica, direttive relative alla semina).**
- **Formazione e sostegno dei responsabili dell'attuazione dei singoli provvedimenti (ad esempio esecuzione adeguata degli interventi regolati da norme giuridiche, pianificazione e realizzazione delle verifiche sui risultati positivi).**
- **Formazione dei pescatori sull'attuazione delle nuove direttive sulla gestione della FSP per l'incremento della densità ittica.**



Il terzo compito della «Fischnetz» è stato quello di proporre dei provvedimenti, dopo aver documentato i cambiamenti avvenuti nell'ambito della pesca, della densità ittica e della salute dei pesci, e dopo aver ricercato le cause del calo della popolazione ittica. Le proposte degli scienziati si basano su diversi elementi fondamentali e si rivolgono a persone con diverse responsabilità e competenze. I tempi di realizzazione ed i vari ostacoli da superare sono differenti nei singoli casi. Alcuni progetti di ricerca devono ancora essere conclusi. A questo il lavoro segue: il Progetto «Ottimizzazione del pescato e della qualità delle acque» che si dedicherà allo svolgimento di questi compiti nei prossimi tre anni. E l'«Ufficio di Consulenza in materia di pesca» (Fischereiberatung, FIBER), fondato di recente, assisterà tutti coloro che si interessano alle questioni relative ai pesci ed alle acque.

## PROSPETTIVE

Dopo la conclusione del progetto «Fischnetz» dovranno terminare anche diversi lavori di ricerca. La rete costruita dovrà essere ancorata e si dovranno diffondere i risultati raggiunti, ci si dovrà occupare della formazione di un archivio e seguire da vicino la realizzazione dei vari provvedimenti. Con il sostegno di tutte le Istituzioni partecipanti alla «Fischnetz» sono sorti nuovi Enti di assistenza che intraprenderanno questi compiti:

### a) Progetto «Ottimizzazione del pescato e della qualità delle acque»

Questo progetto triennale è finanziato da tutti i Cantoni, dal Liechtenstein e dall'EAWAG, ed ha il compito di coordinare i lavori di ricerca della «Fischnetz» che termineranno dopo il 2003, di garantire la comunicazione dei risultati a livello nazionale ed internazionale, di sostenere i Cantoni nella messa in pratica dei provvedimenti proposti e nella verifica dei risultati positivi ed infine, di garantire la trasmissione delle nuove conoscenze raggiunte all'«Ufficio di Consulenza in materia di pesca» (Fischereiberatung, FIBER).

### b) «Ufficio di consulenza in materia di pesca» (Fischereiberatung, FIBER)

L'EAWAG, l'UFAPF e la FSP hanno deciso di costituire e di finanziare insieme un «Ufficio di consulenza in materia di pesca» (Fischereiberatung, FIBER). Questo Ufficio darà maggior ascolto ai problemi ed alle richieste dei pescatori in materia di pesci e di acque.

**Colofon**

«Sulle tracce del calo della popolazione ittica»

**Citazione:**

Fischnetz (2004). Sulle tracce del calo della popolazione ittica. Relazione breve. EAWAG/UFAFP, Dübendorf, Berna.

**A cura di:**

Enti responsabili del Progetto «Fischnetz»:

Istituto Federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque (EAWAG)

Ufficio Federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP)

Principato del Liechtenstein (FL) e Cantoni di Argovia (AG), Appenzeller Interno (AI), Appenzeller Esterno (AR), Berna (BE), Basilea-Campagna (BL), Basilea-Città (BS), Friburgo (FR), Ginevra (GE), Glarona (GL), Grigioni (GR), Giura (JU), Lucerna (LU), Neuchâtel (NE), Nidvaldo (NW), Obvaldo (OW), San Gallo (SG), Sciaffusa (SH), Soletta (SO), Svitto (SZ), Turgovia (TG), Ticino (TI), Uri (UR), Vaud (VD), Vallese (VS), Zugo (ZG), Zurigo (ZH).

Società Svizzera delle Industrie Chimiche (SSIC)

Federazione Svizzera di pesca (FSP)

Centro Veterinario di Studi ittici e sulla fauna selvatica (FIWI), Università di Berna

Università di Basilea

© Progetto «Fischnetz», 2004

**Testo**

Claudia von See, Mannheim

**Redazione**

Ori Schipper, EAWAG e Università di Basilea; Marc Suter, EAWAG; Patricia Holm, EAWAG e Università di Basilea

**Illustrazioni**

Karin Seiler, Zurigo

usando delle Foto di: Daniel Habegger, Patricia Holm, Patrick Faller, Thomas Wahli, Matthias Escher, Eva Schager, impianti di depurazione dei liquidi di scarico di Surental

**Composizione e layout**

Bringolf Irion Vögeli, Zurigo

**Stampa**

Salvioni arti grafiche, Bellinzona

**Tiratura**

500 esemplari

**Direzione progetto**

Peter Dollenmeier, Ciba SC; Walter Giger, EAWAG; Herbert Güttinger, EAWAG; Patricia Holm, EAWAG;

Ueli Ochsenbein, GSA Berna; Armin Peter, EAWAG; Karin Scheurer, EAWAG; Heinz Renz;

Helmut Segner, Centro Veterinario di Studi ittici e sulla fauna selvatica (FIWI), Università di Berna;

Erich Staub, UFAFP; Marc Suter, EAWAG.

**Nota**

Questo opuscolo sarà anche pubblicato in Tedesco, Francese ed Inglese.

ISBN: 3-906484-31-9

È possibile ricevere gratuitamente il presente opuscolo presso:

Istituto Federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque (EAWAG), Postfach 611, CH-8600 Dübendorf, Tel. +41 (0)1 823 50 32, [www.fischnetz.ch](http://www.fischnetz.ch)

Ufficio Federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP), Documenti, CH-3003 Berna,

Fax +41 (0)31 324 02 16, [docu@buwal.admin.ch](mailto:docu@buwal.admin.ch), [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch)

versione tedesca DIV-9502-D; versione francese DIV-9502-F; versione italiana DIV-9502-I; versione inglese DIV-9502-E.

**Contatti**

Progetto «Ottimizzazione del pescato e della qualità delle acque»

Prof. Dr. Patricia Holm

Università di Basilea, Programma MGU Mensch Gesellschaft Umwelt

Socinstrasse 59, casella postale, 4002 Basilea, Tel. 061 271 57 70, Fax 061 271 58 10, [patricia.holm@unibas.ch](mailto:patricia.holm@unibas.ch)

«Ufficio di Consulenza in materia di pesca» (Fischereiberatung, FIBER)

Dr. Armin Peter

Istituto Federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque (EAWAG), Forschungszentrum für Limnologie

Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, Tel. 041 349 21 11, Fax 041 349 21 68, [armin.peter@eawag.ch](mailto:armin.peter@eawag.ch)