

# Il ripristino della connettività fluviale nelle aree protette

16 settembre 2024



## **I PASSAGGI PER PESCI E LE TECNICHE PER MONITORARE LA CONNETTIVITÀ PER LA FAUNA ITTICA**



**Politecnico  
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria  
dell'Ambiente, del Territorio  
e delle Infrastrutture

**Claudio COMOGLIO**  
**Politecnico di Torino**

- **Prelievi idrici** (dighe, traverse, sbarramenti precari,..)
- **Opere di sistemazione idraulica** (briglie, soglie,..)
- **Attraversamenti fluviali** (soglie a valle di ponti,..)

## Frammentazione della continuità del corso d'acqua

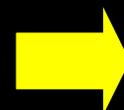
WFD Dir.CE 2000/60

**Ostacolo alle migrazioni delle specie ittiche**

(trofiche, riproduttive, svernamento)

**La struttura è ancora indispensabile?**

SI NO



**DAM REMOVAL**

**Misura mitigativa:**

**Passaggio per pesci**

+ continuità idraulica tratto valle: **e-flows**

## REGIO DECRETO N.1604 DELL'8 OTTOBRE 1931 T.U. DELLE LEGGI SULLA PESCA - ART. 10

**“Nelle concessioni di derivazione d’acqua debbono prescriversi le opere necessarie nell’interesse dell’industria della pesca (scale di monta, piani inclinati, graticci all’imbocco dei canali di presa).....**

**Con le stesse modalità possono anche essere ordinate modificazioni in opere preesistenti e, qualora la costruzione di opere speciali per la pesca non sia possibile, potranno prescriversi al concessionario immissioni annuali di avannotti a sue spese”.**

**SCOPO: ATTRARRE IN UNO SPECIFICO PUNTO DEL CORSO D'ACQUA IN PROSSIMITÀ DI UNO SBARRAMENTO I PESCI CHE INTENDONO COMPIERE UNO SPOSTAMENTO, IN MODO DA FARLI ACCEDERE ALL'INTERNO DI UN DISPOSITIVO CHE CONSENTA LORO DI SUPERARE L'OSTACOLO SENZA STRESS, DANNI O RITARDO RISPETTO AI TEMPI BIOLOGICI DI MIGRAZIONE, AFFINCHÈ POSSANO PROSEGUIRE INDISTURBATI NEL LORO PERCORSO** (Larinier, 2002)

**WFD: «migrazione indisturbata degli organismi acquatici»**

Migrazioni/spostamenti: riproduttivi, trofici, svernamento..

**FONDAMENTALE: APPROCCIO SITO-SPECIFICO E  
MULTIDISCIPLINARE - INGEGNERIA ED IDROBIOLOGIA  
ECOHYDRAULICS**

## ELEMENTI BASE PER LA PROGETTAZIONE:

- ✓ SPECIE, PERIODI MIGRATORI E CAPACITÀ NATATORIE
- ✓ PORTATE/LIVELLI + CONDIZIONI IDRODINAMICHE LOCALI
- ✓ ATTRATTIVITÀ DEL PASSAGGIO: LOCALIZZAZIONE, Q
- ✓ SCELTA TIPOLOGICA
- ✓ CORRETTO DIMENSIONAMENTO

# CONOSCENZE BIOLOGICHE: SPECIE E PERIODI

“specie”: identificare le specie presenti (o potenzialmente presenti) e le relative esigenze di spostamento (**periodi, direzione, capacità natatorie**)

“**bottlenecks**”: dimensioni massime esemplari, specie con minori capacità natatorie, behavioural approach, etc. **da <5 a >200 cm**

“periodi migratori”: **Salmonidi: ott-dic; Ciprinidi: mar-mag**



Da [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org); [www.ittiofauna.org](http://www.ittiofauna.org)

**IL PASSAGGIO DEVE FUNZIONARE TUTTO L'ANNO ED ESSERE FRUIBILE DA TUTTE LE SPECIE CHE COMPIONO SPOSTAMENTI LUNGO IL CORSO D'ACQUA**



Variabile in fz. di specie, taglia, temperatura, periodo, etc.



Burst speed (< 20''; anaerobica)  
Cruising speed (> 200'; attività aerobica)

**$V_{max} \leq 1,5-2$  m/s e solo in sezioni critiche**



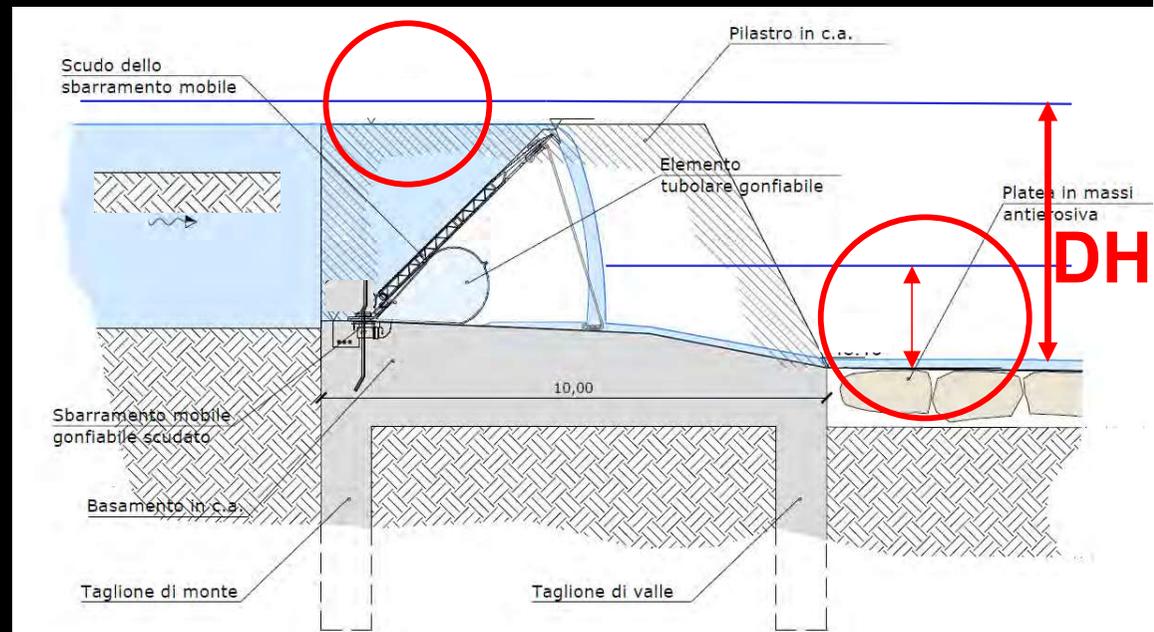
Requisito fondamentale: analizzare (nei diversi periodi) le condizioni idrauliche (**LIVELLI/PORTATE**) in corrispondenza dello sbarramento (monte e valle) e le condizioni operative della (eventuale) derivazione

- **Scenari distribuzione PORTATE:**  $Q_{\text{totale}}$ ,  $Q_{\text{derivate}}$ ,  $Q_{\text{sfiorate}}$ ,  $Q_{\text{rilasciate a valle}}$ , DMV, etc – ricostruzione su base mensile (min, max med) e su curva durata ( $Q_{10}$ ,  $Q_{365}$ , DMV)
- **RANGE DI FLUTTUAZIONE DEI LIVELLI MONTE-VALLE** nelle diverse condizioni

$H_{\text{monte max-min}}$ ,  $H_{\text{valle max-min}}$

**DH:**  $H_{\text{monte max}} - H_{\text{valle min}}$

Altri vincoli locali **sito-specifici**  
(spazio disponibile, interazione con infrastrutture, **condizioni idrodinamiche a valle**, etc.)



## ATTRATTIVITÀ PASSAGGIO = LOCALIZZAZIONE + PORTATA

**IL FILONE PRINCIPALE DI DEFLUSSO A VALLE DELLO SBARRAMENTO DEVE ATTRARRE L'ITTIOFAUNA VERSO L'IMBOCCO DEL PASSAGGIO**

Imbocco di valle: al piede dello sbarramento

Portata di “attrazione” minima = 1-5 % portata in alveo a valle dello sbarramento durante il periodo migratorio

**Ove applicabile  $DMV = Q$  passaggio**

Maggiore è la portata, maggiore è l'attrattività MA ANCHE il costo del passaggio

ev **divisa tra  $Q$  passaggio e  $Q$  ausiliaria**



## NATURALISTICI

Rampe in massi o canali by-pass che simulano rapide o torrenti; uso di materiali d'alveo; generalmente meno selettivi; costituiscono essi stessi habitat

## TECNICI

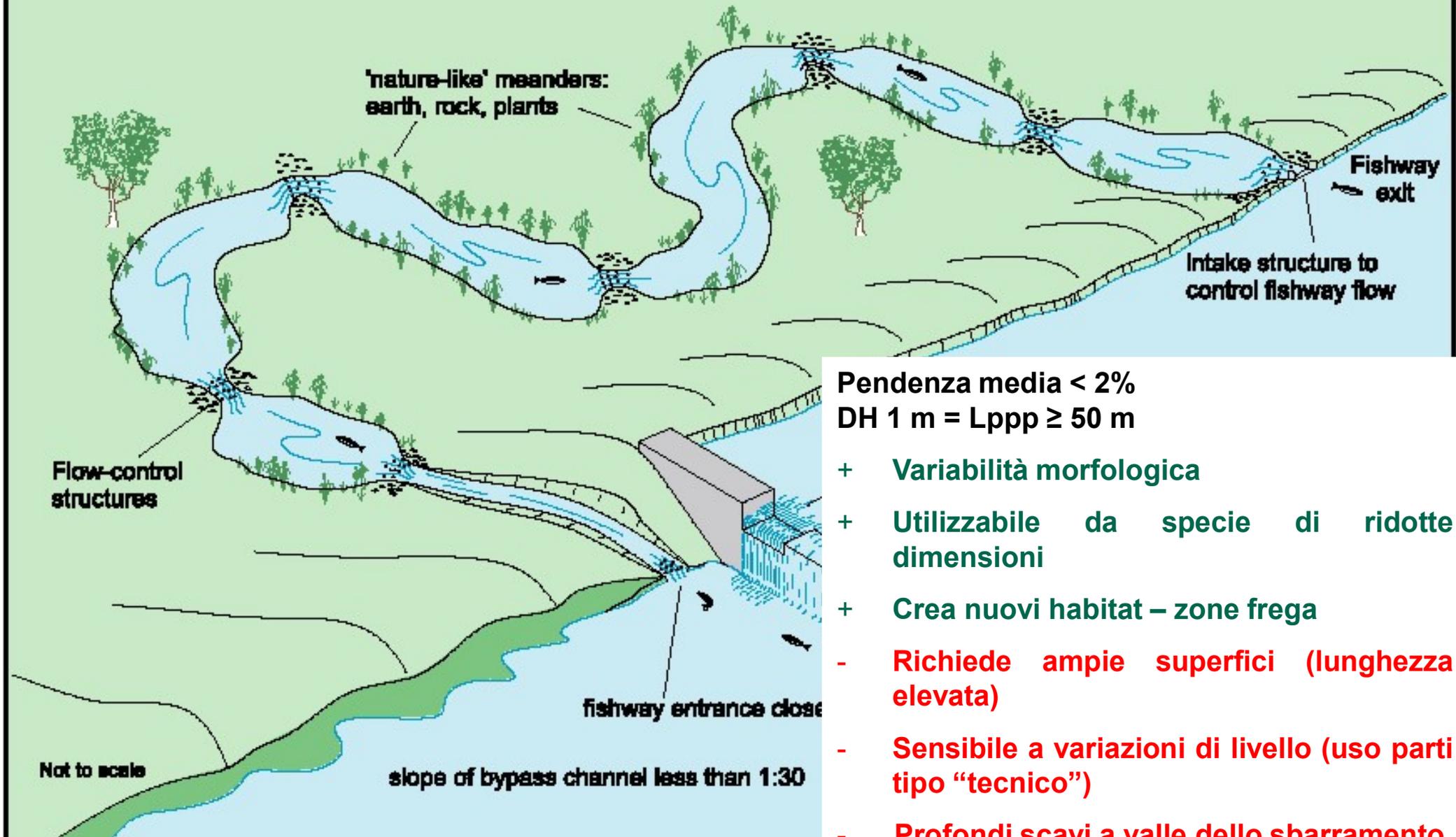
Bacini successivi, canali con elementi dissipativi, conche o ascensori; strutture in c.a.-metallo; ingombro limitato; più selettivi

**SCELTA TIPOLOGIA – ORDINE DI PRIORITÀ:**

- 1. CANALI BY-PASS**
- 2. VERTICAL SLOT**
- 3. ALTRE TIPOLOGIE**

NSW Fisheries, 2000

## Conceptual layout of a bypass fishway



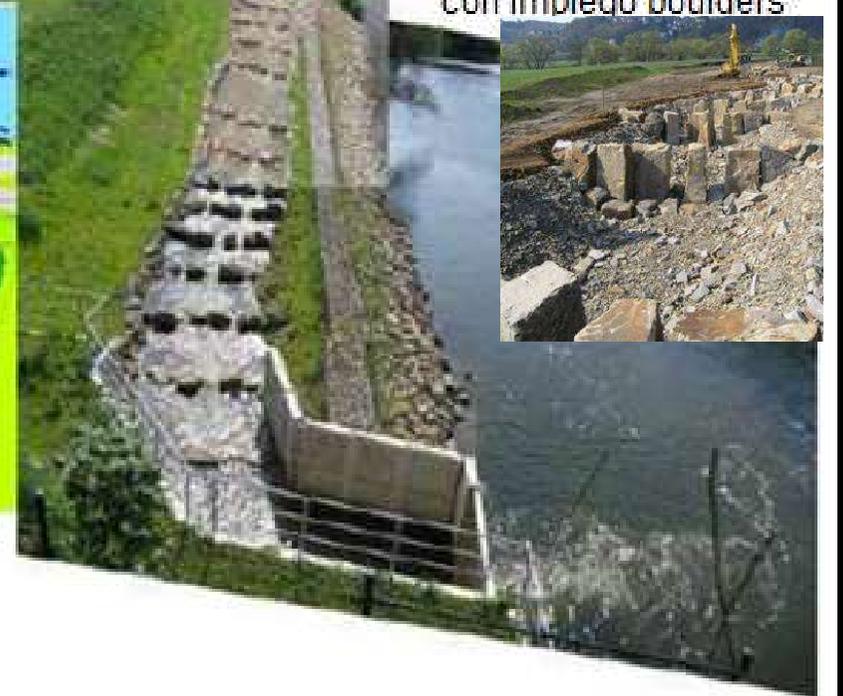
Pendenza media < 2%  
DH 1 m = Lppp ≥ 50 m

- + Variabilità morfologica
- + Utilizzabile da specie di ridotte dimensioni
- + Crea nuovi habitat – zone frega
- Richiede ampie superfici (lunghezza elevata)
- Sensibile a variazioni di livello (uso parti tipo “tecnico”)
- Profondi scavi a valle dello sbarramento

# CANALI BY-PASS



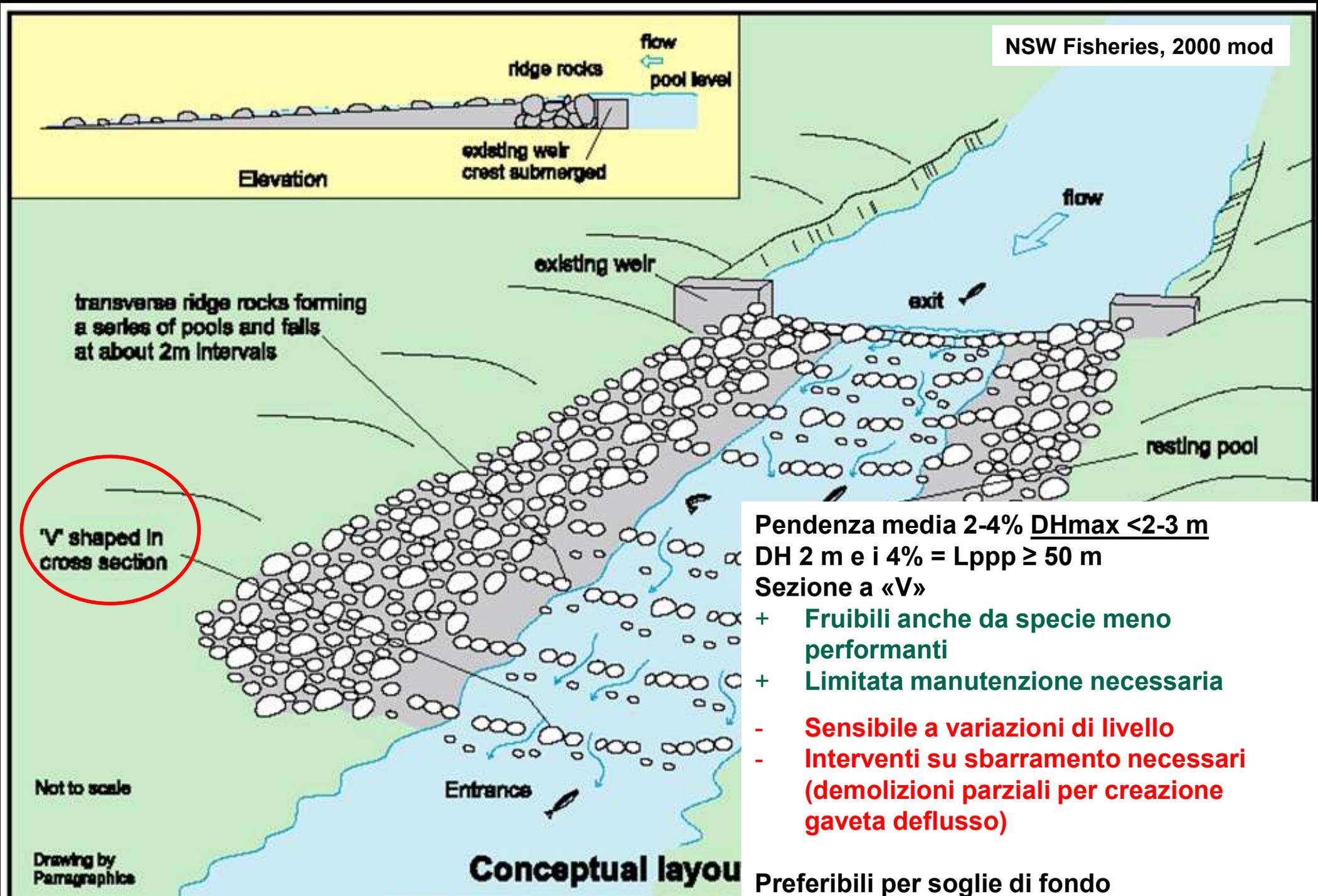
Sezioni idrauliche  
precise dimensionate  
con impiego boulders



Gebler, 2007

Harkort, Ruhr (D); L 370 m, DH 8,20 m,  $Q_{ppp} 1m^3/s$ ,  $Q_{centrale} 19-850 m^3/s$

# FISH RAMP



NSW Fisheries, 2000 mod

Pendenza media 2-4%  $DH_{max} < 2-3 \text{ m}$

DH 2 m e i 4% =  $L_{pp} \geq 50 \text{ m}$

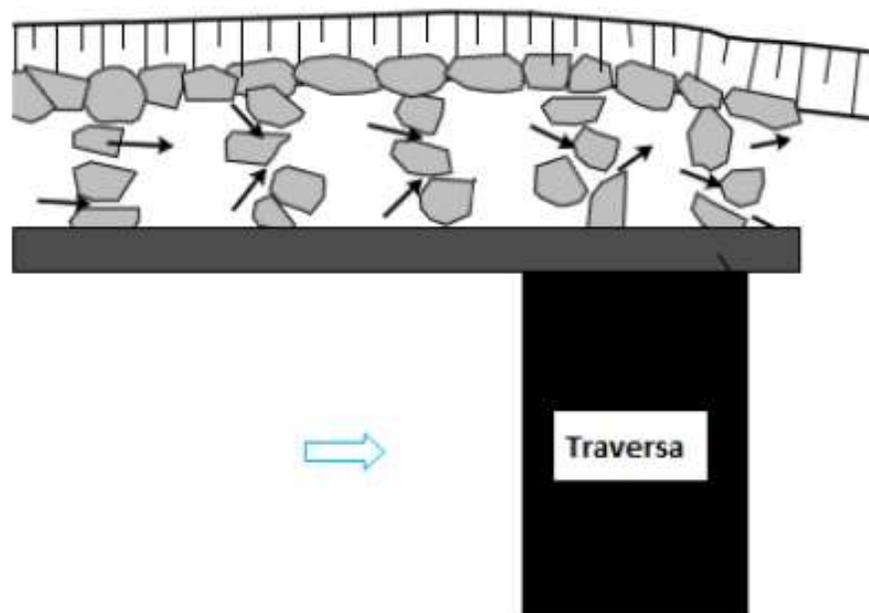
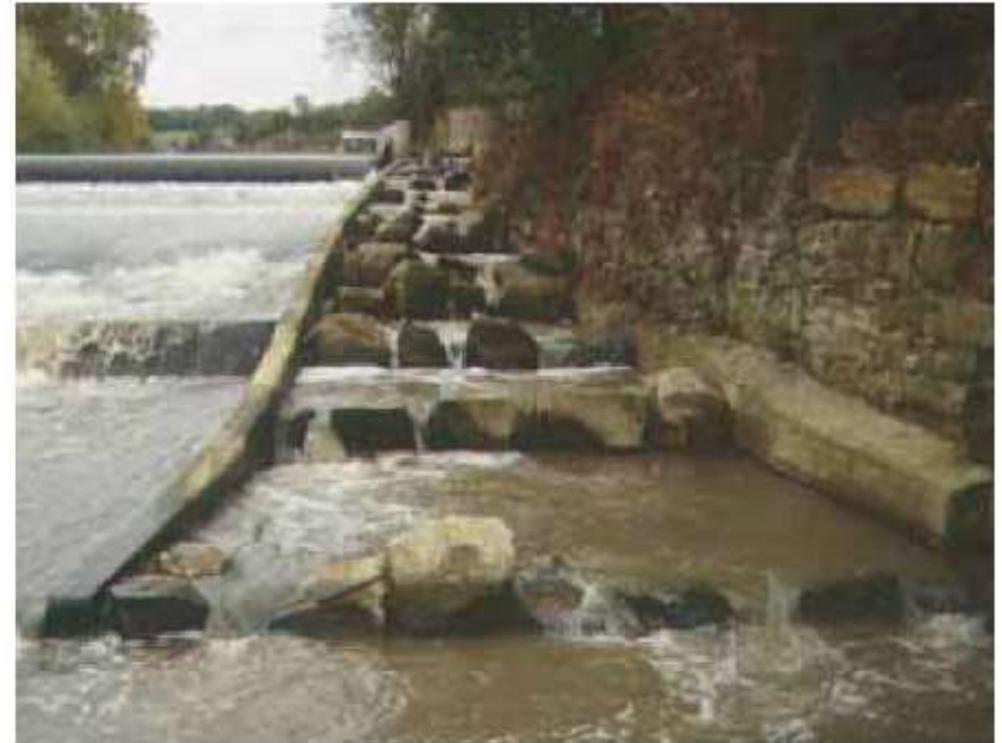
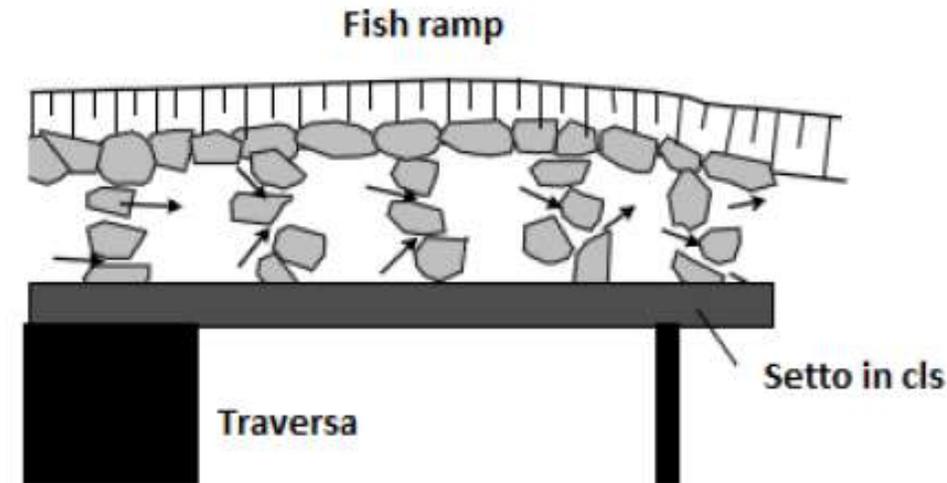
Sezione a «V»

- + Fruibili anche da specie meno performanti
- + Limitata manutenzione necessaria
- Sensibile a variazioni di livello
- Interventi su sbarramento necessari (demolizioni parziali per creazione gaveta deflusso)

Preferibili per soglie di fondo

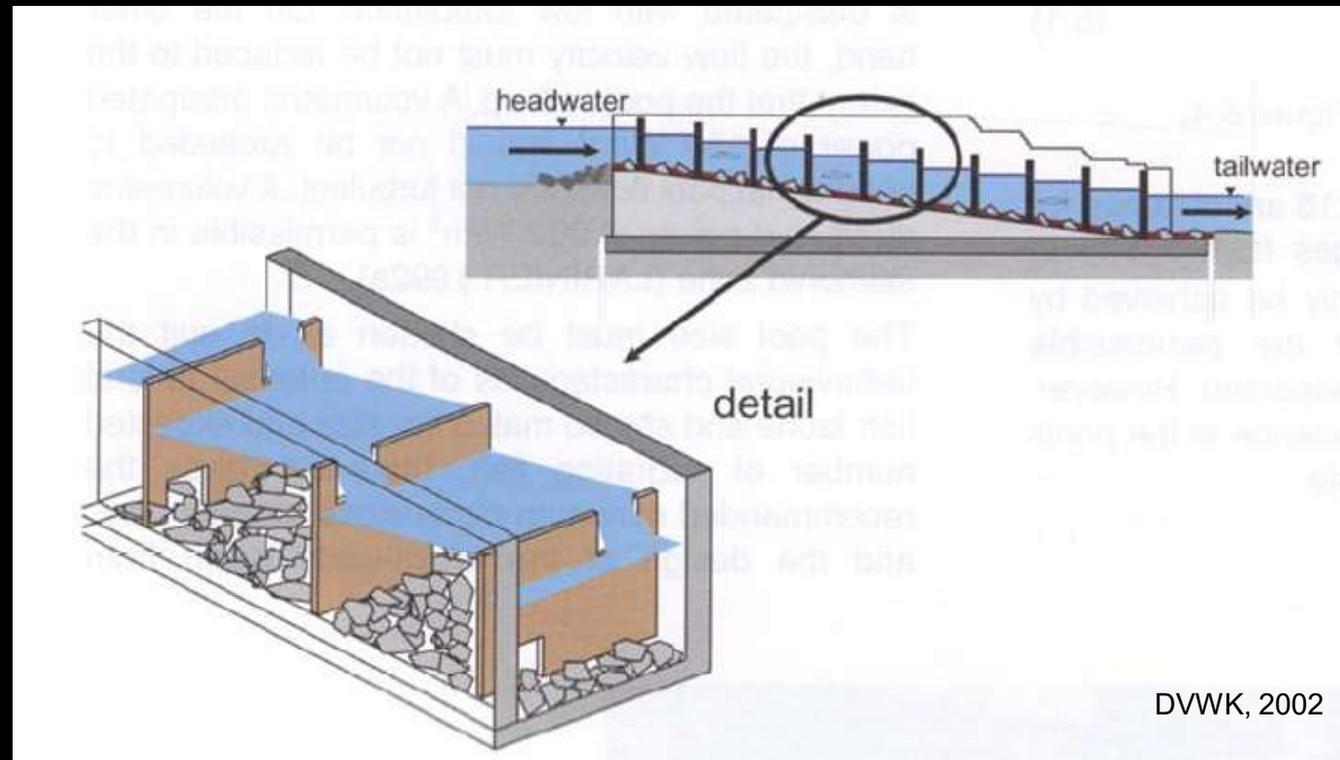
# FISH RAMP

## Partial width fish ramp



**Applicabile anche per derivazioni (Q controllabile)**

# BACINI SUCCESSIVI



**Il dislivello totale  $DH$  determinato dallo sbarramento è diviso in una serie di salti  $Dh$  di ridotta entità, seguiti da bacini**

**$Q$  attraverso fenditure, stramazzi ed orifici, a Vel e turbolenza controllate**

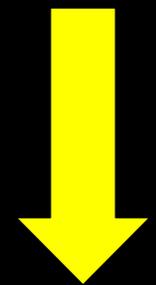
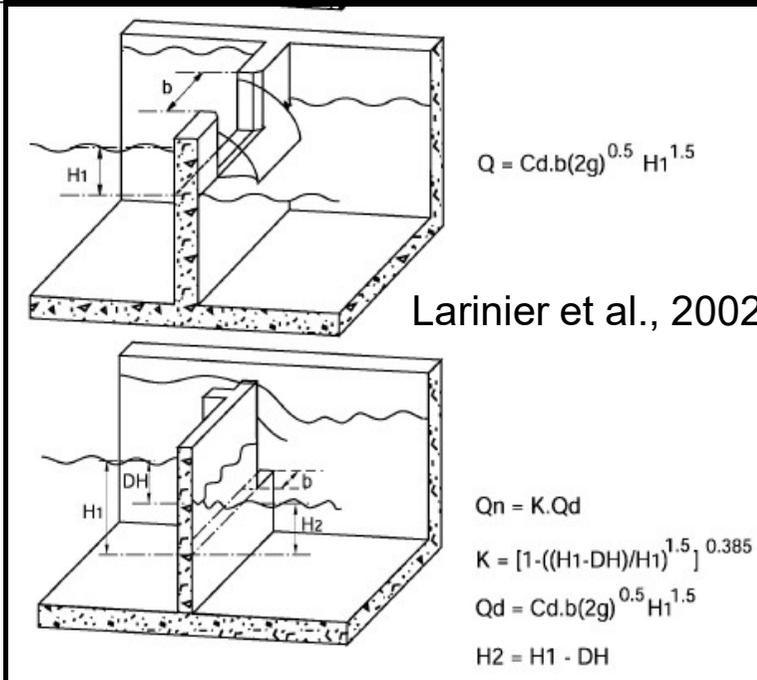
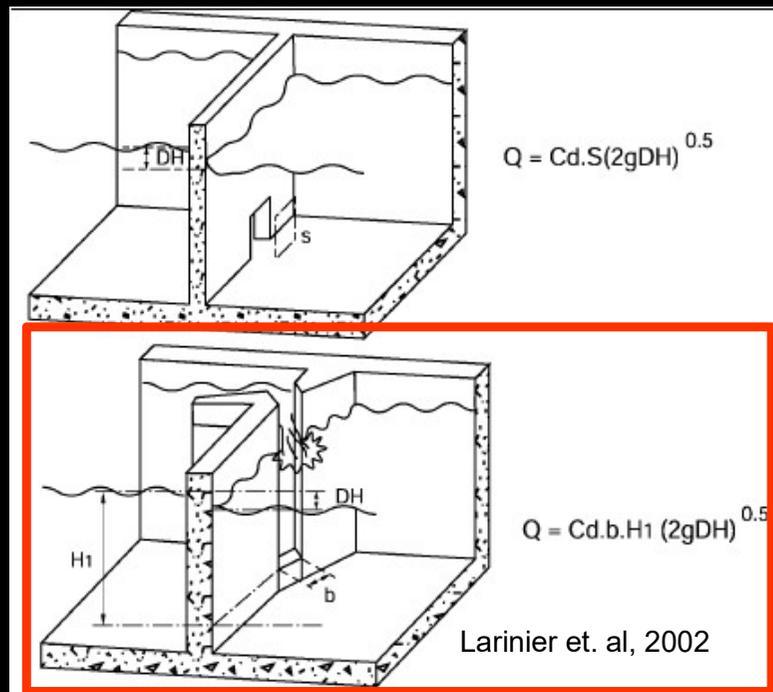
**Strutture compatte,  $i > 5\%$**

# BACINI SUCCESSIVI

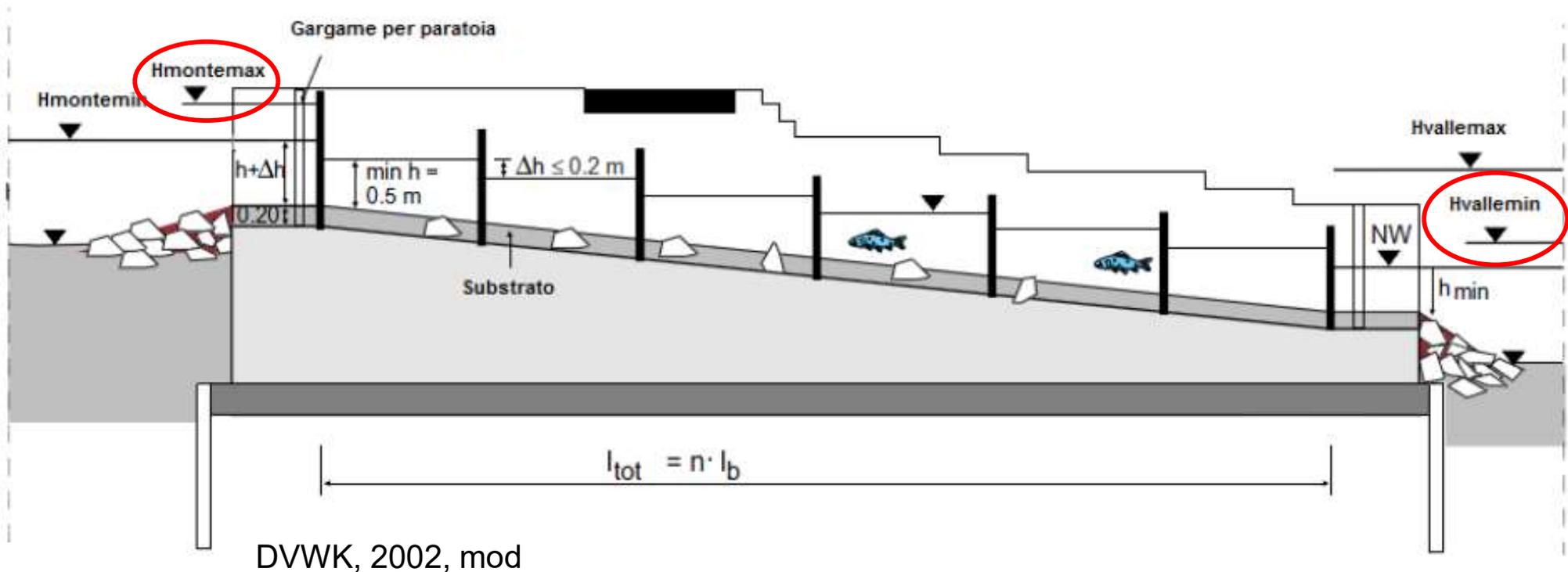
**Dh & Vmax:  $V=(2 \cdot g \cdot Dh)^{0,5}$  Dh ≤ 20cm!!**

**15cm=1,72m/s; 20cm=1,98m/s; 25cm=2,21m/s (> 2m/s!)**

**Correlare alle capacità natatorie delle specie in esame...**



**DEFLUSSO CONTINUO (STREAMING FLOW): EVITARE SEMPRE STRAMAZZI LIBERI AL DI SOPRA DEI SETTI TRA BACINI SUCCESSIVI (PLUNGING FLOW) - USARE FENDITURE VERTICALI (oscillazione livelli)**



- **Numero di bacini che copra l'intero DH progetto (Hmonte max-Hvalle min);  $n=(DH/Dh)-1$**   
Es.  $DH = 2\text{m}$ ,  $Dh = 15\text{ cm}$ ,  $n = 12$  bacini
- **Verificare funzionamento idraulico in tutte le condizioni intermedie nei diversi periodi migratori-condizioni operative della traversa**

## Valori consigliati Dh e Pv per diverse zone ittiche

ICPDR, 2013

### Fish region

	Height difference between pools $\Delta h$ [m]	Specific power density PD [W/m <sup>3</sup> ] $P=9810QDh/V$
upper trout	0.20	160
lower trout (without grayling)	0.18	140
lower trout (with grayling)	0.18	130
grayling	0.15	120
barbel	0.13 – 0.10	100
bream	0.08	80

**I.S. 0.25**

### Selected fish species

### Pool dimension [m]

### Slot dimension [m]

Selected fish species	Pool dimension [m]		Slot dimension [m]	Water depth $d_s$
	Length $L_p$	Width $W_p$	Sloth width $w_s$	
Brown trout	1.80 <sup>1)</sup>	1.35	0.15	0.50 <sup>3)</sup>
Grayling, European chub, roach	2.20 <sup>1)</sup>	1.65	0.20	0.50 <sup>3)</sup>
Barbel, zander, Northern pike, Danube salmon	3.00 <sup>2)</sup>	2.25	0.30	0.50 <sup>3)</sup>
Bream, carp	3.10 <sup>3)</sup>	2.33	0.38	0.48 + $h\Delta$ <sup>4)</sup>
sturgeon	9.00 <sup>2)</sup>	6.75	1.08	1.02 + $h\Delta$ <sup>4)</sup>

### Decisive factors

<sup>1)</sup> Energy dissipation ( $P_0$ )

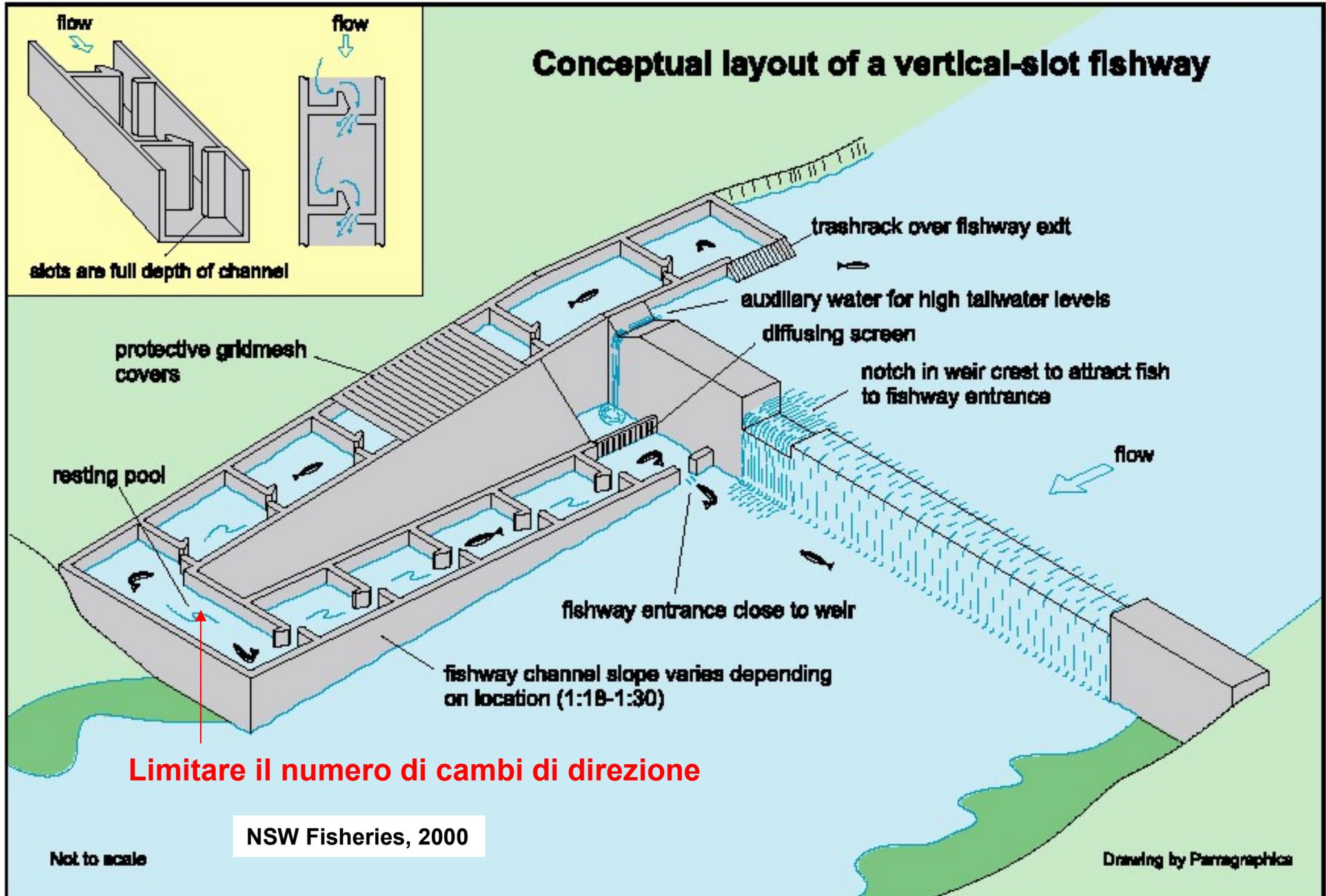
<sup>2)</sup> fish length ( $L_{fish}$ )

<sup>3)</sup> hydraulic conditions

<sup>4)</sup> fish height ( $H_{fish}$ )

# VERTICAL SLOT

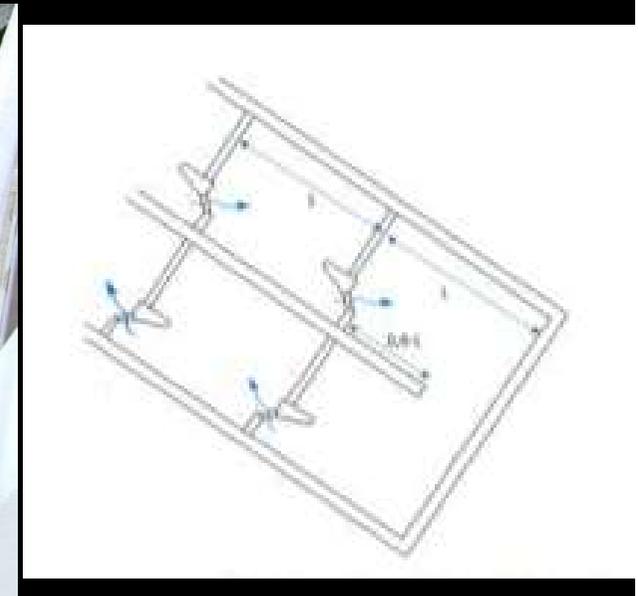
## Conceptual layout of a vertical-slot fishway



# VERTICAL SLOT

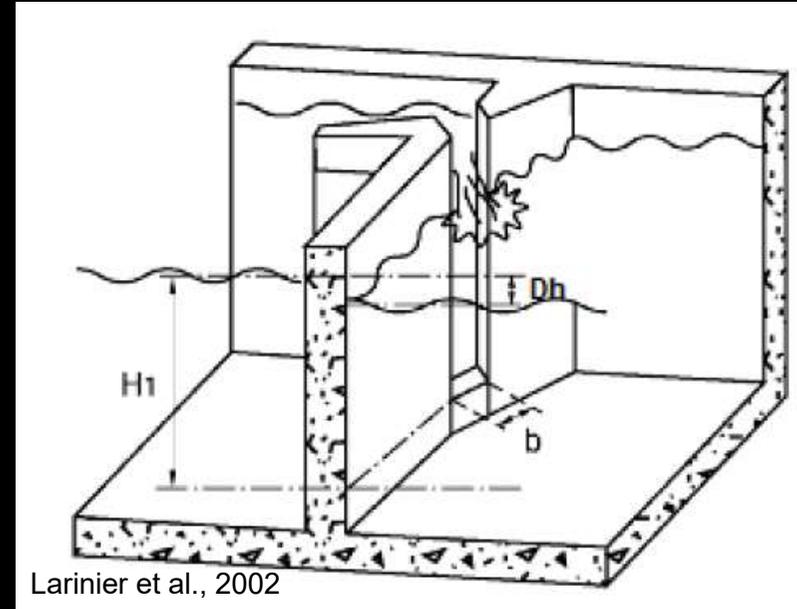
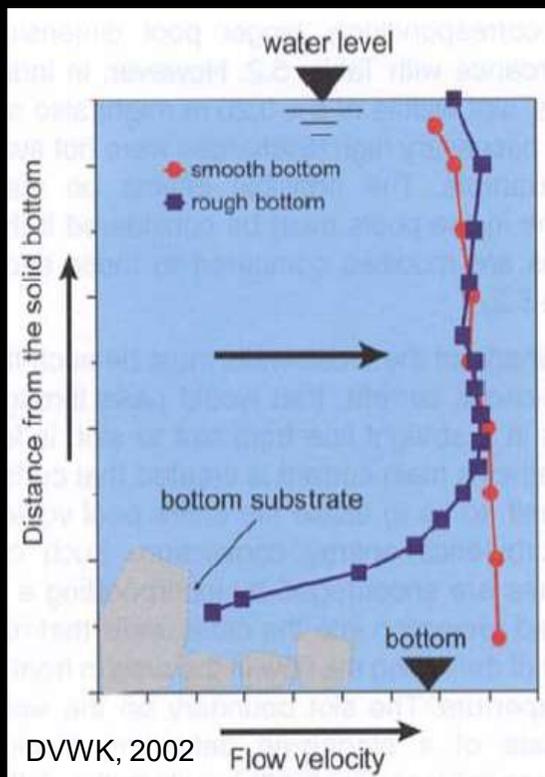
## Migliore tipologia di passaggio a bacini successivi:

- + Adeguato funzionamento idraulico anche per significative fluttuazioni dei livelli idrici monte-valle
- + Passaggio a diverse profondità (gradiente velocità)
- + “Auto-pulente”- limitata manutenzione
- + Standard dimensionali consolidati (e in continuo perfez.)



# VERTICAL SLOT

## Substrato



Larinier et al., 2002



# VERTICAL SLOT

## Double-slot pool-pass - Elbe River – Geesthacht (D)

**Dh = 0,10 m**

**Slot width = 2 x 1,20 m**

**Pool length = 9,3 m**

**Atlantic sturgeon (>3m)**

**Pool width = 16,0 m**

**H = 1,75 m**

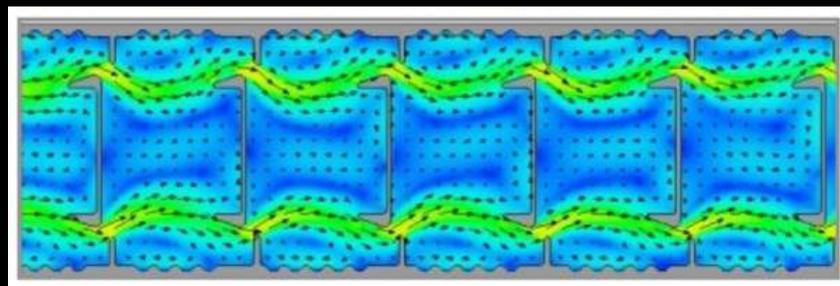
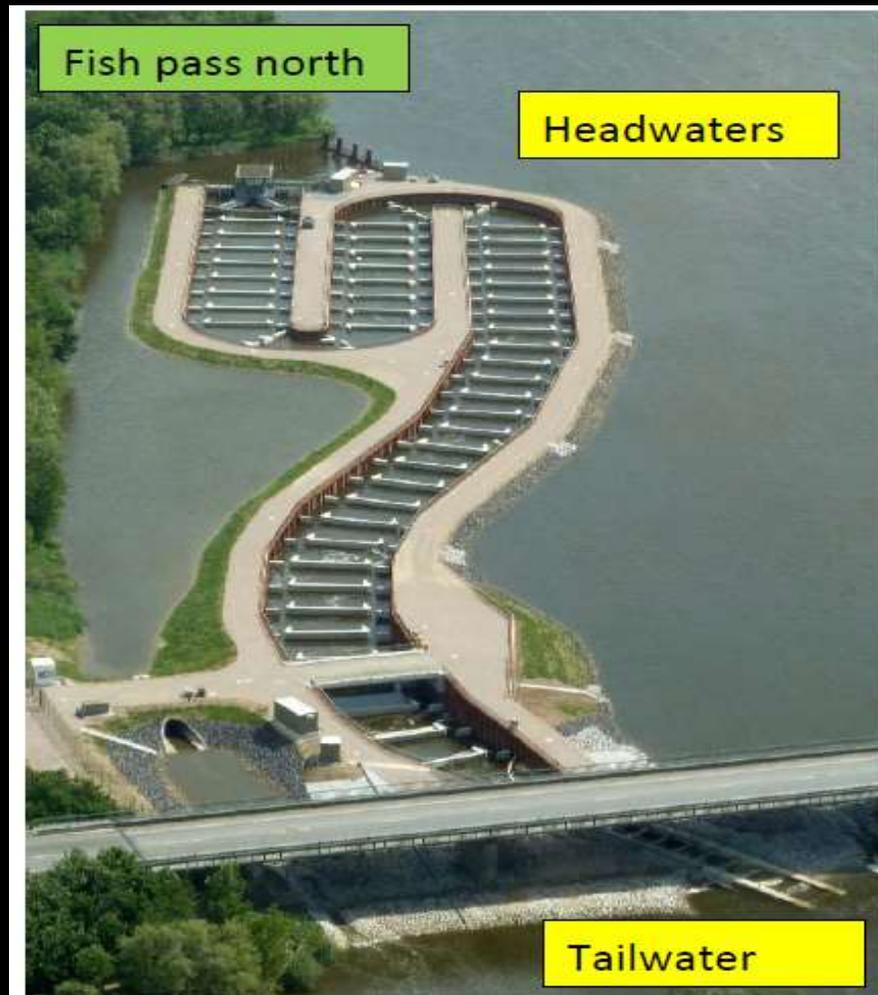
**Q = 4 m<sup>3</sup>/s**

**N. Pools = 45**

**Total length = 550 m**

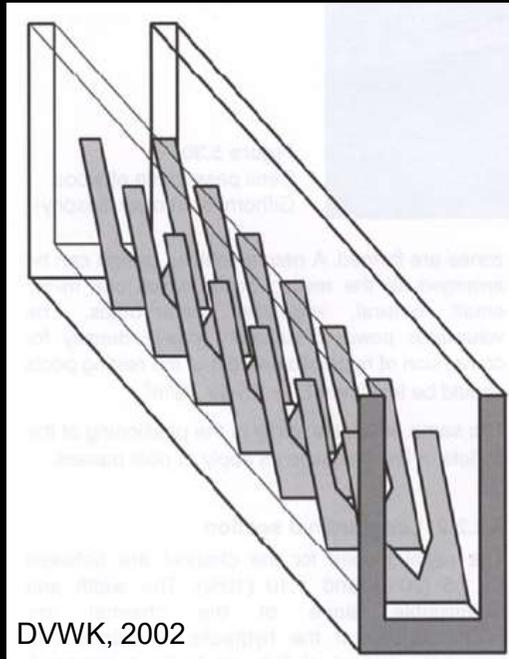
**Mean slope = 1,02 %**

free passage to hundreds of thousands of weak species (stickleback, bleak, etc.), juveniles and river lamprey (Hufgard and Schwevers, 2012)



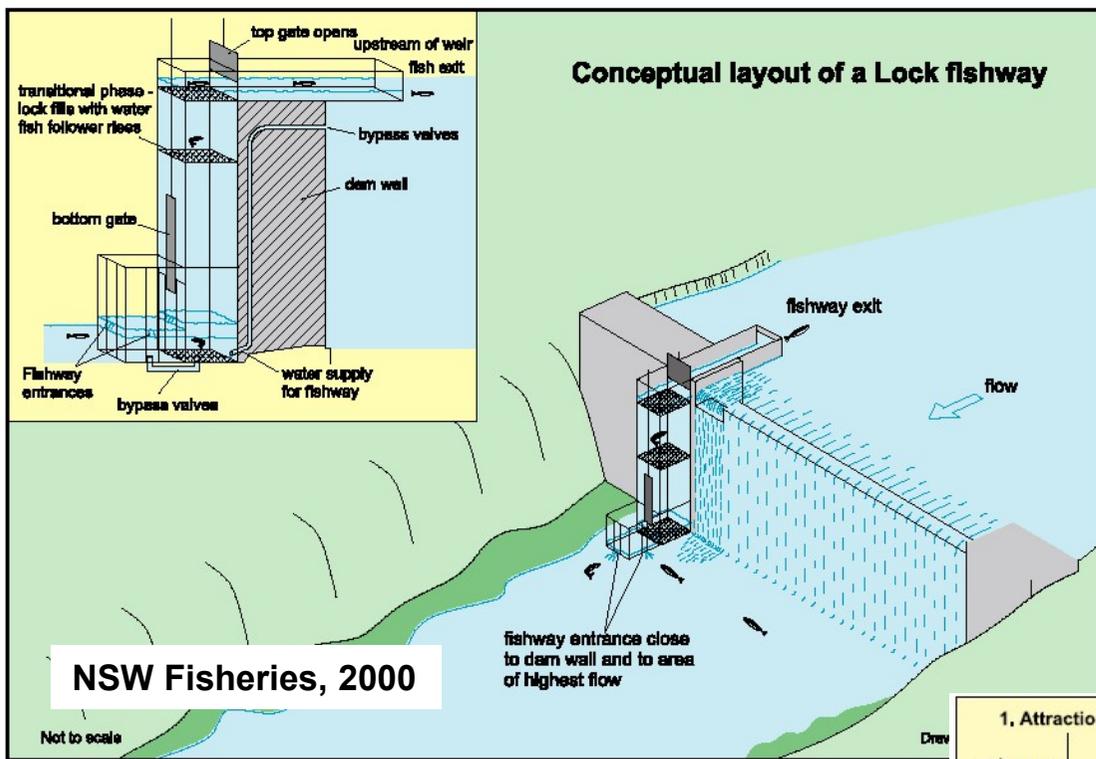
# ALTRE TIPOLOGIE

## Denil

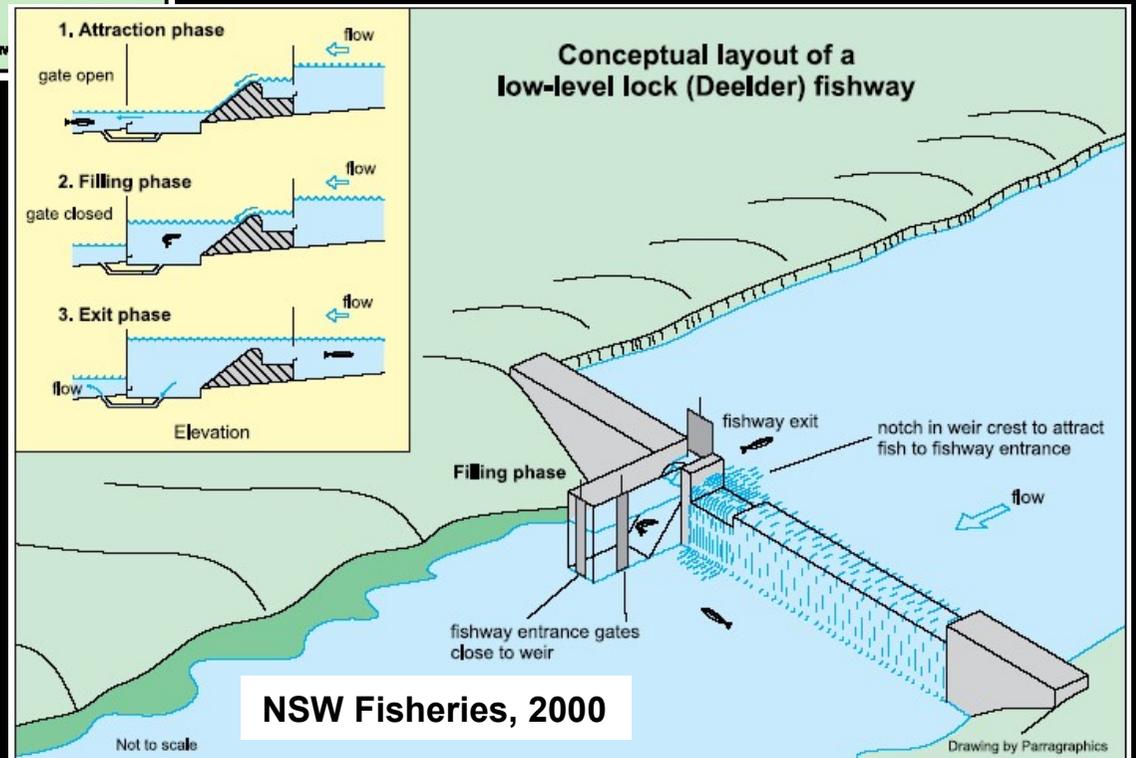


## Eel pass





## FISH LIFT – FISH LOCK



## TRAP AND TRANSPORT

# DA EVITARE



# DA EVITARE

Foto Pini Prato



Foto Pini Prato



Foto Comoglio

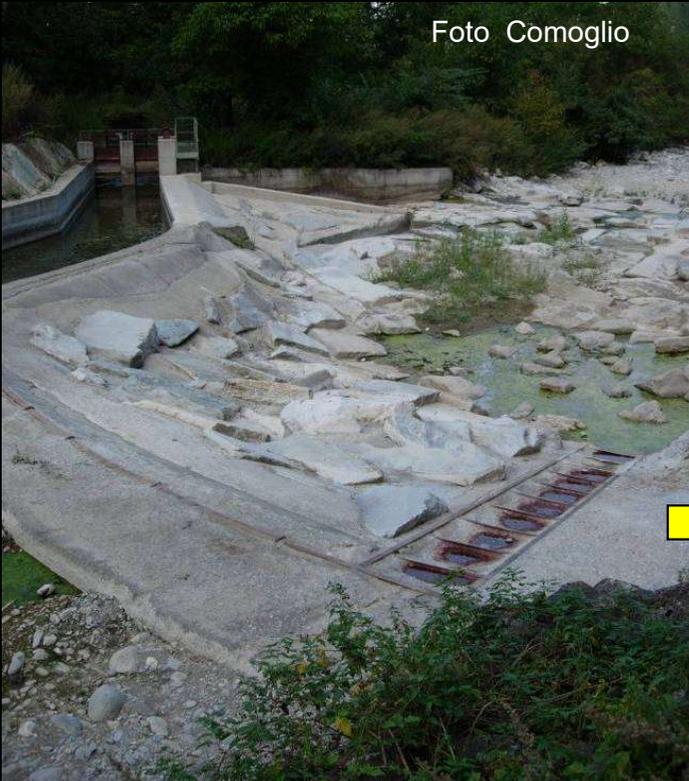
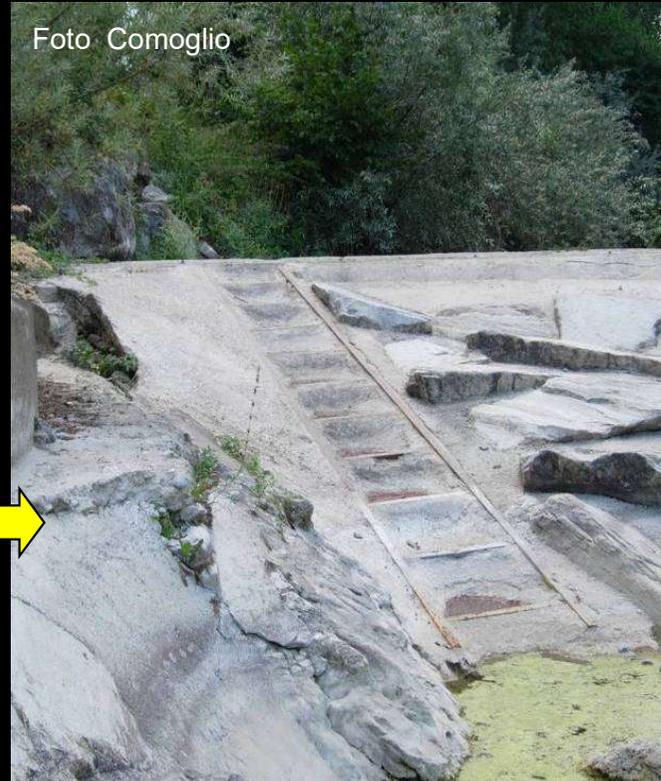
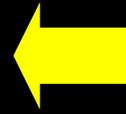


Foto Comoglio



## CONFORMITÀ AS-BUILT



Parametri idraulici (h, Q, V)

Monitoraggio nelle sezioni critiche rappresentative

Efficacia passaggio

Cattura con nasse presso l'uscita di monte (eventuale marcatura elastomeri-tags)



Larinier et al. , 2002



Foto Calles



DVWK, 2002



Foto Spairani

## Efficacia passaggio

## RFId-tags



Foto Calles



8, 12, 23, 32 mm



Oregon RFId, 2010



## Efficacia passaggio

## Radiotracking (man/aut)



0,5 – 145 gr >12 mm



## Efficacia passaggio

## Radiotracking (man/aut)



Foto Comoglio

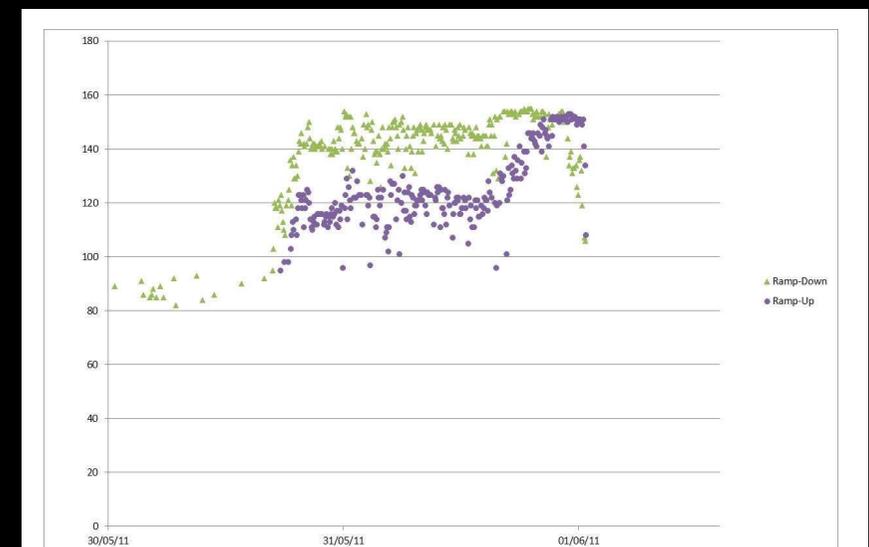
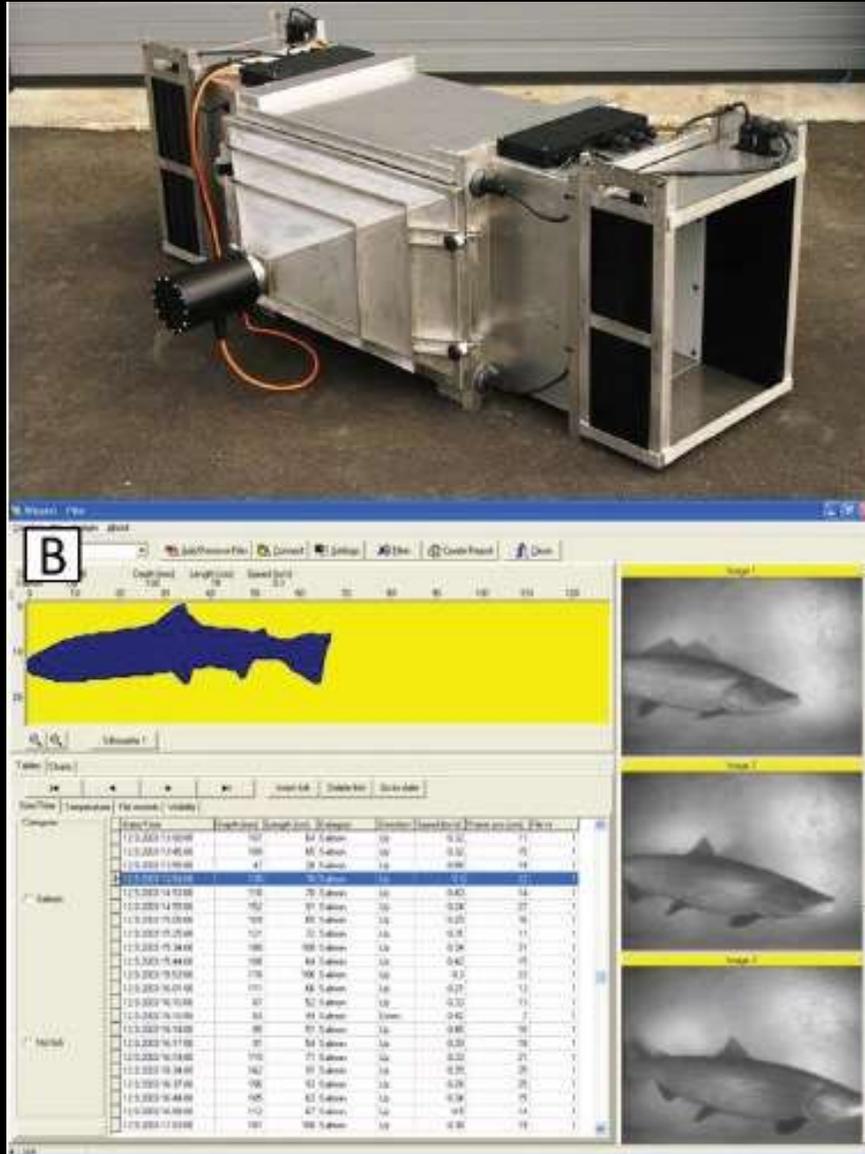


Figura 70. Rilevamento di transito a monte di un barbo attraverso una fish ramp

# MONITORAGGIO

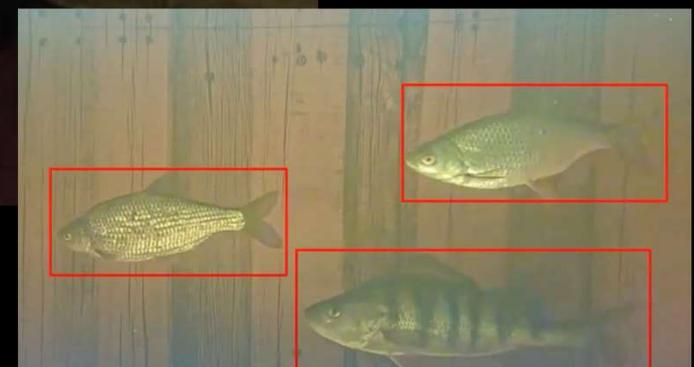


The image shows the hardware and software components of the fish monitoring system. The hardware is a rugged, stainless steel enclosure with a camera lens and various sensors. The software interface, labeled 'B', displays a fish silhouette on a yellow background, a video feed of a fish, and a data table.

Species	Image Time	Length (mm)	Weight (g)	Sex	Location	Speed (cm/s)	Time (min)	Depth (cm)
Salmon	11.0.2023 13:00:00	102	84	Salmon	Up	0.30	71	
	11.0.2023 13:45:00	100	85	Salmon	Up	0.30	75	
	11.0.2023 14:00:00	81	39	Salmon	Up	0.90	78	
	11.0.2023 14:15:00	72	29	Salmon	Up	0.40	74	
	11.0.2023 14:30:00	102	91	Salmon	Up	0.30	77	
	11.0.2023 15:00:00	100	80	Salmon	Up	0.20	76	
	11.0.2023 15:20:00	107	70	Salmon	Up	0.18	71	
	11.0.2023 15:30:00	100	80	Salmon	Up	0.28	71	
	11.0.2023 15:44:00	100	84	Salmon	Up	0.40	75	
	11.0.2023 16:10:00	176	100	Salmon	Up	0.15	81	
Norbak	11.0.2023 16:21:00	111	48	Salmon	Up	0.17	72	
	11.0.2023 16:30:00	87	52	Salmon	Up	0.32	73	
	11.0.2023 16:40:00	84	44	Salmon	Up	0.40	77	
	11.0.2023 16:50:00	86	87	Salmon	Up	0.80	70	
	11.0.2023 16:57:00	87	84	Salmon	Up	0.20	70	
	11.0.2023 16:58:00	110	71	Salmon	Up	0.22	71	
	11.0.2023 16:58:00	162	80	Salmon	Up	0.20	70	
	11.0.2023 16:57:00	100	82	Salmon	Up	0.20	70	
	11.0.2023 16:48:00	105	82	Salmon	Up	0.18	75	
	11.0.2023 16:40:00	112	87	Salmon	Up	0.15	74	
11.0.2023 17:00:00	101	80	Salmon	Up	0.30	78		



Calles pers.com.



AI (TIVA)

REGIONE PIEMONTE  
Settore Tutela e Gestione  
della Fauna Selvatica e Acquatica

Manuale regionale

Linee guida per la  
progettazione e  
verifica dei passaggi  
per pesci



Politecnico di Torino



Università degli Studi di Torino

**DGR Piemonte 13 luglio 2015, n. 25-1741**

**Cap.10: Check-list elementi base da sviluppare e verificare nei progetti di passaggi per pesci**

**Il fiume è una strada a doppio senso di marcia!**

**Problema downstream migration affrontato solo recentemente**

**Come nel caso della risalita, il pesce tende a muoversi a valle seguendo il FILONE PRINCIPALE DELLA CORRENTE**, in superficie (ad es. stadi giovanili Salmonidi) o nei pressi del fondo (ad es. anguilla, barbo) o lungo la colonna d'acqua

**OBIETTIVO: PREVENIRE L'ACCESSO DEL PESCE ALLE TURBINE GUIDANDOLO VERSO PERCORSI ALTERNATIVI A VALLE DELLO SBARRAMENTO**

**Gran parte dei passaggi per la risalita NON sono efficaci per lo svallamento → servono soluzioni specifiche**

5.2.1 Downstream migration via upstream migration facilities

FPs for upstream migration usually do not work for downstream migration since the behaviour of downstream migrating fish is different.

**Barriere fisiche + by-pass per d.m., regolazione sfiori..  
Valutare mortalità attraverso turbine...**

**NECESSITÀ DI ULTERIORI STUDI**

# DOWNSTREAM MIGRATION

**Mortalità c/o grigliati opere di presa**

**Mortalità attraverso le turbine**

(salm .15-20 cm: pelton max; francis 15-40%; kaplan 5-12%; anguille x4-5)

**Mortalità per predazione valle**

**Effetti cumulativi (impianti in serie)**



DWA, 2005

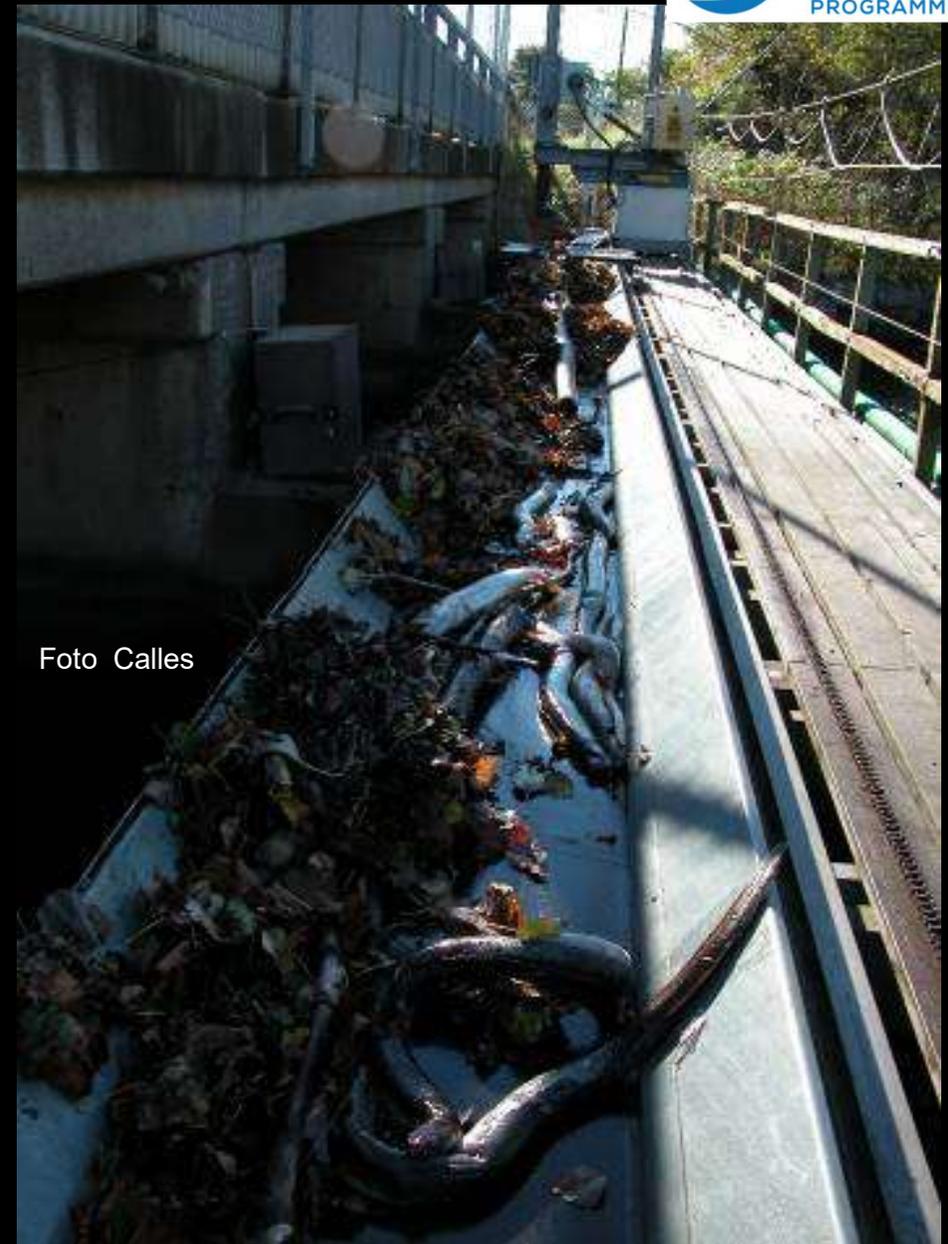
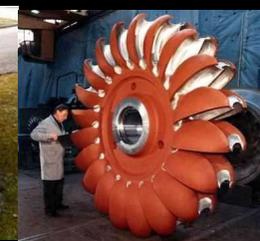
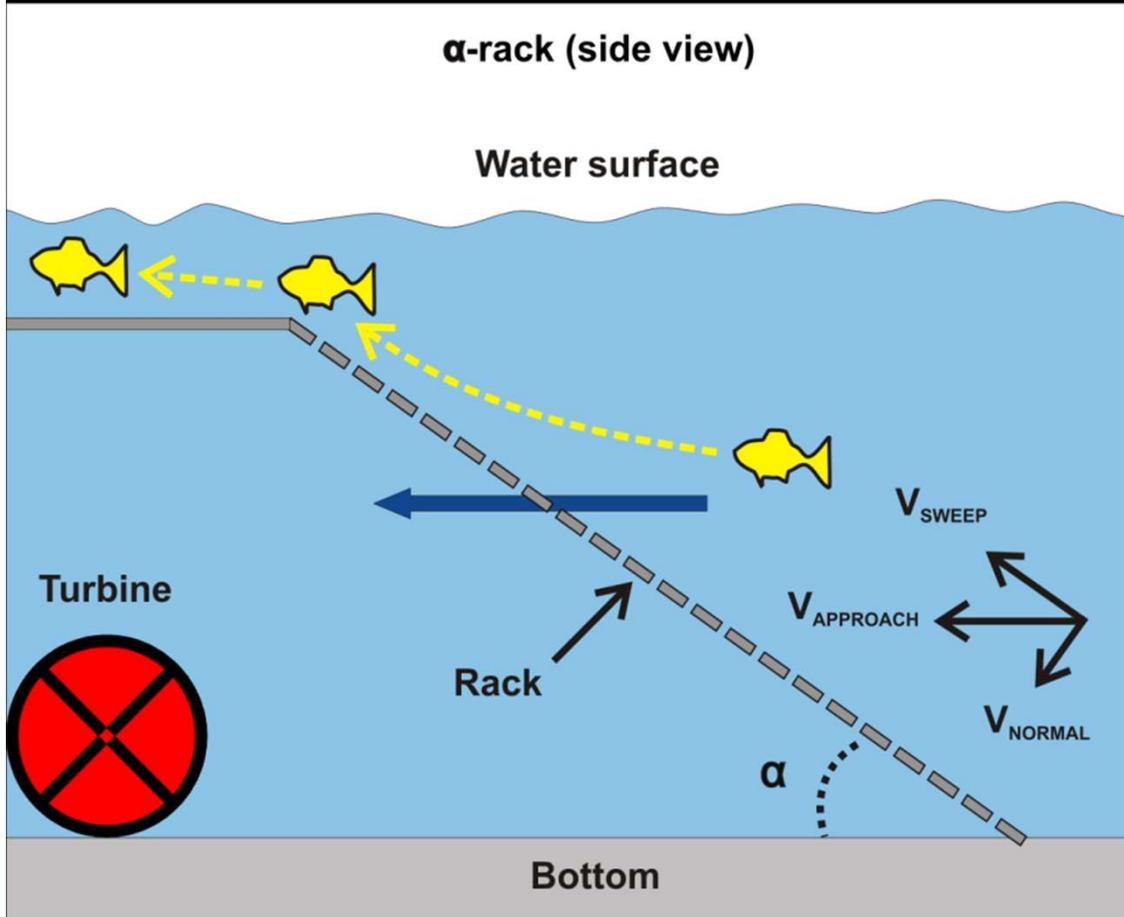


Foto Calles



# DOWNSTREAM MIGRATION



**Q by-pass compresa tra il 2 ed il 10% della portata transitante nel canale!**

Calles, pers.com.

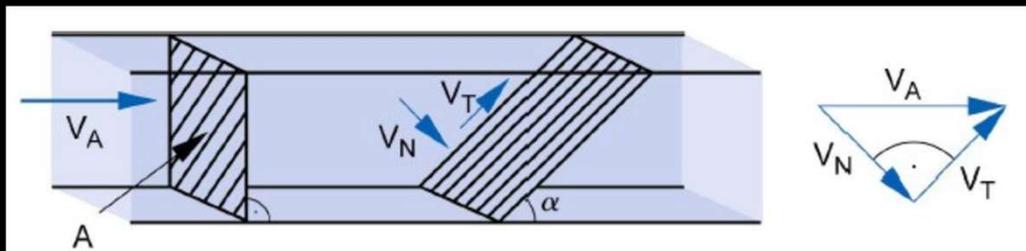


Figura 60. Inclinazione della griglia rispetto alla verticale (da DWA, 2005)

