



# ALTERAZIONI ECO-IDRAULICHE dei CORSI D'ACQUA ALPINI: L' HYDROPEAKING

*A. Siviglia*



*Gruppo di Idraulica Ambientale e Morfodinamica Trento  
Università di Trento*

# Contesto: PROGETTO REPORT

REGOLAZIONE DELLE PORTATE, ECOSISTEMI E DINAMICA FLUVIALE:

LINEE GUIDA PER UNA GESTIONE ECO-COMPATIBILE

Autorità di Bacino dell'Adige

Museo Tridentino di Scienze Naturali (MTSN)

Sezione di Idrobiologia e Zoologia degli Invertebrati

attualmente presso Fondazione Edmund Mach

Università degli Studi di Trento

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)

Gruppo GIAMT

Approccio: ECO-IDRAULICO

---

# PROGETTO REPORT

- **Obiettivo generale:** sviluppare un modello di gestione sostenibile di corsi d'acqua impattati da hydropeaking e dalla regolazione delle portate.
  - **Strategia del progetto:** attività di ricerca finalizzate in particolare a quantificare il fenomeno di hydropeaking unitamente ai relativi effetti ecologici
-

# GRUPPO DI ECOIDRAULICA TRENTO

**Eco (Fondazione E. Mach):**

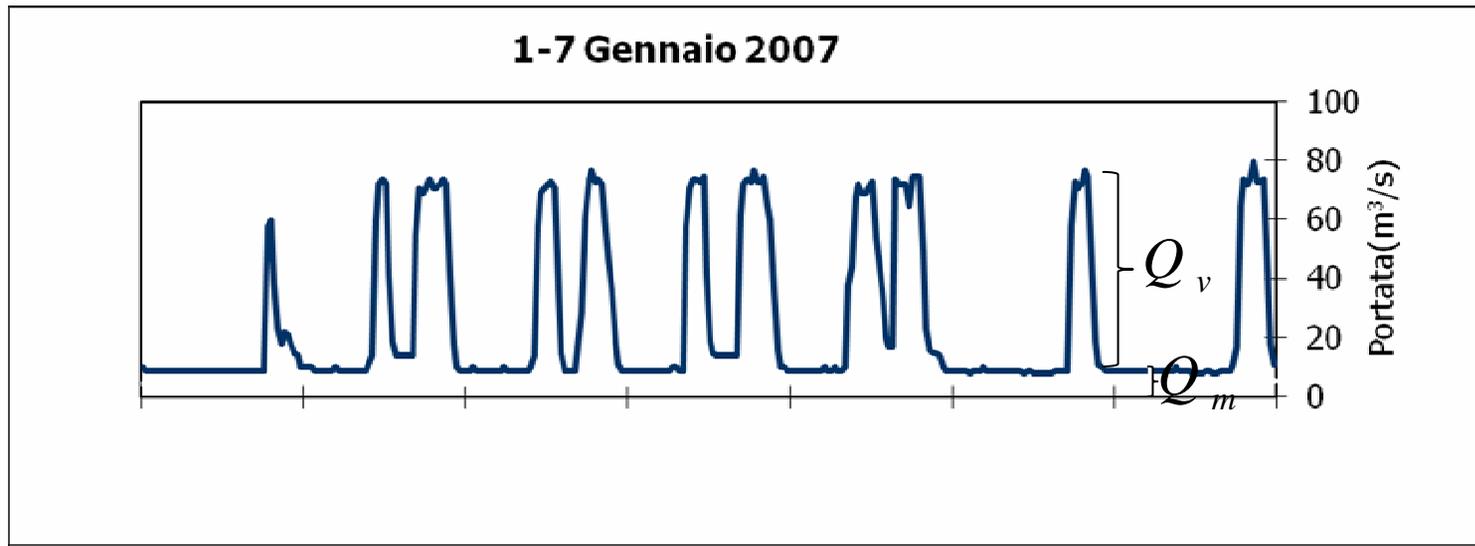
**Bruno Maiolini, Cristina Bruno, Mauro Carolli, Luana Silveri**

**Idraulica (Gruppo di Idraulica Ambientale e morfodinamica Trento):**

**Marco Tubino, Guido Zolezzi, Marco Toffolon,, Walter Bertoldi,  
Annunziato Siviglia**



# Cosa è l'hydropeaking?

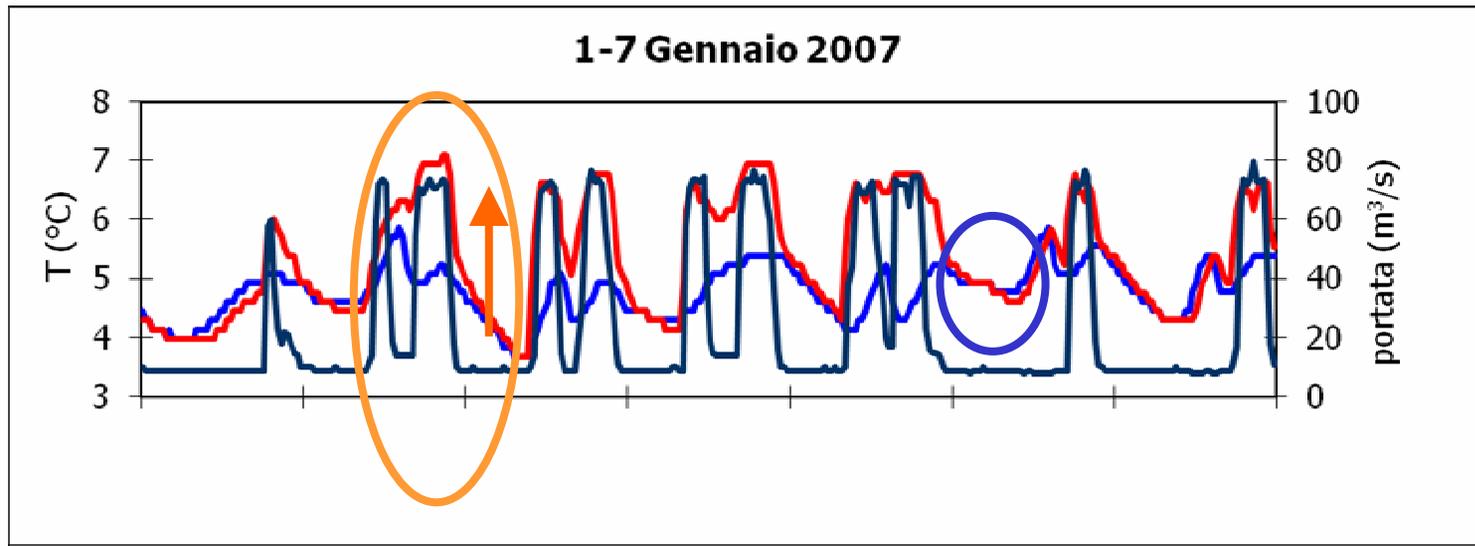


Portata a valle della restituzione della centrale idroelettrica

Indice di hydropeaking

$$HP = q^* = \frac{Q_v}{Q_m}$$

# Cosa è l'hydropeaking?



Temperatura acqua a monte dello scarico

Temperatura a valle dello scarico

Portata a valle dello scarico

# Acque superficiali (WFD)

## Alterazioni **fisiche**

- Alterazione del flusso idrico
- Introduzione/sottrazione diretta  
di calore
- Alterazioni variabili fisiche  
(es. conducibilità)
- Alterazioni del trasporto solido  
(corazzamento, clogging)

## Alterazioni **ecologiche**

- Alterazione della composizione delle comunità  
macrobentoniche (drift, alterazioni dei cicli  
vitali)
- Alterazione delle comunità ittiche
- Spiaggiamento fauna ittica
- Alterazioni sulla vegetazione riparia

# Acque sotterranee

## Alterazioni **fisiche**

- Alterazione del flusso idrico
- Introduzione/sottrazione diretta di calore
- Alterazioni variabili fisiche (es. conducibilità, ecc.)

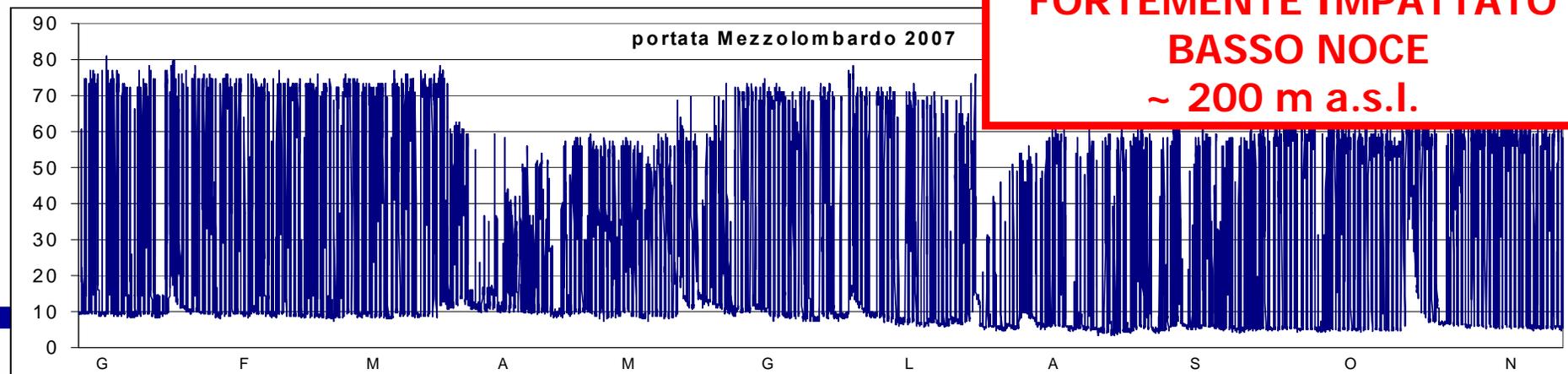
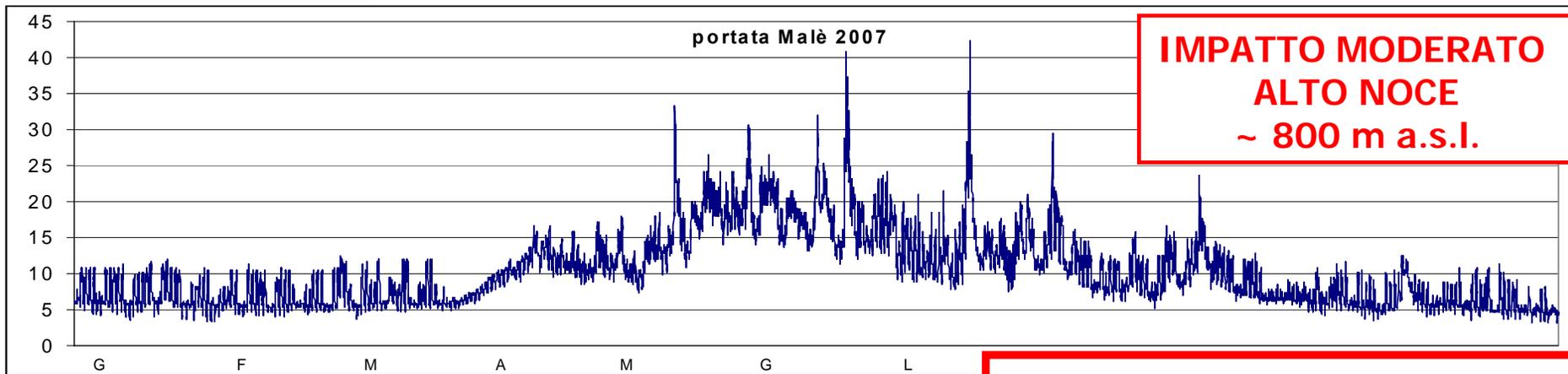
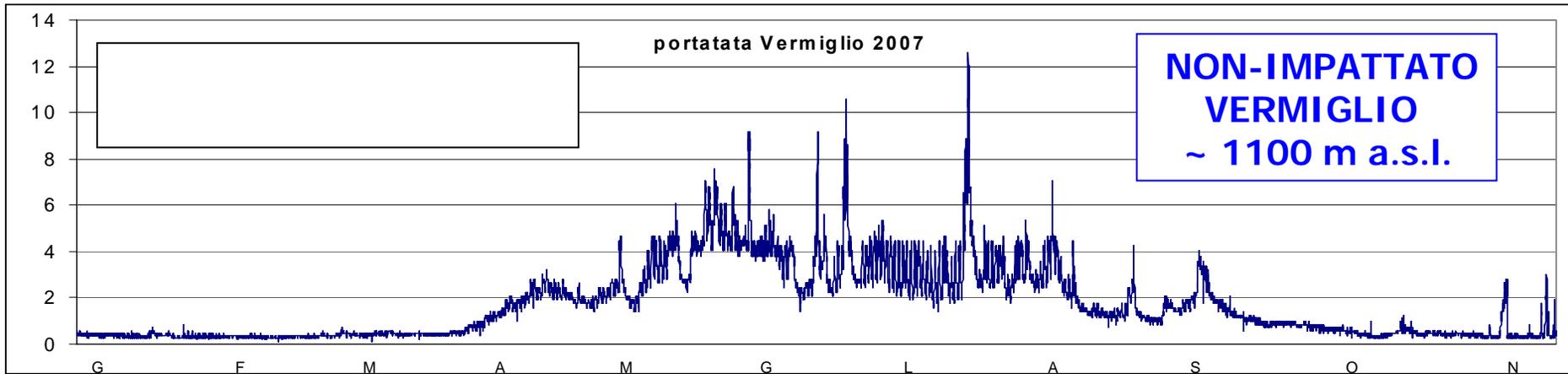
## Alterazioni **ecologiche**

- Alterazione della composizione della comunità iporreica
- Alterazione degli scambi di materia organica e organismi
- Alterazione dei cicli biogeochimici

# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico



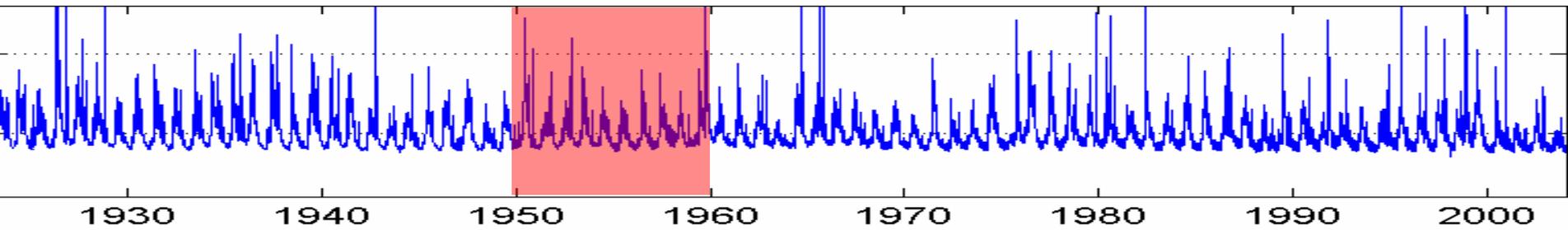
Dataset stazione di Mezzolombardo:  
Livello ogni 30'  
Scala di deflusso



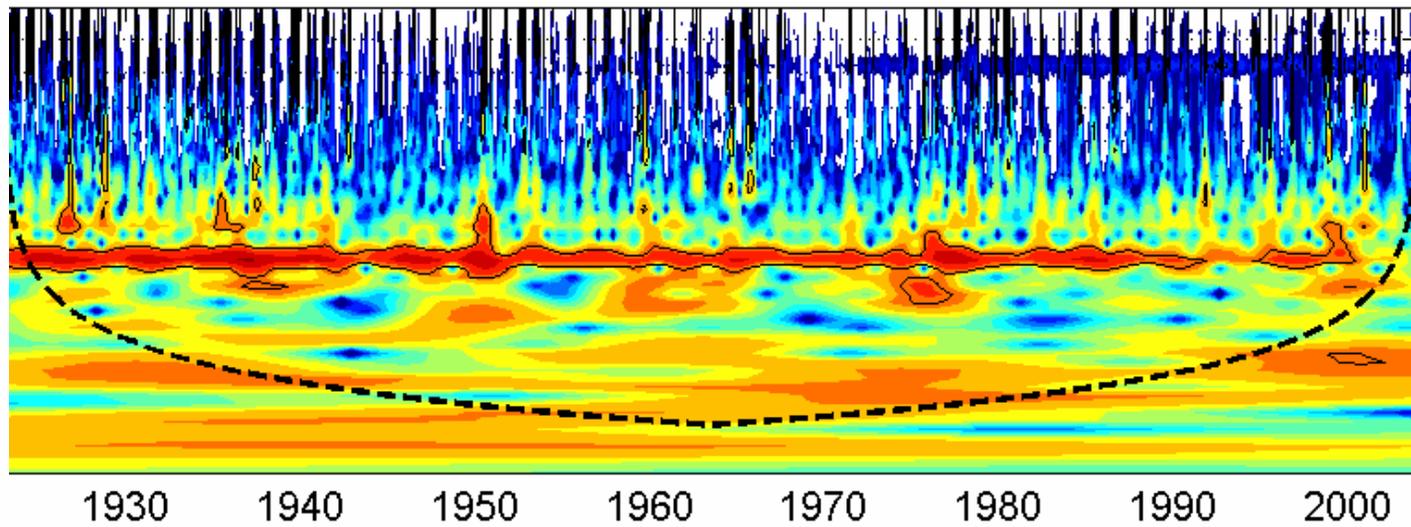
# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

- Quanto vale l'indice di hydropeaking?
- Quali sono le scale temporali coinvolte?
- Quanti rilasci in un anno?
- Durata tipica dei rilasci?
- Come varia la superficie libera nella sezione in esame?

# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

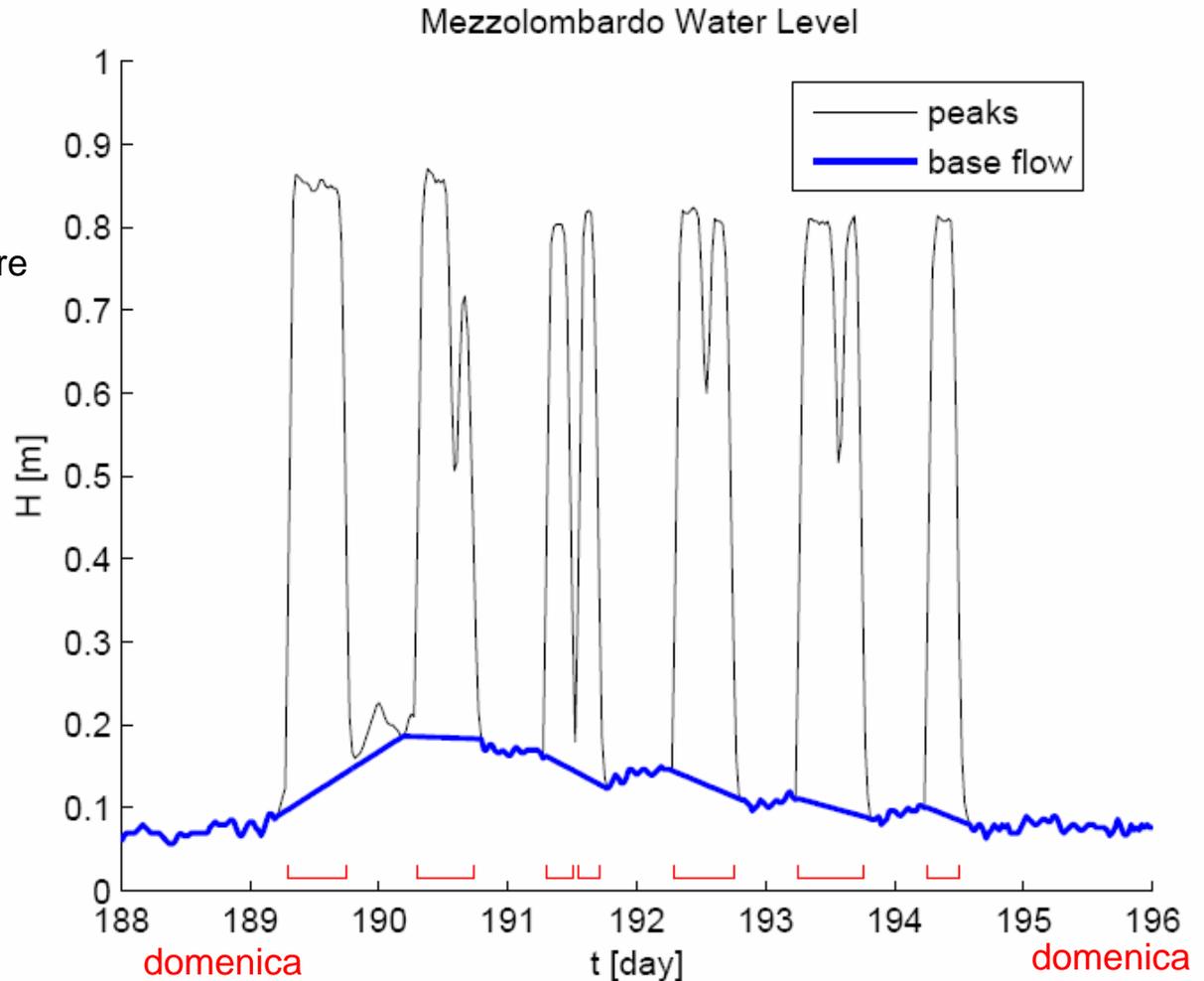


b) Wavelet Power Spectrum - Normalized Water Discharge



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

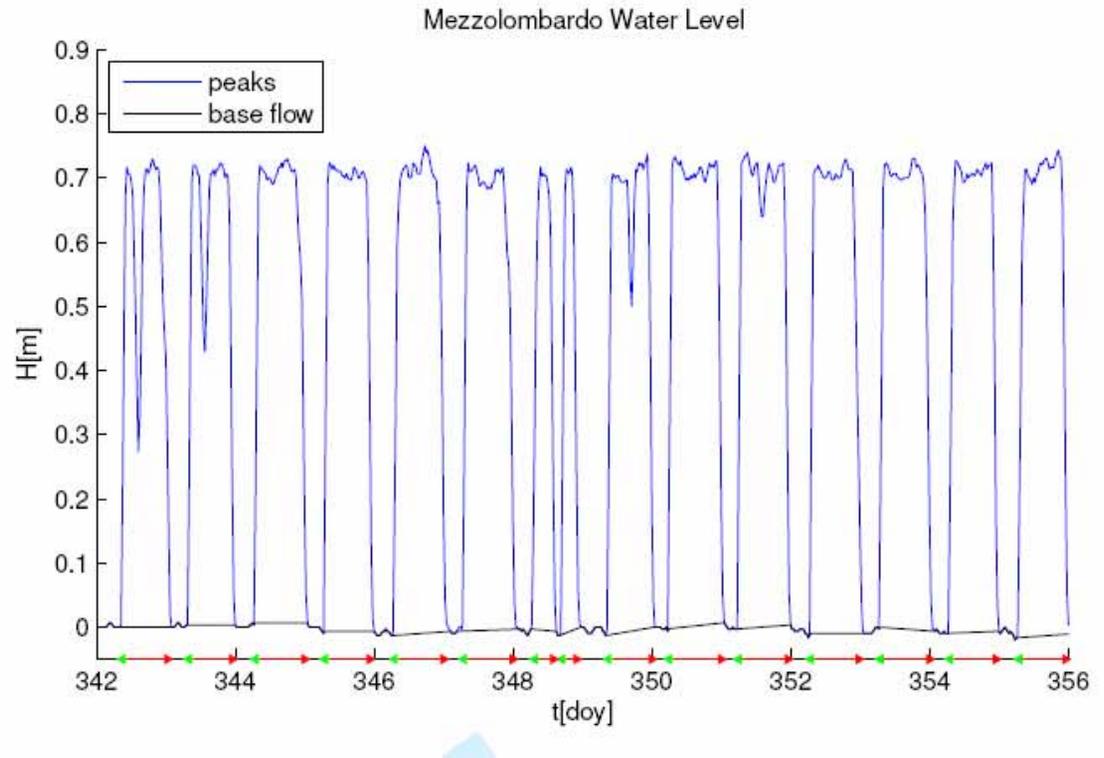
- trend di produzione settimanale (sospensione domenicale)
- lunedì-venerdì → produzione copre l'intera giornata
- Non è chiara la distinzione tra eventi singoli e multipli



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

➤ Le caratteristiche dell'Hydropeaking cambiano durante l'anno:

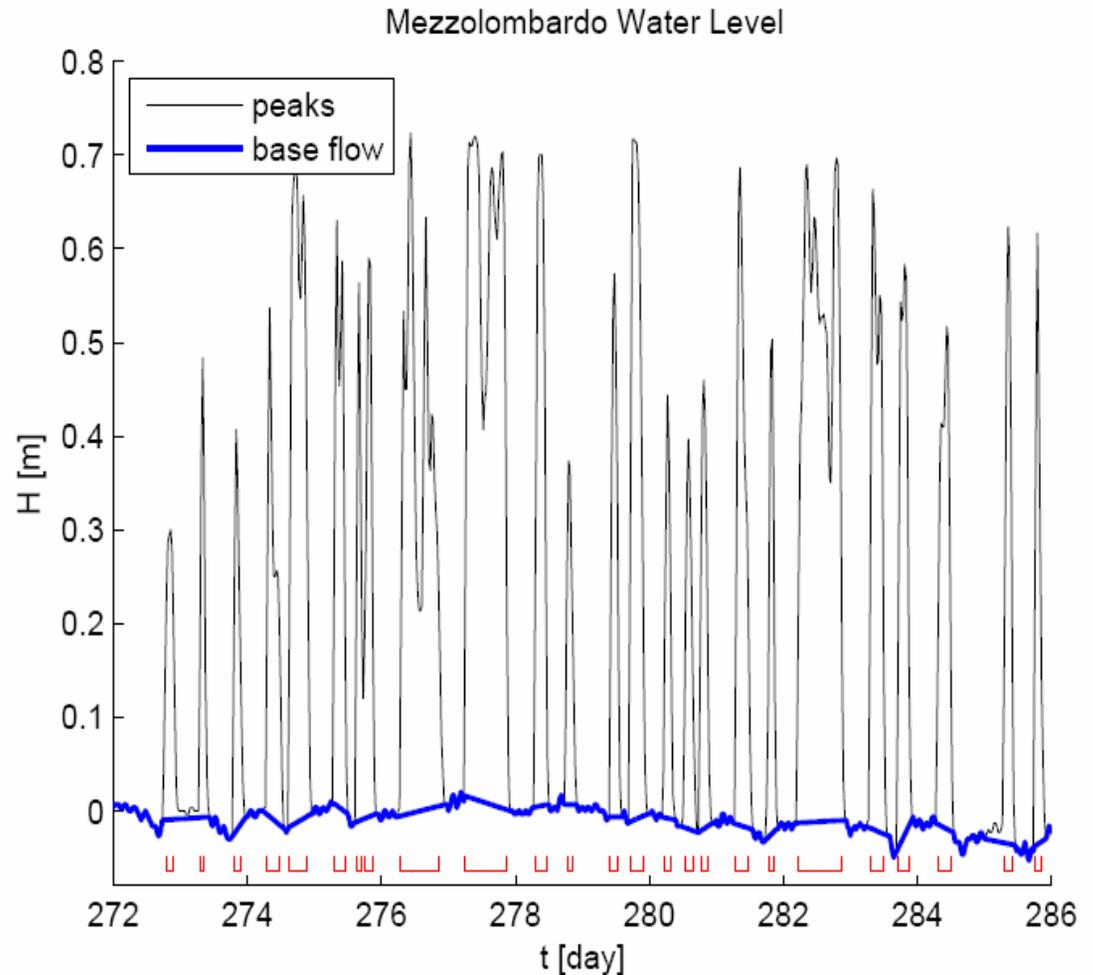
La produzione elettrica avviene ogni giorno della settimana al massimo carico ammissibile



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

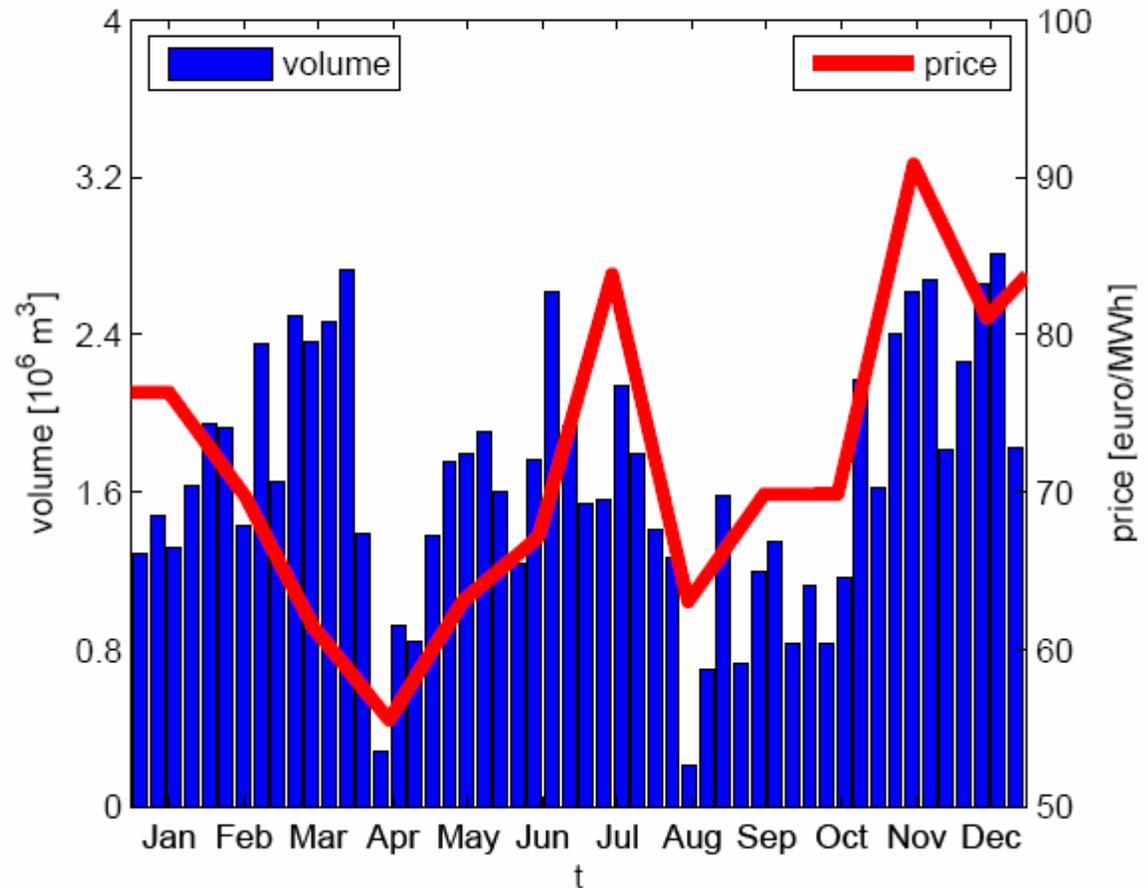
➤ Le caratteristiche dell'Hydropeaking cambiano durante l'anno:

La produzione elettrica avviene in modo molto più irregolare seguendo le richieste del mercato dell'Energia



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

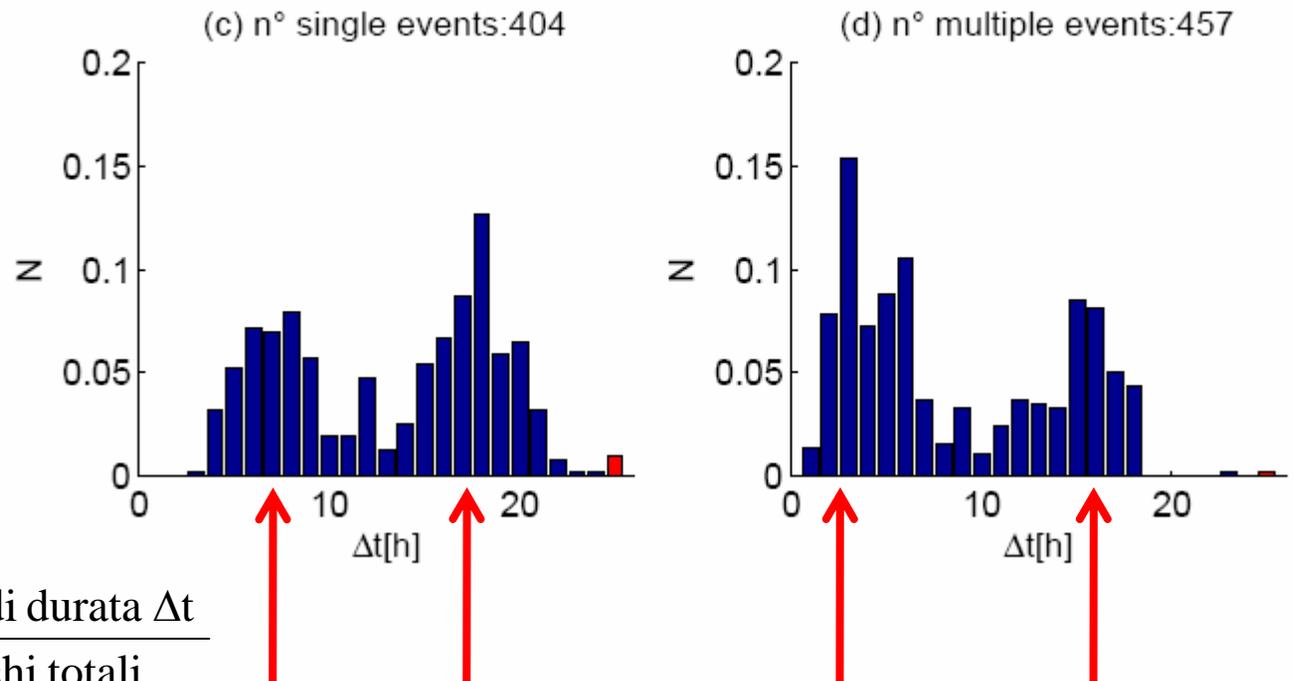
I volumi turbinati seguono  
l'andamento del mercato



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

## Durata rilasci

La durata dei rilasci ha 2 picchi che corrispondono a schemi di produzione diversa

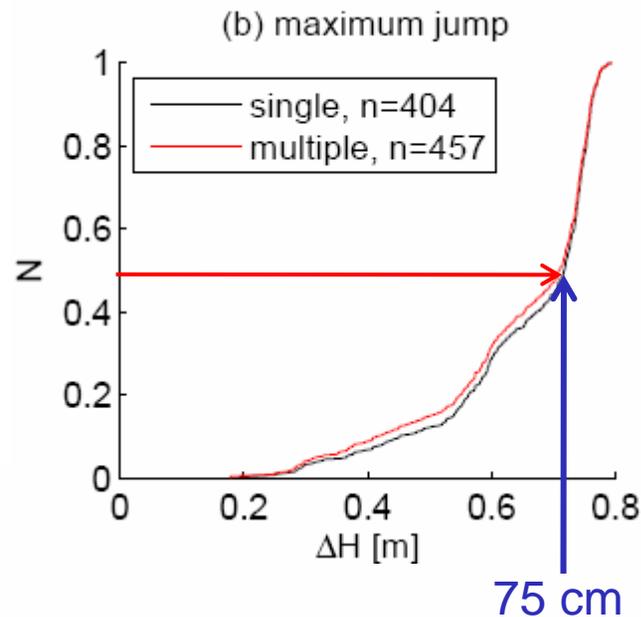


$$N = \frac{\text{numero scarichi di durata } \Delta t}{\text{numero scarichi totali}}$$

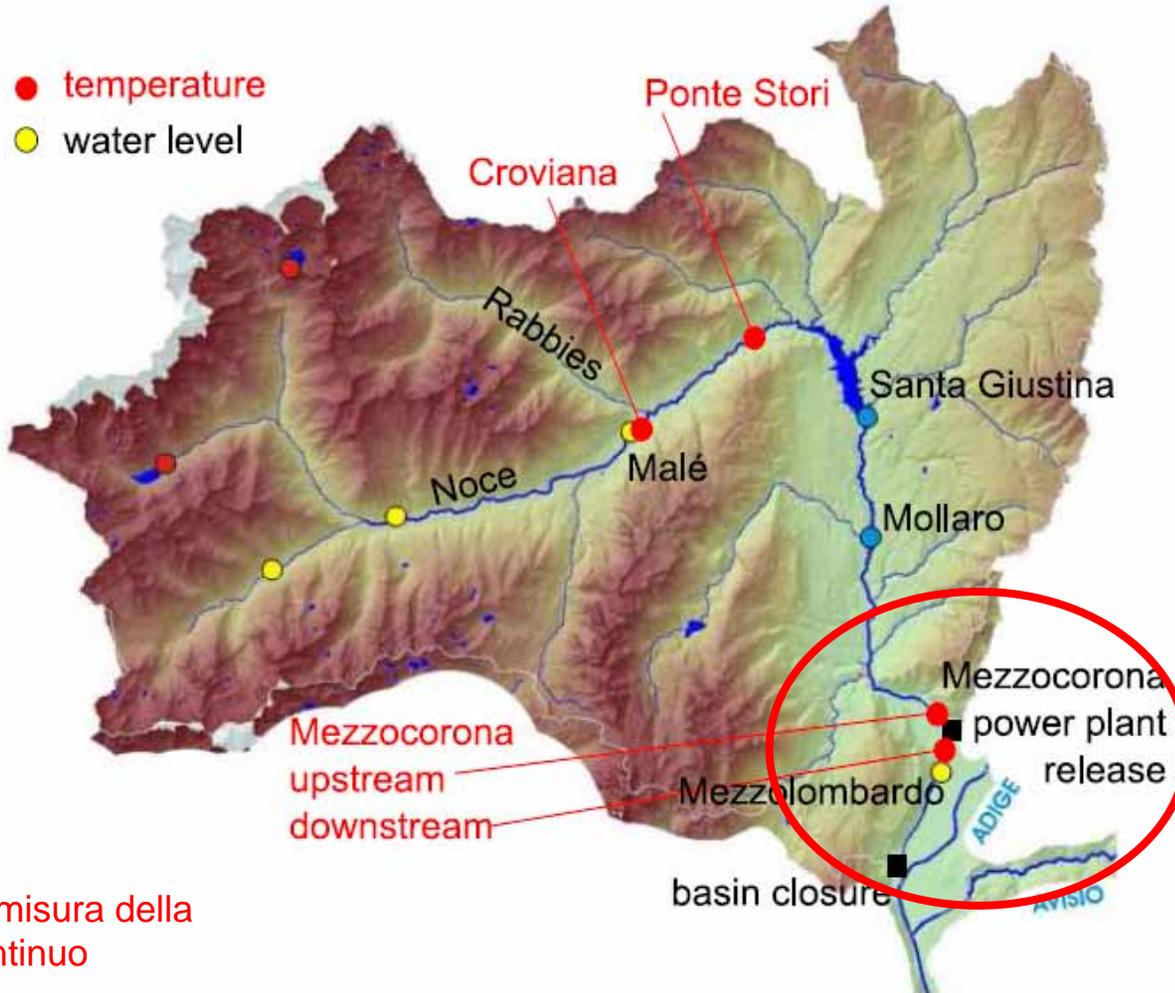
# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione flusso idrico

## Variazioni di livello imposte dall'Hydropeaking

Nella sezione in esame il  
50% dei rilasci impone  
una variazione di livello  
superiore a 75 cm



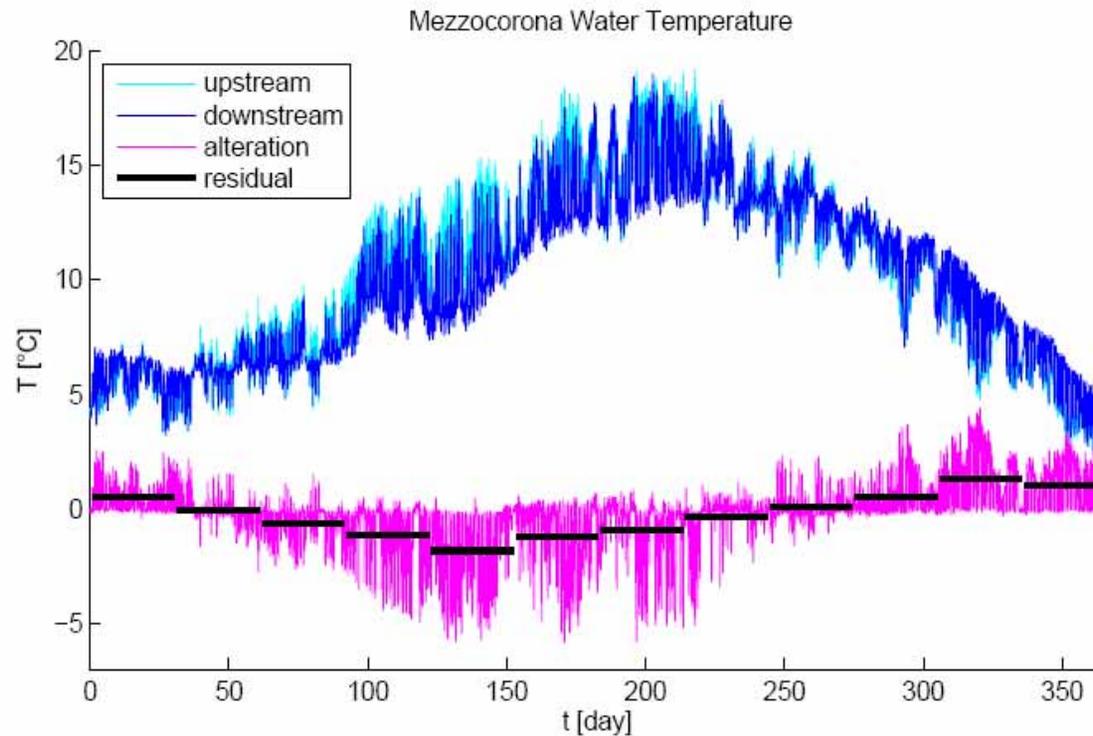
# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione regime termico (thermopeaking)



Datalogger per la misura della  
temperatura in continuo

# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione regime termico (thermopeaking)

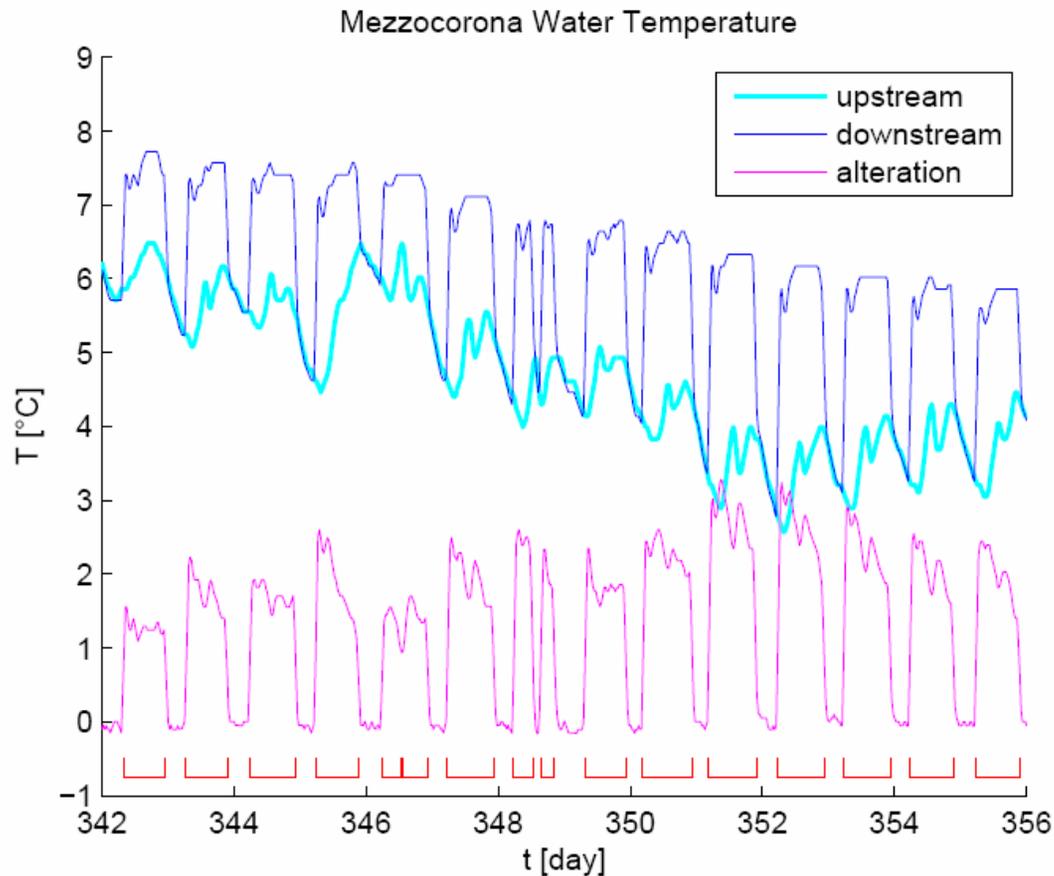
Dataset stazione di Mezzolombardo:  
Temperatura misurata con datalogger 30'  
Stazioni a monte e valle del rilascio



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione regime termico (thermopeaking)

(scala oraria e giornaliera):

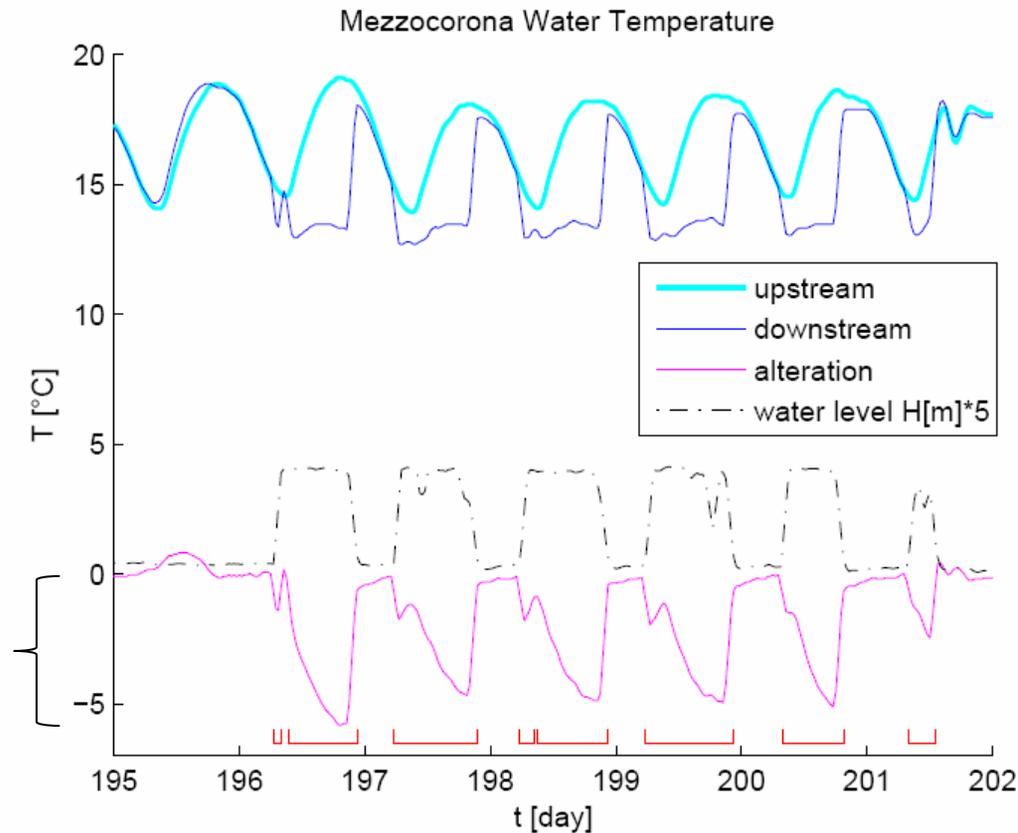
Thermopeaking  
caldo



# Caratterizzazione dell'hydropeaking: Alterazione regime termico (thermopeaking)

(scala oraria e giornaliera):

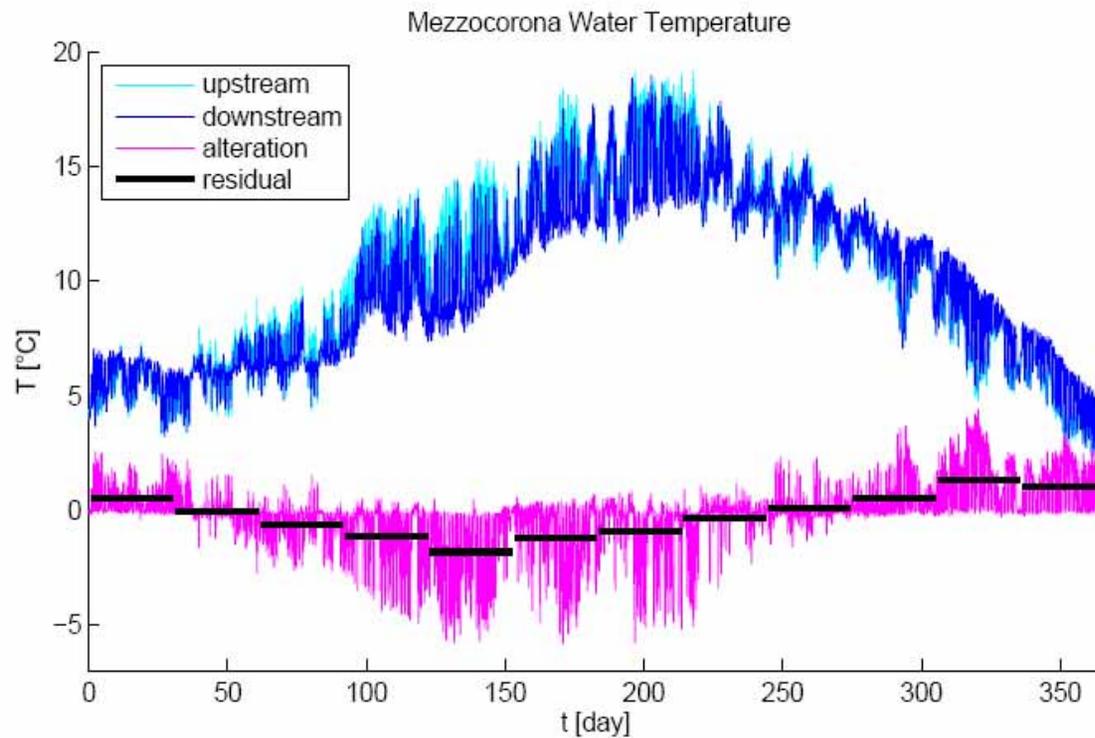
Thermopeaking  
freddo



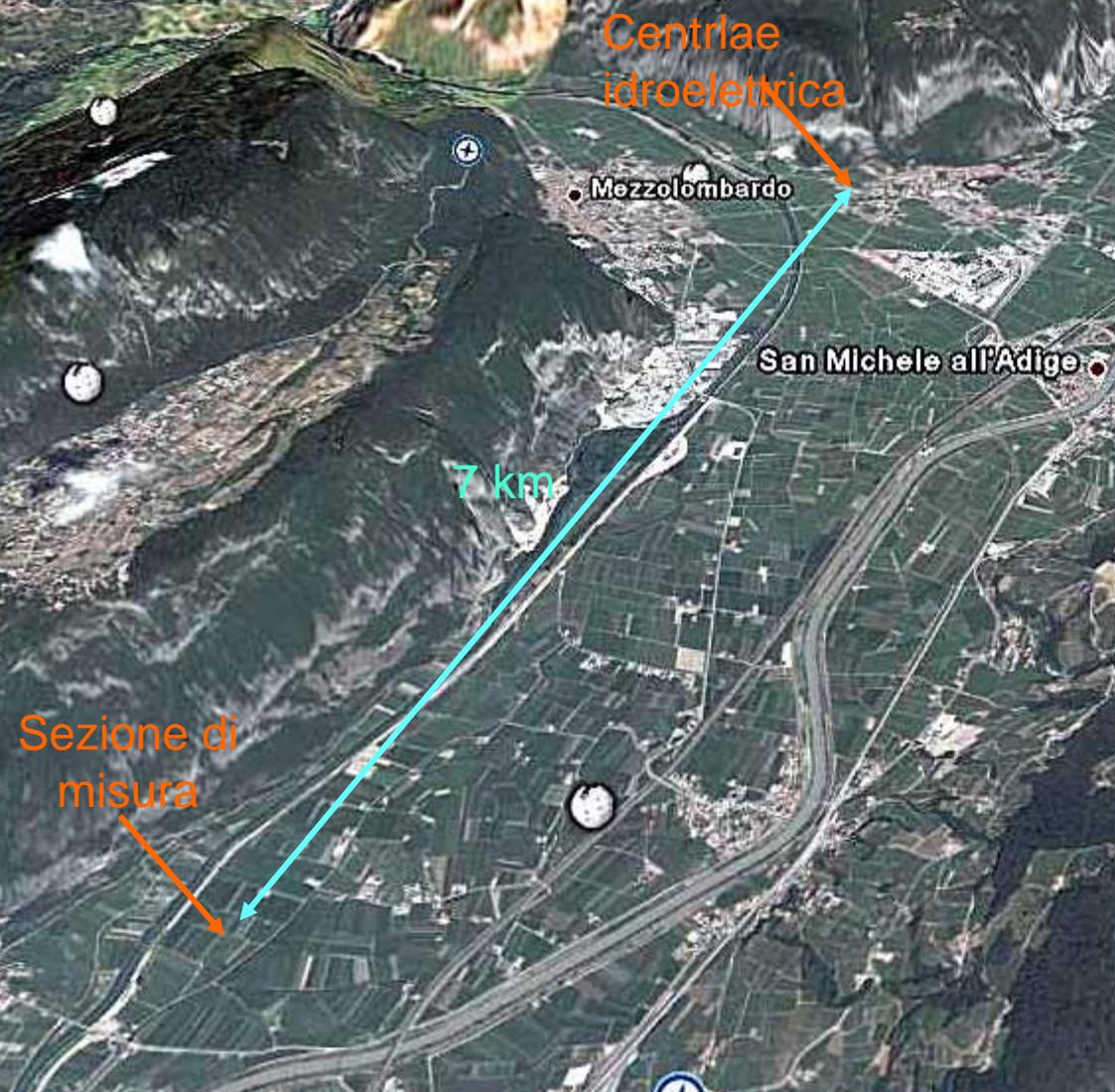
# Alterazioni termiche:

## Variazioni stagionali

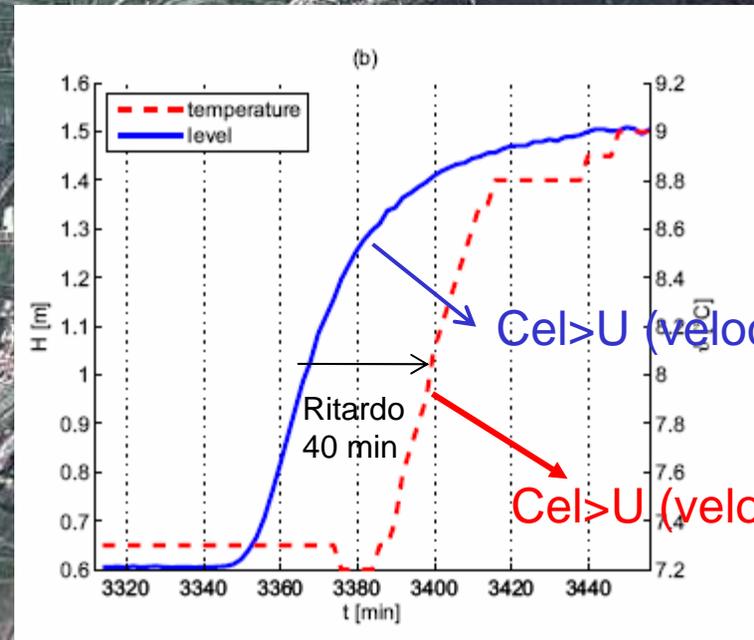
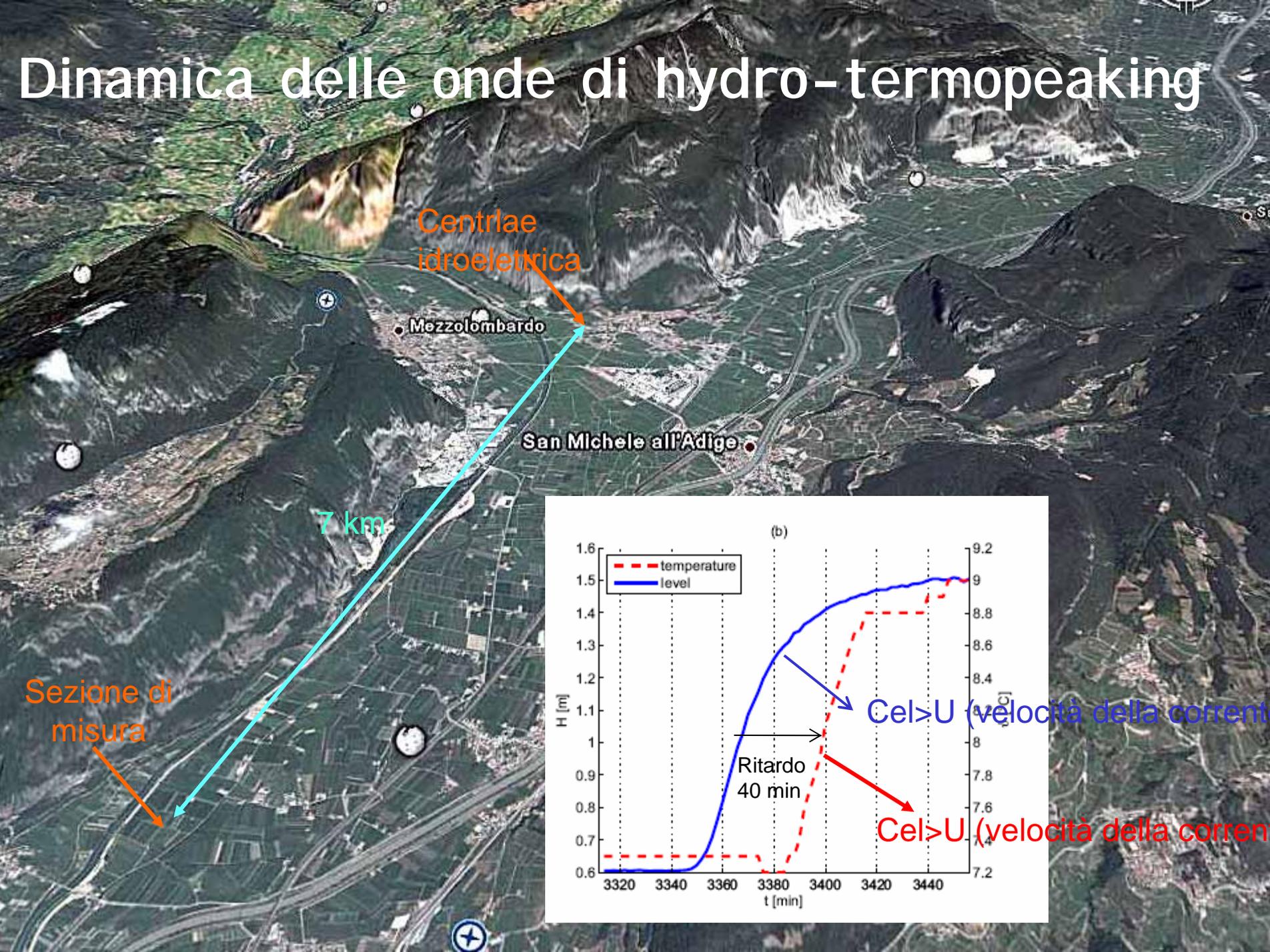
WFD→  
Temperatura campionata  
su 3 mesi



# Dinamica delle onde di hydro-termopeaking



# Dinamica delle onde di hydro-termopeaking



# Modellazione matematica

- Necessità di analizzare e testare **misure di mitigazione** per migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici
- Comprendere l'interazione tra le onde e predire di conseguenza possibili **effetti ecologici**

# Dinamica delle onde di hydro-thermopeaking:

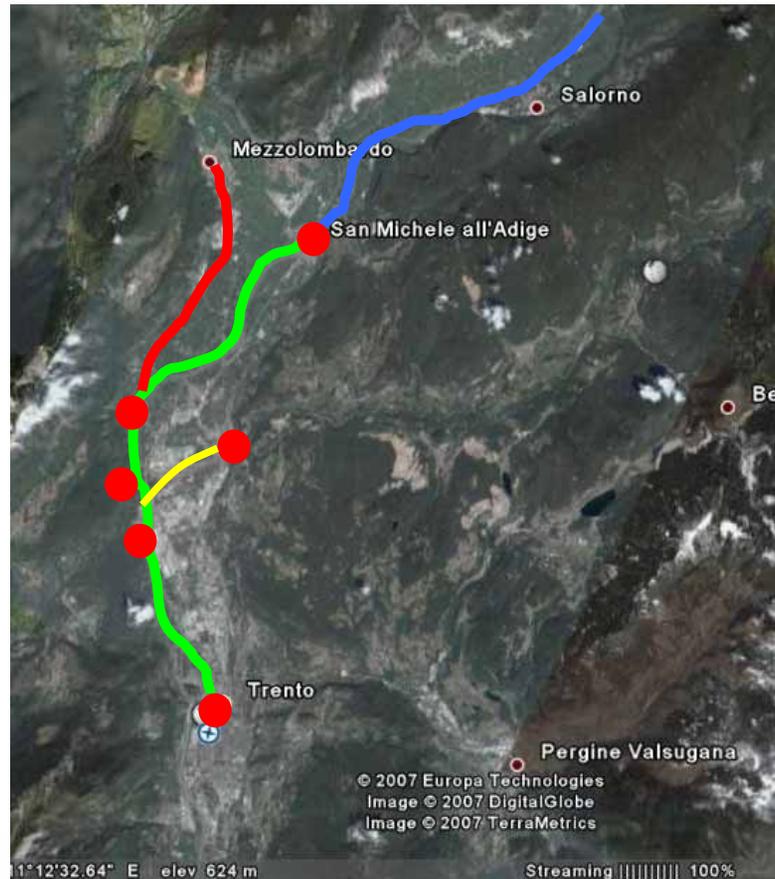
## Scale spaziali

Le onde di hydropeaking si comportano come  
onde di piena:



Le scale spaziali su cui si propagano sono dell'ordine di  
grandezza delle decine e centinaia di Km

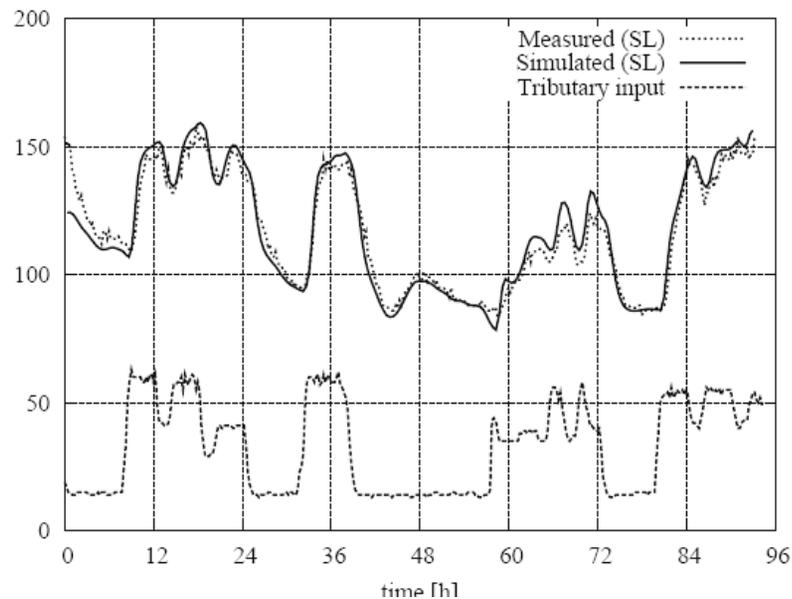
# HYDROPEAKING NEL FIUME ADIGE (Maggio 2007)



# RISULTATI:

## Propagazione onde di hydro-therm-opeaking

Portata nella sezione di ponte San Lorenzo  
(Trento)



Dopo 35 Km l'onda di hydropeaking è quasi inalterata

Risultati misure -----

Risultati modello ———

# Modello 1D per la propagazione di onde di Hydro e Thermopeaking

Equazione di Coninuità e del moto

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{\Omega} \right) + g\Omega \frac{\partial H}{\partial x} + g\Omega j = 0$$

HYPERBOLIC  
EQN.

Equazione del calore

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{Q}{\Omega} \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial t} \left( D_T \frac{\partial T}{\partial x} \right) + q_l (T_l - T) + \frac{H_T b}{C_w \rho \Omega}$$

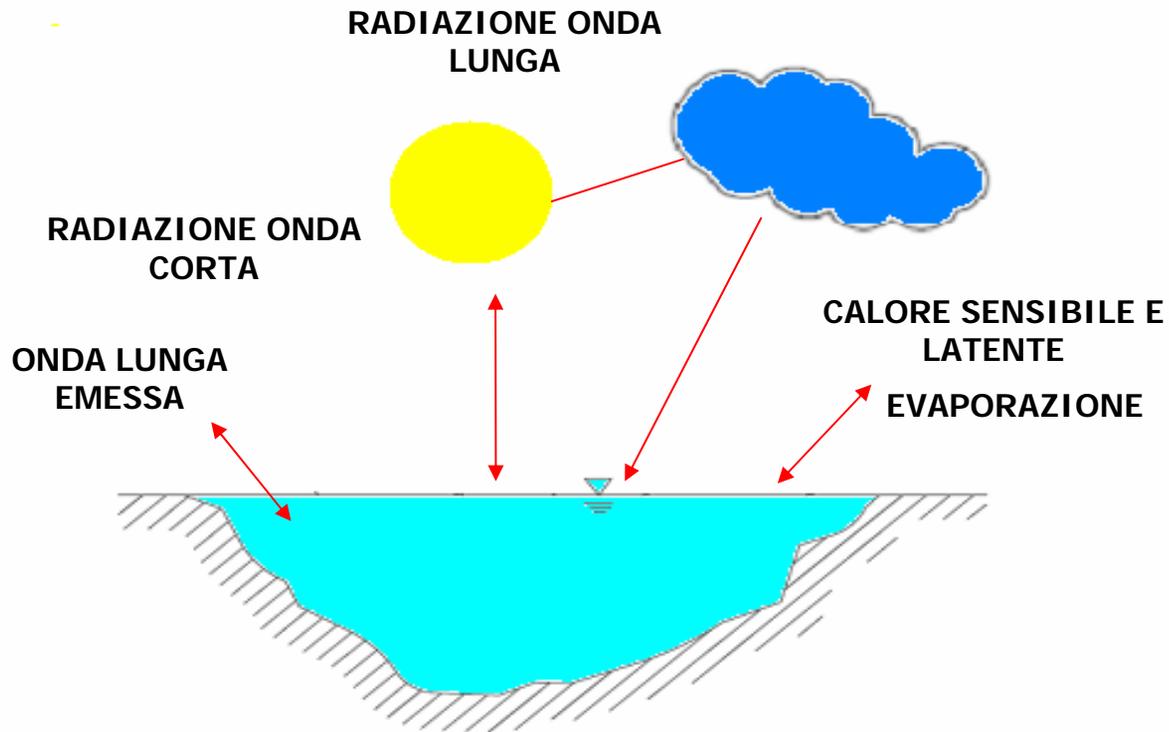
PARABOLIC  
EQN.

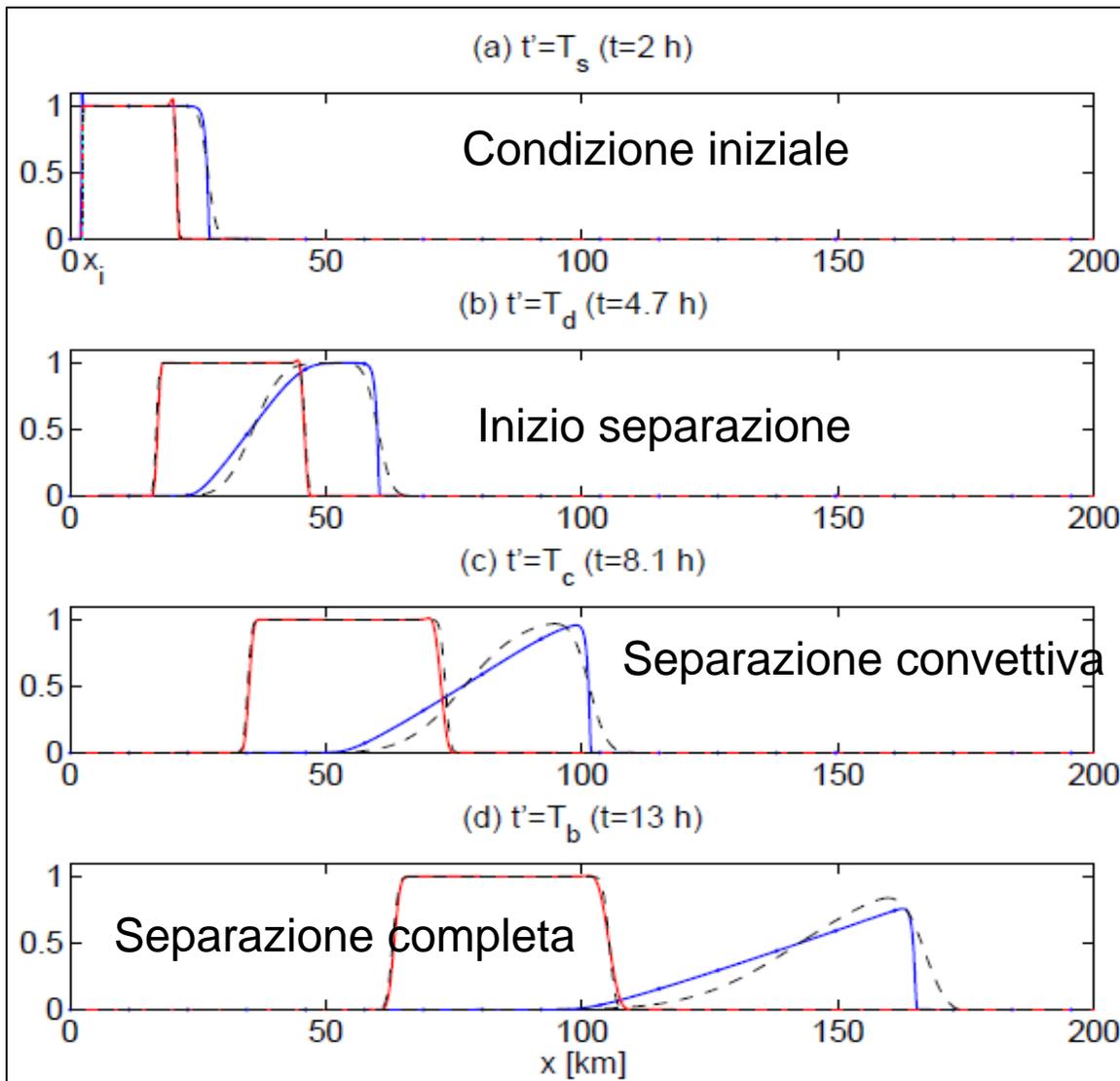
convezione

diffusione

Termini forzanti

# Termini di Scambio $H_T$





onda idrodinamica (Profondità)  
onda termica (temperatura)

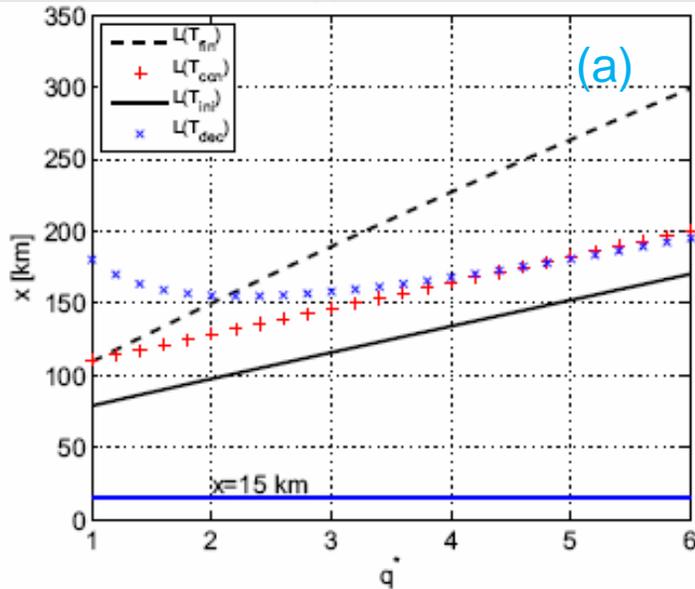
numerico -----  
analitico \_\_\_\_\_

### Fiume Noce

pendenza = 0.004

Larghezza = 20 m

indice di hydropeaking < 6

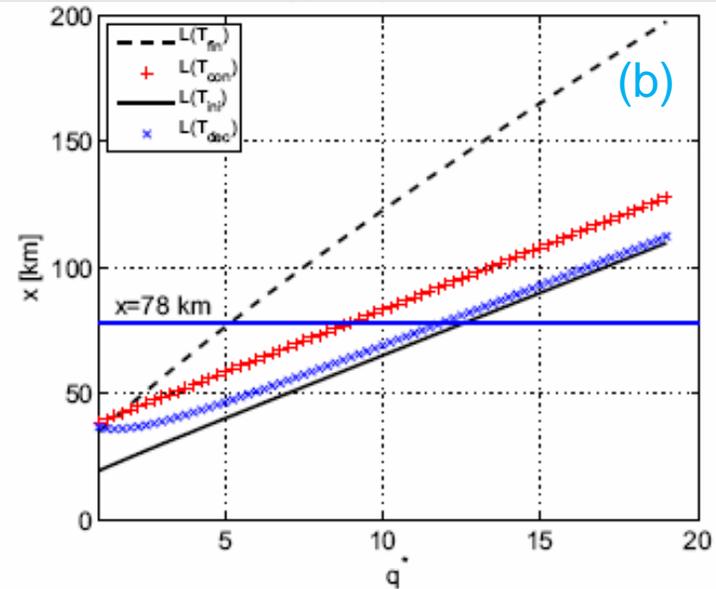


### Fiume Tallapoosa (USA)

pendenza = 0.00077

Larghezza = 110 m

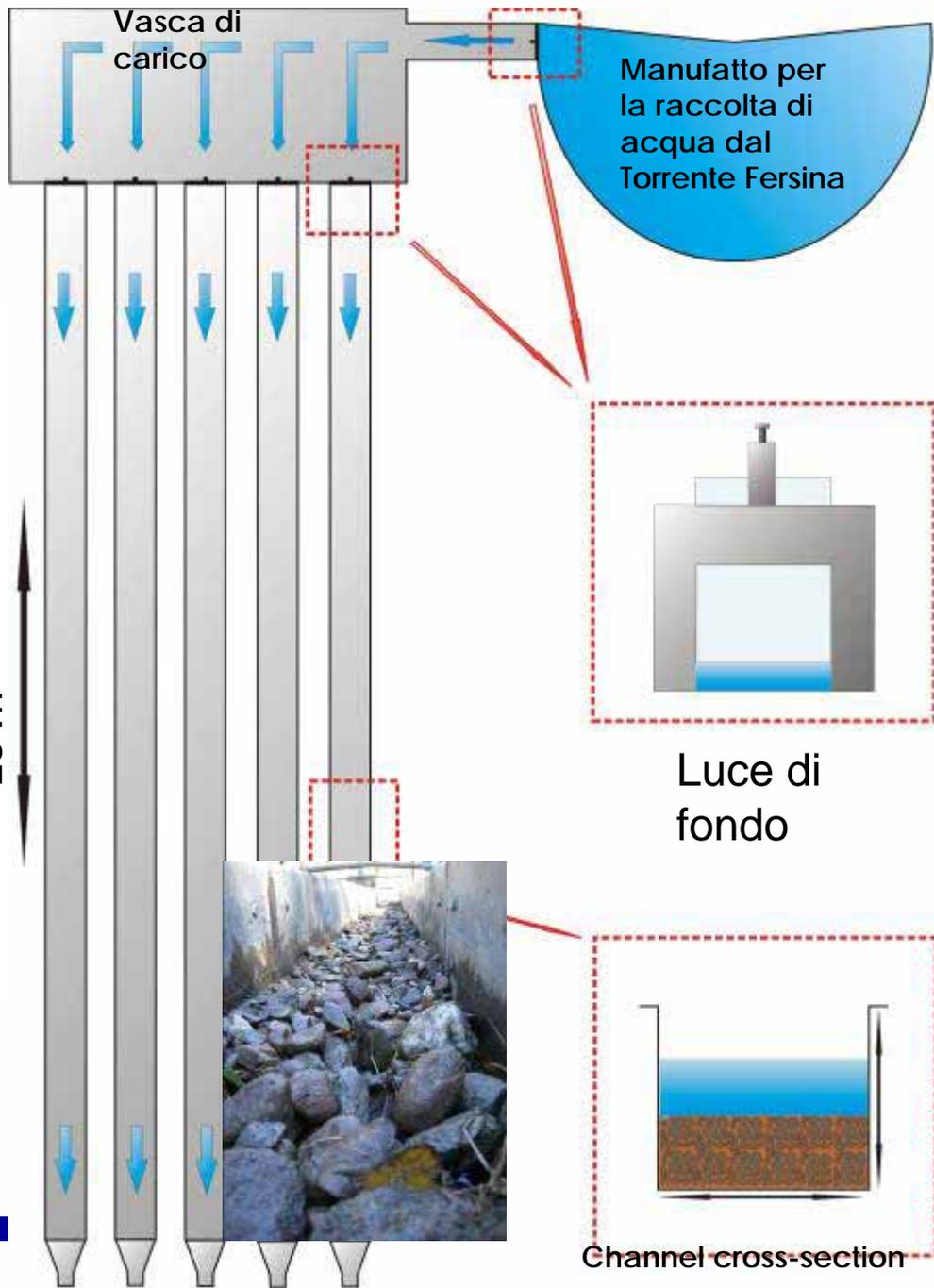
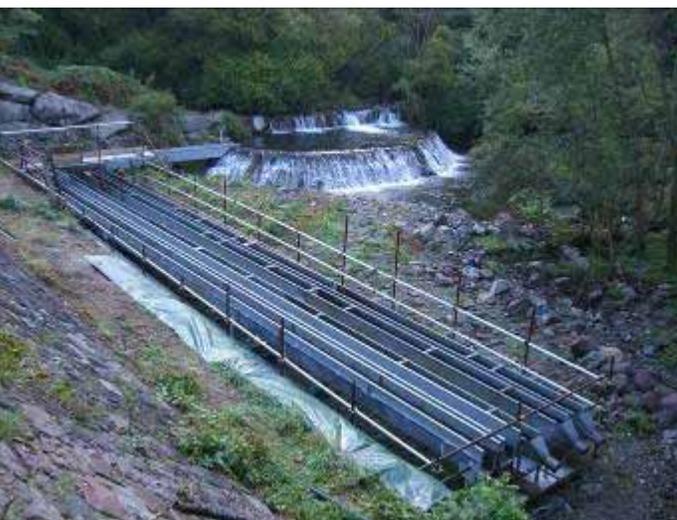
Indice hydropeaking < 40



Scale spaziali caratteristiche per il Fiume Noce (a) e il Fiume Tallapoosa (USA) (b) considerando un rilascio di durata 4h

# Hydro-Thermopeaking: effetti ecologici di scala corta





# Risposta agli stress ambientali: il drift

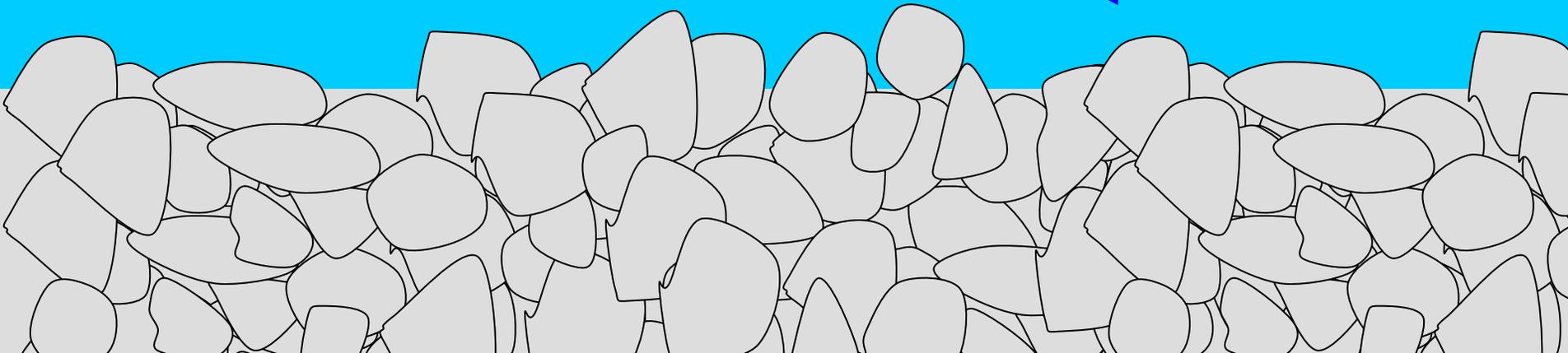
Componente faunistica principale di un fiume: comunità di invertebrati che vivono sul fondo (zoobenthos);

Drift dello zoobenthos: trasporto verso valle degli organismi ad opera della corrente;

Importante ruolo nell'ecologia di un corso d'acqua quale meccanismo di colonizzazione e dispersione degli invertebrati acquatici (che sono soprattutto larve di insetto, poco mobili).



*drift*



# Effetti ecologici indotti dall'hydropeaking: DRIFT

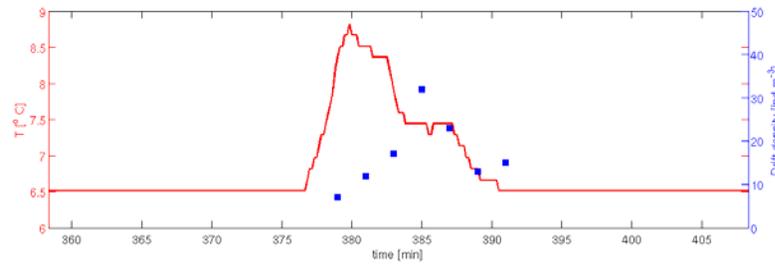
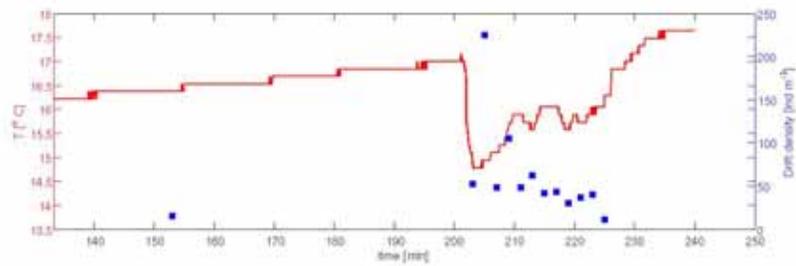
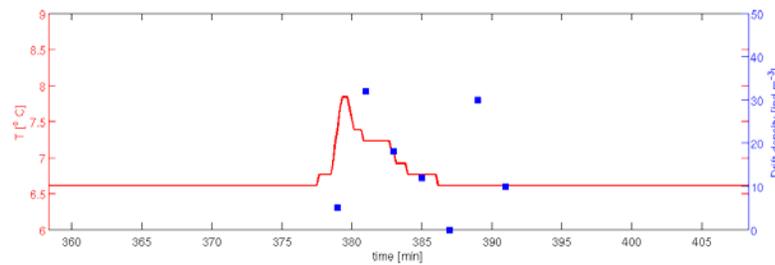
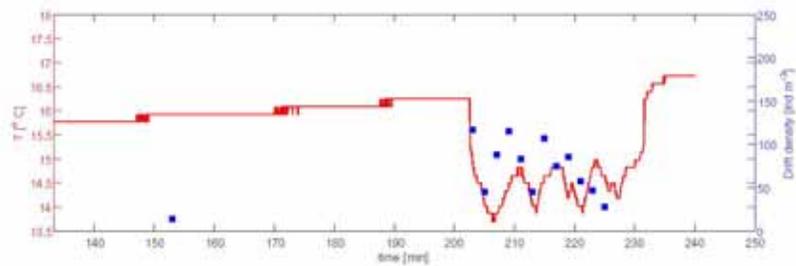
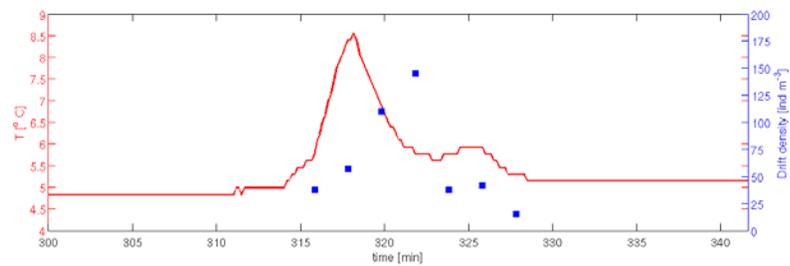
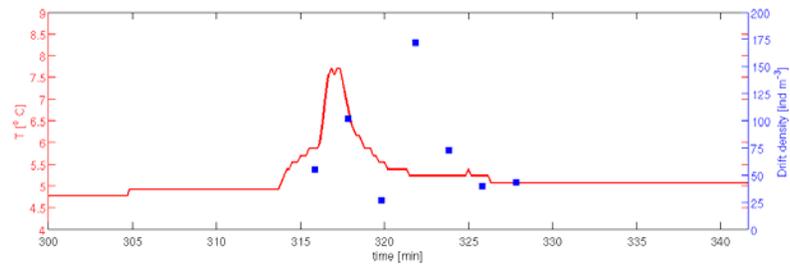
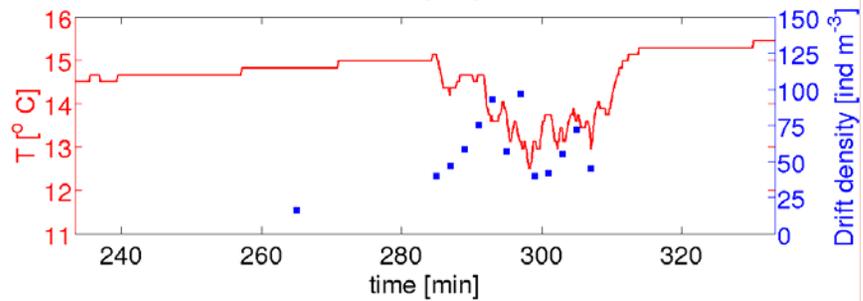
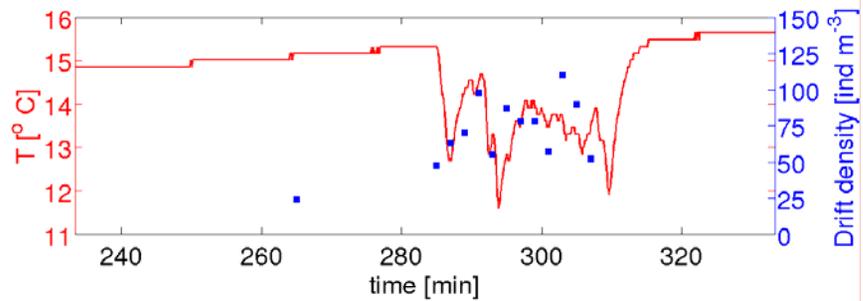
- L'hydropeaking genera un drift catastrofico
- Il thermopeaking ha un effetto sul drift?

# Thermopeaking freddo



# Thermopeaking caldo





Tipi di risposta degli invertebrati acquatici agli improvvisi aumenti di portata (HP) e aumenti/diminuzioni di temperatura (TP)

(HP-sensitive : no adattamenti morfo-fisiologico-comportamentali per resistere alla "tractive force

1) HP-sensitive, TP-sensitive:  
**Chironomidi**



2) HP-sensitive, not TP-sensitive:  
**Plecotteri, Tricotteri, Efemerotteri Betidi**



3) not HP-sensitive, sensitive to TP:  
**Simulidi**



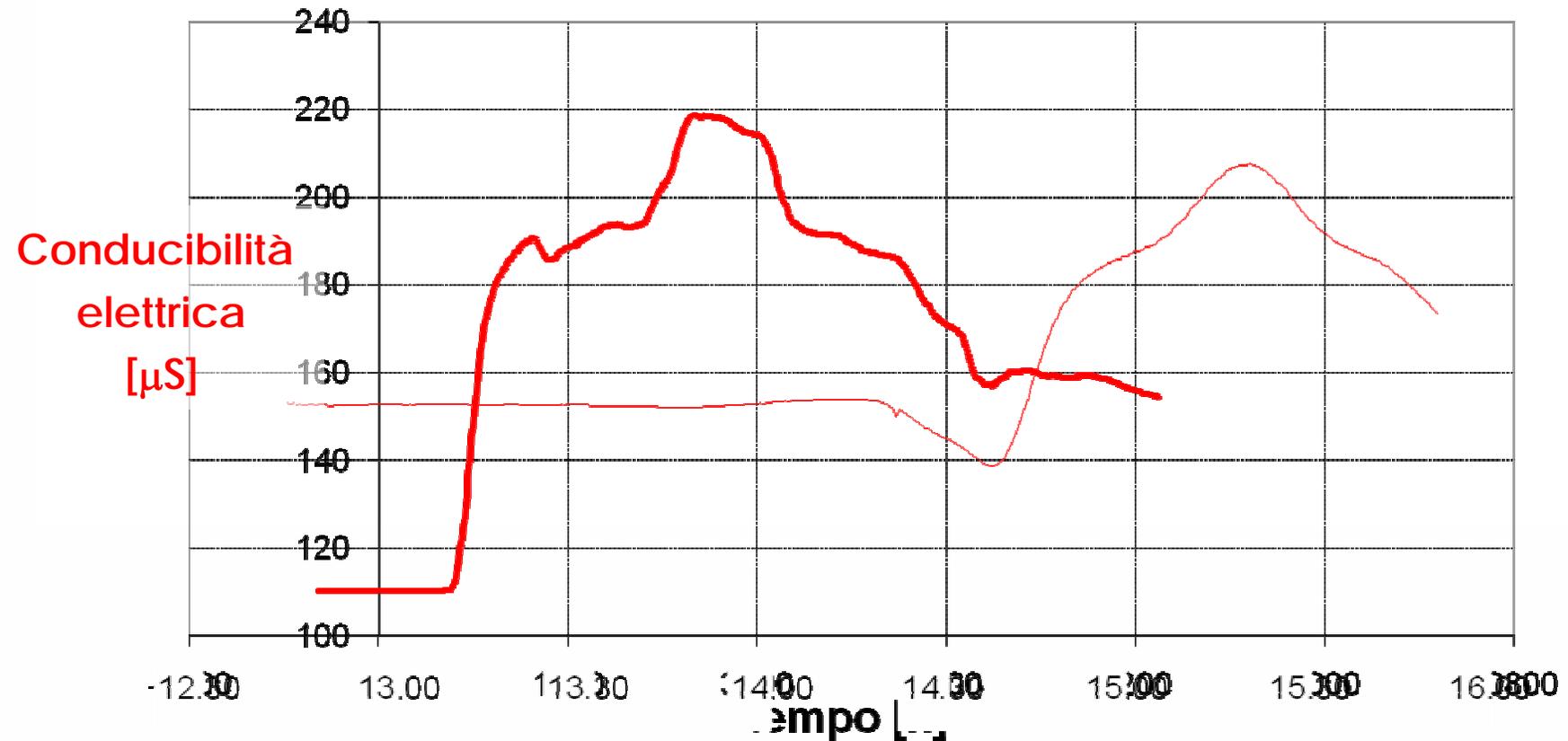
4) not HP-sensitive, not TP-sensitive :  
**Efemerotteri Eptagenidi**



# Conclusioni

- L'hydropeaking è un fenomeno complesso che provoca alterazioni sia di tipo fisico sia di tipo ecologico;
  - Le scale temporali alterate vanno dalle ore alla stagione;
  - Le scale spaziali coinvolte vanno dal singolo tratto fino all'intero corso d'acqua ;
  - E' stata messa a punto una procedura per la caratterizzazione delle alterazioni fisiche sia delle acque superficiali sia delle acque sotterranee;
  - Sono stati sviluppati strumenti che possono essere utilizzati per la valutazione di misure di mitigazione
-

# Hydropeaking: alterazioni conducibilità elettrica



# Misure nella regione iporeica: tubi-logger

