

Il monitoraggio dei corsi d'acqua: analisi ed influenza  
sulle prestazioni delle turbine idrauliche



---

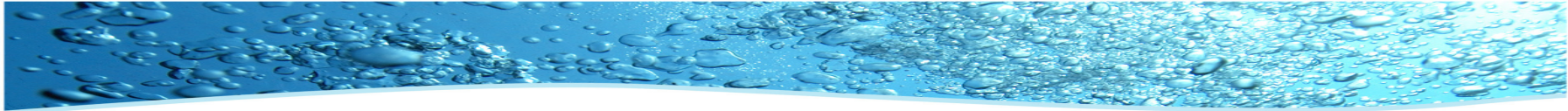
**Studio di Ingegneria "Dalla Costa ing. Stefano"**

Corso A. Fogazzaro, 202 – 36100 Vicenza (VI) ITALY

Phone: (+39) 0444 330706 Mobile: (+39) 347 8732946

E-Mail: [s.dallacosta@studiodallacosta.org](mailto:s.dallacosta@studiodallacosta.org)

Web: <http://studiodallacosta.org>



# **Il monitoraggio dei corsi d'acqua: analisi ed influenza sulle prestazioni delle turbine idrauliche**

Obiettivo:

Analisi della mutua influenza fra monitoraggio dei corsi d'acqua e prestazioni di una centrale idroelettrica ad acqua fluente.

Metodi di indagine:

- *Criteri idraulici*: curve di durata.
- *Criteri chimico-fisici*: fenomeni di trasporto, sedimentazione ed erosione.
- *Criteri biologici*: condizioni di vita della fauna acquatica.



## Water Framework Directive 2000/60/EU ...

### Finalità:

- Istituzione di un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.
- Protezione dell'ecosistema e dell'ambiente, prestando attenzione verso un utilizzo idrico sostenibile.

### Approccio:

- Innovativa classificazione dello *status* del corpo idrico basata su aspetti idro-morfologici, chimico-fisici e biologici.

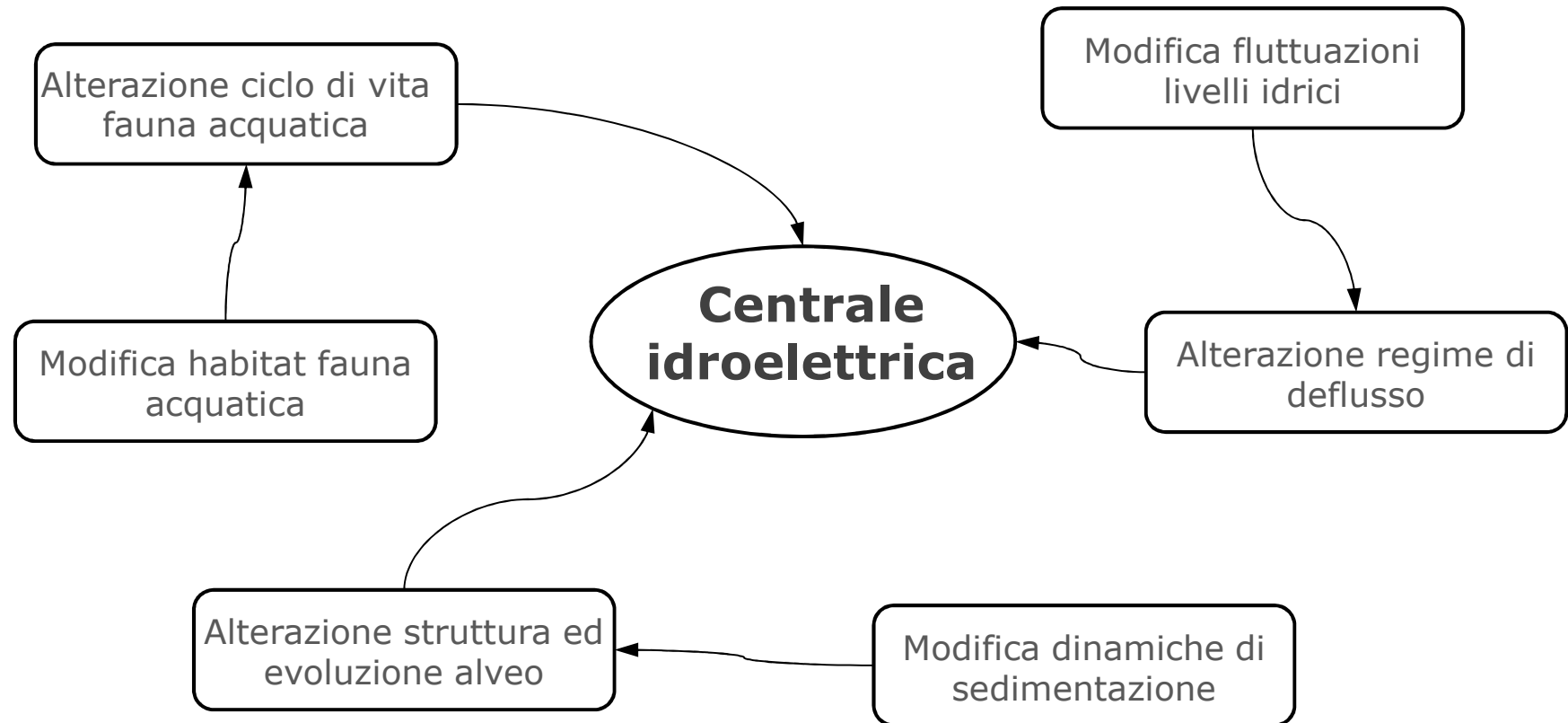


## ... Water Framework Directive 2000/60/EU

Indici di funzionalità:

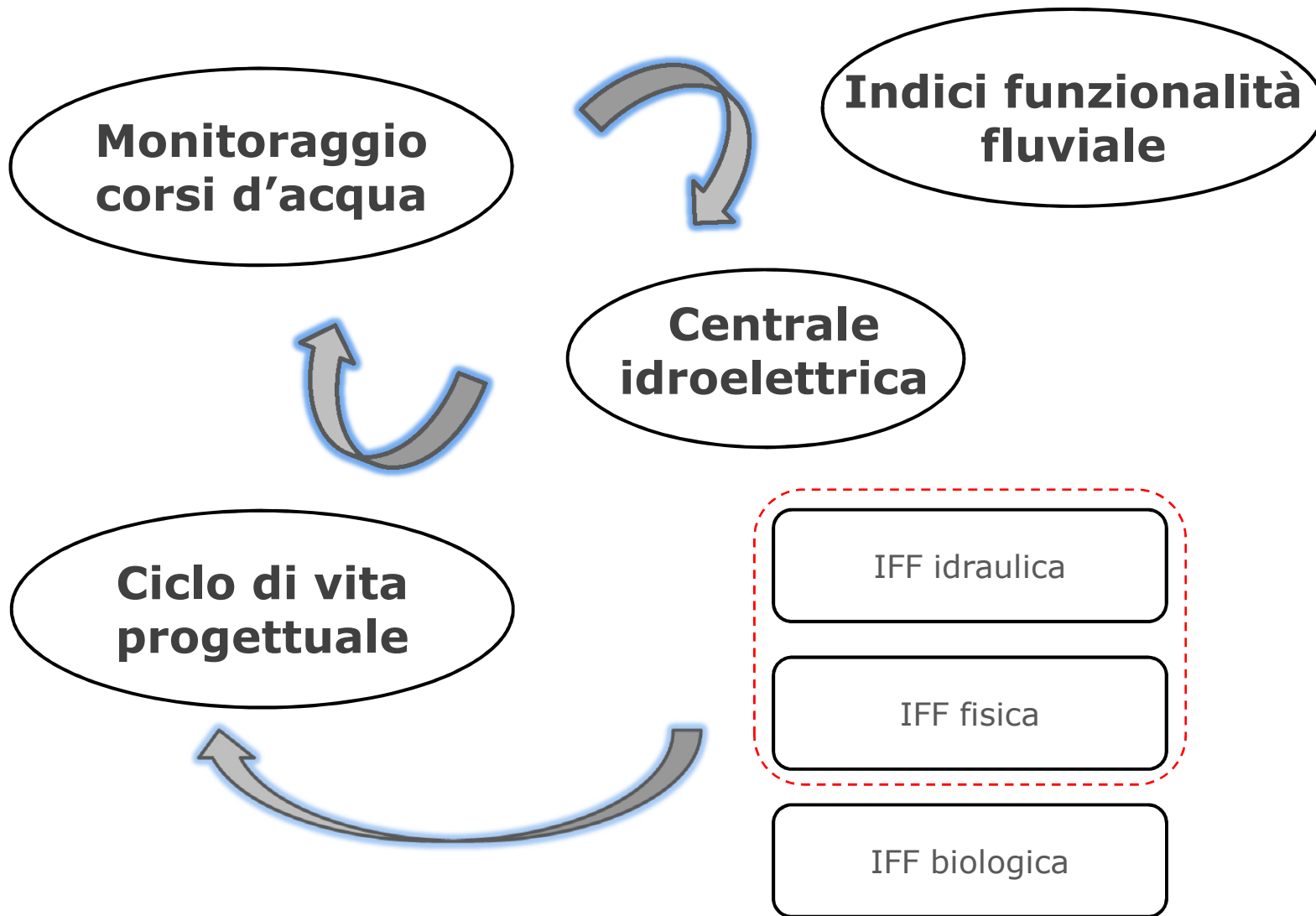
- Indice Funzionalità Fluviale (IFF): indice delle alterazioni antropiche sugli elementi idromorfologici ambientali e biotici.
- Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua (IDRAIM).

## Alterazioni antropiche ...





## ... Alterazioni antropiche

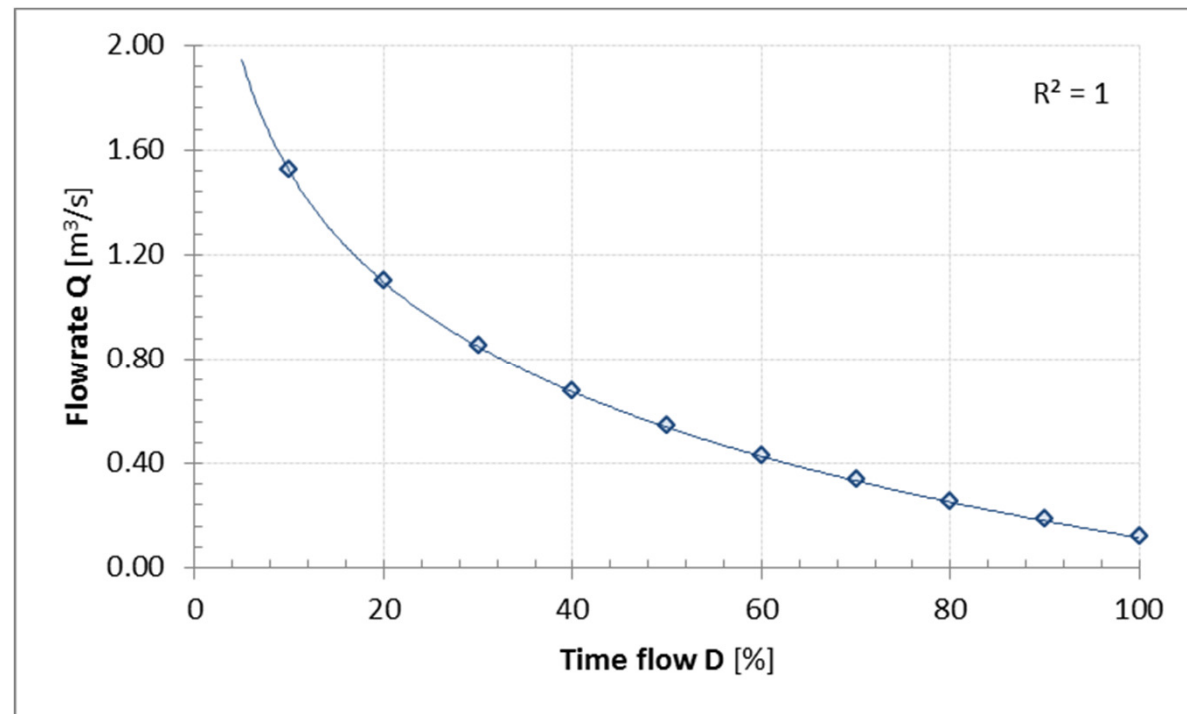




## Monitoraggio fluviale: curva di durata

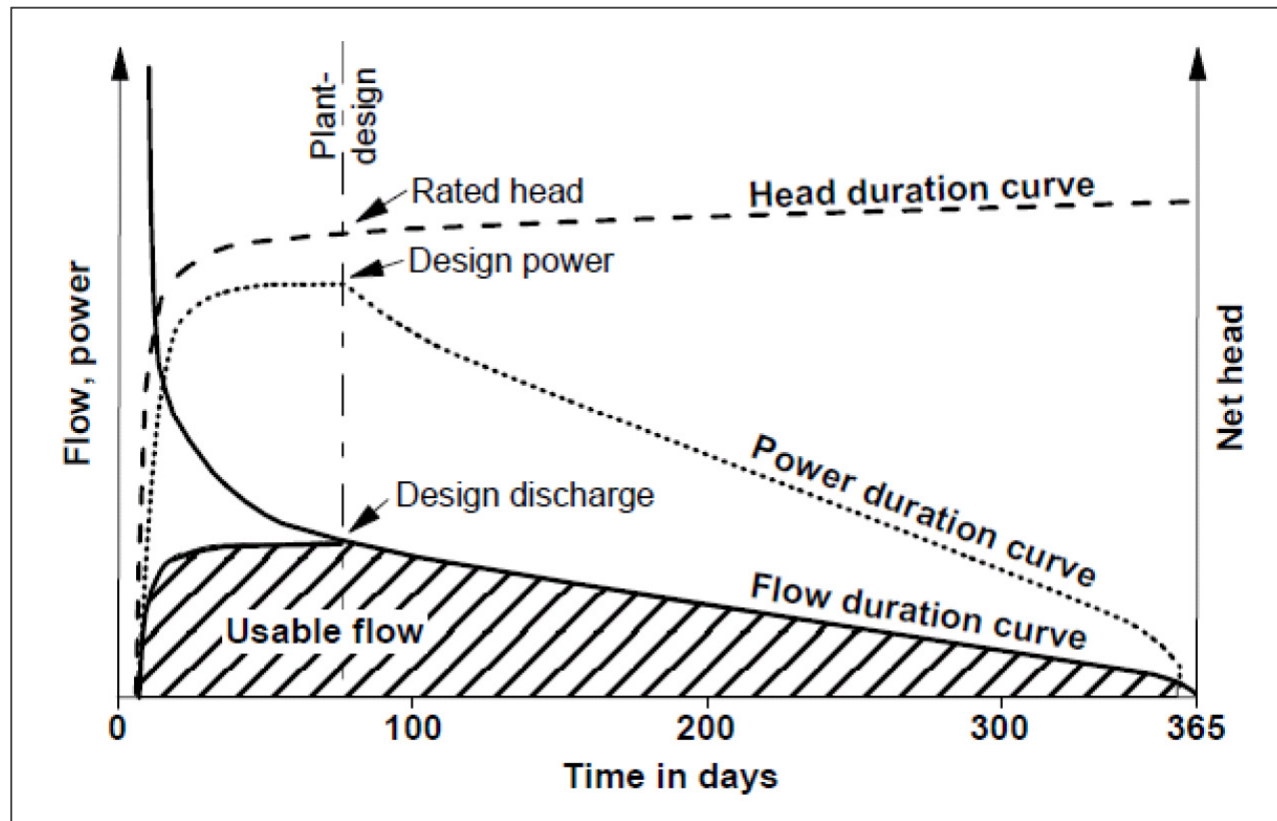
Curva di distribuzione della probabilità di superamento della portata media in un dato istante.

$$F_{QD}(q) = \text{prob}(Q \geq q_{\text{avg}}) = 1 - \text{CDF}(F_Q(q))$$



## Analisi di fattibilità dell'impianto ...

Definizione delle condizioni operative di progetto.

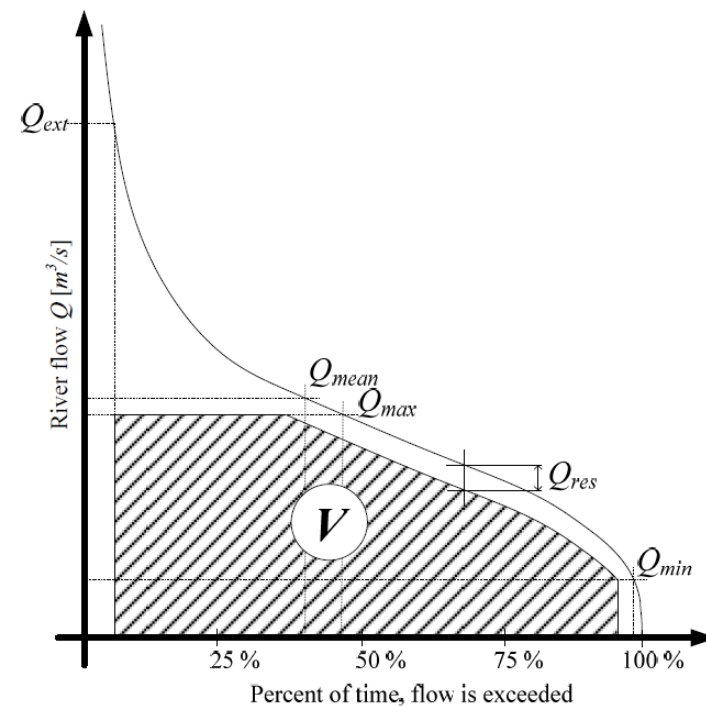


## ... Analisi di fattibilità dell'impianto

Ottimizzazione delle prestazioni:

$$\max \left( \sum_k \sum_i (\lambda(k)p_i(k) - SU_i y_i(k)) + \sum_i Q_i x_i(t) \right)$$

- (i, k): plant, period of time
- $\lambda(k)$ : forecasted energy price
- $p(k)$ : power output
- SU: start-up plant cost
- $y(k)$ : plant started-up at the beginning of k
- Q: future value of stored water
- $x(t)$ : water reservoir





## Monitoraggio fluviale: erosione nelle turbine ...

Erosione: azione dinamica di particelle in sospensione che urtano una superficie solida.

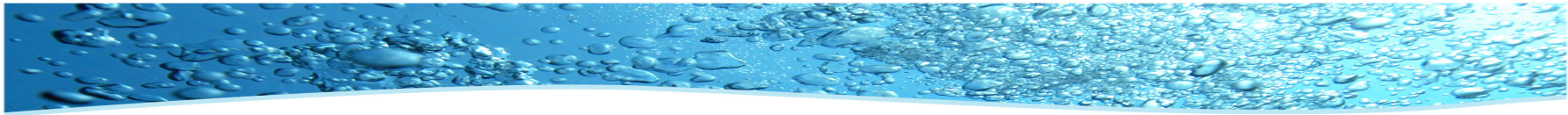
L'erosione influenza aspetti operativi e di manutenzione della centrale, riducendo efficienza e durata della turbina.



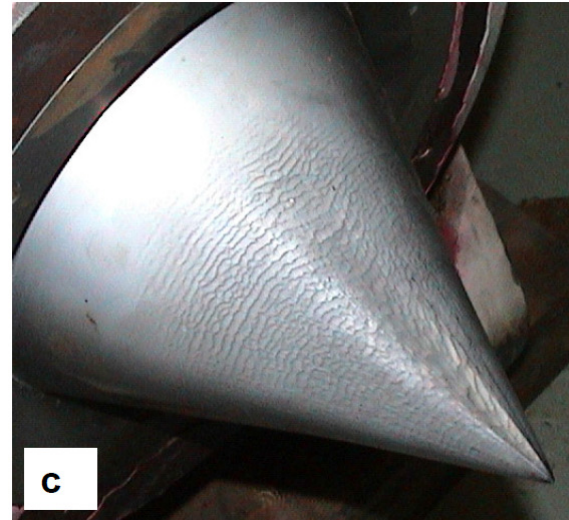
Guide vanes



Turbine runner



## ... Erosione nelle turbine



Erosion at runner outlet



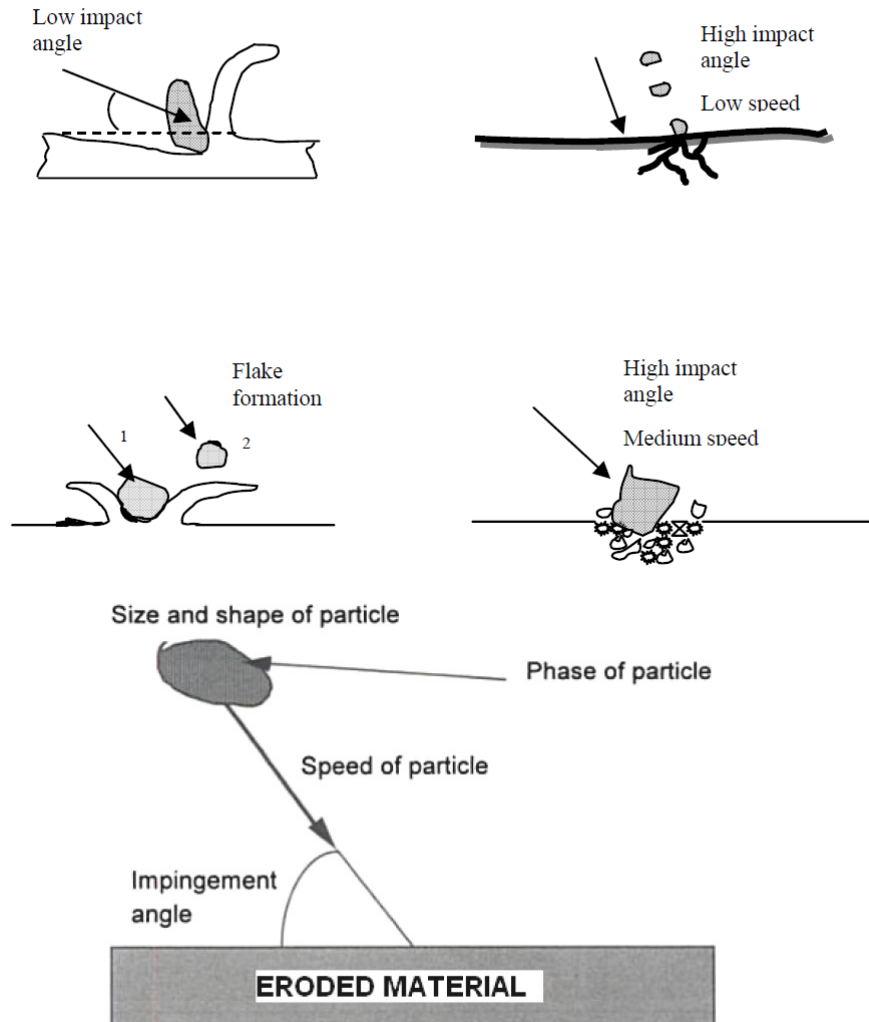
Erosion at pressure side of blade



# Meccanismi di erosione

Fenomeni meccanici:

- erosione/abrasione;
- fatica superficiale/fragile;
- deformazione duttile/plastica.



Parametri di controllo



## Misura dell'erosione

■ Truscott:  $Wear \propto Velocity^n$

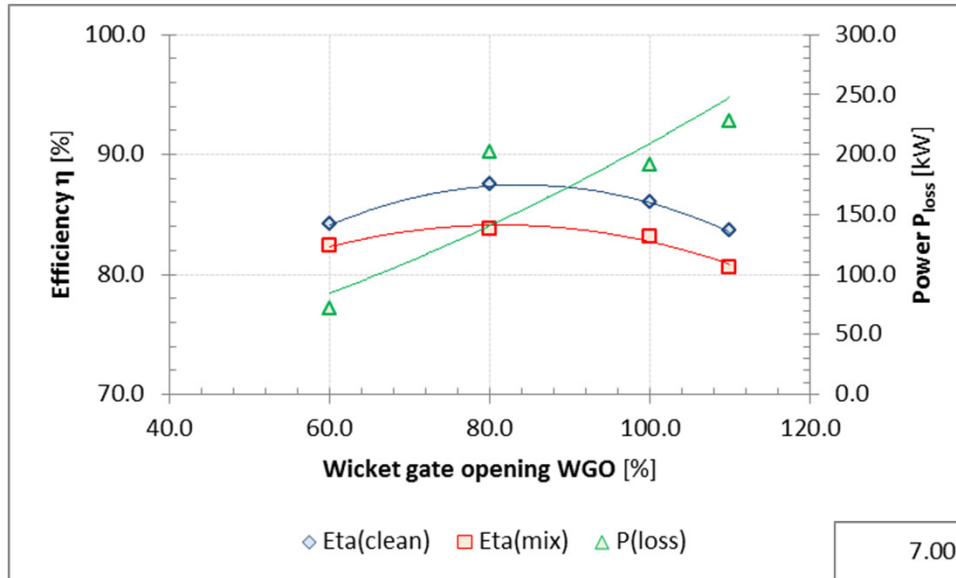
■ Bergeron:  $Wear \propto \zeta_{exp} \cdot \frac{c^3}{d_{ref}} \cdot (\rho_p - \rho_w) \cdot (d_p^3 \cdot n_p)$

■ Bardal:  $Wear \propto (K_{mat}K_{env})C_p \cdot c^n \cdot f(\alpha)$

■ Takagi:  $\frac{\eta_{mix}}{\eta_{clean}} = 1.0 - 0.085 \cdot C_w$



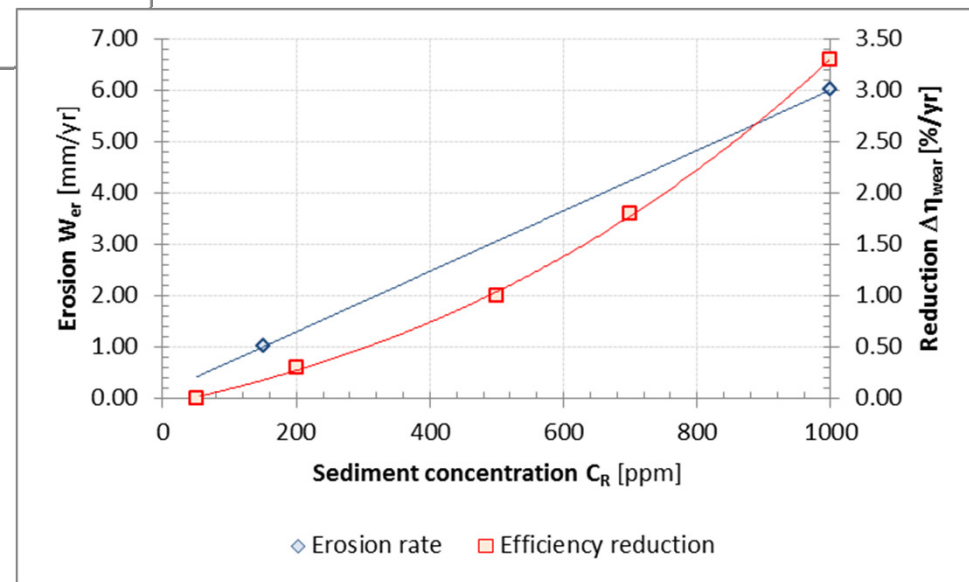
## Riduzione dell'efficienza



Riduzione dell'efficienza in funzione dell'apertura del distributore.

$Q = 47.57 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $H_n = 15 \text{ m}$   
 $n = 125 \text{ rpm}$   
 $P = 7 \text{ MW}$

Riduzione dell'efficienza e velocità di erosione in funzione della concentrazione dei sedimenti.





## In sintesi ...

- Monitoraggio dei corsi d'acqua ↔ Indici Funzionalità Fluviale.
  
- Monitoraggio dei corsi d'acqua ↔ Ciclo di vita progettuale.
  - Monitoraggio idraulico: analisi di fattibilità dell'impianto.
  
  - Monitoraggio chimico-fisico e biologico: progettazione della turbina.



Grande