

# Approvvigionamento e Distribuzione Idrica: Esperienza, Ricerca ed Innovazione

UTILIZZO  
PLURIMO DEI  
LAGHI DI CAVA  
NELLA GESTIONE  
DELLA RISORSA  
IDRICA

G. Ravazzani<sup>1</sup>

M. Mancini<sup>1</sup>

S. Meucci<sup>2</sup>

*1 DIIAR-CIMI  
Politecnico di Milano*

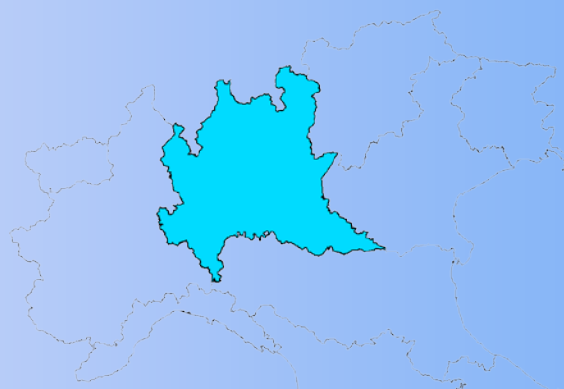
*2 MMI s.r.l.  
Milano, [www.mmidro.it](http://www.mmidro.it)*



28 – 29 Giugno 2007  
Ferrara



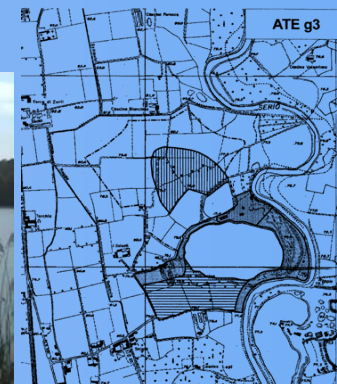
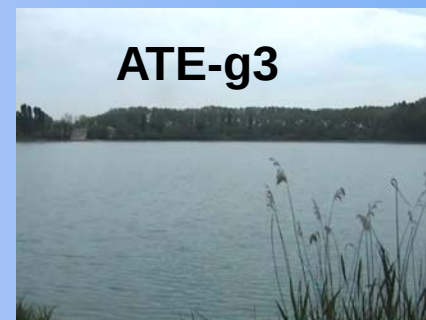
## OBIETTIVI



**Mitigare il rischio di esondazione utilizzando le cave in prossimità dei corsi d'acqua come casse di espansione**

**Limitare i danni causati dalla siccità usando l'acqua dei laghi di cava per sopperire alla richiesta idrica in casi di grave scarsità**

## CASO DI STUDIO



## Caratteristiche delle cave

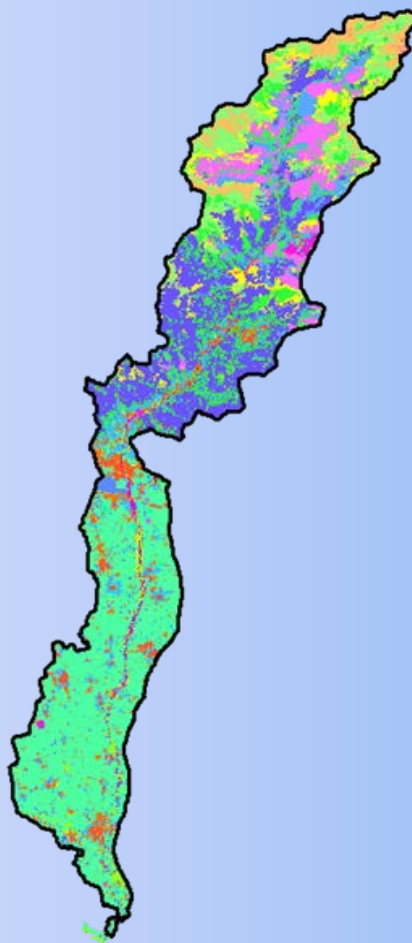
| Codice cava | Stato attuale                |                | Espansione futura            |                |
|-------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
|             | superficie [m <sup>2</sup> ] | profondità [m] | superficie [m <sup>2</sup> ] | profondità [m] |
| ATE g2      | 51400                        | 16             | 0                            | -              |
| ATE g3      | 163250                       | 15             | 160000                       | 15             |
| ATE g4      | 100200                       | 15             | 98600                        | 15             |
| totale      | 314850                       | -              | 258600                       | -              |

**DATI DISPONIBILI: cartografia**

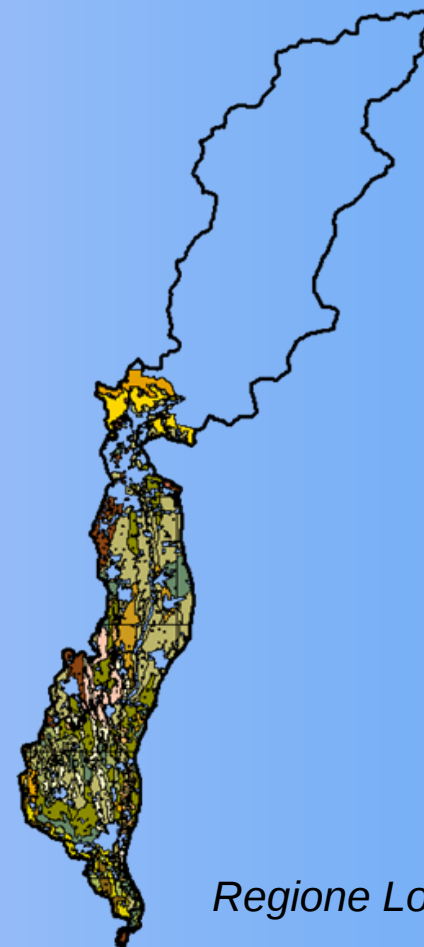
**DEM**



**USO DEL SUOLO  
DUSAF**



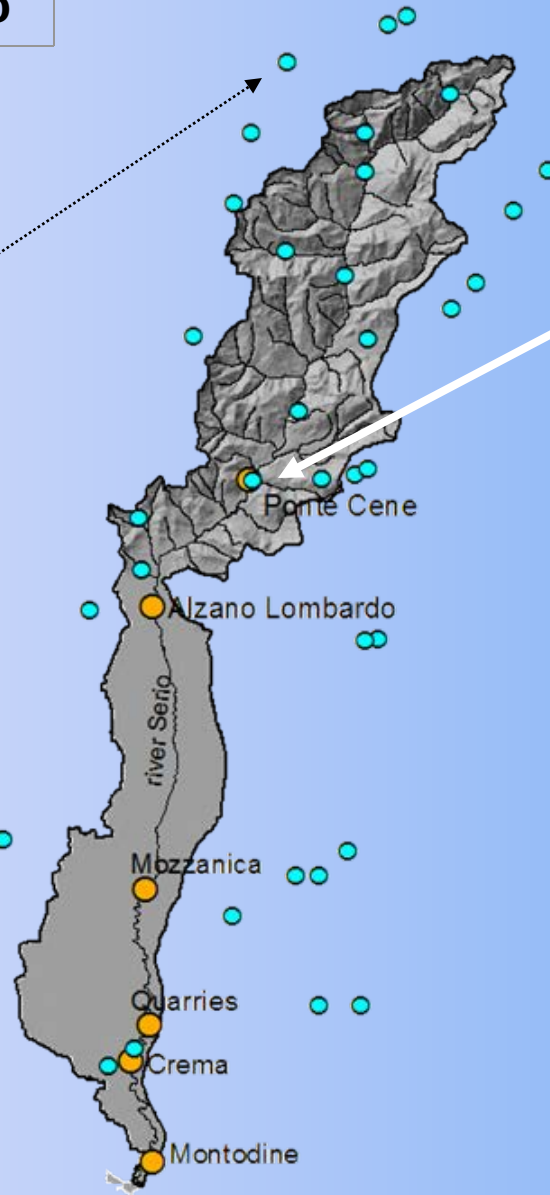
**LITOLOGIA**



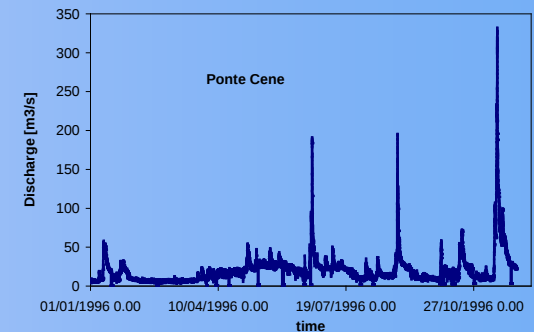
*Regione Lombardia*

## DATI DISPONIBILI: idro-meteo

 **Precipitazioni  
Novembre 2002**  
*ARPA Regione  
Lombardia*



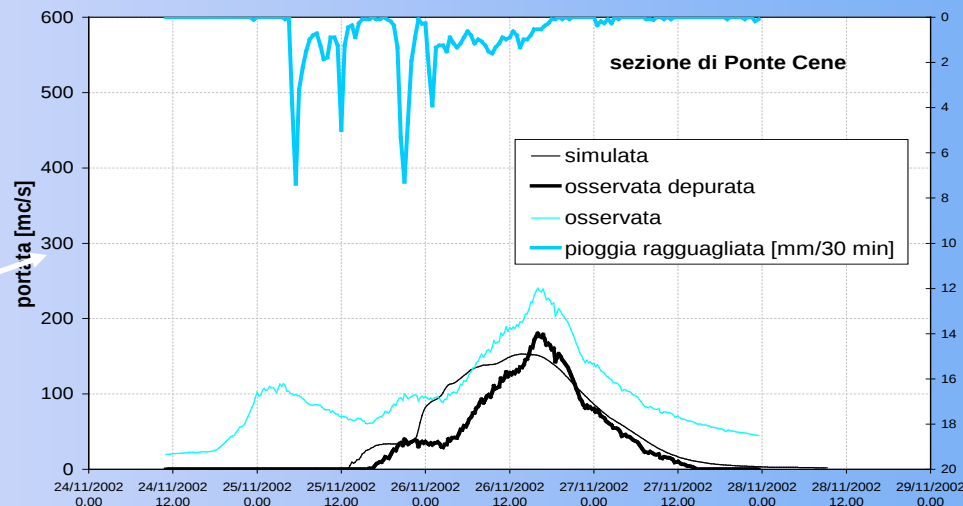
**Portate 1995 - 2005**



*Consorzio di Bonifica Media  
Pianura Bergamasca*

## IDROLOGIA DI PIENA

### Validazione del modello A-F

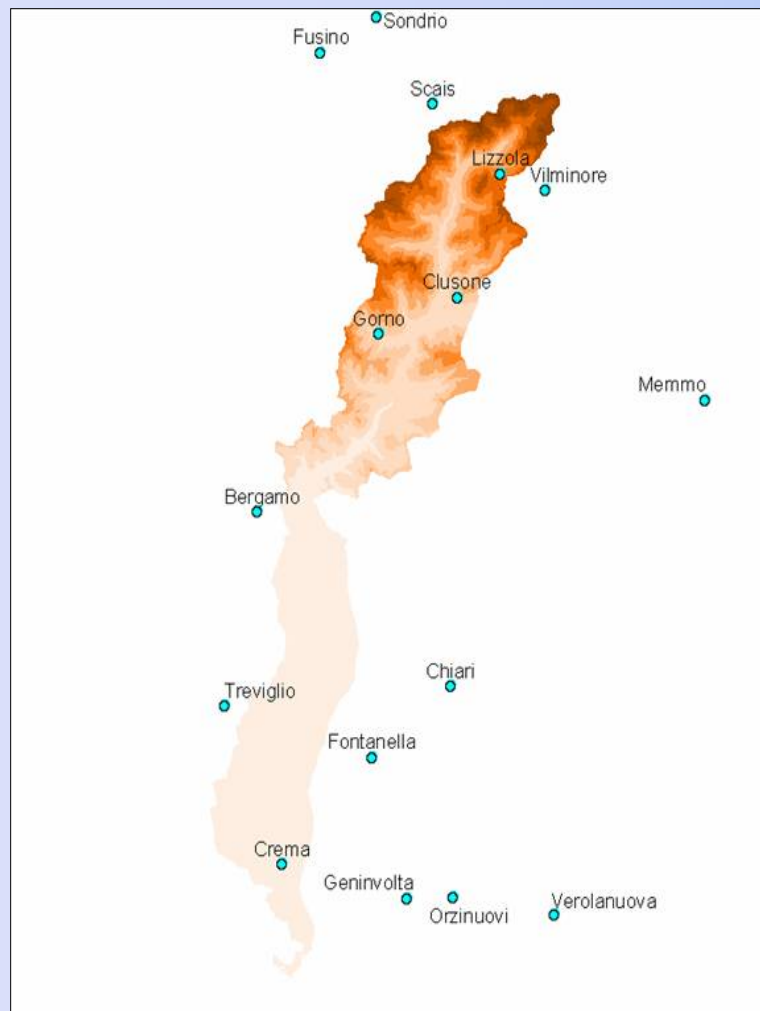


**Risultati della simulazione dell'evento con il modello FEST a confronto con le osservazioni di portata depurate dal deflusso di base.**

|                    | Portata massima<br>[mc/s] | Volume [mc] | Tempo di picco   |
|--------------------|---------------------------|-------------|------------------|
| Osservata depurata | 175                       | 11221858    | 26/11/2002 16:00 |
| Simulata           | 153                       | 14722794    | 26/11/2002 13:45 |

## IDROLOGIA DI PIENA

### Caratterizzazione delle piogge intense

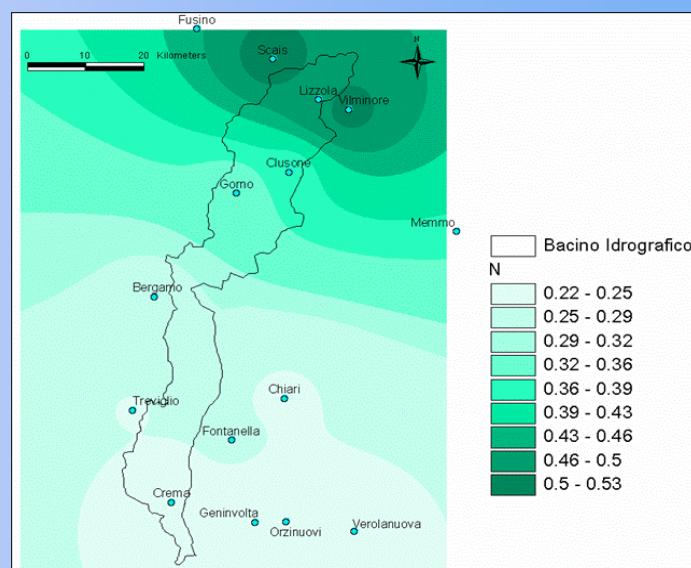
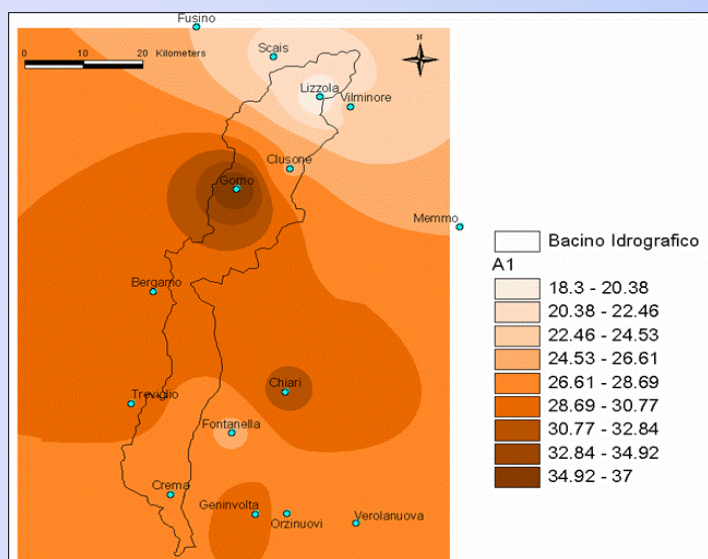
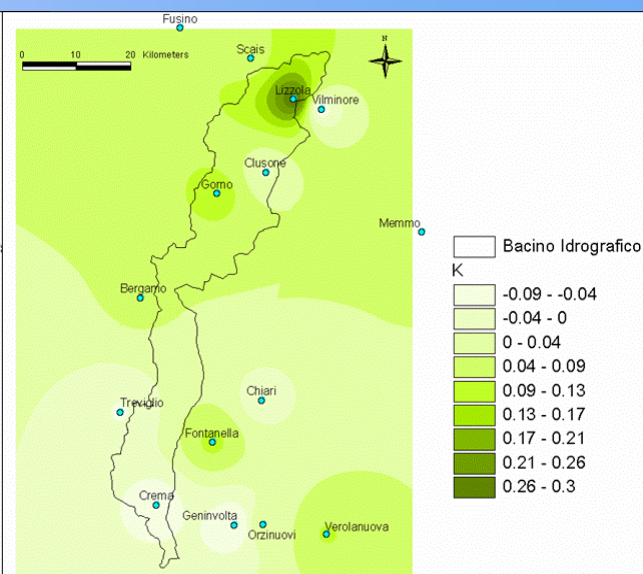
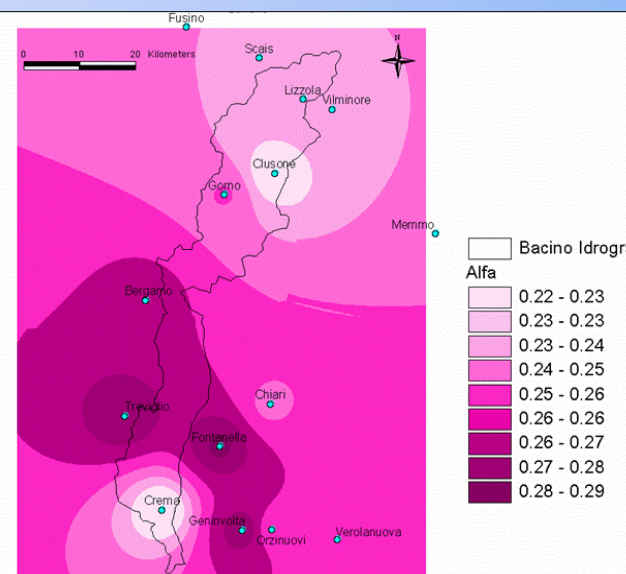
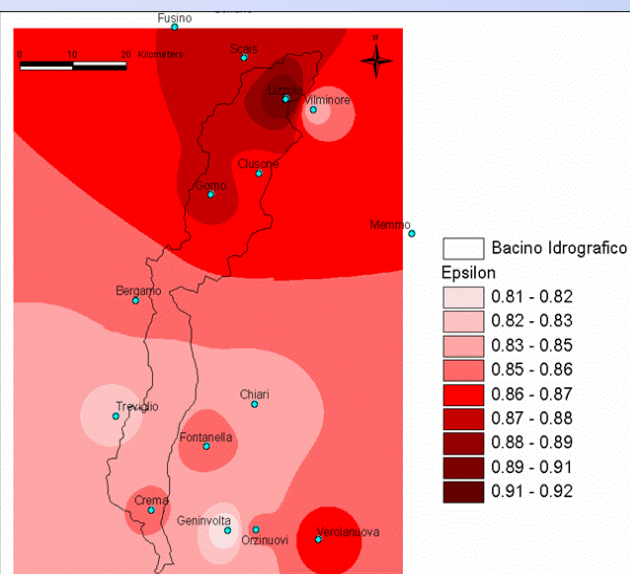


*Progetto VAPI*

| Stazione    | $a_1$ | n     | $\varepsilon$ | $\alpha$ | k      |
|-------------|-------|-------|---------------|----------|--------|
| Bergamo     | 30.5  | 0.272 | 0.859         | 0.271    | 0.058  |
| Chiari      | 31.7  | 0.247 | 0.851         | 0.252    | -0.015 |
| Clusone     | 26.5  | 0.374 | 0.872         | 0.222    | 0.001  |
| Crema       | 27.8  | 0.238 | 0.859         | 0.219    | -0.061 |
| Cremona     | 24.9  | 0.286 | 0.800         | 0.274    | -0.134 |
| Fontanella  | 26.0  | 0.261 | 0.862         | 0.288    | 0.108  |
| Fusino      | 11.4  | 0.464 | 0.867         | 0.235    | 0.015  |
| Geninvolta  | 30.6  | 0.218 | 0.810         | 0.283    | -0.087 |
| Gorno       | 37.0  | 0.335 | 0.879         | 0.256    | 0.117  |
| Lanzada     | 13.5  | 0.456 | 0.896         | 0.200    | 0.058  |
| Lizzola     | 18.3  | 0.500 | 0.918         | 0.241    | 0.301  |
| Memmo       | 25.5  | 0.384 | 0.860         | 0.271    | 0.065  |
| Orzinuovi   | 26.7  | 0.250 | 0.862         | 0.258    | 0.043  |
| Pieve       | 29.3  | 0.254 | 0.762         | 0.282    | -0.216 |
| Scais       | 22.0  | 0.535 | 0.877         | 0.244    | 0.077  |
| Sondrio     | 15.7  | 0.422 | 0.876         | 0.210    | -0.012 |
| Tirano      | 18.1  | 0.307 | 0.825         | 0.242    | -0.129 |
| Treviglio   | 29.1  | 0.254 | 0.825         | 0.285    | -0.037 |
| Verolanuova | 28.5  | 0.236 | 0.873         | 0.261    | 0.099  |
| Vilminore   | 22.9  | 0.524 | 0.845         | 0.245    | -0.053 |

## IDROLOGIA DI PIENA

## Caratterizzazione delle piogge intense



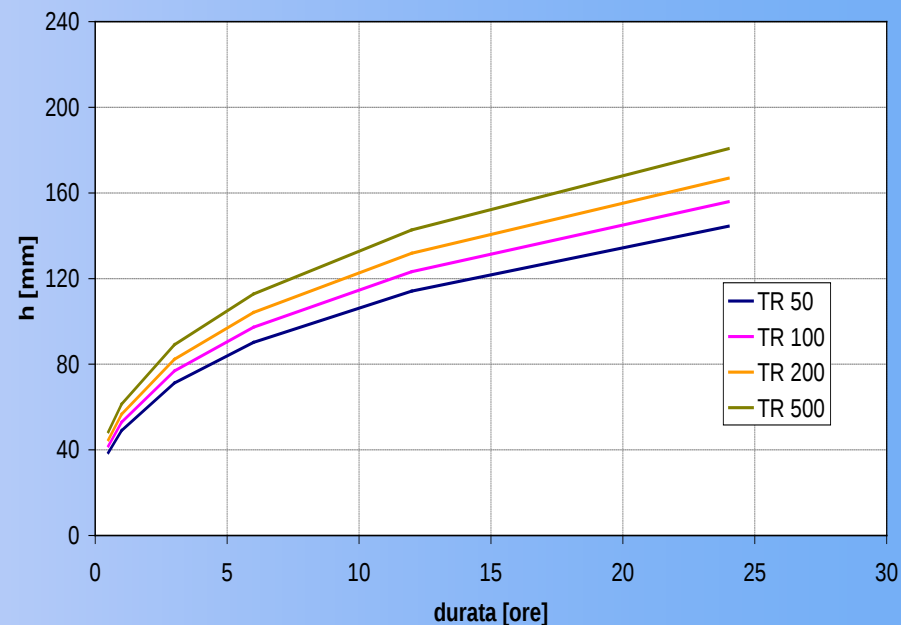
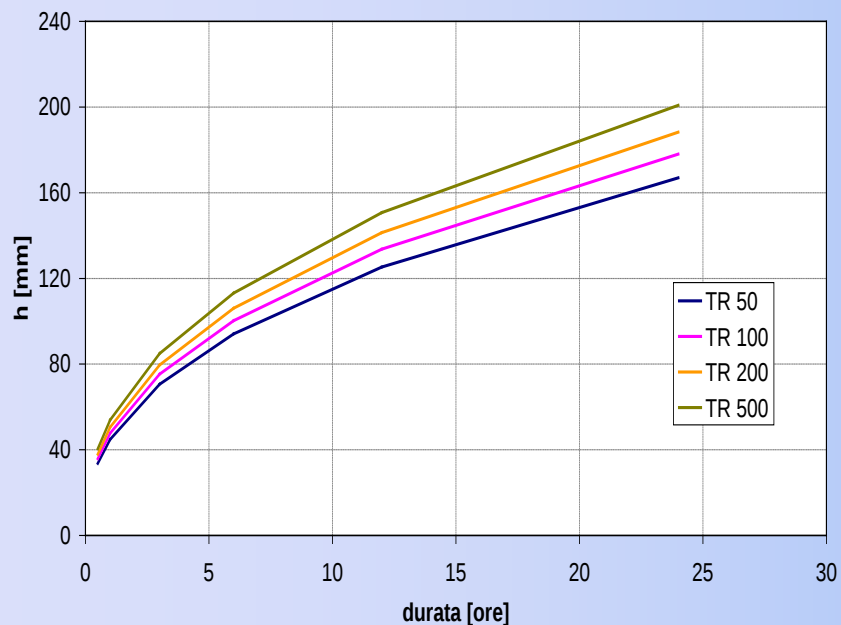
## IDROLOGIA DI PIENA

### Caratterizzazione delle piogge intense

|                | Bacino di monte (Ponte Cene) | Bacino complessivo |
|----------------|------------------------------|--------------------|
| Parametro "a1" | 27.063                       | 28.09              |
| Parametro "n"  | 0.414                        | 0.34               |
| Parametro "ε"  | 0.88                         | 0.866              |
| Parametro "α"  | 0.24                         | 0.251              |
| Parametro "k"  | 0.1                          | 0.056              |

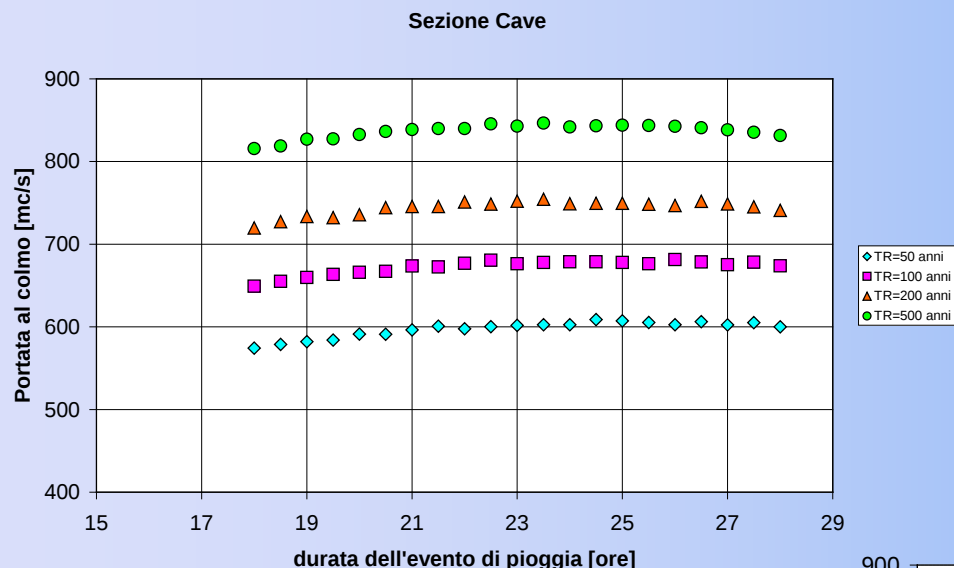
Bacino di monte (Ponte Cene)

Bacino complessivo



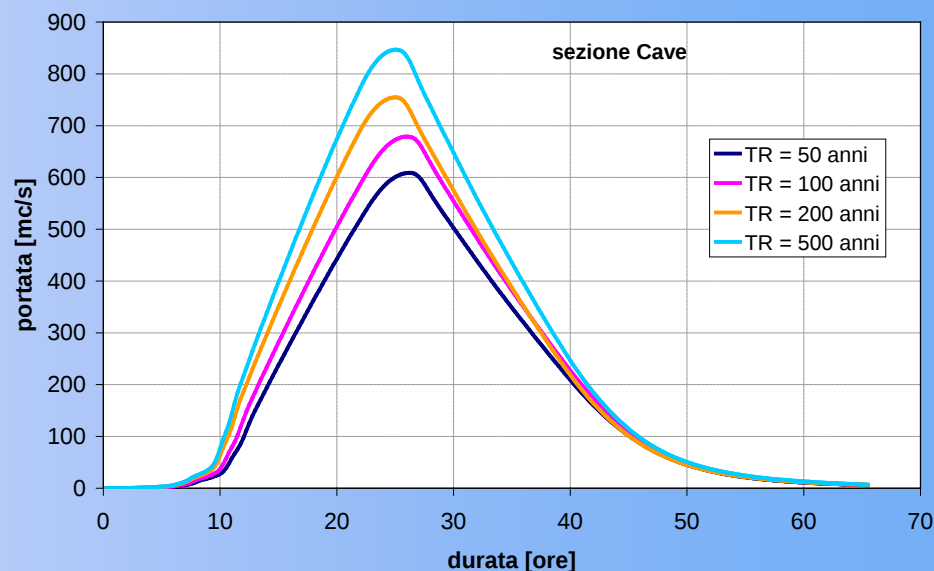
## IDROLOGIA DI PIENA

### Stima degli idrogrammi di piena



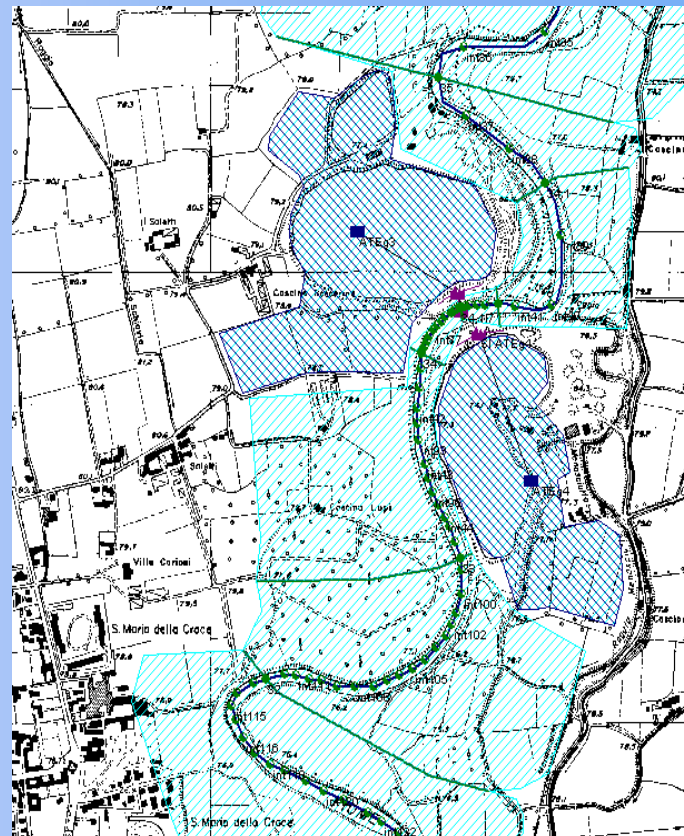
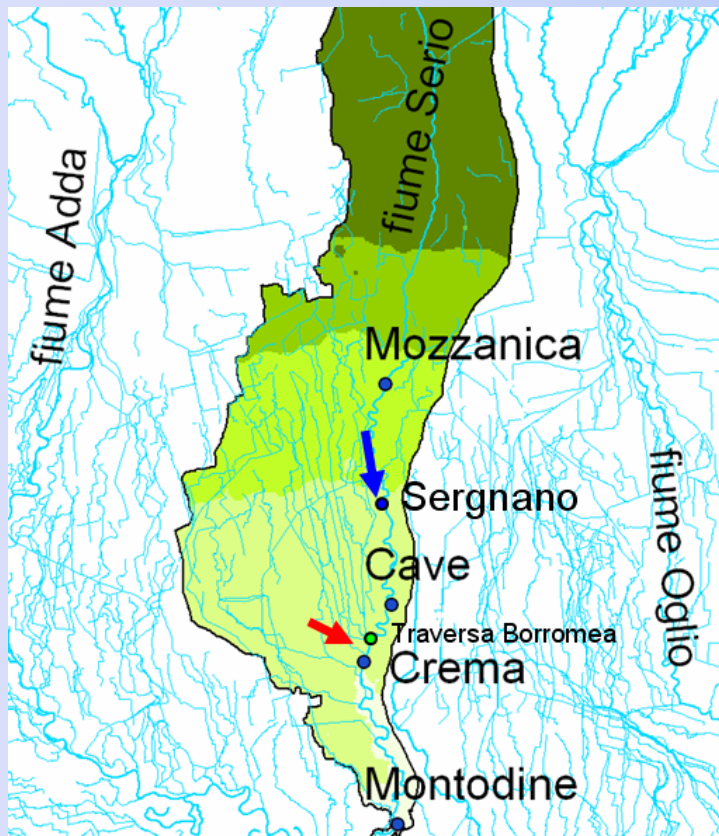
Stima delle portate al colmo mediante ricerca dell'evento critico col modello distribuito FEST. Nei grafici sono mostrati l'involuppo delle portate al colmo per assegnato tempo di ritorno in funzione della durata dell'evento di pioggia.

Idrogrammi di progetto per la sezione delle cave per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.



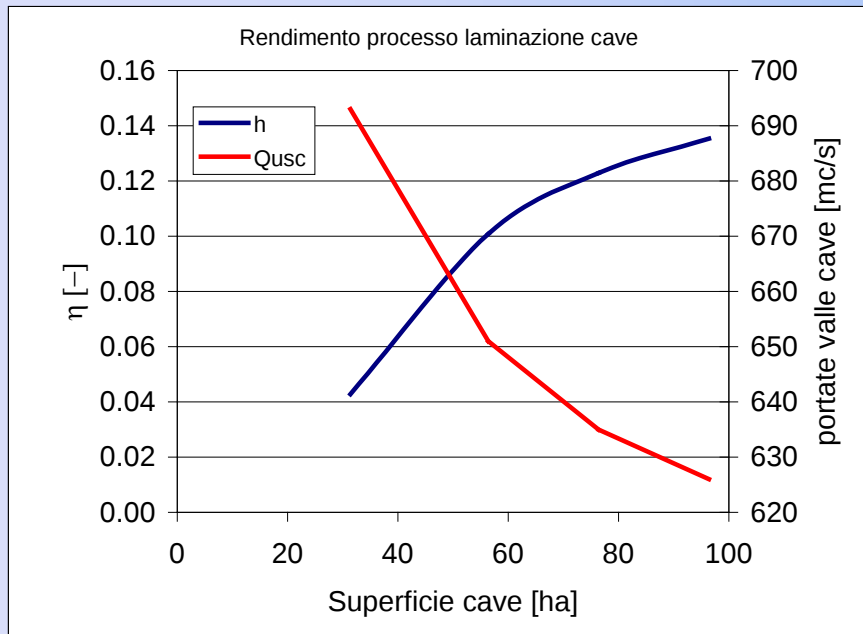
## MODELLO IDRAULICO

*Stima degli idrogrammi di piena*



## MODELLO IDRAULICO

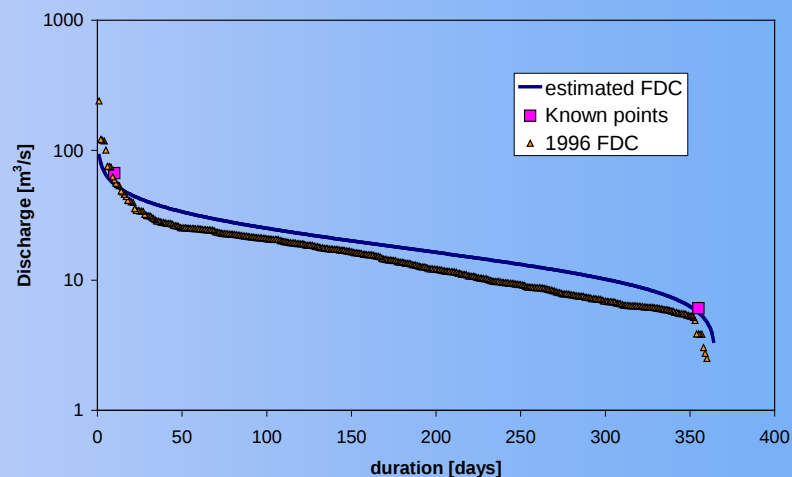
### Effetto di laminazione



laminazione della portata di circa 70 m<sup>3</sup>/s sull'idrogramma con portata al colmo di 200 anni di periodo di ritorno. Tale riduzione comporta un aumento del franco di sicurezza nelle sezione dell'abitato di Crema, che nello stato attuale ha franchi di sicurezza minori di 1metro

|                               | Qin<br>(m <sup>3</sup> /s) | Qout<br>(m <sup>3</sup> /s) | W ATEg3<br>(m <sup>3</sup> ) | W ATEg4<br>(m <sup>3</sup> ) | Wtot<br>(m <sup>3</sup> ) | Stot<br>(ha) | η (-) |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------|-------|
| stato attuale                 | 724                        | 693                         | 503163                       | 345915                       | 849078                    | 31.4         | 0.04  |
| Ampliamento Piano Cave        | 724                        | 651                         | 775935                       | 681174                       | 1457109                   | 56.4         | 0.10  |
| Ampliamento Piano Cave +20 ha | 724                        | 635                         | 1053504                      | 1033794                      | 2087298                   | 76.4         | 0.12  |
| Ampliamento Piano Cave +40 ha | 724                        | 626                         | 1270350                      | 1325925                      | 2596275                   | 96.4         | 0.14  |

## IDROLOGIA DI MAGRA



$$D(q) = 365[1 - F_q(q)]$$

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

$$\sigma_y^2 = \ln \left[ \left( \frac{\sigma_q}{\mu_q} \right)^2 + 1 \right]$$

$$\mu_y = \ln(\mu_q) - 0.5\sigma_y^2$$

Bartolini, 2004

$$\mu_q = a_1 S^{b_1} H^{c_1}$$

$$\sigma_q = a_2 S^{b_2} H^{c_2}$$

$S$  = area bacino [ $\text{km}^2$ ]

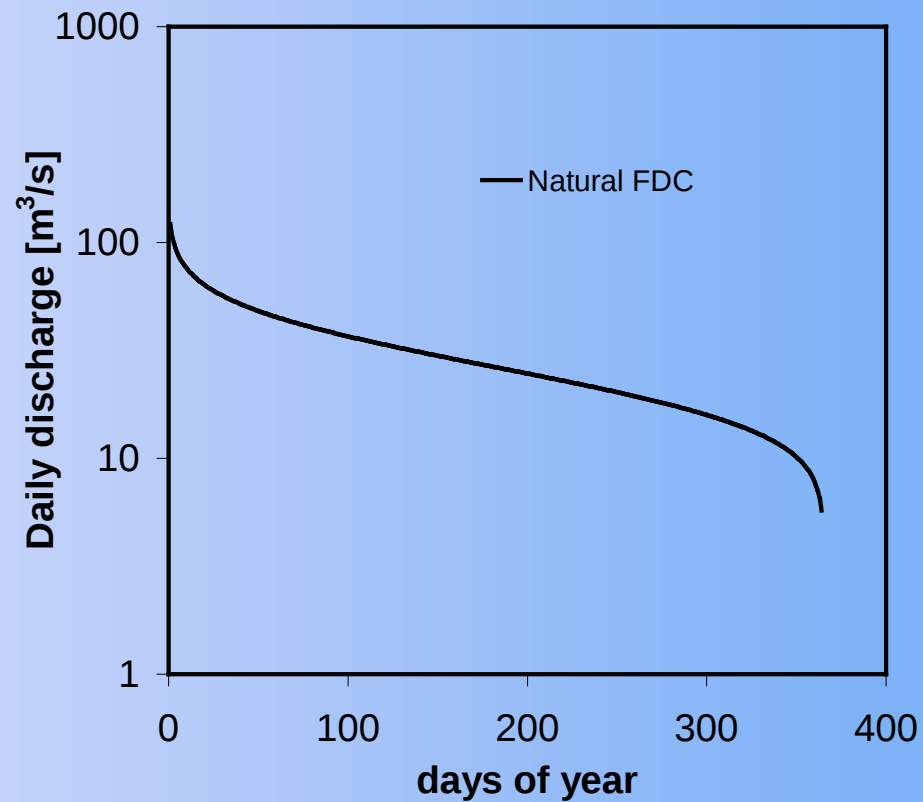
$H$  = pioggia media annuale [ $\text{m}$ ]

| $a_1$  | $b_1$ | $c_1$ | $a_2$ | $b_2$ | $c_2$ |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.0216 | 0.99  | 1.43  | 0.023 | 0.924 | 1.148 |

## IDROLOGIA DI MAGRA

$S = 711 \text{ [km}^2\text{]}$

$H = 1.7 \text{ [m]}$



## IDROLOGIA DI MAGRA

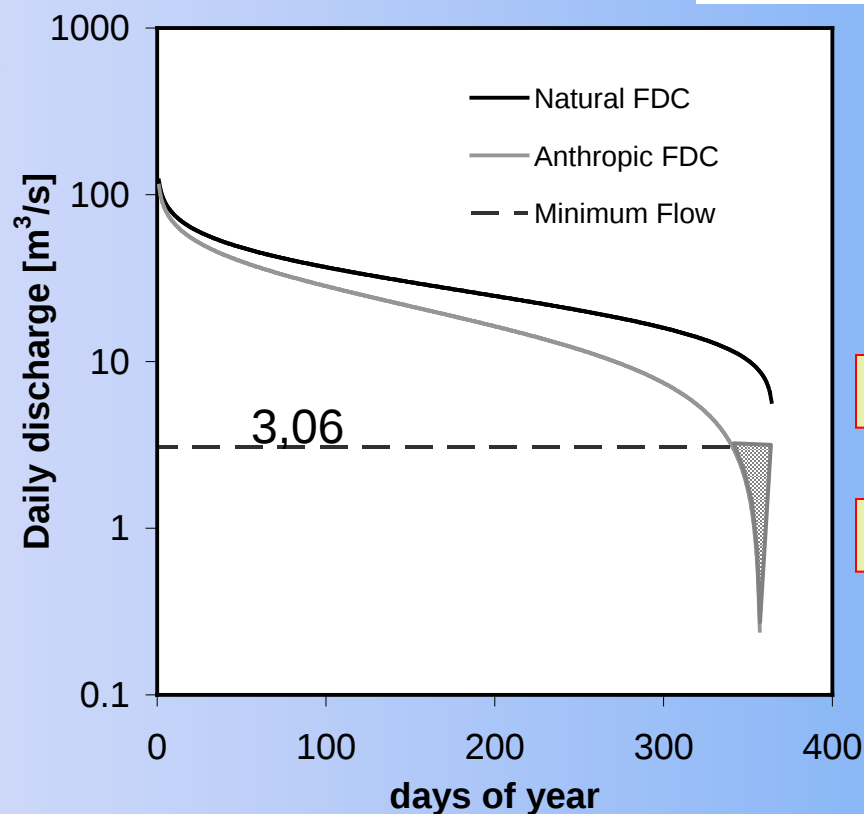
$S = 711 \text{ [km}^2\text{]}$

$H = 1.7 \text{ [m]}$

*Prelievi a monte =  $10,33 \text{ m}^3/\text{s}$*

*Prelievi a valle =  $2,26 \text{ m}^3/\text{s}$*

| Nome                 | gen  | feb  | mar  | apr  | mag  | giu  | lug  | ago  | set  | ott  | nov  | dic  | media<br>annua<br>derivata | media annua<br>da<br>concessione |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------|----------------------------------|
| Roggia Comenduna     | 0    | 0    | 0    | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 0    | 0    | 0    | -                          | 2.41                             |
| Roggia Moriana       | 0    | 0    | 0    | 4.57 | 4.57 | 4.57 | 4.57 | 4.57 | 4.57 | 0    | 0    | 0    | -                          | 2.29                             |
| Roggia Borgogna      | 0    | 0    | 0    | 4.37 | 4.37 | 4.37 | 4.37 | 4.37 | 4.37 | 0    | 0    | 0    | -                          | 2.19                             |
| Roggia Guidana       | 0    | 0    | 0    | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0    | 0    | 0    | -                          | 0.20                             |
| Roggia Ponte Perduto | 0    | 0    | 0    | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0    | 0    | 0    | -                          | 0.09                             |
| Roggia Brusaporto    | 0    | 0    | 0    | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0    | 0    | 0    | -                          | 0.60                             |
| Rogge Unite          | 0    | 0    | 0    | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0    | 0    | 0    | -                          | 0.13                             |
| Roggia Vecchia       | 0    | 0    | 0    | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0    | 0    | 0    | -                          | 0.15                             |
| Roggia Babbiona      | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | -                          | 2.27                             |
| Roggia Borromea      | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | -                          | 1.40                             |
| Roggia Malcontenta   | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | -                          | 0.44                             |
| Piccole Derivazioni  | 0    | 0    | 0    | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0    | 0    | 0    | -                          | 0.42                             |



**24 giorni sotto il DMV**

**Deficit =  $3.700.000 \text{ m}^3$**

**IDROLOGIA DI MAGRA**

*Scenari di intervento*

**Obbiettivi da soddisfare nei periodi di scarsità critica**

Qualità ambientale



**$3,06 \text{ m}^3/\text{s}$**

**+**

Fabbisogno irriguo



**$2,26 \text{ m}^3/\text{s}$**

**=**

Qualità  
ambientale

**+**

Fabbisogno  
irriguo



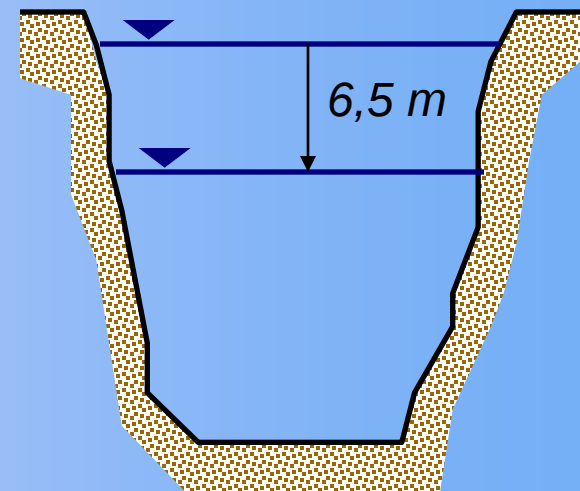
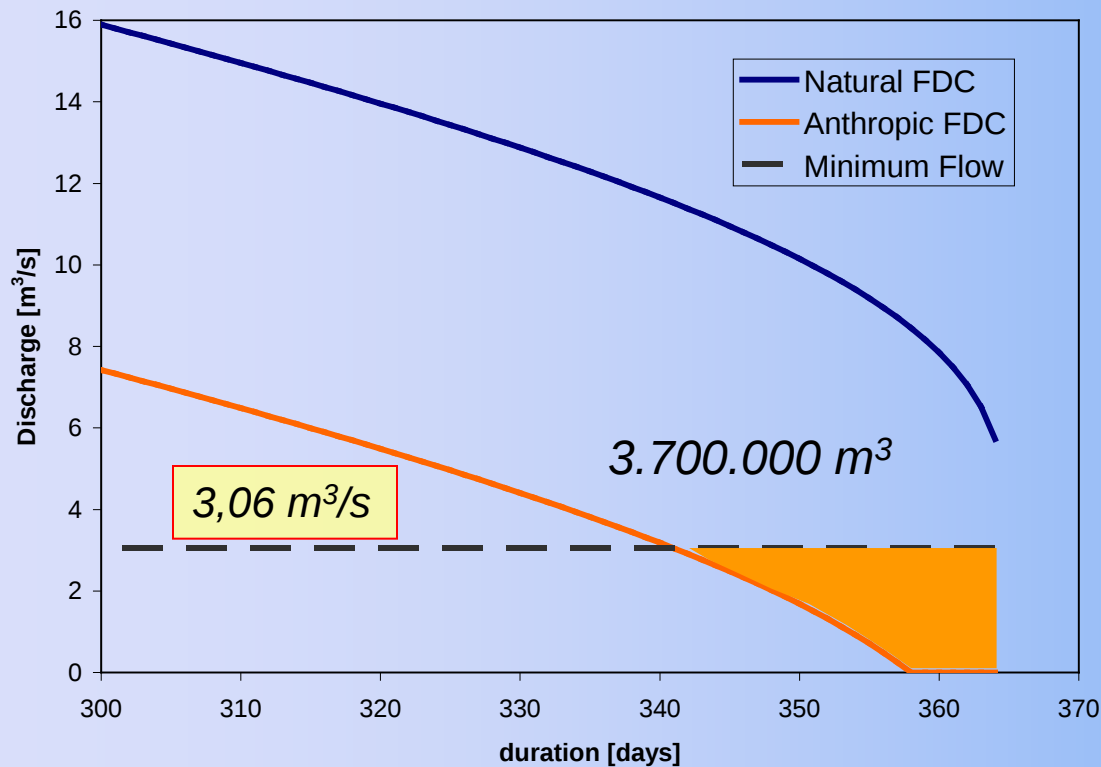
**$5,32 \text{ m}^3/\text{s}$**

## USO DELLE CAVE

*Target: qualità ambientale*

HP: insieme delle 3 cave nella condizione di espansione futura

**573.450 m<sup>2</sup>**



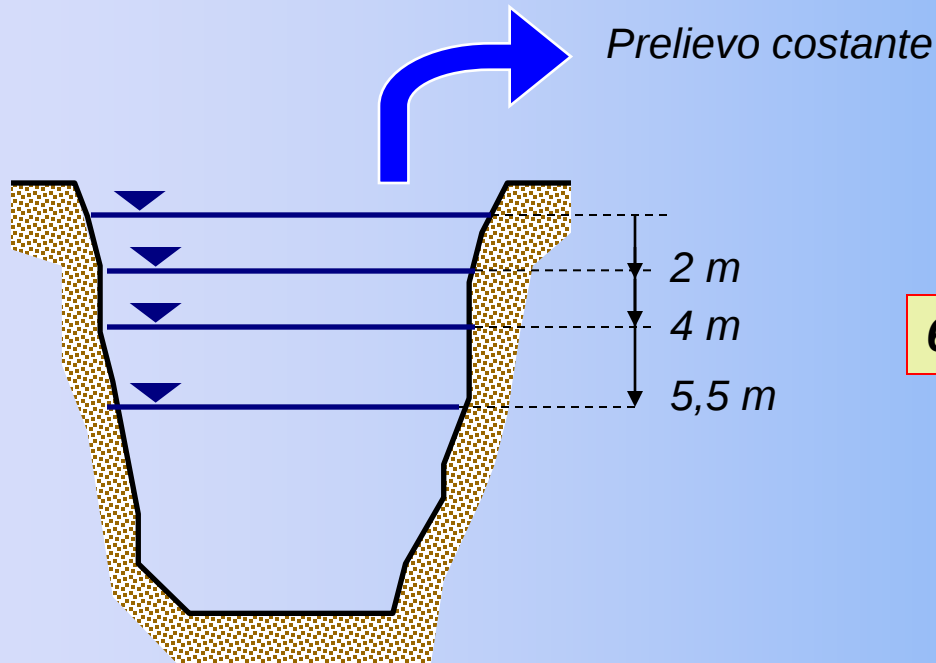
## USO DELLE CAVE

*Target: fabbisogno irriguo*

$2,26 \text{ m}^3/\text{s}$

**HP: insieme delle 3 cave nella condizione di espansione futura**

**$573.450 \text{ m}^2$**



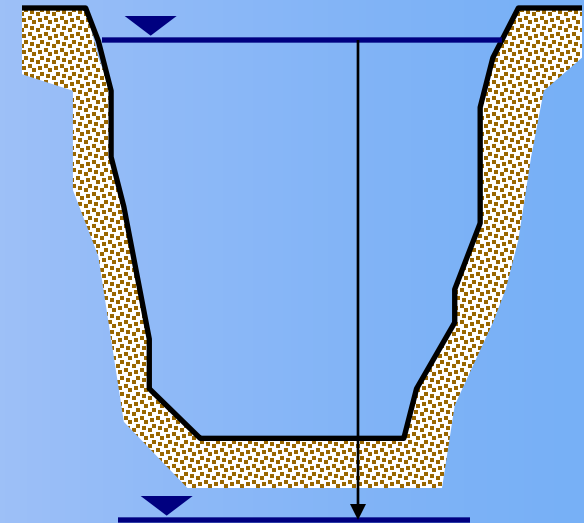
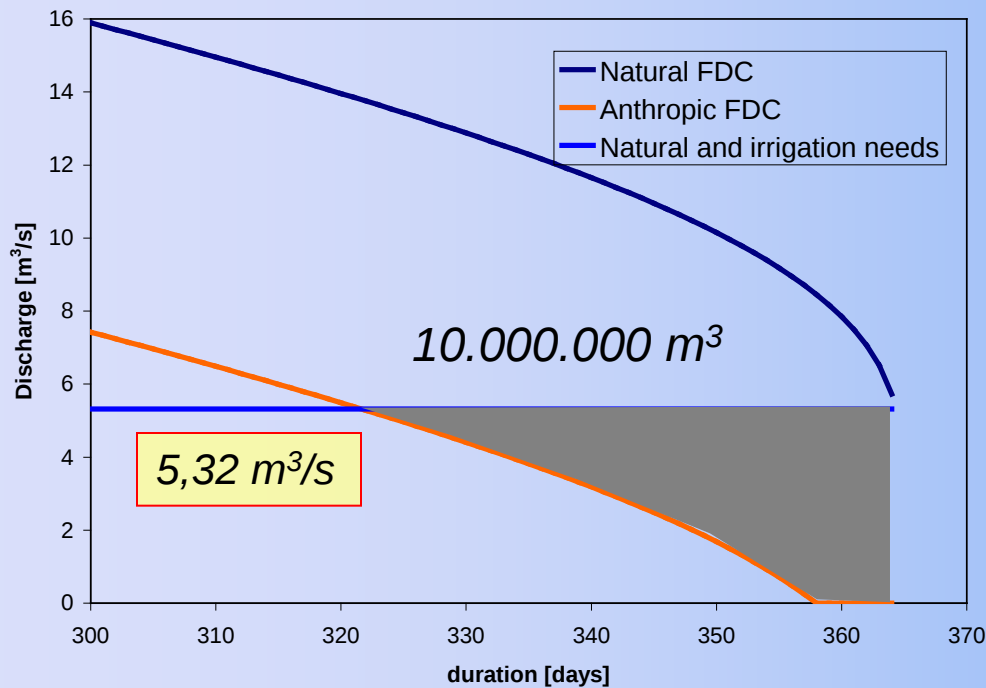
***6 – 12 – 16 giorni***

## USO DELLE CAVE

*Target: fabbisogno irriguo + qualità ambientale*

**HP: insieme delle 3 cave nella condizione di espansione futura**

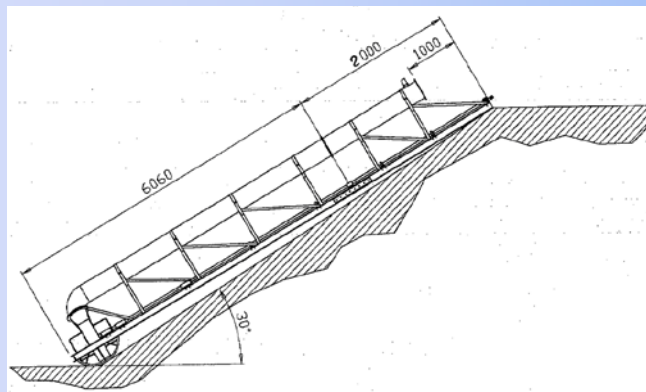
**573.450 m<sup>2</sup>**



## INFRASTRUTTURE

### Analisi dei costi

|                                     |                  |
|-------------------------------------|------------------|
| 5 pompe, fornitura ed installazione | 150.000 €        |
| carburante, 30 giorni, H 24         | 54.000 €         |
| manodopera, 2 addetti, 30 giorni    | 36.000 €         |
| <b>TOTALE</b>                       | <b>240.000 €</b> |



## CONCLUSIONI

Le cave in prossimità dei corsi d'acqua rappresentano una soluzione economica per aumentare la sicurezza idraulica di un centro abitato

In condizioni di scarsità d'acqua, i volumi d'acqua immediatamente disponibili rappresentano una risorsa che può aiutare a soddisfare la richiesta irrigua o a mantenere lo stato qualitativo del corso d'acqua naturale.

Volumi da utilizzare esclusivamente in casi di grave emergenza idrica

Necessità di analizzare con una modellistica di dettaglio il regime transitorio durante lo svuotamento ed il successivo riempimento della cava; analisi delle interazioni con l'ambiente circostante.

## Bando Fondazione Cariplo 2006

Gestione sostenibile delle acque: promuovere forme di gestione integrata e partecipata delle acque superficiali

### ALLEGATO A

#### I Laghi di cava come regolatori delle emergenze idriche

##### Proponente

|                                                                                   |                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------|
|  | Centro per lo Sviluppo del Polo di Cremona<br>Politecnico di Milano | Poli-CR |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------|

##### Partecipanti che richiedono il finanziamento

|                                                                                   |                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
|  | Dipartimento di Elettronica e Informazione<br>Politecnico di Milano | DEI Polimi |
|  | Dipartimento di ecologia del territorio<br>Università di Pavia      | DET UNIPV  |
|  | Settore Ambiente Provincia di Cremona                               | Pr Cremona |

##### Partecipanti autofinanziati

Consorzio Muzza,  
Consorzio Adda Serio  
Consorzio Irrigazioni Cremonese  
Parco Adda Sud  
Autorità di Bacino del Po  
Fili De Poli srl

Regione Lombardia, DG Reti e Servizi Pubblica utilità e DG Agricoltura

**Portatori d'interesse coinvolti**  
(lettere di intenti in Allegato 4)

Arpa Lombardia, Provincia di Milano, Consorzio Medio Chiese, Consorzio Naviglio Vacchelli,

Milano 28-04-2006

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



**[giovanni.ravazzani@polimi.it](mailto:giovanni.ravazzani@polimi.it)**