

## Sicurezza idrologico-idraulica degli sbarramenti ENEL in Piemonte



**Ing. Giorgio Galeati**  
**ENEL Produzione S.p.A. – Divisione GEM**  
**AdB Generazione – ICI – Idrologia**  
**Mestre Venezia**

Torino 20-03-2009

1



## Casi storici di incidenti in Italia

- **1923** Diga di Gleno (Lombardia)  
Collasso per cause strutturali. Il progetto fu approvato 5 giorni prima della pubblicazione del primo regolamento in Italia (*rischio strutturale-rischio sismico*)
- **1935** Diga di Sella Zerbino (Piemonte)  
Collasso per insufficienza degli scarichi (*rischio idrologico*)
- **1963** Diga del Vajont  
Incidente conseguente a caduta frana (*rischio geologico*)
- **1985** Val di Stava (Trentino)  
Incidente correlato ad una *inadeguata manutenzione*

Torino 20-03-2009

2



## Organizzazione della presentazione

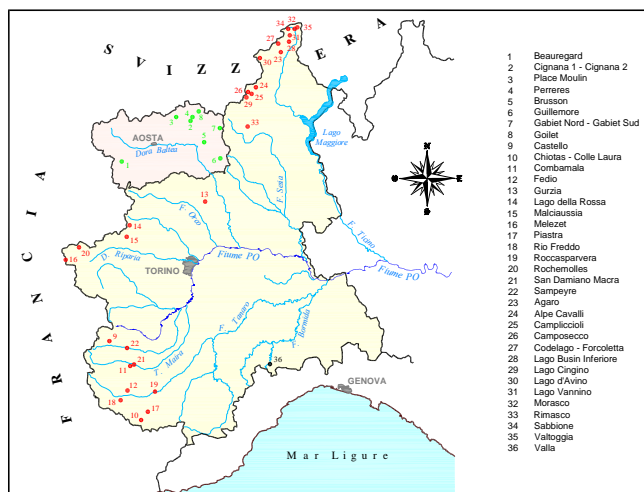
1. **Caratteristiche delle “grandi dighe” esaminate (40 sbarramenti).**
2. **Metodologie di stima delle portate di piena utilizzate nel contesto degli studi sviluppati da ENEL.**
3. **Valutazione stato di sicurezza idrologico idraulica delle 40 grandi dighe analizzate.**
4. **La problematica dell’occlusione degli scarichi.**
5. **Considerazioni conclusive.**

Torino 20-03-2009

3



## Grandi dighe esaminate – 40 opere (36 invasi)



Torino 20-03-2009

4



## Caratteristiche principali delle 40 dighe esaminate

### Anno di costruzione

< 1930	1931 - 1950	1951 - 1970	> 1970
19	12	7	2

### Tipologia diga

Gravità	Arco	Mat.sciolto	Traverse
23	8	7	2

### Altezza diga (m)

< 20	20 - 30	30 - 40	>40
7	12	4	17

### Volume invaso ( $10^6 m^3$ )

< 1	1 - 5	5 - 10	>10
11	8	7	14

Torino 20-03-2009

5



## Caratteristiche principali delle 40 dighe esaminate

### Bacino idrografico sotteso ( $km^2$ )

< 10	10 - 50	50 - 200	> 200
9	17	10	4

### Quota media del bacino idrografico sotteso (m s.l.m.)

< 1500	1500 - 2000	2000 - 2500	> 2500
4	3	15	18

### % portata di piena rilasciata dagli scarichi di superficie

< 20	20 - 50	50 - 80	> 80
5	8	15	12

Torino 20-03-2009

6

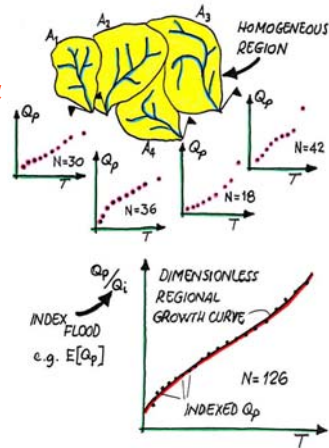


## Approccio metodologico utilizzato da ENEL per la valutazione delle portate di piena assegnato rischio

**Analisi regionali condotte mediante il metodo della grandezza indice (Progetto VA.PI.)**

→ La stima della grandezza indice rappresenta il punto più incerto della procedura

→ E' consigliabile la stima della "portata indice" mediante le informazioni sperimentali se  $N \geq 10 - 12$  dati



Torino 20-03-2009

7



## Filosofia dell'approccio utilizzato

- ✓ **Raccogliere** la massima informazione sperimentale, così da rappresentare al meglio le caratteristiche geomorfoclimatiche proprie del bacino idrografico.
- ✓ **Sviluppare** la stima sulla base delle più recenti conoscenze teorico applicative tenendo anche conto, per quanto possibile, dei risultati forniti dagli studi pregressi.
- ✓ **Utilizzare nella misura più completa** possibile l'intera informazione idrologica reperita, avvalendosi contemporaneamente sia dei dati di apporto sia delle caratteristiche pluviometriche.

Torino 20-03-2009

8



## Sintesi dei risultati degli studi sulle 40 grandi dighe esaminate

<b>T = 500 anni</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
3 (Gurzia/Valla/Rimasco)	0.10-0.80	1 (Gurzia)	1925
<b>T = 1000 anni</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
4 (Gurzia/Valla/S.Damiano/ Rimasco)	2.10-0.15	2 (Gurzia/Valla)	1925-1927

- A: numero di dighe che esitano la  $Q_T$  con un livello di invaso  $> QMI$   
 B: franco residuo per le dighe di colonna A non traccimate (minimo-massimo).  
 C: numero di dighe per le quali la  $Q_T$  determina la tracimazione  
 D: periodo di costruzione delle dighe di colonna A



Torino 20-03-2009

9

## Considerazioni conclusive (I)

- *Gli sbarramenti analizzati sono caratterizzati da un'elevata sicurezza idrologico-idraulica in quanto risultano in grado di far fronte ad episodi di piena millenaria senza ingenerare situazioni di pericolo per la struttura.*
- *E'opportuno continuare la raccolta sistematica dei dati di piena agli sbarramenti ed effettuare una revisione periodica dell'analisi idrologica (per esempio ogni 10-15 anni) o dopo il verificarsi di episodi idrologici di particolare intensità.*
- *Un utile elemento conoscitivo può essere la stima del rapporto tra la  $Q_{1000}$  e la portata di piena che determina il raggiungimento della quota di coronamento.*



Torino 20-03-2009

10

## Considerazioni conclusive (2)

- *Gli sbarramenti per i quali la quota d'invaso che permette di evitare la  $Q_{1000}$  risulta  $>$  alla  $Q_{MI}$  sono tutti anteriori al 1930.*
- *Gli sbarramenti con bacino imbrifero sotteso caratterizzato da una quota media  $>$  2200 m s.l.m. godono di un maggiore grado di sicurezza. La portata esitabile,  $Q_{scar}$ , è mediamente pari a  $\approx 2.5 \cdot Q_{1000}$ .  
Se la quota media del bacino è  $<$  2200 m s.l.m. si ha invece  $Q_{scar} \approx 2.0 \cdot Q_{1000}$  ( $Q_{scar} \approx 1.5 \cdot Q_{1000}$  considerando anche le dighe che manifestano insufficienze)*



## Problematica occlusione scarichi



*Diga di Palagnedra agosto 1978 (sopra),  
diga di Sa Teula dicembre 2004 (lato)*



## *Problematica occlusione scarichi*



*Traversa fluviale*

Torino 20-03-2009

13



## *Problematica occlusione scarichi*



### *Diga di Sa Teula - dicembre 2004*

*La diga, muraria a gravità ordinaria, è stata interessata da un evento di piena con picco stimato in 340 m<sup>3</sup>/s (periodo di ritorno T ≈ 500 anni).*

*Sfioratore centrale: provvisto di una paratoia a settore autolivellante di 12.0 x 3.0 m, la cui apertura avviene per il sollevamento indotto dalla spinta dell'acqua su due galleggianti situati in camere ricavate nello spessore delle pile.*

*Sfioratore libero: composto da 15 luci di ampiezza 3.0 m ciascuna, con soglia a ≈ 2.0 m dall'intradosso del ponte pedonale (≈ 0.60 m tra intradosso e massimo invaso).*

Torino 20-03-2009

14



## **Problematica occlusione scarichi**



### **Diga di Sa Teula - dicembre 2004**

*La diga, vuota all'arrivo della piena per lavori di manutenzione della condotta forzata, è stata interessata da un rilevante trasporto di materiale flottante, inclusi tronchi di grossa dimensione.*

*Il materiale flottante ha ridotto il flusso alle camere dei galleggianti, impedendo così l'apertura della paratoia. Al tempo stesso, a causa della limitata ampiezza, si è verificato l'ostruzione pressochè completa delle luci libere.*

***La diga è stata tracimata, la paratoia è collassata ed è stata completamente asportata.***

Torino 20-03-2009

15



## **Attuazione art.4, comma 1 del D.L. 29/3/2004 (circolare 1399/UIDR del 06/4/2005)**

*Il D.L. richiede la stima del livello massimo raggiunto nel serbatoio nell'ipotesi di parziale efficienza degli scarichi, da valutare secondo quanto di seguito descritto:*

- ***Ipotesi di occlusione del 50% delle luci di sfioro libere.***  
*Luci inferiori a 10 m o con franco tra sottotrave passerella e massimo invaso inferiore a 1.0 m.*
- ***Ipotesi di blocco del 50% delle "paratoie automatiche" installate sugli scaricatori di superficie.***  
*Sotto tale definizione rientrano: a) le paratoie gestite mediante sistemi idraulici; b) le paratoie a ventola autolivellanti o a bilanciere.*  
*Non rientrano in tale ambito le paratoie gestite mediante organi elettromeccanici, indipendentemente dal tipo di comando.*

Torino 20-03-2009

16





## Sintesi dei risultati degli studi – parziale occlusione scarichi

<b>T = 500 anni</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
3 (Gurzia/Valla/Rimasco)	0.40	2 (Gurzia/Valla)	1925
<b>T = 1000 anni</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
4 (Gurzia/Valla/S.Damiano/ Rimasco)	2.10	2 (Gurzia/Valla/Rimasco)	1925-1927

- A: numero di dighe che esitano la  $Q_T$  con un livello di invaso > **QMI**  
 B: franco residuo per le dighe di colonna A non traccimate (minimo-massimo).  
 C: numero di dighe per le quali la  $Q_T$  determina la traccimazione  
 D: periodo di costruzione delle dighe di colonna A



Torino 20-03-2009

17

## Indicazioni letteratura tecnica per minimizzare le problematiche di occlusione degli scarichi (1)

- *Analisi delle tipologie vegetative che caratterizzano il bacino idrografico e delle modalità di manutenzione del bosco. Un piano programmato di taglio e di pulizia dell'alveo può ridurre il numero di tronchi morti che arrivano allo sbarramento.*
- *La distanza tra le pile non dovrebbe essere inferiore all'80% della massima lunghezza dei tronchi mobilitati dalla corrente.*
- *Il materiale flottante può essere trattenuto alla sommità della struttura fino a che il battente idraulico è < al 10-15% della lunghezza dei tronchi. Tale percentuale sale al 15-20 % nel caso sia presente una struttura sovrastante.*



Torino 20-03-2009

18

## **Indicazioni letteratura tecnica per minimizzare le problematiche di occlusione degli scarichi (1)**

- *I condotti aperti sono poco soggetti ad occlusione. Nei condotti chiusi la probabilità di occlusione può essere fortemente ridotta se si evitano variazioni di sezione e curve con elevata angolazione.*
- *In presenza di consistente materiale flottante può essere utile ricorrere a **specifiche analisi mediante modello fisico** per uno studio mirato circa la progettazione / posizionamento degli scarichi (ad esempio nel caso di scarichi muniti di paratoie può essere utile una concentrazione del flusso di corrente).*



## **Considerazioni conclusive (3)**

*Per migliorare la conoscenza circa l'effettiva sicurezza idrologico-idraulica delle grandi dighe è opportuno:*

- *sviluppare studi e ricerche specifiche per una più approfondita conoscenza delle **interrelazioni tra la tipologia vegetativa che caratterizza il bacino idrografico, la dimensione del materiale flottante e la possibilità di occlusione;***
- *effettuare **in fase progettuale** un'approfondita analisi della possibilità di occlusione degli scarichi;*
- *mettere a punto **più precise indicazioni normative** per minimizzare il possibile malfunzionamento degli scarichi.*





***GRAZIE PER L'ATTENZIONE !!!!***

