

POLITECNICO DI TORINO
Facoltà di Ingegneria I



Anno accademico 2011/2012

Corso di IMPIANTI IDROELETTRICI

Elettrix01

**VALUTAZIONE DEL VOLUME DI COMPENSO DA
ATTRIBUIRE AD UN INVASO ARTIFICIALE
NELLE IPOTESI DI REGOLAZIONE TOTALE E
NOTI GLI UTILIZZI EFFETTIVI**

Sommario

Sommario	3
Scopo dell'esercitazione	4
Dati	4
Ricavo delle portate medie mensili e dei volumi cumulati entranti	4
Ricavo del deflusso minimo vitale (DMV)	6
Valutazione volume di compenso nell'ipotesi di regolazione totale	7
Valutazione volume di compenso noti i consumi medi effettivi	9

Scopo dell'esercitazione

Lo scopo dell'esercitazione è la valutazione del volume di compenso da attribuire ad un invaso artificiale, sito sul torrente Mastallone a in località Varallo - Ponte Folle, nelle ipotesi di regolazione totale e noti gli utilizzi effettivi.

Dati

Sono noti i seguenti dati:

- Area del bacino idrografico sotteso: $A_B = 115 \text{ km}^2$
- Afflusso medio annuo sul bacino: $A_{ff} = 1957 \text{ mm}$
- Quota geodetica massima: $Z_{max} = 2462 \text{ m s.l.m.}$
- Quota geodetica minima: $Z_{min} = 515 \text{ m s.l.m.}$
- Quota geodetica media: $Z_{med} = 1393 \text{ m s.l.m.}$
- Derivazione per uso idropotabile: $Q_{acq} = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (valore costante per tutto l'anno)
- Derivazione per uso irriguo: $Q_{irr} = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ (valore costante da aprile a settembre)
- Derivazione per uso idroelettrico: $Q_{idr} = 4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (produzione dalle ore 8:00 alle ore 22:00 dal lunedì al venerdì)
- Serie storica dal 1933 al 1965 dei volumi cumulati mensili sul torrente Mastallone in località Varallo - Ponte Folle

Ricavo delle portate medie mensili e dei volumi cumulati entranti

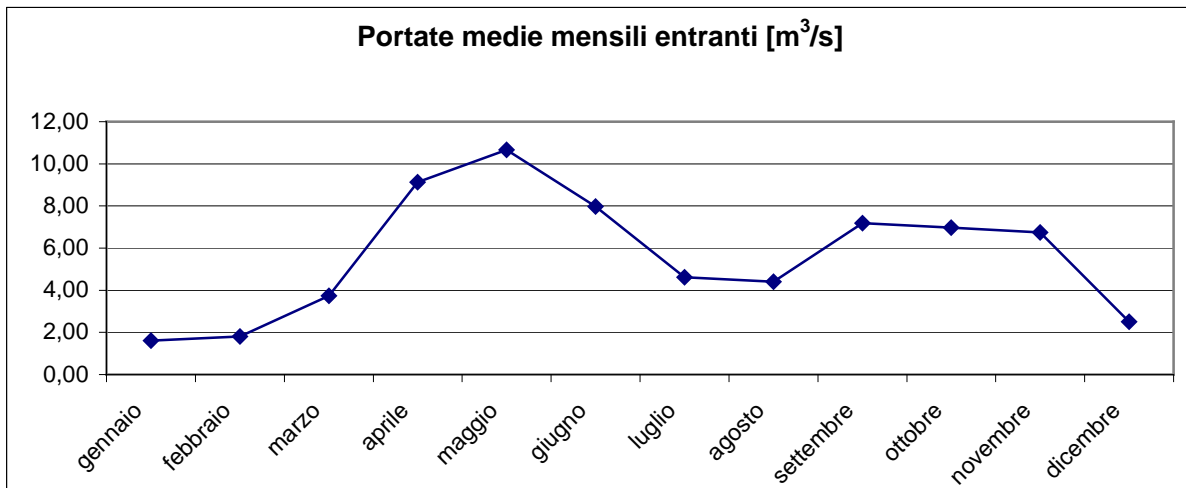
Nota la serie storica dei volumi cumulati mensili dal 1933 al 1965 si è proceduto al calcolo delle portate medie mensili. Attraverso il seguente procedimento:

- Si sono calcolati i volumi medi mensili entranti per ogni mese;
- Sono stati divisi i volumi medi mensili entranti per il numero di giorni del mese e per 86400 (24 ore al giorno * 60 minuti all'ora * 60 secondi al minuto)

Sono stati ottenuti i seguenti valori [m^3/s]:

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1,61	1,81	3,74	9,12	10,67	7,98	4,62	4,41	7,18	6,97	6,75	2,51

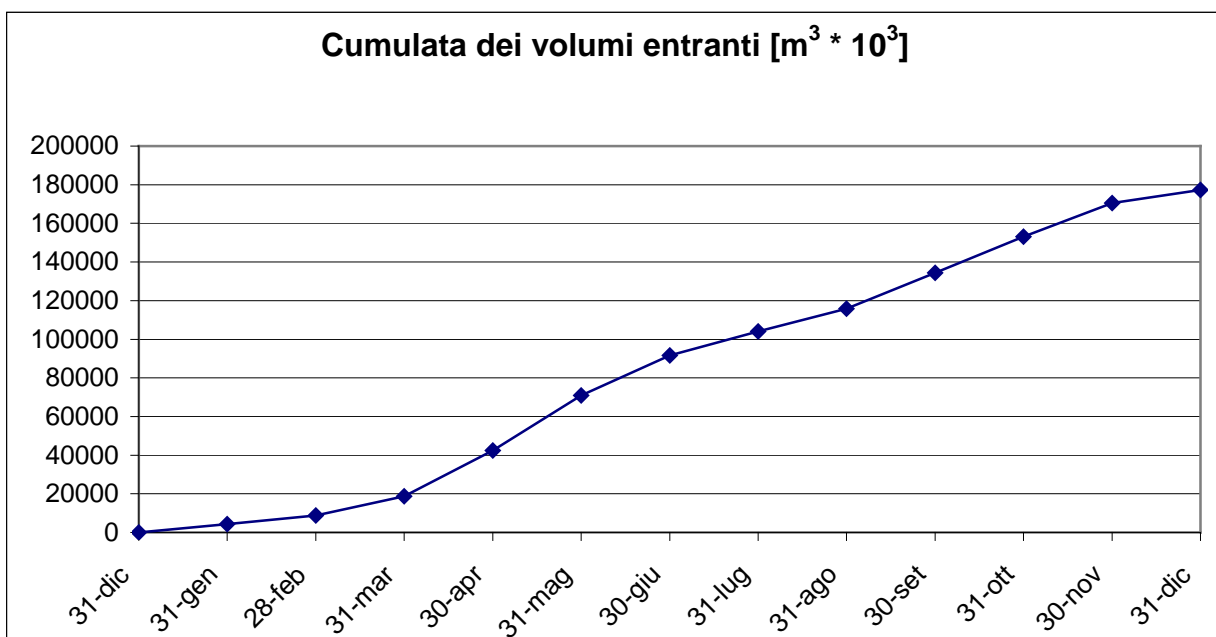
Da cui è stata ricavata la seguente rappresentazione grafica



Nota la distribuzione delle portate medie mensili è ricavabile la curva cumulata dei volumi entranti. Infatti, nota la funzione $Q(t)$ delle portate entranti si può ricavare la funzione $V(t)$, cumulata dei volumi entranti, mediante l'integrazione di $Q(t)$ nel tempo. Poiché si sta lavorando nel dominio del discreto il processo di integrazione viene sostituito con un processo di somma. In particolare, poiché i volumi entranti medi per ogni mese sono già noti dal calcolo delle portate medie mensili, si sono sommati i volumi entranti e si è riportato il valore della somma per ogni mese fino al raggiungimento di un anno. Sono stati ottenuti i seguenti valori [m³ * 10³]:

31-dic	31-gen	28-feb	31-mar	30-apr	31-mag	30-giu	31-lug	31-ago	30-set	31-ott	30-nov	31-dic
0	4315	8705	18726	42375	70941	91621	103986	115797	134413	153083	170577	177307

Da cui è possibile ricavare la curva cumulata dei volumi entranti:



Il valore della cumulata al 31 dicembre indica il volume complessivo d'acqua entrante in un anno, da cui è possibile ricavare la portata media attraverso la formula:

$$\bar{Q} = \frac{V_{\text{anno}}}{365 * 24 * 60 * 60} = 5,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ricavo del deflusso minimo vitale (DMV)

Per poter ricavare il deflusso minimo vitale il regolamento della regione Piemonte suggerisce la seguente formula:

$$\text{DMV} = k * q_{\text{meda}} * S * M * A$$

dove:

- k: è la frazione della portata annua (dato sperimentale dipendente dalla singola area geografica);
- q_{meda} è la portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso, espressa in l/s km²;
- S è la superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico, espressa in km²;
- M è un parametro morfologico;
- A è un parametro che tiene conto dell'interazione tra le acque superficiali e le acque sotterranee;

In questo caso i parametri risultano:

$$k = 0,13$$

$$q_{\text{meda}} = 0,00860 * Z_{\text{med}} + 0,03416 * A_{\text{ff}} - 24,5694 = 54,26152 \text{ l/s km}^2$$

$$S = A_B = 115 \text{ km}^2$$

$$M = 0,9$$

$$A = 1$$

Noti i parametri si ha che: $\text{DMV} = 0,73 \text{ m}^3/\text{s}$

Valutazione volume di compenso nell'ipotesi di regolazione totale.

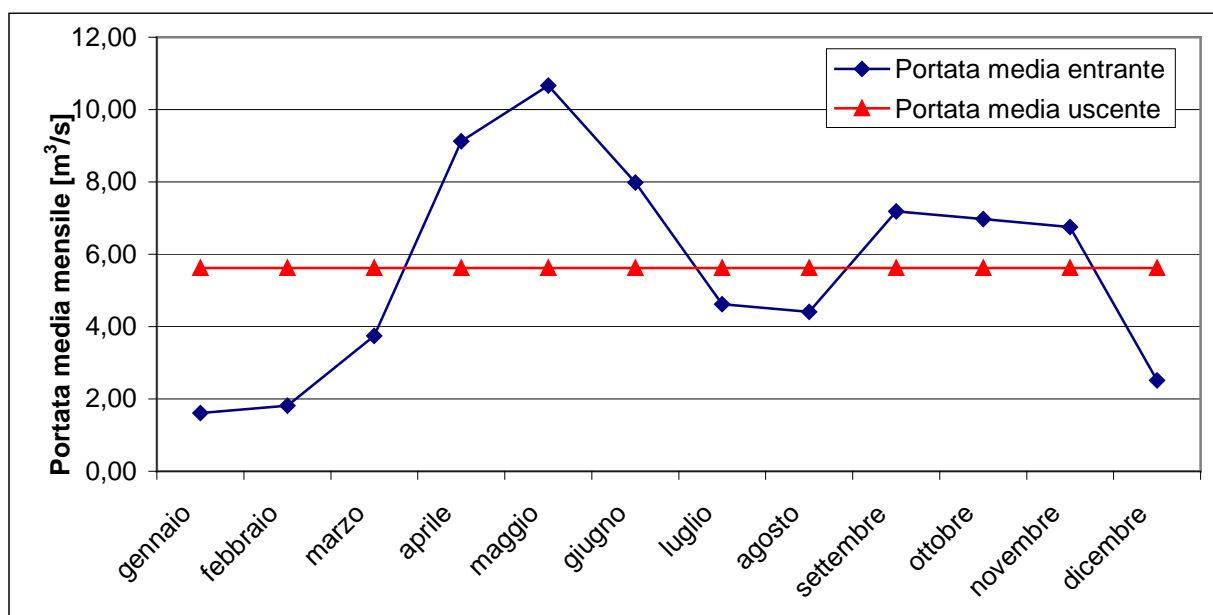
Poiché si sta studiando il problema sotto ipotesi di regolazione totale la portata media uscente sarà uguale alla portata media entrante, cioè pari a $5,62 \text{ m}^3/\text{s}$. Ne segue che la portata media annua derivabile sarà data dalla portata media uscente meno il DMV:

$$\bar{Q}_{\text{ad}} = \bar{Q} - \text{DMV} = 4,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

Di conseguenza il volume totale utilizzabile annuo sarà pari a $154.282.562 \text{ m}^3$.

Si possono quindi calcolare e rappresentare le portate medie mensili (espresse in m^3/s) in entrata ed in uscita:

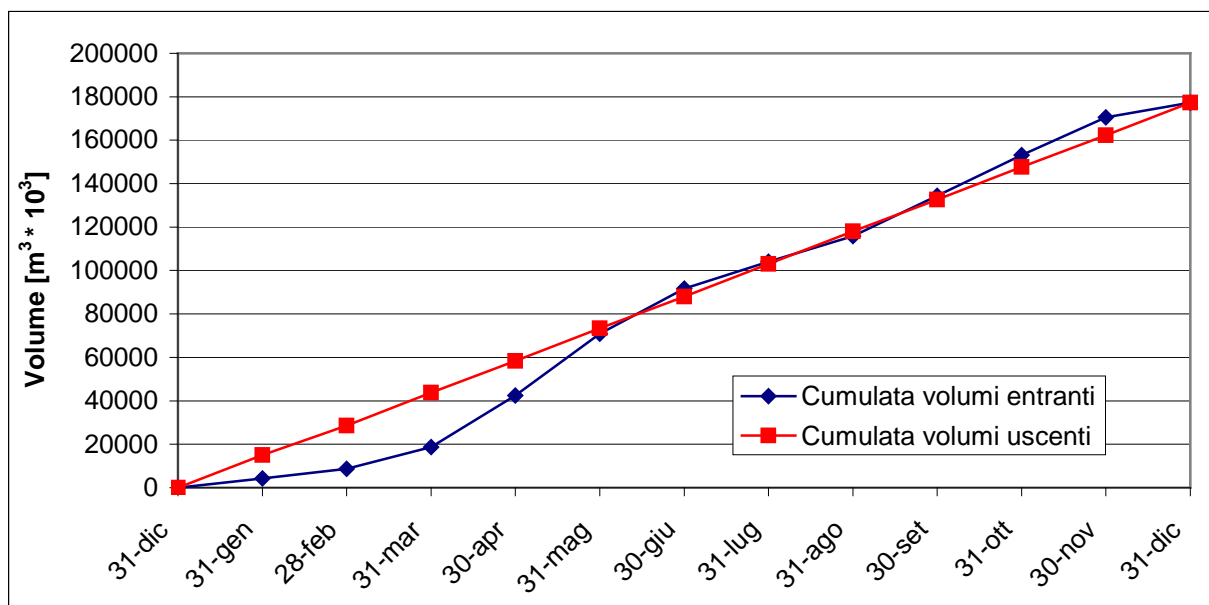
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Portata media entrante	1,61	1,81	3,74	9,12	10,67	7,98	4,62	4,41	7,18	6,97	6,75	2,51
Portata media uscente	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62



Note le portate si possono calcolare i volumi cumulati (in $\text{m}^3 * 10^3$) in entrata ed in uscita mettendo in risalto la differenza tra i due valori.

Sono stati ottenuti i seguenti valori:

	31-dic	31-gen	28-feb	31-mar	30-apr	31-mag	30-giu	31-lug	31-ago	30-set	31-ott	30-nov	31-dic
Cumulata volumi entranti	0	4315	8705	18726	42375	70941	91621	103986	115797	134413	153083	170577	177307
Cumulata volumi uscenti	0	15059	28661	43719	58293	73352	87925	102984	118043	132616	147675	162248	177307
Differenza	0	-10744	-19955	-24993	-15917	-2410	3696	1002	-2245	1798	5408	8329	0



Dall'analisi dei due grafici precedenti si possono fare le seguenti considerazioni:

- Si avranno portate entranti minori rispetto ai consumi nei periodi dicembre-marzo e luglio-agosto;
- Si avranno portate entranti maggiori rispetto a quelle uscenti nei periodi aprile-giugno e settembre-novembre;
- Si raggiungerà un volume cumulato d'acqua pari al volume iniziale nei mesi di giugno, agosto e settembre;
- Il serbatoio si svuoterà nel mese di marzo in cui il volume mancante rispetto al volume iniziale sarà pari a circa 24.993.000 m³;
- Il serbatoio sarà pieno nel mese di novembre in cui il volume in eccesso rispetto al volume iniziale sarà circa 8.329.000 m³;
- L'invaso dovrà essere progettato per poter fornire acqua nei periodi di siccità e accumularne nei periodi piovosi, pertanto dovrà avere un volume di compenso pari a circa 33.322.000 m³.

Valutazione volume di compenso noti i consumi medi effettivi

Si ricorda che i consumi di acqua sono:

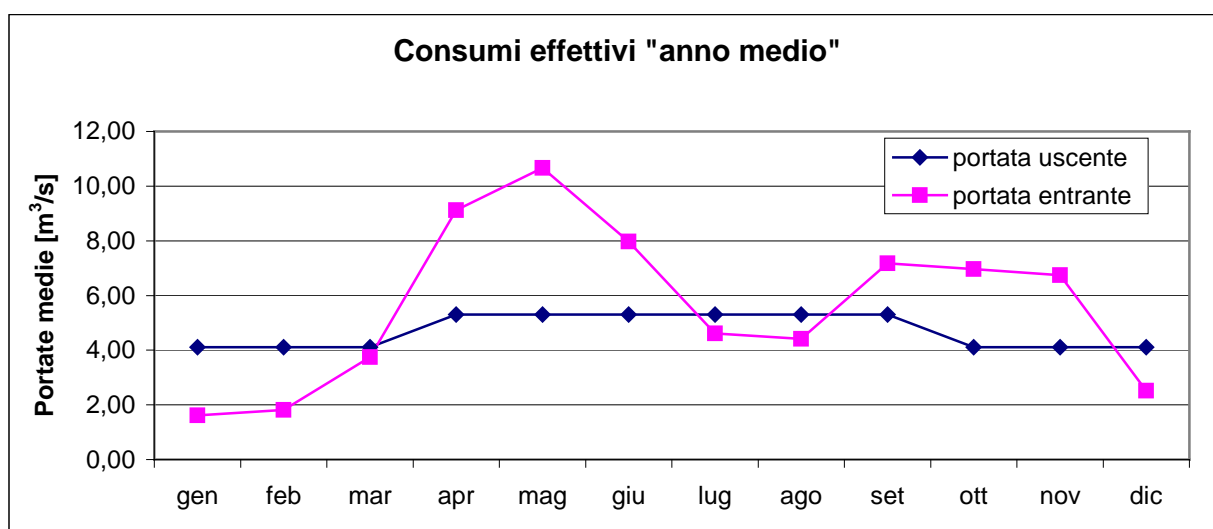
- Uso idropotabile: 1,5 m³/s tutto l'anno
- Uso irriguo: 1,2 m³/s nei mesi da aprile a settembre
- Uso idroelettrico: 4,5 m³/s nei giorni da lunedì a venerdì dalle 8:00 alle 22:00
- DMV pari a 0,73 m³/s

Ne segue che si avranno le seguenti portate medie mensili uscenti espressi in m³/s:

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Uso idropotabile	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Uso irriguo	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0
Idroelettrico	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
DMV	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Portata media uscente	4,11	4,11	4,11	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	4,11	4,11	4,11

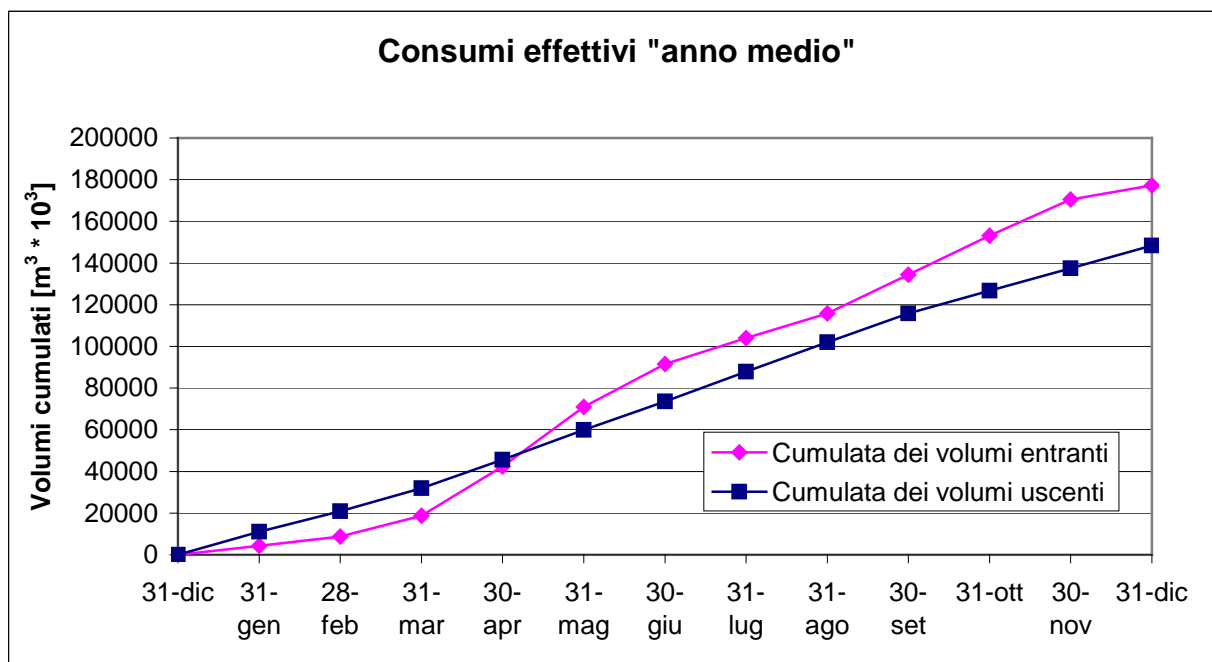
Dove la portata per uso idroelettrico è stata calcolata attraverso la seguente formula:

$$\bar{Q}_{\text{IdroElt}} = Q_{\text{IdroElt}} \cdot \frac{\text{giorniutilizzonellasettimana}}{\text{giornidellasettimana}} \cdot \frac{\text{oreutilizzogiornalie}}{\text{orealgiorno}} = 4,5 \cdot \frac{5}{7} \cdot \frac{14}{24} \text{ m}^3/\text{s} = 1,88 \text{ m}^3/\text{s}$$



Note le portate medie mensili è possibile i volumi cumulati entranti ed uscenti (espressi in m³ * 10³) e rappresentare le relative curve:

	31-dic	31-gen	28-feb	31-mar	30-apr	31-mag	30-giu	31-lug	31-ago	30-set	31-ott	30-nov	31-dic
Cumulata dei volumi entranti	0	4315	8705	18726	42375	70941	91621	103986	115797	134413	153083	170577	177307
Cumulata dei volumi uscenti	0	10995	20926	31920	45671	59880	73631	87839	102048	115799	126794	137434	148429



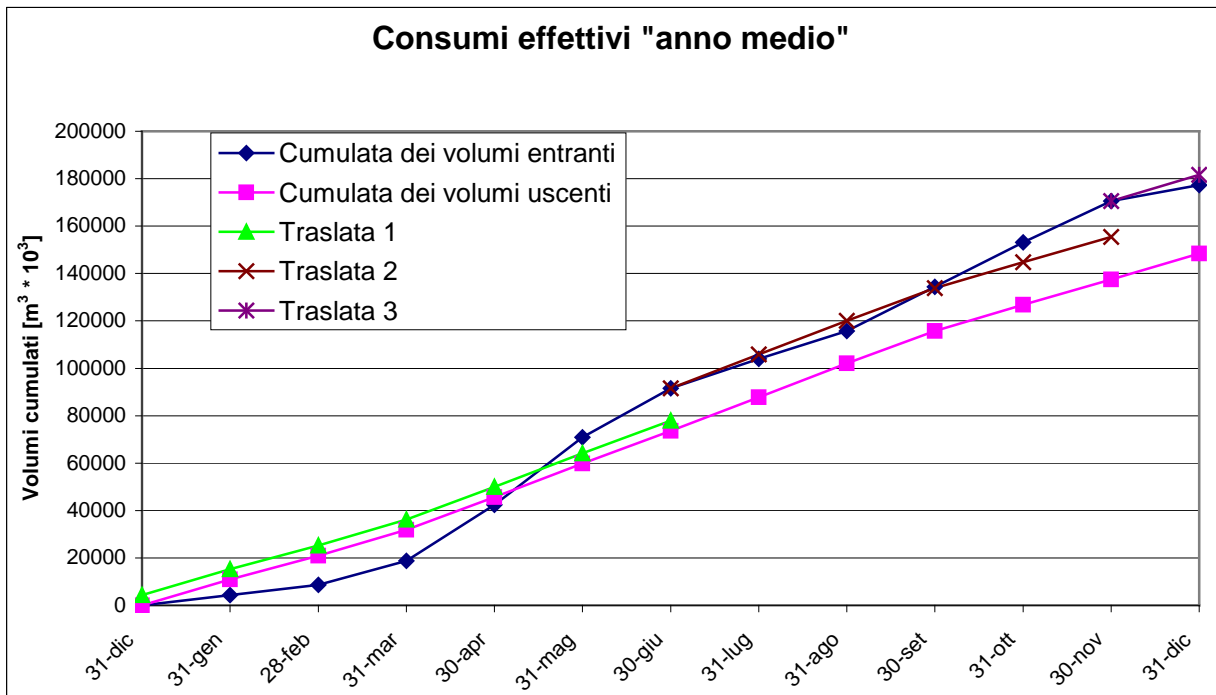
Come si può notare dai grafici precedenti:

- le portate entranti sono minori di quelle uscenti nei periodi dicembre-marzo e luglio-agosto;
- le portate entranti sono maggiori di quelle uscenti nel periodo aprile-giugno e settembre-novembre;
- la regolazione dell'invaso sarà sicuramente con sfiori in quanto i volumi cumulati entranti in un anno medio sono maggiori di quelli uscenti di circa 29.000.000 m³.

Tuttavia per valutare correttamente il volume di compenso è necessario traslare la curva cumulata dei volumi uscenti ottenendo i seguenti valori espressi in m³ * 10³:

	31-dic	31-gen	28-feb	31-mar	30-apr	31-mag	30-giu	31-lug	31-ago	30-set	31-ott	30-nov	31-dic
Cumulata dei volumi entranti	0	4315	8705	18726	42375	70941	91621	103986	115797	134413	153083	170577	177307
Cumulata dei volumi uscenti	0	10995	20926	31920	45671	59880	73631	87839	102048	115799	126794	137434	148429
Traslata 1 volumi uscenti	4265	15260	25190	36185	49936	64145	77895	-	-	-	-	-	-
Volumi entranti - Traslata 1	-4265	-10945	-16485	-17459	-7561	6797	13726	-	-	-	-	-	-
Traslata 2 volumi uscenti	-	-	-	-	-	-	91621	105830	120039	133789	144784	155424	-
Volumi entranti - Traslata 2	-	-	-	-	-	-	0	-1844	-4241	624	8299	15152	-
Traslata 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170577	181571
Volumi entranti - Traslata 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-4265

E' quindi possibile rappresentare i le curve cumulate su un grafico in cui risaltano maggiormente i periodi di sfioro.



Dall'analisi delle cumulate dei volumi e della tabella si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- Si avrà il serbatoio vuoto nel periodo compreso tra marzo ed aprile (periodo di tempo in cui si ha la massima differenza tra la curva cumulata cumolata dei volumi uscenti traslata e la cumulata dei volumi entranti). Pertanto l'invaso dovrà avere un volume di compenso pari a $17.459.000 \text{ m}^3$ per essere in grado di sopperire a tale mancanza di acqua;
- Il serbatoio raggiungerà il livello di sfioro due volte nel corso dell'anno, in particolare nei mesi di maggio e di settembre
- Il serbatoio avrà due periodi di sfioro: il primo nei mesi di maggio e giugno in cui il volume di acqua sfiorata sarà pari a circa $13.726.000 \text{ m}^3$, il secondo nei mesi di settembre, ottobre e novembre in cui il volume sfiorato sarà circa $15.152.000 \text{ m}^3$;