



Commissario Governativo per l'Emergenza Idrica in Sardegna
(Ordinanza Ministro dell'Interno - Delegato per il coordinamento della protezione civile - n.3196 del 12/04/2002)

Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato dei Lavori Pubblici
Ente Autonomo del Flumendosa



**PIANO STRALCIO DI BACINO REGIONALE
PER L'UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE**

SARDEGNA

Legge n.183/89

EL. 7.3

**IL MODELLO DI SIMULAZIONE NELLE
SITUAZIONI DI CRISI**

Redazione:

SOGESID S.p.A.
Società Gestione Impianti Idrici

Approvazione:

IL MODELLO DI SIMULAZIONE NELLE SITUAZIONI DI CRISI

1	PREMESSE	2
2	PROCEDURA GESTIONALE DINAMICA BASATA SULLA SIMULAZIONE	4
2.1	ANALISI PRELIMINARI SUL SISTEMA FLUMENDOSA-CAMPIDANO : LA PRE-SIMULAZIONE.....	6
2.2	RICERCA DI REGOLE GESTIONALI DINAMICHE.....	12
2.3	ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI CON LA PRIMA ROUTINE DI CALCOLO DELLE EROGAZIONI.....	15
2.4	VALUTAZIONE ALTERNATIVA DELLE EROGAZIONI PROGRAMMATE	17
2.5	RISULTATI OTTENUTI CON LA PROCEDURA ALTERNATIVA (SECONDO METODO)	18
2.6	ANALISI COMPARATIVA DEI RISULTATI	19

1 PREMESSE

Gli strumenti per la gestione del Piano Stralcio di Bacino Regionale devono prevedere la possibilità di introdurre nella simulazione dei sistemi idrici multi-settoriali criteri dinamici di definizione della erogazione della risorsa verso l'utenza. In particolare è necessario che le erogazioni annualmente programmate dagli invasi possano essere aggiornati sulla base dei futuri scenari idrologici o gestionali di riferimento. E' quindi evidente la necessità di poter introdurre criteri dinamici nell'attribuzione delle possibilità di erogazione sulla base della definizione di regole di gestione e governo della risorsa, nel rispetto di criteri di priorità attribuiti dal decisore, che prevedano l'accadimento di situazioni di crisi nel sistema di approvvigionamento.

Le esigenze sopra richiamate richiedono una modifica del quadro di modellazione nel quale si è operato nel precedente PSRDI. L'opportunità di introdurre coefficienti costanti di riduzione della domanda irrigua è stata, infatti, assunta come elemento cardine nella procedura di ottimizzazione della gestione degli schemi multi-settoriali effettuata fino ad ora. In effetti la procedura di simulazione sviluppata, una volta introdotto il vincolo sulla priorità di soddisfacimento della domanda potabile ed industriale ed il vincolo di invaso minimo sui serbatoi, valuta il valore massimo di erogazione verso il comparto irriguo definendo il coefficiente di riduzione sulla richiesta potenziale che deve essere attribuito in un sistema deficitario di risorsa. Per ciascun centro di domanda irrigua tale coefficiente di riduzione è stato mantenuto costante durante tutto l'orizzonte temporale assunto per la simulazione.

Nella presente fase di Piano, l'obiettivo è quello di definire una procedura gestionale dinamica, essenzialmente composta da un set di regole operative, che porti ad individuare nel sistema il valore di erogazione annuale verso le utenze. Le erogazioni dovranno essere compatibili con lo stato delle risorse nel sistema e potranno essere aggiornate in modo dinamico con cadenza di riferimento annuale. L'aggiornamento delle erogazioni potrà essere sviluppato in ambito solamente simulativo o con l'interazione tra modello di simulazione e modello di ottimizzazione, come sarà illustrato nel seguito.

In ogni caso la procedura decisionale dovrà essere attivata sulla base del valore di variabili di stato del sistema e di un set di parametri che individuano la disponibilità del gestore a "rilasciare" l'ipotesi di erogazione fissa che assicura la mancanza di deficit in tutto l'orizzonte temporale esaminato.

L'adozione di una strategia decisionale dinamica ha come conseguenza alcuni aspetti di particolare interesse che è opportuno sottolineare:

- Ad essa consegue una maggiore aderenza tra la gestione teorica effettuata dal simulatore e quella reale operata dal gestore del sistema. Risulta infatti indubbio che, anche in un sistema strutturalmente carente, il gestore sia portato a concedere una maggiore erogazione in presenza di maggiori risorse disponibili (ad es.: volumi invasati prossimi alla capacità dei serbatoi) rispetto a situazioni nelle quali il sistema risulti carente di risorsa idrica. In quest'ultimo caso il gestore, probabilmente, interverrà comunque con riduzioni di erogazioni per cautelarsi sul rischio di possibili deficit.

- Alla disponibilità del gestore di concedere una maggiore erogazione consegue un maggior utilizzo medio complessivo della risorsa legato ad una diminuzione delle perdite per sfioro.

Una maggiore erogazione peraltro non implica necessariamente una maggiore efficienza complessiva del sistema, anche essa esprimibile tramite una funzione obiettivo di modello, per la quale si deve tenere in giusta considerazione la penalità da attribuire all'accadimento dei deficit programmati dal gestore.

Nel seguito la ricerca di una strategia dinamica ottimale di gestione dei sistemi di risorse idriche è stata effettuata con riferimento al solo approccio simulativo. Si è restati, pertanto, in un contesto di simulazione inserendo l'analisi di variabili di stato del sistema per la formulazione della procedura di aggiornamento dell'erogazione ed inserendo alcuni vincoli sulle possibili configurazioni dei deficit. Come già assunto nel Piano Direttore, la configurazione del massimo deficit raggiunto nell'anno più critico dovrà essere comunque limitata al 20% della erogazione programmata. L'aliquota del massimo deficit accettabile su base biennale si riduce al 15% dell'erogazione programmata, mentre su base decennale il massimo deficit è limitato al 4% dell'erogazione programmata.

2 PROCEDURA GESTIONALE DINAMICA BASATA SULLA SIMULAZIONE

La definizione delle regole operative richiede che siano preliminarmente siano identificati alcuni elementi conoscitivi generali del sistema che consentono di discriminare tra le possibili alternative decisionali.

In particolare, nella procedura devono essere definiti:

- Variabili di stato che identificano l'entità della risorsa disponibile.
- Orizzonte temporale sulla quale dovrà essere estesa l'analisi per la definizione delle possibilità di erogazione.
- Livello di rischio di deficit accettabile dal gestore con riferimento a predefinite soglie di efficienza e vulnerabilità del sistema.
- Livello di criticità delle serie idrologiche future da prendere in esame nella definizione delle regole decisionali.
- Configurazione dei flussi sui quali realizzare il controllo della procedura. (ad esempio: erogazione media, massimo deficit annuale raggiunto, variabilità del coefficiente di riduzione, ecc.)

Nei sistemi idrici considerati nel presente Piano le variabili di stato più significative sono certamente gli stati di invaso dei serbatoi. Per semplificare le procedure di analisi sulla disponibilità di risorsa idrica è necessario identificare gli invasi più significativi sintetizzando in aggregazioni su centri di domanda omogenei le erogazioni garantite da tali invasi. In alcuni casi, per individuare correttamente le variabili di stato, è inoltre necessaria la definizione di macro-invasi virtuali determinati dall'insieme dei volumi invasati in più serbatoi (si veda il caso del sistema Flumendosa-Campidano).

Per la definizione dell'orizzonte temporale di riferimento è in genere opportuno fare riferimento ad una fase di pre-simulazione effettuata adottando il criterio di mantenere costante il livello di erogazione. In tal modo è possibile identificare il periodo di regolazione degli invasi che può essere elemento di riferimento per la scelta dell'orizzonte temporale nella procedura gestionale dinamica.

Il rischio di deficit può essere legato ad indici sintetici che indicano in termini di efficienza, vulnerabilità e resilienza il livello complessivo di affidabilità nell'approvvigionamento idrico dei singoli comparti di utenza.

La scelta del livello di criticità delle serie idrologiche da considerare nella formulazione delle regole decisionali è realizzabile tramite analisi di sensitività sui risultati ottenuti.

Questo aspetto è particolarmente interrelato con l'assunzione di controlli e limiti sulle configurazioni dei flussi ottenute dal simulatore. In particolare dovranno essere soddisfatti i vincoli sulle erogazioni minime garantite cercando di massimizzare l'erogazione media complessiva. Ulteriori elementi di analisi potranno riguardare la variabilità nel tempo e nello spazio delle erogazioni garantite.

Per entrare nei dettagli della procedura si è ritenuto opportuno prendere in esame un sistema campione. Di seguito sarà quindi illustrato lo sviluppo della ricerca per la definizione della procedura ottima di gestione dinamica del sistema Flumendosa-Campidano.

2.1 ANALISI PRELIMINARI SUL SISTEMA FLUMENDOSA-CAMPIDANO : LA PRE-SIMULAZIONE

Il sistema multi-settoriale Flumendosa-Campidano è caratterizzato da un elevato livello di complessità, interconnessione e presenza di deficit strutturale di risorsa che non può garantire il pieno soddisfacimento della domanda irrigua.

Con riferimento alla schematizzazione di Piano d'Ambito e di Piano Direttore, senza considerare le interconnessioni con schemi limitrofi, lo schema Flumendosa-Campidano è così strutturato:

SERBATOI

	Capacità [Mmc]	Defl medio [Mmc/anno]
S1 -Sicca d'Erba	58.15	19.41
S2 -Flumineddu C.S	1.44	46.19
S3 -Nuraghe Arrubiu	262.66	31.01
S4 -Mulargia	320	15.73
S5 -Sa Forada	1.33	0.08
S6 -Mannu Is Barroccus	11.96	12.28
S7 -Simbirizzi	30.3	22.07
S8 -Cixerri	24	32.88
S9 -Mannu Bau Pressiu	8.26	2.96
S10 -Corongiu	4.74	4.29

TRAVERSE

	Defl medio [Mmc/anno]
T1 -Bau 'e Mela	24.84
T2 -Bau e' Mandara	5.68
T3 -Villanovatulo	94.12
T4 -Mannu a Casa Fiume	23.34
T5 -Mannu a Monastir	24.06
T6 -Fanaris	5.9
T7 -Rio di S.Lucia	5.47
T8 -Monti Nieddu	16.51
T9 -S'isca Rena	51.7

UTENZE

	TIPO	Richiesta [Mmc/anno]
D1 -IRR 1	IRR	0
D2 -IND ENEL	IND	94.74
D3 -POT 2°salto	POT	2.25
D4 -IRR Isili	IRR	1.4
D5 -IND Sarcidano	IND	1.2
D6 -POT Orroli	POT	0.59
D7 -IRR Trexenta	IRR	28.67
D8 -IRR Serrenti	IRR	61.11
D9 -POT S.Miali	POT	1.31
D10 -POT Is Barroccus	POT	7.82

UTENZE

	TIPO	Richiesta [Mmc/anno]
D11 -IRR S.Gavino	IRR	18.48
D12 -IRR Serramanna	IRR	30.62
D13 -POT Donori	POT	18.42
D14 -IRR Leni	IRR	13.87
D15 -IRR Elmas-S.Sperate	IRR	23.11
D16 -POT	POT	58.94
D17 -IRR Quartu	IRR	20.69
D18 -IRR Uta	IRR	9.5
D19 -POT Bau Pressiu	POT	6.81
D20 -IND Casic Macchiareddu	IND	13.68
D21 -IND Casic Sarroch	IND	6.31
D22 -POT Gerrei	POT	0.31
D23 -POT Sarroch	POT	3.62
D24 -IRR S.Gavino	IRR	18.26
D25 -IRR Elmas-S.Sperate	IRR	10.31

Si precisa che, rispetto al quadro di riferimento del Piano Direttore, nelle elaborazioni di seguito riportate la configurazione della domanda sarà modificata ponendo nulla la richiesta idroelettrica Enel (pari in origine a 94.74 Mm³/anno) che, pertanto, non viene considerata nella simulazione. Si ritiene infatti che il soddisfacimento di una tale consistente domanda renderebbe le risposte del sistema poco sensibili alle alternative nelle procedure gestionali dinamiche, essendo il sistema eccessivamente deficitario.

Ulteriore elemento che differenzia il quadro della domanda qui utilizzato è dato dal non considerare le erogazioni per il deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua. Anche questa ipotesi è giustificata dalla necessità di mantenere uno schema della domanda semplificato per poter realizzare con maggiore efficacia l'analisi di sensitività sui risultati ottenuti.

L'idrologia adottata è quella considerata nel Piano Direttore; nelle tabelle precedenti sono indicati i deflussi medi annui ricavati dal data-base predisposto dall'EAF. Nelle tabelle sono pure indicate le capacità di invaso adottate nel modello di simulazione di Piano Direttore.

Come primo passo si è operata una pre-simulazione del sistema per la serie di 53 anni adottati nel Piano Direttore. Le ipotesi assunte a base della simulazione sono quelle usuali e così riassumibili:

- Soddisfacimento integrale della richiesta ad uso idropotabile.
- Soddisfacimento integrale della richiesta ad uso industriale.
- Soddisfacimento parziale della richiesta ad uso irriguo con adozione di un coefficiente di riduzione dell'erogazione costante.
- Imposizione di un limite nel volume minimo invasato nel sistema pari a 62 Mm³, ovvero al 50% della richiesta potabile annuale.

La procedura di pre-simulazione porta ad identificare un coefficiente di riduzione delle erogazioni irrigue $\alpha=0.68$, costante per tutti i centri di domanda irrigua. Ovviamente, per quanto detto prima sul quadro della domanda qui adottato, questo coefficiente di riduzione risulta superiore a quello ottenuto in Piano Direttore che risultava $\alpha=0.58$. La riduzione della

erogazione irrigua garantisce il pieno soddisfacimento senza deficit delle domande in tutto l'orizzonte temporale considerato.

In una seconda fase di pre-simulazione sono state studiate 8 situazioni in cui il coefficiente di riduzione è stato fatto variare da $\alpha=0.68$ fino ad $\alpha=1$. Anche in queste situazioni la domanda irrigua viene mantenuta costante e si evidenziano, ovviamente, deficit nelle erogazioni.

L'andamento della disponibilità idrica nel sistema è stato esaminata considerando la variabile di stato data dalla somma dei volumi invasati nei quattro laghi dell'Alto e Medio Flumendosa riportati di seguito con le rispettive capacità:

S1 -Sicca d'Erba	58.15
S2 -Flumineddu C.S	1.44
S3 -Nuraghe Arrubiu	262.66
S4 -Mulargia	320

Questi invasi determinano una capacità complessiva di 642.25 Mm^3 e costituiscono circa il 90% della capacità di regolazione dell'intero sistema Flumendosa-Campidano.

La Figura 1 riporta il volume invasato in questo “*serbatoio virtuale*” nel 53-ennio in esame con riferimento a 8 valori del coefficiente di riduzione compresi tra $\alpha = 0.68$ fino ad $\alpha = 1$. La Figura 2 riporta, sempre per il “*serbatoio virtuale*”, i volumi invasati relativamente al solo periodo più critico nel quale viene raggiunto lo stato minimo di invaso con $\alpha = 0.680$. Dalle figure risulta evidente come la variazione imposta ad α determina una banda entro la quale varia il volume invasato. L'andamento al suo interno è, in ogni caso, relativamente regolare

Dalla pre-simulazione è possibile individuare un periodo di 10 anni entro il quale si realizza la completa regolazione dei deflussi con $\alpha = 0.680$. In tale periodo il serbatoio passa da uno stato di invaso pari alla capacità complessiva di regolazione ad uno stato di invaso pari al limite minimo da garantire. Nel caso di $\alpha = 1$ il serbatoio non raggiunge in tale intervallo il limite capacitativo e passa dalla condizione di massimo invaso a quello di minimo invaso in un periodo di poco superiore ai due anni.

E' pure individuabile un periodo più limitato, di circa 5 anni, nel quale lo stato di invaso alla fine del periodo umido è in costante decrescita e, pertanto, su base annua, gli output di risorsa sono superiori agli input.

Se si considera la serie temporale dei deflussi annui:

$$y_i, \quad i=1, \dots, N \quad (1)$$

la sequenza delle somme parziali S_i è definita come:

$$S_i = S_{i-1} - (y_i - d_n) \quad i=1, \dots, N \quad (2)$$

nella quale $S_0 = 0$ e d_n è la erogazione media annua.

S_i rappresenta, quindi, la differenza cumulata dal valore medio di erogazione e può essere valutato il valore massimo di differenze cumulate S_{max}

Dall'analisi dei risultati di pre-simulazione con $\alpha = 0.680$, come è evidente dalle Figure 2 e 3, per il quinquennio critico si ottiene:

$$S_{max} = 515 - 62 = 453 \text{ Mm}^3 \quad (3)$$

La Figura 3 riporta l'andamento delle frequenze cumulate di non superamento degli stati di invaso al 1° Aprile espresse in termini adimensionali rapportati alla capacità. In corrispondenza del coefficiente di riduzione $\alpha = 0.680$ il deficit non programmato è nullo e la frequenza di non superamento in corrispondenza di uno stato d'invaso pari al 50% è del 14%. In corrispondenza del volume $V_r = 515 \text{ Mm}^3$ si ottiene $V/C = 0.80$ e risulta $P\{V/C\} \approx 0.55$.

Le curve ottenute all'aumentare di α determinano un aumento delle probabilità di non superamento per gli stati di invaso più bassi. Per $\alpha=1$ il deficit massimo annuo è stato pari a 211 Mm^3 e corrisponde al 90% della richiesta. In tale situazione la frequenza di non superamento per il volume di invaso $V/C=0.5$ aumenta a circa il 34%.

Dalle Figure è peraltro evidente la progressiva divergenza fra le diverse curve di frequenza di non superamento per gli stati di invaso più bassi, a denotare livelli di invaso mediamente traslati verso valori inferiori all'aumentare di α , per valori costanti di probabilità di non superamento.

La Tabella 1 mostra chiaramente come, sempre all'aumentare di α , il deficit si estenda anche in anni consecutivi con aliquote percentuali inaccettabili già per limitati incrementi del coefficiente di riduzione, rispetto al valore $\alpha_r = 0.680$ che garantisce l'erogazione senza deficit.

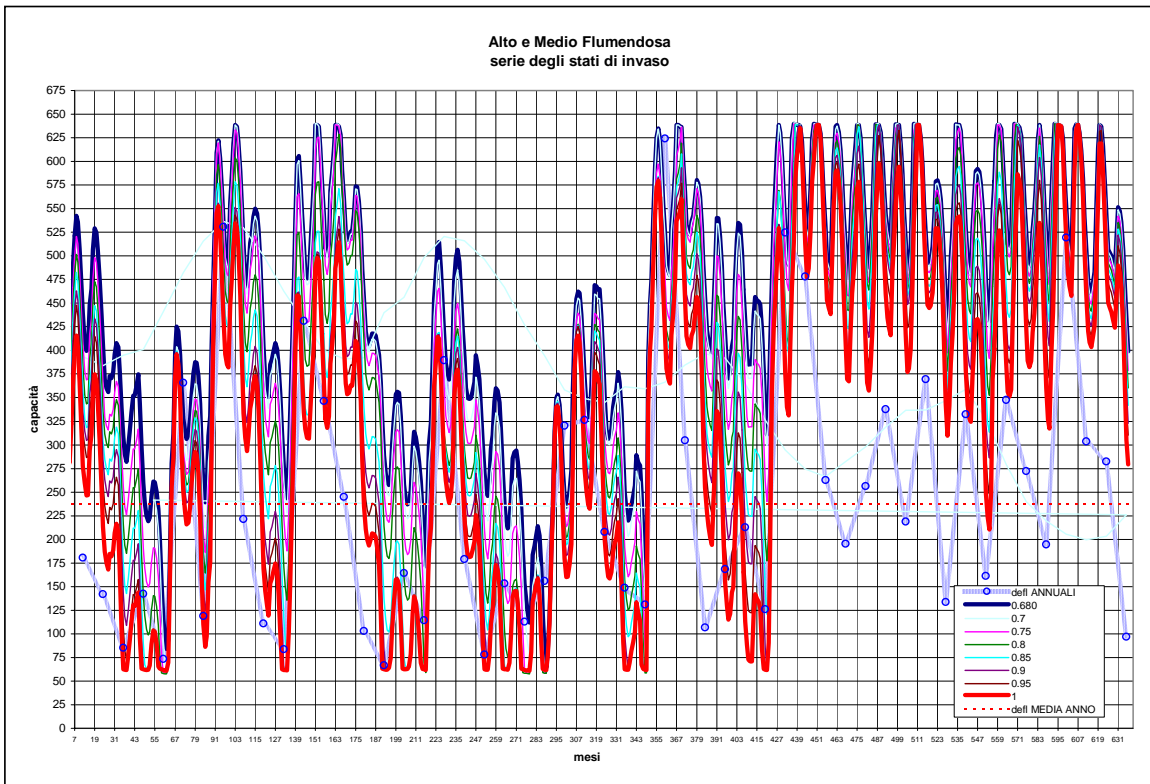


Figura 1: Andamento del volume invasato nel serbatoio virtuale

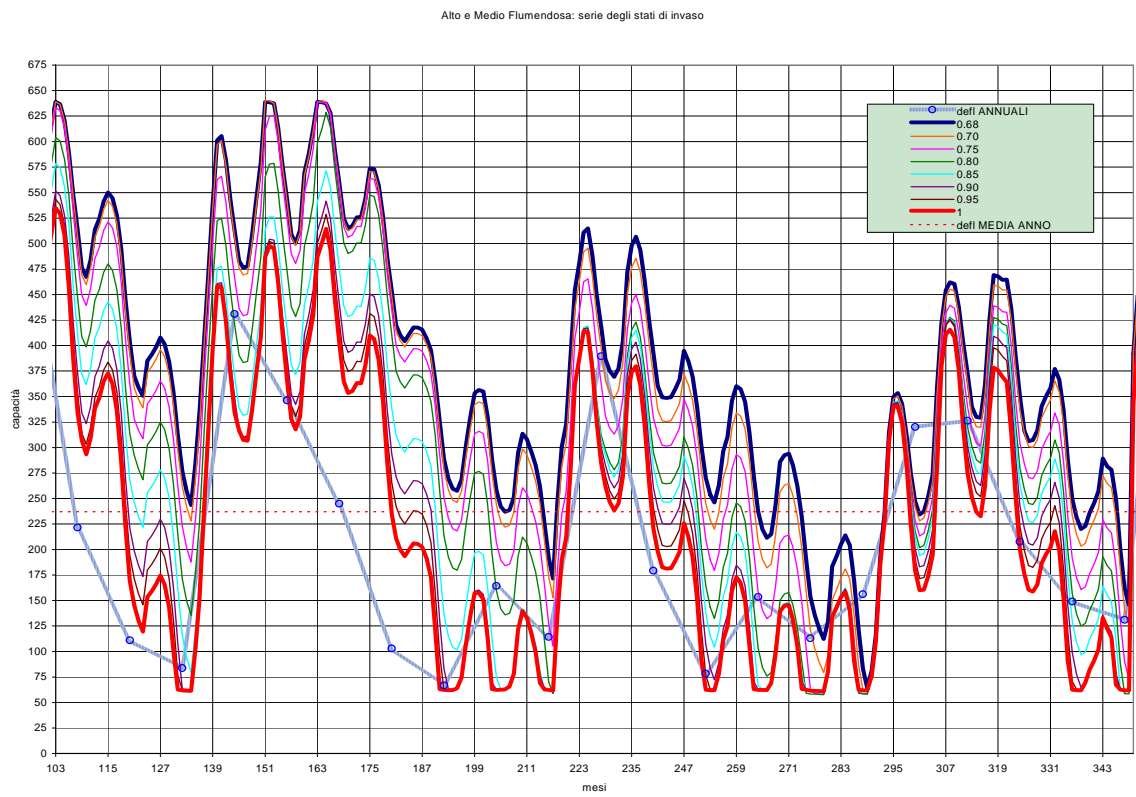


Figura 2: Andamento nel periodo critico del volume invasato nel serbatoio virtuale

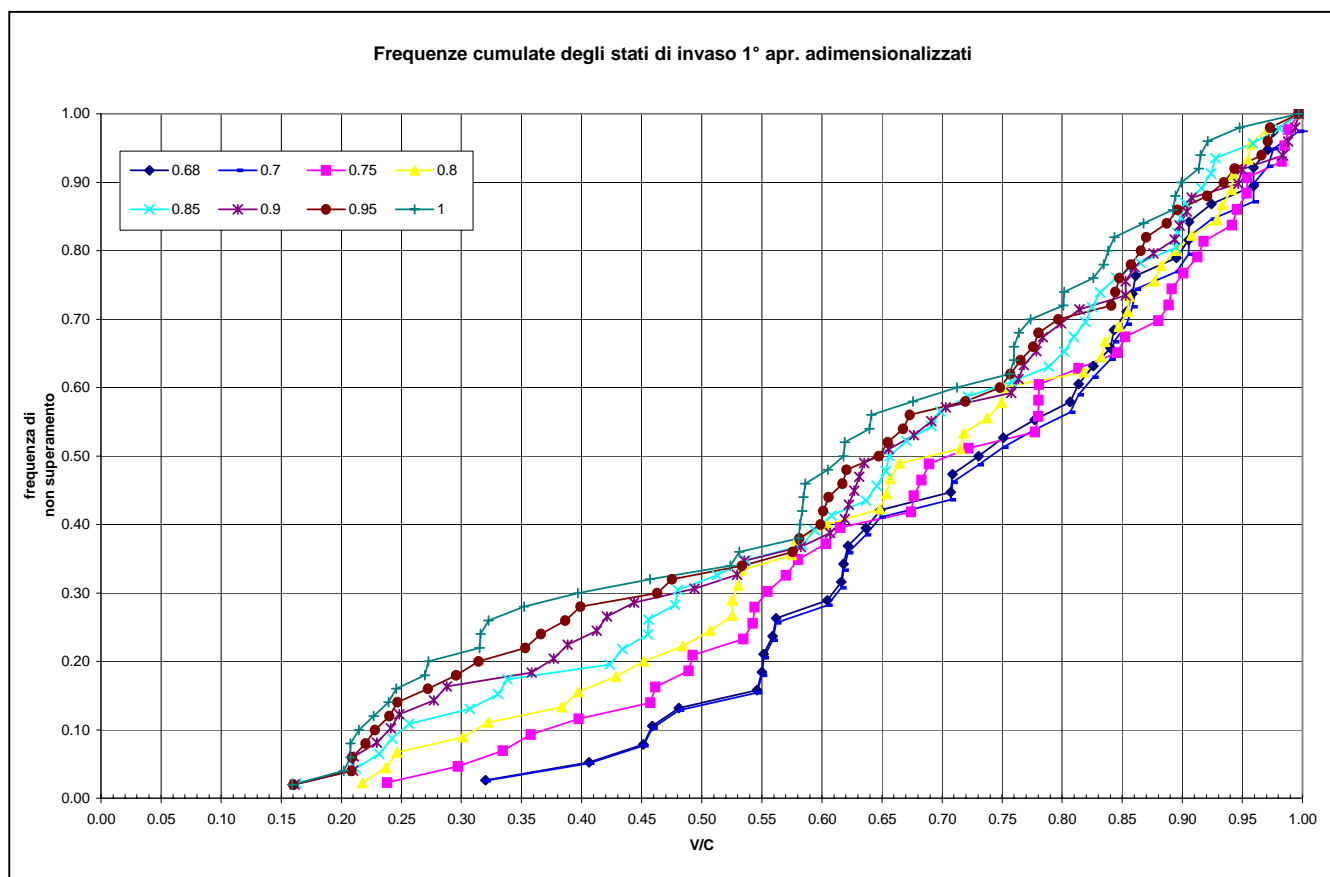


Figura 3: Probabilità di non superamento degli stati di invaso al 1° Aprile

Tabella 1: Massimo deficit registrato rispetto all'erogazione programmata

alfa	anno	biennio	triennio	quadrien	quinque
0.68	0%	0%	0%	0%	0%
0.70	21%	10%	7%	5%	4%
0.75	48%	28%	19%	14%	11%
0.80	56%	47%	31%	23%	19%
0.85	85%	56%	40%	30%	24%
0.90	88%	59%	48%	36%	29%
0.95	89%	63%	54%	42%	33%
1.00	90%	69%	56%	46%	37%

2.2 RICERCA DI REGOLE GESTIONALI DINAMICHE

La fase di pre-simulazione ha consentito di individuare il coefficiente di riduzione di riferimento $\alpha_r = 0.680$. La erogazione irrigua ammissibile conseguente a tale riduzione risulta:

$$E_{ira} = \alpha_r E_{irr} = 0.68 \times 236 = 160.48 \text{ Mm}^3/\text{anno} \quad (4)$$

La fase di pre-simulazione ha anche consentito di individuare un orizzonte temporale quinquennale nella determinazione di S_{max} ed un volume di riferimento V_r nell'invaso virtuale all'inizio del periodo quinquennale:

$$V_r = S_{max} + V_{min} = 453 + 62 = 515 \text{ Mm}^3 \quad (5)$$

La possibilità di introdurre una variazione nella attribuzione di α è stata esaminata in relazione alla possibilità che lo stato di invaso sia superiore a V_r e che si faccia riferimento ad un predifinito livello di criticità delle serie idrologiche di deflusso negli anni futuri.

La dinamicità nella determinazione dell'erogazione, ossia la disponibilità del gestore ad erogare al comparto irriguo una quota di risorsa superiore a quella definita da $\alpha_r E_{irr}$, deve essere accompagnata dalla possibilità di effettuare riduzioni rispetto a tale valore di riferimento, quando il sistema si trovi in condizioni di carenza di risorsa. In quest'ultimo caso stiamo realizzando la simulazione del sistema in situazioni di crisi.

Preliminarmente è necessario definire quale entità di erogazione primaria (utenze civile e industriale) deve essere mediamente assicurata annualmente dall'invaso virtuale, poché questa prescinde dalla variazione attribuibile ad α . Per determinare questa erogazione primaria E_{pri} si possono ancora utilizzare i risultati della pre-simulazione relativi al decennio di regolazione totale che in termini di bilancio annuo forniscono:

$$\alpha_r E_{irr} + E_{pri} + E_{eva} = (V_{max} - V_{min})/n + D_m \quad (6)$$

nella quale E_{eva} rappresenta il volume medio annuo perso per evaporazione dal lago e D_m il deflusso medio annuo nel decennio critico.

Dalla relazione precedente si ottiene:

$$E_{pri} = (642.25 - 62.00)/10 + 169.96 - (0.68 \times 236 + 25.00) = 42.51 \text{ Mm}^3/\text{anno}$$

Alla base della procedura per la determinazione di α vi è la considerazione che la pre-simulazione fornisca l'indicazione del volume d'invaso minimo sufficiente ad assicurare l'erogazione irrigua con riferimento ad un predifinito livello di criticità della serie di deflusso futuro nell'orizzonte temporale quinquennale.

Si considera pertanto il volume V_r come valore di riferimento per attivare una maggior erogazione rispetto al valore α_r dato della pre-simulazione. Si può pensare di costruire il bilancio idrico pluriennale considerando come risorsa ulteriormente disponibile il volume

eccedente rispetto a V_r . Se tale disponibilità esiste, ossia se all'inizio della stagione irrigua del generico anno i -esimo risulta invasato un volume V_i per cui:

$$(V_i - V_r) > (E_{pri} + E_{eva} + \alpha E_{irr}) - D_L \quad (7)$$

si valuta un valore dell'erogazione annuale $\alpha_i > \alpha_r$ essenzialmente variabile sulla base d'ipotesi di deflusso futuro D_L atteso nell'orizzonte temporale N_L , che nel caso in esame è considerato esteso per i cinque anni precedentemente identificati. A tale deflusso è associato, in prima istanza, una criticità determinata dalle serie idrologiche osservate nel 53-ennio.

L'ipotesi di erogazione sarà, comunque, sottoposta ad un controllo di breve periodo che consiste, essenzialmente, nel verificare se lo stato di invaso consente di soddisfare il vincolo sul limite inferiore (riserva idrica di emergenza per le utenze primarie) con riferimento ai deflussi D_B attesi in un orizzonte temporale più limitato. Il controllo di breve periodo è stato realizzato con riferimento al biennio.

Questa prima procedura di valutazione dinamica dell'erogazione può essere sintetizzata nelle seguenti routine di calcolo:

Tabella 2: Routine di calcolo delle erogazioni (primo metodo)

Attribuzione dell'alfa di riferimento (da pre-simulazione):

$$\alpha_i = \alpha_r$$

Attivazione di un incremento nella erogazione

$$\text{if } [(V_i - V_r)/n + D_L - (E_{pri} + E_{eva} + \alpha_{i-1}E_{irr})] > 0$$

then

$$\alpha_i = [(V_i - V_r)/n + D_L - (E_{pri} + E_{eva})]/E_{irr}$$

end if

Attivazione di una riduzione nella erogazione

$$\text{if } [(V_i - V_{min})/N_B + D_B - (E_{pri} + E_{eva} + \alpha_i E_{irr})] < 0$$

then

$$\alpha_i = [(V_i - V_{min})/N_B + D_{nB} - (E_{pri} + E_{eva})]/E_{irr}$$

end if

In definitiva, nell'analisi si verifica in modo ricorrente la condizione di invaso del serbatoio virtuale al 1° Aprile mantenendo per valori intermedi l'ipotesi di erogazione garantita ottenuta dalla pre-simulazione ed adottando valori incrementati o ridotti quando siano presenti le condizioni di invaso che lo richiedono.

Oltre quelli già definiti, ulteriori parametri da tarare per l'applicazione della procedura sono i seguenti:

- Livello di criticità da adottare per determinare i deflussi attesi con orizzonte temporale quinquennale (attivazione dell'incremento di erogazione) e biennale (attivazione della riduzione di erogazione).
- Numero di anni n nei quali ripartire il surplus di risorsa per la determinazione degli incrementi di erogazione.
- Ulteriori regole operative che introducano limitazioni nelle possibilità di variazione del coefficiente α_i .

La definizione di tali elementi può essere realizzata tramite analisi di sensitività sui risultati ottenuti e sarà illustrata di seguito.

2.3 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI CON LA PRIMA ROUTINE DI CALCOLO DELLE EROGAZIONI

Con riferimento agli orizzonti temporali di cinque anni e di due anni, la Tabella 3 riporta la media e lo scarto del deflusso all'invaso virtuale di riferimento e la sequenza dei casi critici ordinati. Come già detto, la base dati idrologica di riferimento è stata quella già adottata nel PSDRI.

La Tabella 4 riporta le erogazioni all'utenza irrigua ottenute in pre-simulazione con $\alpha_i = \alpha_r = 0.680$ costante in tutti gli anni. Come già detto, l'erogazione annua è sempre pari a $E_{irr} = \alpha_r \cdot 236 = 0.68 \times 236 = 160.48 \text{ Mm}^3/\text{anno}$.

Le Tabelle 5, 6, e 7 riportano i risultati ottenuti per l'erogazione media, minima e massima su base annua considerando per gli afflussi nel quinquennio D_L e nel biennio D_B i valori dei primi casi critici forniti nella tabella precedente. I valori di erogazione sono espressi in milioni di metri cubi per anno ed in aliquota della richiesta totale irrigua, pari a $236 \text{ Mm}^3/\text{anno}$.

I criteri di stima della erogazione sono diversificati nelle tre tabelle:

- a) Il primo criterio adottato (risultati in Tabella 5) è stato quello di erogare immediatamente nell'anno in corso i surplus di risorsa definiti dalla routine di calcolo in Tabella 2. Pertanto in questa routine risulta definito $n = 1$.
- b) Il secondo criterio (risultati in Tabella 6) è stato quello di ripartire in due anni il surplus (salvo verifica nel secondo anno del permanere delle condizioni di ammissibilità dell'erogazione). Pertanto nella routine risulta definito $n = 2$.
- c) Il terzo criterio (risultati in Tabella 7) è uguale al primo con l'ulteriore vincolo che limita le variazioni di α_i (sia in aumento che in diminuzione) al 20% del valore assunto nell'anno precedente.

Le Tabelle riportano anche il valore ottenuto per il deficit massimo annuo ed i valori percentuali espressi come aliquota dell'erogazione programmata. Le Figure 5, 6 e 7 riportano in sintesi gli andamenti di erogazioni e relativi deficit al variare dei casi critici di deflusso ed utilizzando i tre criteri di stima delle erogazioni sopra definiti.

Tutti e tre i criteri consentono di raggiungere una erogazione media che si attesta intorno a $180 \text{ Mm}^3/\text{anno}$ e quindi con un significativo incremento rispetto al valore di pre-simulazione.

Il primo criterio, fino all'ottavo caso critico di deflusso mantiene nulli i deficit non programmati. Per tale caso critico ha un'erogazione media di $181.85 \text{ Mm}^3/\text{anno}$ ed una erogazione minima programmata di $136.88 \text{ Mm}^3/\text{anno}$, pari al 58% della richiesta potenziale. L'erogazione massima raggiunge il 100% della domanda potenziale.

Il secondo criterio risulta più cautelativo ma riduce l'erogazione media, perlomeno in corrispondenza dei casi critici più bassi.

Il terzo criterio consente una erogazione media di circa 180 Mm³/anno già a partire dall'ipotesi cautelativa di un deflusso corrispondente al 4° caso critico ma riduce l'erogazione minima a circa il 50% della domanda potenziale.

Dalle figure 5-7 si evidenzia come il terzo criterio mostri un andamento più regolare nell'andamento delle possibilità di erogazione e dei deficit.

Sia dalle tabelle che dalle figure risulta inoltre evidente come, utilizzando tutti e tre i criteri, si abbia un brusco incremento del deficit non programmato in corrispondenza del 13° - 14° caso critico. In corrispondenza di tali criticità si supera la soglia del 20% di deficit non programmato su base annua. Si nota, ancora, come tra il 13° ed il 14° caso critico si abbia un brusco innalzamento del deflusso corrispondente nel quinquennio: si passa, infatti, da una aliquota di deflusso pari al 77,7% del deflusso medio corrispondente nel periodo quinquennale, ad una aliquota pari al 89.5% .

2.4 VALUTAZIONE ALTERNATIVA DELLE EROGAZIONI PROGRAMMATE

La procedura esposta nei precedenti paragrafi per il calcolo del coefficiente di riduzione programmata dell'erogazione irrigua ha il vantaggio di mantenere come valore di riferimento quello ottenuto in pre-simulazione ed apportare modifiche ad esso solo quando il sistema è caratterizzato da un surplus di risorsa valutato con riferimento al quinquennio critico.

La procedura richiede che venga quindi valutato con particolare attenzione il valore V_r dello stato di invaso di riferimento nell'attivare un incremento rispetto ad α_r e tale elemento può risultare particolarmente critico nella procedura precedentemente esposta.

E' stata quindi ipotizzata una procedura alternativa che si svincola, almeno in parte, dalle stime di α_r e V_r ottenute in pre-simulazione.

Questa procedura alternativa valuta l'erogazione rendendo omogenea la routine di stima di α_i sull'orizzonte temporale esteso su cinque anni con quello di breve periodo biennale. La disponibilità di risorsa è valutata con riferimento al solo vincolo sul volume minimo invasato che deve essere comunque assicurato come riserva per l'erogazione verso le utenze primarie.

L'erogazione è sempre definita come valore da attribuire al coefficiente di riduzione α_i verso l'utenza irrigua nel generico anno *i-esimo* e viene verificata nel breve periodo con riferimento all'orizzonte temporale biennale. La procedura è sintetizzata nella routine seguente:

Routine di calcolo delle erogazioni (secondo metodo)

Attribuzione dell'alfa di lungo periodo

$$\alpha_i = [(V_i - V_{min})/N_L + D_L - (E_{pri} + E_{eva})]/E_{irr}$$

Controllo sul breve periodo

if $[(V_i - V_{min})/N_B + D_B - (E_{pri} + E_{eva} + \alpha_i E_{irr})] < 0$

then

$$\alpha_i = [(V_i - V_{min})/N_B + D_B - (E_{pri} + E_{eva})]/E_{irr}$$

end if

2.5 RISULTATI OTTENUTI CON LA PROCEDURA ALTERNATIVA (SECONDO METODO)

La Tabella 8 e la Figura 8 riportano sinteticamente i risultati ottenuti con questa procedura di stima dinamica delle erogazioni senza condizionare α_i col valore di pre-simulazione α_r .

E' evidente come in questa procedura la mancanza di un volume di invaso di riferimento V_r impone la necessità di attestarci sui primi casi critici per evitare di andare oltre i valori accettabili di deficit. Considerando il terzo caso critico l'erogazione media è di $175.17 \text{ Mm}^3/\text{anno}$, mentre l'erogazione minima resta superiore al 50% e non si è in presenza di deficit rispetto all'erogazione programmata.

L'erogazione media risulta, pertanto, inferiore rispetto a quella ottenuta con la procedura precedente anche se di un valore non molto elevato (di poco superiore a 5 milioni di metri cubi all'anno). Aspetto più preoccupante di questa procedura è la continua variabilità, di anno in anno, dell'erogazione che viene autonomamente stimata sulla base del volume invasato nel serbatoio di riferimento. Anche se in un contesto di gestione in tempo reale della risorsa questo è probabilmente lo stato di fatto nel quale il gestore opera, non sembra auspicabile che si possa entrare nel merito di modifiche da realizzare con elevata frequenza anche in un contesto di programmazione delle erogazioni ammissibili.

2.6 ANALISI COMPARATIVA DEI RISULTATI

Le Figure 9-15 riportano per i casi critici più significati gli andamenti delle erogazioni, degli invasi e dei deficit non programmati ottenuti con le procedure illustrate precedentemente.

Particolarmente significativo è l'andamento della erogazione ottenuta col primo metodo quando si considera il 13° caso critico dei deflussi quinquennali. Il primo criterio fornisce erogazioni, riportate in Figura 11, che sono inferiori rispetto al valore di riferimento di pre-simulazione solo in un caso, cui corrisponde anche un leggero deficit non programmato. In tutti gli altri anni le erogazioni risultano uguale o superiori a tale valore, attestandosi di frequente sul completo soddisfacimento della domanda.

Ugualmente interessante è l'andamento delle erogazioni ottenute col secondo metodo, in corrispondenza del terzo caso critico dei deflussi. Le erogazioni sono riportate nella Figura 14. Resta confermato l'andamento variabile del coefficiente di riduzione che frequentemente si attesta su valori inferiori al valori di riferimento in pre-simulazione. E' ancora da notare come questo metodo porti ad un volume minimo invasato che risulta particolarmente cautelativo restando al di sopra dei 100 milioni di metri cubi.

In modo sintetico, nelle Figure 16-19 sono riportati i valori dei coefficienti di riduzione, valutati in simulazione con l'applicazione delle procedure precedentemente illustrate, messi in relazione col volume invasato al 1° di Aprile di ogni anno della serie temporale considerata. Nelle figure sono anche date le linee di tendenza determinate dalle regole operative per la stima di α_i determinate sulla base delle formule riportate nelle routine di calcolo precedenti

Risulta evidente dalle prime tre Figure come i controlli in simulazione riportino, in diversi casi, i valori di α_i a valori inferiori rispetto alle linee di tendenza nell'attivazione di un incremento di erogazione valutato col primo metodo. Per come sono impostati i controlli, questo determina sistematicamente una riduzione di α_i ad α_r quando si adotta il primo criterio del primo metodo, mentre col terzo criterio la distribuzione di α_i risulta più varia nella zona di attribuzione di α_i con volumi di invaso elevato. In Figura 16 si evidenzia, inoltre, come il secondo criterio del primo metodo, essendo quello più cautelativo nell'attivare gli incrementi, non si discosta dalla linea di tendenza teorica.

Come era da attendersi, si può ancora notare dalle figure come utilizzando il primo metodo, la valutazione dei deflussi all'*invaso virtuale* ottenuta col 5° caso critico della serie idrologica di riferimento, rispetto 13° caso critico porti a definire una zona traslata verso volumi di invaso più elevati nella quale risulta $\alpha_i = \alpha_r$.

Si nota ancora come le rampe di crescita nell'attivazione dell'incremento di erogazione risultino di maggiore pendenza utilizzando il primo e terzo criterio rispetto al secondo che estende su due anni il volume disponibile.

Tabella 3: Sequenza ordinata dei casi critici di deflusso all'invaso di riferimento

casi critici

	anno	biennio	triennio	quadrien	quinquen	sess	sept	otten	noven	decen
1	73.85	188.41	356.99	503.51	736.87	1070.97	1219.60	1397.99	1526.38	1699.59
2	83.53	234.55	373.74	523.56	765.40	1105.04	1283.43	1411.82	1585.03	1802.21
3	86.48	251.28	388.95	566.48	779.34	1114.75	1284.27	1495.43	1673.82	1934.39
4	103.16	259.18	393.26	592.18	904.39	1133.11	1325.86	1511.19	1799.20	1998.12
5	105.71	264.87	440.03	649.57	915.84	1142.24	1337.97	1660.11	1859.03	2051.15
6	110.26	272.29	463.79	653.34	928.94	1152.64	1408.94	1675.21	1860.54	2098.61
7	114.56	273.46	464.24	698.93	934.20	1156.68	1473.84	1705.88	1860.61	2117.71
8	122.65	285.40	472.55	762.37	1018.55	1196.09	1506.96	1712.72	1872.77	2219.63
9	128.39	292.24	480.00	798.68	1022.87	1209.58	1534.33	1729.22	1951.13	2227.85
10	129.77	301.61	485.59	819.64	1024.25	1210.03	1545.44	1730.83	1968.83	2266.34
11	131.38	306.78	524.28	829.35	1026.90	1274.92	1545.51	1783.51	2014.54	2289.72
12	139.09	311.07	548.20	841.58	1031.19	1395.24	1573.63	1786.28	2034.30	2291.29
13	142.03	315.10	576.29	845.86	1032.24	1405.94	1587.36	1845.42	2096.46	2342.15
14	148.77	369.38	630.94	881.51	1188.44	1414.12	1599.45	1847.97	2136.57	2358.83
15	150.73	379.88	644.38	883.36	1188.77	1420.48	1626.06	1858.46	2159.91	2420.51
16	153.15	385.19	650.96	894.48	1232.72	1471.66	1645.16	1883.16	2217.78	2460.46
17	166.58	387.86	656.66	941.93	1242.09	1478.58	1677.67	1904.53	2255.66	2499.73
18	167.75	390.39	692.57	944.70	1266.84	1496.29	1709.66	1985.74	2314.80	2543.02
19	173.22	423.22	703.93	1010.05	1266.85	1574.51	1716.58	2056.75	2357.70	2576.87
20	177.44	425.55	716.09	1046.74	1310.96	1594.14	1742.26	2067.05	2373.98	2651.54
21	178.39	455.95	744.28	1075.01	1319.27	1595.10	1829.92	2147.06	2425.88	2692.14
22	185.33	488.91	745.79	1081.27	1340.27	1597.88	1832.59	2189.01	2426.14	2707.29
23	188.43	495.59	750.67	1085.60	1341.26	1600.15	1835.01	2195.59	2493.31	2711.58
24	198.92	499.25	759.38	1087.50	1357.10	1602.64	1949.51	2210.26	2523.15	2775.49
25	212.54	515.13	767.73	1093.63	1372.87	1610.87	1997.72	2251.32	2524.40	2785.69
26	213.30	522.57	782.30	1096.31	1382.98	1641.49	2000.58	2282.48	2528.90	2800.23
27	219.65	527.63	797.45	1113.70	1397.00	1658.15	2006.38	2283.85	2538.36	2831.25
28	232.04	543.80	867.85	1113.95	1409.46	1666.46	2031.67	2311.32	2553.65	2875.75
29	237.13	547.41	869.00	1144.20	1443.13	1681.86	2032.82	2315.87	2569.18	2900.68
30	238.00	552.51	881.66	1152.05	1444.73	1693.50	2035.49	2349.93	2592.70	2902.49
31	244.94	559.87	901.41	1163.82	1453.87	1711.01	2063.53	2380.15	2615.79	2907.78
32	275.83	560.46	910.06	1167.21	1453.92	1723.69	2067.20	2400.50	2621.08	2918.43
33	283.05	572.55	918.87	1185.54	1478.75	1786.73	2069.94	2400.51	2688.13	2938.94
34	286.71	591.13	926.24	1205.13	1490.98	1786.89	2093.45	2401.43	2716.70	3013.36
35	307.98	614.70	940.48	1225.71	1516.12	1800.74	2120.20	2403.24	2769.66	3061.24
36	312.96	629.60	943.57	1234.22	1517.69	1820.28	2159.83	2403.29	2808.17	3073.70
37	327.45	640.41	949.88	1237.11	1518.85	1843.42	2167.76	2440.86	2816.30	3143.90
38	333.31	648.69	953.50	1256.31	1533.58	1877.94	2169.29	2446.54	2816.45	3186.20
39	349.35	653.17	954.22	1286.81	1535.44	1893.46	2225.85	2469.55	2835.92	3188.20
40	359.09	656.46	955.77	1302.34	1542.77	1893.98	2227.29	2495.21	2872.81	3203.60
41	366.36	690.41	1015.64	1305.15	1544.63	1917.04	2258.11	2571.50	2898.95	3211.91
42	369.76	708.44	1018.44	1305.64	1652.63	1947.29	2261.42	2627.87	2920.55	3276.56
43	377.34	716.22	1092.75	1315.79	1664.24	1971.41	2293.04	2635.69	3037.46	3277.05
44	382.43	718.64	1112.22	1359.60	1672.10	1980.08	2320.78	2659.40	3039.43	3403.83
45	403.74	784.77	1117.22	1420.20	1733.16	2018.99	2346.44	2781.46	3064.51	
46	405.38	800.35	1121.60	1425.18	1734.28	2020.99	2390.74	2888.70		
47	430.69	803.09	1122.55	1475.19	1758.86	2115.60	2484.95			
48	469.38	812.19	1133.66	1475.82	1802.64	2240.01				
49	520.04	846.72	1205.53	1521.74	1870.25					
50	565.12	892.57	1238.69	1583.55						
51	567.91	994.57	1371.01							
52	574.19	1087.96								
53	661.26									
min	73.85	188.41	356.99	503.51	736.87	1070.97	1219.60	1397.99	1526.38	1699.59
media	262.01	527.87	794.76	1063.66	1328.58	1598.22	1864.16	2130.26	2391.48	2650.84
max	661.26	1087.96	1371.01	1583.55	1870.25	2240.01	2484.95	2888.70	3064.51	3403.83

ALFA COST	EROG. MIN	68.0%	160.48
	EROG. MEDIA	68.0%	160.48
	EROG. MAX	68.0%	160.48
	DEF MAX	0.00%	
	V MIN	64.33	

Tabella 4 : Erogazioni al comparto irriguo con $\alpha = 0.680$; valori ottenuti in pre-simulazione.

5cr1-2cr1 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	45.9% 71.4% 86.6% 0.00% 109.34	108.32 168.57 204.38	5cr2-2cr2 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	51.5% 72.5% 89.0% 0.00% 88.05	121.54 171.08 210.04	5cr3-2cr3 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	50.2% 73.0% 90.2% 0.00% 77.41	118.47 172.39 212.87
- PRESIM + PRESIM	-32.5% +27.4%			- PRESIM + PRESIM	-24.3% +30.9%			- PRESIM + PRESIM	-26.2% +32.6%		
5cr4-2cr4 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	50.5% 75.7% 100.0% 0.00% 70.48	119.18 178.71 236.00	5cr5-2cr5 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	51.6% 75.9% 100.0% 0.00% 67.95	121.78 179.05 236.00	5cr6-2cr6 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	53.1% 76.0% 100.0% 0.00% 64.76	125.32 179.39 236.00
- PRESIM + PRESIM	-25.7% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-24.1% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-21.9% +47.1%		
5cr7-2cr7 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	53.3% 76.1% 100.0% 0.00% 64.17	125.79 179.48 236.00	5cr8-2cr8 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	58.0% 77.1% 100.0% 0.00% 64.68	136.88 181.85 236.00	5cr9-2cr9 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	58.8% 77.1% 100.0% 1.07% 63.02	138.68 181.95 236.00
- PRESIM + PRESIM	-21.6% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-14.7% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-13.6% +47.1%		
5cr10-2cr10 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	59.0% 77.1% 100.0% 3.82% 63.02	139.15 182.00 236.00	5cr11-2cr11 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	59.0% 77.1% 100.0% 5.29% 62.91	139.25 182.05 236.00	5cr12-2cr12 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	59.1% 77.2% 100.0% 6.48% 62.69	139.48 182.13 236.00
- PRESIM + PRESIM	-13.3% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-13.2% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-13.1% +47.1%		
5cr13-2cr13 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	59.2% 77.2% 100.0% 7.44% 62.52	139.80 182.15 236.00	5cr14-2cr14 sim6	EROG. MIN EROG. MEDIA EROG. MAX DEF MAX V MIN	54.3% 78.3% 100.0% 20.21% 62.36	128.04 184.76 236.00				
- PRESIM + PRESIM	-12.9% +47.1%			- PRESIM + PRESIM	-20.2% +47.1%						

Tabella 5: Risultati di erogazione ottenuti con ripartizione del surplus di risorsa su n=1 anni

5cr1-2cr1	EROG. MIN	41.9%	98.88	5cr2-2cr2	EROG. MIN	48.7%	114.93	5cr3-2cr3	EROG. MIN	49.3%	116.35
sim6	EROG. MEDIA	61.7%	145.60	sim6	EROG. MEDIA	63.6%	150.03	sim6	EROG. MEDIA	64.2%	151.51
- PRESIM	EROG. MAX	68.0%	160.48	- PRESIM	EROG. MAX	68.0%	160.48	- PRESIM	EROG. MAX	68.0%	160.48
-38.4%	DEF MAX	0.00%		-28.4%	DEF MAX	0.00%		-27.5%	DEF MAX	0.00%	
+ PRESIM	V MIN	119.92		+ PRESIM	V MIN	98.92		+ PRESIM	V MIN	92.43	
+0.0%				+0.0%				+0.0%			
<hr/>											
5cr4-2cr4	EROG. MIN	55.4%	130.74	5cr5-2cr5	EROG. MIN	56.4%	133.10	5cr6-2cr6	EROG. MIN	57.7%	136.17
sim6	EROG. MEDIA	69.5%	164.10	sim6	EROG. MEDIA	69.9%	165.00	sim6	EROG. MEDIA	70.3%	166.00
- PRESIM	EROG. MAX	74.3%	175.35	- PRESIM	EROG. MAX	75.3%	177.71	- PRESIM	EROG. MAX	76.4%	180.30
-18.5%	DEF MAX	0.00%		-17.1%	DEF MAX	0.00%		-15.1%	DEF MAX	0.00%	
+ PRESIM	V MIN	83.15		+ PRESIM	V MIN	80.24		+ PRESIM	V MIN	76.50	
+9.3%				+10.7%				+12.4%			
<hr/>											
5cr7-2cr7	EROG. MIN	57.9%	136.64	5cr8-2cr8	EROG. MIN	58.8%	138.77	5cr9-2cr9	EROG. MIN	60.2%	142.07
sim6	EROG. MEDIA	70.5%	166.36	sim6	EROG. MEDIA	73.0%	172.17	sim6	EROG. MEDIA	73.1%	172.51
- PRESIM	EROG. MAX	76.8%	181.25	- PRESIM	EROG. MAX	84.0%	198.24	- PRESIM	EROG. MAX	84.3%	198.95
-14.9%	DEF MAX	0.00%		-13.5%	DEF MAX	0.00%		-11.5%	DEF MAX	0.00%	
+ PRESIM	V MIN	75.74		+ PRESIM	V MIN	66.61		+ PRESIM	V MIN	63.54	
+12.9%				+23.5%				+24.0%			
<hr/>											
5cr10-2cr10	EROG. MIN	60.6%	143.07	5cr11-2cr11	EROG. MIN	60.7%	143.33	5cr12-2cr12	EROG. MIN	60.7%	143.22
sim6	EROG. MEDIA	73.1%	172.62	sim6	EROG. MEDIA	73.2%	172.86	sim6	EROG. MEDIA	73.4%	173.13
- PRESIM	EROG. MAX	84.4%	199.18	- PRESIM	EROG. MAX	84.7%	199.89	- PRESIM	EROG. MAX	85.0%	200.60
-10.9%	DEF MAX	2.38%		-10.7%	DEF MAX	3.90%		-10.8%	DEF MAX	5.18%	
+ PRESIM	V MIN	63.02		+ PRESIM	V MIN	63.02		+ PRESIM	V MIN	63.02	
+24.1%				+24.6%				+25.0%			
<hr/>											
5cr13-2cr13	EROG. MIN	60.9%	143.66	5cr14-2cr14	EROG. MIN	57.1%	134.84	5cr15-2cr15	EROG. MIN	57.1%	134.83
sim6	EROG. MEDIA	73.4%	173.22	sim6	EROG. MEDIA	77.0%	181.79	sim6	EROG. MEDIA	77.0%	181.81
- PRESIM	EROG. MAX	85.1%	200.84	- PRESIM	EROG. MAX	98.4%	232.22	- PRESIM	EROG. MAX	98.4%	232.22
-10.5%	DEF MAX	6.06%		-16.0%	DEF MAX	15.98%		-16.0%	DEF MAX	15.98%	
+ PRESIM	V MIN	62.72		+ PRESIM	V MIN	62.36		+ PRESIM	V MIN	62.36	
+25.1%				+44.7%				+44.7%			

Tabella 6: Risultati ottenuti con ripartizione del surplus di risorsa su n=2 anni

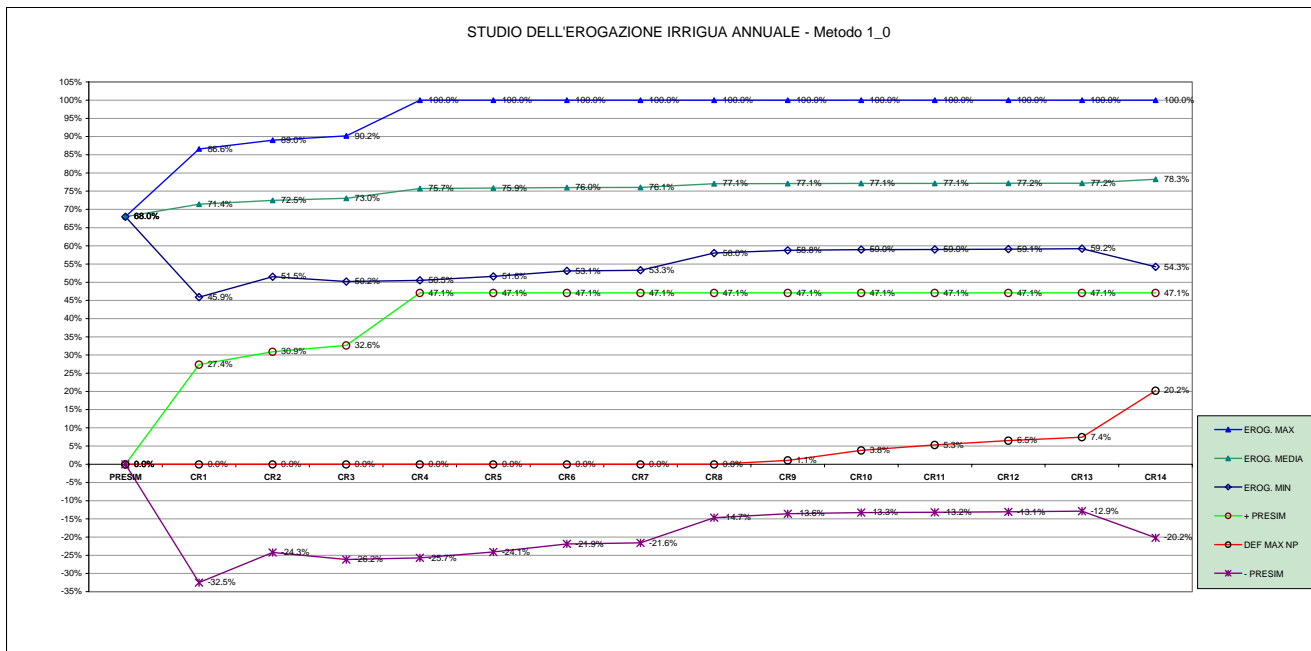


Figura 4 : Criterio a) - andamento delle erogazioni e dei deficit

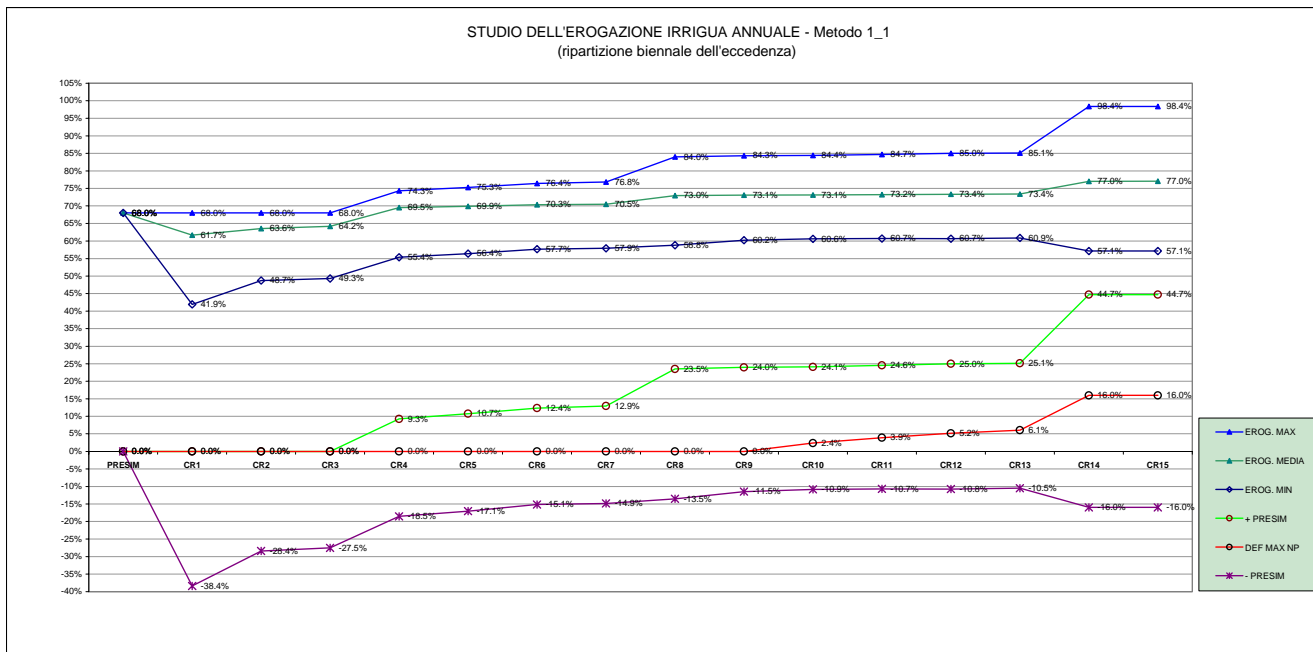


Figura 5 : Criterio b) - andamento delle erogazioni e dei deficit

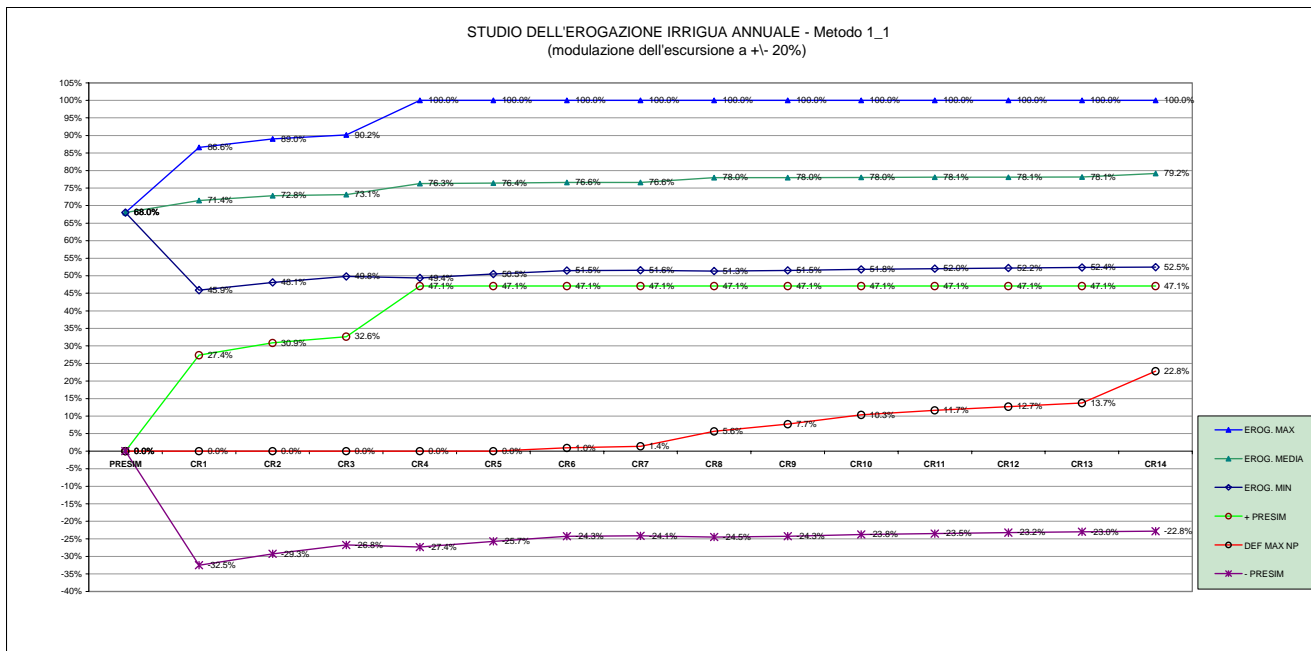


Figura 6 : Criterio c) - andamento delle erogazioni e dei deficit

5cr1-2cr1		EROG. MIN	51.0%	120.36	5cr2-2cr2		EROG. MIN	51.6%	121.78
sim7		EROG. MEDIA	71.8%	169.46	sim7		EROG. MEDIA	73.5%	173.41
		EROG. MAX	82.7%	195.17			EROG. MAX	85.1%	200.84
- PRESIM	-25.0%	DEF MAX	0.00%		- PRESIM	-24.1%	DEF MAX	0.00%	
+ PRESIM	+ 21.6%	V MIN	130.76		+ PRESIM	+ 25.1%	V MIN	112.33	

5cr3-2cr3		EROG. MIN	52.0%	122.72	5cr4-2cr4		EROG. MIN	38.0%	89.79
sim7		EROG. MEDIA	74.2%	175.17	sim7		EROG. MEDIA	80.5%	189.91
		EROG. MAX	86.3%	203.67			EROG. MAX	96.9%	228.68
- PRESIM	-23.5%	DEF MAX	0.00%		- PRESIM	-44.1%	DEF MAX	22.83%	
+ PRESIM	+ 26.9%	V MIN	103.33		+ PRESIM	+ 42.5%	V MIN	62.04	

Tabella 8: Risultati ottenuti con la procedura alternativa (secondo metodo) di stima di α

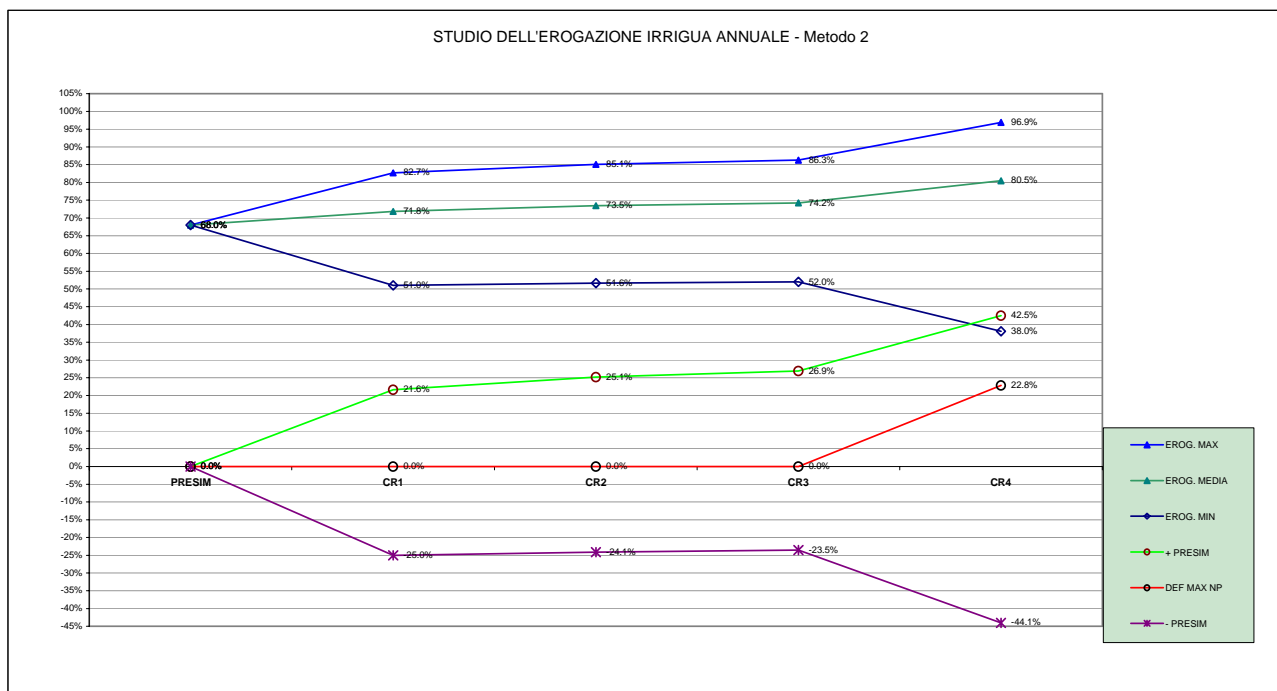


Figura 7 : Andamento delle erogazioni e dei deficit con la procedura alternativa (secondo metodo) di stima di α

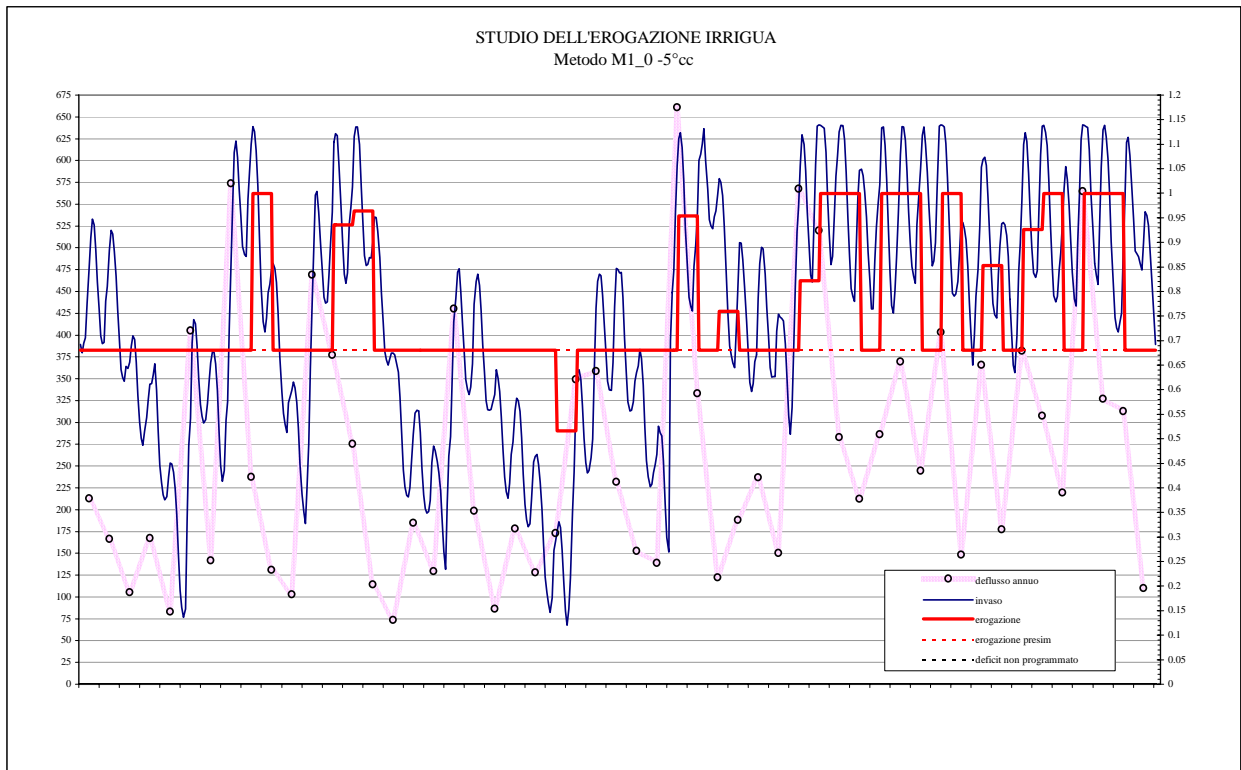


Figura 8: Erogazioni ottenute col 1° metodo – criterio a) (n=1) , 5° caso critico sui deflussi

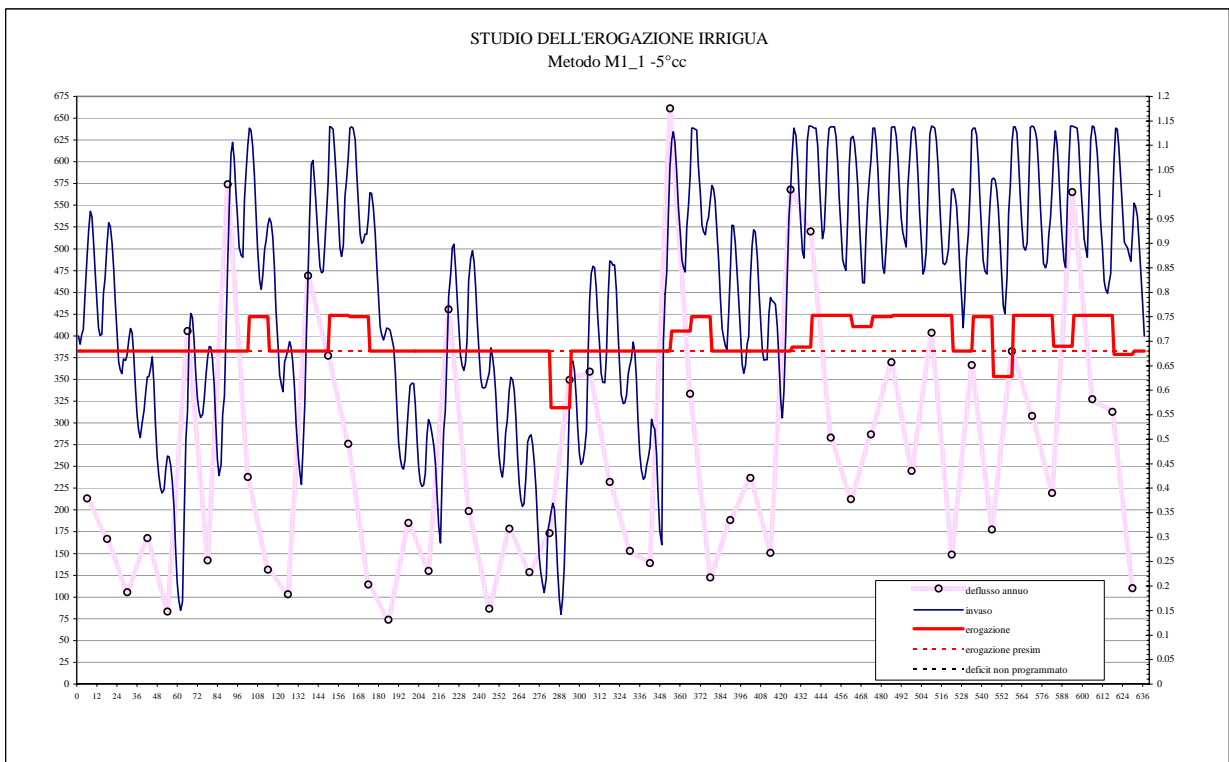
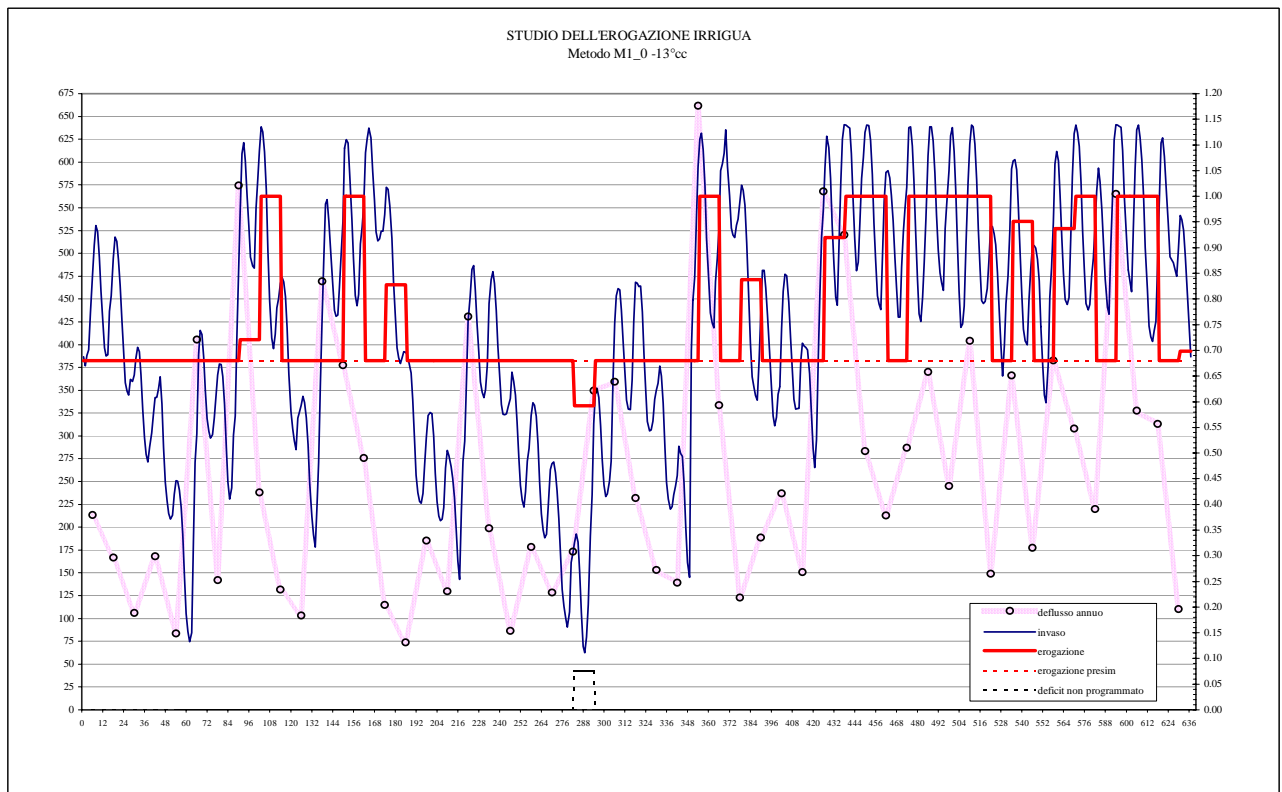
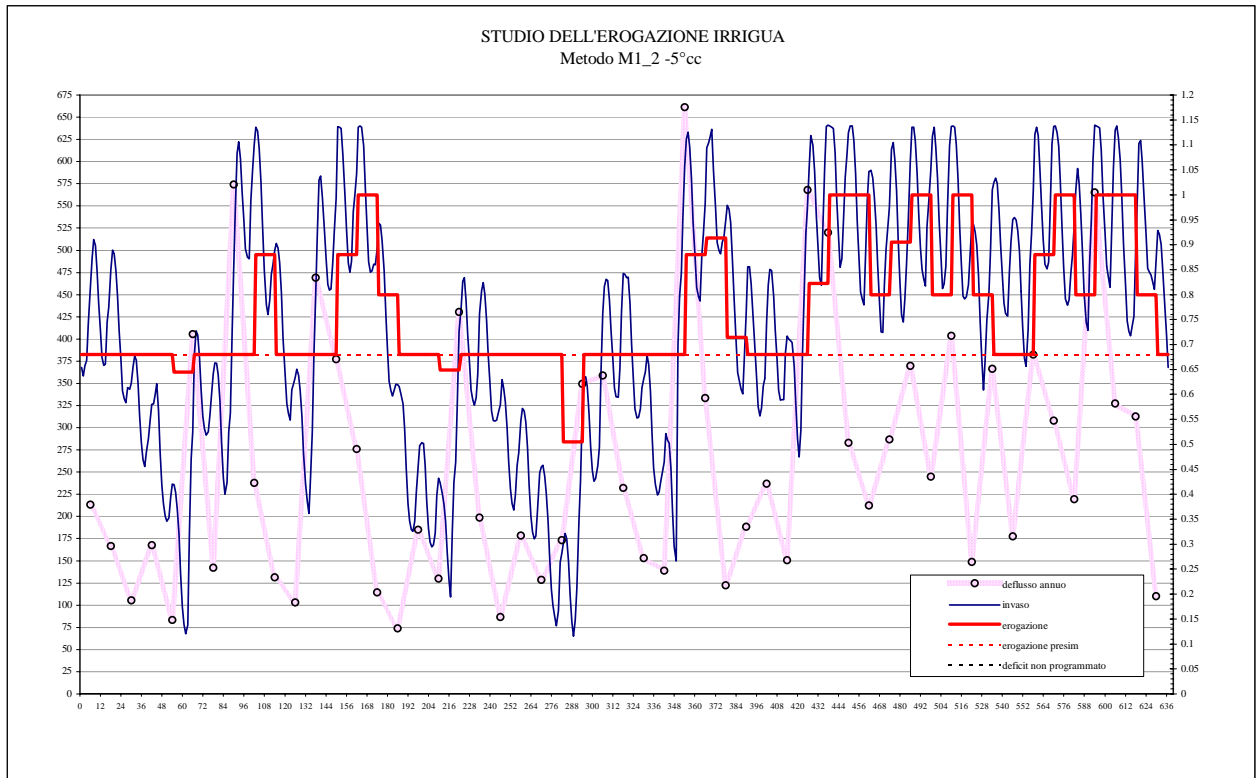


Figura 9: Erogazioni ottenute col 1° metodo – criterio b) (n=2); 5° caso critico sui deflussi



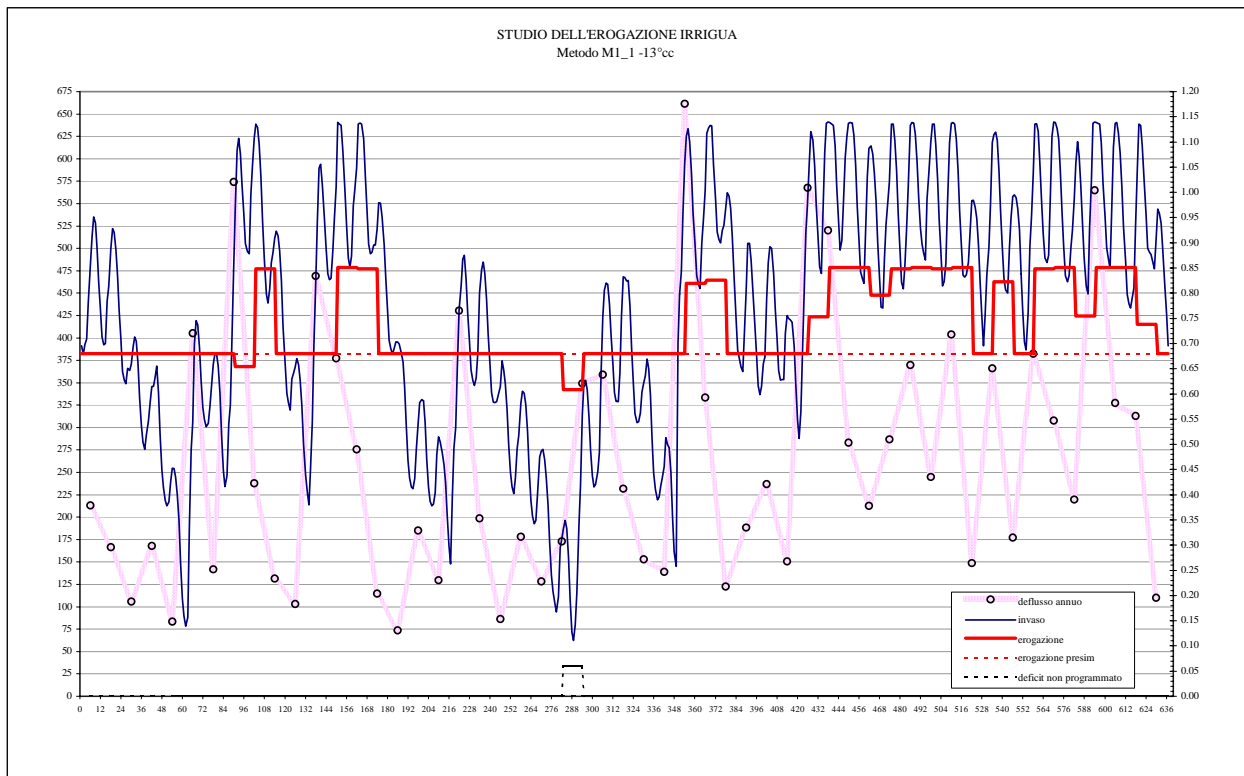


Figura 12: Erogazioni ottenute col 1° metodo – criterio b); 13° caso critico sui deflussi

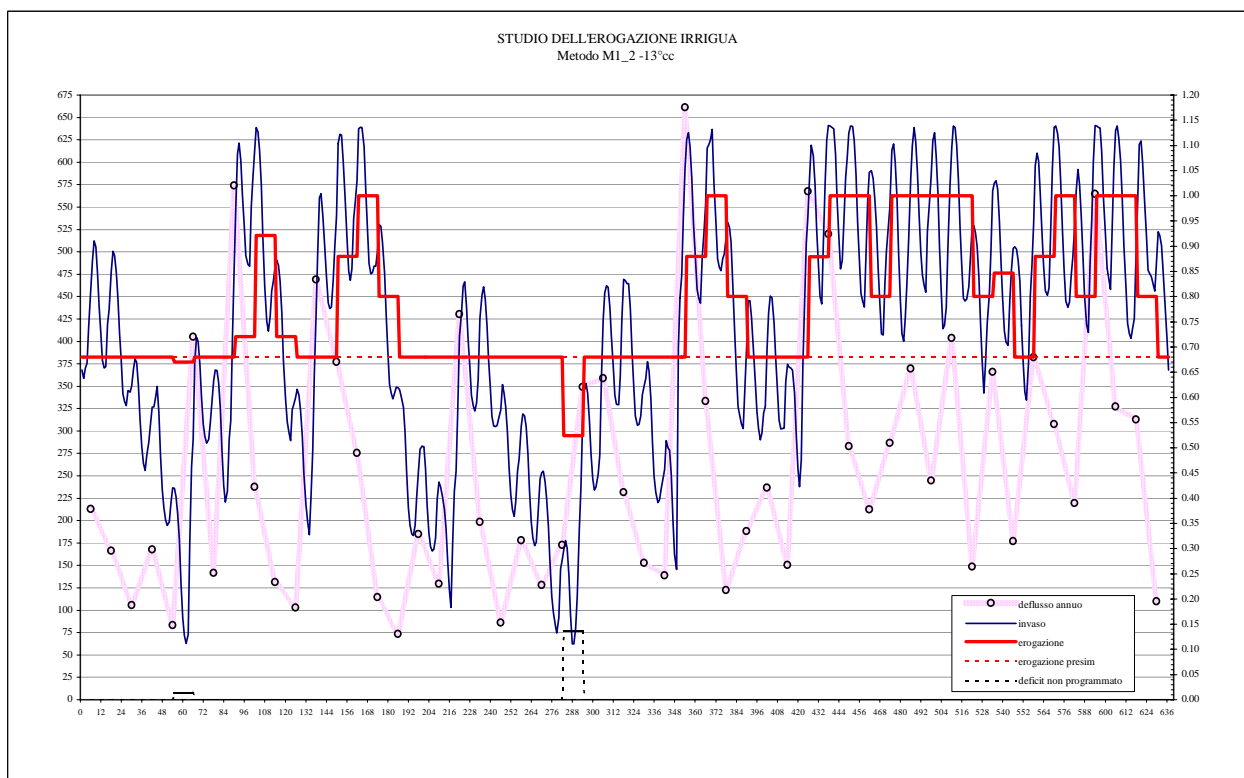


Figura 13: Erogazioni ottenute col 1° metodo – criterio c); 13° caso critico sui deflussi

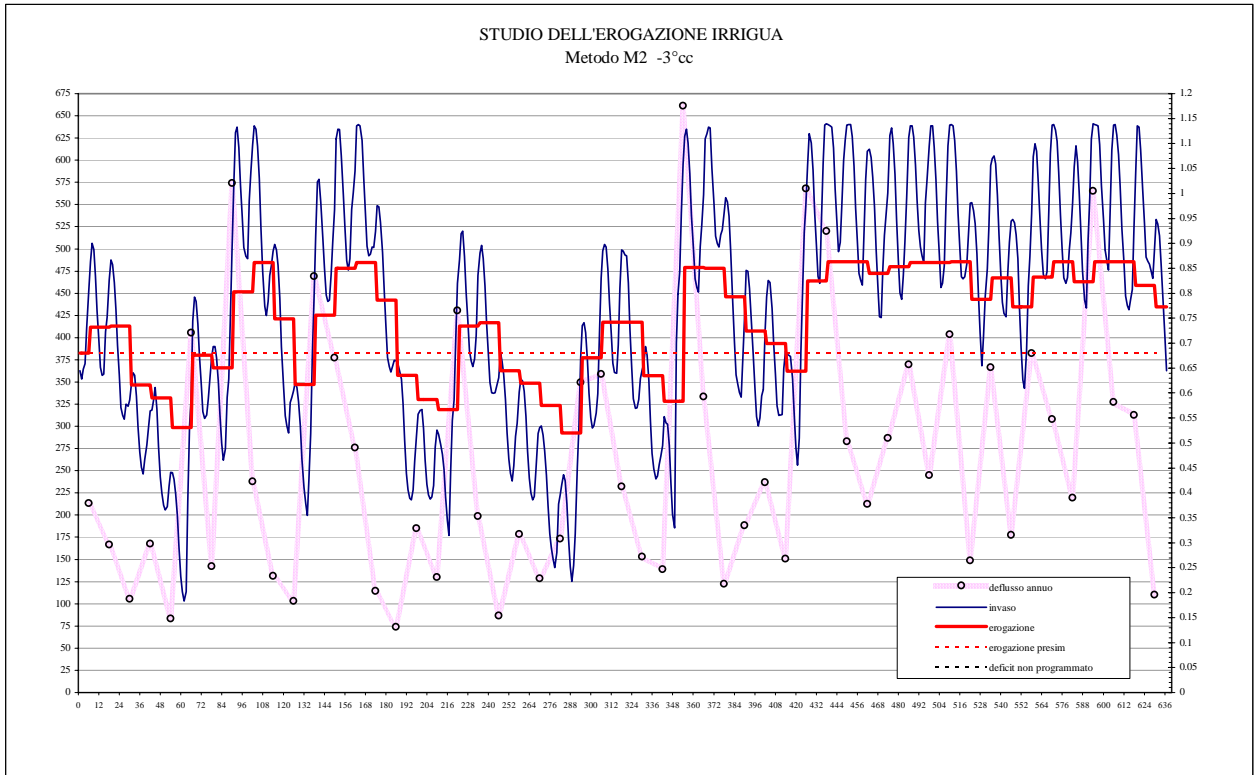


Figura 14: Erogazioni ottenute col 2° metodo; 3° caso critico sui deflussi

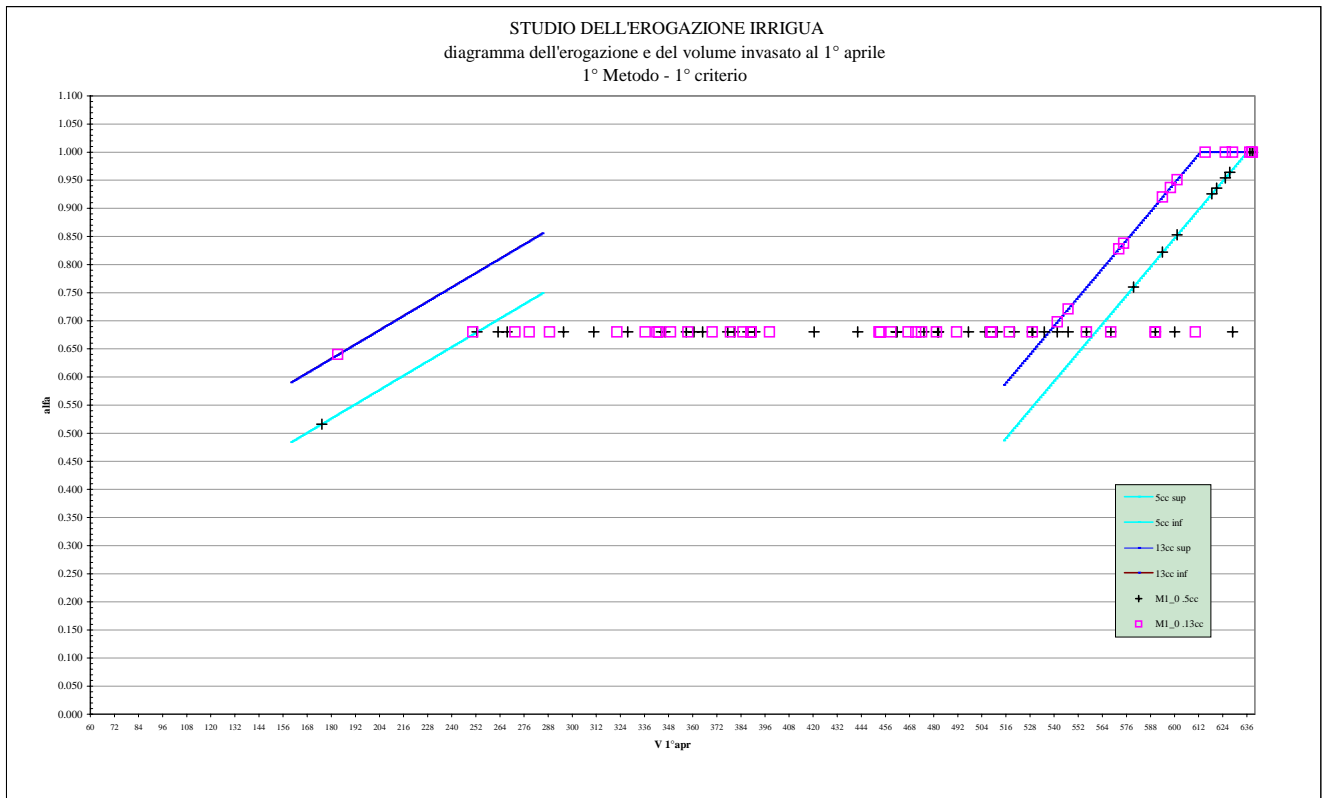


Figura 15: Coefficiente di riduzione in funzione del volume invasato al 1° Aprile: Metodo 1a

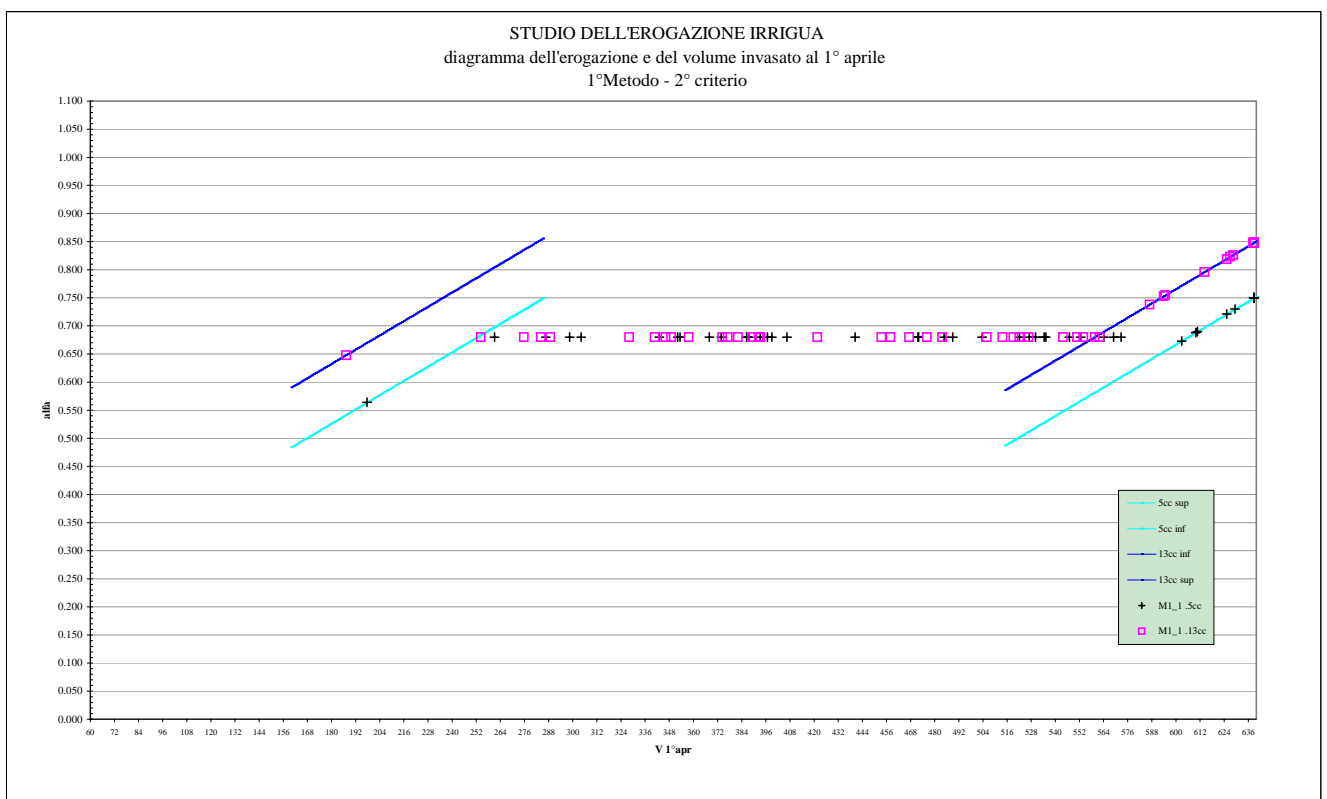


Figura 16: Coefficiente di riduzione in funzione del volume invasato al 1° Aprile: Metodo 1b

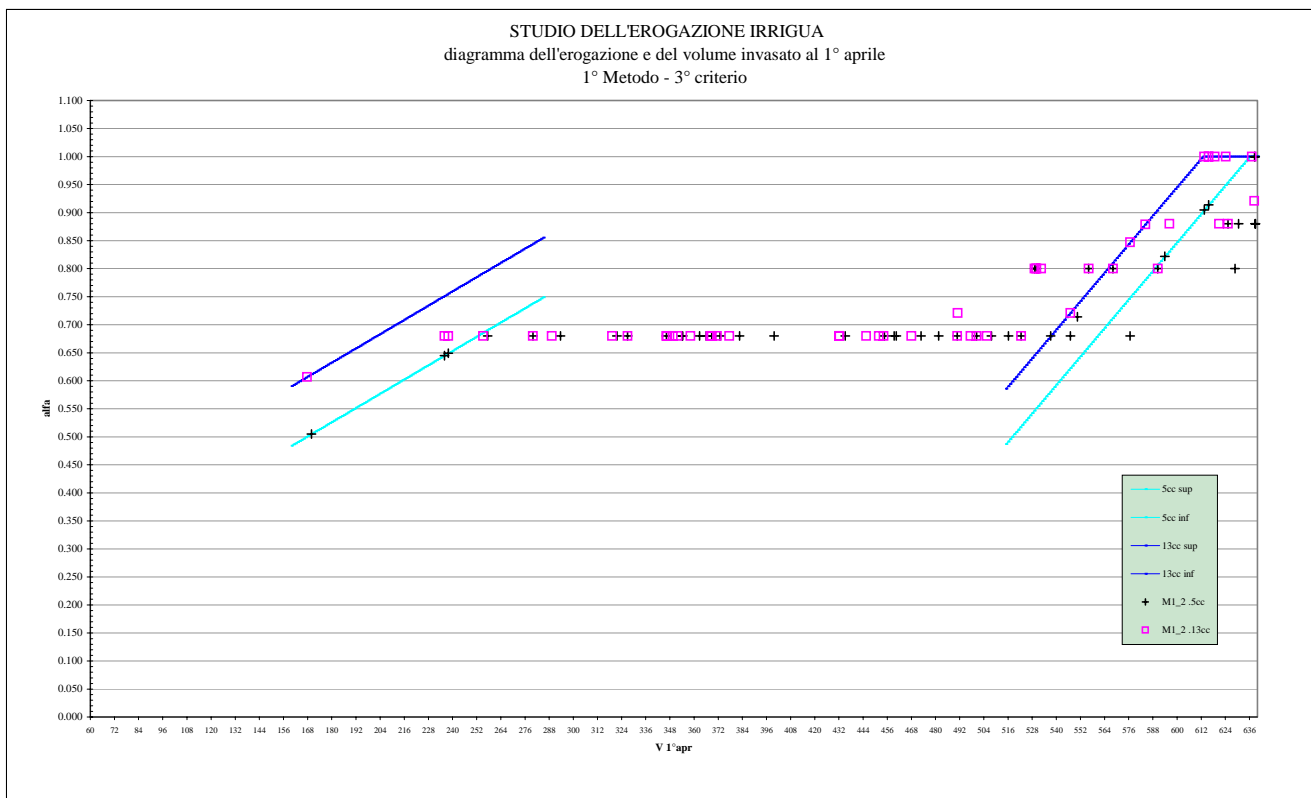


Figura 17: Coefficiente di riduzione in funzione del volume invasato al 1° Aprile: Metodo 1c

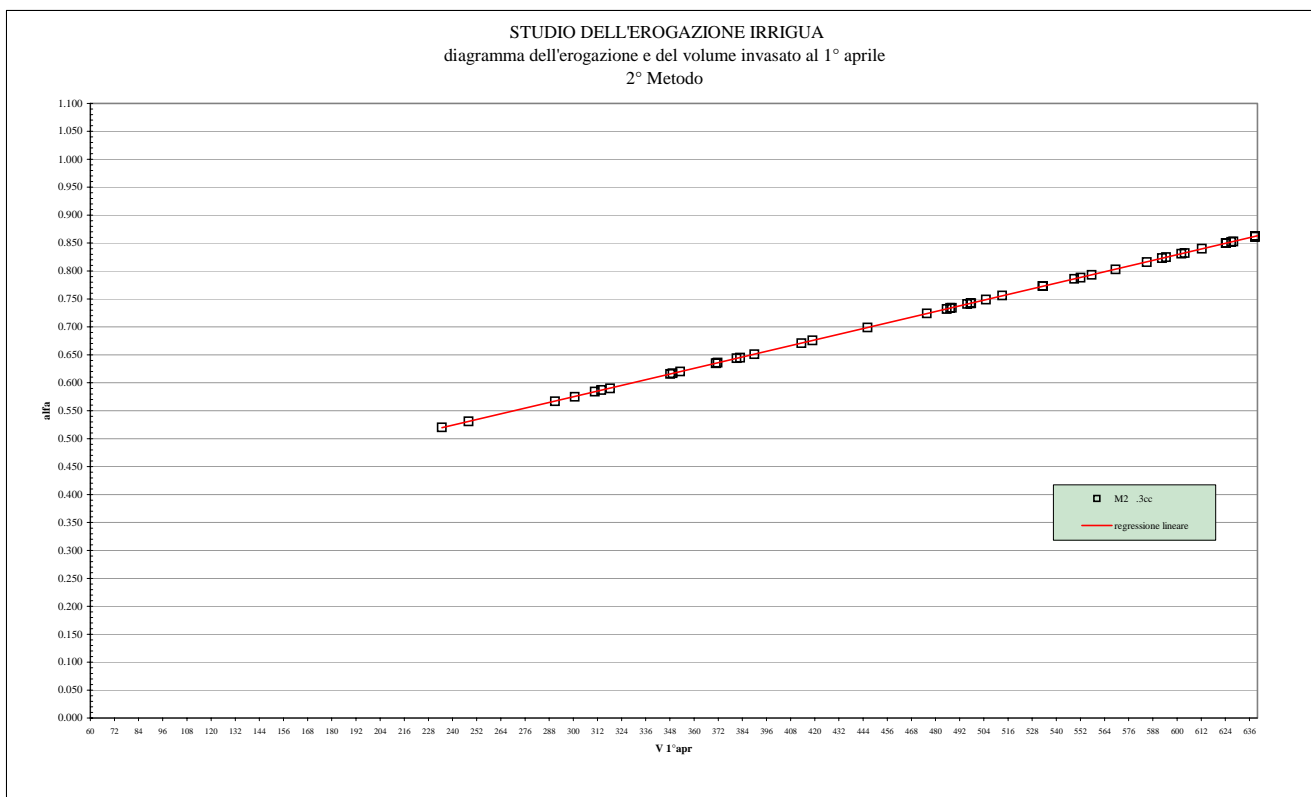


Figura 18: Coefficiente di riduzione in funzione del volume invasato al 1° Aprile: Metodo 2°