

# **Program INTERREG IIIB MEDOCC**

**SEDEMED: Sécheresse et Désertification dans le bassin Méditerranéen**

**PARTENAIRES 6: EAF (Ente Autonomo del Flumendosa - Regione Sardegna)**

**SUB-PARTENAIRES: CRIFOR-UNICA (Centro Ricerca Ottimizz.Reti - Università di Cagliari)**

## **Activité C2**

# ***Diffusion sur l'utilisation des ressources hydriques non-conventionnelles***

**Giovanni M. Sechi**

*sechi@unica.it*

**University of Cagliari, Italy**



**CRIFOR**

**Network Optimisation  
Research and Education  
Centre**



**DIT-UNICA**

**Dipartimento di Ingegneria del Territorio**

## **Obiettivi CRIFOR-UNICA in SEDEMED :**

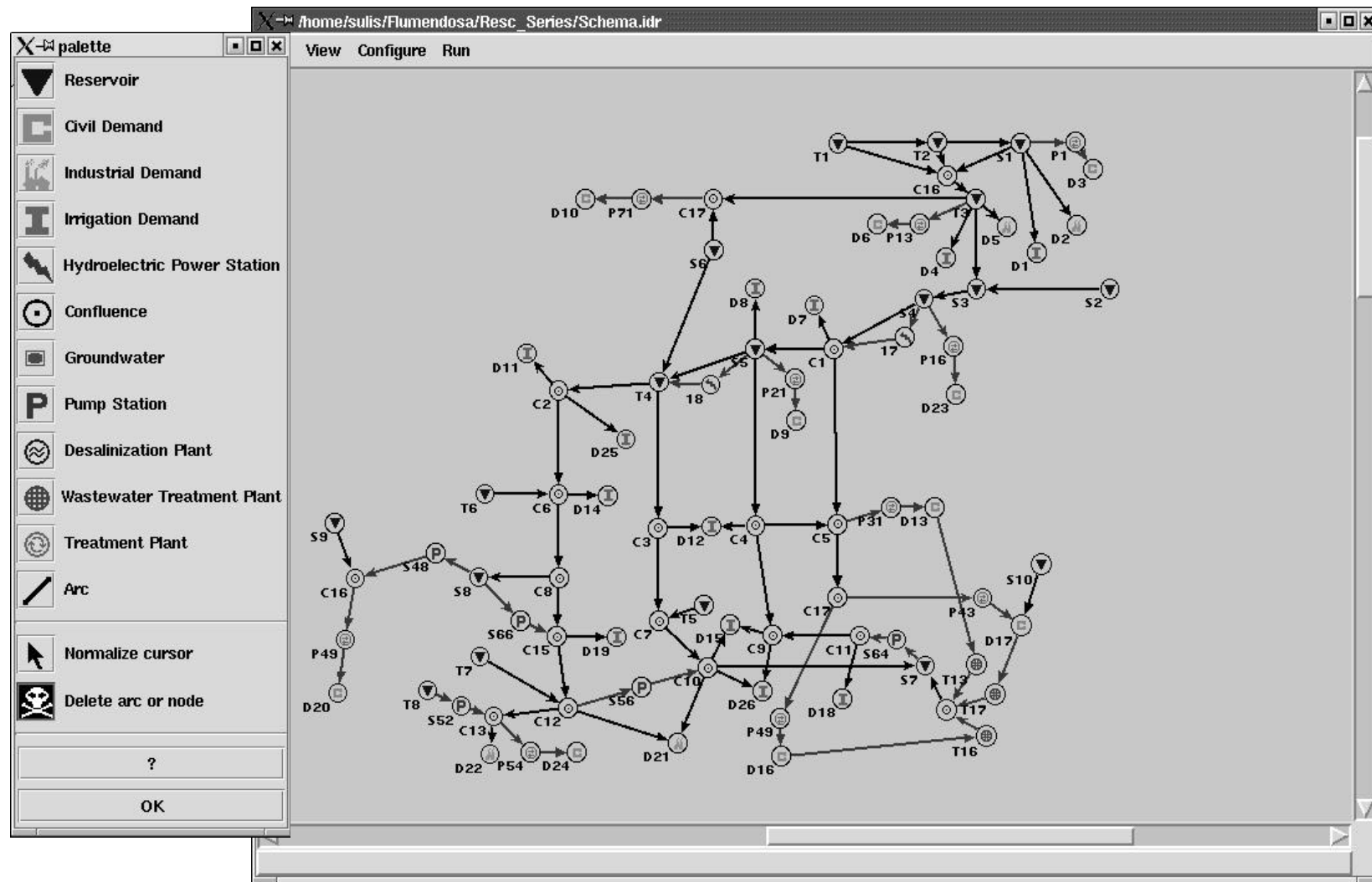
**Modulo WARGI-QUAL integrato nel modello di ottimizzazione per la gestione di sistemi idrici in situazioni di carenza di risorsa che prevede:**

- 1) Utilizzazione di risorse non convenzionali**
- 2) Ricorso a metodologie di ottimizzazione di scenario**

**Nella linea di attività C2 del progetto SEDEMED, il CRIFOR-UNICA, come sub-partner dell'EAF, ha sviluppato ed applicato al sistema Flumendosa-Campidano un modello di ottimizzazione del sistema che prevede l'utilizzazione di indici sintetici per la definizione della qualità e delle potenziali utilizzazioni delle acque.**

**In particolare è stata esaminata la caratterizzazione qualitativa del lago Simbirizzi, al fine di definire le strategie di ottimizzazione della gestione delle risorse idriche, anche con l'utilizzazione di risorse marginali, nel complesso del sistema multi-settoriale e gli interventi da realizzare per fronteggiare lo stato di emergenza idrica.**

# Interfaccia di WARGI per il sistema Flumendosa-Campidano



## **ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI DI QUALITÀ AI CORPI IDRICI**

**Per i laghi e le acque costiere i macrodescrittori (D.L. n. 152/99 e D.L. n. 258/2000) sono quelli che definiscono lo stato trofico:**

**Clorofilla “a”;  
Trasparenza;  
Fosforo totale;  
Ossigeno ipolimnico.**

**Gli stati di qualità ambientale sono sinteticamente attribuiti con l'appartenenza ad una di cinque fasce:**

- 1. Elevato**
- 2. Buono**
- 3. Sufficiente**
- 4. Scadente**
- 5. Pessimo**

**In WARGI, il problema della qualità dell'acqua è stato affrontato in modo necessariamente semplificato con riferimento alla attuale normativa:  
si è, infatti, adottata la classificazione dello stato ambientale del corpo idrico come attribuzione univoca di qualità dell'acqua da considerare anche nelle possibili interazioni fra i corpi idrici  
E nella definizione delle potenzialità di utilizzazione delle acque.**

## Concentrazione dei nutrienti:

Per laghi completamente mescolati e senza stratificazione si può ipotizzare:

$$C_t = (y_{jt} + y_{j,t-1})/2 = (inp_{jt} + f_{it}) Ce - (f_{ot} + s_{jt}) Cs - k Ct$$

$C_e$ ,  $C_s$ ,  $C_t$  sono le concentrazioni dell'inquinante in ingresso, in uscita e nel lago al tempo  $t$ .

Con  $t$  che tende a zero si ha:

con :

$$W = (inp_{jt} + f_{it}) Ce ; \quad B = (1/t_0 + k),$$

L'integrazione fornisce:

Con

$$C_t = (W/(y_j B))(1 - e^{-Bt}) + C_{t-1} e^{-Bt}$$

$$e^{-Bt} = e^{(-B)t}$$

In alternativa a questa procedura, in WARGI l'attribuzione dello stato di qualità è realizzato tramite un indice sintetico riferito alla :

## Concentrazione della clorofilla "a" nell'invaso:

$$Ind_t = Chl_t / Chl_{max}$$

dove:

$Chl_t$  = valore di clorofilla "a" in mg/m<sup>3</sup>  
 $Chl_{max}$  = valore massimo di clorofilla "a" oltre il quale l'uso dell'acqua deve essere impedito

Si pone:

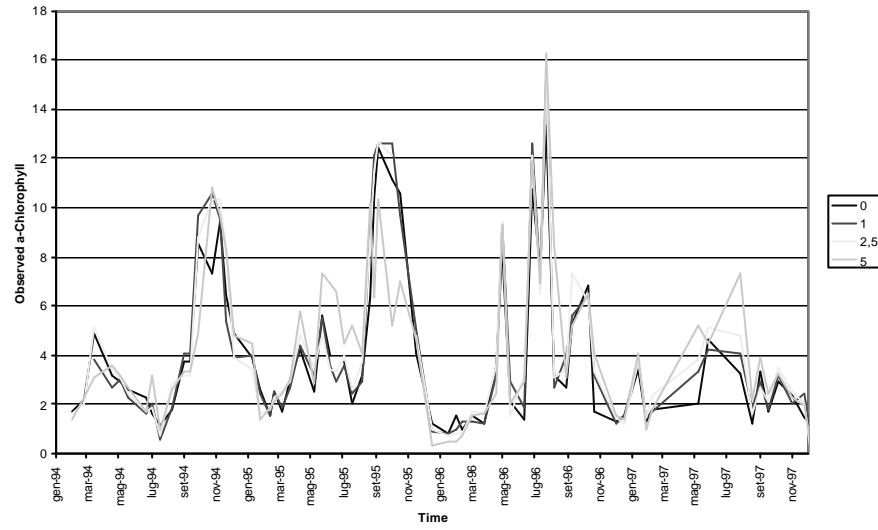
$$Q_{y_{jt}} = F(Ind_t)$$

Il vincolo di qualità per il serbatoio è

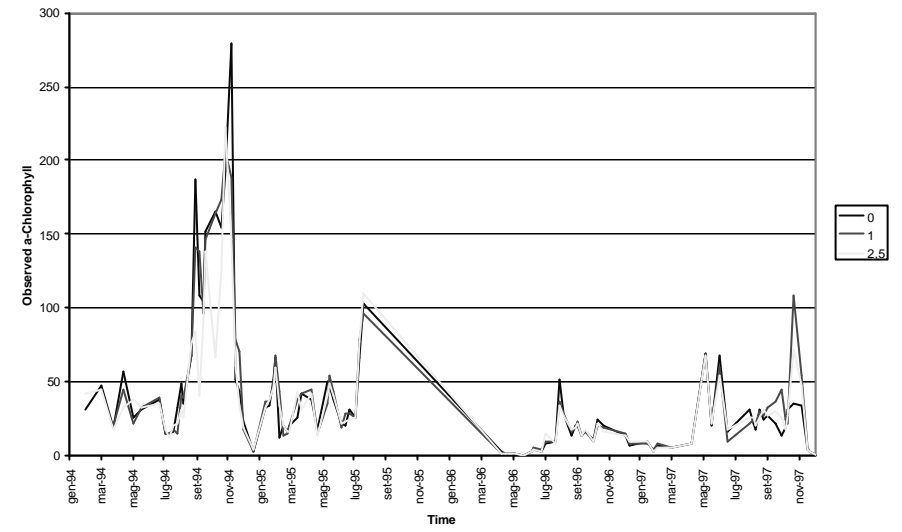
$$Q_{y_{jt}} \leq Q_{f_{ot}} \quad j \hat{I} \text{ res}$$

# a-Chlorophyll

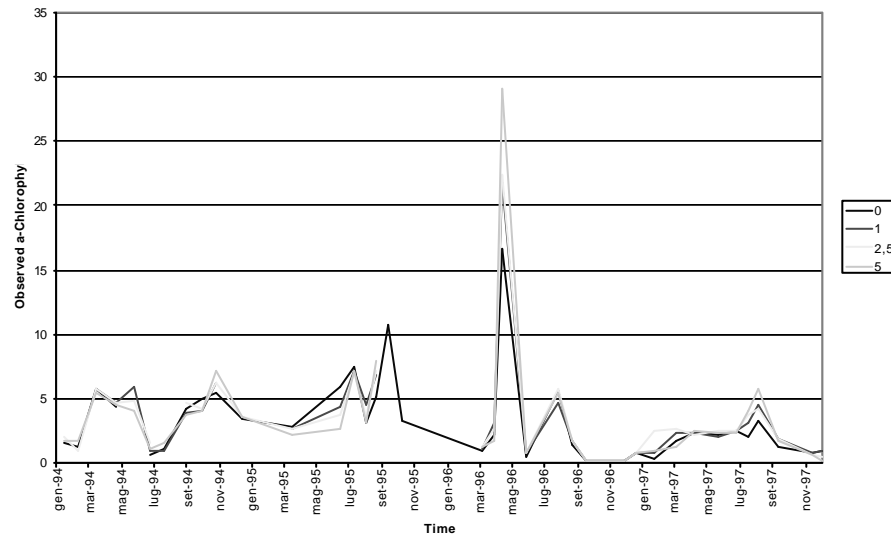
## Mulargia lake



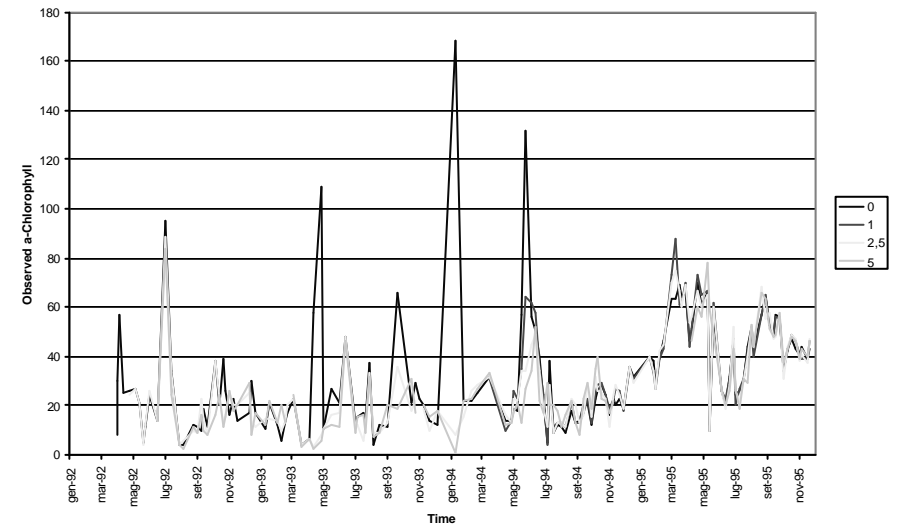
## Cixerri lake



## Flumendosa lake



## Simbirizzi lake



**Il sistema Flumendosa Campidano può essere caratterizzato con i seguenti dati di sintesi:**

- **10 serbatoi con una capacità complessiva di 723×Mm<sup>3</sup>**
- **10 centri di domanda civile con una richiesta totale di 116×Mm<sup>3</sup> / anno;**
- **9 centri di domanda irrigua con una richiesta totale di 224×Mm<sup>3</sup> / anno;**
- **2 domande industriali con una richiesta totale di 19×Mm<sup>3</sup> / anno;**
- **1 domanda idroelettrica con una richiesta di 90×Mm<sup>3</sup> / anno;**
- **5 stazioni di sollevamento con una potenzialità complessiva di 441×Mm<sup>3</sup> / anno;**
- **9 impianti di potabilizzazione con una potenzialità complessiva di 116×Mm<sup>3</sup> / anno;**
- **1 impianto di trattamento per riutilizzo acque reflue con potenzialità di 23×Mm<sup>3</sup> / anno.**

**A seguito della carenza di risorsa, il quadro della domanda è così modificato (da risultati WARGI no QUAL):**

<b>Utenza civile</b>	<b>93.3</b>	<b>Mm<sup>3</sup>/anno</b>
<b>Utenza irrigua</b>	<b>125.6</b>	<b>Mm<sup>3</sup>/anno</b>
<b>Utenza industriale</b>	<b>19.0</b>	<b>Mm<sup>3</sup>/anno</b>
<b>Utenza idroelettrica</b>	<b>20.0</b>	<b>Mm<sup>3</sup>/anno</b>

		<b>Sardegna</b>	<b>Coghinas</b>	<b>Tirso</b>	<b>Flumendosa</b>
<b>1922-23 /</b>					
<b>1974-75</b>	<b>Afflussi</b>	<b>779,3</b>	<b>766,2</b>	<b>799,7</b>	<b>871,6</b>
	<b>Deflussi</b>	<b>256,4</b>	<b>266,4</b>	<b>244,4</b>	<b>427,8</b>
<b>A</b>	<b>Perdite</b>	<b>522,9</b>	<b>499,7</b>	<b>555,3</b>	<b>443,8</b>
	<b>Coeff.def.</b>	<b>0,33</b>	<b>0,35</b>	<b>0,31</b>	<b>0,49</b>
<b>1986-87 /</b>					
<b>2001-02</b>	<b>Afflussi</b>	<b>639,0</b>	<b>669,2</b>	<b>666,1</b>	<b>700,6</b>
	<b>Deflussi</b>	<b>121,7</b>	<b>164,4</b>	<b>122,9</b>	<b>214,4</b>
<b>B</b>	<b>Perdite</b>	<b>517,3</b>	<b>478,6</b>	<b>543,2</b>	<b>486,2</b>
	<b>Coeff.def.</b>	<b>0,19</b>	<b>0,25</b>	<b>0,18</b>	<b>0,31</b>
<b>Rapporto</b>	<b>Afflussi</b>	<b>0,820</b>	<b>0,873</b>	<b>0,833</b>	<b>0,804</b>
	<b>Deflussi</b>	<b>0,475</b>	<b>0,617</b>	<b>0,503</b>	<b>0,501</b>
<b>B/A</b>	<b>Perdite</b>	<b>0,989</b>	<b>0,958</b>	<b>0,978</b>	<b>1,096</b>
	<b>Coeff.def.</b>	<b>0,579</b>	<b>0,707</b>	<b>0,604</b>	<b>0,623</b>



## ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI DI QUALITA'

$$Ind = Chl / Chlmax$$

Nel sistema Campidano-Flumendosa si è assunto:

$$Chlmax = 100$$

$$Ind = 0.2$$

Ⓜ nessuna penalizzazione

$$Qy = 1$$

$$Ind \geq 1$$

Ⓜ risorsa non utilizzabile

$$Qy = 5$$

$$0.2 < Ind < 1$$

Ⓜ attribuzione lineare tra 1 e 5

$$1 < Qy < 5$$

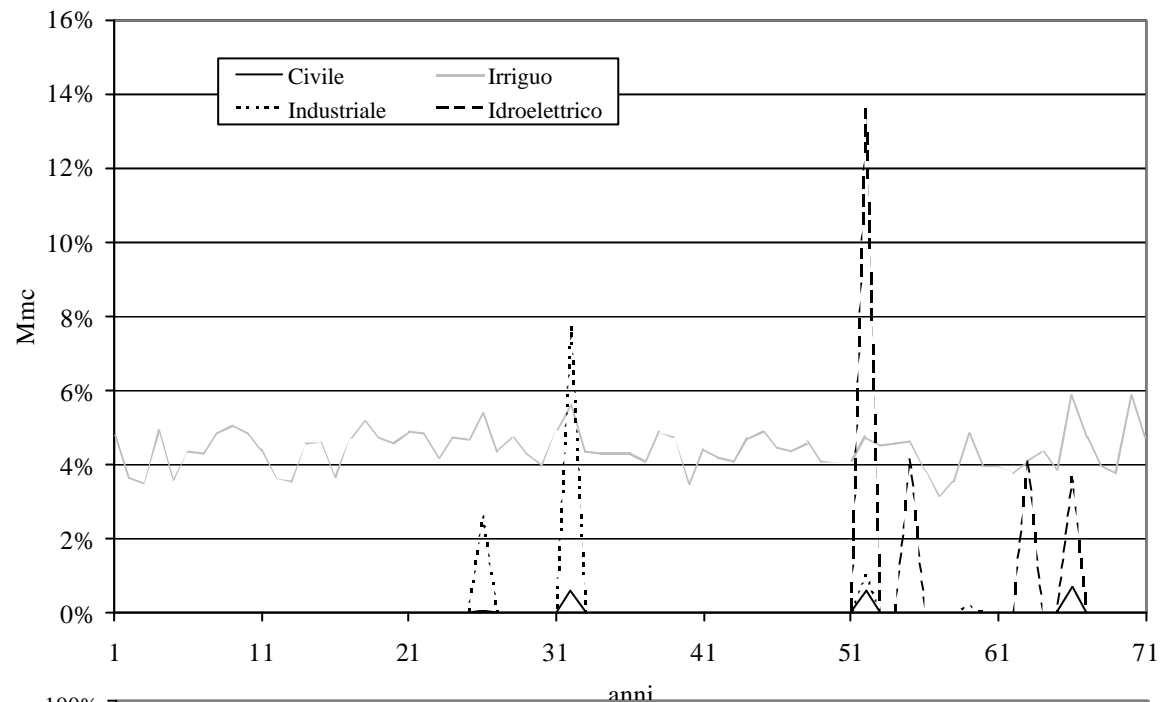
$$Chlcal = a_1 (f(t)) + a_2 inp_{jt} + a_3 inp_{jt-1}$$

Per i laghi senza  
osservazioni di clorofilla:  
(espressioni OCSE)

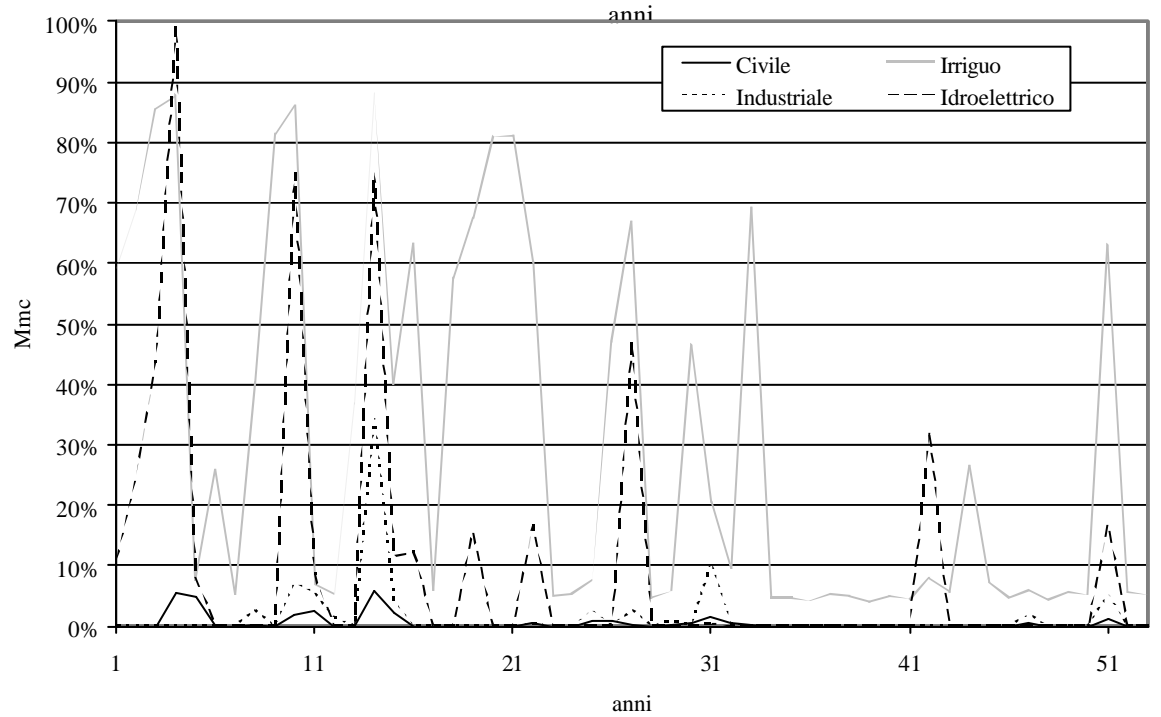
$$Chl = 0.28 P0.96$$

$$Chl_M = 0.64 P1.05$$

Indici di qualità del serbatoio e dell'input idrologico										
	S1		S2		S3		S4		S5	
	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input
Ott	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
Nov	2	1	2	1	2	1	2	2	3	3
Dic	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3
Gen	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Feb	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Mar	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Apr	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Mag	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Giu	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Lug	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4
Ago	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4
Set	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4
	S7		S8		S9		S10			
	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input	Serbatoio	Input		
Ott	4		5	5	2	2	2	2		
Nov	4		4	4	1	1	2	1		
Dic	3		4	4	1	1	1	1		
Gen	3		3	3	1	1	1	1		
Feb	3		3	3	1	1	1	1		
Mar	3		3	3	1	1	1	1		
Apr	4		3	3	1	1	1	1		
Mag	4		4	4	1	1	1	1		
Giu	4		4	4	1	1	1	1		
Lug	4		5	5	2	2	2	2		
Ago	5		5	5	2	2	2	2		



**Scenario idrologico A2**



**Scenario idrologico B2**

		Tipologia di uso			
		civile	industriale	idroelettrico	irriguo
<b>A2</b> Serie storica	Max deficit annuo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0.833 (0.72%)	1.47 (7.74%)	2.727 (13.64%)	7.358 (5.86%)
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 0 % Domanda	99.52	99.40	99.40	53.62
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 5 % Domanda	99.64	99.52	99.40	70.29
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 15 % Domanda	100	99.64	99.40	99.52
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 25 % Domanda	100	99.64	99.40	99.52
	Affidabilità volumetrica (% domanda)	99.97	99.83	99.63	95.60
<b>B2</b> Serie riscalata	Max deficit annuo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	6.6 (5.7%)	6.55 (34.37%)	19.86 (99.3%)	110.76 (88.13%)
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 0 % Domanda	95.10	96.08	88.89	29.90
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 5 % Domanda	96.73	96.73	89.22	43.46
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 15 % Domanda	99.02	97.22	89.38	66.67
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 25 % Domanda	99.51	97.55	89.38	67.48
	Affidabilità volumetrica (% domanda)	99.41	98.42	90.24	68.56

## Scenario finale di riferimento (da ipotesi gestionali EAF)

**Un ultimo scenario considera la possibilità di incrementare gli apporti di acqua di buona qualità nel lago del Simbirizzi attivando il trasferimento dall'invaso di Casa Fiume (S5 nello schema) e dalla traversa sul Rio Mannu (T5). Si è anche ipotizzato il miglioramento delle acque del Cixerri grazie all'attivazione degli impianti di depurazione sui reflui dei centri urbani ricadenti nel bacino. In questa situazione gli indici di qualità attribuiti ai due invasi consentono di ridurre il deficit risultante per l'irrigazione.**

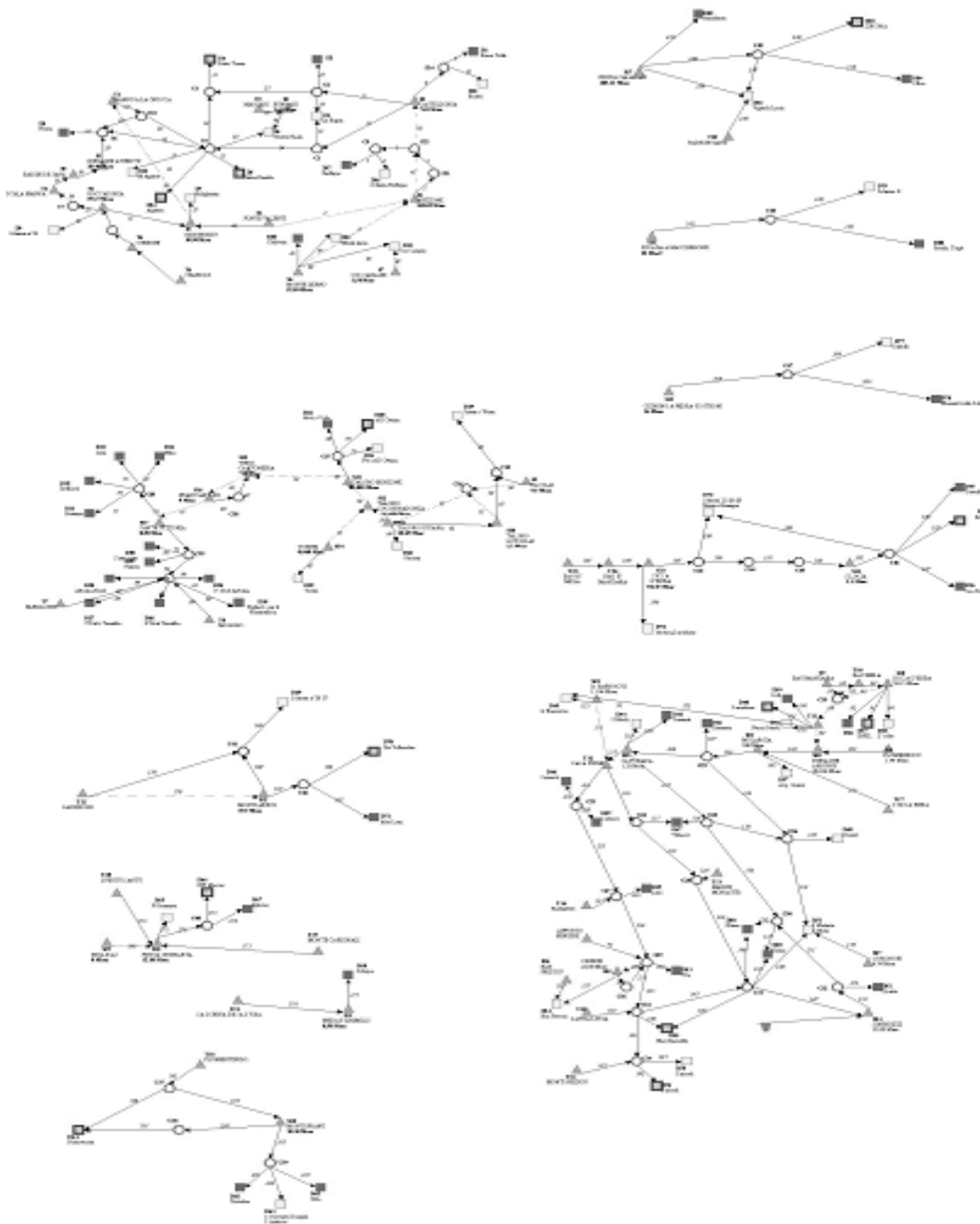
**L'indice di affidabilità volumetrica risulta circa uguale all'80%**

**L'affidabilità temporale con deficit non superiori al 5% della domanda raggiunge il 70%.**

		Tipologia di uso			
		civile	industriale	idroelettrico	irriguo
<b>A2</b>	Max deficit annuo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1.05 (0.91%)	0	2.73 (13.63%)	~ 0 (0 %)
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 0 % Domanda	99.15	100	99.4	99.88
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit ? 5 % Domanda	99.4	100	99.4	100
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit ? 15 % Domanda	100	100	99.4	100
	Affidabilità temporale (% mesi) Deficit ? 25 % Domanda	100	100	99.4	100
	Affidabilità volumetrica (% domanda)	99.96	100	99.63	~ 100
	<b>B2</b>	Max deficit annuo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	5.75 (4.97%)	0 (0%)	19.87 (99.33%)
Affidabilità temporale (% mesi) Deficit = 0 % Domanda		94.93	100	88.89	63.40
Affidabilità temporale (% mesi) Deficit ? 5 % Domanda		97.71	100	89.22	68.14
Affidabilità temporale (% mesi) Deficit ? 15 % Domanda		99.67	100	89.38	69.77
Affidabilità temporale (% mesi) Deficit ? 25 % Domanda		99.67	100	89.54	70.59
Affidabilità volumetrica (% domanda)		99.61	100	90.42	76.09

## MAPPA REGIONALE DEGLI SCHEMI IDRICI STUDIATI NEL PIANO D'AMBITO

*Complessivamente si tratta di 10 schemi idraulici non interconnessi. Il più articolato e complesso è senza dubbio lo schema sud denominato Flumendosa-Campidano con 10 invasi artificiali, 9 traverse e 25 aggregazioni di domanda multisetoriale.*



# MAPPA DELLO SCHEMA UNICO REGIONALE NELLO STATO COMPLETO

