



**Groundwater signals from climate and droughts.
Do they call for human adaptation?**

Polemio M.



Matera, 14/09/2017

FINALITA'

Quando si tratta l'argomento siccità spesso ci si chiede:

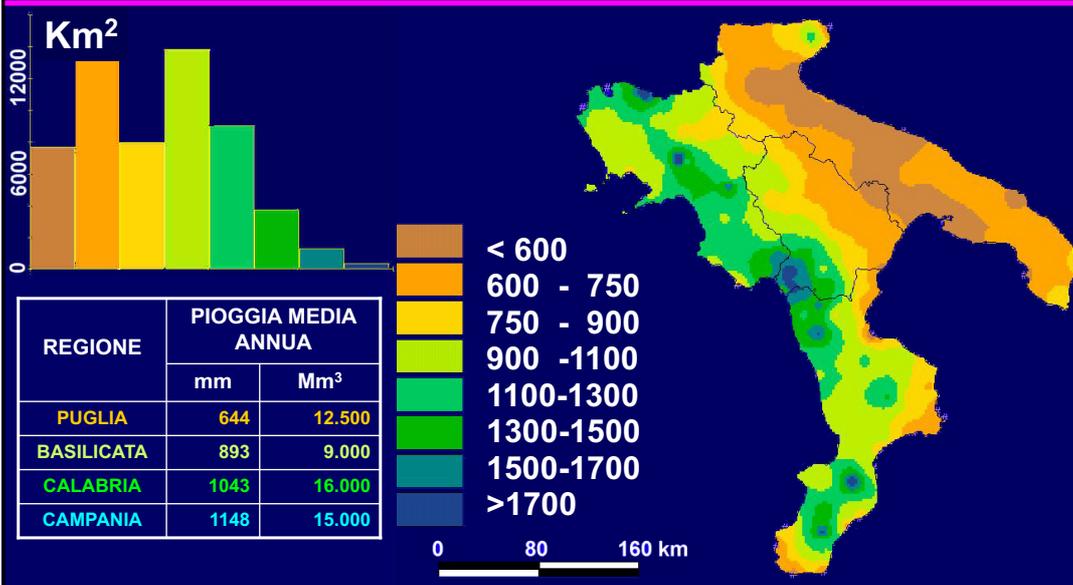
- "E' un periodo siccitoso o no?"
- "Quanto è grave e dove?"
- "Si temono problemi per la disponibilità di risorse idriche (sotterranee)?"

DESCRIZIONE DEI DATI TERMOPLUVIOMETRICI UTILIZZATI

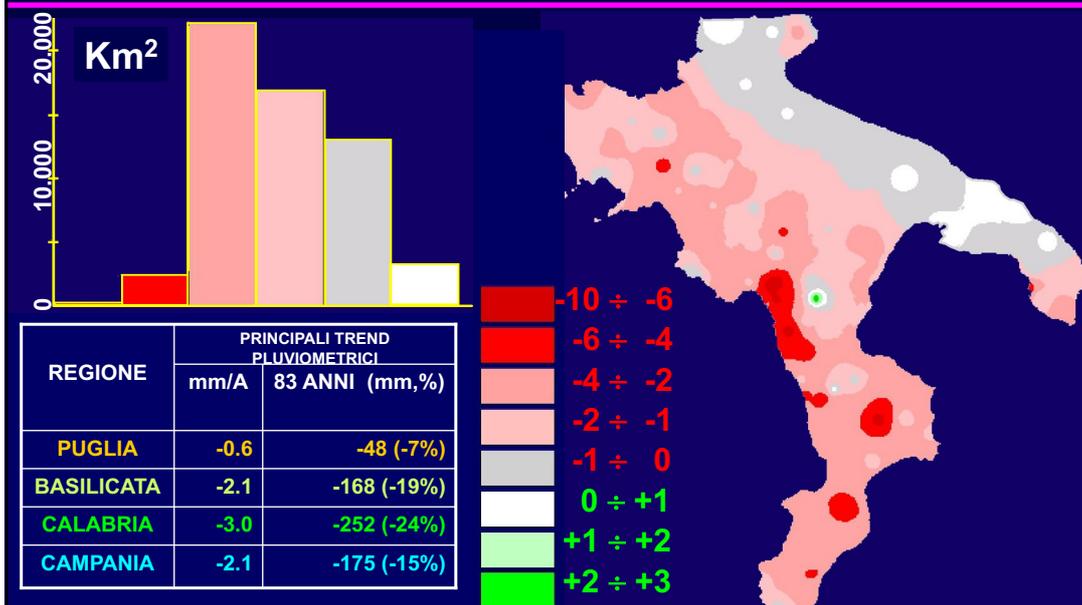
- Sono state selezionate 124 stazioni di misura
- Dati annuali di pioggia rilevati dal 1821 al 2016
 - le principali elaborazioni sono riferite al 1921-2004, chiamato **Periodo di Studio (PS)**, nel quale i dati mancanti sono trascurabili
 - i dati più recenti si confrontano con le variazioni tendenziali al 2004



MAPPA DELLA PIOGGIA MEDIA ANNUA(PS,mm)



MAPPA TREND PLUVIOMETRICO (mm/anno) 1921-2004



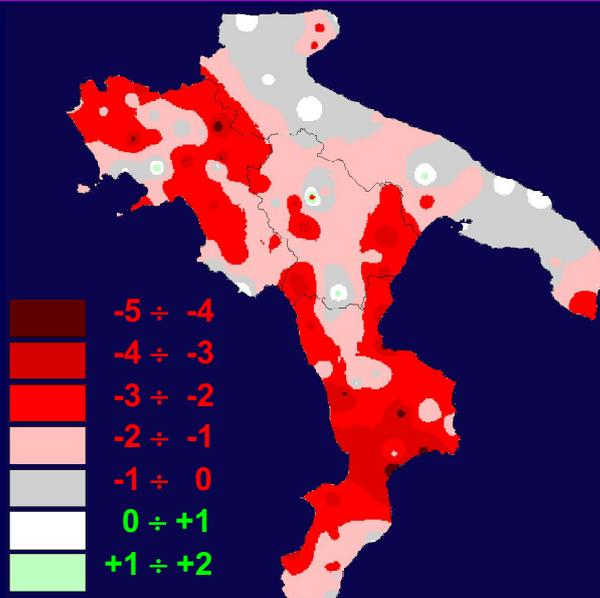
TEST DI MANN-KENDALL : DISTRIBUZIONE DELLA VARIABILE NORMALIZZATA (PS)

La variabile:

$$T(k) = \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} \text{sgn}(r_i - r_j)$$

T(k) è qui normalizzata mediante la rispettiva deviazione standard: conferma la significatività della tendenza in atto!

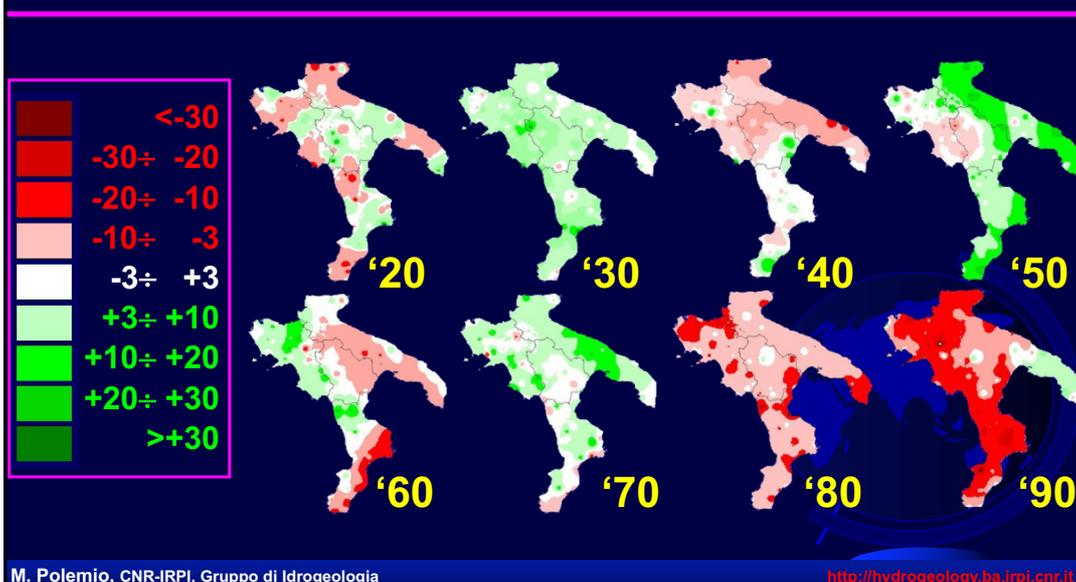
REGIONE	VARIABILE DI MANN-KENDALL IN UNITA' DI DEVIAZIONE STANDARD
PUGLIA	-1,17
BASILICATA	-3,21
CALABRIA	-3,21
CAMPANIA	-2,26



PIOGGIA MEDIA ANNUA (mm) E TREND PLUVIOMETRICO (mm/anno)



MEDIE DECENNALI: MAPPA DELLO SCOSTAMENTO DALLA PIOGGIA MEDIA DEL PS (DEVIAZIONE STANDARD %)



TENDENZA DELLA PIOVOSITA' SU BASE STAGIONALE



TREND TERMOMETRICO

- Non risulta una tendenza lineare univoca nel PS
- Temperature superiori alla media all'inizio ed alla fine del PS; secondariamente attorno al 1960
- Tendenza all'incremento termometrico dal 1980

ULTERIORE APPROFONDIMENTO:

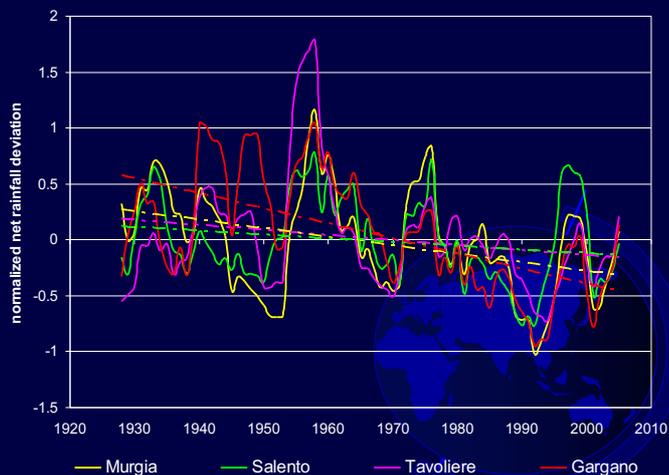
- calcolo dell'evapotraspirazione reale con il metodo di TURC
- calcolo delle piogge efficaci (dette anche surplus idrico o deflusso globale)



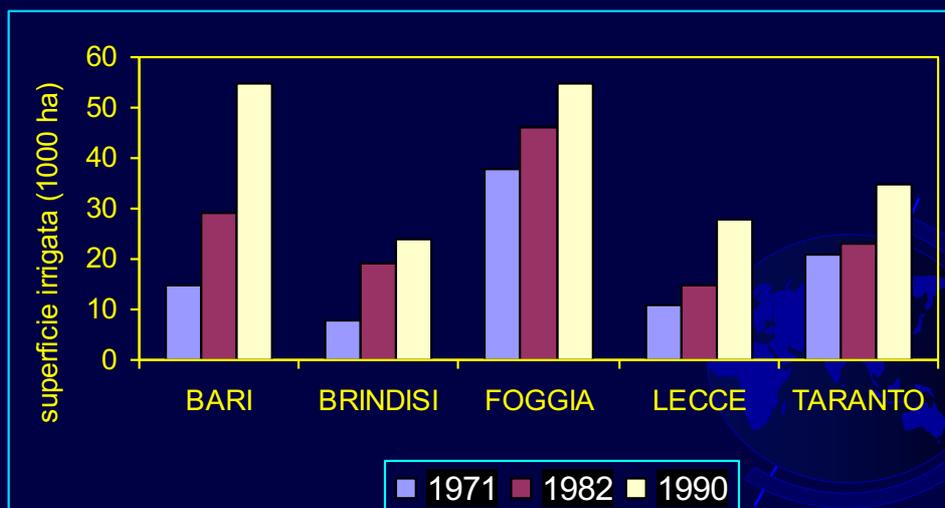
Piovosità efficace P_e in Puglia e trend media mobile standardizzata di 5 anni [(Yr-Mean)/St.Dev]

P_e media annuale varia da 52 a 675 mm

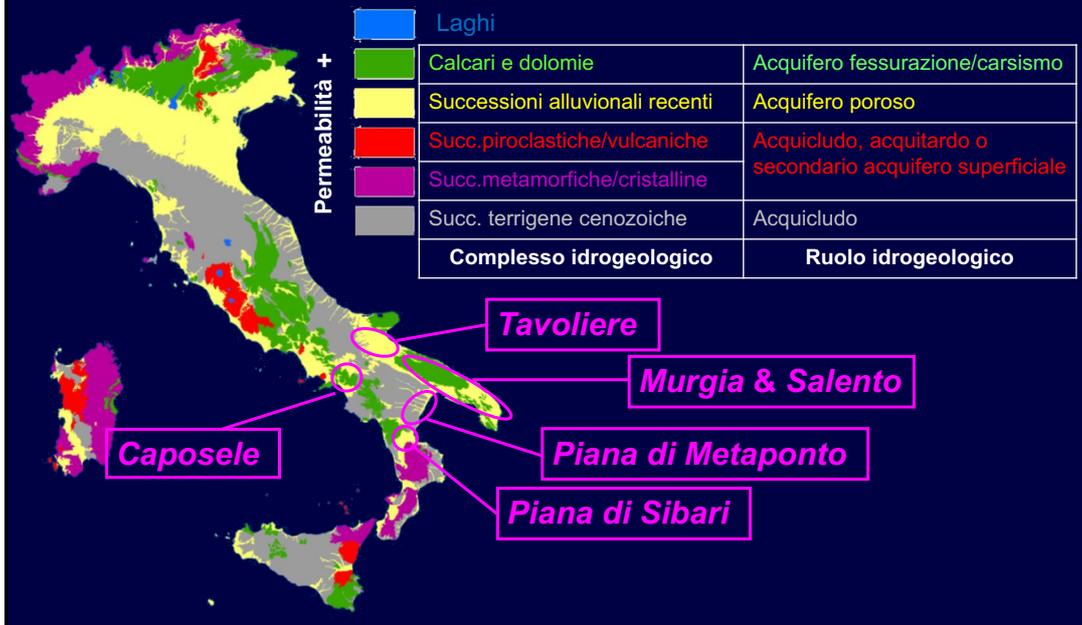
- Il massimo negativo osservato è di -3.5 mm/anno
- Nel PS il caso per ciascuna serie è risultato dal 22 al 42% della media



Superficie irrigata con acque sotterranee

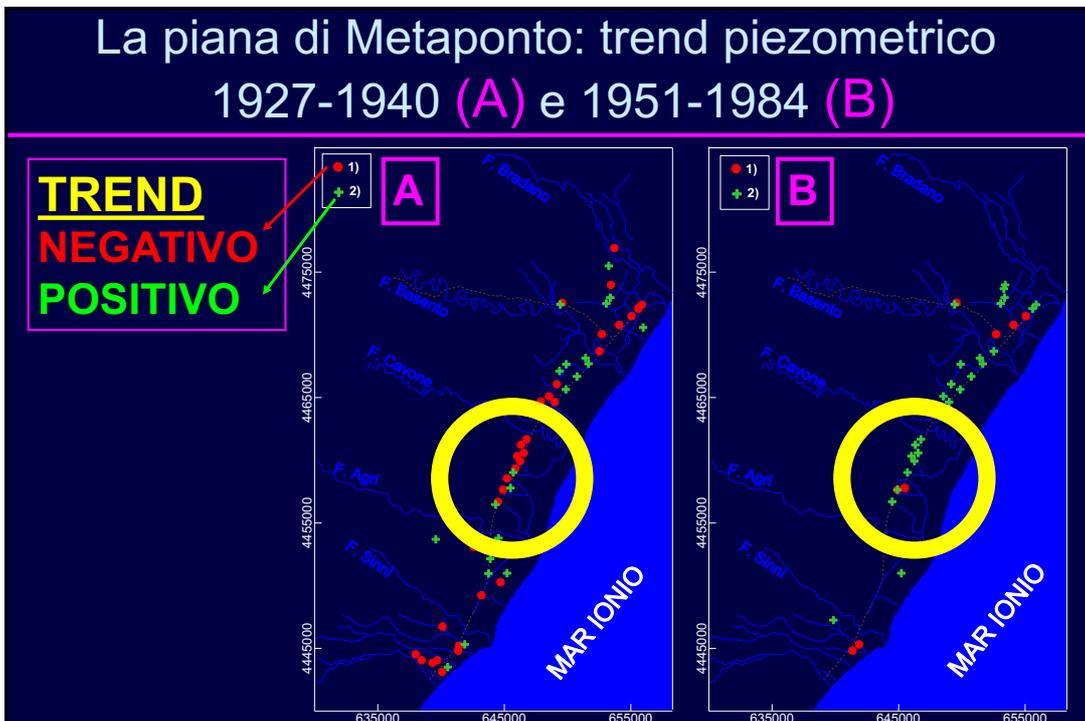
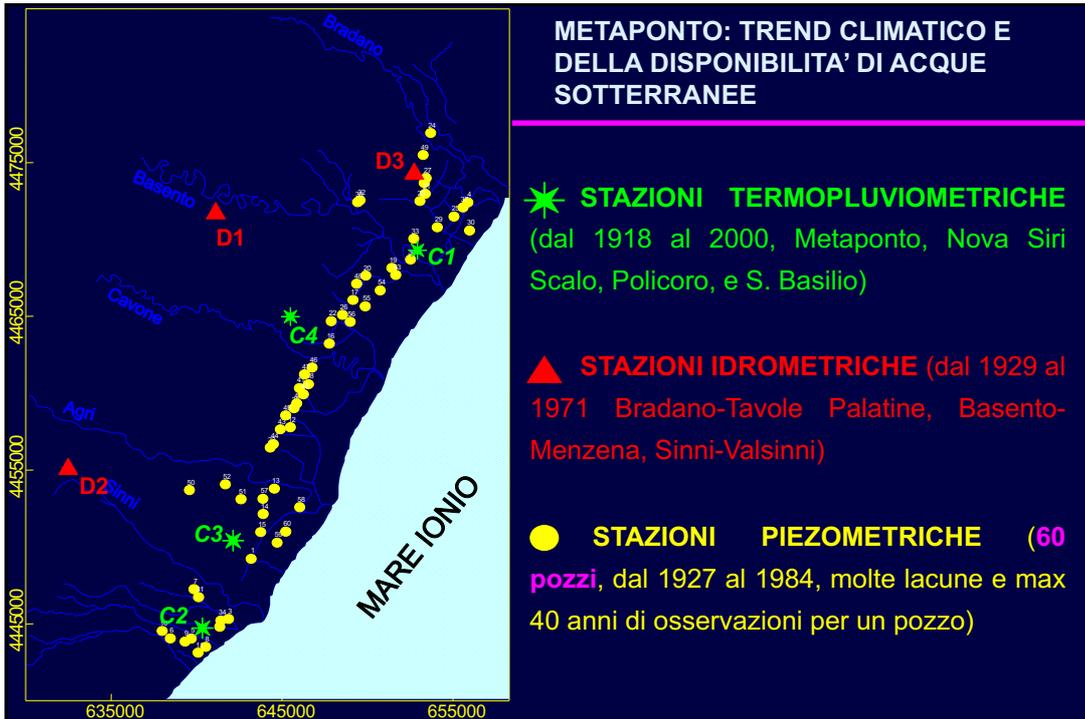


Carta idrogeologica schematica d'Italia

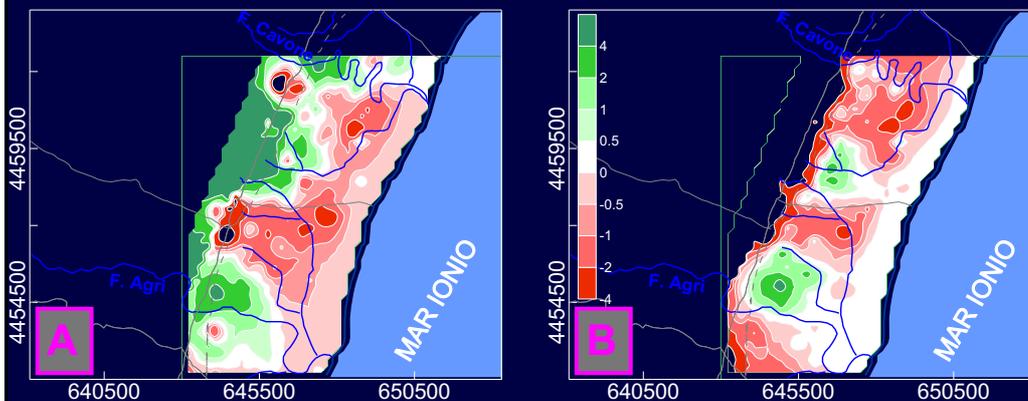


Bilancio idrologico di Caposele stime a "consuntivo" e previsionali

PERIODO		P (mm)	T (°C)	Er (mm)	P _e (mm)	Q _s (m ³ /s)	Q _s (%Q _{mo})
Passato	1900-2009	1539	9,8	307	1232	3,80	98
	1980-2009	1479	10,4	335	1144	3,53	91
	2000-2009	1492	10,8	306	1186	3,65	94
Futuro	2010-2100	1245	11,8	364	881	2,71	69
	2071-2100	1102	12,5	355	745	2,29	59



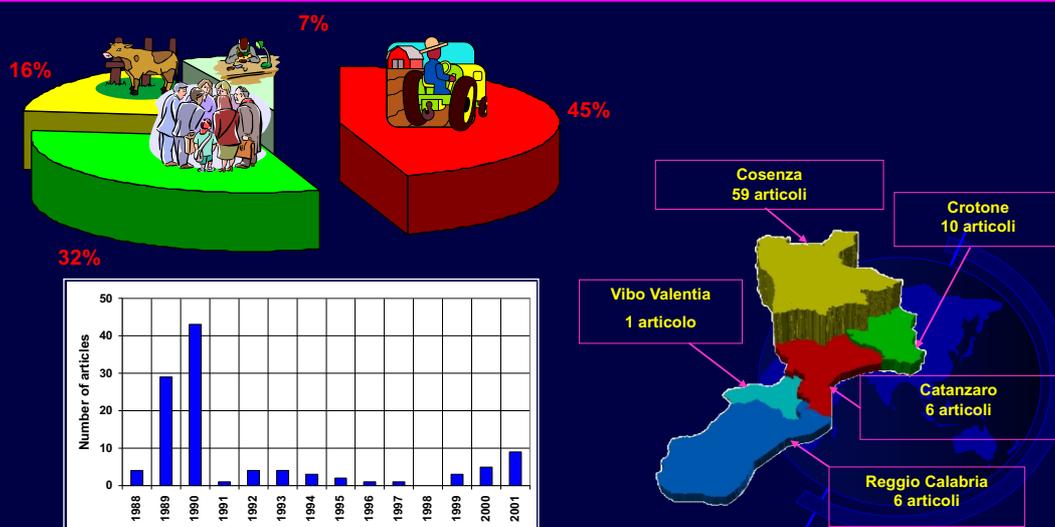
La Piana di Metaponto tra Agri e Cavone: piezometrica del 2002 (A) e del 1990 (B) riferita a quella del 1953



ANNO	S (%)		VM (m)
	-	+	
1990	58,1	41,9	0,34
2002	60,3	39,7	-1,46

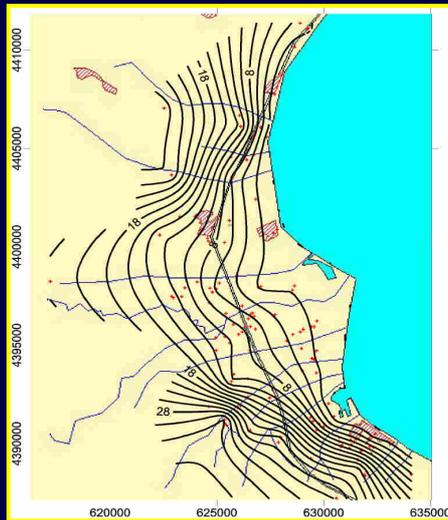
S (%) area in % del totale in cui si registra un calo (-) o un incremento (+) della quota piezometrica, VM) variazione piezometrica media riferita al 1953.

Gli effetti della siccità in Calabria la stampa locale (Gazzetta del Sud, 1980-2006)

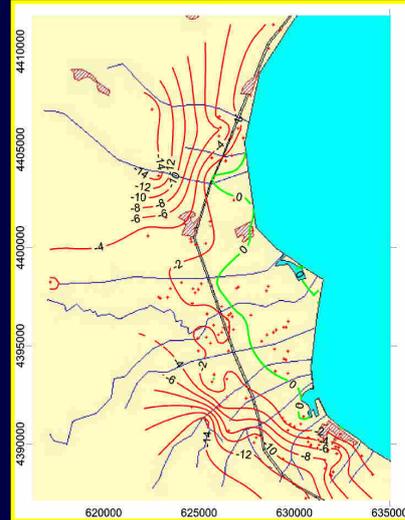


LA PIANA DI SIBARI (CALABRIA): PIEZOMETRICA NEGLI ANNI '30 E VARIAZIONE AL 2002

PIEZOMETRICA ANNI '30 (m slm)



VARIAZIONE (m): 2002 riferita agli ANNI '30



Variazione piezometrica riferita al '30 Piana di Sibari, falda superficiale

	Area (km ²)			Altezza media (m)		
	Positiva	Negativa	Totale	Positiva	Negativa	Totale
Anni '70	17.3	180.7	198.0	0.30	7.55	-6.87
2002	26.9	171.1	198.0	0.37	5.90	-5.04



Pozzi e sorgenti per l'analisi del trend quantitativo in Puglia (1924-2016)



M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

TAVOLIERE: TREND PIEZOMETRICO, TERMOPLUVIOMETRICO E DI DEFLUSSO FLUVIALE

- Trend pluviometrico lievemente decrescente
- + Trend termometrico ovunque crescente
- + Trend del deflusso fluviale molto decrescente

**Trend piezometrico generalmente decrescente
(un calo di 20 m in 50 anni come massimo)**

M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

Trend piezometrico (1965-2010)

Trend espresso mediante il coefficiente angolare (CA) della retta di regressione (livello di significatività 95%, test Mann-Kendall)

Pozzi N.	Periodo di osservazione		Valori statistici descrittivi (m slm)				CA	Pozzi N.	Periodo di osservazione		Valori statistici descrittivi (m slm)				CA
	da	a	Minimo	Media	Massimo	Dev. Std.	(m/anno)		da	a	Minimo	Media	Massimo	Dev. Std.	(m/anno)
1	set-73	dic-09	0.81	1.45	1.64	0.15	-0.0007	43	set-73	gen-10	1.10	2.21	2.94	0.45	-0.0035
2	set-73	dic-09	3.81	5.98	6.58	0.77	-0.0045	44	set-73	mar-10	1.44	3.26	3.73	0.47	-0.0041
3	dic-65	dic-09	-1.61	0.82	2.02	0.43	-0.0017	45	ott-73	mar-10	1.01	2.12	2.41	0.29	-0.0023
4	giu-75	dic-09	4.95	29.60	63.54	28.02	-0.1004	46	ott-73	mar-10	3.38	4.63	5.17	0.41	-0.0026
8	giu-75	dic-09	42.79	47.22	54.36	2.72	0.0039	47	gen-78	gen-10	0.18	1.11	1.99	0.55	-0.003
9	mag-75	dic-09	31.87	44.64	50.99	3.55	-0.0083	48	lug-68	gen-10	1.17	2.24	2.61	0.26	-0.002
19	set-73	set-03	1.51	1.99	2.20	0.13	-0.0120	49	giu-75	nov-96	4.46	4.84	5.58	0.20	0.023
20	ott-73	set-03	1.95	2.30	6.02	0.48	0.0300	50	ott-73	feb-10	2.21	3.19	3.62	0.24	-0.001
21	ott-73	set-03	0.45	1.42	1.79	0.17	-0.0132	51	lug-75	feb-10	1.52	2.80	3.56	0.40	-0.003
22	set-73	set-03	0.99	2.07	2.40	0.19	-0.0192	52	set-73	feb-10	7.40	14.72	16.03	2.19	-0.019
23	set-73	set-03	24.55	27.45	28.18	0.80	-0.0492	54	mar-73	feb-10	2.82	4.87	6.56	0.82	-0.003
32	ott-75	feb-10	1.23	4.78	9.27	1.13	-0.0035	55	set-73	feb-10	1.13	2.28	2.68	0.31	-0.002
38	set-73	set-03	0.11	1.68	2.93	0.31	-0.0180	56	set-73	set-09	2.36	6.36	8.20	1.05	-0.012
39	set-73	feb-10	0.65	0.13	0.09	0.05	-0.0003	119	mag-75	set-10	17.93	15.36	16.31	0.56	0.010
41							-0.0044	125							-0.001

M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

Sintesi dei trend piezometrici al 2010

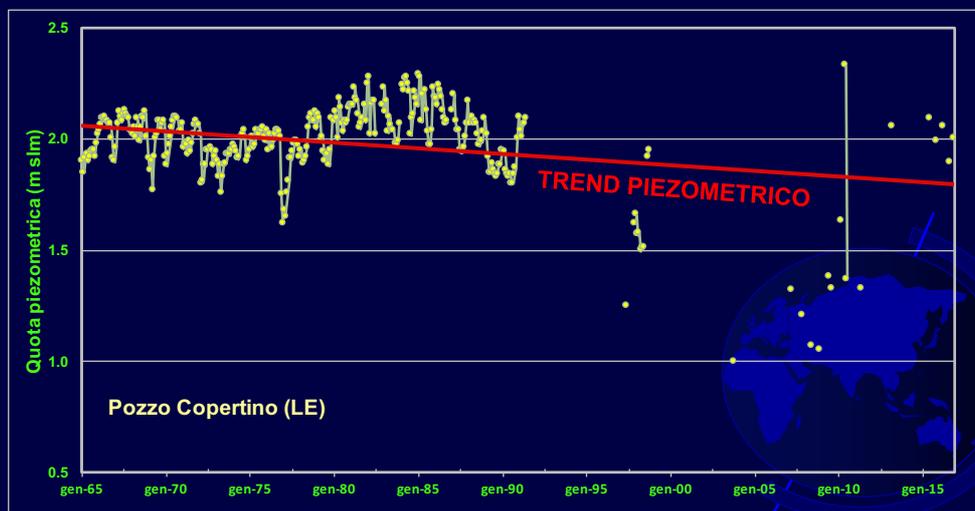
SI	DATI		CA (m/mese) minimo	Più probabile tendenza nella SI
	dal	al		
GARGANO	1975	1978	-0.034	?
TAVOLIERE	1929	2010	-0.060	Calo lento
MURGIA	1965	2010	-0,240	Calo rapido
SALENTO	1965	2010	-0,120	Calo

La tendenza piezometrica è risultata generalmente negativa ma in miglioramento al 2016

M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

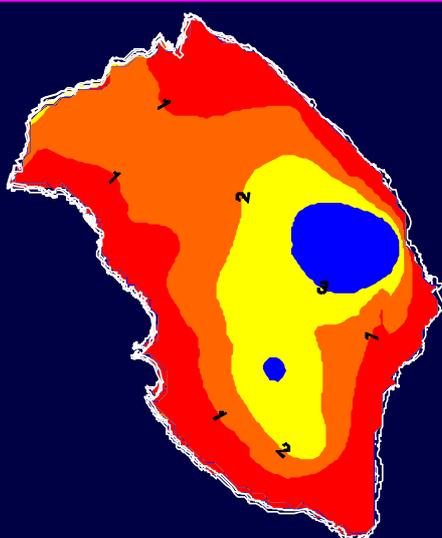
Serie Piezometrica del Salento e trend dal 1965 al 2016



M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

Approccio spaziale multitemporale: il Salento superficie piezometrica (m s.l.m.)



1930
1976
1996
2003
2010

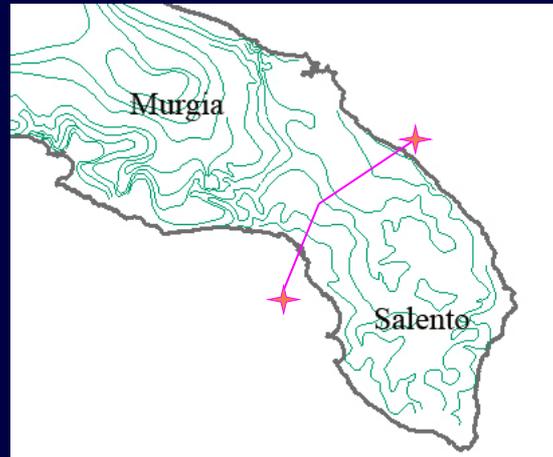
Nel 1930 i prelievi erano molto bassi o minimi: tale superficie si può ritenere alquanto naturale

M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

Modellizzazione dell'acquifero del Salento: area test

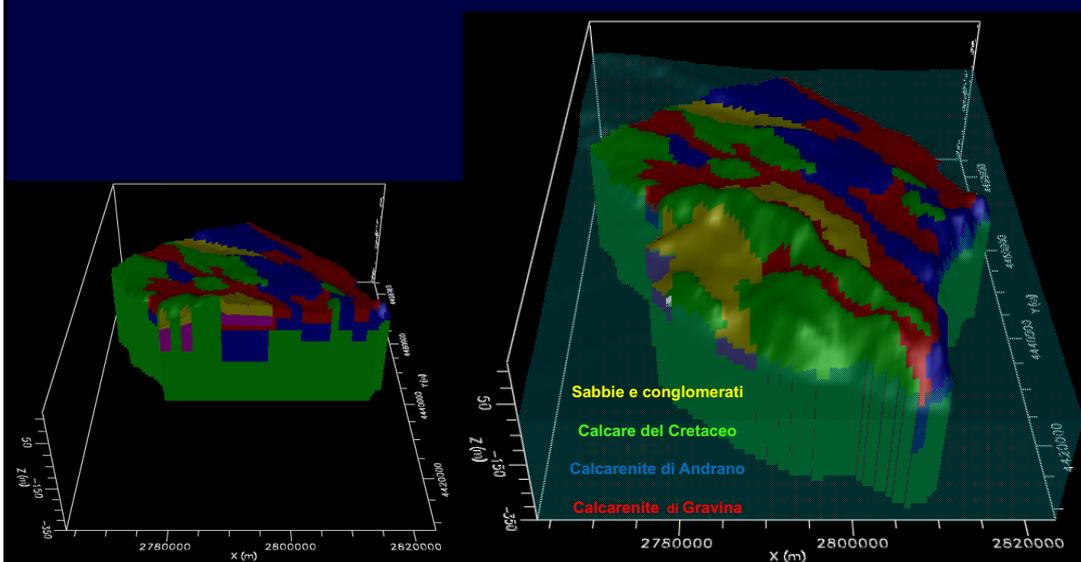
- Il limite del è stato definito usando la linea di costa e la superficie potenziometrica



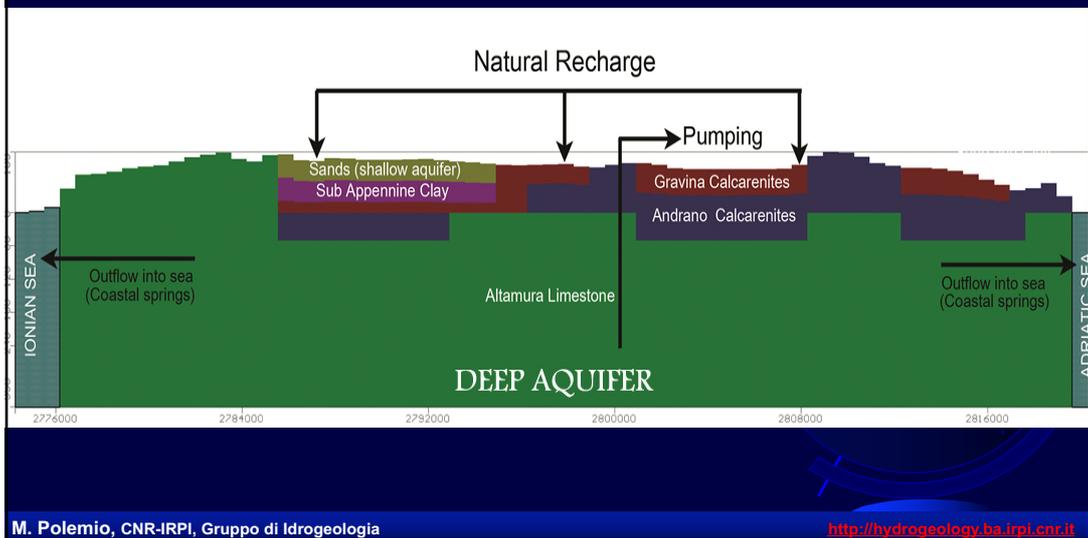
M. Polemio, CNR-IRPI, Gruppo di Idrogeologia

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

Concettualizzazione 3D dei complessi idrogeologici

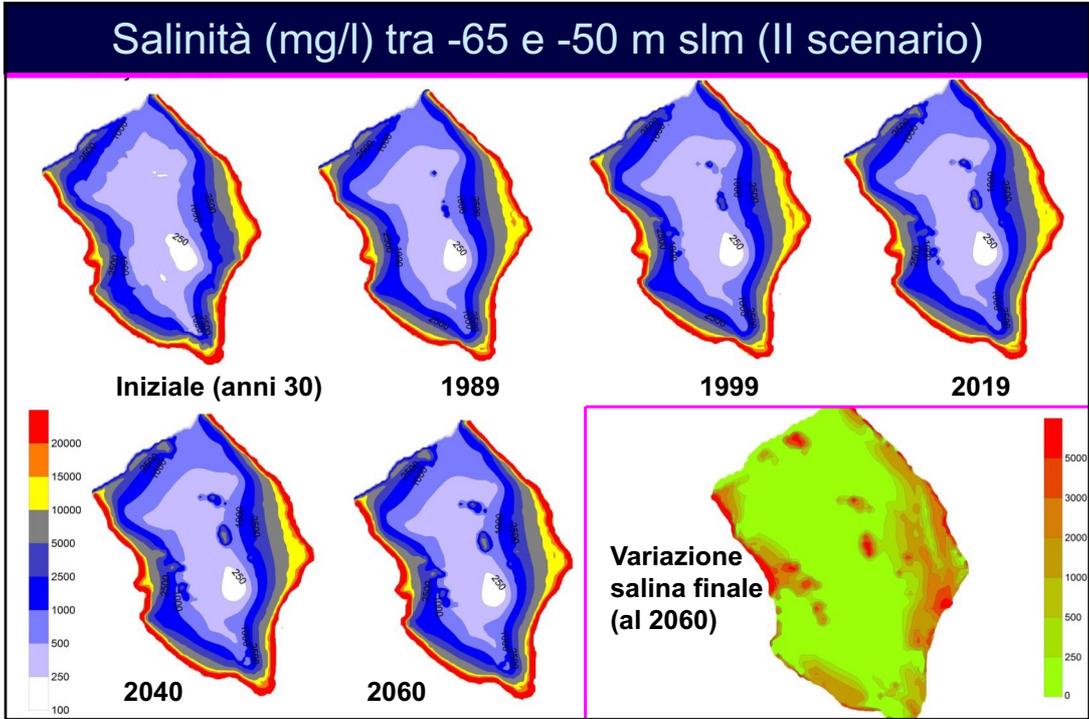
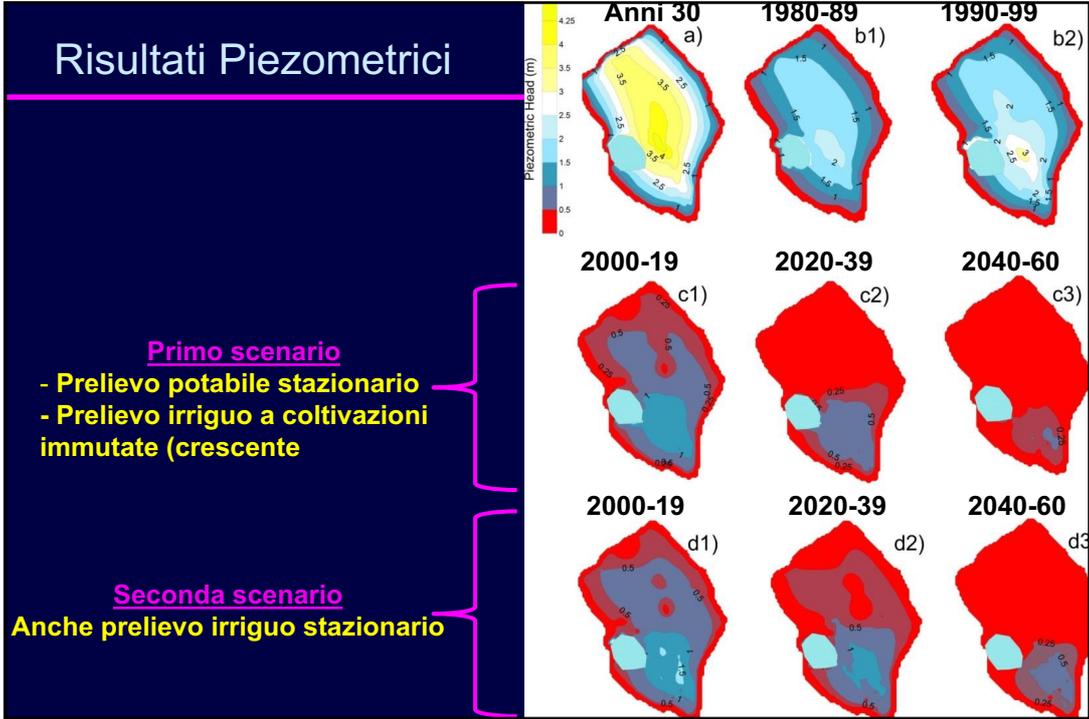


Modello concettuale



Scenari di previsione: **2000-19, 2020-39, 2040-60**





Sintesi dei risultati inerenti i 5 casi di studio

Trend pluviometrico lievemente decrescente

+ Trend termometrico ovunque crescente

+ Trend del deflusso fluviale decrescente

**Trend piezometrico o degli efflussi sorgivi
in genere decrescente**

Segnali certi

- Riduzione tendenziale della disponibilità delle acque sotterranee negli acquiferi pugliesi per effetto
 - delle variazioni climatiche
 - dei crescenti prelievi
- Progressivo impoverimento della disponibilità di risorse idriche sotterranee di alta qualità
- Rischi accentuati per gli acquiferi costieri, per l'effetto combinato sulla qualità, dovuto all'intrusione marina



Ulteriori approfondimenti e aggiornamenti continui sul sito del Gruppo di Idrogeologia:

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>

Grazie per l'attenzione!

