



## Marcello Mastroianni



Unità di Ricerca

per i Sistemi Colturali degli Ambienti Caldo-aridi

*Acque reflue e agricoltura  
sostenibile*



Geologia

Biologia

Agronomia

AMBIENTE





Sezione Puglia

# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



Marcello Mastroilli CRA –SCA, Bari

M. Mastroilli





Sezione Puglia

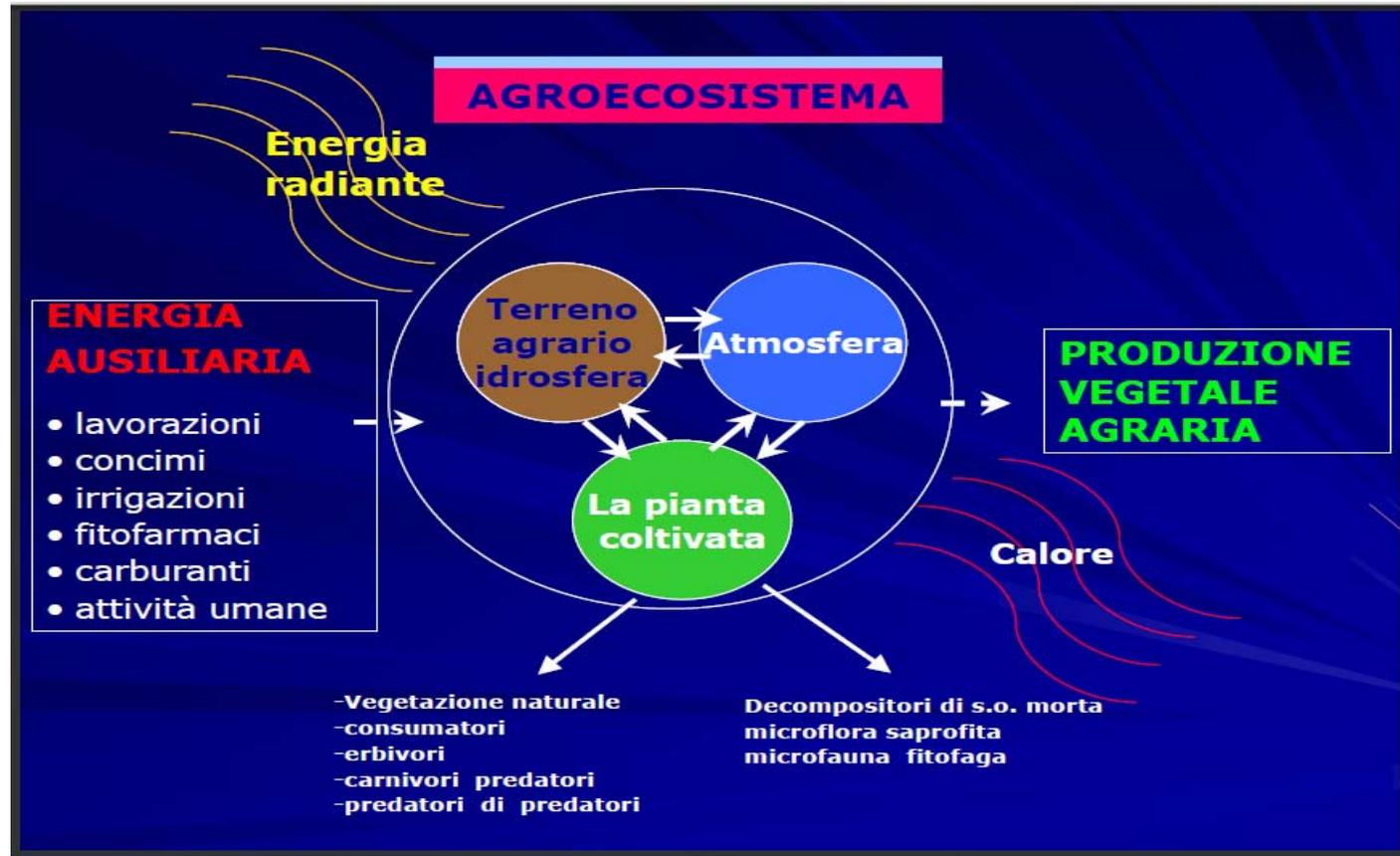
# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



Marcello Mastroilli CRA –SCA, Bari

M. Mastroilli



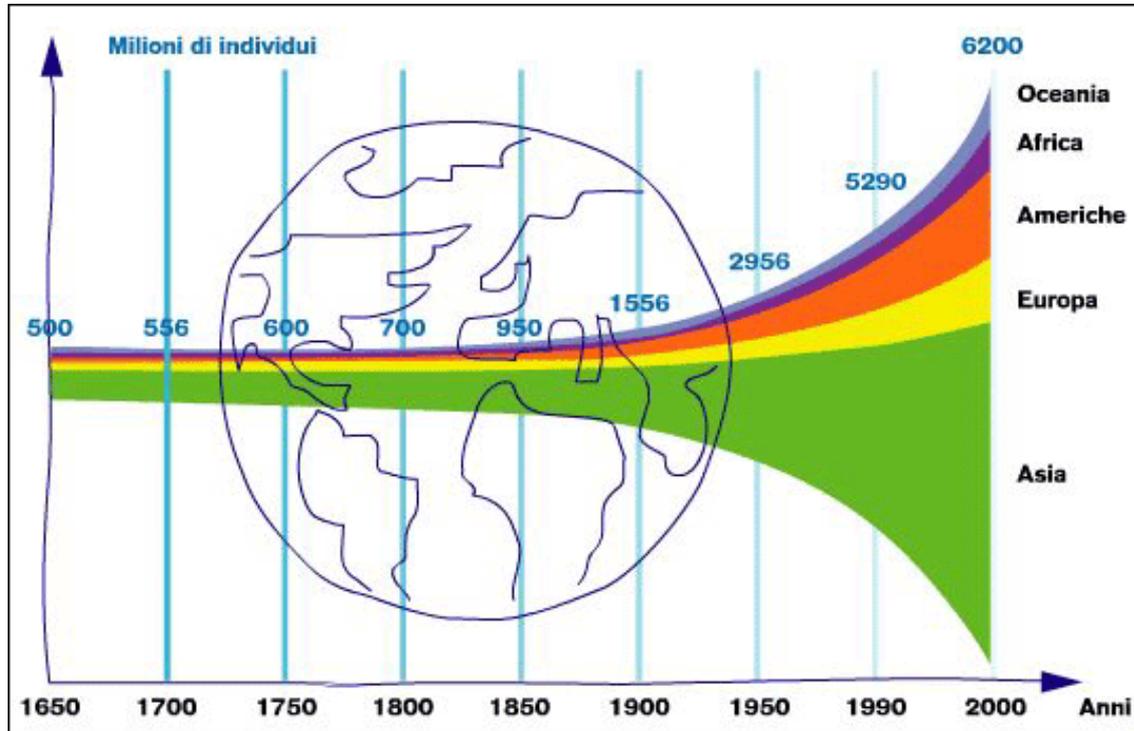




# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



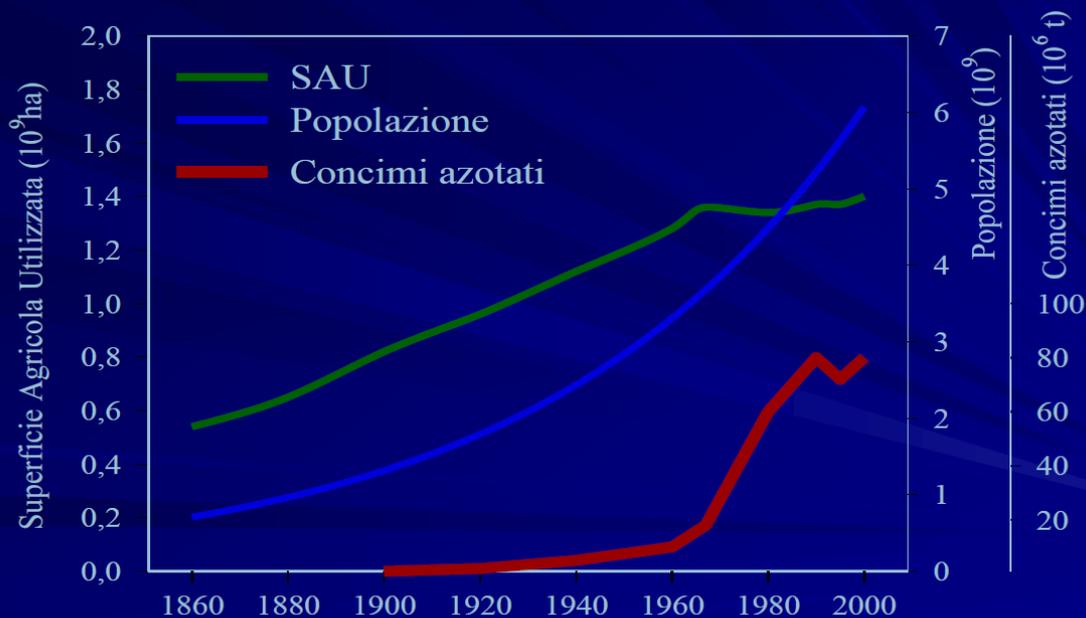
Cosa sostenere?



Come sostenere?



**Variatione della SAU, della popolazione e del consumo di concimi azotati minerali nel mondo tra il 1860 e il 2000**

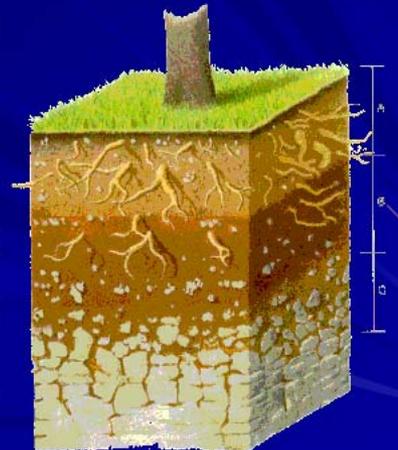
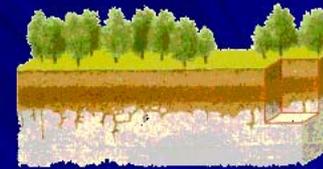


Come sostenere?



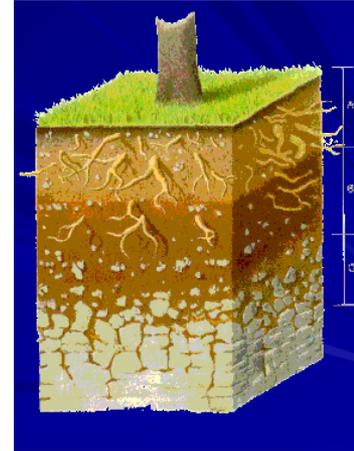
Il **terreno agrario** è lo strato detritico superficiale della crosta terrestre capace di divenire sede di coltivazione proficua delle piante agrarie.

La produzione agraria è strettamente legata alla **fertilità** del suolo che dipende a sua volta dal complesso delle sue proprietà



..... in modo particolare

Il 97% degli alimenti che consuma la popolazione mondiale proviene dal suolo. Lo strato coltivabile è solo di 20 centimetri ma è essenziale per lo sviluppo della vita. Lì si incontrano la maggior parte degli elementi di cui ha bisogno la pianta per crescere e offrire prodotti alimentari. Gestire queste risorse limitate, la cui formazione richiede migliaia di anni, è il primo fondamentale accorgimento per l'agricoltura sostenibile del nuovo secolo.

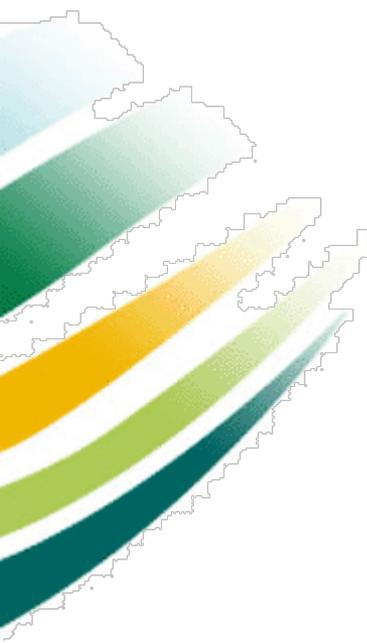
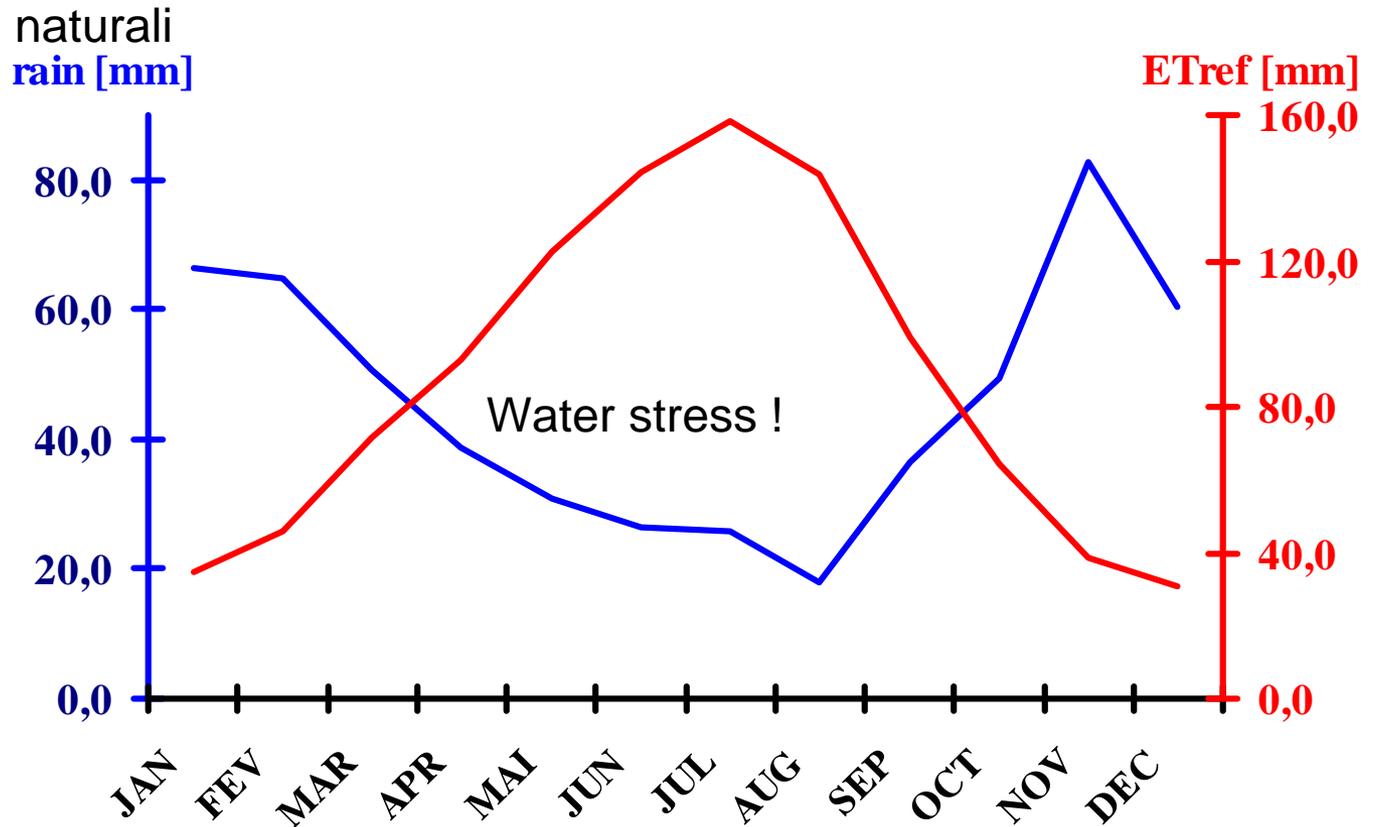


..... non di sola terra ....

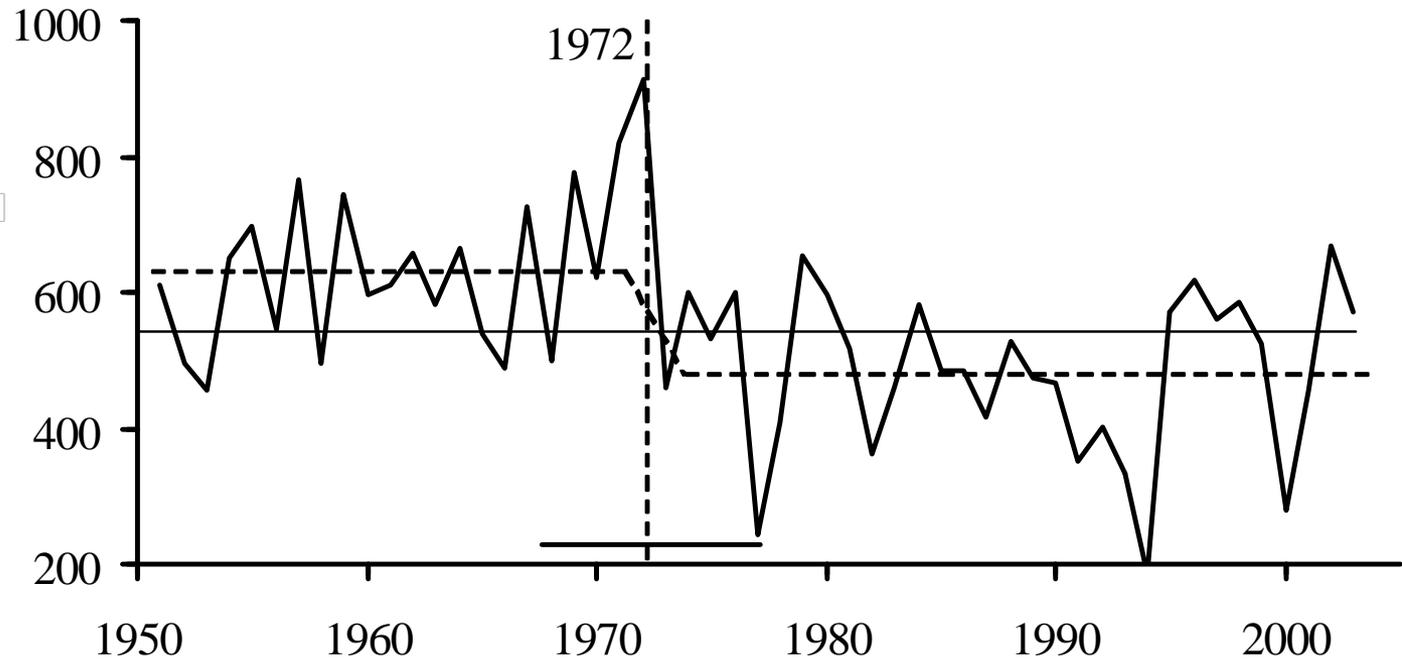




..... le risorse idriche

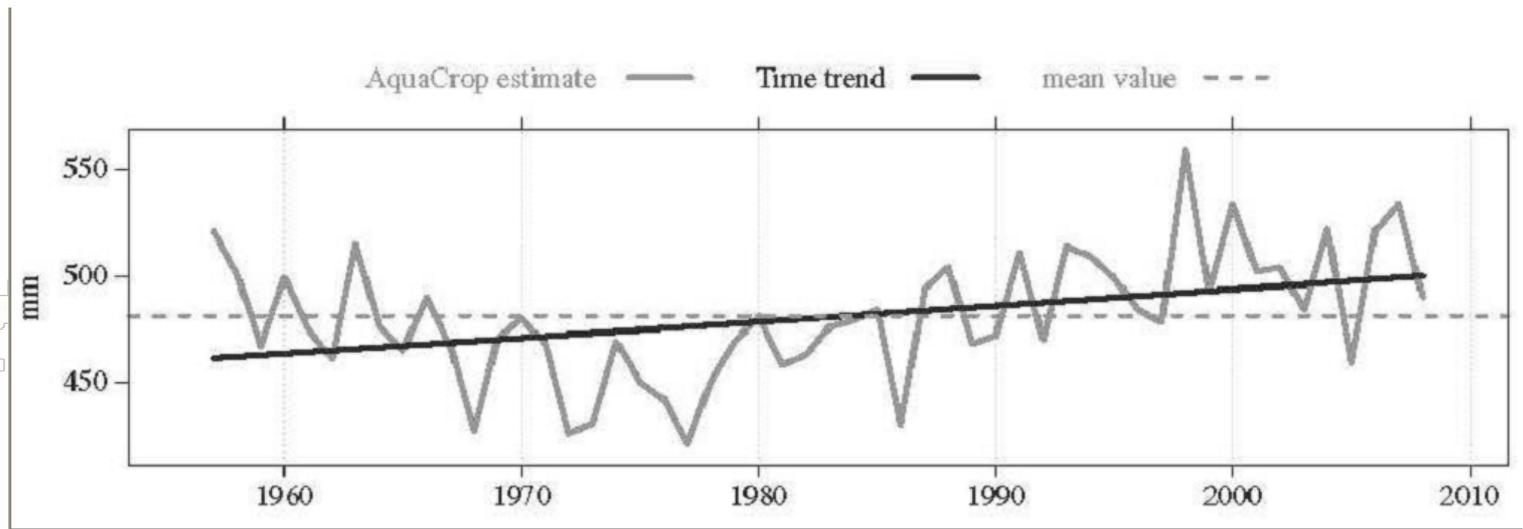
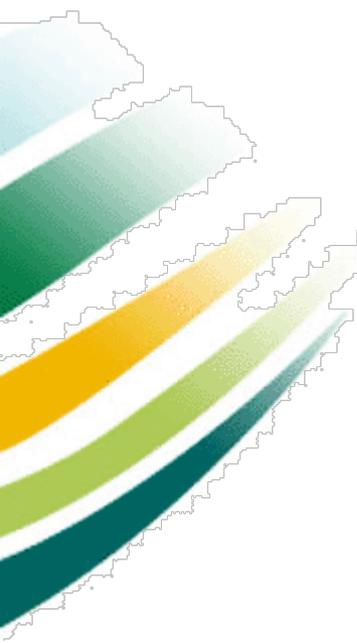


..... le risorse idriche naturali



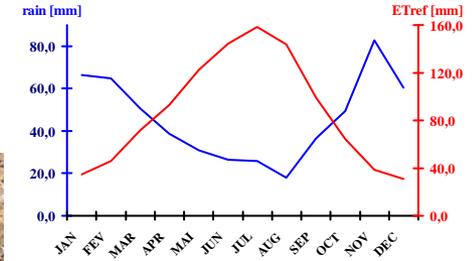
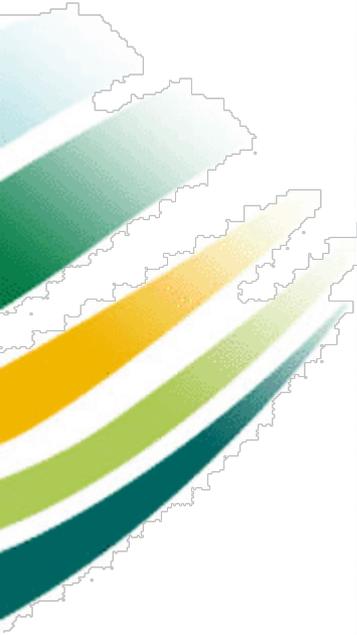


..... i volumi irrigui del pomodoro in Capitanata





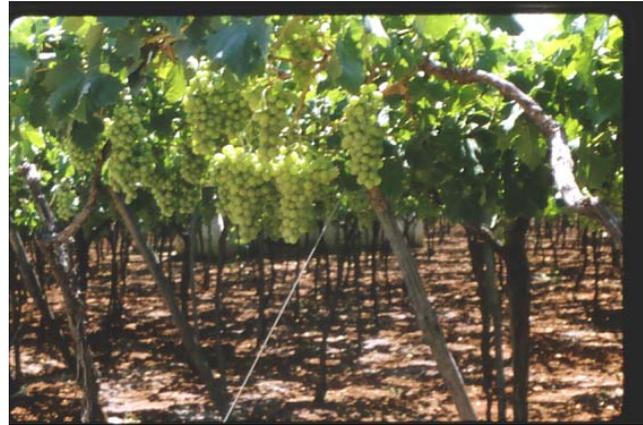
..... l'arido-coltura



l'irrigazione è una delle tecniche di arido-coltura



..... l'arido-coltura



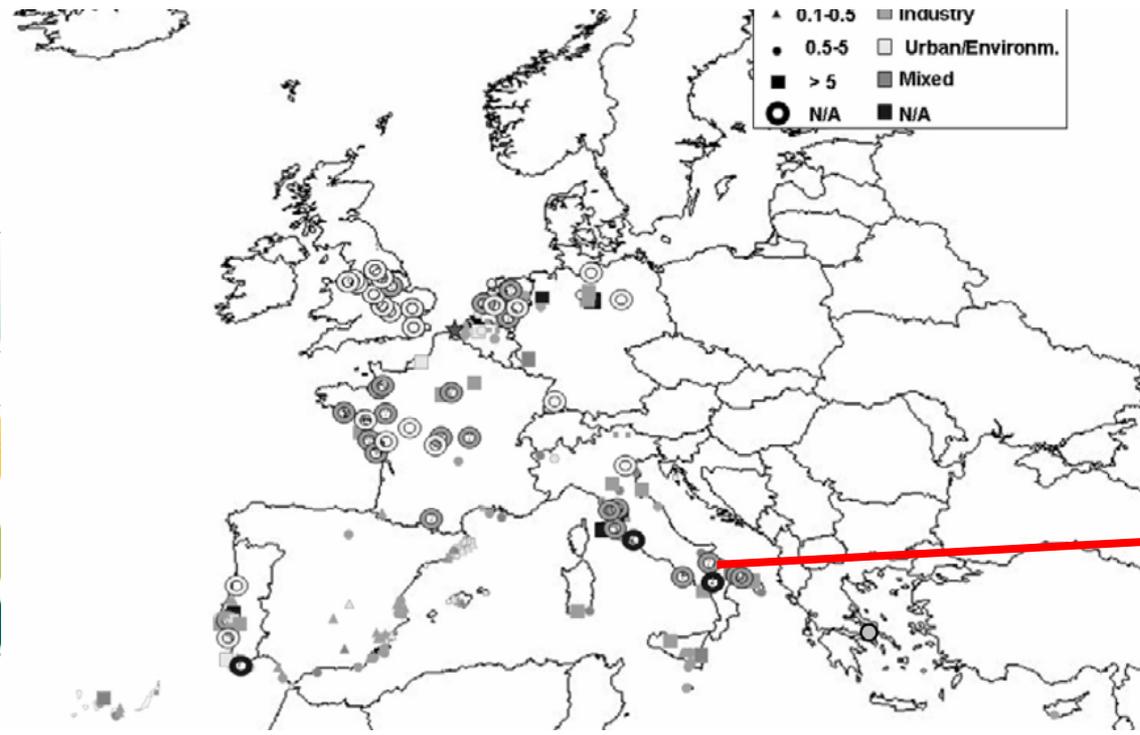
l'arido-coltura insegna l'uso sostenibile delle acque di bassa qualità



# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



..... le acque alternative

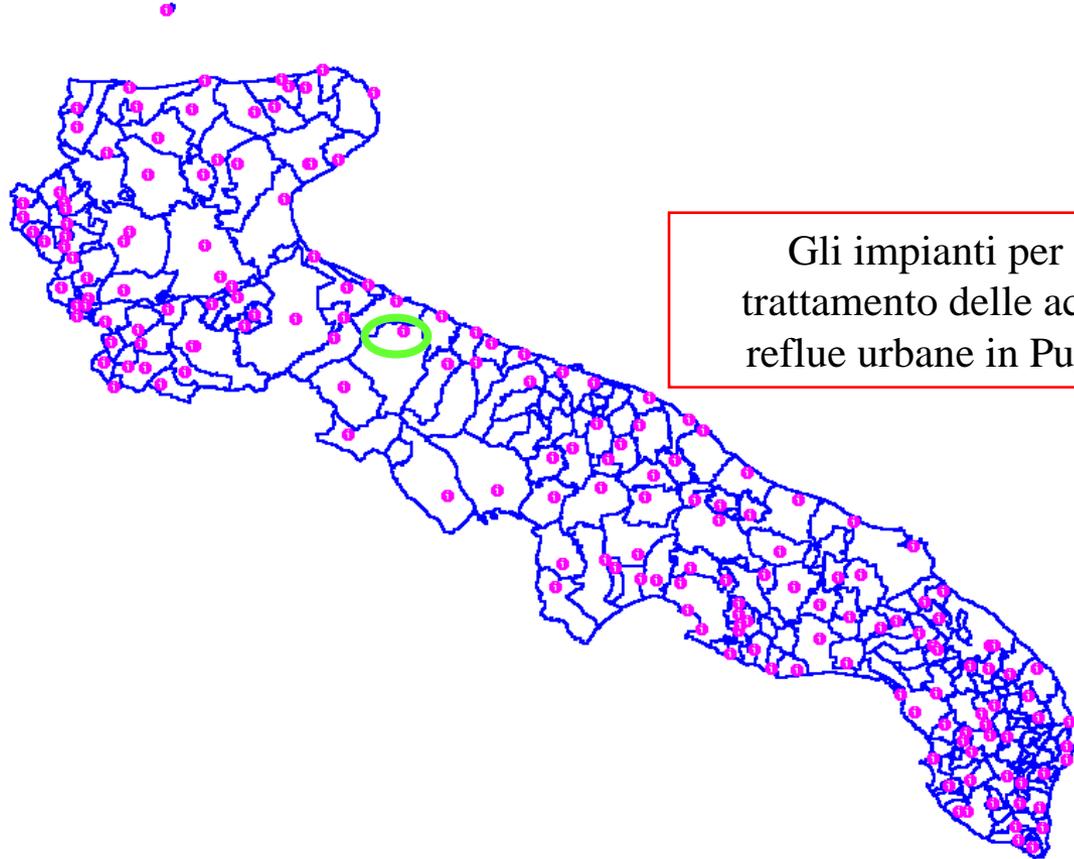


in southern Europe, reclaimed wastewater is reused predominantly for agricultural irrigation (44% of the projects)



*D. Bixio et al. , 2006 (Desalination, 187, 89–101)*

..... le acque alternative



Gli impianti per il trattamento delle acque reflue urbane in Puglia



## un lagunaggio 'aziendale'

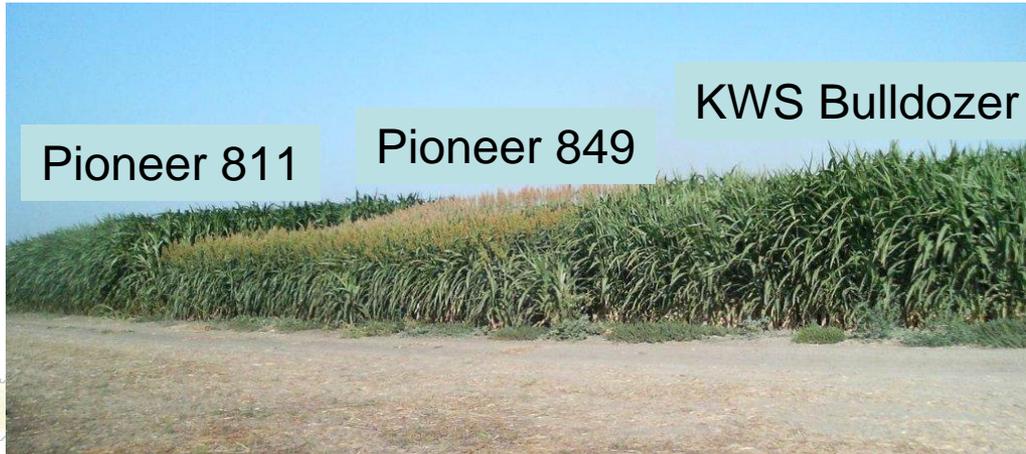
- adatto ai climi caldi, soleggiati
- profondità 0.7m

L'impianto di Cerignola



	pH	EC	Cl <sup>-</sup>	ES	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Bicarb.	Carb.	SAR
		dS/m	gr/l	‰	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	
in	8.23	2.41	0.57	1.34	16.71	1.36	0.08	0.07	0.60	8.00	13.12
out	8.17	2.50	0.68	1.36	9.17	1.16	0.05	0.07	0.48	6.28	5.77

- radiazione solare e ossigeno penetrano facilmente la laguna
- durata del lagunaggio aerobico: da 2 a 3 settimane



Split-plot, 3 repetitions

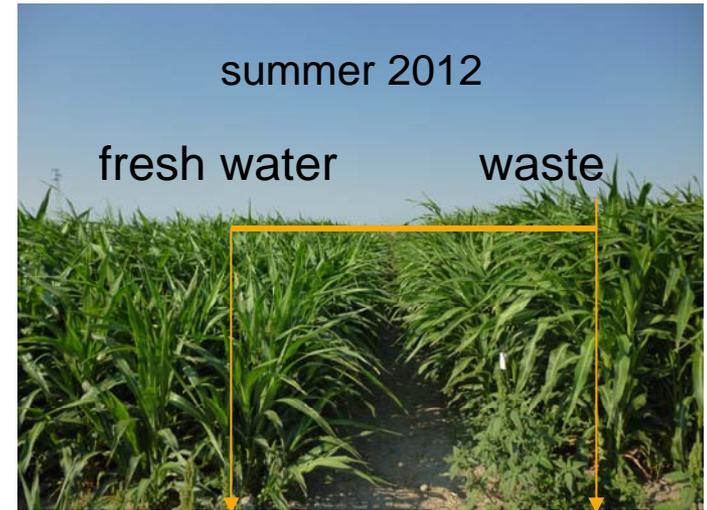
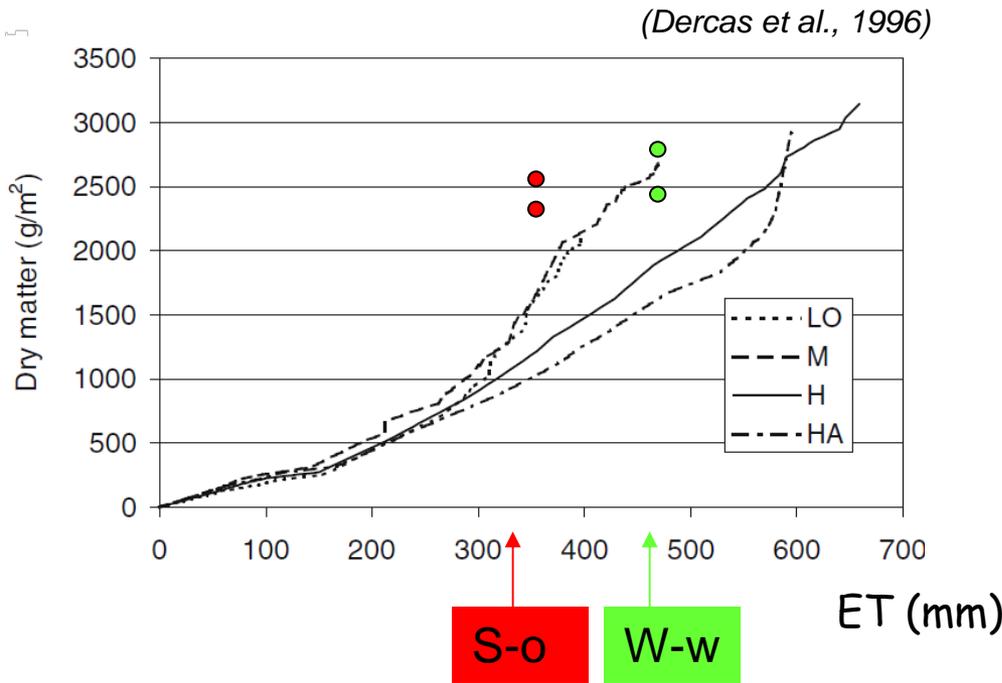
Le analisi periodiche hanno dimostrato l'assenza di metalli pesanti



Electricity  
cogeneration  
from biogas



# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile





**W-w (100% ET)**

**S-o**

I risultati sulla produttività del sorgo indicano che:

- buona produttività anche con
  - volumi irrigui ridotti
  - acqua di qualità inferiore
    - ma le acque reflue non devono compromettere le proprietà le proprietà del terreno
      - in particolare l'accumulo di sale nel terreno



## ..... le acque trattate

Tratt	CE	pH	BOD <sub>5</sub>	COD	Cl at.	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SAR
	dS/m		mgO <sub>2</sub> /L	mgO <sub>2</sub> /L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
AC	0,64	7,65	6		0	48	0	51	12	2	53	1	58	0	2	2
AS	1,52	7,57	40	166	0	128	22	83	21	46	182	1	91	23	3	3
AF	1,47	7,63	22	135	0	119	23	92	20	41	197	0	94	25	2	3

AC = Acqua convenzionale

AS = trattamento secondario

AF = affinamento



## composti indesiderati:

- sali
- elementi in traccia
- sostanze organiche
- patogeni:

terreno  
le colture  
l'ambiente  
la salute pubblica  
l'igiene



## fattori che determinano la qualità delle acque

- destinazione
- l'origine dell'acqua
- il tipo di trattamento eseguito
- l'efficacia del trattamento
- **PER L'IRRIGAZIONE**
  - il sistema di distribuzione
  - le modalità di adacquamento



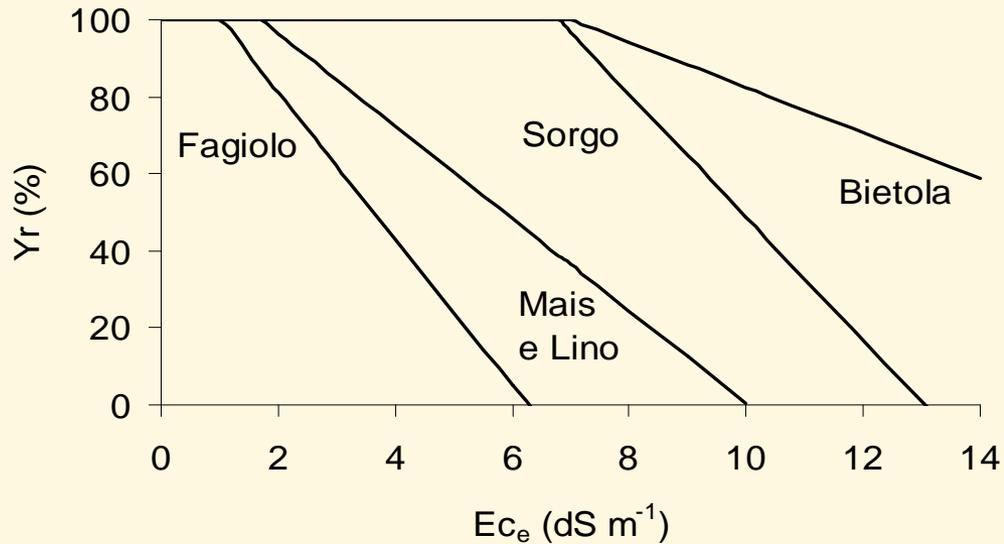
## per l'irrigazione

- l'effetto su:
  - coltura in atto
  - quelle in successione
  - suolo
  - falde
- provocato dai costituenti dell'acqua:
  - elementi chimici
  - frazione organica
  - microrganismi



## gli effetti degli elementi chimici

- casistica precisa



	<i>b</i>	<i>a</i>
Fagiolo	19.1	1
Mais e Lino	12	1.7
Bietola	5.9	7
Sorgo	16	6.8

$$Yr = 100 - b (Ec_e - a)$$

## costituenti delle acque

- Sostanza organica biodegradabile

- BOD

- biologic demand

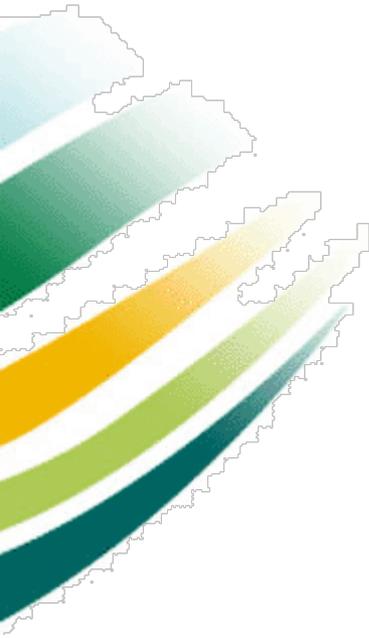
- COD

- chemical demand

- decomposizione biologica di:
  - proteine
  - carboidrati
  - grassi
- esaurimento dell'ossigeno disciolto nelle acque
- sviluppo di situazioni settiche

## frazione organica

- una risorsa per migliorare la fertilità dei terreni agricoli mediterranei
- da veicolare nel suolo
  - direttamente con l'irrigazione
- da incorporare
  - dopo filtrazione o sedimentazione

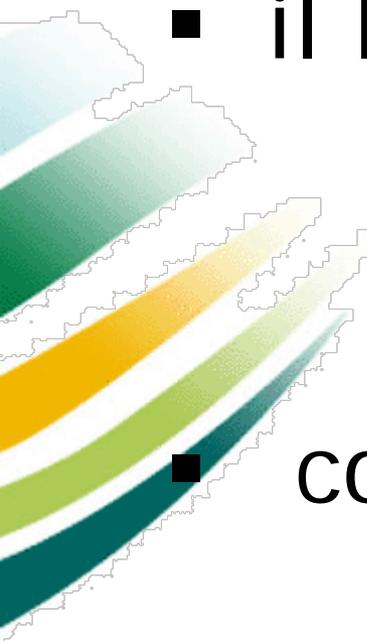


presenza di microrganismi

- il limite principale



- concentrazione di patogeni





## ■ Patogeni



- organismi indicatori
- batteri coliformi totali
- batteri coliformi fecali

- malattie infettive trasmissibili attraverso i patogeni che vivono in acqua:
  - batteri
  - virus
  - parassiti

## ■ Fertilizzanti



- N
- P
- K

- la loro presenza aumenta il valore dell'acqua irrigua
- in ambiente acquatico
  - N e P
  - sviluppo di forme di vita indesiderabili
- nel terreno
  - N
  - inquinamento acque sotterranee

- Composti stabili  
(non degradabili)



- fenoli
- pesticidi
- cloroidrocarburi

- i trattamenti di depurazione tradizionali non sono efficaci contro questi composti
  - tossici nell'ambiente
  - limite alla utilizzazione per l'irrigazione

- Concentrazione di ioni idrogeno attivi



- pH

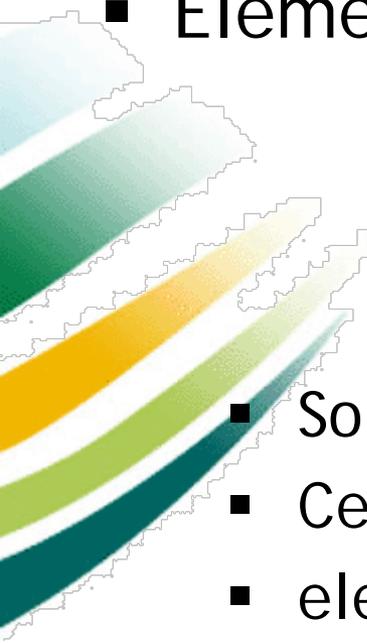
- reflui municipali
  - da 6,5 a 8,5
- reflui industriali
  - >
- nel terreno altera:
  - la solubilità dei sali
  - alcalinità

- Metalli pesanti



- Cd
- Zn
- Ni
- Hg

- quando si accumulano nel terreno, diventano tossici per le piante e gli animali



- Elementi inorganici

- Solidi disciolti (TDS)
- Ce
- elementi specifici (Na, Ca, Mg, Cl, B)

- salinità

- limita la crescita di alcune specie

- Cl, Na, B

- tossici per alcune specie

- Na

- permeabilità

- residui di clorurazioni

- 
- Cl<sup>-</sup>
  - in forma di sale

- Cl<sub>2</sub> > [0,05 mg/L]
  - necrosi dei margini delle foglie
- in forma insolubile non provoca danni alle colture
- disinfettanti con Cl organico
  - contaminano le falde



1) salinità

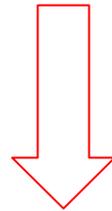
		nessuna	moderata	severa
$EC_w$	dS/m	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
TDS	mg/L	< 450	450-2000	> 2000





criteri per valutare l'accettabilità di un'acqua ai fini irrigui  
2) permeabilità

“Sodium Adsorption Ratio” +  $EC_w$



rischi di perdita di permeabilità a seguito della irrigazione con acque salmastre

$$S.A.R. = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{[Ca] + [Mg]}{2}}}$$



criteri per valutare l'accettabilità di un'acqua ai fini irrigui

		ECw		
		nessuna	moderata	severa
SAR	0-3	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
	3-6	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
	6-12	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
	12-20	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
	20-40	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9



criteri per valutare l'accettabilità di un'acqua ai fini irrigui

### 3) tossicità di particolari ioni

		nessuna	moderata	severa
<b>Na<sup>+</sup></b>				
di superficie	SAR	< 3	3 - 9	> 9
per aspersione	meq/L	< 3	> 3	-
<b>Cl<sup>-</sup></b>				
di superficie	meq/L	< 4	4 - 10	> 10
per aspersione	meq/L	< 3	> 3	-
<b>B</b>				
	mg/L	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0



criteri per valutare l'accettabilità di un'acqua ai fini irrigui

## 4) effetti combinati

- le quantità di N
  - possono soddisfare le necessità delle colture
  - spesso sono in eccesso
- colture
  - ritardi nello sviluppo e maturazione
- ambiente
  - + P  eutrofizzazione
- sistemi irrigui
  - occlusione dei gocciolatori
    - colonie dei microrganismi
    - mucillagini prodotte





criteri per valutare l'accettabilità di un'acqua ai fini irrigui

## 4) effetti combinati

- all'interno dei bacini di accumulo
  - proliferazione di microrganismi
- nell'intervallo
  - tra stoccaggio e utilizzazione stagionale
    - diminuisce la carica patogena
    - aumenta la crescita di alghe  
intasamento dei sistemi irrigui  
odori e colori non graditi



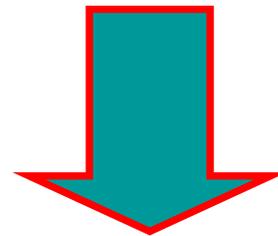
## L'irrigazione

- accurata scelta del metodo irriguo
- scelta razionale per:
  - ottimizzare l'efficienza
    - del trasporto
    - della distribuzione dell'acqua
  - automazione
  - adeguare i parametri irrigui
    - Momento
    - Volume
    - Portata
  - alle esigenze della pianta



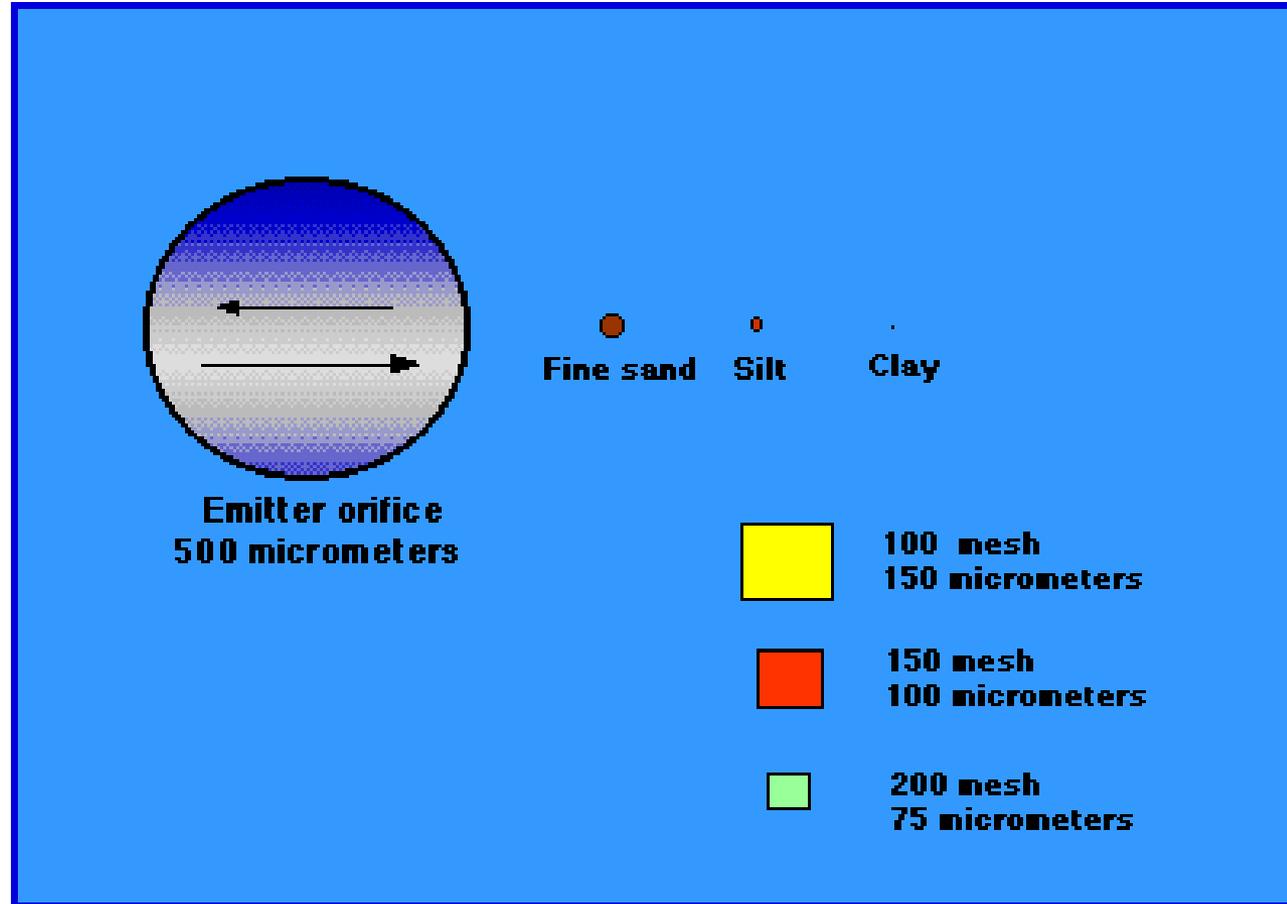
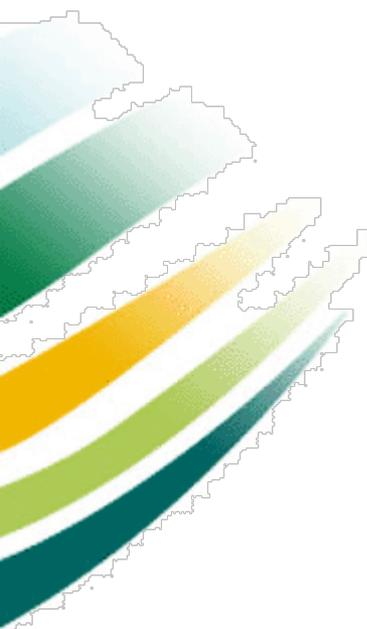
## L'irrigazione

- Microirrigazione si caratterizza per:
  - elevato numero di erogatori
  - ridottissime vie di passaggio
  - qualsiasi fonte d'approvvigionamento specifico trattamento per



assicurare un costante e continuo funzionamento dell'impianto

dimensioni delle vie di passaggio dell'acqua all'interno degli erogatori



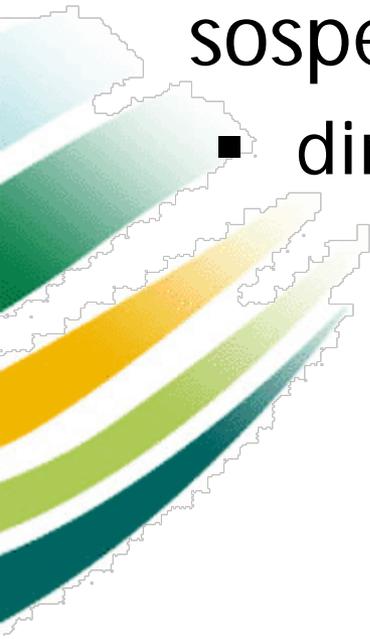
..... prima di irrigare



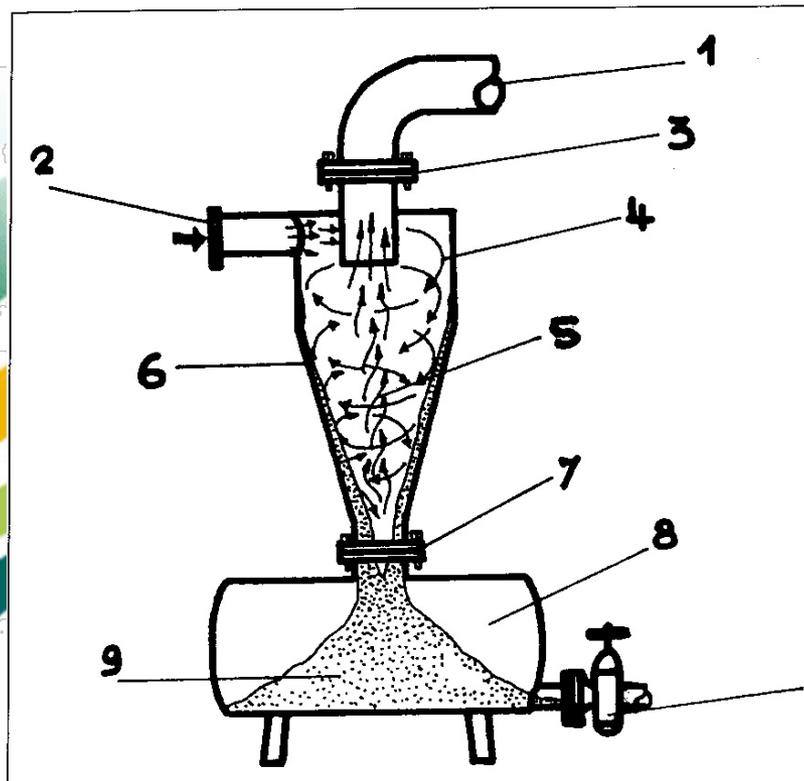


per dimensionare le vasche di sedimentazione

- velocità di sedimentazione dei solidi sospesi
- dimensione delle particelle

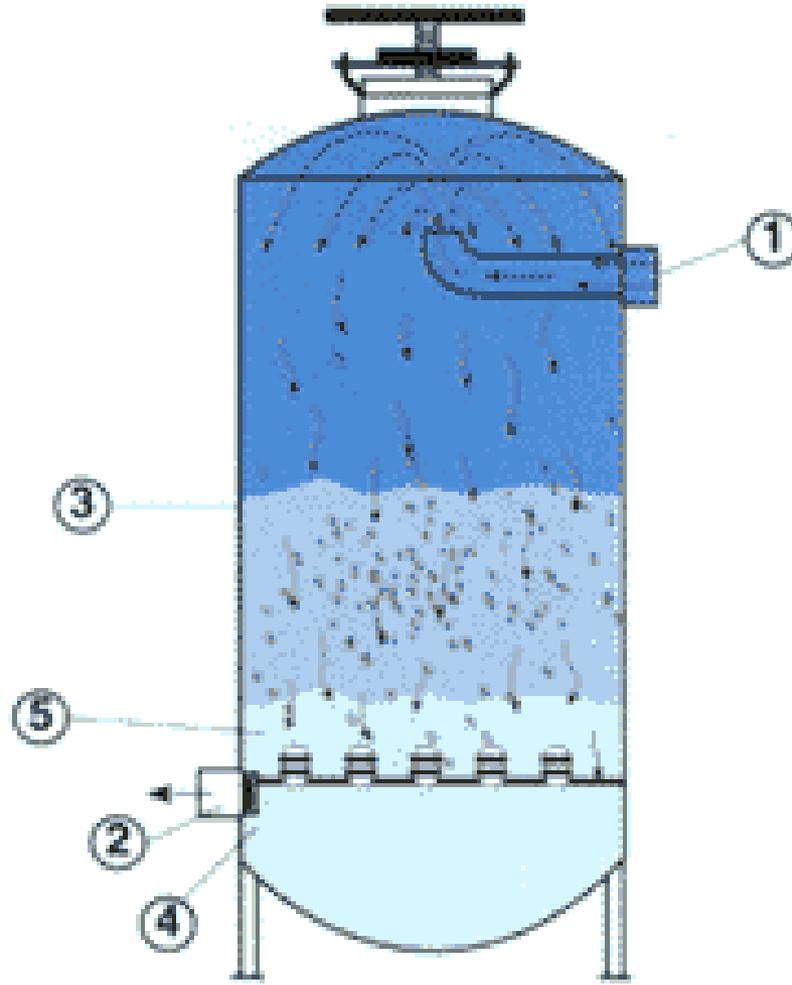


## idrocicloni



- separatori centrifughi di sabbia
- rimuovono
  - sabbia
  - scorie
  - altre particelle più pesanti dell'acqua

## filtro a sabbia



- Alghe
- Terra
- Particelle grossolane



Sezione Puglia

# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



## trattamenti chimici

- materiale da eliminare
  - in sospensione
  - in soluzione
- impianti di fertirrigazione
  - cloro
  - acidi



## irrigazione per scorrimento

- sistemazione del terreno in solchi
  - lunghezza e profondità variabile



## irrigazione per aspersione



- largamente diffuso
- si adatta
  - terreno
  - coltura
  - acqua disponibile
- meno problemi di filtraggio



## irrigazione localizzata a bassa pressione



Wetted Area Appearing on Soil Surface

Sandy



Loam

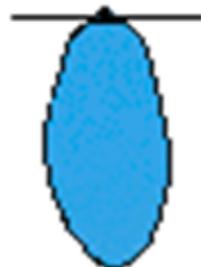


Clay



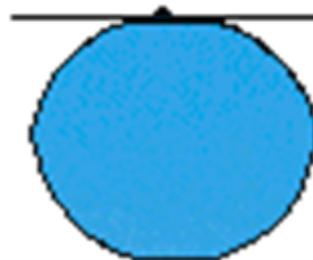
Cross Section of Wetted Area in Soil

Sandy



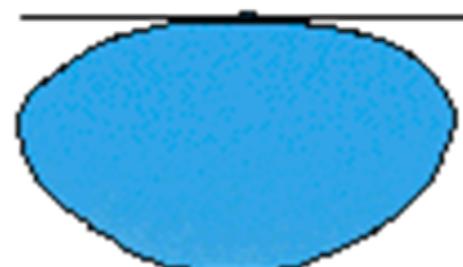
2' to 3'

Loam



3' to 5'

Clay

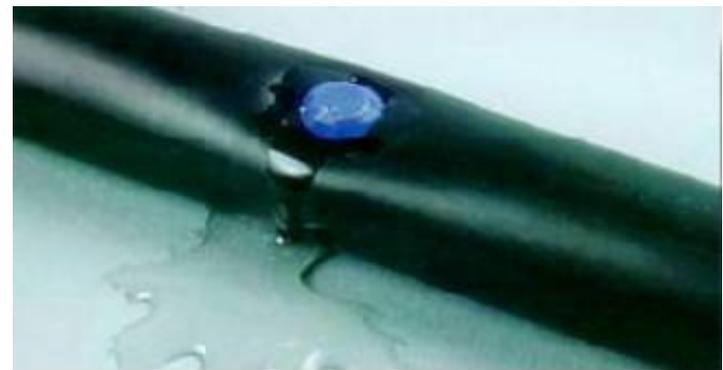


5' to 7'

## ali gocciolanti (flosce)

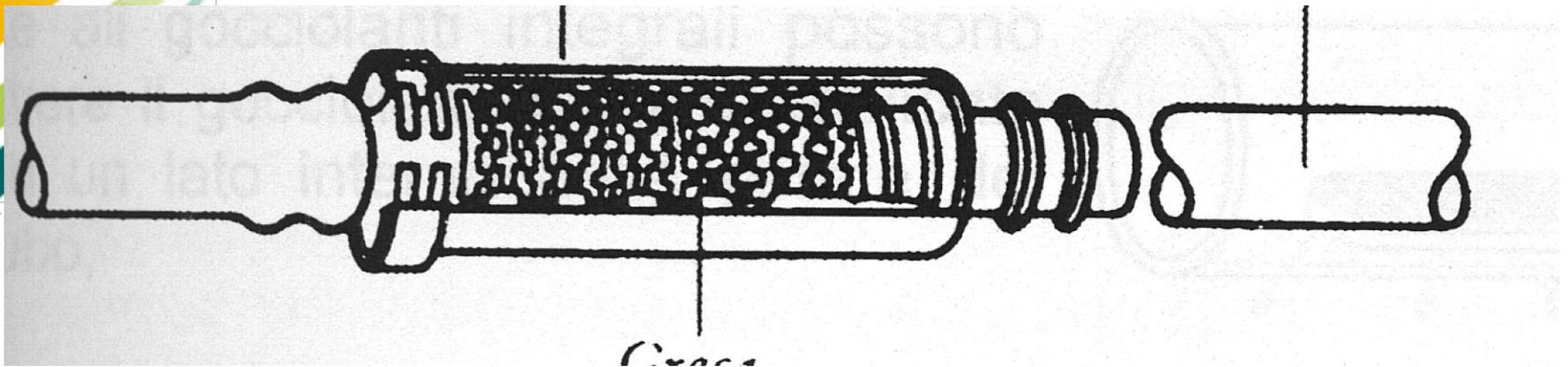
- manichette a doppia camera

- manichette con gocciolatori intrusi



## tipo di gocciolatori

- a labirinto
- autopulenti



## microirrigatori

- spruzzo
- 8-36 litri l'ora
- bagnano una maggiore superficie di terreno
- evitano i percorsi preferenziali nei terreni sciolti
- impianti fissi (su astine)





Sezione Puglia

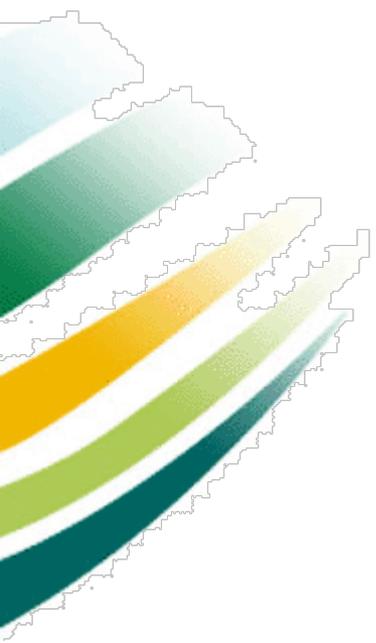
# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile





Sezione Puglia

# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



## irrigazione localizzata con manichette

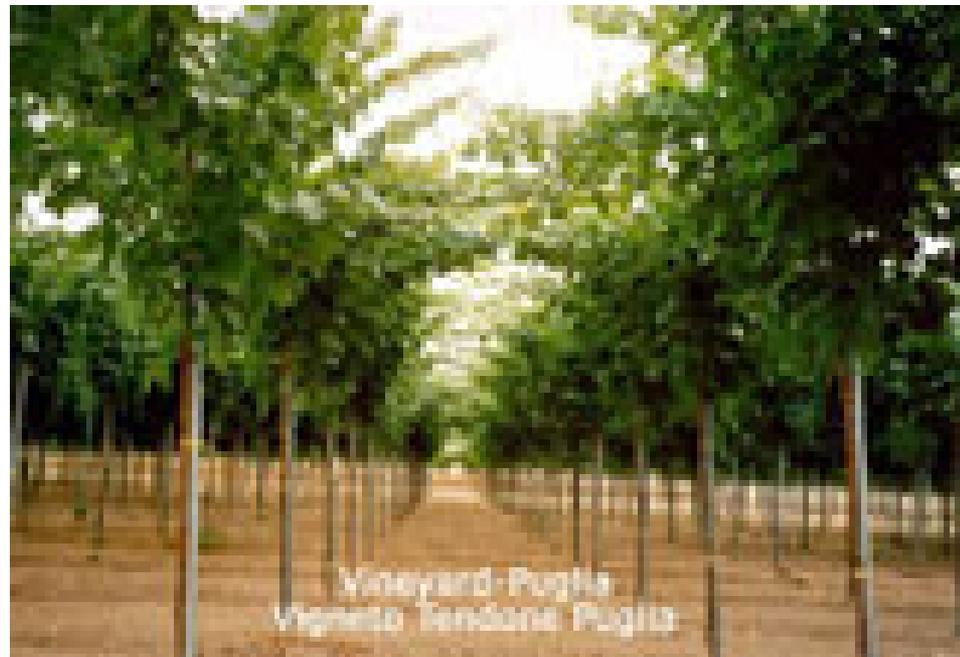
- tubi floschi di circa 32 mm
- colture orticole pacciamate
- minor costo
- lunghezza delle manichette 50 m
- garanzie igieniche





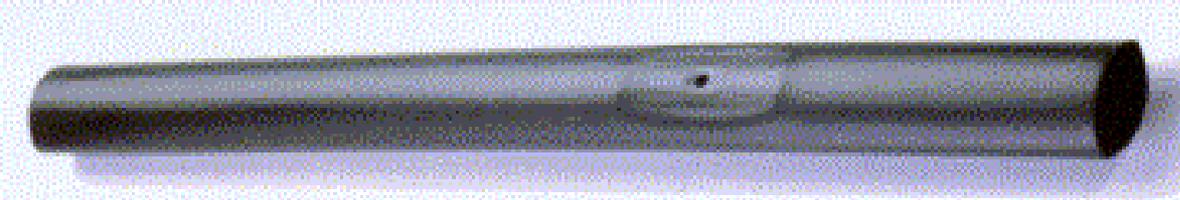
## subirrigazione

- di grande utilità con le acque reflue



## subirrigazione

- subirrigazione capillare
- acqua in pressione in tubi fessurati



- alla profondità dell'apparato radicale





Sezione Puglia

# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile





Sezione Puglia

# Acque Reflue & Agricoltura Sostenibile



Marcello Mastroilli CRA –SCA, Bari

M. Mastroilli

