

Riuso irriguo di acque reflue depurate in frutticoltura: potenzialità e problematiche



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



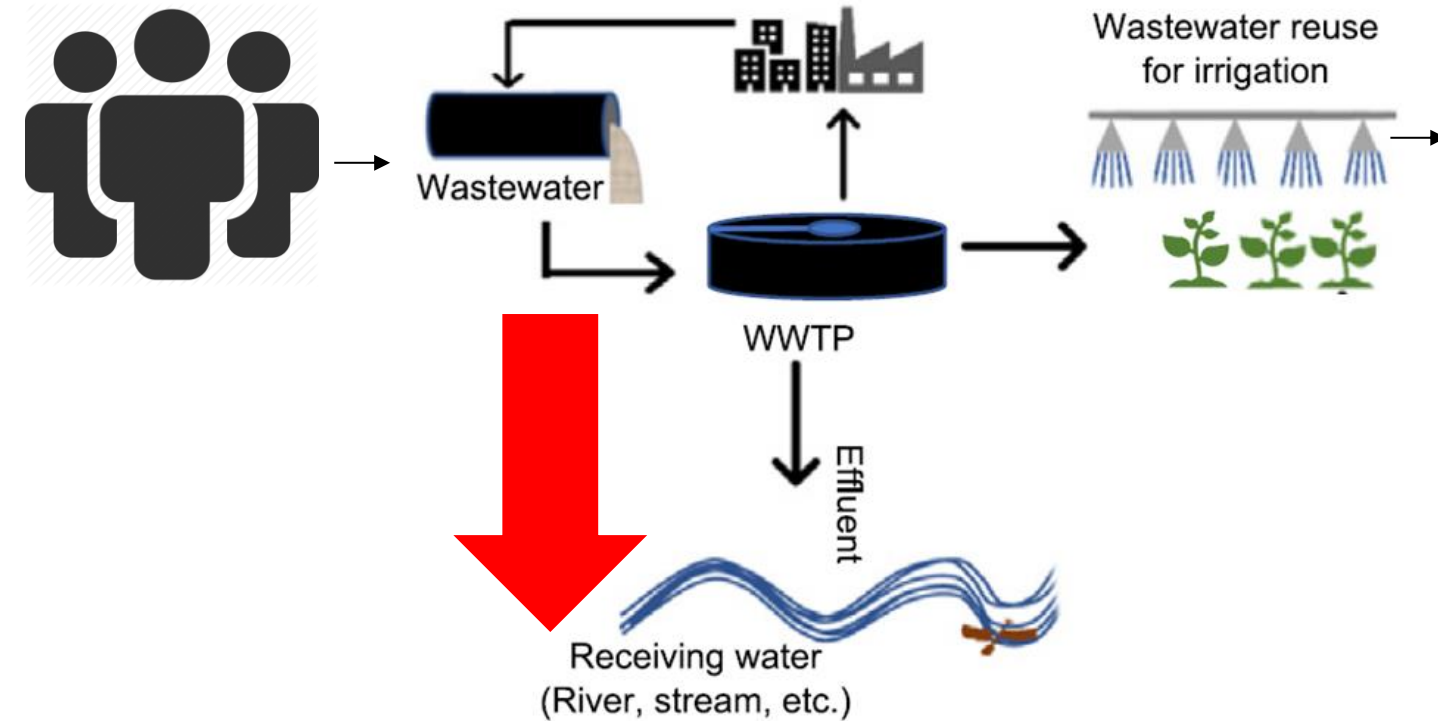
Giulio Demetrio Perulli

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-ambientali

20
24

OPENDISTAL
20 SETTEMBRE

Acque reflue: una preziosa risorsa per far fronte alla carenza idrica e non solo...!



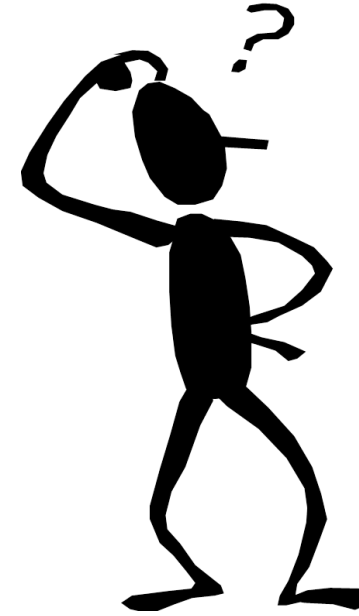
- Vantaggi:
- Ambientali (risparmio in risorse idriche tradizionali, riduzione dell'eutrofizzazione)
 - Agronomici (rifornimento di nutrienti)
 - Economici (riduzione input fertilizzanti, costi energetici)
 - Sociali (stabilizzazione delle risorse idriche)

Ofori, S., Puškáčková, A., Růžičková, I., Wanner, K. Treated wastewater reuse for irrigation: Pros and cons. Science of The Total Environment, Volume 760, 2021, 144026, ISSN 0048-9697



L'utilizzo delle acque reflue è ancora limitato...

At present, about 1 billion cubic metres of treated urban wastewater is reused annually, which accounts for approximately 2.4% of the treated urban wastewater effluents and less than 0.5% of annual EU freshwater withdrawals. But the **EU potential is much higher, estimated in the order of 6 billion cubic metres – six times the current volume**. Both southern Member States such as Spain, Italy, Greece, Malta



Svantaggi:

- Sicurezza alimentare (rischi chimici e microbiologici)
- Sociali (accettazione)
- Agronomici (salinità del suolo e tossicità delle piante)
- Economici (basso differenziale di prezzo)
- Infrastrutturali (difficoltà nella distribuzione dell'acqua)
- Legislativi (assenza di standard comuni)



DM 185/2003

VALORI LIMITE DELLE ACQUE REFLUE ALL'USCITA DELL'IMPIANTO DI RECUPERO

	Parametro	Unità di misura	Valore limite
Parametri chimico fisici	pH		6-9,5
	SAR		10
	Materiali grossolani		Assenti
	Solidi sospesi totali	mg/L	10
	BOD5	mg O2/L	20
	COD	mg O2/L	100
	Fosforo totale	mg P/L	2
	Azoto totale	mg N/L	15
	Azono ammoniacale	mg NH4/L	2
	Conducibilità elettrica	iS/cm	3000
	Alluminio	mg/L	1
	Arsenico	mg/L	0,02
	Bario	mg/L	10
	Berillio	mg/L	0,1
	Boro	mg/L	1,0
	Cadmio	mg/L	0,005
	Cobalto	mg/L	0,05
	Cromo totale	mg/L	0,1
	Cromo VI	mg/L	0,005
	Ferro	mg/L	2
	Manganese	mg/L	0,2
	Mercurio	mg/L	0,001
	Nichel	mg/L	0,2
	Piombo	mg/L	0,1
	Rame	mg/L	1
	Selenio	mg/L	0,01
	Stagno	mg/L	3
	Tallio	mg/L	0,001
	Vanadio	mg/L	0,1
	Zinco	mg/L	0,5
	Cationi totali (come CN)	mg/L	0,05
	Solfuri	mg H2S/L	0,5
	Solfati	mg SO3/L	0,5
	Solfati	mg SO4/L	500
	Cloro attivo	mg/l	0,2
	Cloruri	mg Cl/L	250
	Fluoruri	mg F/L	1,5
	Grassi e oli animali/vegetali	mg/L	10
	Oli minerali	mg/L	0,05
	Nota 1		
	Fenoli totali	mg/L	0,1
	Pentaclorofenolo	mg/L	0,003
	Aldeidi totali	mg/L	0,5
	Tetracloroetilene, tricloroetilene (somma delle concentrazioni dei parametri specifici)	mg/L	0,01
	Solventi clorurati totali	mg/L	0,04
Triometani (somma delle concentrazioni)	mg/L	0,03	
Solventi organici aromatici totali	mg/L	0,01	
Benzene	mg/L	0,001	
Benzo(a)pirene	mg/L	0,00001	
Solventi organici azotati totali	mg/L	0,01	
Tensioattivi totali	mg/L	0,5	
Pesticidi clorurati (ciascuno)	mg/L	0,0001	
Nota 2			
Pesticidi fosforati (ciascuno)	mg/L	0,0001	
Altri pesticidi totali	mg/L	0,05	
			10 (80% dei campioni)
Parametri microbiologici	Escherichia coli	UFC/100mL	100 valore puntuale max
	Nota 3		
	Salmonella		Assente

«Uno per tutti»

Nuovo Regolamento Europeo (2020/741)

Amendment	Minimum reclaimed water quality class	Crop category	Irrigation method
A		All food crops, including root crops consumed raw and food crops where the edible part is in direct contact with reclaimed water	All irrigation methods
B		Food crops consumed raw where the edible part is produced above ground and is not in direct contact with reclaimed water, processed food crops and non-food crops including crops to feed milk- or meat-producing animals	All irrigation methods
C		<i>Only irrigation methods that do not lead to direct contact between the crop and the reclaimed water. For example, drip irrigation*.</i>	
D		Industrial, energy, and seeded crops	All irrigation methods

«In base allo scopo»

Amendment	Reclaimed water quality class	Indicative appropriate treatment	Limit value	E. coli (cfu/10 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)
A		Secondary treatment, filtration, and disinfection	≤10 or below detection limit	≤10	≤10	≤10	≤5
B		Secondary treatment, and disinfection	≤100	According to Council Directive 91/271/EEC ¹ (Annex I, Table 1)	According to Council Directive 91/271/EEC (Annex I, Table 1)	-	-
C		Secondary treatment, and disinfection	≤1 000	-	-	-	-
D		Secondary treatment, and disinfection	≤10 000	-	-	-	-



Valutare l'effetto di acqua reflua su...

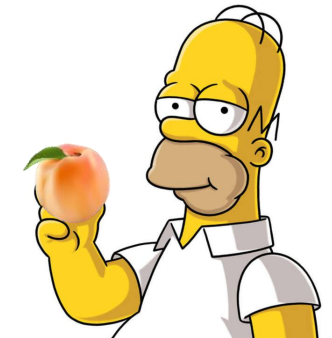
Stato fisiologico e nutrizionale

- Crescita vegetativa
- Scambi gassosi fogliari
- Relazioni idriche
- Crescita del frutto
- Resa e qualità della frutta
- Analisi minerali fogliari (effetti fitotossici)
- Analisi minerali dei frutti



Sicurezza alimentare

- Accumulo di metalli pesanti e contaminati emergenti all'interno dei frutti/germogli
- Internalizzazione di batteri fecali (*E. coli*) in foglie e frutti



Pesco

Impiego di acque reflue urbane secondarie (irrigazione a goccia)



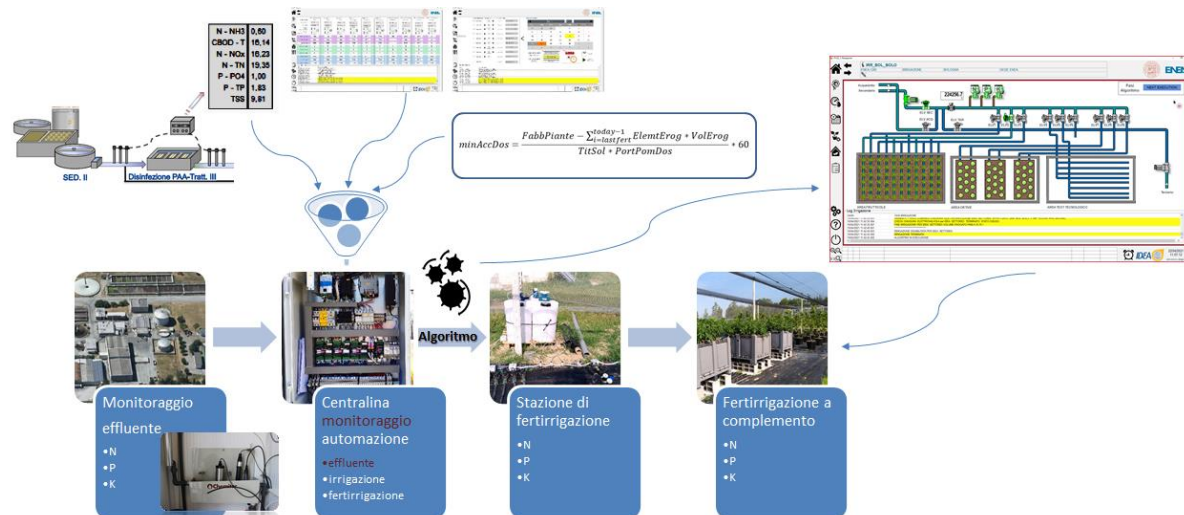
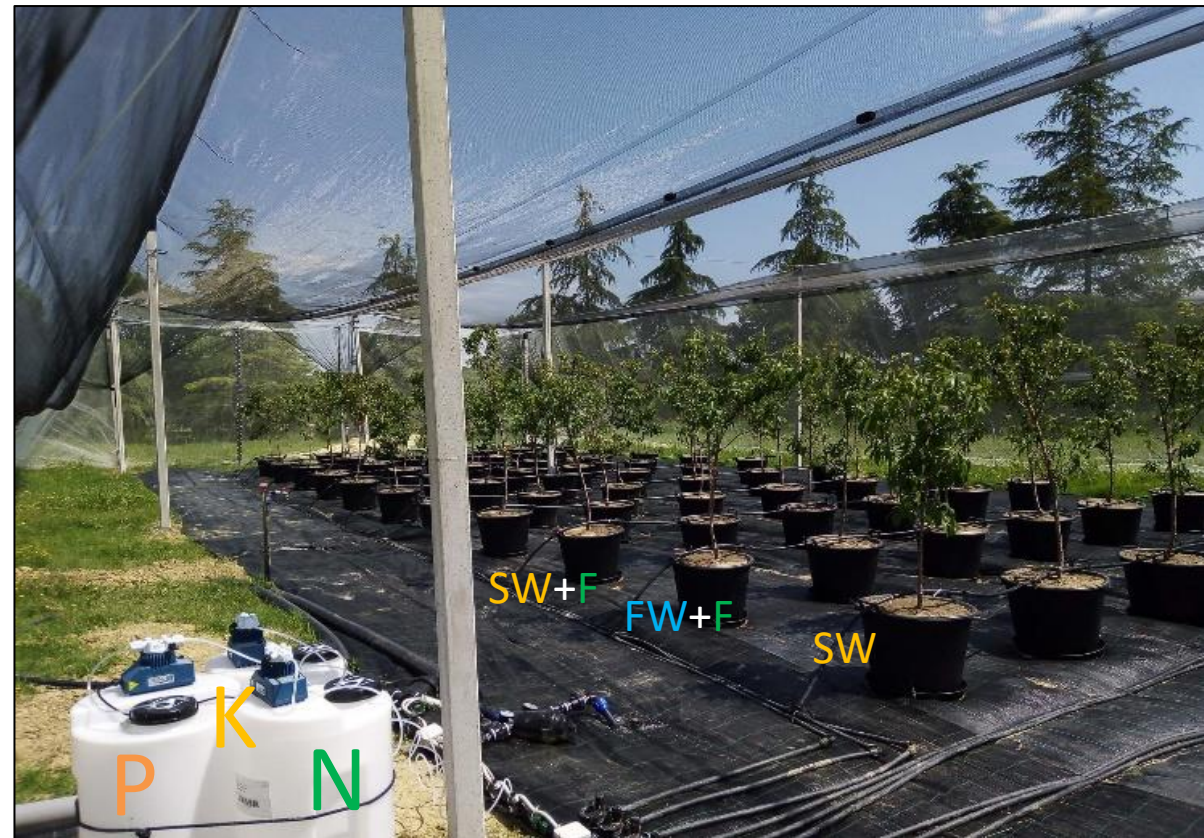
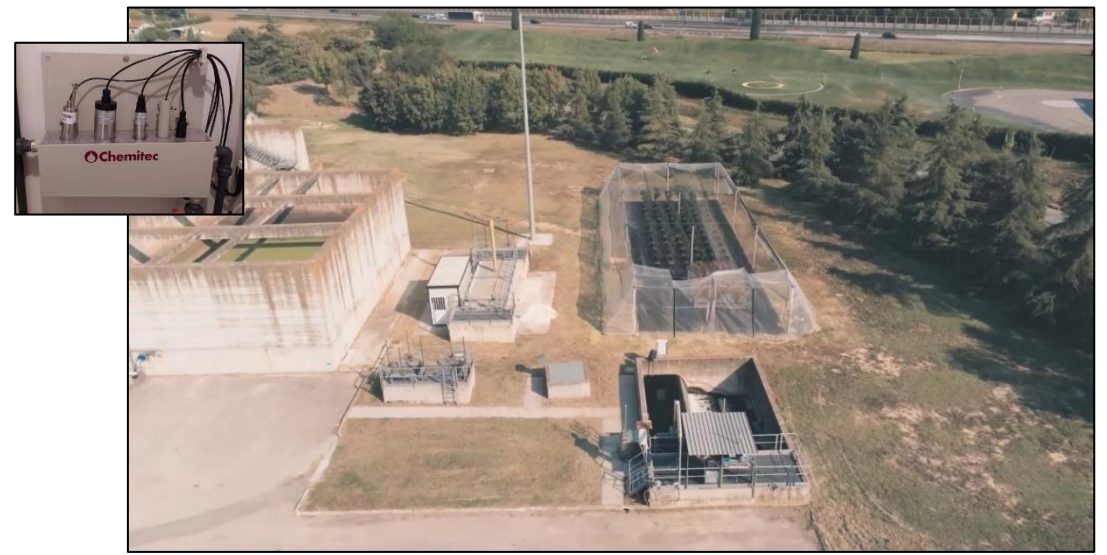
VALUE CE-IN – “VALorizzazione di acque reflUE e fanghi in ottica di economia CircolarE e simbiosi INdustriale”

Sperimentazione (impianto pilota)

Trattamenti:

- **Acqua di rete + fertilizzante chimico (FW+F*)**
- **Acque reflue secondarie + fertilizzante chimico (SW+F*)**
- **Acque reflue secondarie (SW)**

*N, P e K sono stati bilanciati tra FW+F e SW+F grazie ad un sistema di fertirrigazione intelligente basato sul monitoraggio costante della qualità e del volume dell'acqua

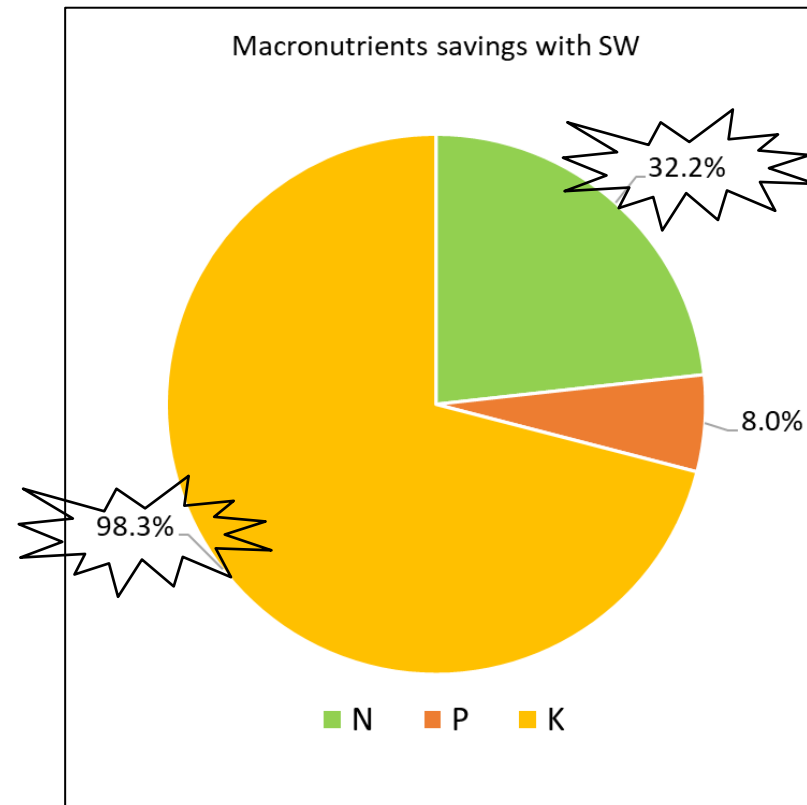


Pianta (stato nutrizionale)

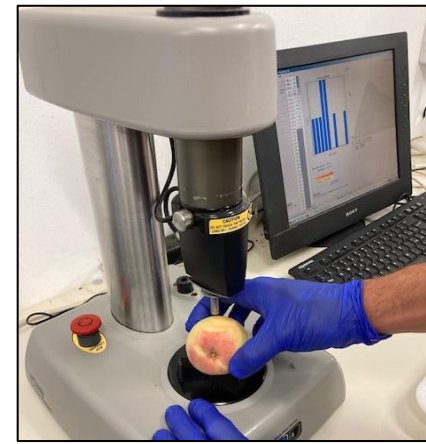
Treatment	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Al	B	Ba	Cu	Fe	Sn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹							
Leaf														
FW+F	32.9 a	1.74 a	9.91 b	21.1 b	5.30	1.45 a	0.93 b	22.2 b	49.0	13.4 b	6.17 a	47.6	8.37 b	18.3 b
SW+F	30.6 b	1.78 a	12.6 a	22.7 b	4.80	1.37 a	0.94 b	24.6 b	52.7	16.5 a	6.25 a	44.1	13.3 b	24.7 a
SW	21.3 c	1.39 b	12.7 a	27.7 a	5.08	1.02 b	0.99 a	37.8 a	48.6	16.0 ab	4.75 b	47.8	23.0 a	18.3 b
<i>Significance</i>	***	***	***	**	ns	***	**	***	ns	*	***	ns	***	***
Fruit														
FW+F	5.76 a	0.99 ab	7.66 b	0.72	0.51	0.28 a	0.81 b	20.5	50.3 b	0.85	3.47	19.9	31.1	4.27
SW+F	5.56 a	1.06 a	8.98 a	0.75	0.53	0.26 a	0.87 a	14.5	49.1 b	0.42	3.16	27.9	32.3	4.80
SW	4.24 b	0.94 b	8.76 a	0.70	0.47	0.22 b	0.85 ab	13.9	54.7 a	0.53	3.10	23.8	32.5	3.65
<i>Significance</i>	***	*	***	ns	ns	***	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns



Risparmio in macronutrienti



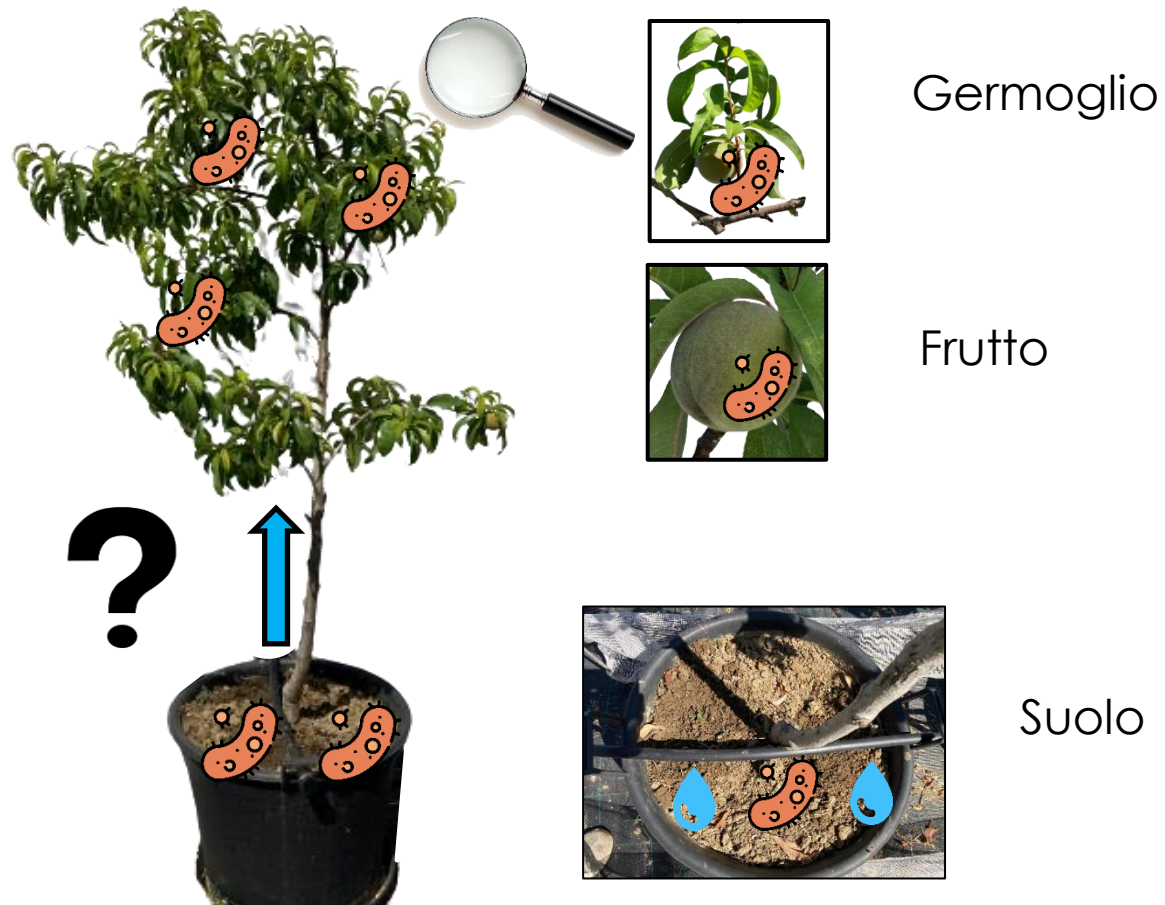
Resa e qualità



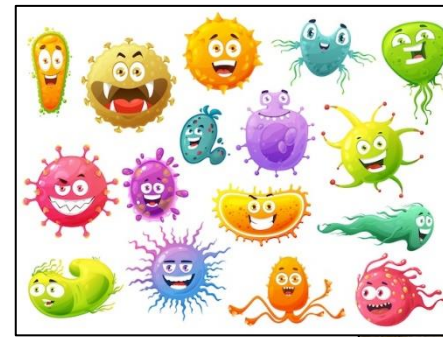
Treatment	Yield (kg tree ⁻¹)	Firmness (kg cm ⁻²)	DA	pH	TA (g l ⁻¹)	SST (°Brix)	DM %
FW+F	4.60 a	6.31 a	0.64 a	3.50 b	7.57 a	14.5	15.3
SW+F	4.11 a	6.48 a	0.63 a	3.55 b	8.15 a	14.5	15.4
SW	3.53 b	4.00 b	0.27 b	3.67 a	6.26 b	14.4	15.6
<i>Significance</i>	**	***	***	***	***	ns	ns

E da un punto di vista microbiologico...?

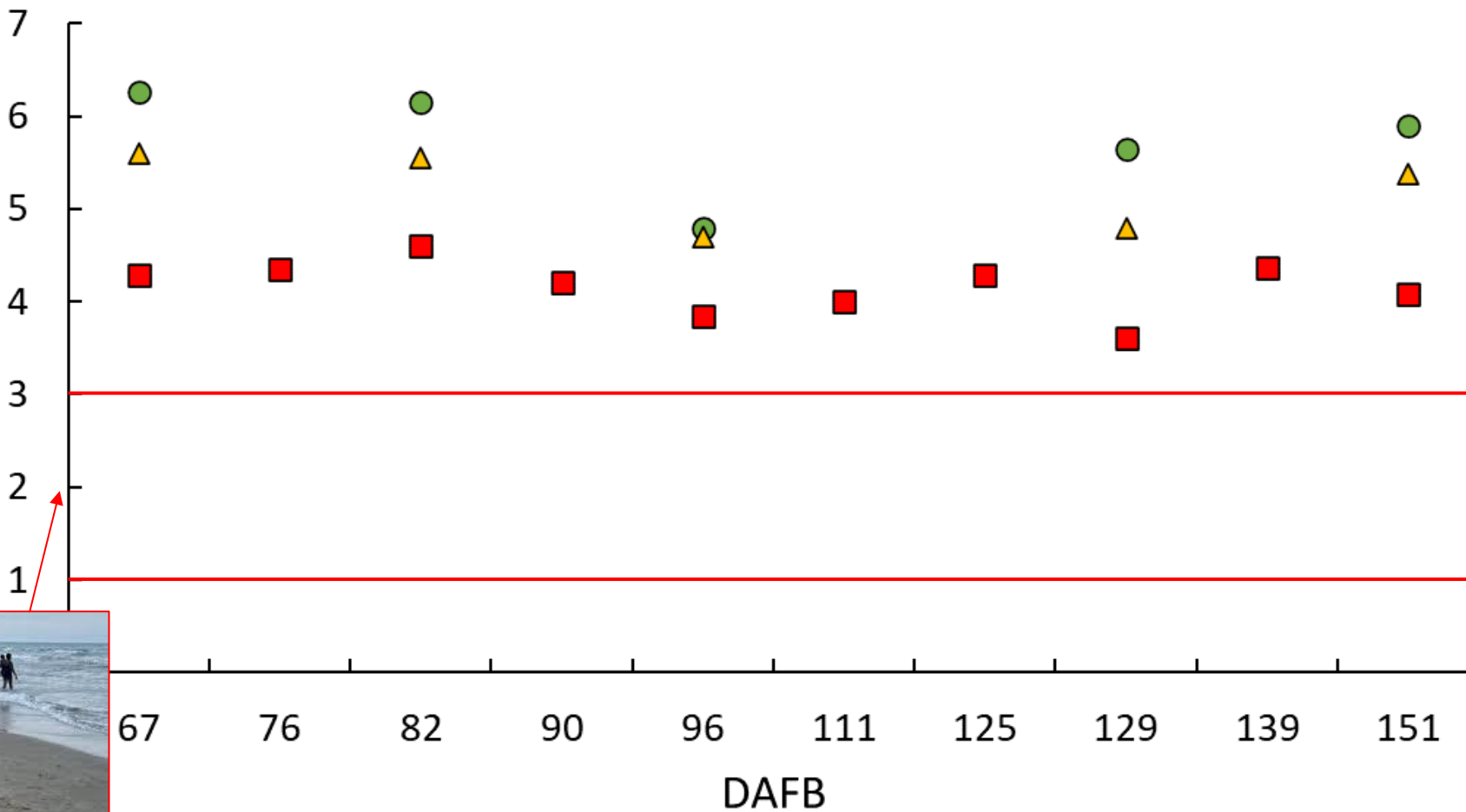
- I batteri sono in grado di internalizzare e replicarsi, come endofiti, nelle arboree da frutto se continuamente irrigate con acque reflue altamente contaminate (*E. coli*)?
- L'acqua reflua potrebbe rappresentare un rischio microbiologico per il consumatore finale?



Qualità microbiologica (acqua)



E. coli, TC, TBC (\log_{10} 100 mL⁻¹)



EU, 2020/741



D.M. 185/2003

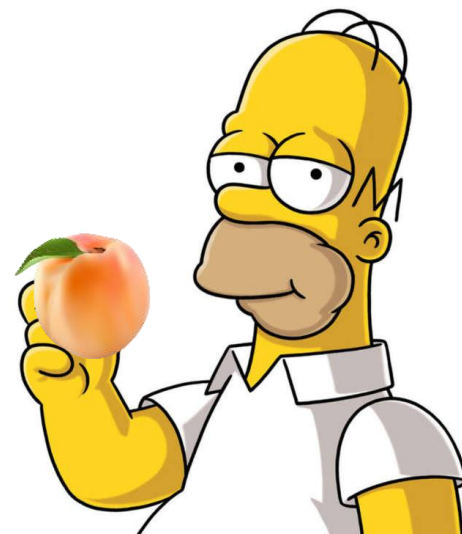


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

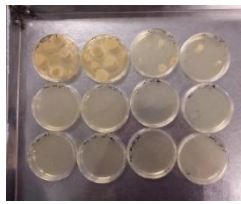


Cosa succede a livello di chioma?

~~E. coli
Salmonella spp.
Coliformi totali~~

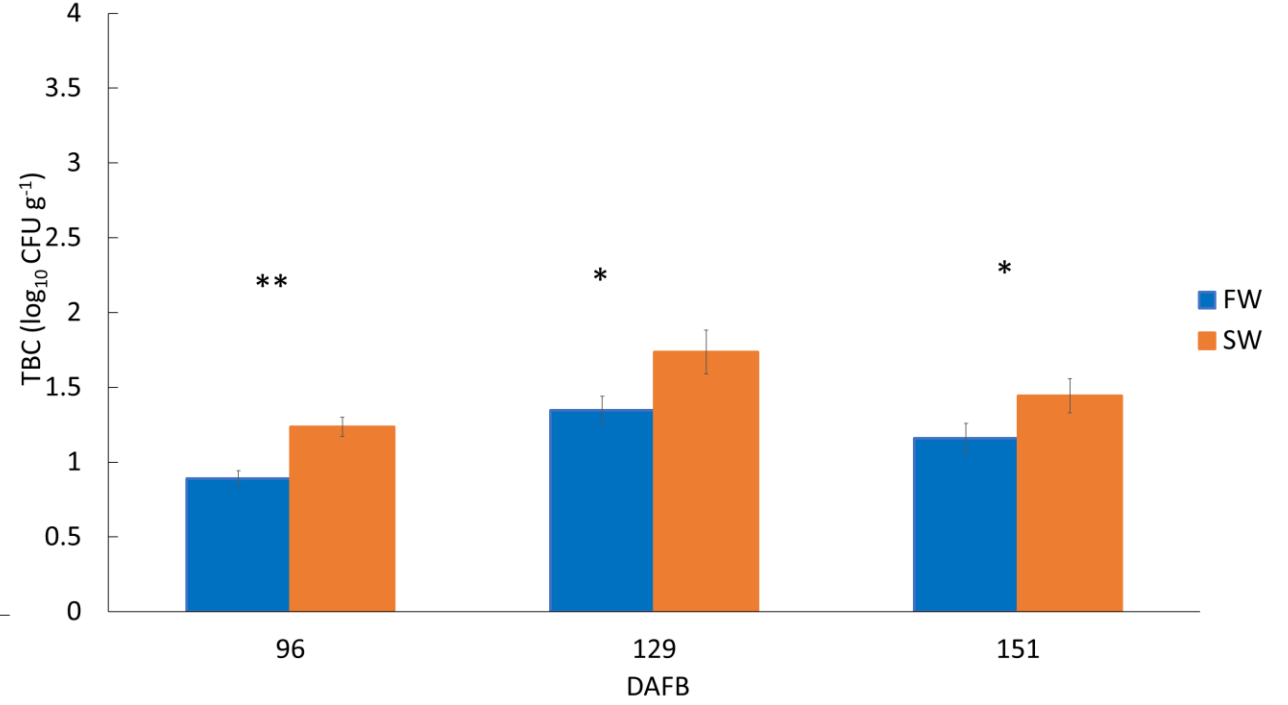
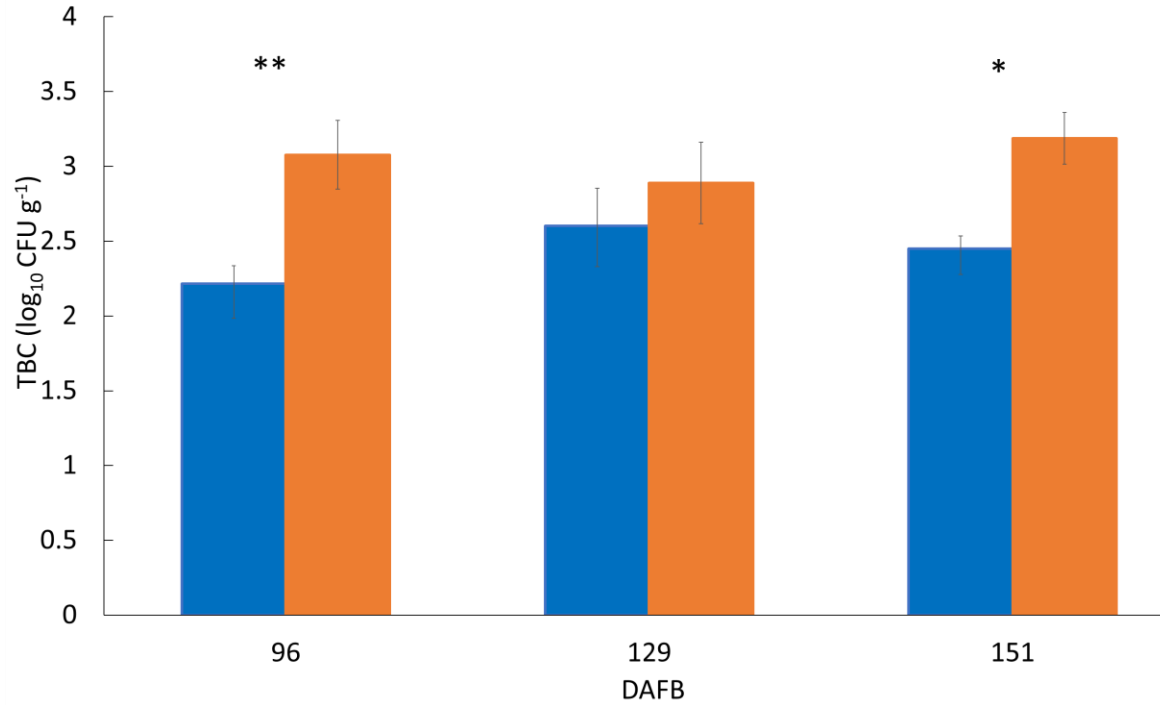


Carica Batterica Totale (pianta)



Germoglio 

Frutto 

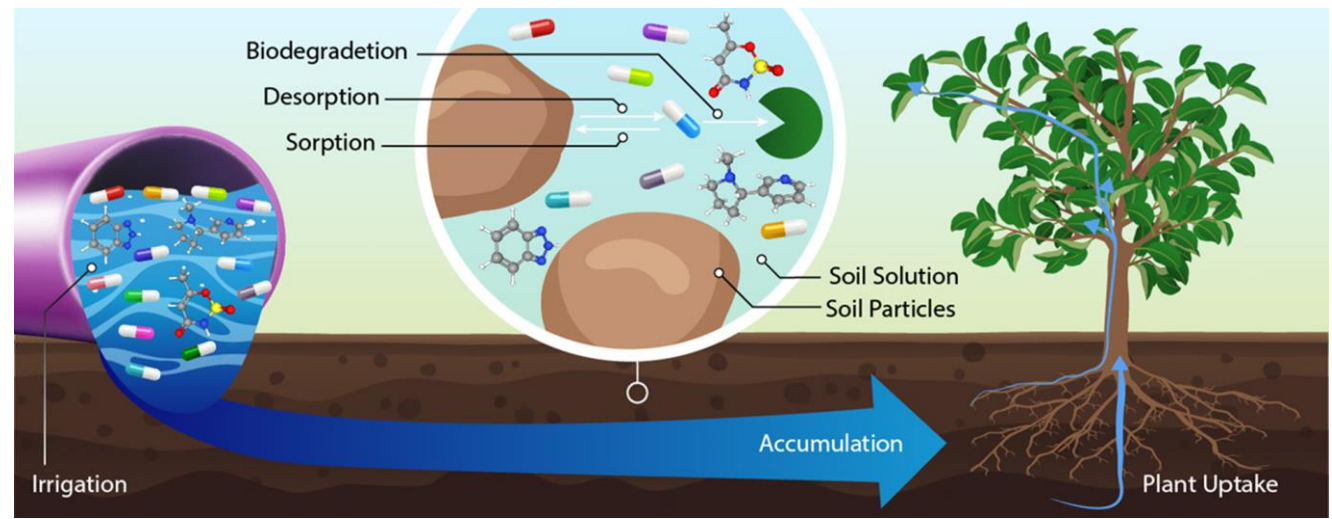


2 X

1 X

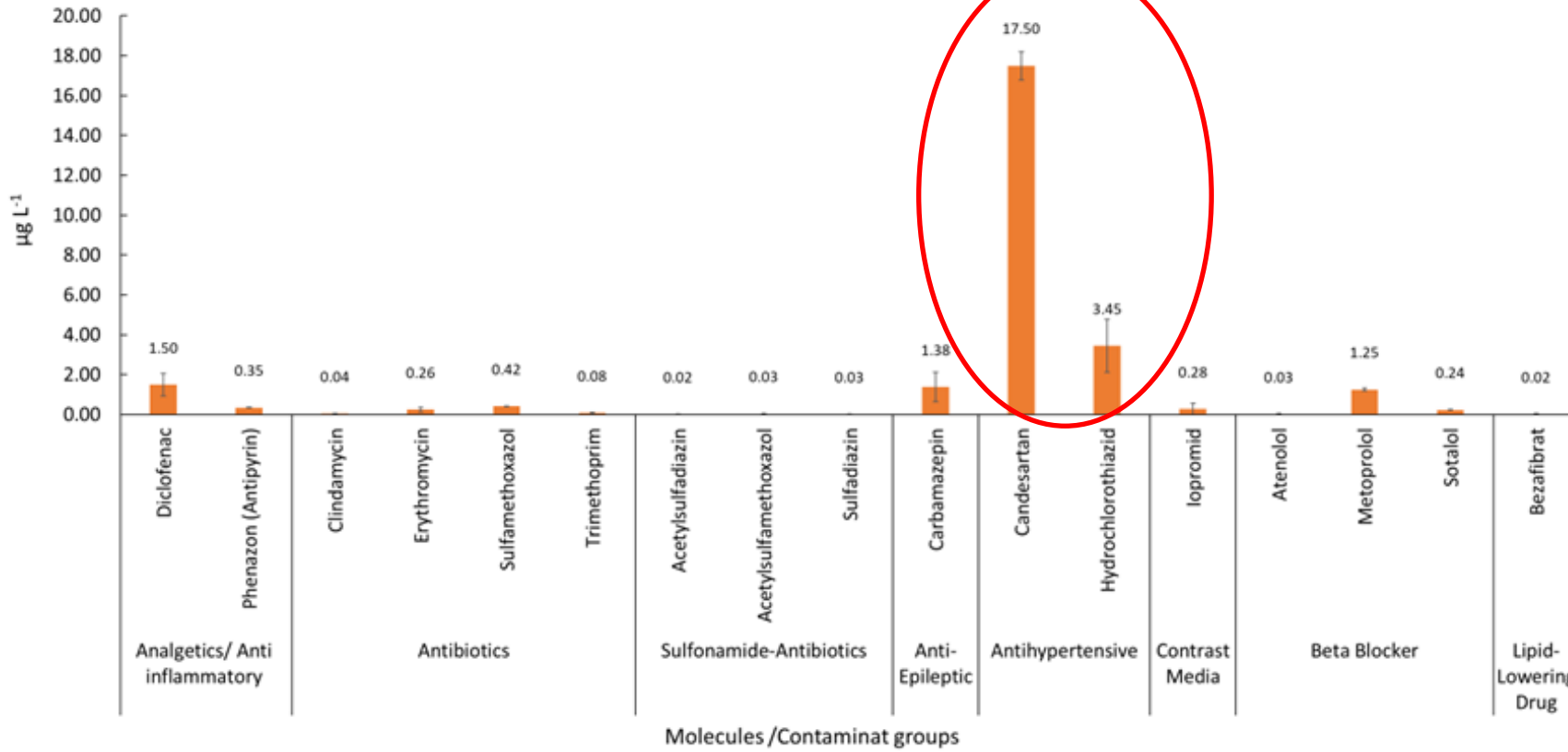


Contaminati emergenti



Contaminant groups	Specific molecules
Analgetic	Diclofenac, Fenoprofen, Ibuprofen, Antipyrin, Pentoxifylline
Antibiotics	Acetylsulfadiazin, Acetylsulfadimethoxin, Acetylsulfadimidin (-methazin), Acetylsulfamethoxazol, Acetylsulfathiazol, Acetylsulfadoxin, Acetylsulfamerazin, Amoxicillin, Ampicillin, Cefalexin, Chloramphenicol, Chlortetracyclin, Isochlortetracyclin, Clarithromycin, Clindamycin, Demeclocycline, Dicloxacillin, Doxycycline, Enrofloxacin, Erythromycin, Gentamicin, Imipenem, Meclocyclin, Trimethoprim, Metacyclin, Metronidazol, Oxytetracyclin, Penicillin, Ronidazole, Roxithromycin, Spectinomycin, Spiramycin, Sulfadiazin, Sulfadimethoxin, Sulfadimidin(-methazin), Sulfadoxin, Sulfamerazin, Sulfamethoxazol, Sulfathiazol, Tetracyclin, +4-Epitetracyclin, Thiamphenicol
Anti-epileptic	Carbamazepine
Antihypertensive	Candesartan, Hydrochlorothiazid
Beta-blocker	Atenolol, Metoprolol, Sotalol
Contrast media	Amidotrizoic acid, Iohexol, Iopromid, Iopamidol
Lipid-lowering drugs	Bezafibrat, Clofibrac acid
Benzodiazepines	Diazepam, Medazipam





Contaminati emergenti

Maggior parte dei CECs ritrovati a basse concentrazioni (< 2 µg/L)

CECs	TMWW (ng/g)	CTRL (ng/g)
Candesartan (CAN)	39.0	<10.0
Hydrochlorothiazid (HCT)	4.00	<10.0

Assenza di CECs nei tessuti fogliari



Considerazioni applicative

Qualità delle acque reflue impiegate

Nell'utilizzo di questa tipologia di risorse idriche saranno necessari accurati piani di **monitoraggio** e **gestionali** nel **medio-lungo** termine per:

- massimizzare gli **effetti positivi**
- ridurre eventuali **effetti avversi/problematiche** (es. salinizzazione, sodicizzazione suoli, CECs, patogeni a livello di suolo/pianta e salute umana)



Alternanza di fonti irrigue

Programmi di somministrazione dei nutrienti a livello aziendale

Infrastrutture per la distribuzione delle acque

Riuso = (acqua) x (suolo) x (specie_{portinnesto}) x ambiente



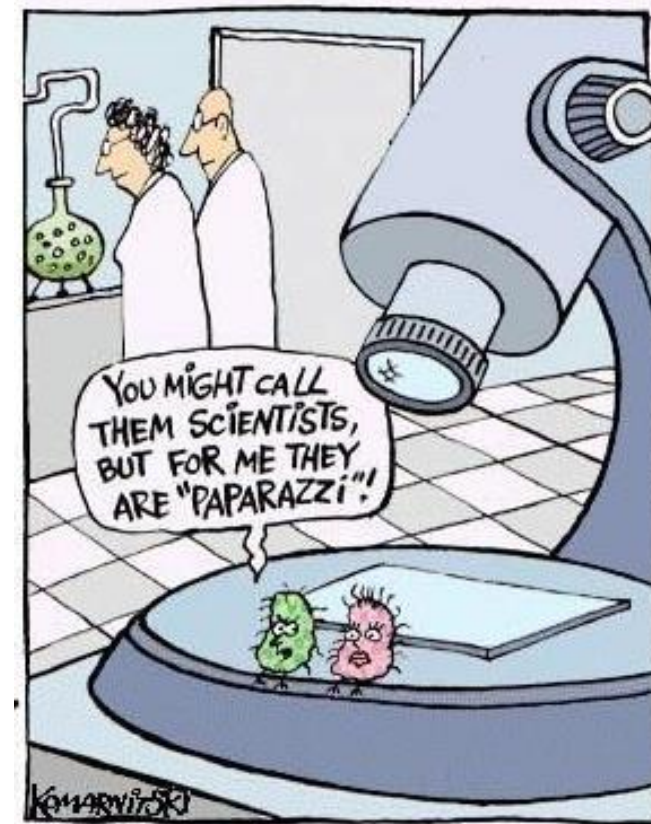


ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Credits:

Giulio Demetrio Perulli

giulio.perulli@unibo.it



OPENDISTAL
20 SETTEMBRE

www.unibo.it