

Un'emergenza sanitaria globale.
Lotta all'antibiotico resistenza nell'uomo
e negli animali da produzione alimentare.
Sinergia di azioni tra salute, ambiente,
area medica e veterinaria



Il monitoraggio dell'antimicrobico
resistenza in campo ambientale

Dott. Pierpaolo Piccone
Dirigente Biologo
ARPA Abruzzo – Distretto Provinciale di Teramo

P e s c a r a , 1 8 / 1 1 / 2 0 2 5

Antimicrobico-resistenza (AMR) ed ambiente

Il fenomeno dell'antimicrobico-resistenza in campo ambientale gioca un importante ruolo: **serbatoio** e **fonte** delle resistenze.

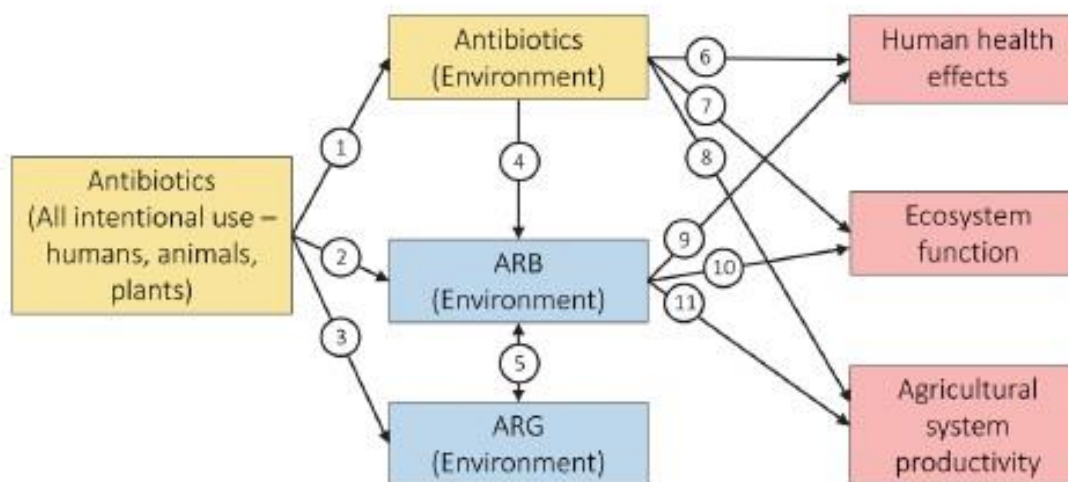
ANTIMICROBICI: farmaci largamente utilizzati per la cura di patologie dell'uomo, degli animali e, meno frequentemente, delle piante.

Dopo il loro utilizzo, i residui di antibiotici, i microrganismi resistenti ed i loro geni di resistenza sono introdotti nel suolo e nelle acque; esempi:

- concimazione dei terreni;
- acque di scarico;
- discariche;
- ...



Antimicrobico-resistenza (AMR) ed ambiente



Effetto dell'uso di antibiotici sugli ecosistemi

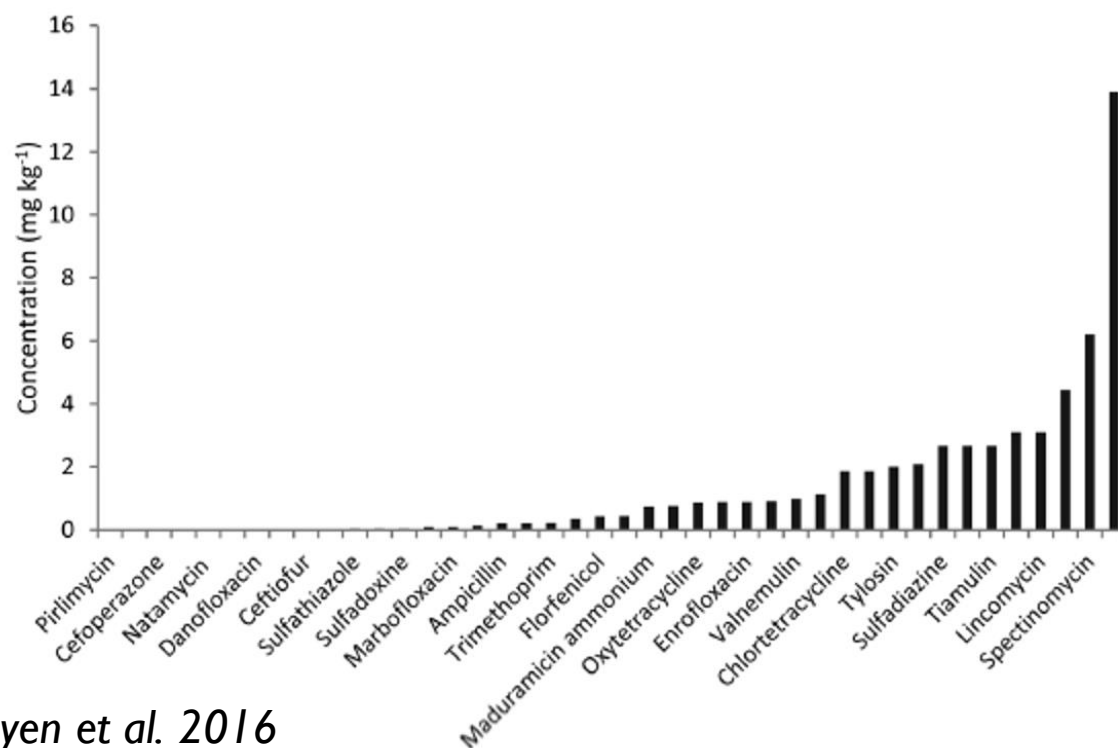
Negli ultimi 15 anni sono stati isolati da matrici ambientali un largo numero di antibiotici appartenenti a tutte le classi:

- **macrolidi:** eritromicina, tilmicosina, tilosina;
- **lincosamidi:** lincomicina;
- **sulfamidici:** sulfadiazina, sulfametazina, sulfametossazolo;
- **analoghi del tiamfenicolo:** cloramfenicolo, florfenicolo;
- **fluorochinoloni:** ciprofloxacina, enrofloxacina, norfloxacina;
- **tetracicline:** clortetraciclina; doxiciclina; ossitetraciclina; tetraciclina;
- **altre classi:** monensina, trimethoprim.

Sono quasi sempre noti i quantitativi di antibiotici venduti per uso veterinario, ma poco si conosce ancora della loro distribuzione spaziale e temporale negli ecosistemi, quando i liquami sono utilizzati in agricoltura per la concimazione.

Effetto dell'uso degli antibiotici sugli ecosistemi

MODELLI PREDITTIVI



Williams-Nguyen et al. 2016

Effetto dell'uso degli antibiotici sugli ecosistemi

Si basano sull'uso di algoritmi che prendono in considerazione:

- dose di somministrazione;
- massa media degli animali trattati;
- caratteristiche dell'animale;
- caratteristiche dei liquami prodotti;
- limiti di applicazione dei fertilizzanti nel suolo.

LIMITI DEI MODELLI:

- spesso non sono noti i tempi di emivita degli antibiotici nei liquami;
- non tengono in considerazione la formazione di prodotti di trasformazione della molecola madre



Dati sovrastimati

Effetto dell'uso degli antibiotici sulle resistenze in campo ambientale

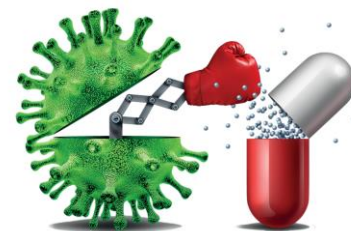
La distribuzione del letame è una pratica largamente utilizzata in agricoltura



Via di diffusione di antibiotici, batteri resistenti e geni di resistenza

Molti studi hanno dimostrato che suoli sottoposti a pratiche di fertilizzazione con letame mostrano un aumento transitorio di batteri resistenti e geni di resistenza (Jindal et al., 2006, Peak et al., 2007).

Analogamente, le acque superficiali che scorrono nei pressi di allevamenti intensivi hanno mostrato una concentrazione più elevata di geni di resistenza (Pruden et al., 2006).



Effetto dell'uso degli antibiotici sulle resistenze in campo ambientale

ACQUACOLTURA

Antibiotici somministrati attraverso diverse vie

- somministrazione attraverso l'alimentazione;
- somministrazione diretta nell'acqua;
- iniezione.



Incremento di batteri resistenti e geni di resistenza nei pesci allevati e nei sedimenti, ma i dati per supportare un effetto sugli ambienti circostanti sono inconsistenti (Muziasari et al., 2014; Shah et al., 2014).

Effetto dell'uso degli antibiotici sulle resistenze in campo ambientale

APPLICAZIONE DIRETTA SULLE COLTURE ARBOREE

Streptomicina, gentamicina ed ossitetraciclina sono largamente utilizzati in Europa, negli Stati Uniti ed in America latina nel campo dell'arboricoltura



Batteri resistenti sono stati isolati negli ambienti agricoli interessati, ma anche nei campi coltivati circostanti quando somministrati in spray (McManus, 2014).

È stata documentata la presenza di ceppi di *Erwinia amylovora* (patogeno delle piante) resistenti a streptomicina ed ossitetraciclina.

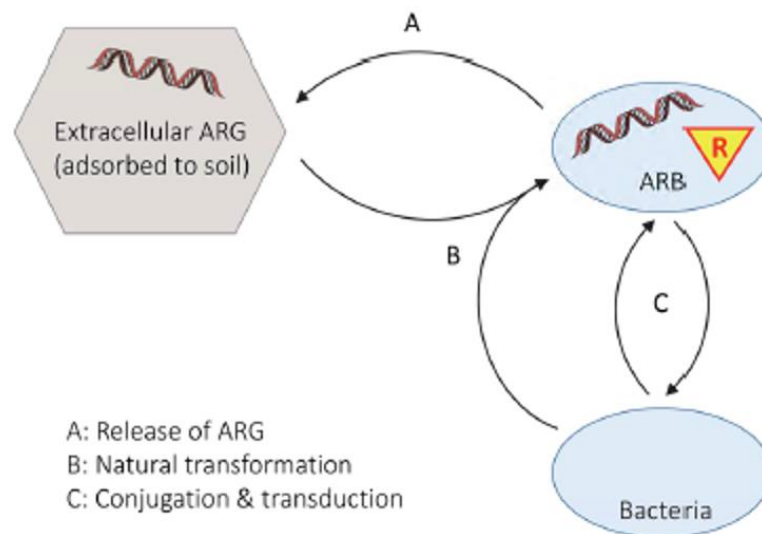
Efficacia di questi antibiotici potrà essere limitata nel futuro

Rapporto tra batteri resistenti e geni di resistenza

I batteri resistenti contengono geni di resistenza intracellulari che possono essere trasferiti ad altre cellule batteriche attraverso il **trasferimento genico orizzontale (HTG)**.

I batteri resistenti hanno un impatto diretto sulla salute umana, mentre i geni di resistenza hanno un impatto indiretto.

L'emivita del DNA extracellulare nel terreno può variare da mesi ad anni.



Effetti potenziali degli antibiotici presenti nell'ambiente

Come è possibile entrare a contatto con antibiotici presenti nell'ambiente?

1) Ingestione di alimenti o acqua contaminati

- molte piante sono in grado di assorbire antibiotici dal terreno contaminato (carote, cetrioli, lattuga, riso);
- antibiotici potenzialmente presenti nelle acque destinate al consumo umano (inclusi macrolidi, chinoloni, sulfamidi);
- antibiotici potenzialmente presenti negli alimenti di origine animale (carne, uova, miele, latte);

2) Inalazione di particolato contaminato

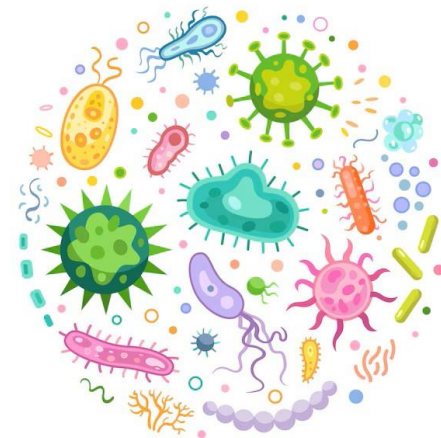
- antibiotici isolati da polveri presenti all'interno di allevamenti (possono essere trasportati a lunghe distanze).

Effetti potenziali degli antibiotici presenti nell'ambiente

Generalmente l'esposizione tramite queste vie porta all'assunzione di quantità molto lontane dalle dosi giornaliere accettabili (ADI)

MA

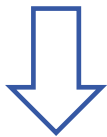
Alcuni studi hanno dimostrato che nei mammiferi l'effetto dell'esposizione cronica a basse dosi di antibiotici «di origine ambientale» può favorire lo sviluppo di resistenze nel microbioma intestinale.



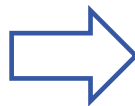
Effetti potenziali degli antibiotici presenti nell'ambiente

EFFETTI SULL'ECOSISTEMA

ANTIBIOTICO



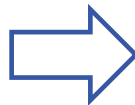
Modifiche al microbioma
del suolo



Modifiche alle caratteristiche del terreno:

- riduzione del ferro;
- mineralizzazione dell'azoto;
- nitrificazione;
- capacità di degradazione delle sostanze di origine antropica.

Effetti sull'ambiente
acquatico



- alghe e cianobatteri sono estremamente sensibili agli antibiotici;
- blando effetto sui pesci;
- pochi dati sulla fauna selvatica.

Effetti potenziali degli antibiotici presenti nell'ambiente

EFFETTI SULL'AGRICOLTURA

Sono noti i benefici apportati dall'uso di antibiotici nella crescita delle colture (prevenzione e trattamento delle infestazioni batteriche e fungine, promozione della crescita,...).

I microrganismi, però, svolgono importanti funzioni nel terreno, legate alla decomposizione:

- apporto di sostanze organiche alle piante (es.: amminoacidi);
- apporto di sostanze inorganiche alle piante (es.: ammonio, nitrati);
- formazione di gas, che regola la struttura del suolo.

La loro inibizione da parte degli antibiotici può compromettere l'apporto di sostanze azotate alle piante.

Effetti potenziali delle resistenze in campo ambientale

EFFETTI SULLA SALUTE UMANA

Sono scarsi in letteratura i dati sulla correlazione delle resistenze in campo ambientale con quelle in campo sanitario, in particolare sui meccanismi con cui avviene la trasmissione.

Svolti studi su sottopopolazioni più esposti, come i lavoratori agricoli (contatto prolungato con animali da allevamento, campi coltivate ed acque superficiali utilizzate per irrigazione): basso rischio.

In altri studi è stata mostrata una correlazione tra ceppi di E. coli ed Enterobatteri isolati da animali da allevamento ed allevatori.

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Officina Ambiente – *Scuola di formazione Arpa Abruzzo*



Le attività svolte da ARPA Abruzzo

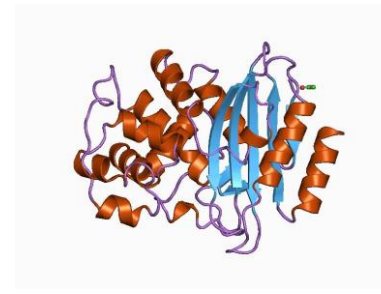
Obiettivo dei progetti

Scarsi dati in letteratura sulle resistenze batteriche nei corpi idrici superficiali

Obiettivo: caratterizzazione dei corpi idrici della Regione Abruzzo dal punto di vista delle resistenze batteriche.

Batteri target: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*

Metodi: conteggio delle colonie di *E. coli*, *E. coli* **ESBL** e studio della presenza/assenza di *K. pneumoniae*.

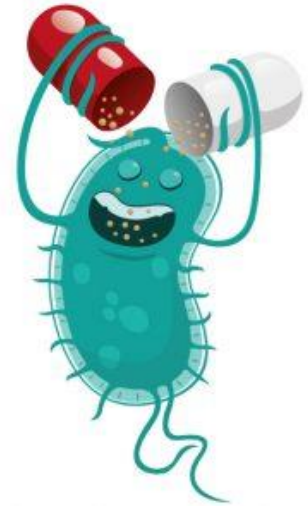


Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Obiettivo dei progetti

PATOGENI «ESKAPE»

Enterococcus faecium,
Staphylococcus aureus,
Klebsiella pneumoniae,
Acinetobacter baumannii,
Pseudomonas aeruginosa
Enterobacter spp.



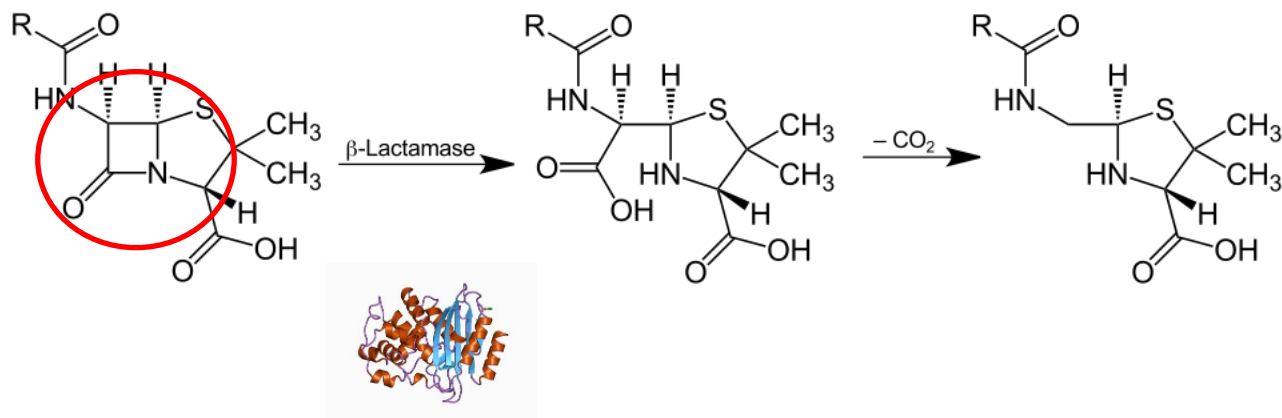
Sono i principali patogeni resistenti agli antibiotici, noti con l'acronimo **ESKAPE**.

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Escherichia coli ESBL

Colonie che hanno acquisito la capacità di produrre β -lattamasi, enzimi in grado di idrolizzare la struttura di alcune classi di antibiotici, (β -lattamici) rendendoli inefficaci.

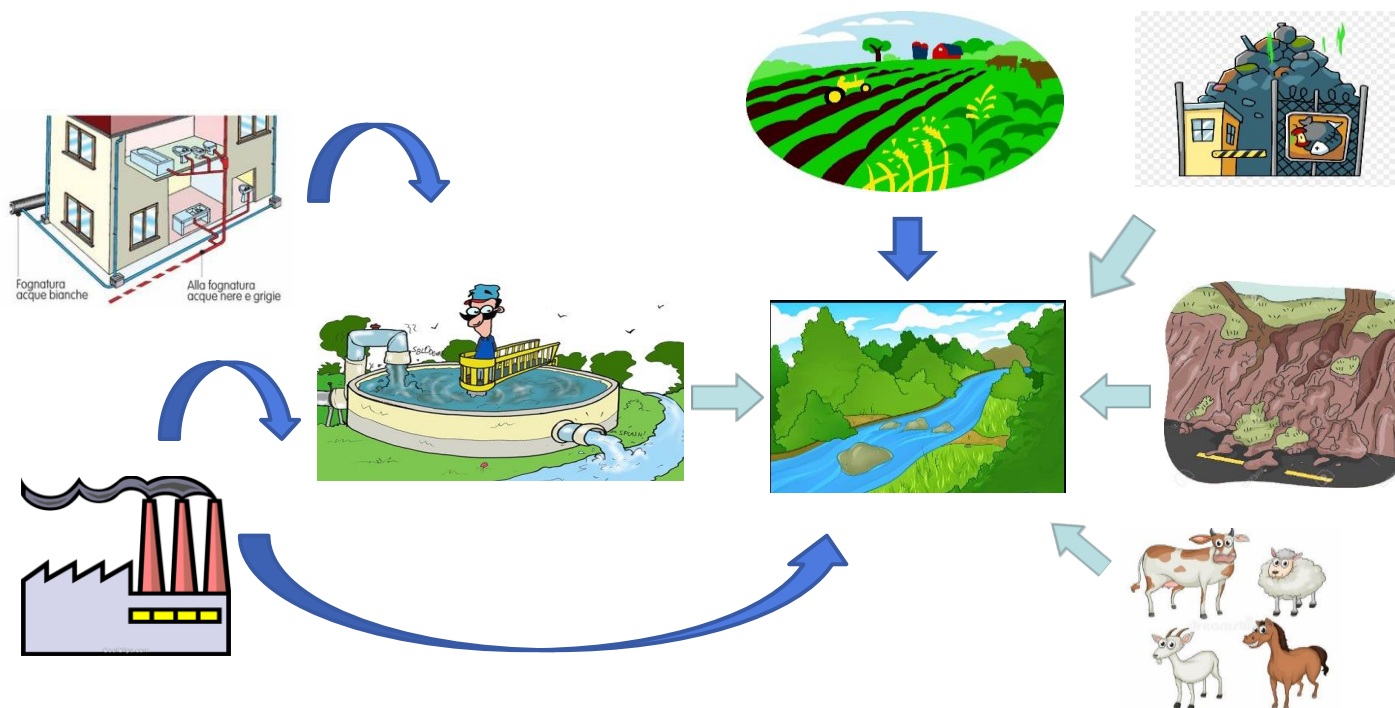
β -lattamici: penicilline, cefalosporine



Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Monitoraggio delle resistenze batteriche su campioni di acque superficiali

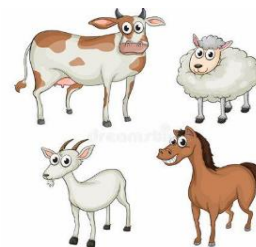
Le acque superficiali costituiscono, nella stragrande maggioranza dei casi, il punto di immissione dei reflui urbani ed industriali, ma non solo...



Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Criteri adottati per la scelta delle stazioni di campionamento

- stazioni di campionamento utilizzate per il monitoraggio ambientale dello stato chimico ed ecologico (attività istituzionale di ARPA);
- individuazione degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane che accolgono le acque di scarico provenienti dai principali luoghi di cura presenti sul territorio;
- individuazione delle principali aziende zootecniche presenti sul territorio (provincia di Teramo).



Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Criteri adottati per la scelta delle stazioni di campionamento

2 progetti:

- 1) «Progetto One Health di contrasto all'antibiotico-resistenza e alle infezioni correlate all'assistenza nell'ambito umano, animale e ambientale»
- 2) «Progetto MonitorAMR»



Officina Ambiente – Scuola di formazione Arpa Abruzzo

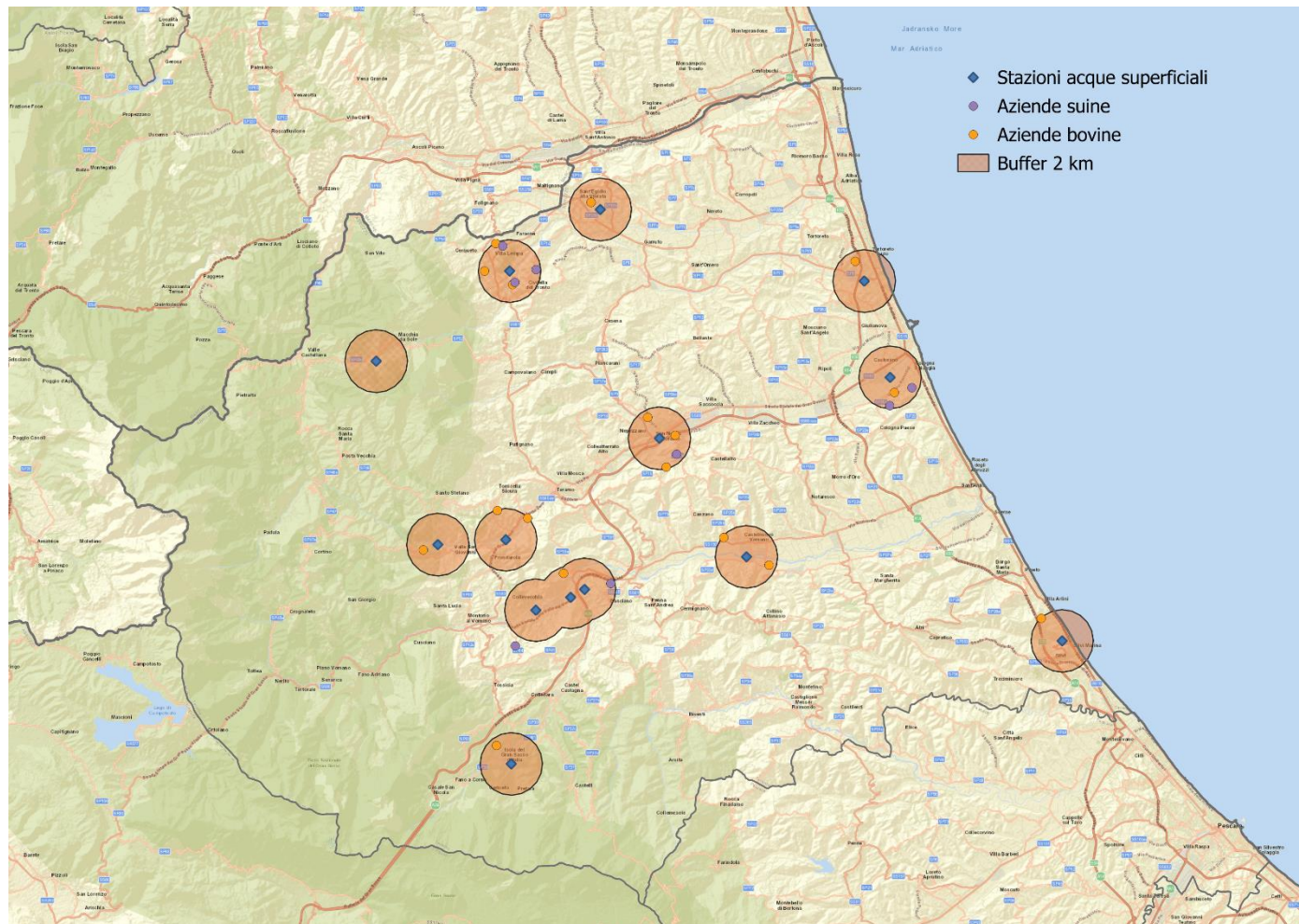


Le attività svolte da ARPA Abruzzo



Officina Ambiente – Scuola di formazione Arpa Abruzzo

Le attività svolte da ARPA Abruzzo



Progetto
MonitorAMR

Officina Ambiente – Scuola di formazione Arpa Abruzzo

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Stazioni di campionamento

Provincia	Corpo idrico	Stazione	Progetto
Teramo	CI_Vibrata_2	R1301VB1bis	MonitorAMR
	CI_Vibrata_3	R1301VB2bis	One Health
	CI_Salinello_1	R1302SL1	MonitorAMR
	CI_Salinello_2	R1302SL3	MonitorAMR
	CI_Salinello_2	R1302SL7	MonitorAMR
	CI_Tordino_2	R1303TD2	MonitorAMR
	CI_Tordino_3	R1303TD4	MonitorAMR
	CI_Tordino_4	R1303TD6	One Health
	CI_Tordino_5	R1303TD9	One Health/MonitorAMR
	CI_Fiumicino_1	R1303FI1	MonitorAMR
	CI_Mavone_2	R1304MA18	MonitorAMR
	CI_Ruzzo_1	R1304RU1	MonitorAMR
	CI_Vomano_3	R1304VM5	MonitorAMR
	CI_Vomano_4	R1304VM5bis	MonitorAMR
	CI_Vomano_5	R1304VM6	MonitorAMR
	CI_Cerrano_1	R1315CRI	One Health/MonitorAMR
	CI_Piomba_1	R1305PM1	MonitorAMR

Provincia	Corpo idrico	Stazione	Progetto
Pescara	CI_Pescara_4	R1307PE26	One Health
Chieti	CI_Feltrino_2	R1312FL2A	One Health
	Fosso dell'Opera	FOSSOP	One Health
L'Aquila	CI_Aterno_2	R1307AT9	One Health
	CI_Liri_2	N005LR7	One Health

22 stazioni di monitoraggio:

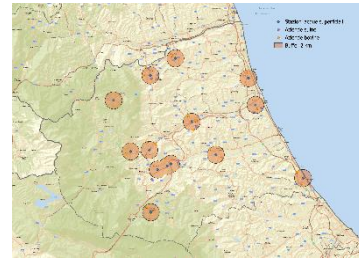
- 17 in provincia di Teramo
- 1 in provincia di Pescara
- 2 in provincia di Chieti
- 2 in provincia di L'Aquila

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Ripartizione delle attività

1) Studio preliminare

Regione Abruzzo
ARPA Abruzzo
IZS



2) Attività di campionamento

ARPA Abruzzo



3) Attività di laboratorio

IZS



Officina Ambiente – *Scuola di formazione Arpa Abruzzo*

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Metodo di campionamento

Istruzione operativa ARPA IO 02 04

- minimizzare le possibili contaminazioni;
- evitare l'ingresso di sedimenti.

1) Raccolta del campione

Il campione viene raccolto all'interno di un contenitore sterile dal volume di **1000 ml** per mezzo di un'asta telescopica.

2) Redazione del verbale di campionamento

3) Trasporto del campione a temperatura controllata

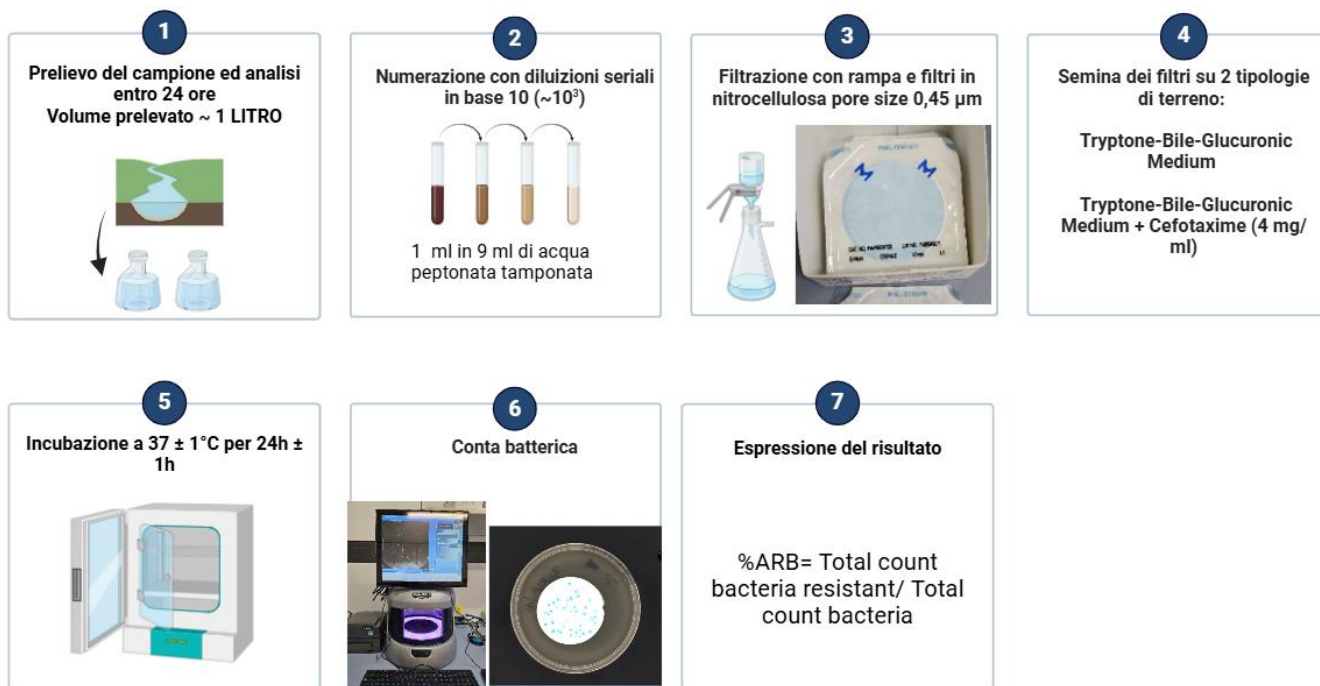
4) Consegna presso IZS per le successive determinazioni



Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Metodo di analisi

Attività svolte presso i laboratori dell'IZSAM



Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Torrente Vibrata

Punto di prelievo	RI30IVB1bis			
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae
07/04/2025	800	0	0,0	+
02/07/2025	140	21	15,0	+
07/10/2025	150	0	0,0	+

Punto di prelievo	RI30IVB2bis			
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae
16/05/2024	130	3	2,3	+
18/07/2024	490	0	0,0	+
20/11/2024	290	0	0,0	-
20/01/2025	80	15	18,8	+
07/04/2025	2100	19	0,9	-
02/07/2025	77	0	0,0	+
07/10/2025	47	0	0,0	+

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Torrente Salinello

Punto di prelievo	R1302SL1				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
03/09/2025	8	0	0,0	-	
04/06/2025	27	0	0,0	-	

Punto di prelievo	R1302SL3				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
03/09/2025	8	0	0,0	-	
04/06/2025	27	0	0,0	-	
07/10/2025	76	0	0,0	-	

Punto di prelievo	R1302SL7				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
07/04/2025	160	0	0,0	+	
02/07/2025	78	0	0,0	+	
07/10/2025	40	0	0,0	+	

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Fiume Tordino

Punto di prelievo	RI303FII				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività	ESBL	Presenza K. pneumoniae
16/04/2025	700	0	0,0		-
02/07/2025	90	0	0,0		+
07/10/2025	10	0	0,0		-

Punto di prelievo	RI303TD2				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività	ESBL	Presenza K. pneumoniae
04/06/2025	57	0	0,0		-
09/07/2025	11	0	0,0		-

Punto di prelievo	RI303TD4				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività	ESBL	Presenza K. pneumoniae
16/04/2025	500	1	0,2		-
09/07/2025	70	0	0,0		-

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Fiume Tordino

Punto di prelievo	R1303TD6				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
11/04/2024	700	200	28,6	-	
04/09/2024	1600	22	1,4	+	
06/11/2024	1400	30	2,1	-	
30/01/2025	1200	11	0,9	-	
16/04/2025	780	10	1,3	+	
28/07/2025	100	11	11,0	-	

Punto di prelievo	R1303TD9				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
11/04/2024	700	0	0,0	-	
04/09/2024	540	40	7,4	+	
06/11/2024	530	0	0,0	-	
30/01/2025	1600	48	3,0	-	
17/06/2025	250	0	0,0	-	
28/07/2025	210	29	13,8	-	

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Fiume Vomano

Punto di prelievo	R1304MAI8				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
07/05/25	200	2	1,0	+	
27/08/25	62	2	3,2	-	

Punto di prelievo	R1304RUI				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
23/06/25	7900	100	1,3	-	
16/09/25	640	120	18,8	-	

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Fiume Vomano

Punto di prelievo	RI304VM5				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
07/05/25	1600	15	0,9	+	
23/07/25	290	0	0,0	+	
16/10/25	80	0	0,0	-	

Punto di prelievo	RI304VM5BIS				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
07/05/25	1200	11	0,9	-	
23/07/25	33	0	0,0	+	
16/10/25	140	0	0,0	+	

Punto di prelievo	RI304VM6				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
07/05/25	1100	3	0,3	+	
23/07/25	31	2	6,5	+	
16/10/25	220	0	0,0	-	

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Torrente Cerrano

Punto di prelievo	R1315CRI			
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae
30/05/24	1600	16	1,0	+
11/09/24	13000	10	0,1	+
12/11/24	590	15	2,5	+
11/02/25	690	12	1,7	+
20/05/25	70	19	27,1	-
28/07/25	710	60	8,5	-

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Fiume Aterno-Pescara

Punto di prelievo	RI307AT9				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività	ESBL	Presenza K. pneumoniae
22/04/24	0	0	0	0	-
28/08/24	5100	140	2,7	2,7	+
25/11/24	46000	57	0,1	0,1	+
12/02/25	2000	90	4,5	4,5	+
06/06/25	28	0	0,0	0,0	+
21/07/25	25	1	4,0	4,0	-
28/10/25	410	20	4,9	4,9	-

Punto di prelievo	RI307PE26				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività	ESBL	Presenza K. pneumoniae
26/09/24	6000	180	3,0	3,0	+
11/12/24	1900	120	6,3	6,3	+
18/02/25	13000	270	2,1	2,1	-
14/05/25	6000	1600	26,7	26,7	-
22/07/25	32	15	46,9	46,9	-

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Bacino idrico del Torrente Feltrino

Punto di prelievo	R1312FL2A			
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae
26/09/24	18000	480	2,7	-
11/12/24	13000	200	1,5	+
18/02/25	10000	580	5,8	-
14/05/25	11000	360	3,3	-
22/07/25	540	0	0,0	+

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Risultati: % E. coli ESBL

Fosso dell'Opera

Punto di prelievo	FOSSOP				
Data prelievo	E.coli (UFC/100 ml)	E. coli ESBL (UFC/100 ml)	% positività ESBL	Presenza K. pneumoniae	
17/04/24	9400	4500	47,9	-	
23/05/24	7200	420	5,8	-	
26/06/24	1300	40	3,1	-	
11/09/24	36000	1800	5,0	+	
05/11/24	270	9	3,3	+	
06/02/25	320	80	25,0	-	
06/05/25	1500	70	4,7	-	
31/07/25	2800	120	4,3	+	
20/10/25	360	10	2,8	-	

Le attività svolte da ARPA Abruzzo

Analisi dei dati

- minore presenza di *E. coli* ESBL registrata sul Torrente Salinello (da monte a valle);
- in generale, maggiori impatti registrati nelle stazioni di campionamento prossime alla costa;
- le percentuali di resistenza finora esaminate sono **inferiori al 10%** (esclusi casi in cui sono state isolate meno di 1000 UFC/100 ml)
- presenza di *E. coli* ESBL maggiore nelle stazioni di campionamento poste a valle di impianti di depurazione che accolgono reflui ospedalieri.

Prospettive future

- necessità nel proseguire il monitoraggio per l'acquisizione di ulteriori dati;
- valutazione di possibili valori soglia di contaminazione nelle cariche di *E. coli* da sottoporre ad analisi di resistenza (proposta ARPA Piemonte di 1000 UFC/100 ml);
- estensione delle indagini ad altre matrici ambientali come le acque di mare.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!