

# Un impianto di trattamento avanzato per la minimizzazione dei fanghi e il recupero delle acque reflue

*Claudio Di Iaconi*

CNR, Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA), Bari



ORGANIZZATO DA

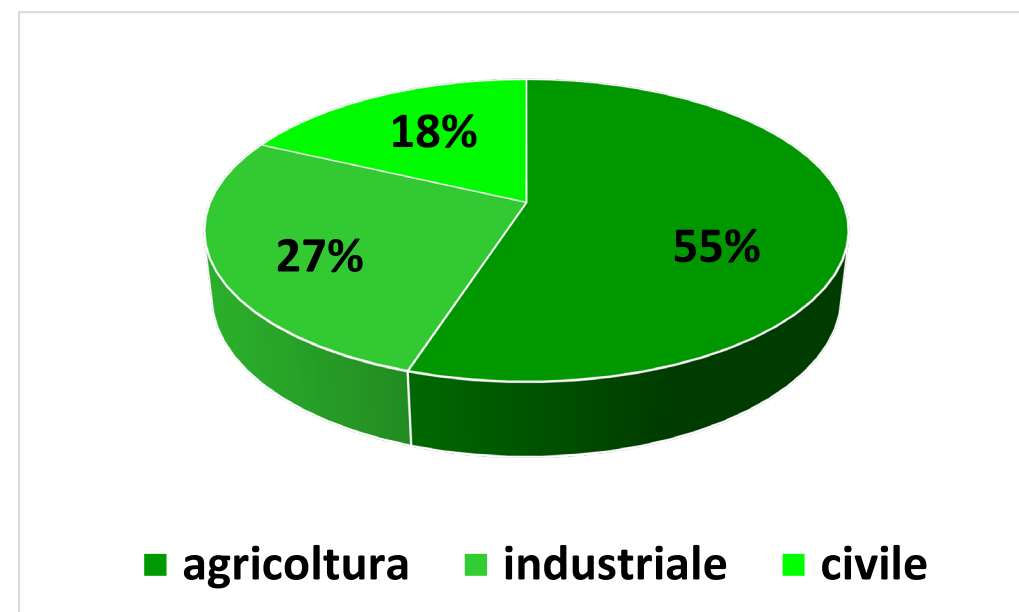


**Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024**

IN COLLABORAZIONE CON

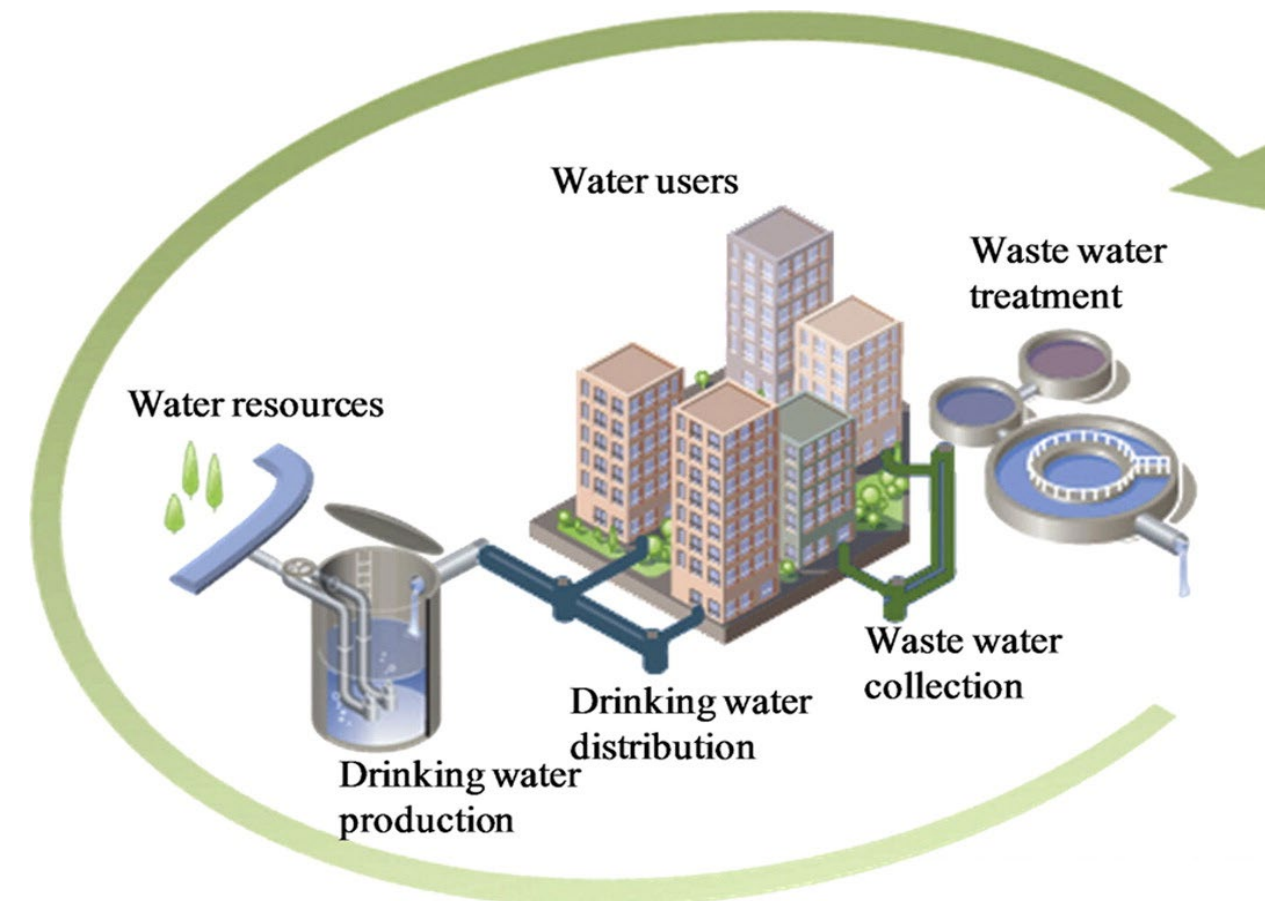


Consumati circa 26 miliardi di metri cubi di acqua dolce annui (a fronte di un prelievo di 33 miliardi)

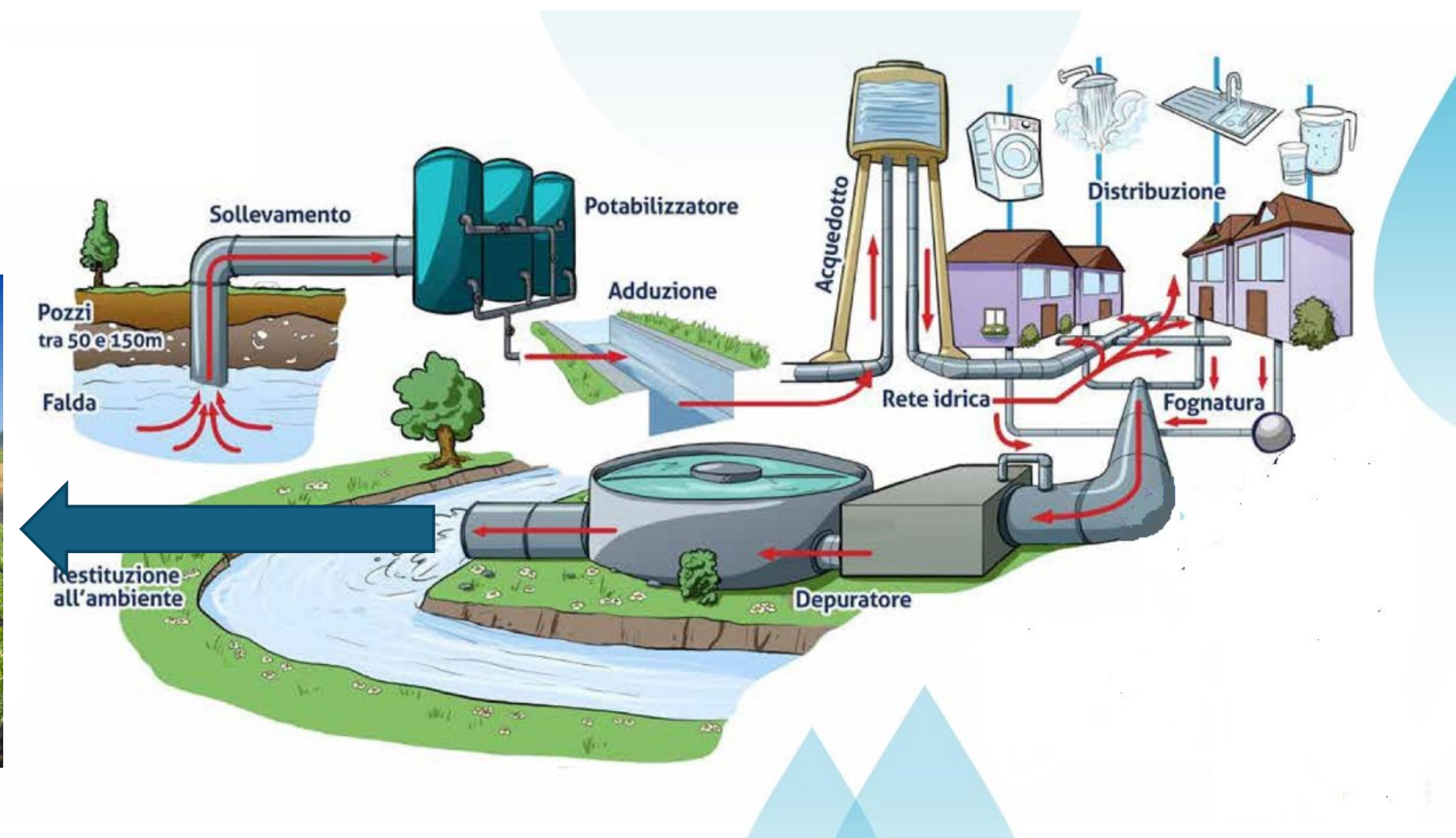


circa 7 miliardi di m<sup>3</sup> di effluenti dai depuratori ogni anno

Verso un modello di economia circolare che minimizzi la captazione di acque dolci ricorrendo a sorgenti non convenzionali





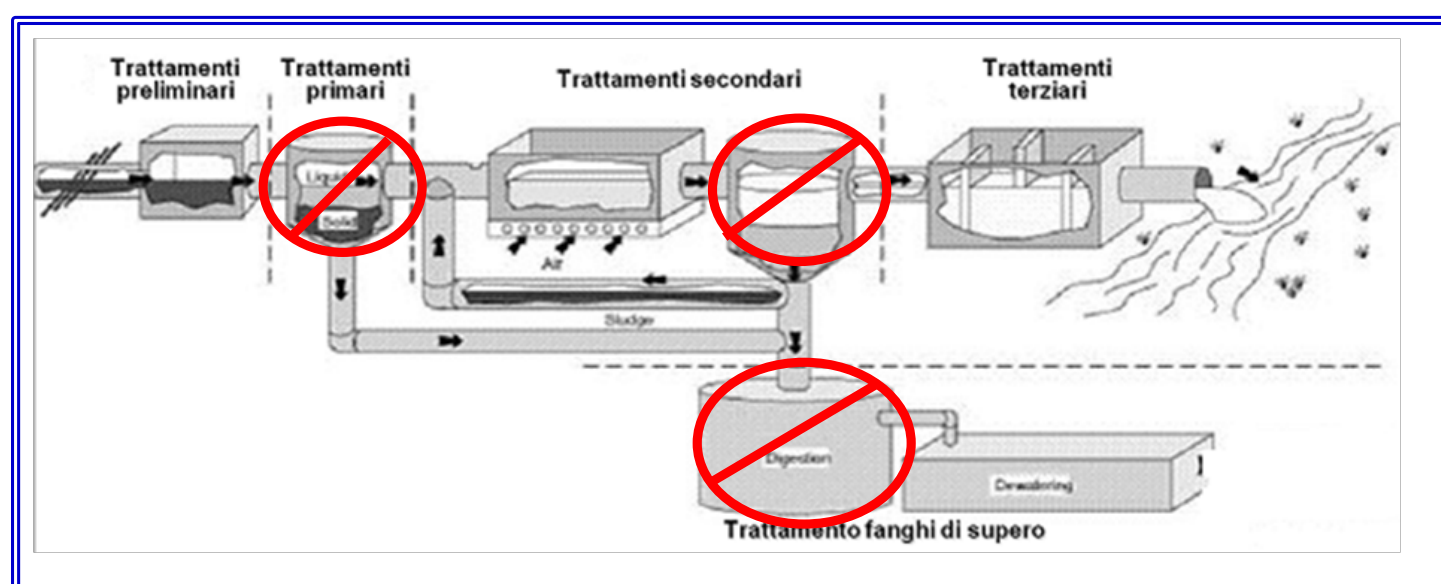


**In Italia, meno del 10% degli effluenti dei depuratori viene però riutilizzato direttamente a causa di vari fattori quali limiti normativi, tecnologici, infrastrutturali, culturali ed economici.**



Il CNR-IRSA e l'azienda CISA hanno sviluppato l'impianto MULESL (MUuch LEss SLudge; WO 2019/097463) che è in grado di:

- ridurre (prevenire) la produzione di fanghi (fino al 80%).
- semplificare lo schema di depurazione.
- produrre un effluente di elevata qualità anche ai fini di un suo riutilizzo.
- rimuovere anche gli inquinanti emergenti (farmaci e prodotti per l'igiene).
- ridurre l'impatto odorigeno del 45%.
- ridurre i costi di trattamento.



ORGANIZZATO DA



Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

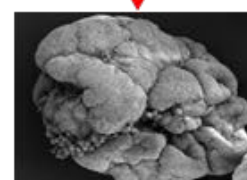
IN COLLABORAZIONE CON



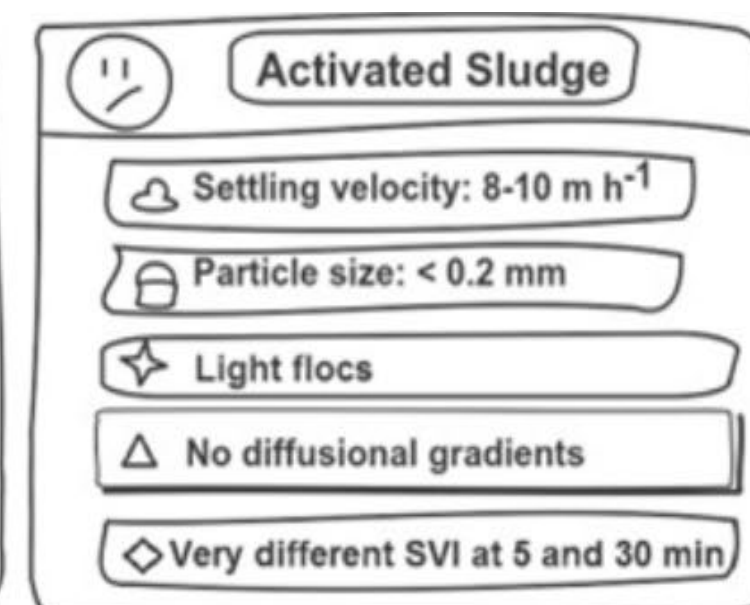
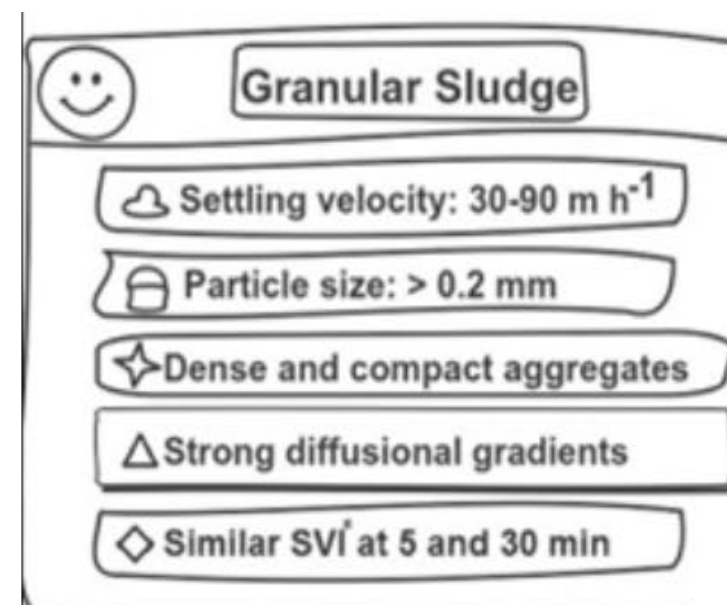
L'impianto MULESL utilizza una particolare architettura di specie microbiche (biomassa granulare immobilizzata), messa a punto dai ricercatori del CNR dopo anni di studi di laboratorio, che rende il sistema unico nel suo genere.

Grazie a tale architettura è possibile alterare le "abitudini" (ovvero il metabolismo) dei batteri comunemente presenti nei depuratori limitando la produzione di residui solidi.

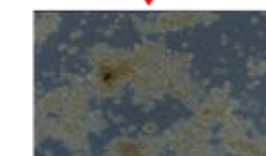
- Elevata età del fango (> 300 d).
- Biomassa ad elevata idrofobicità.
- Elevati tassi di uptake.



(1000 x)



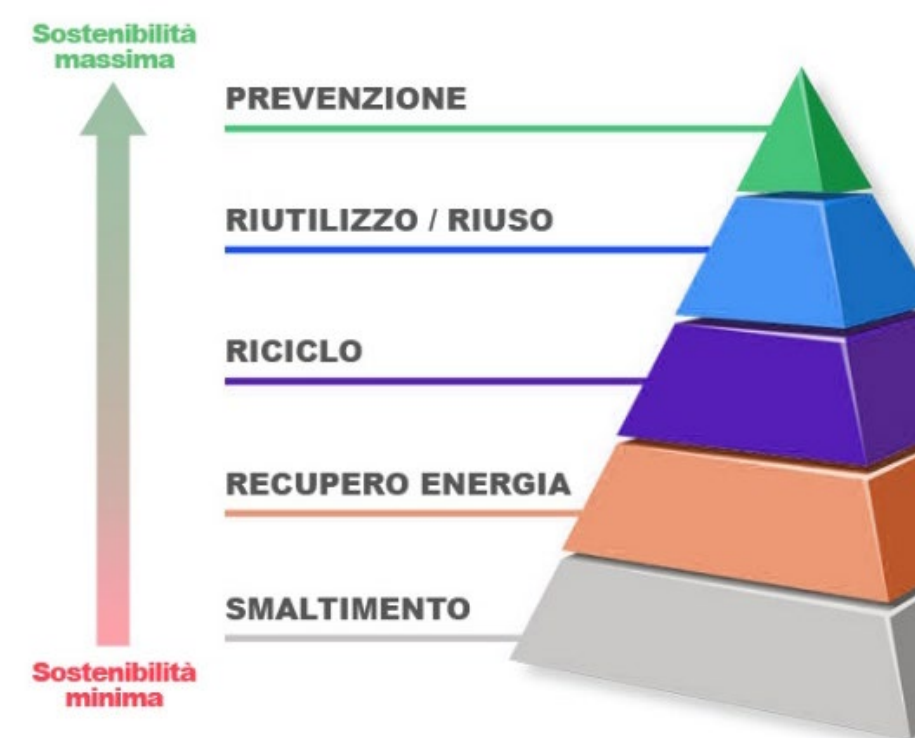
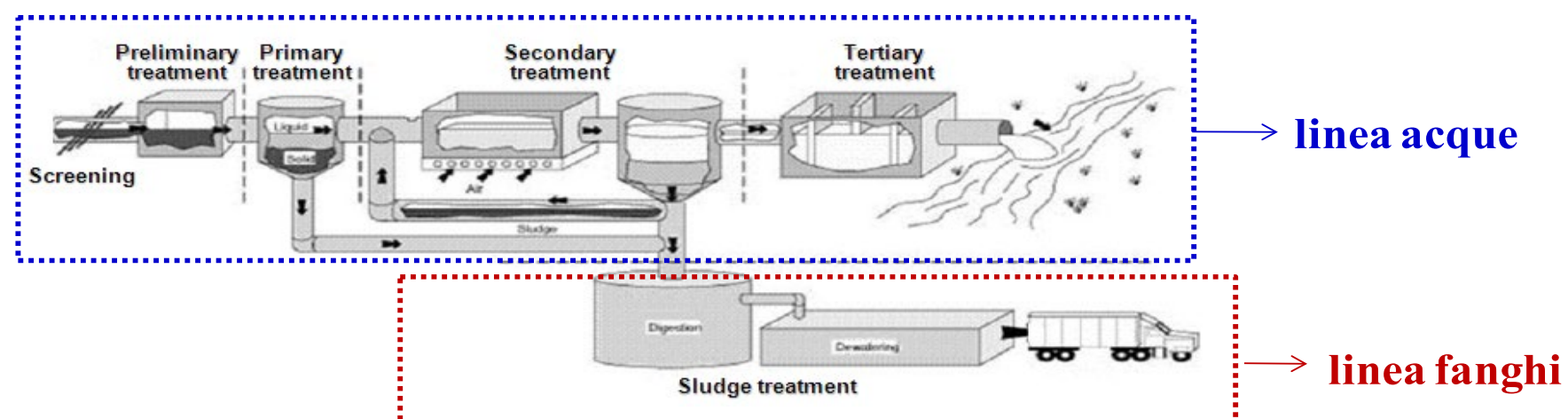
<sup>\*</sup>SVI: Sludge Volumetric Index



(1000 x)

Le tecnologie per la riduzione della produzione fanghi possono essere classificate sulla base del punto del depuratore dove essere agiscono:

- Tecnologie per la linea acque ("a monte" o di «prevenzione»)
- Tecnologie per la linea fanghi ("a valle")



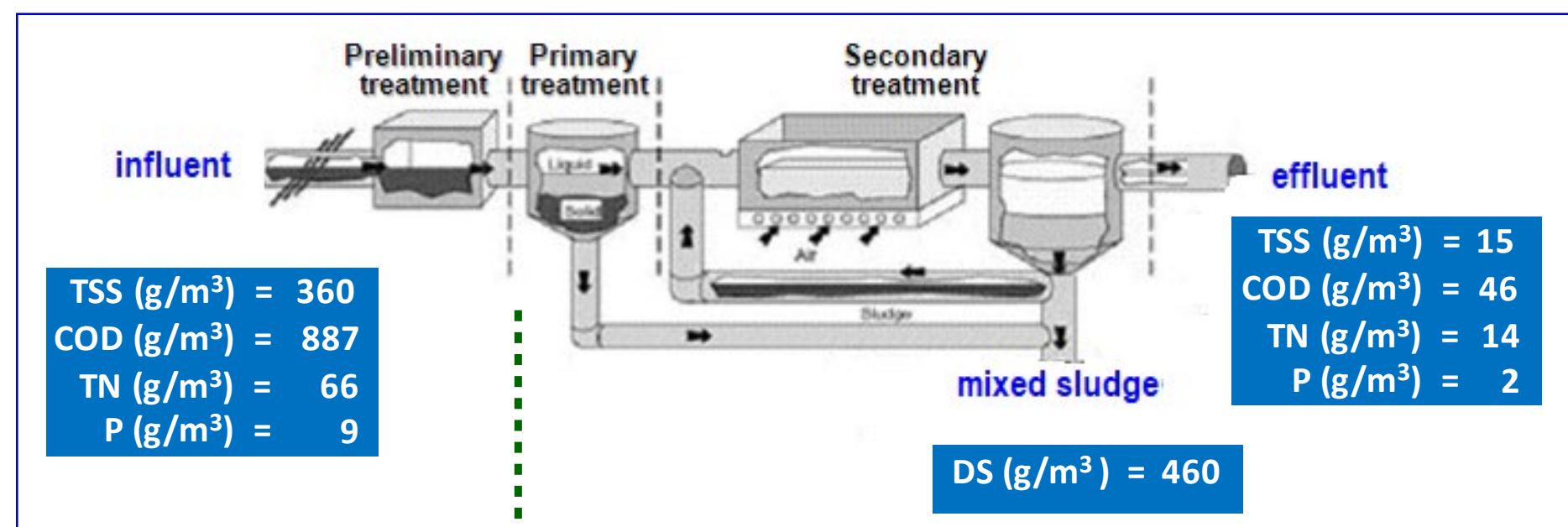




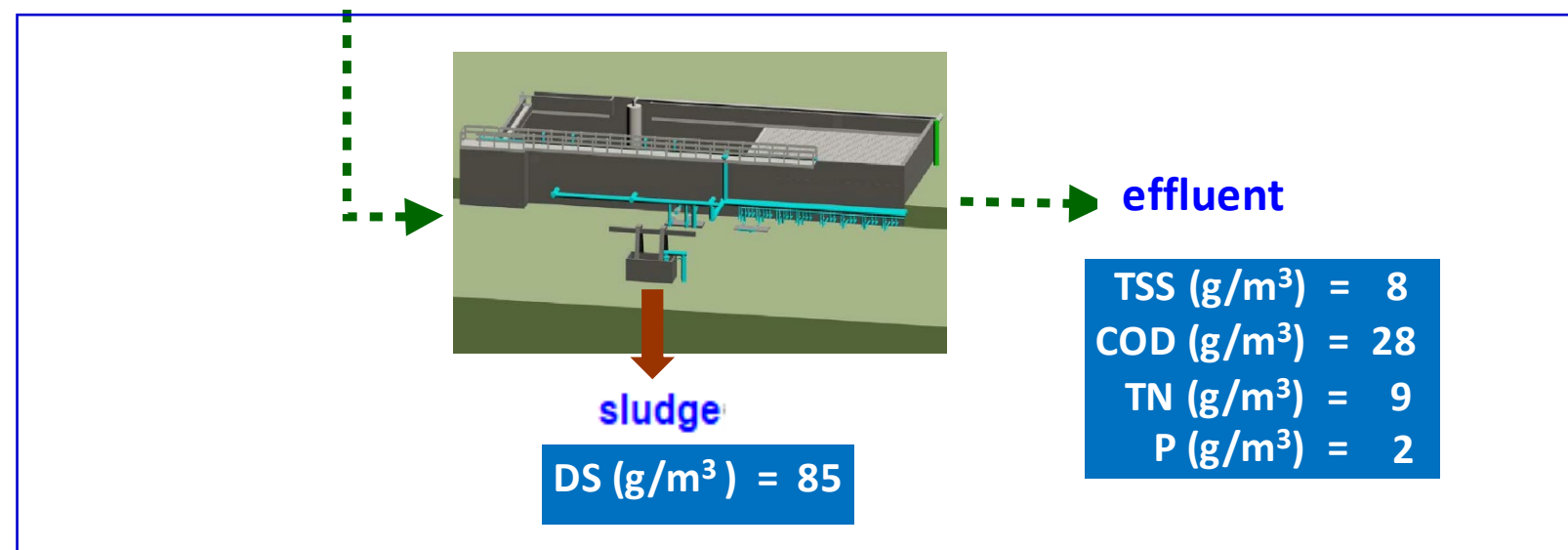
- ✓ **Capacità di trattamento: circa 2.000 abitanti equivalenti**
- ✓ **Funzionamento continuativo da oltre 4 anni (primo avvio nel 2018)**

## MULESL vs TRADIZIONALE (in termini di rimozione di inquinanti convenzionali)

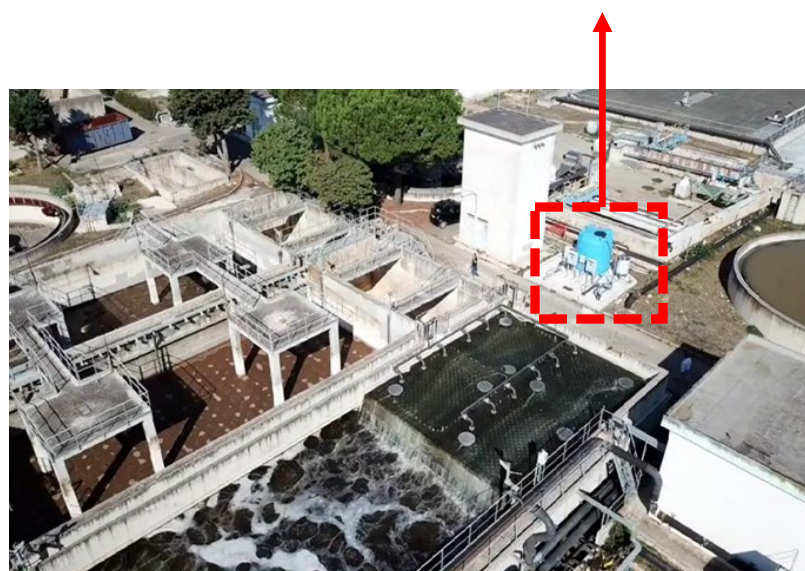
### LINEA ACQUE TRADIZIONALE



### IMPIANTO MULESL







COD (mg/L)	887
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	389
SST (mg/L)	355
NH <sub>3</sub> (mg N/L)	47
TN (mg/L)	69
P (mg/L)	9
E. coli (MPN/100 mL)	$3,6 \cdot 10^7$

**Trattamenti preliminari  
(grigliatura e dissabatura)**

COD (mg/L)	28
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	8
SST (mg/L)	8
NH <sub>3</sub> (mg N/L)	0
TN (mg/L)	9
P (mg/L)	2
E. coli (MPN/100 mL)	$2 \cdot 10^4$

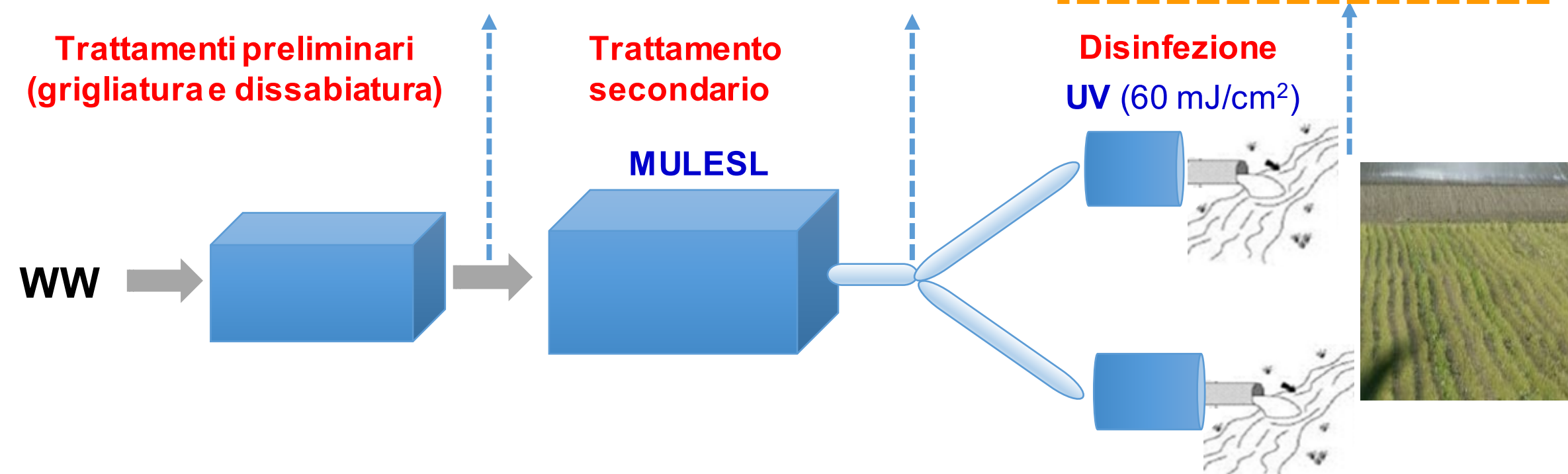
**Trattamento  
secondario**

**MULESL**

COD (mg/L)	26
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	8
SST (mg/L)	5
NH <sub>3</sub> (mg N/L)	0
TN (mg/L)	9
P (mg/L)	2
E. coli (MPN/100 mL)	5

**Disinfezione  
UV (60 mJ/cm<sup>2</sup>)**

**WW**



# MULESL vs TRADIZIONALE

(in termini di rimozione di inquinanti emergenti)

**Screening del refluo** utilizzando una lista di composti noti (target and suspect screening) con l'ausilio di librerie costituite da **oltre 2000 composti** per i quali sono noti nome, formula e peso molecolare.

**Selezionati 46 inquinanti emergenti** e loro prodotti di degradazione per monitoraggio nell'influente (refluo) e nell'effluente dell'impianto MULESL e della linea acque del depuratore convenzionale.

Nr.	Compound name	Category	Conc. (µg/L) (mean ± SD)
1	Acetaminophen	analgesic	85.25 ± 24.61
2	Amisulpride	antipsychotic	0.24 ± 0.16
3	Atenolol	cardioselective beta-blocker	2.46 ± 0.87
4	Benzotriazole	corrosion inhibitor	2.56 ± 1.07
5	Caffein	psychostimulant	54.97 ± 17.71
6	<u>Carbamazepine</u>	anticonvulsant/ analgesic	0.89 ± 0.18
7	<u>Carbamazepine 10,11 Epoxide</u>	metabolite of carbamazepine	0.12 ± 0.04
8	Cetirizine	antihistamines	0.12 ± 0.09
9	Clarithromycin	antibiotic	4.65 ± 3.64
10	Climbazol	antimycotic	1.55 ± 1.24
11	Cotinine	metabolite of nicotine	10.39 ± 4.67
12	<u>Diclofenac</u>	anti-inflammatory	0.84 ± 0.55
13	Fluconazole	antifungal	0.39 ± 0.30
14	Gabapentin	antiepileptic	1.06 ± 0.34
15	Iopromide	x-ray contrast medium	11.43 ± 8.97
16	Ketoprofen	anti-inflammatory	13.75 ± 6.32
17	Levofloxacin	antibacterial agent	103.53 ± 25.74
18	Lamotrigine	antiepileptic	1.14 ± 0.47
19	Losartan	antihypertensive	0.62 ± 0.89
20	Metoprolol	cardioselective beta- blocker	0.70 ± 0.37
21	Mycophenolic Acid	immunosuppresant	5.03 ± 1.21
22	Naproxene	anti-inflammatory	1.20 ± 0.15
23	<u>Phenytoin</u>	anticonvulsant/ anti-arrhythmic	0.53 ± 0.31

Nr.	Compound name	Category	Conc. (µg/L) (mean ± SD)
24	Primidone	antiepileptic	0.31 ± 0.09
25	<u>Sotalol</u>	anti-arrhythmic	2.31 ± 1.09
26	Tramadol	synthetic opioid analgesic	0.69 ± 0.27
27	Trimethoprim	antibacterial	0.42 ± 0.21
28	Triphenyl phosphate	plasticizer	0.05 ± 0.04
29	Valsartan	antihypertensive	115.37 ± 52.07
30	1,7 Dimethylxantine	psychoactive CNS stimulant	87.85 ± 28.57
31	<u>EDDP</u>	metabolite of methadone	1.26 ± 0.75
32	Atorvastatin	lipid-lowering drug	1.34 ± 0.70
33	Bisoprolol	antihypertensive	1.39 ± 0.38
34	<u>Clopidogrel</u>	antiplatelet drug	0.17 ± 0.09
35	Cocaine	illicit drug	8.08 ± 4.27
36	Fenofibric Acid	lipid-lowering agent	5.77 ± 3.12
37	Olmesartan	antihypertensive	6.52 ± 4.27
38	Sulpride	antidepressant/ antipsychotic	0.65 ± 0.27
39	<u>Flecainide</u>	anti-arrhythmic	3.29 ± 1.88
40	Sitagliptin	antidiabetic	6.52 ± 1.82
41	Irbesartan	antihypertensive	4.36 ± 4.86
42	Amphetamine	illicit drug	0.20 ± 0.14
43	Benzoylcegonine	metabolite of cocaine	7.76 ± 2.65
44	Irbesartan 446	metabolite of irbersartan	1.10 ± 0.63
45	Metoprolol Acid	metabolite of metoprolol	0.72 ± 0.26
46	N-Desmethyl venlafaxine	metabolite of venlafaxine	85.25 ± 24.61

ORGANIZZATO DA



Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024

IN COLLABORAZIONE CON





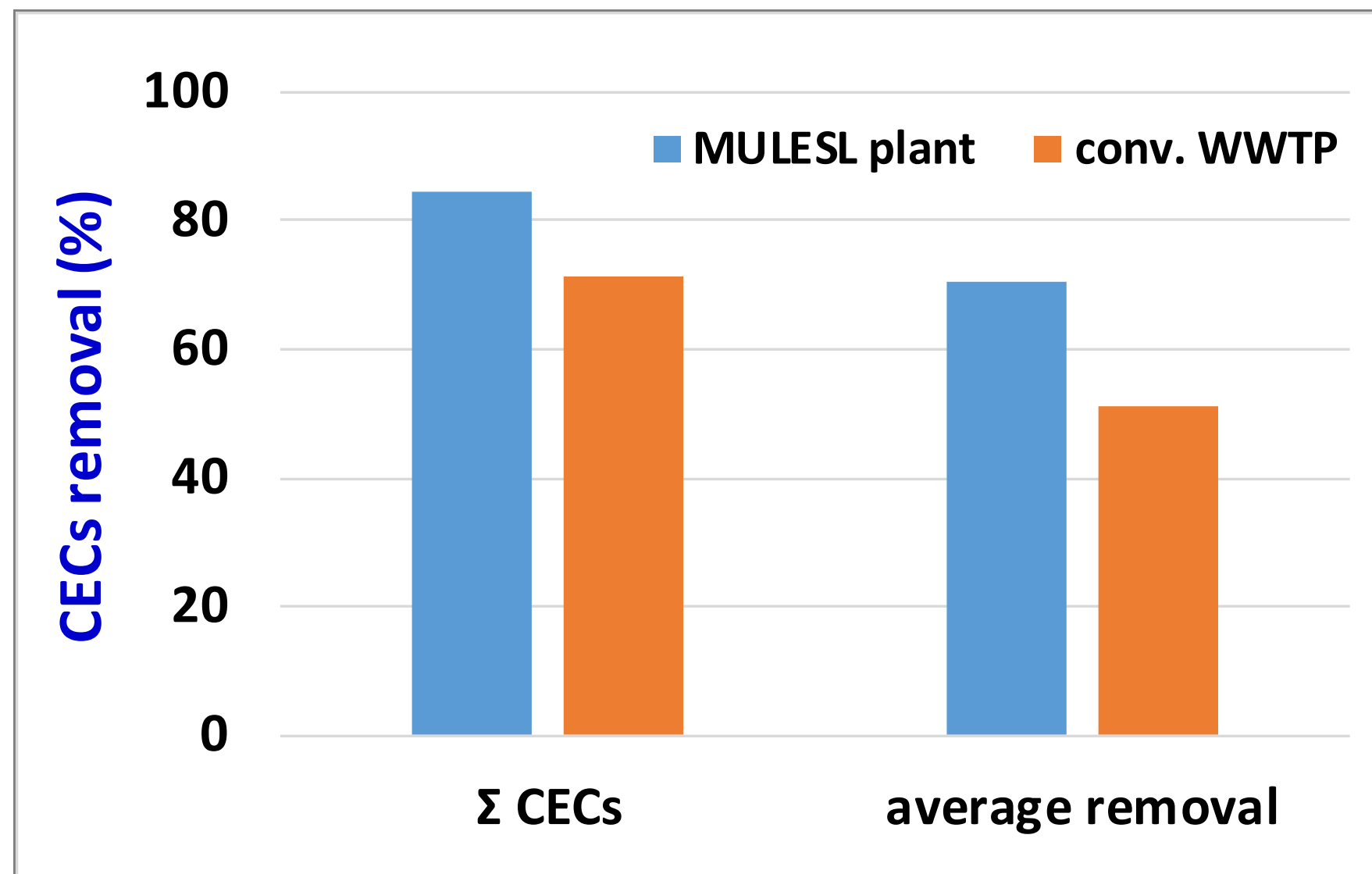
## MULESL vs TRADIZIONALE (in termini di rimozione di inquinanti emergenti)

Direttiva	Compound	Category	WW conc (µg/l)	Removal efficiency (%) MULESL plant	Removal efficiency (%) conv. WWTP
			Average ± SD	Average ± SD	Average ± SD
→	Carbamazepine	anticonvulsant/analgesic	0.89 ± 0.18	55.4 ± 16.2	0.72 ± 1.6
	Carbam. 10,11 Epoxide	metabolite of carbamazepine	0.12 ± 0.04	84.4 ± 4.2	30.7 ± 18.2
	Flecainide	anti-arrhythmic	3.29 ± 1.88	58.5 ± 21.7	1.9 ± 4.2
	Sotalol	anti-arrhythmic	2.31 ± 1.09	55.8 ± 32.6	4.1 ± 9.1
	EDDP	metabolite of methadone	1.26 ± 0.75	62.5 ± 36.4	6.9 ± 9.9
→	Diclofenac	anti-inflammatory	0.84 ± 0.55	39.9 ± 32.4	6.6 ± 14.8
	Clopidogrel	antiplatelet drug	0.17 ± 0.09	81.1 ± 13.4	17.6 ± 20.5
	Phenytoin	anticonvulsant/anti-arrhythmic	0.53 ± 0.31	73.5 ± 25.2	18.8 ± 17.3
	Atenolol	cardioselective beta-blocker	2.46 ± 0.87	97.9 ± 0.9	74.8 ± 11.5
	Cetirizine	antihistamines	0.12 ± 0.09	44.4 ± 45.6	23.2 ± 27.7
→	Metoprolol	cardioselective beta-blocker	0.70 ± 0.37	79.9 ± 19.0	67.6 ± 16.9
	Bisoprolol	antihypertensive	1.39 ± 0.38	71.8 ± 31.5	55.8 ± 31.2
	Trimethoprim	antibacterial	0.42 ± 0.21	86.3 ± 12.5	77.0 ± 22.7
	Atorvastatin	lipid-lowering drug	1.34 ± 0.70	96.1 ± 3.1	88.4 ± 8.6
→	Clarithromycin	antibiotic	4.65 ± 3.64	96.5 ± 3.9	45.5 ± 40.1
	Fluconazole	antifungal	0.39 ± 0.30	24.6 ± 34.3	8.8 ± 12.5
	Gabapentin	antiepileptic	1.06 ± 0.34	50.9 ± 14.3	32.6 ± 21.2
	Levofloxacin	antibacterial agent	103.53 ± 25.74	75.5 ± 13.3	24.6 ± 24.8
	Primidone	antiepileptic	0.31 ± 0.09	49.6 ± 15.9	24.9 ± 26.4
	Tramadol	synthetic opioid analgesic	0.69 ± 0.27	49.6 ± 28.6	20.5 ± 19.6
→	Amisulpride	antipsychotic	0.24 ± 0.16	63.4 ± 16.9	27.3 ± 26.7
	Sulpride	antidepressant/antipsychotic	0.65 ± 0.27	62.4 ± 23.4	35.5 ± 33.4
	Sitagliptin	antidiabetic	6.52 ± 1.82	95.1 ± 3.0	62.1 ± 21.5
	N-Desmethyl venlafaxine	metabolite of venlafaxine	85.25 ± 24.61	49.2 ± 28.5	20.5 ± 19.7

➤ MULESL > impianto convenzionale per il 70% dei composti.

➤ Di particolare rilievo risultano i casi di carbamazepina, flecainide, sotalolo, EDDP, diclofenac, clopidogrel e fenitoina che sono noti per essere molto poco biodegradabili. Tali inquinanti sono scarsamente rimossi dall'impianto convenzionale, invece nell'impianto MULESL si è osservata una rimozione molto spesso maggiore del 50%.

## MULESL vs TRADIZIONALE (in termini di rimozione di inquinanti emergenti)

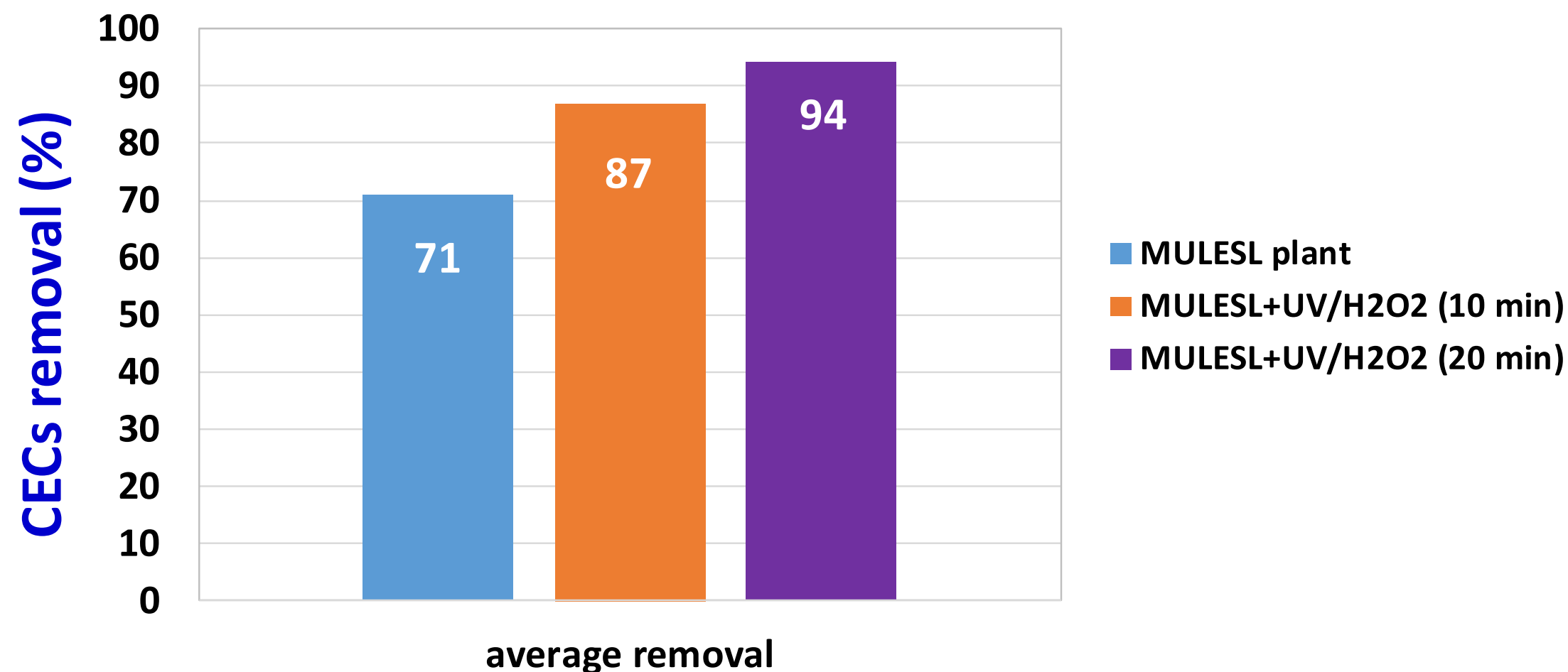
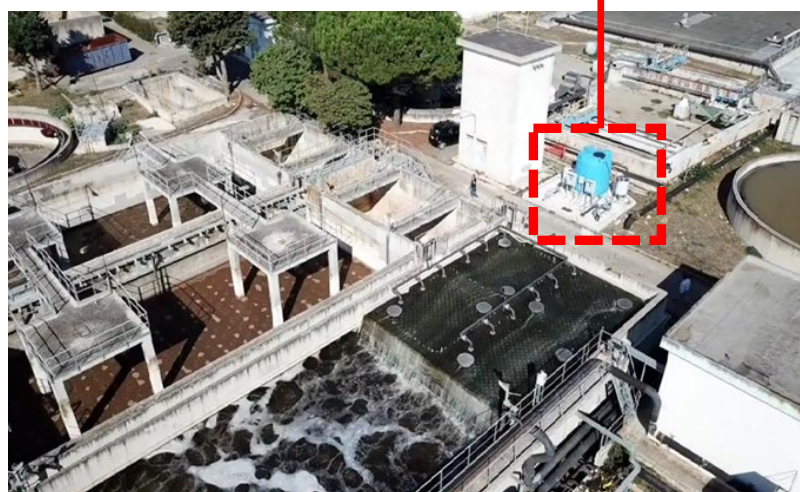


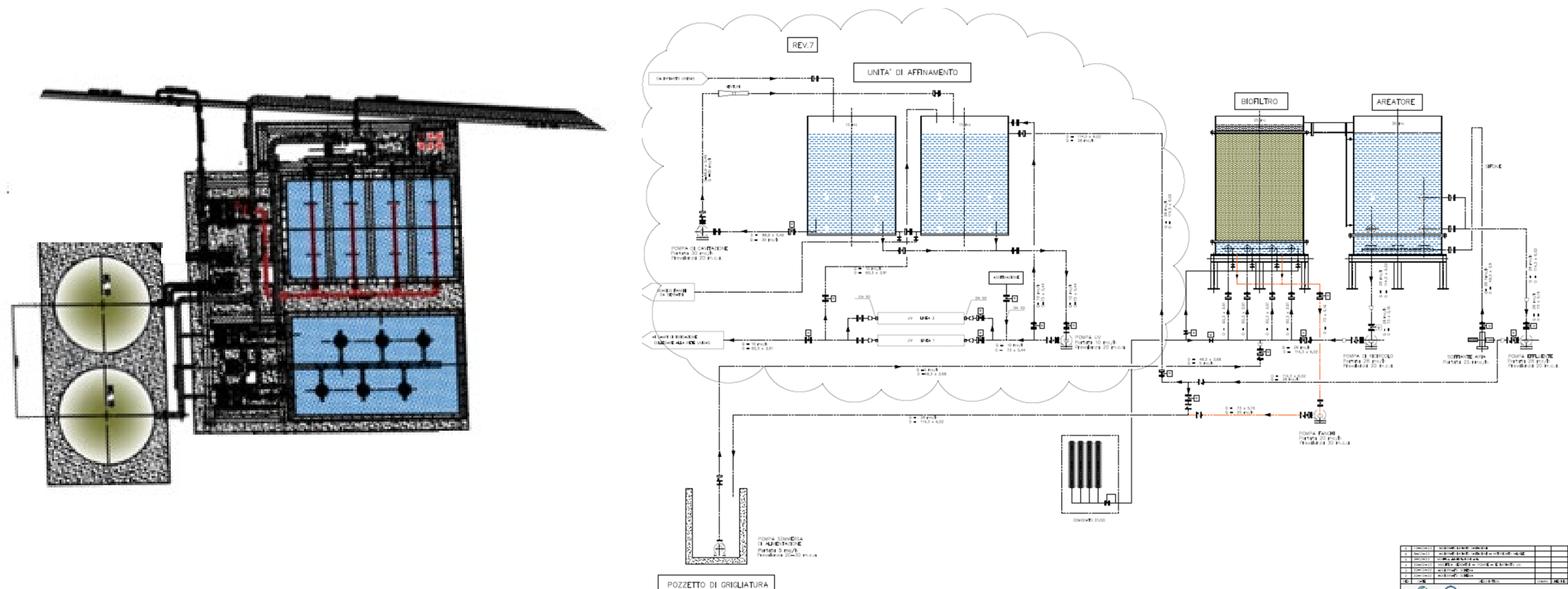
L'impianto MULESL è generalmente più efficiente della linea acque dell'impianto convenzionale:

- **71 % vs 51%**, in termini di efficienza di rimozione media.
- **84% vs 69%**, in termini di rimozione di carico influente.



## POTENZIAMENTO CON UNO STADIO DI OSSIDAZIONE AVANZATA (AOP)





**Nuovo impianto di trattamento e recupero acque reflue presso il depuratore di Ferrandina**

ORGANIZZATO DA



**Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024**

IN COLLABORAZIONE CON





**GRAZIE!**



## CONTATTI

Claudio Di Iaconi  
Dirigente di Ricerca  
Istituto di Ricerca sulle Acque - CNR  
E-Mail: [claudio.diiaconi@ba.irsacnr.it](mailto:claudio.diiaconi@ba.irsacnr.it)

ORGANIZZATO DA



**Nuova Fiera del Levante, 27-28 novembre 2024**

IN COLLABORAZIONE CON

