



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

---

**Soluzioni tecnologiche circolari ed indicatori di  
sostenibilità nelle infrastrutture  
idriche ed ambientali**

Prof. Ing. Anna Laura Eusebi

Dipartimento SIMAU  
*Facoltà di Ingegneria*

# WWEELAB TEAM-Prof. Ing. Anna Laura Eusebi

## Water and Waste Environmental Lab Dipartimento SIMAU

### Facoltà di Ingegneria-UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE



Prof. Eng. Francesco Patone  
PhD Full professor  
GROUP COORDINATOR



Prof. Eng. Anna Laura Eusebi  
PhD Associate professor  
GROUP TECHNICAL DIRECTOR



Eng. Massimiliano Sgroi  
PhD Assistant professor



Eng. Alessia Foglia  
PhD Assistant professor



Eng. Josuè Gonzalez Camejo  
PhD Post-doc



Eng. Cecilia Bruni  
PhD Post-doc



Eng. Nicola Lancioni  
PhD candidate



Eng. Corinne Andreola  
PhD candidate



Dr. Marco Parlapiano  
PhD candidate



Eng. Lucia De Simoni  
PhD candidate



Eng. Nicolò Ciuccoli  
Post-Doc in automation  
engineering



Eng. Elisa Blumenthal  
PhD candidate



Eng. Maria Grazia Chieti  
Pre-Doc in Environmental  
Engineering



Eng. Debora Jareta  
Magna  
PhD candidate



Eng. Carla Moura  
Pre-doc in Environmental  
Engineering



Doct. Valeria Fratesi  
Biologist and Laboratory  
technician



Eng. Jonathan Domizi  
Laboratory technician



Dr. Isabella Georgiou  
PhD candidate

### Former Members of WWEELab



Giorgio Concettoni  
Plant operator



Dr. Marika Fantoni  
Project Manager



Eng. Cagri Akyol  
PhD PostDoc



Eng. Giulia Cipolletta  
PhD PostDoc



Eng. Serena Radini  
PhD PostDoc



Eng. Enrico Marinelli  
PhD PostDoc



Eng. Paolo Crocetti  
PhD PostDoc



Dr. Clara Borja Barbera  
Communication Manager



Eng. Ali Pourzangbar  
Data analyst



Dr. Vittorio Maceratesi  
Chemical analyst



Sustainable resource  
recovery  
Technologies and safe  
reuse mainly in the  
urban water cycle



Digital solutions for  
carbon  
footprinting and  
environmental -  
economic assessment



Stormwater  
treatment  
and  
management



Hydraulic risk  
management and  
mitigation



Advanced water  
and wastewater  
treatment



Organic solid  
waste treatment  
and valorisation

# Il Ciclo dell'Acqua



Quanto costa l'acqua?



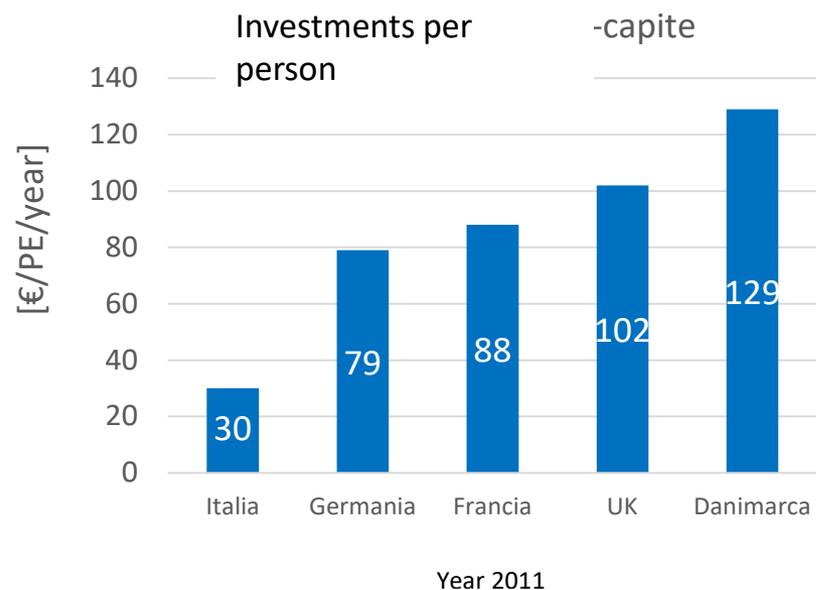
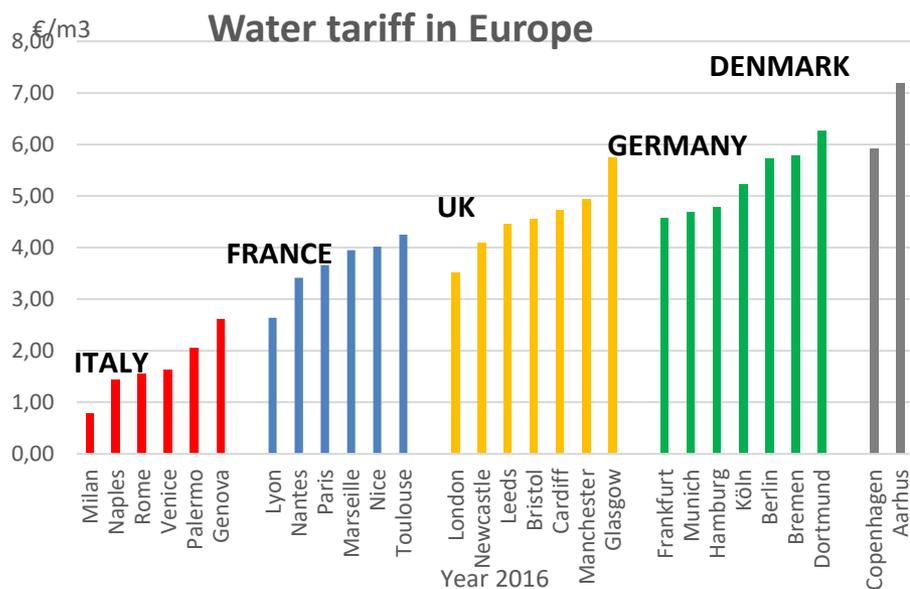
UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Il Ciclo dell'Acqua

## Tariffa dell'acqua-confronto Italia vs Europa

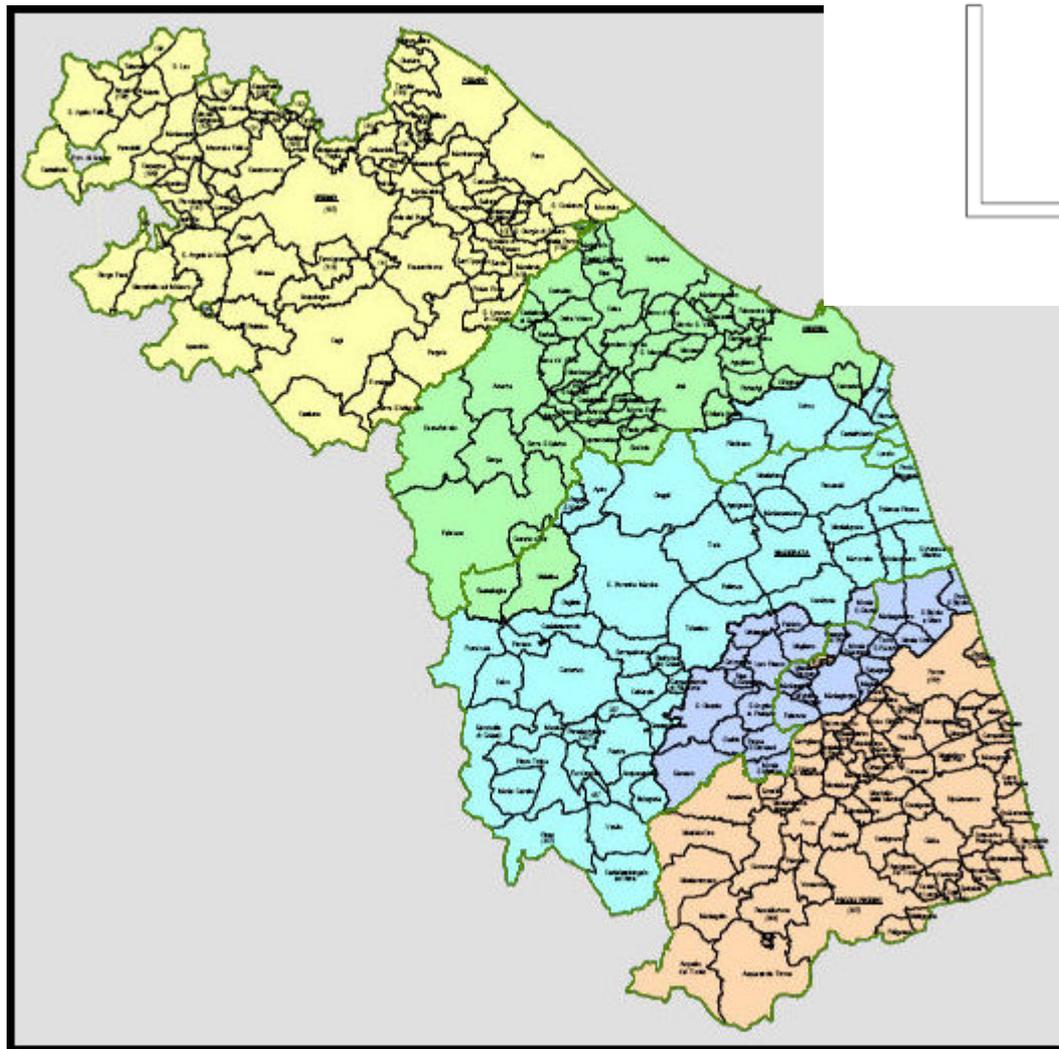
Scenario in Italia e nel resto di Europa:

a) Tariffa Idrica; b) Investimenti nel settore idrico



# Il Ciclo dell'Acqua

1° CASO REALE  
AMBITI TERRITORIALI OTTIMALI  
REGIONE MARCHE



## SCHEMA DI REGOLAZIONE DEI SERVIZI

Regione  
Aggiornamento PRGA  
Aggiornamento PRRA  
Confronto Performance dei gestori  
Coordinamento degli A.T.O.

A.R.P.A.  
Controllo degli scarichi  
Controllo acqua potabile

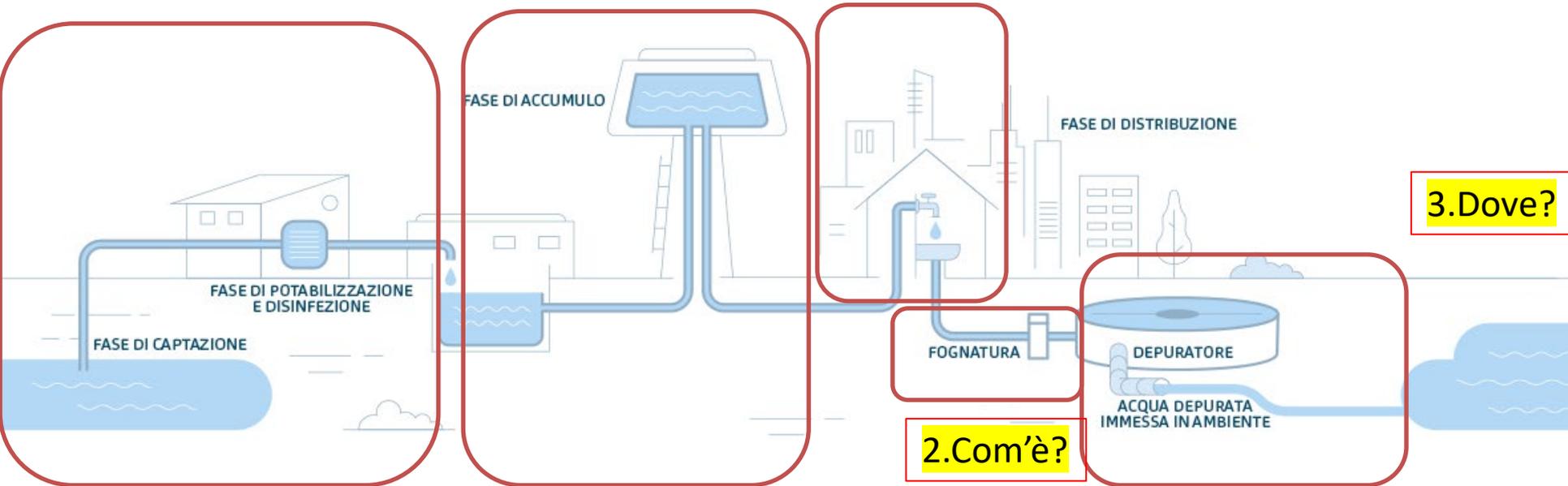
Autorità di Bacino  
Regolazione qualità delle acque  
Bilancio della risorsa Idrica



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Il Ciclo antropico dell'Acqua

1. Da dove?



3. Dove?

2. Com'è?

4. Reflui o Rifiuti????

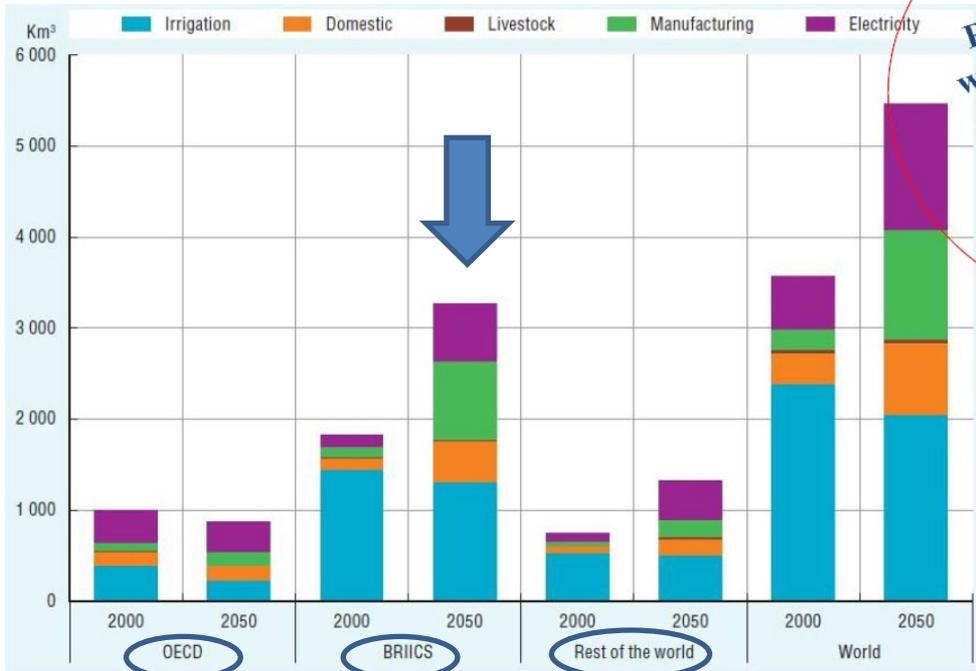


# Il Ciclo antropico dell'Acqua



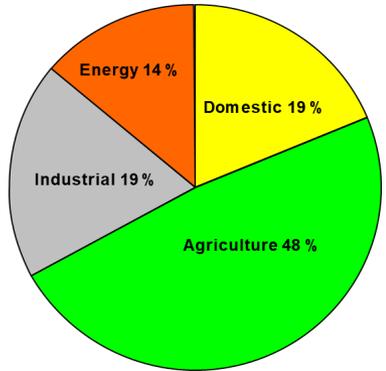
Water demand to increase by 55% by 2050 **In più?**

Global water demand, baseline 2000 and 2050



Rapidly growing water demand from cities, industry and energy suppliers will challenge water for irrigation to 2050.

## ITALIA

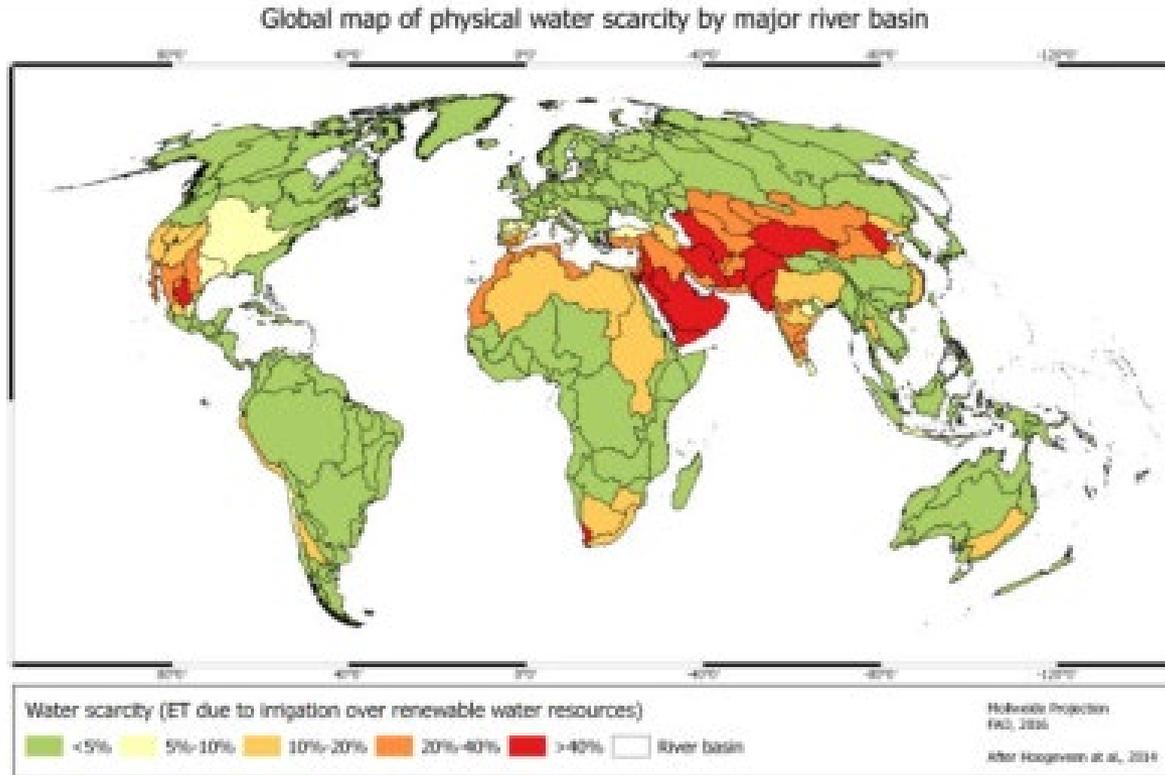


Source: OECD (2012), OECD Environmental Outlook to 2050; output from IMAGE



# Il Ciclo antropico dell'Acqua

.....In più?



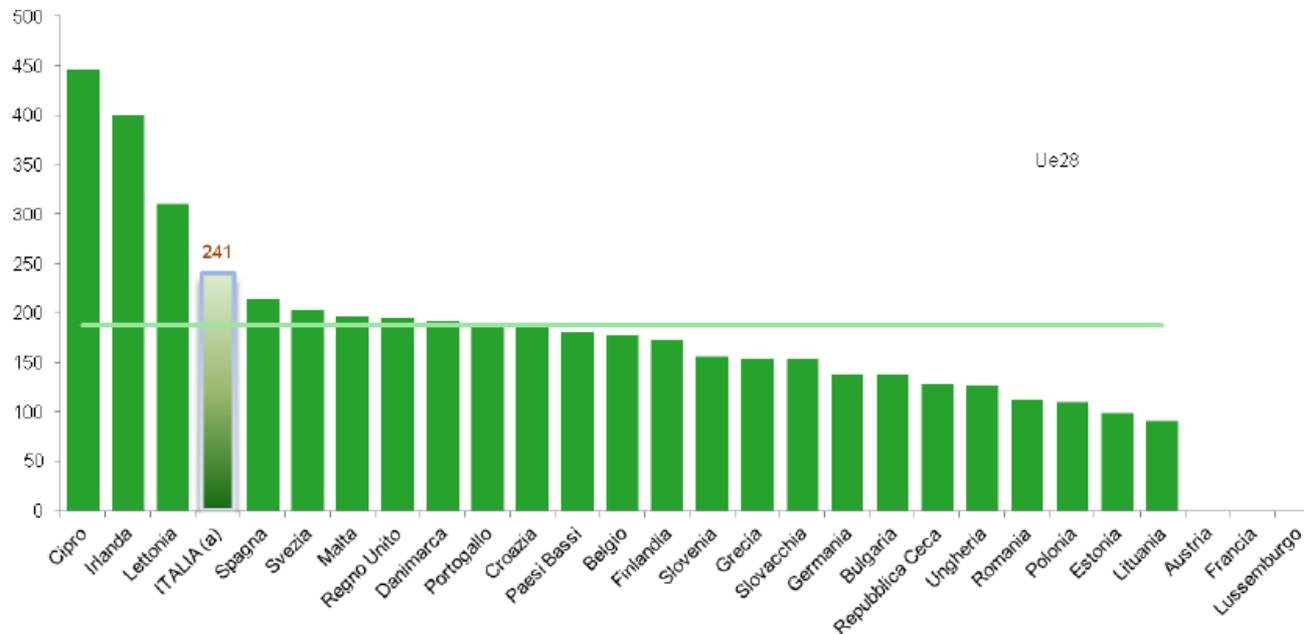
**IN ITALIA: SIAMO AL 52° POSTO AL MONDO PER VULNERABILITA' IDRICA**



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

## USI CIVILI DELL'ACQUA

Gli **usi civili** dell'acqua comprendono quelli per la preparazione del cibo e l'alimentazione umana, per la pulizia del corpo, degli ambienti domestici e pubblici.



Fonte: «Le statistiche Istat sull'acqua», Istat, 2015

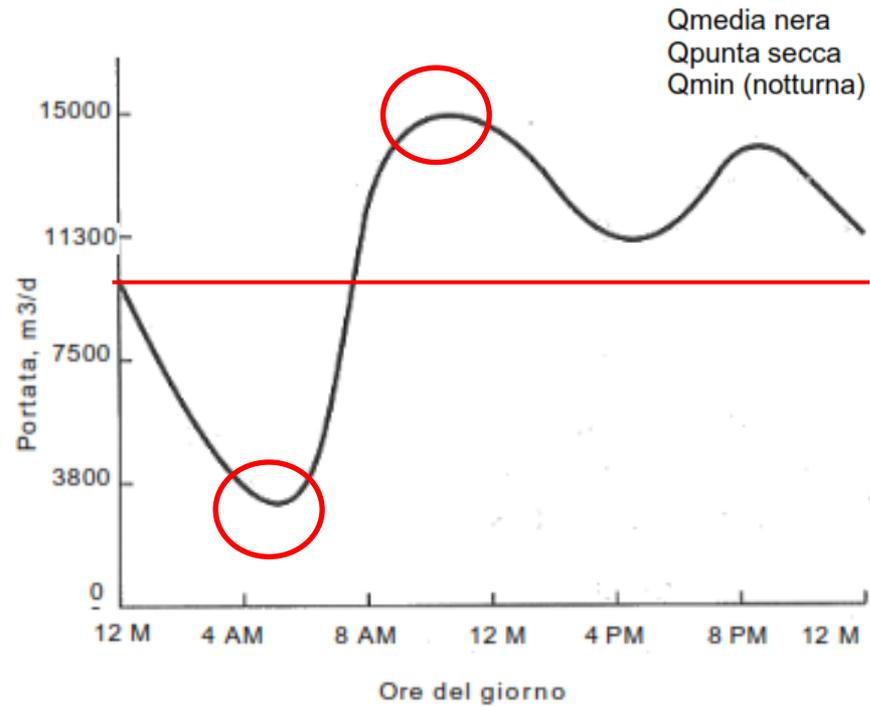
In **ITALIA** si consumano **241 litri** per abitante al giorno mentre la media europea è a **188 litri** per abitante al giorno.

Source: UTILITALIA

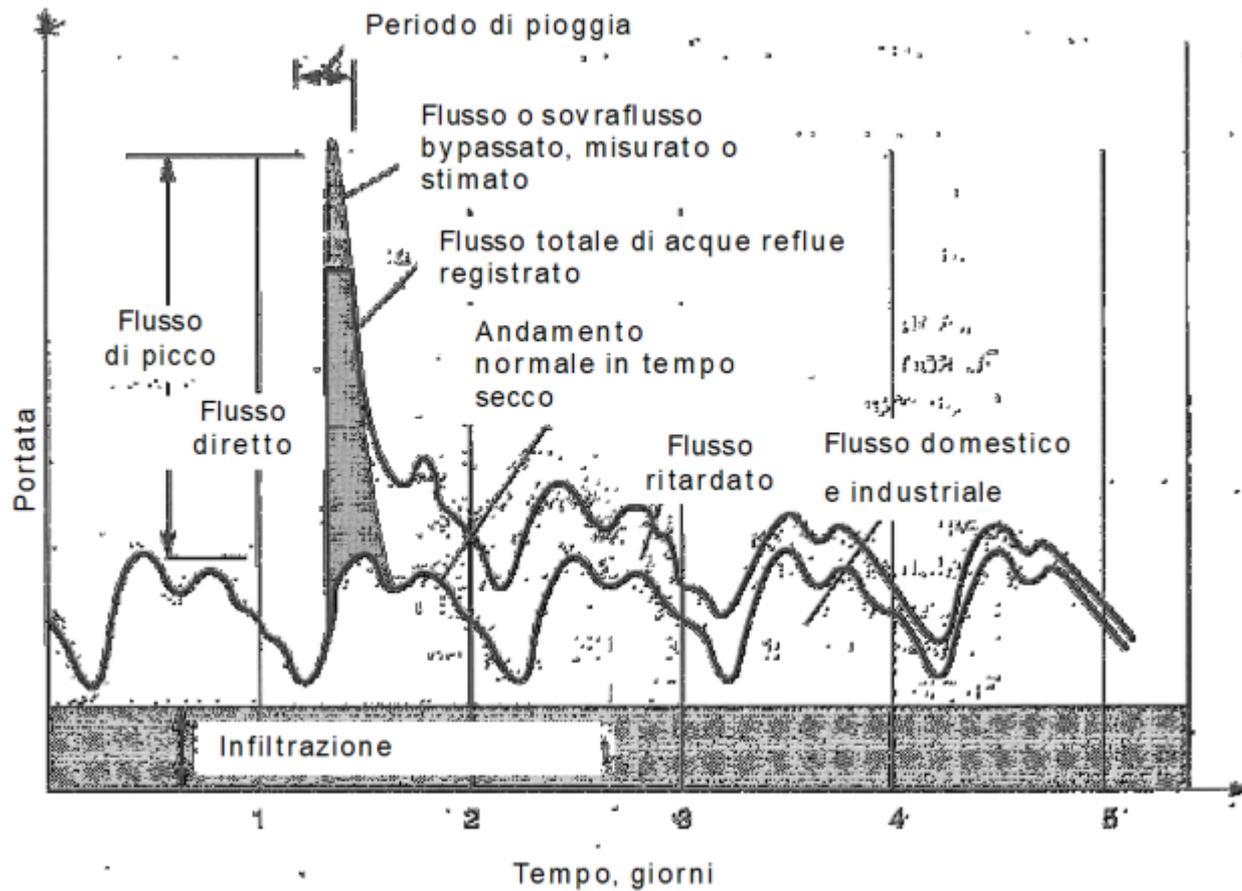




# Le acque reflue urbane



# Le acque reflue urbane



## Reflui industriali

<b>FABBISOGNI SPECIFICI MEDI (per unità di prodotto finito) DI ALCUNE ATTIVITÀ INDUSTRIALI</b>		
Carta	<b>185</b>	m <sup>3</sup> /t
Chimica	<b>197</b>	m <sup>3</sup> /t
Acciaio	16.4	m <sup>3</sup> /t
Ghisa	49	m <sup>3</sup> /t
Laminati, ferroleghie, prodotti siderurgici	39	m <sup>3</sup> /t
Coke	12	m <sup>3</sup> /t
Petrolio	5	m <sup>3</sup> /t
Meccanica	22	m <sup>3</sup> /t
Vetro	21	m <sup>3</sup> /t
Tessile	<b>148</b>	m <sup>3</sup> /t
Tessile-tintoria	<b>333</b>	m <sup>3</sup> /t
Gomma	<b>148</b>	m <sup>3</sup> /t
Conserve alimentari	10	m <sup>3</sup> /t
Surgelati	<b>162</b>	m <sup>3</sup> /t
Birra	23.8	m <sup>3</sup> /t
Pelli e cuoio	<b>443</b>	m <sup>3</sup> /t

# Le acque reflue urbane: particolarità?

Paese	Consumo di acqua per turista al giorno	% di acqua rinnovabile utilizzata	Consumo idrico domestico netto per notte (L)
Cipro	400	31.3%	184
Spagna	400	325	178
Italia	400	23.2%	172
Grecia	400	10.4%	184
Portogallo	400	14.6%	178
Francia	400	19.6%	181
Egitto	400	79.1%	65
Turchia	400	16.2%	184
USA	300	15.6%	108
Australia	300	4.9%	53
Cina	200	21.8%	96

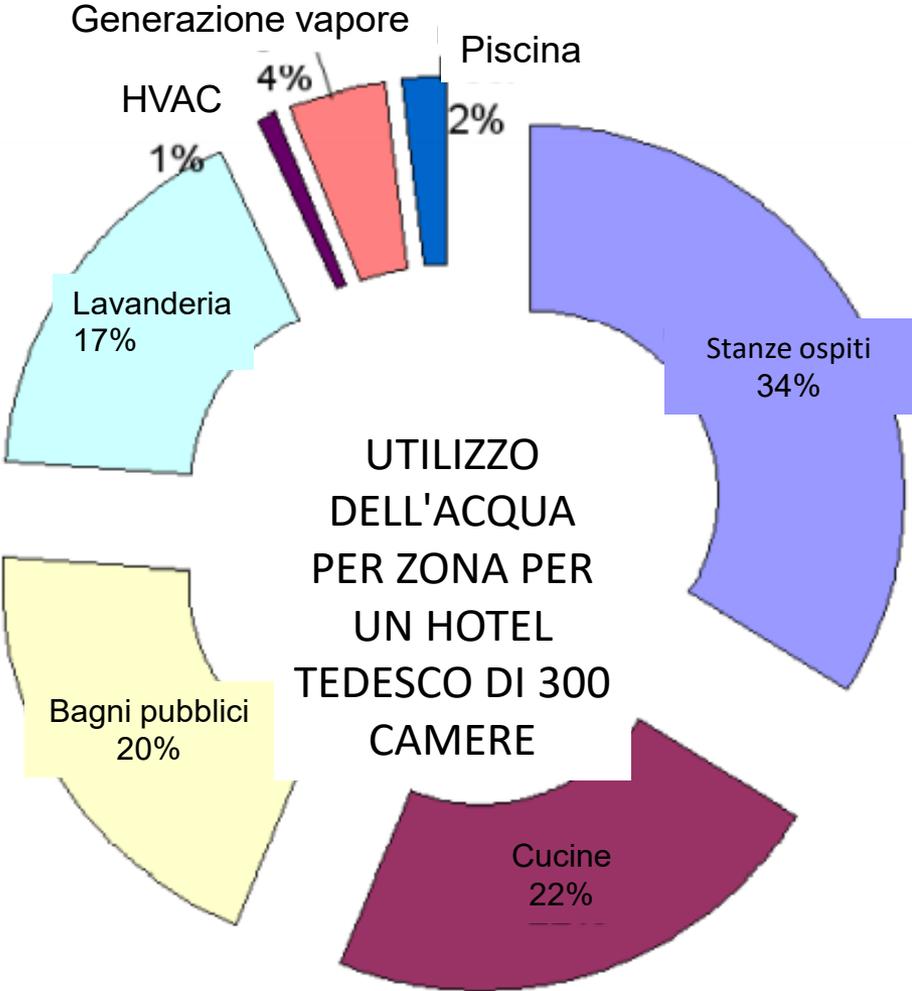


# Le acque reflue urbane: particolarità?

Categorie di utilizzo dell'acqua e uso stimato per turista al giorno	
<b>CATEGORIA DI UTILIZZO DELL'ACQUA - DIRETTO</b>	<b>L PER TURISTA PER GIORNO</b>
Alloggio	84-2000
Attività	10-30
<b>CATEGORIA DI UTILIZZO DELL'ACQUA - INDIRETTO</b>	<b>L PER TURISTA PER GIORNO</b>
Infrastruttura	n.a.
Combustibili fossili	70 (per 1000 km in aereo/macchina)
Biocarburanti	2500 (per 1L)
Cibo	2000-5000
<b>TOTALE PER TURISTA AL GIORNO</b>	<b>STIMATA: 2000-7500</b>



# Le acque reflue urbane: particolarità?



# Le acque reflue urbane: inquinanti convenzionali

Le caratteristiche delle acque reflue possono essere suddivise in:



unità di misura utilizzate		
CONCENTRAZIONE	Microgrammi	ug/L - ppb
	Litri di soluzione	
	Milligrammi	mg/L- ppm
	Litri di soluzione	
CARICO DI MASSA (L)		Kg/h - Kg/d

Macro Inquinanti	Micro Inquinanti	<b>Inquinanti convenzionali</b>
COD (120 g/p/d)	Metalli	
BOD (60 g/p/d)	Idrocarburi	
TSS (70 g/p/d)	Pesticidi	
N (12 g/p/d)	...	
P (1 g/p/d)	....	



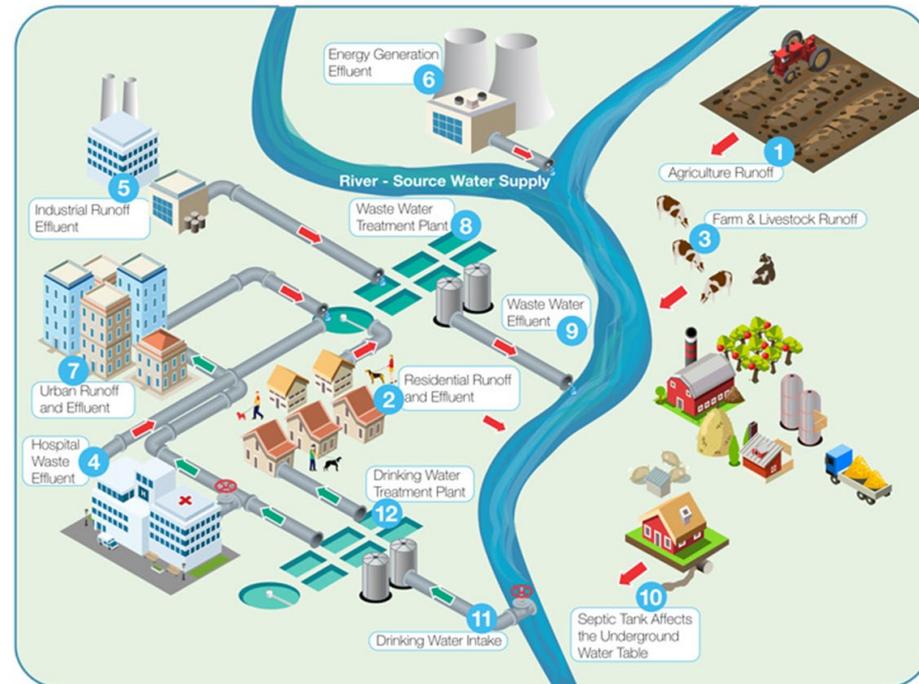
# Le acque reflue urbane: inquinanti emergenti

1. Synthetic or naturally chemicals occur in traces

2. **Different Names:** emerging contaminants (ECs), micropollutants (MPs), emerging pollutants (EPs), contaminants of emerging concern (CEC) or trace organic compounds (TrOCs).

3. «**Emerging**» not means new or actually discovered

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266601642200041X>



# Le acque reflue urbane: inquinanti emergenti

1



2

- Substances that
- .....are not regulated
- ..... are not monitored
- ..... there is no data available
- .....there are no data to propose prioritization
- .....so there is no data to assess the risk



# Le acque reflue urbane: inquinanti emergenti

## Composti emergenti



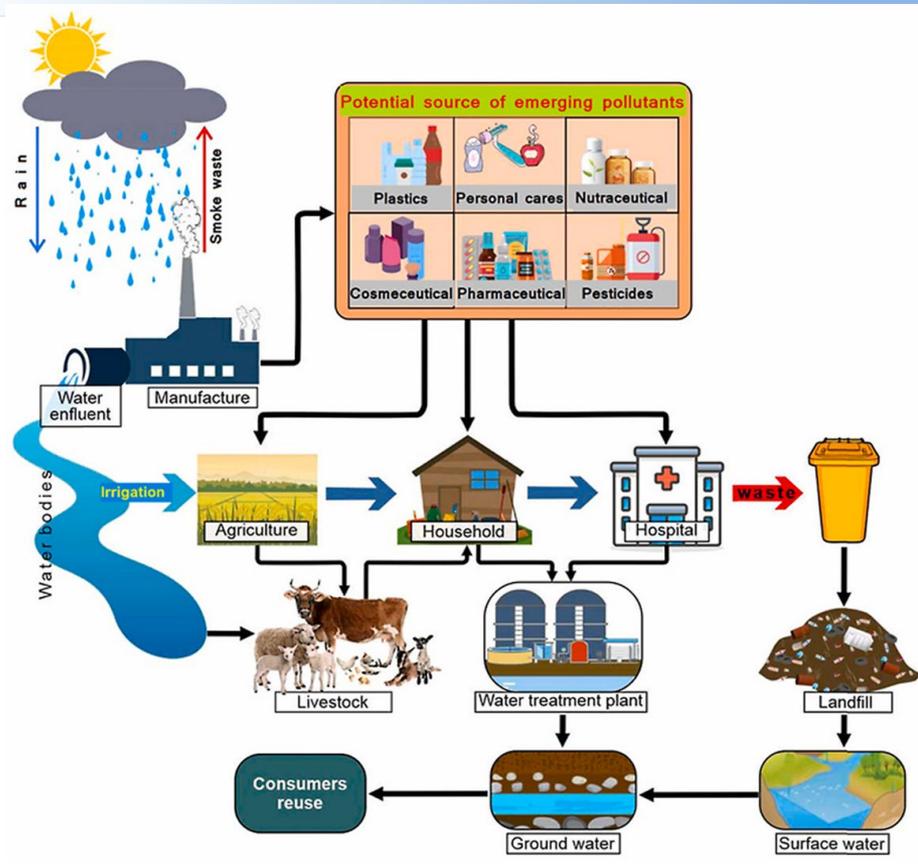
- Personal care products
- Pharmaceutically Active compounds (PhACs)
- Endocrine disrupting compounds (EDCs)




- Industrial chemicals
- Pesticides
- Insecticides
- Surfactants
- Flame retardants




1. Pharmaceutical and Personal Care Products;
2. Surfactants and other industrial chemicals (PFAS)
3. Microbes and pathogens;
4. Disinfection by products (DBP);
5. Organic Compounds
6. Plastics

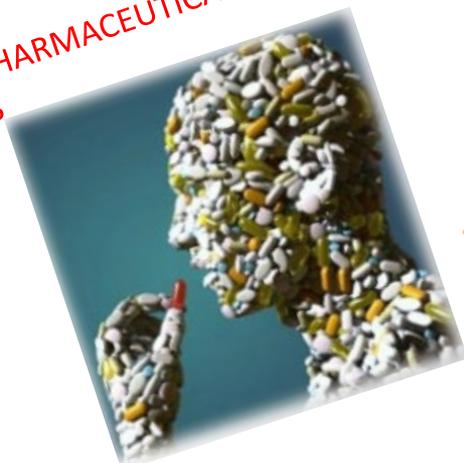


# Le acque reflue urbane: inquinanti emergenti

## Emerging compounds? Fonti e tipologie

1

PHARMACEUTICAL



### Source

- Human waste
- Animal byproduct
- Pharmaceutical
- Hospital

Table 1. Pharmaceutical contaminants (PCs).

Sl. No.	Class/Group of Pharmaceutical	Pharmaceutical Contaminants	Formula	Mass (g mol <sup>-1</sup> )	pK <sub>a</sub>	logK <sub>ow</sub>	Ref.
1		Aspirin	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	180	3.5	1.2	[57]
2	Analgesics and Anti-inflammatories	Diclofenac	C <sub>14</sub> H <sub>11</sub> C <sub>12</sub> NO <sub>2</sub>	296.2	4.91	4.51	
3		Ibuprofen	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	206.3	4.15	4.51	
4		Paracetamol	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	151.2	9.38	0.46	
5		Naproxen	C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	230.3	4.15	3.18	
Sl. No.	Class/Group of Pharmaceutical	Pharmaceutical Contaminants	Formula	Mass (g mol <sup>-1</sup> )	pK <sub>a</sub>	logK <sub>ow</sub>	Ref.
1	Antibiotics	Sulfamethoxazole	C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub> S	253.279	5.6–5.7	0.89	[167]
2		Erythromycin	C <sub>37</sub> H <sub>67</sub> NO <sub>13</sub>	733.93	8.88	2.48	
3		Trimethoprim	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	290.32	7.12	0.73	

<https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100076>

# Le acque reflue urbane: inquinanti emergenti

## Emerging compounds? Fonti e tipologie

<https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.06.002>

2

PERFLUOROALKYLATED SUBSTANCES

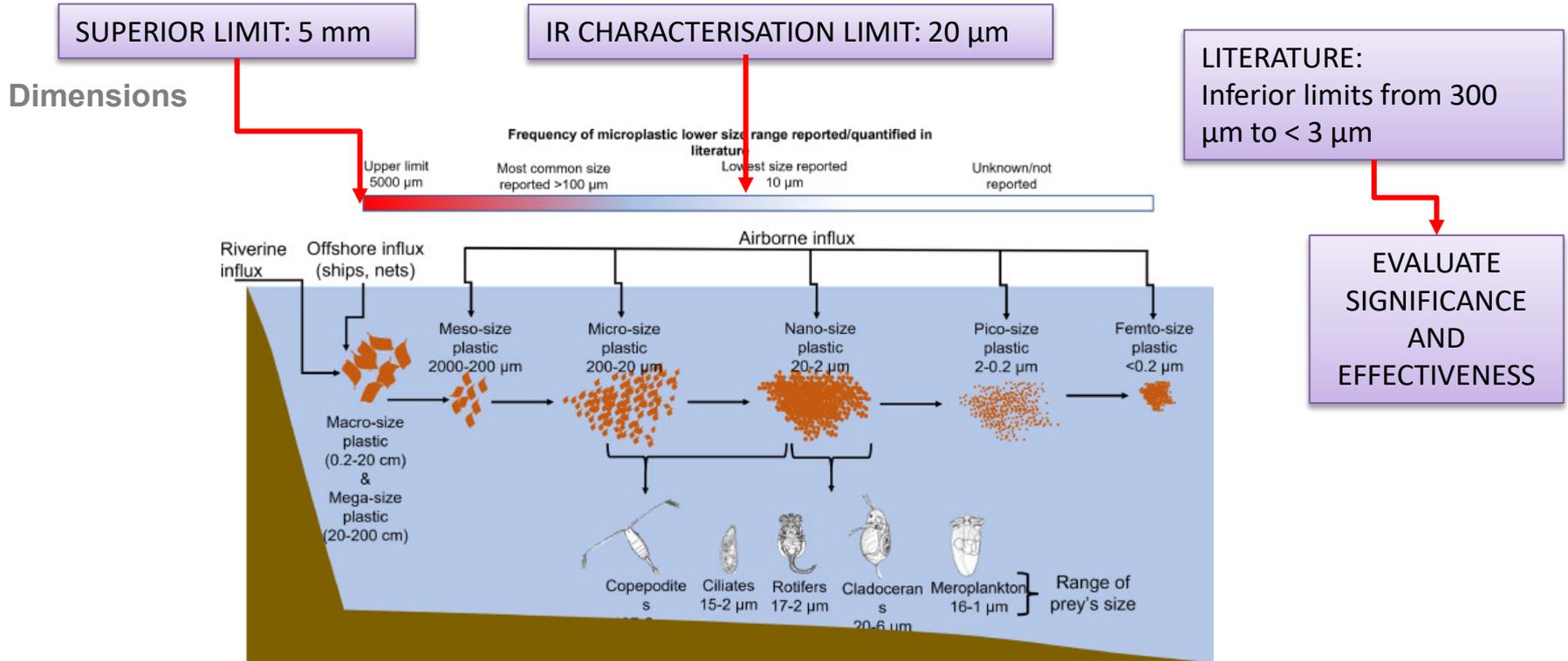
Table 1  
List of PFAS abbreviations used within the review.

Class	Abbreviation	Chemical Name	Formula	
PFCA	PFPrA	Pentafluoropropionic acid	C <sub>3</sub> F <sub>7</sub> COOH	
	PFBA	Perfluorobutanoic acid	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> COOH	
	PFPA	Perfluoropentanoic acid	C <sub>5</sub> F <sub>11</sub> COOH	
	PFHA	Perfluorohexanoic acid	C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> COOH	
	PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	C <sub>7</sub> F <sub>15</sub> COOH	
	PFDA	Perfluorooctanoic acid	C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> COOH	
	PFNA	Perfluorononanoic acid	C <sub>9</sub> F <sub>19</sub> COOH	
	PFDA	Perfluorodecanoic acid	C <sub>10</sub> F <sub>21</sub> COOH	
	PFUnDA	Perfluoroundecanoic acid	C <sub>11</sub> F <sub>23</sub> COOH	
	PFDoDa	Perfluorododecanoic acid	C <sub>12</sub> F <sub>25</sub> COOH	
	PFTrDA	Perfluorotridecanoic acid	C <sub>13</sub> F <sub>27</sub> COOH	
	PFTeDA	Perfluorotetradecanoic acid	C <sub>14</sub> F <sub>29</sub> COOH	
	PFODa	Perfluorooctadecanoic acid	C <sub>18</sub> F <sub>37</sub> COOH	
	PFSA	PFBS	Perfluorobutane sulfonic acid	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> SO <sub>3</sub> H
		PFPeS	Perfluoropentane sulfonic acid	C <sub>5</sub> F <sub>11</sub> SO <sub>3</sub> H
		PFHxS	Perfluorohexane sulfonic acid	C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> SO <sub>3</sub> H
		PFHpS	Perfluoroheptane sulfonic acid	C <sub>7</sub> F <sub>15</sub> SO <sub>3</sub> H
		PFOS	Perfluorooctane sulfonic acid	C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> SO <sub>3</sub> H
PFNS		Perfluorononane sulfonic acid	C <sub>9</sub> F <sub>19</sub> SO <sub>3</sub> H	
PFDS		Perfluorodecane sulfonic acid	C <sub>10</sub> F <sub>21</sub> SO <sub>3</sub> H	
PFUnDS		Perfluoroundecane sulfonic acid	C <sub>11</sub> F <sub>23</sub> SO <sub>3</sub> H	
PFDoDS		Perfluorododecane sulfonic acid	C <sub>12</sub> F <sub>25</sub> SO <sub>3</sub> H	
PFTriDS		Perfluorotridecane sulfonic acid	C <sub>13</sub> F <sub>27</sub> SO <sub>3</sub> H	
PFTeDS		Perfluorotetradecane sulfonic acid	C <sub>14</sub> F <sub>29</sub> SO <sub>3</sub> H	
PFOSA		Perfluorooctylsulfonamide	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> F <sub>17</sub> NO <sub>2</sub> S	
FOGA		Perfluorooctane sulfonamide acid	C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	
FOGAA		Perfluorooctane sulfonamidoacetate acid	C <sub>10</sub> H <sub>17</sub> F <sub>17</sub> NO <sub>4</sub> S	
MeFOGAA		2-(N-Methylperfluorooctanesulfonamido)acetic acid	C <sub>11</sub> H <sub>17</sub> F <sub>17</sub> NO <sub>4</sub> S	
EFPOGAA		N-ethylperfluorooctane sulfonamidoacetic acid	C <sub>12</sub> H <sub>17</sub> F <sub>17</sub> NO <sub>4</sub> S	
MeFBSA		N-(Methyl)perfluorobutanesulfonamide	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> F <sub>9</sub> NO <sub>2</sub> S	
MeFBGAA		2-(N-Methylperfluorobutanesulfonamido)acetic acid	C <sub>8</sub> H <sub>13</sub> F <sub>9</sub> NO <sub>4</sub> S	
4:2 FTSA		4:2 Fluorotelomer saturated sulfonic acid	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> F <sub>7</sub> O <sub>2</sub> S	
6:2 FTSA		6:2 Fluorotelomer saturated sulfonic acid	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> F <sub>9</sub> O <sub>2</sub> S	
8:2 FTSA		8:2 Fluorotelomer saturated sulfonic acid	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> F <sub>11</sub> O <sub>2</sub> S	
6:2 FTCA		6:2 Fluorotelomer saturated carboxylic acid	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> F <sub>13</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S	
8:2 FTCA		8:2 Fluorotelomer saturated carboxylic acid	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> F <sub>13</sub> O <sub>2</sub>	
3:3 FTCA		3:3 Fluorotelomer saturated carboxylic acid	O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	
7:3 FTCA		7:3 Fluorotelomer saturated carboxylic acid	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> F <sub>13</sub> O <sub>2</sub>	
10:2 FTCA		10:2 Fluorotelomer saturated carboxylic acid	C <sub>11</sub> H <sub>9</sub> F <sub>15</sub> O <sub>2</sub>	
6:2 FTUCA		6:2 Fluorotelomer unsaturated carboxylic acid	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> F <sub>9</sub> O <sub>2</sub>	
8:2 FTUCA		8:2 Fluorotelomer unsaturated carboxylic acid	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> F <sub>11</sub> O <sub>2</sub>	
10:2 FTUCA	10:2 Fluorotelomer unsaturated carboxylic acid	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> F <sub>15</sub> O <sub>2</sub>		
6:2 FTOH	6:2 Fluorotelomer alcohol	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> F <sub>11</sub> O		
8:2 FTOH	8:2 Fluorotelomer alcohol	C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O		
10:2 FTOH	10:2 Fluorotelomer alcohol	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> O		
12:2 FTOH	12:2 Fluorotelomer alcohol	C <sub>14</sub> H <sub>15</sub> O		
6:2 FTI	6:2 Fluorotelomer iodide	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> F <sub>9</sub> O <sub>2</sub>		
6:2 FTMAC	6:2 Fluorotelomer methacrylate	C <sub>11</sub> H <sub>9</sub> F <sub>13</sub> O <sub>2</sub>		
8:2 FTAC	8:2 Fluorotelomer acrylate	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> F <sub>15</sub> O <sub>2</sub>		
8:2 FTMAC	8:2 Fluorotelomer methacrylate	C <sub>13</sub> H <sub>13</sub> F <sub>17</sub> O <sub>2</sub>		
6:2 FTAB	6:2 Fluorotelomer sulfonamide alkylbetaine	C <sub>18</sub> H <sub>25</sub> F <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> S <sup>1</sup>		
M4	6:2 Fluorotelomer sulfonamide propyl N,N dimethylamine	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> F <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> S <sup>1</sup>		



# Emerging compounds? Microplastics

## Microplastics in the Integrated Water Service



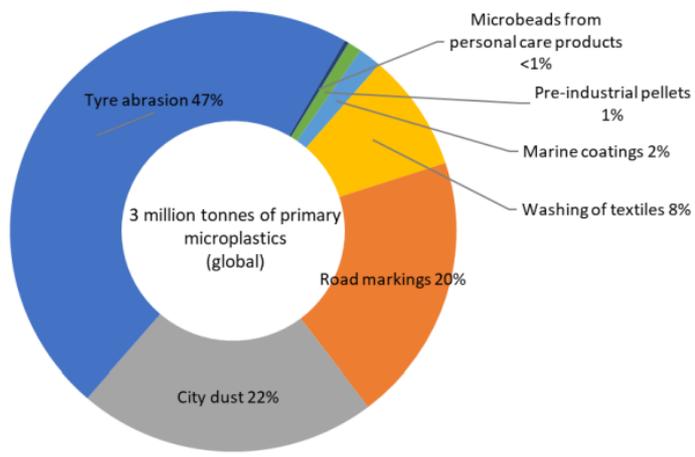
# Le acque reflue urbane: inquinanti emergenti

## Emerging compounds? Fonti e tipologie

3

MICROPLASTICS

Figure 2.3 Sources of primary microplastic release to the environment, global, estimated yearly releases, per cent



Source: UNEP (2018)

Vehicle **tire abrasion** is the predominant source of microplastic release into the environment, followed by **road markings** and the so-called "**city dust**", linked to built areas.

In addition to this: the **abrasion of shoe soles; peeling and flaking paints and coatings; textile microfibres released through washing; road and sewage run-off; cosmetics**

# Emerging compounds? Microplastics

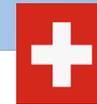
## SAMPLING PHASE AND NEEDED VOLUMES



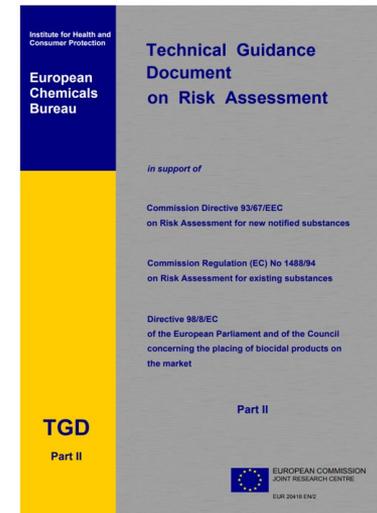
Sampling Volume (L)	N° MPs/L		Sampling Volume (L)	N° MPs/L	
1	6614	Wang et al.. 2020	88	0.3	Life Bluelakes
1	930	Wang et al.. 2020	119	0.58	Life Bluelakes
1	1473	Pivokonský et al.. 2020	250	0.32	Life Bluelakes
1	443	Pivokonský et al.. 2020	250	0.18	Life Bluelakes
1	1812	Pivokonský et al.. 2020	300	0.007	Mintenig et al.. 2019
1	338	Pivokonský et al.. 2020	300	0.001	Mintenig et al.. 2019
1	3605	Pivokonsky et al.. 2018	300	0.001	Mintenig et al.. 2019
1	628	Pivokonsky et al.. 2018	310	0.61	Life Bluelakes
2	23	Pivokonsky et al.. 2018	385	0.16	Life Bluelakes
2	14	Pivokonsky et al.. 2018	521	0.14	Life Bluelakes
2	1296	Pivokonsky et al.. 2018	1000	0.003	Cherniak et al.. 2022
2	151	Pivokonsky et al.. 2018	1000	0.147	Life Bluelakes
10	42	Mintenig et al.. 2019	1000	0.047	Life Bluelakes
10	20	Mintenig et al.. 2019	1200	0.001	Cherniak et al.. 2022
10	20	Mintenig et al.. 2019	1200	0.002	Cherniak et al.. 2022
10	2.2	Mintenig et al.. 2019	2500	0.001	Jung et al.. 2022
25	1.8	Life Bluelakes	2500	0.003	Jung et al.. 2022
25	0.56	Life Bluelakes	4828	0.037	Life Bluelakes

## Emerging compounds? Aspetti vari

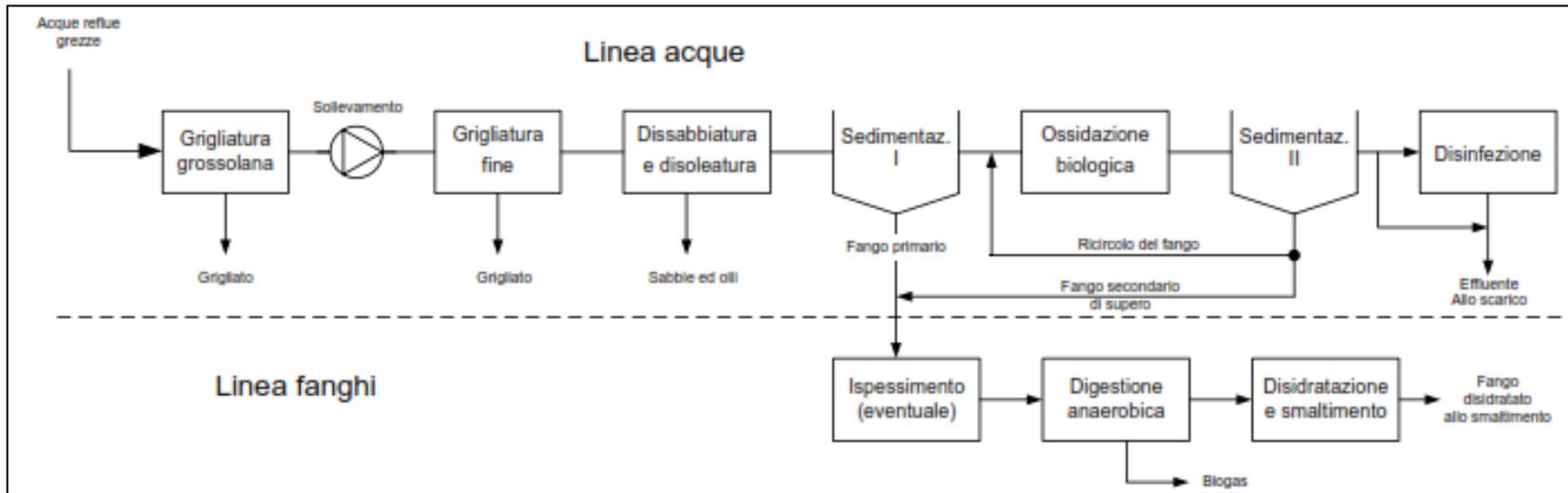
New	Max concentr.	Origin
Chlorite	0,25 mg/L	Anthropogenic
Chlorate	0,25 mg/L	anthropogenic
PFAS	0,10 µg/L	Anthropogenic
Total PFAS	0,50 µg/L	Anthropogenic
Beta-estradiol	0,001 µg/L	Anthropogenic
Bisphenol A	0,01 µg/L	Anthropogenic
Nonil phenol	0,3 µg/L	Anthropogenic
Haloacetic acid	80 µg/L	Anthropogenic
Microcystin	1 µg/L	Natural
Uranium	30 µg/L	Natural
Legionella	< 1000/L	Natural



- 1) Analisi
  - 2) Tecnologie
  - 3) Rischio
- (Normativa anche Riuso)



# Il trattamento convenzionale delle acque reflue urbane



# Il trattamento convenzionale delle acque reflue urbane

## STAZIONI DI SOLLEVAMENTO

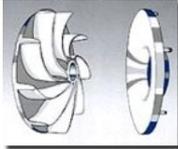
1

esempio di pompa con girante arretrata



Pompa

con supporto e girante estratti



Pompe  
girante e piastra di usura

## Grigliatura

2



3

## Dissabbiatura



4

## Sedimentazione I



# Il trattamento convenzionale delle acque reflue urbane



5

Trattamento Biologico



6

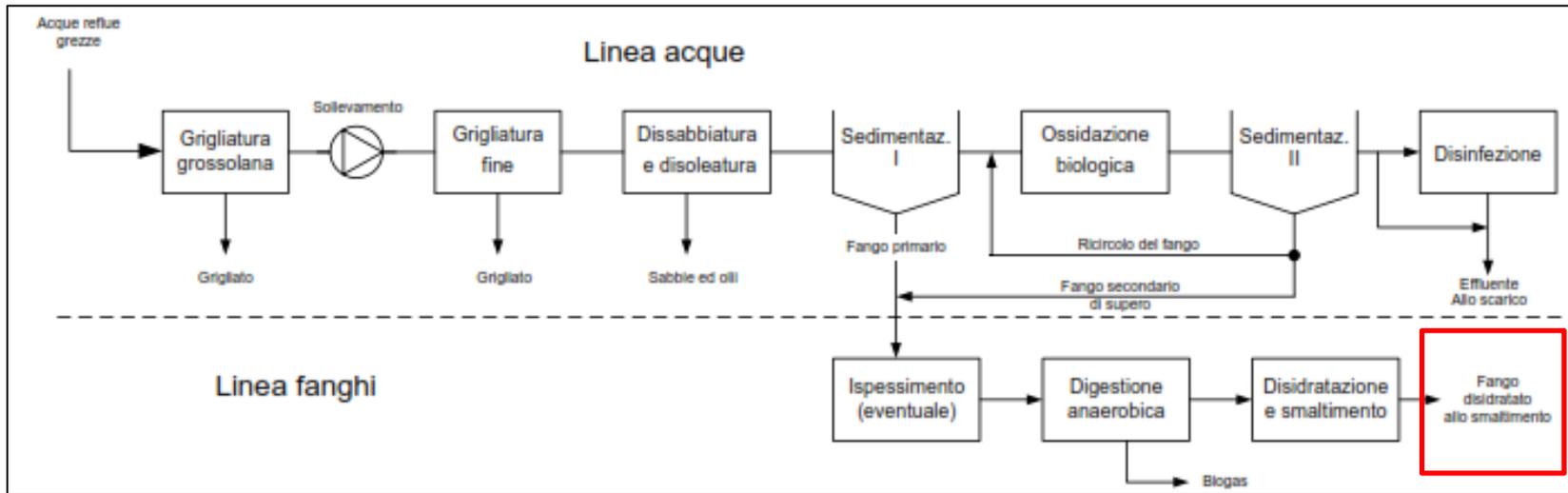
Sedimentazione II



7

Disinfezione

# Il trattamento convenzionale delle acque reflue urbane



# Miliardi di persone NON godono del valore Socio-Ambientale dell'acqua

**NUMERI IN  
SINTESI**



The world is not on track

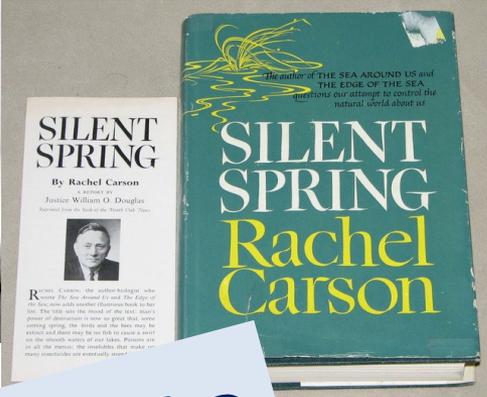
- 844 milioni non hanno accesso a servizi di base
- 2.1 miliardi non hanno adeguato accesso ad acqua potabile
- 4.5 miliardi non hanno adeguato accesso a servizi igienici
- 892 milioni praticano defecazione all'aperto
- 27 % della popolazione in Paesi meno sviluppati non ha accesso a sapone ed acqua per lavare le mani

Source: UN Wa



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Dal trattamento al recupero circolare di risorse



**Ambiente**

Rachel Louise Carson, 1962



Alexander King

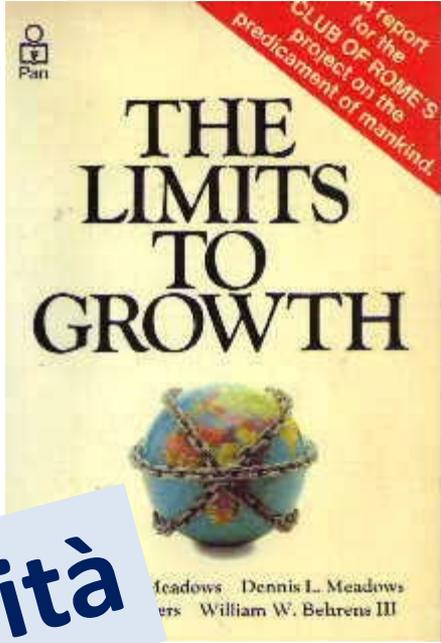


Aurelio Peccei



**Sostenibilità**

The club of Rome, 1968



Courtesy:  
Juan Lema, USC

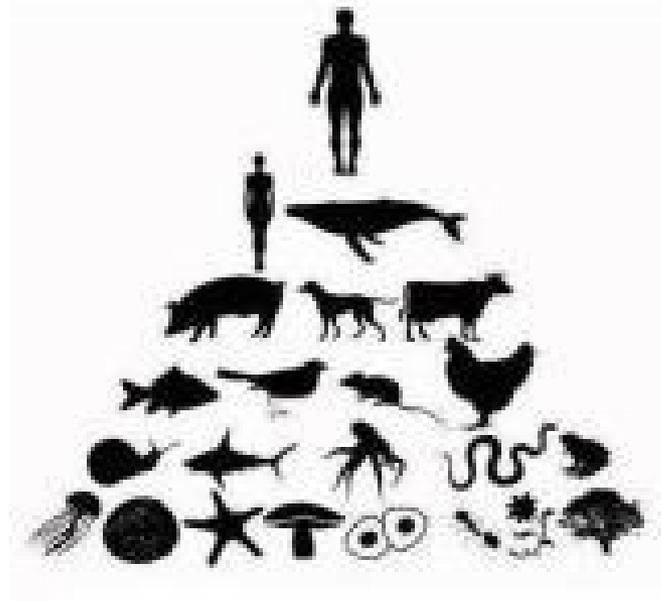


UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Dal trattamento al recupero circolare di risorse

-Dall'antropocentrismo all'ecocentrismo

## EGO



## ECO



# Dal trattamento al recupero circolare di risorse

Quanti Pianeta Terra sarebbero necessari se la popolazione mondiale visse come...



Source: Global Footprint Network National Footprint Accounts 2017



# Dal trattamento al recupero circolare di risorse

## L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile



**Il raggiungimento del SDG6 impatta su tutti gli altri obiettivi**



Source: UN Water

# La sostenibilità – Le Cinque P

## Strategia Nazionale per lo *Sviluppo Sostenibile (SNSvS)*

### 2017-2030 su proposta Ministero Ambiente



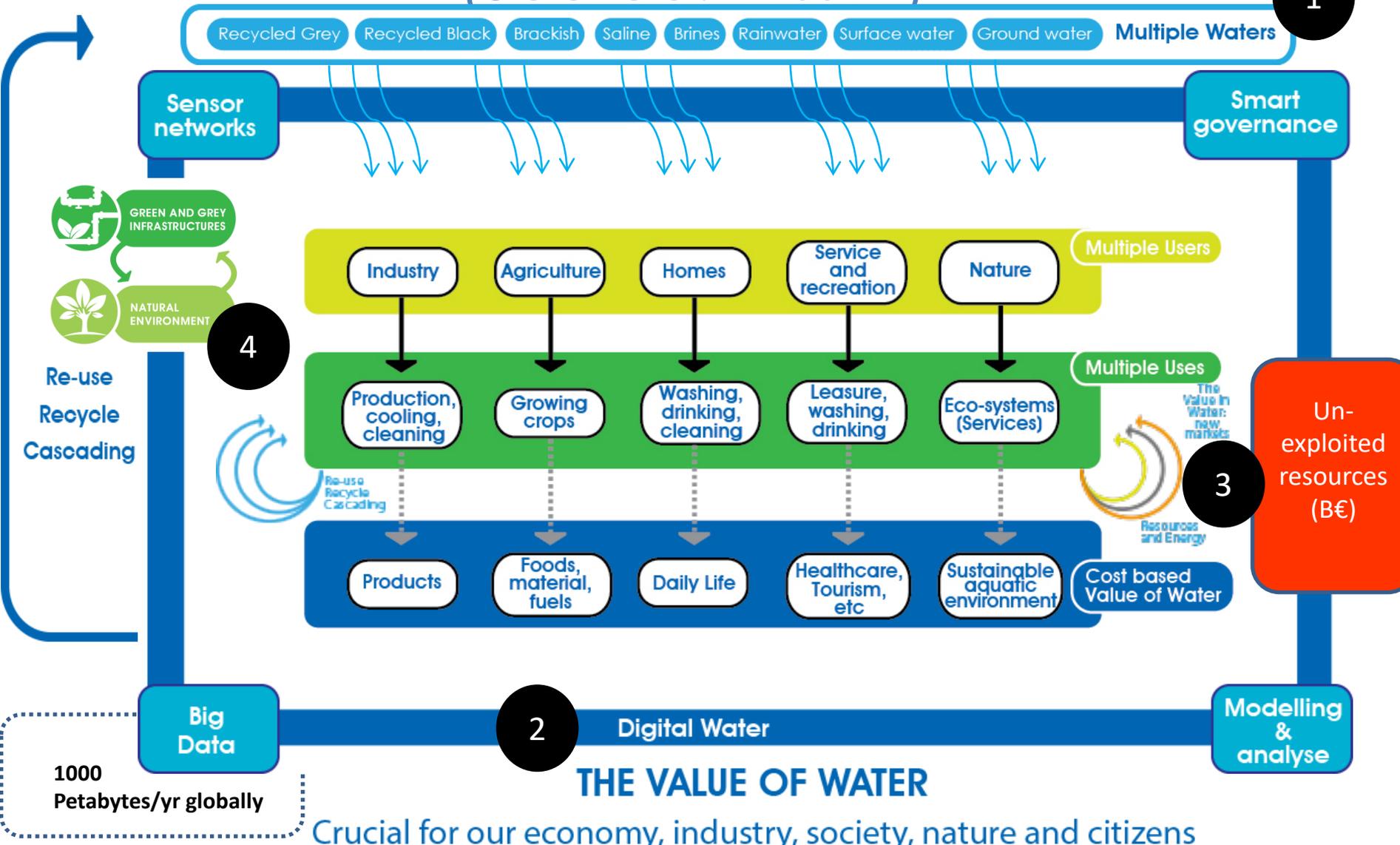
la crescita **economica**,  
l'inclusione **sociale** e la  
tutela dell'**ambiente**.

Source:  
UN Water



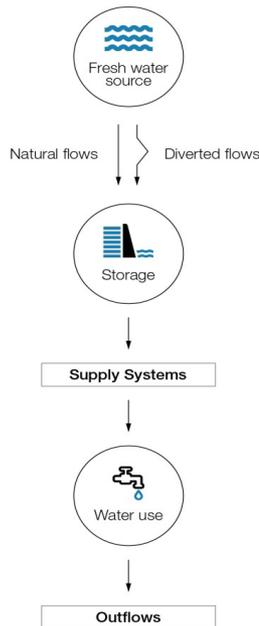
UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# L'innovazione nel settore idrico (Source: WssTP)

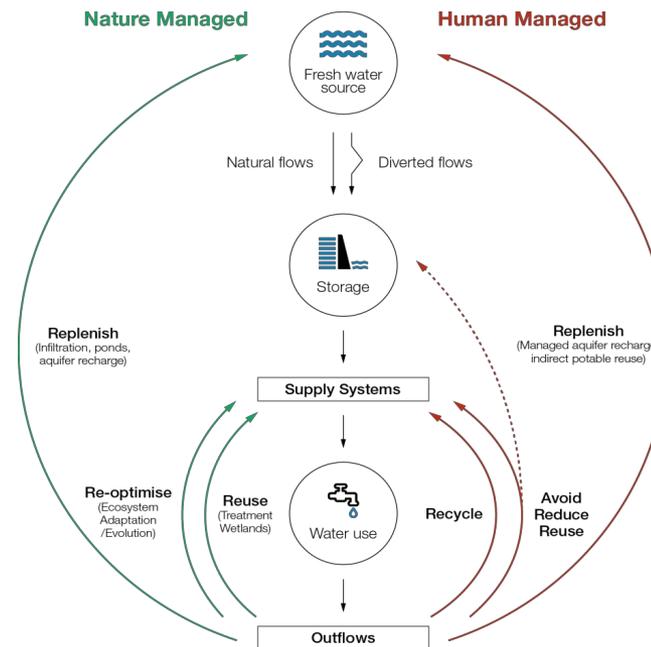


# dal Valore **DELL'ACQUA** al Valore **NELL'ACQUA**

System Without CE thinking



System With CE Thinking



Source: ARUP and McArthur Foundation (2018)

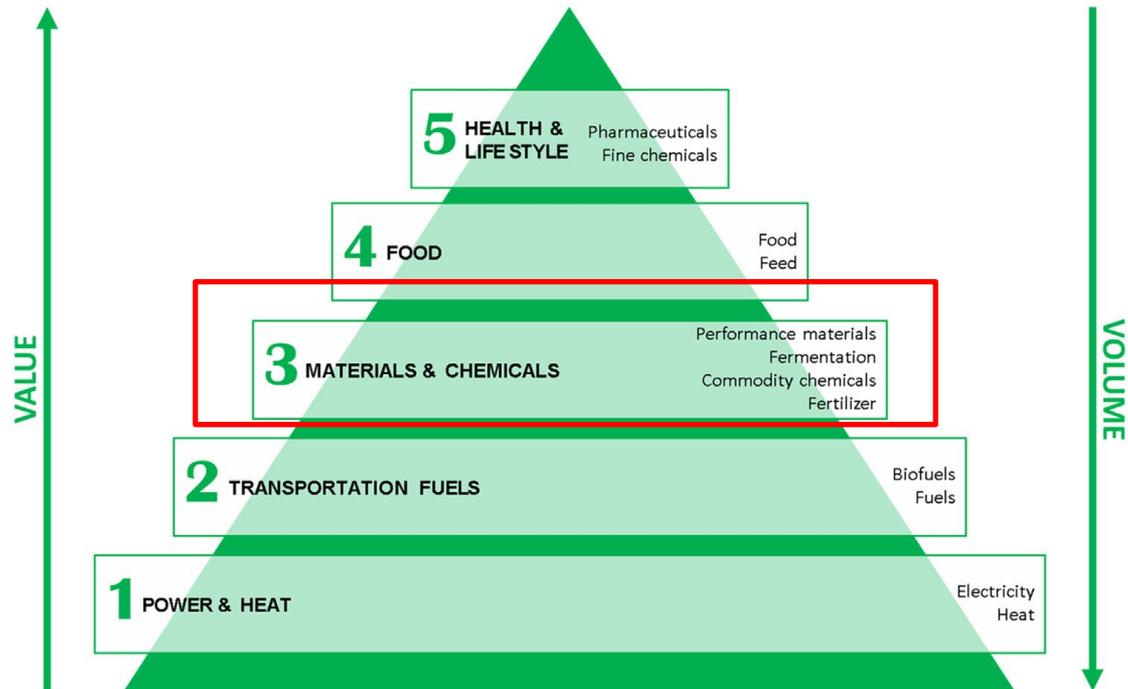


## Il valore **NELL'ACQUA**

- $6.6 \pm 0.5$  kg Cellulosa p.c. all'anno
- $3.3 \pm 0.5$  kgPHA p.c. all'anno
- $> 0.5-1.5$  kg Fosforo p.c. all'anno
- $12.8 \pm 1$  m<sup>3</sup> di metano p.c. all'anno
- $> 4.6 \pm 1.2$  kg Azoto p.c. all'anno
- $> 10$  kg BioFertilizers p.c. all'anno
- 80-120 m<sup>3</sup> acqua da riutilizzo p.c. all'anno



# Il valore **NELL'ACQUA**

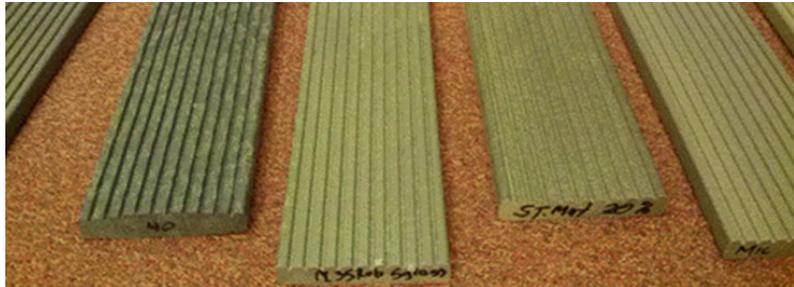


# Il valore **NELL'ACQUA**



Materiali Lignocellulosici e Biocompositi

Cellulosa nell'Industria dei cementi e degli asfalti

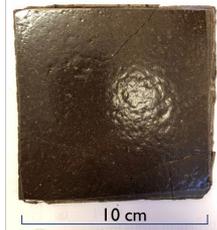


PHA per Biocompositi e Bioplastiche

Biofertilizzanti



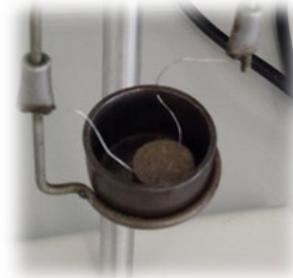
Dried PHA-rich Biomass (105°C for 24 h)



Dried PHA-rich Biomass + 20% of PHBV



Dried PHA-rich Biomass + 20% of PE



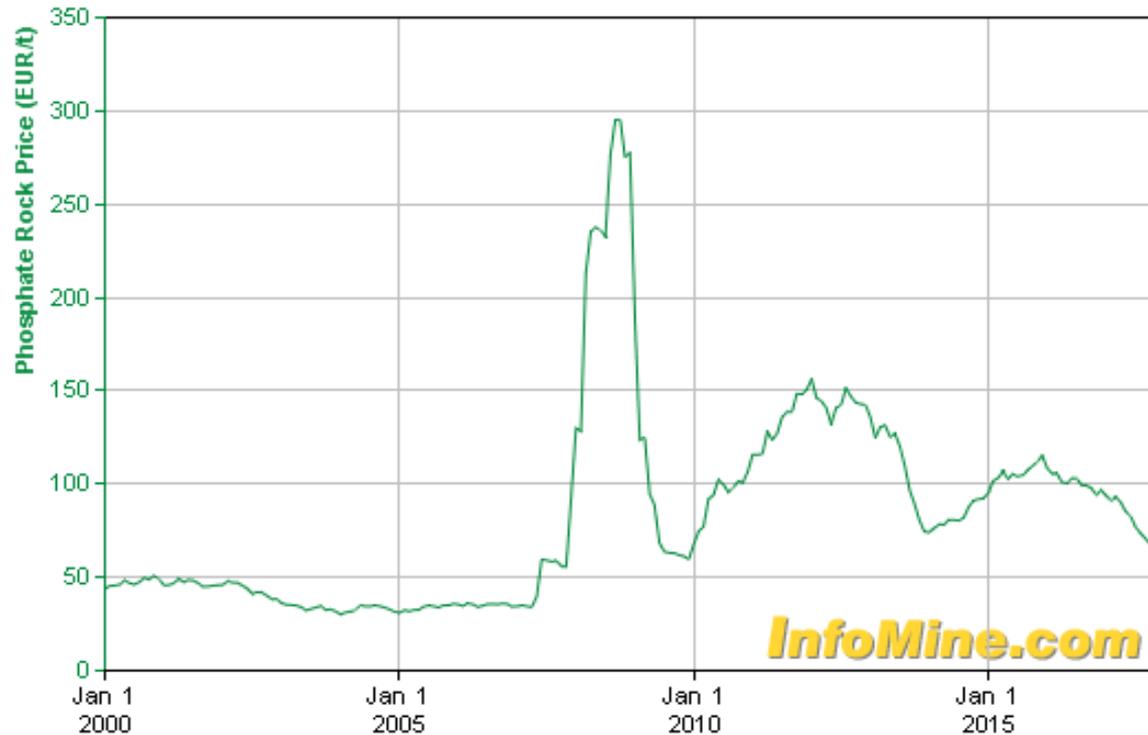
Strengthness of the biocomposites



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Il valore **NELL'ACQUA**

**Phosphate Rock Price**  
73.91 EUR/t  
28 Feb '18



# Il valore **NELL'ACQUA**

## La potenzialità di recupero del Fosforo

### Relevant bio-based waste streams - in Europe

[kton P/year]	Total	Recycled	Potential
Sewage sludge	297	115	182
Biodegradable solid waste	130	38	92
Meat & bone meal	128	6	122
<b>Total</b>	<b>427-555</b>	<b>153-160</b>	<b>274-396</b>
<b>Manure recycling =</b>	<b>1 736</b>		
<b>Mineral fertiliser use =</b>	<b>1 448</b>		

Van Dijk & OeOverview of phosphorus flows in wastes in Europe", 2013, Fertilisers Europe seminar, 6 Feb. 2013.  
Updated Van Dijk et al. 2015nema "

Crystal Green

Berlin Pflanze

PhosphorCare

Physiostart P Plus



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

Il valore **NELL'ACQUA**



# Soluzioni Digitali

**#Milano**

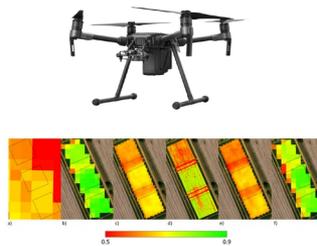
- Riutilizzo in sicurezza di acqua reflua depurata a uso irriguo in agricoltura
- Sensibilizzare la centralità del nesso tra acqua-energia-agricoltura-ecosistema



*Sensori per misura della contaminazione batterica*



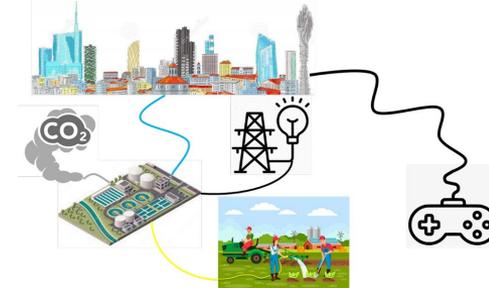
*Sistema di Early Warning per il riutilizzo in sicurezza*



*Monitoraggio da remoto dei fabbisogni e degli stress idrici*



*Piattaforma di Match making tra fabbisogno e disponibilità della risorsa idrica*



*Sviluppo di un serious game basato sui dati reali per l'analisi del nesso acqua-energia-agricoltura-ecosistema*

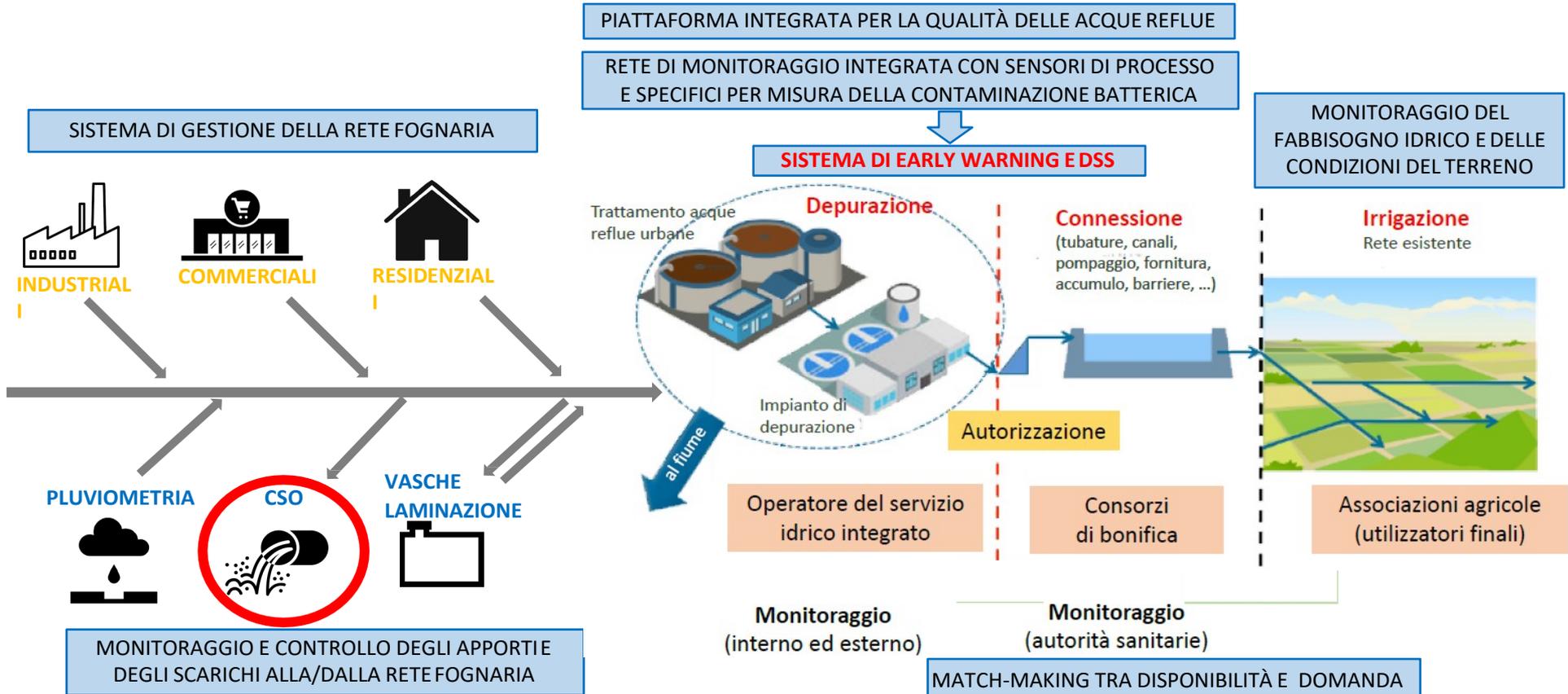


UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Il valore **NELL'ACQUA**

# Integrated Urban Wastewater Management Scheme

## Integrazione delle soluzioni digitali per il riutilizzo in sicurezza delle acque reflue in agricoltura



# Sensori per la misura in sito degli E.coli



PARIS



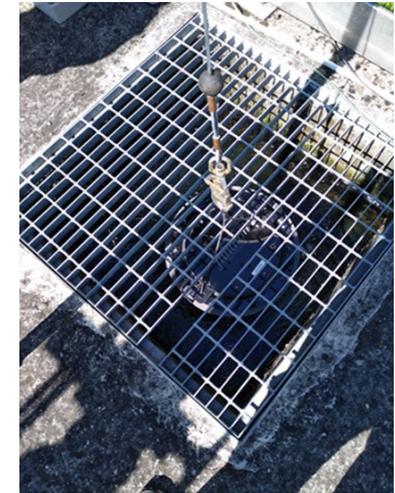
TESTED



BERLIN



TESTED

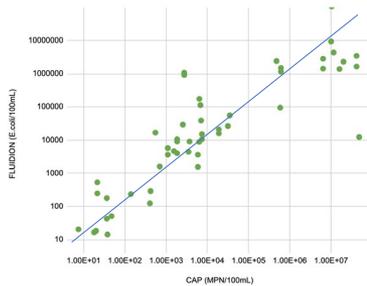


MILAN

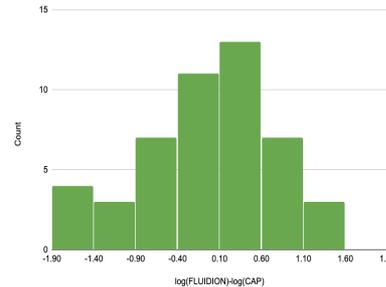


TESTED

CAP Wastewater NEW CALIBRATION



CAP Offset New Calibration





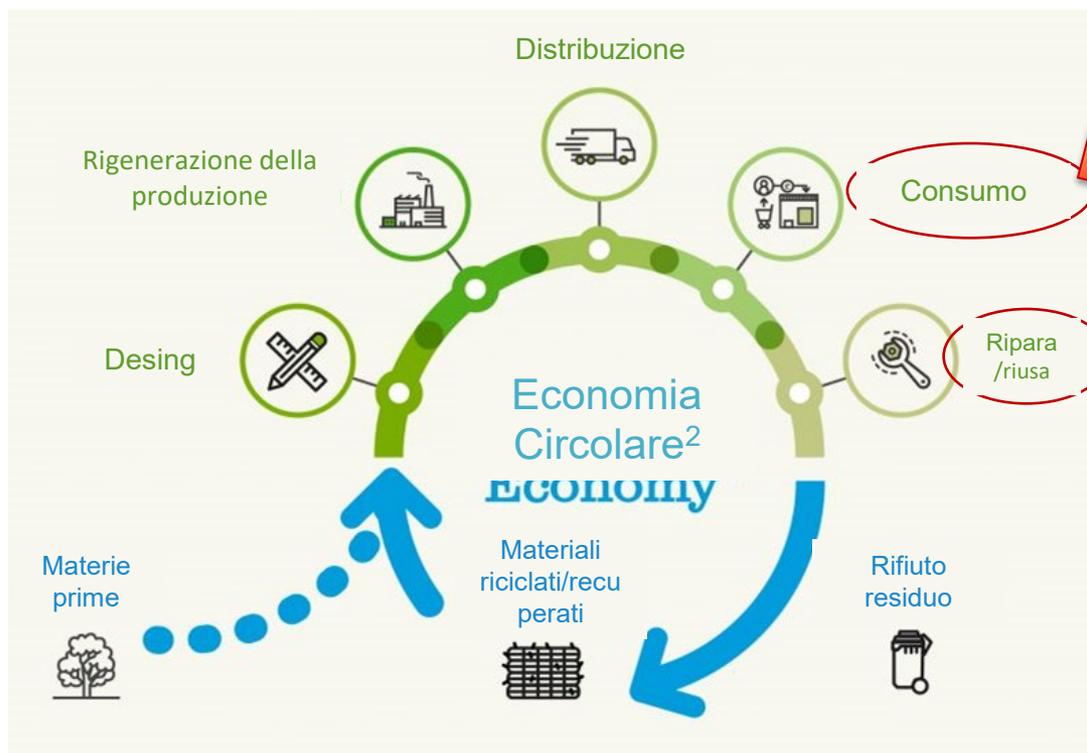
# Il valore **NELL'ACQUA**



Ci sono 2 possibili strategie:

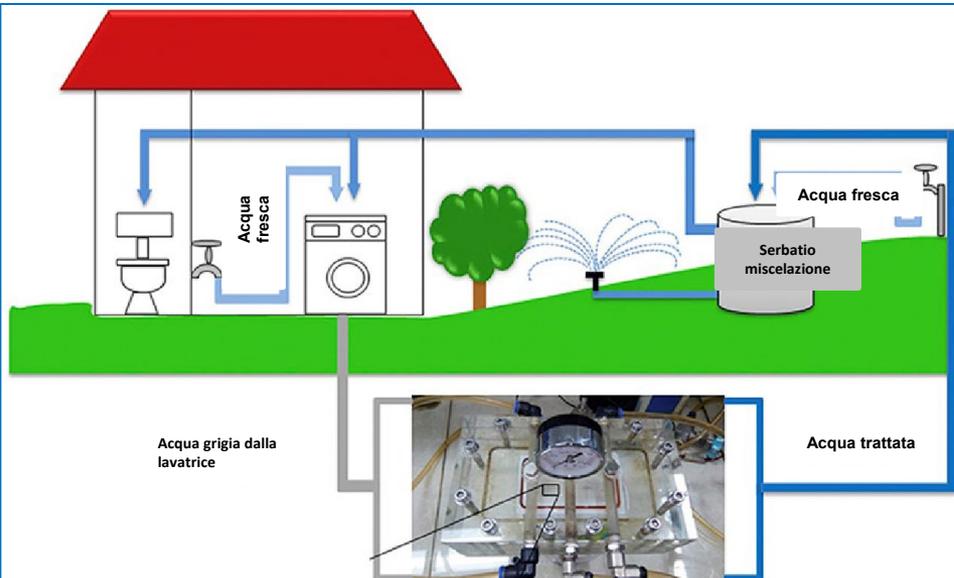
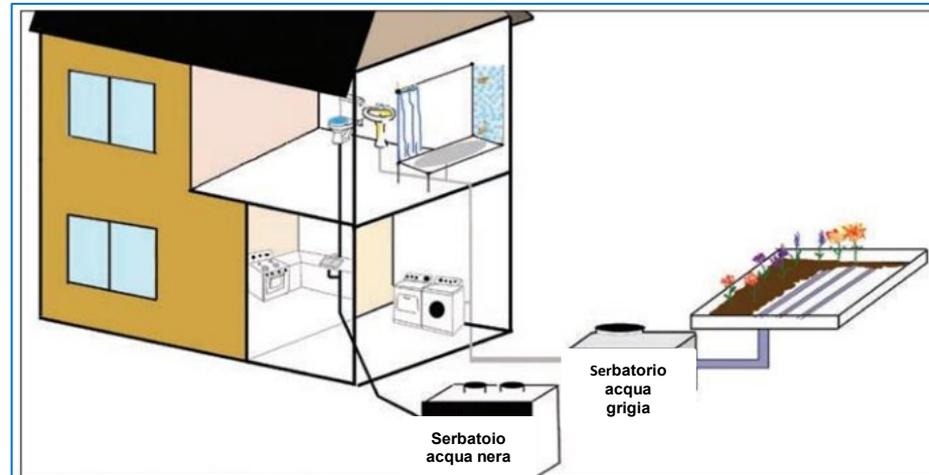
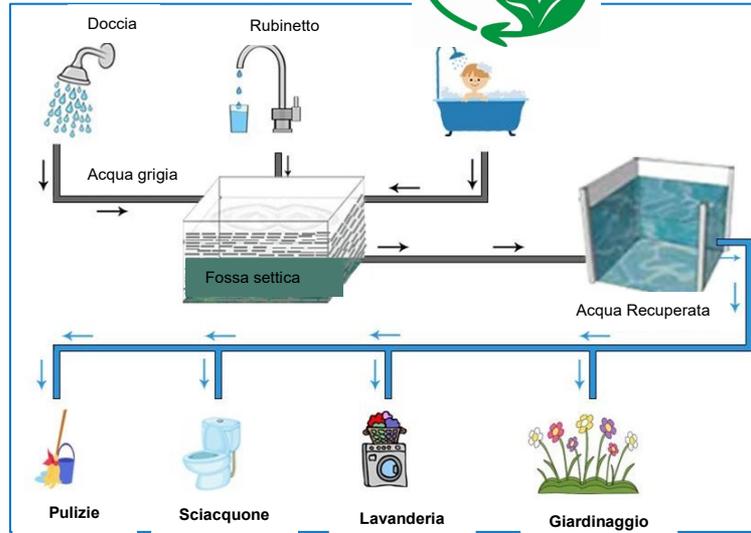
**1-Minimizzazione consume idrico**

**2- Gestione acqua ed acque reflue**



# Il valore **NELL'ACQUA**

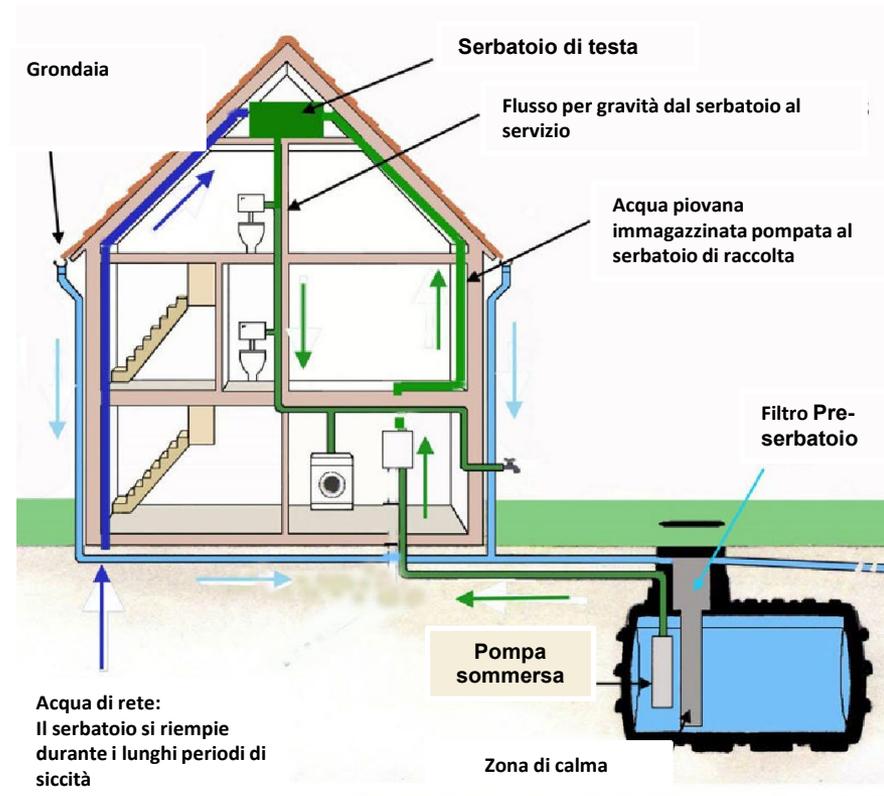
## Diversificazione e valorizzazione dei flussi separati



# Il valore **NELL'ACQUA**



## Raccolta dell'acqua piovana - Scala delle costruzioni



# Il valore **NELL'ACQUA**



## Struttura ECOTURISTA (Ecolodge) nell'isola di Tino

La soluzione innovativa è stata implementata nell'ambito del progetto H2020 HYDROUSA finanziato dall'UE. Nell'Ecolodge, i circuiti d'acqua sono integrati in una remota struttura ecoturistica.

I sistemi di recupero dell'acqua piovana e del vapore acqueo sono dimostrati all'interno delle strutture del **resort ecoturistico "Tinos Ecolodge"**. Ciò include la produzione di acqua potabile dall'acqua di vapore utilizzando un sistema simile a un dispositivo di cattura della nebbia. Le acque reflue sono trattate da canneti e vengono riciclate localmente in agricoltura.

L'acqua recuperata viene attualmente utilizzata per irrigare **0,15 ettari di colture locali**. La struttura è lontana dalla rete e quindi tutte le attività saranno alimentate utilizzando energia rinnovabile.



# Il valore **NELL'ACQUA**

**Sistema di raccolta dell'acqua piovana:** questa soluzione innovativa è stata implementata nell'ambito del progetto H2020 HYDROUSA finanziato dall'UE.

La soluzione ottimizzerà un sistema esistente di raccolta dell'acqua piovana delle residenze domestiche situate in un villaggio di Mykonos per recuperare l'acqua potabile dopo una lenta filtrazione a sabbia e ricaricare l'acqua nella falda acquifera, mitigando il problema a lungo riscontrato dell'intrusione di acqua salina.

L'acqua verrà utilizzata per coltivare la **lavanda** per la produzione di oli essenziali.



# Il valore **NELL'ACQUA**



**Samba Hotel** è un grande resort (441 camere), aree verdi e piscine esterne, sala conferenze, bar e ristorante.



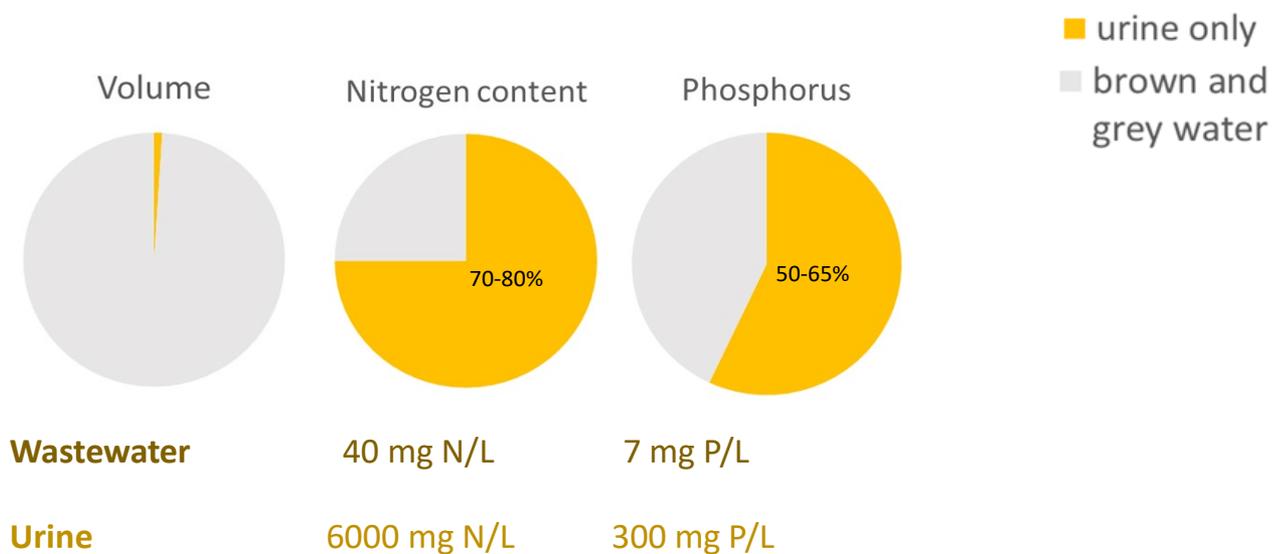
La soluzione proposta all'interno del progetto demEAUmed integra tecnologie innovative di trattamento dell'acqua, TIC e strumenti di gestione dell'acqua. Diverse tecnologie di trattamento delle acque collaudate a livello pre-commercializzabile vengono combinate adeguatamente per trattare e adattare i diversi flussi d'acqua alle necessità delle diverse aree del resort, risparmiando al contempo il consumo di acqua dolce e riducendo l'impatto ambientale e socio-economico in modo sicuro.

- Certificato da EMAS e ISO14001
- Consumo di acqua da 25.000 a 34.000 m<sup>3</sup> / anno (da 100 a 135 L / persona / giorno)
- Sistema acque grigie per water closets





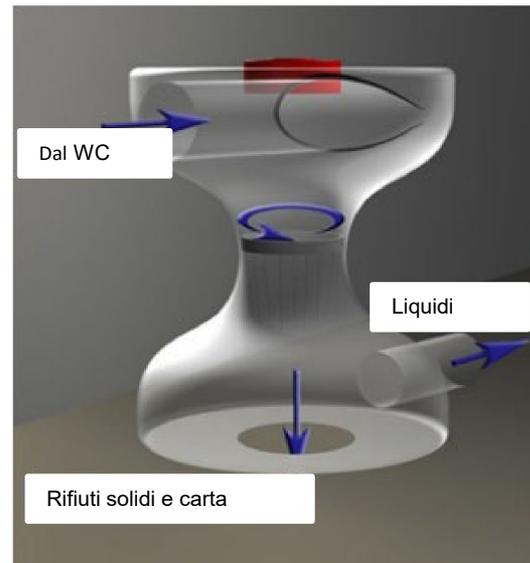
## La separazione dell'Urina



# Il valore **NELL'ACQUA**



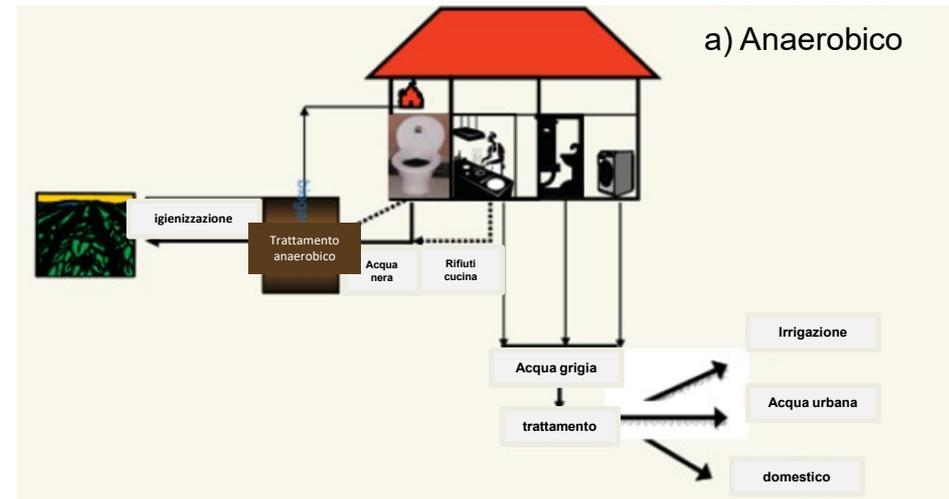
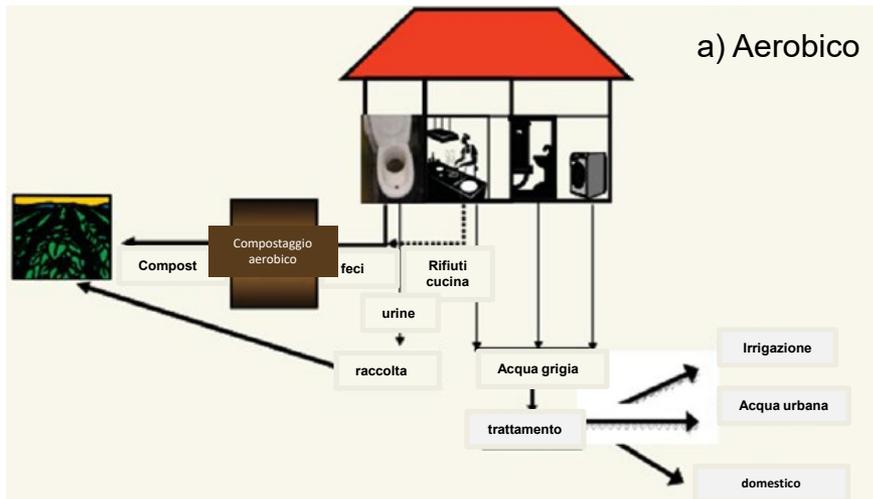
## Sistemi con PRE-SEPARAZIONE DI FECI / URINE



# Il valore **NELL'ACQUA**



## Diversificazione e valorizzazione dei flussi separati



Sneek, Lemmerweg-  
Oost  
32 houses are treated.



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

# Il valore **NELL'ACQUA**

**Sistemi idroponici: tecnologia Ecosystem verticale costruita a base vegetale per il trattamento delle acque grigie**

## **Vantaggi di vertECO:**

Chiusura del ciclo dell'acqua

Riduzione sostenibile del consumo di acqua (fino al 50%)

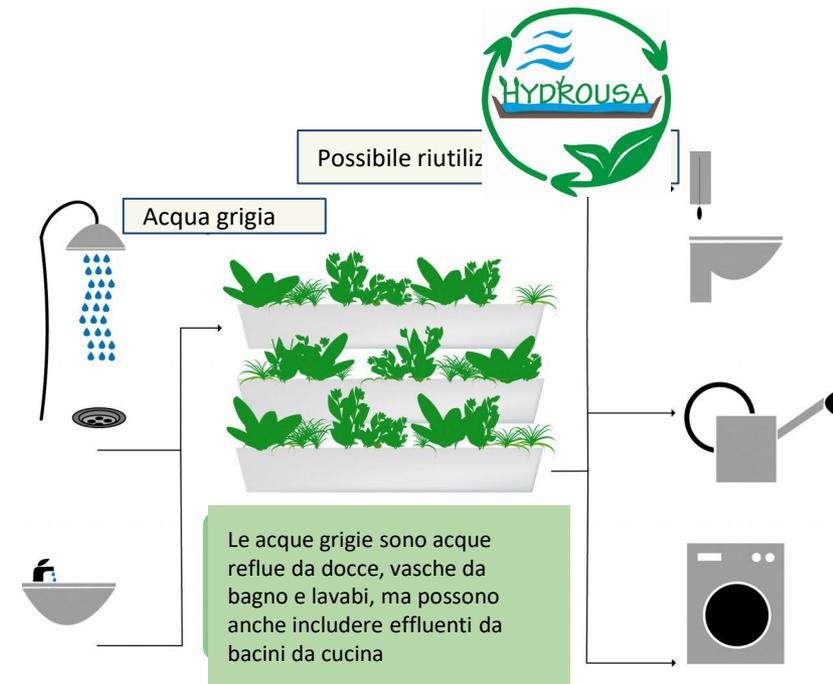
Prodotti privi di sostanze chimiche e zero materiali di consumo

Esteticamente gradevole e molteplici opzioni di design

**Innovazione chiave dei servizi ecosistemici e integrazione dell'estetica verde direttamente negli edifici**



Unità pilota con una capacità fino a 2 m<sup>3</sup>acqua / giorno



## **Caratteristiche:**

- l'allestimento verticale ottimizza l'utilizzo dello spazio
- installazione all'esterno o all'interno
- soluzione economica per il trattamento di acque reflue prive di solidi e fecali
- elevati tassi di rimozione dei contaminanti
- basso consumo energetico
- Adatto per hotel con elevato consumo di acqua e aree verdi
- Notevoli miglioramenti microclimatici, con minore richiesta di climatizzazione interna



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

Article

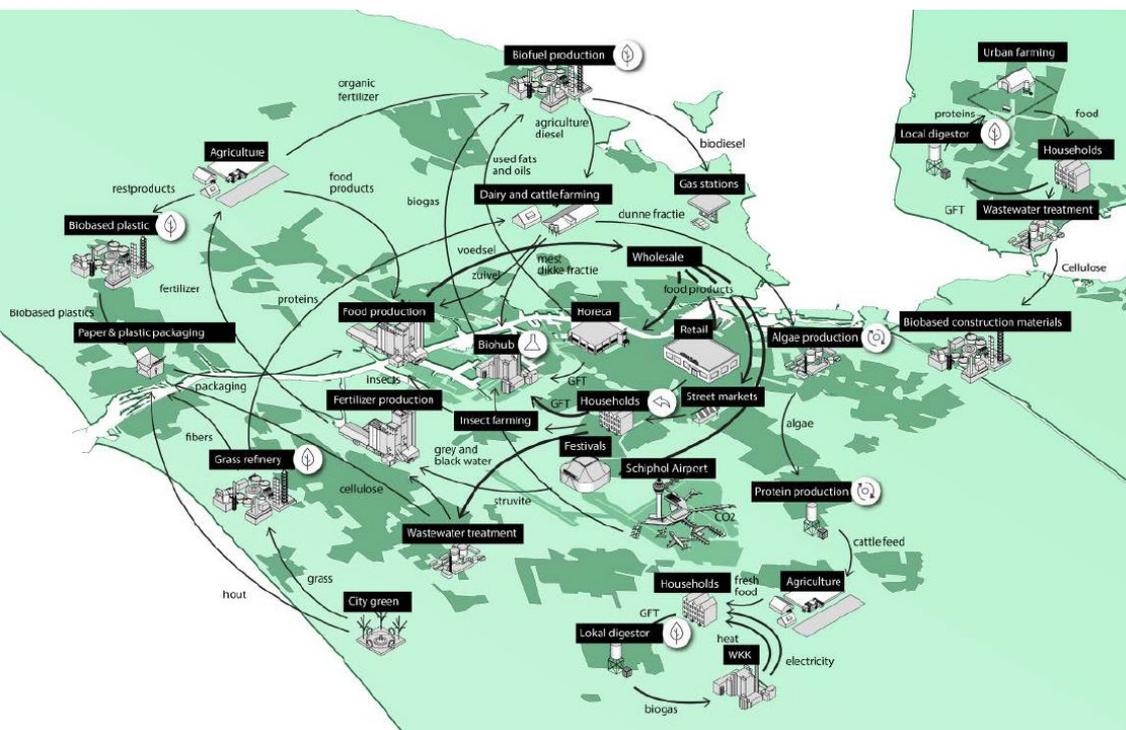
# Water-Energy-Food-Climate Nexus in an Integrated Peri-Urban Wastewater Treatment and Reuse System: From Theory to Practice

Enrico Marinelli <sup>1</sup>, Serena Radini <sup>1</sup>, Çağrı Akyol <sup>2</sup>, Massimiliano Sgroi <sup>1,\*</sup>, Anna Laura Eusebi <sup>1,\*</sup>, Gian Battista Bischetti <sup>3</sup>, Adriano Mancini <sup>4</sup> and Francesco Fatone <sup>1</sup>

## Substituted production of synthetic fertilizer

N	8	kgCO <sub>2</sub> eq/kgN
P	1,5	kgCO <sub>2</sub> eq/kgP
K	0,8	kg CO <sub>2</sub> eq/kgK

# Dal valore nell'acqua a visioni integrate acqua-rifiuto



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

CIRCLE ECONOMY | FABRIC TWO | Gemeente Amsterdam

# Dal valore nell'acqua a visioni integrate acqua-rifiuto

SEA2LAND



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

ANSA.it **Press Release** [Fai la ricerca](#) [Ilt](#) [Vai alla Borsa](#) [Vai al Meteo](#) [Corporat Prodotti](#)

[Cronaca](#) [Politica](#) [Economia](#) [Regioni +](#) [Mondo](#) [Cultura](#) [Tecnologia](#) [Sport](#) [FOTO](#) [VIDEO](#) [Tutte le sezioni +](#)

SPECIALI [Ambiente](#) [ANSA2030](#) [ANSA ViaggiArt](#) [Eccellenze](#) [Industry 4.0](#) [Legalità](#) [Lifestyle](#) [Mare](#) [Motori](#) [Salute](#) [Scienza](#) [Sisma](#) [Terra&Gusto](#)

ANSA.it [Marche](#) [Press Release](#) [Dai rifiuti della pesca nuova vita per l'agricoltura](#)

COMMUNICATO STAMPA - Responsabilità editoriale UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

## Dai rifiuti della pesca nuova vita per l'agricoltura

Ad Ancona uno dei sei casi studio del progetto internazionale "Sea2Land"

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE 03 marzo 2021 14:26



Produce fertilizzanti biologici dai rifiuti della pesca per un'agricoltura europea sostenibile. Di questo si occupa il progetto **SEA2LAND**, finanziato dal programma di ricerca Horizon 2020.

**PRESS RELEASE**

Responsabilità editoriale:  
**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**PRESS RELEASE**

- Dai rifiuti della pesca nuova vita per l'agricoltura**  
UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
- Infor Ma srl contribuisce al servizio Taxi sociale di Auser**  
Pagine Srl SpA
- Cinema, televisione, teatro e letteratura al fianco del Pascale**  
ISTITUTO NAZIONALE TUMORI IRCCS
- XXXII Palio dei Comuni Ippodromo San Paolo di Montegiorgio**  
F&R Communication Event
- Il Pascale a casa tua**  
ISTITUTO NAZIONALE TUMORI IRCCS

[> Tutti i comunicati](#)

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

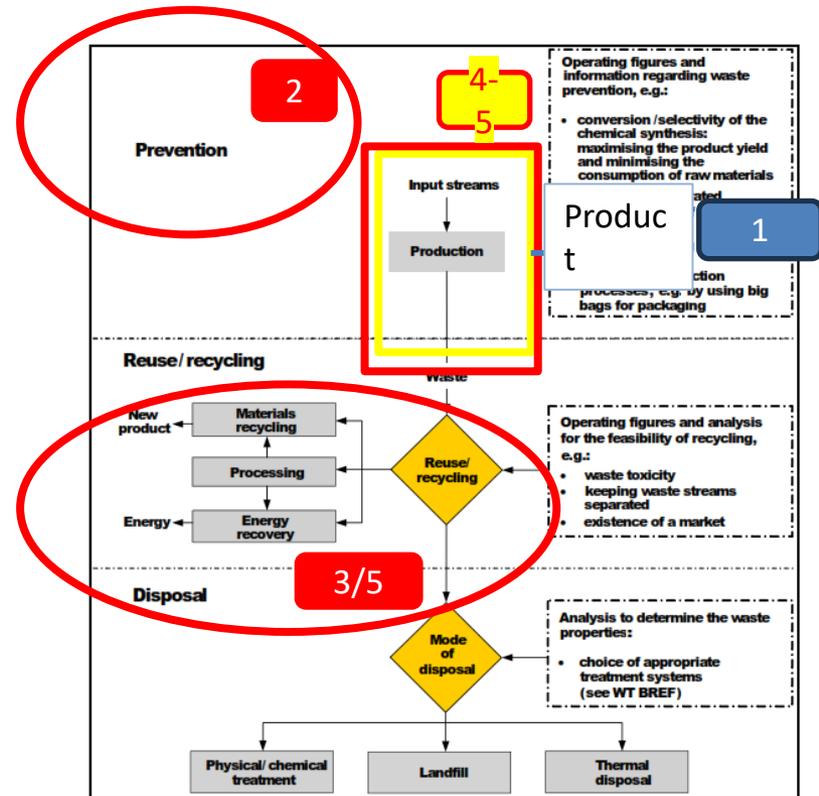
## 1- Sostenibilità di un prodotto

2- Recupero di prodotti internamente al ciclo produttivo

3- Recupero di nuovi prodotti per uno specifico mercato

4- Sostenibilità della produzione/servizio

5- Recupero di energia



# Dal valore nell'acqua a visioni integrate acqua-rifiuto



Figura 1: Il Green Deal europeo

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

## AUDIT ENERGETICO e IMPRONTA DI CARBONIO

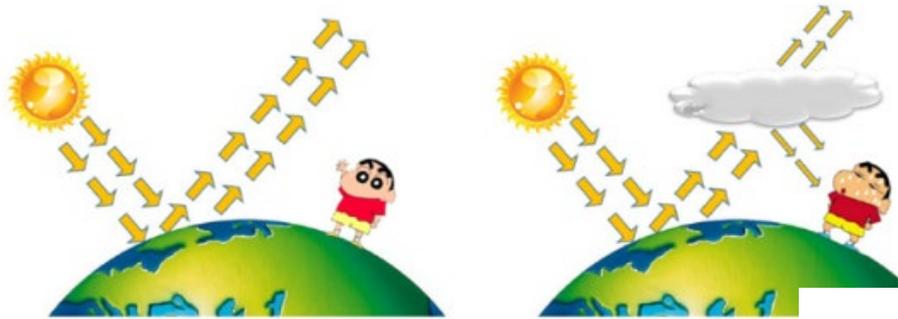


Figure 1.3 Cause of global warming.

**EFFETTO SERRA E  
POTENZIALE DI  
SURRISCALDAMENTO  
TERRESTRE!**

Table 1.1 GWP values for greenhouse gases.

	GWPs	
	Cumulative Forcing Over 100 Years	Cumulative Forcing Over 20 Years
CO <sub>2</sub>	1	1
CH <sub>4</sub>	28	84
N <sub>2</sub> O	265	264
CF <sub>4</sub>	6630	4880
HFC-152	138	506

Source: IPCC (2014).

Based on GWP, we can use the following two equations to convert the emissions of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O to the equivalent emissions of CO<sub>2</sub>:

$$\text{CO}_{2\text{-eq}} = 28 \times M_{\text{CH}_4} \quad (1.1)$$

$$\text{CO}_{2\text{-eq}} = 265 \times M_{\text{N}_2\text{O}} \quad (1.2)$$



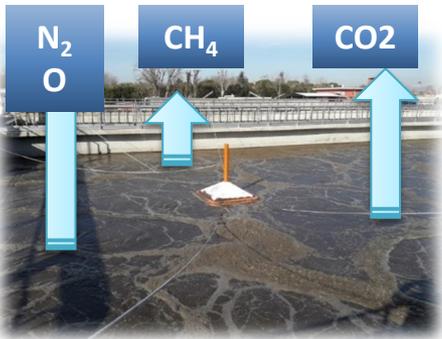
Il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico è il foro scientifico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, l'Organizzazione meteorologica mondiale e il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente allo scopo di studiare il riscaldamento globale



## Impronta di carbonio: definizione

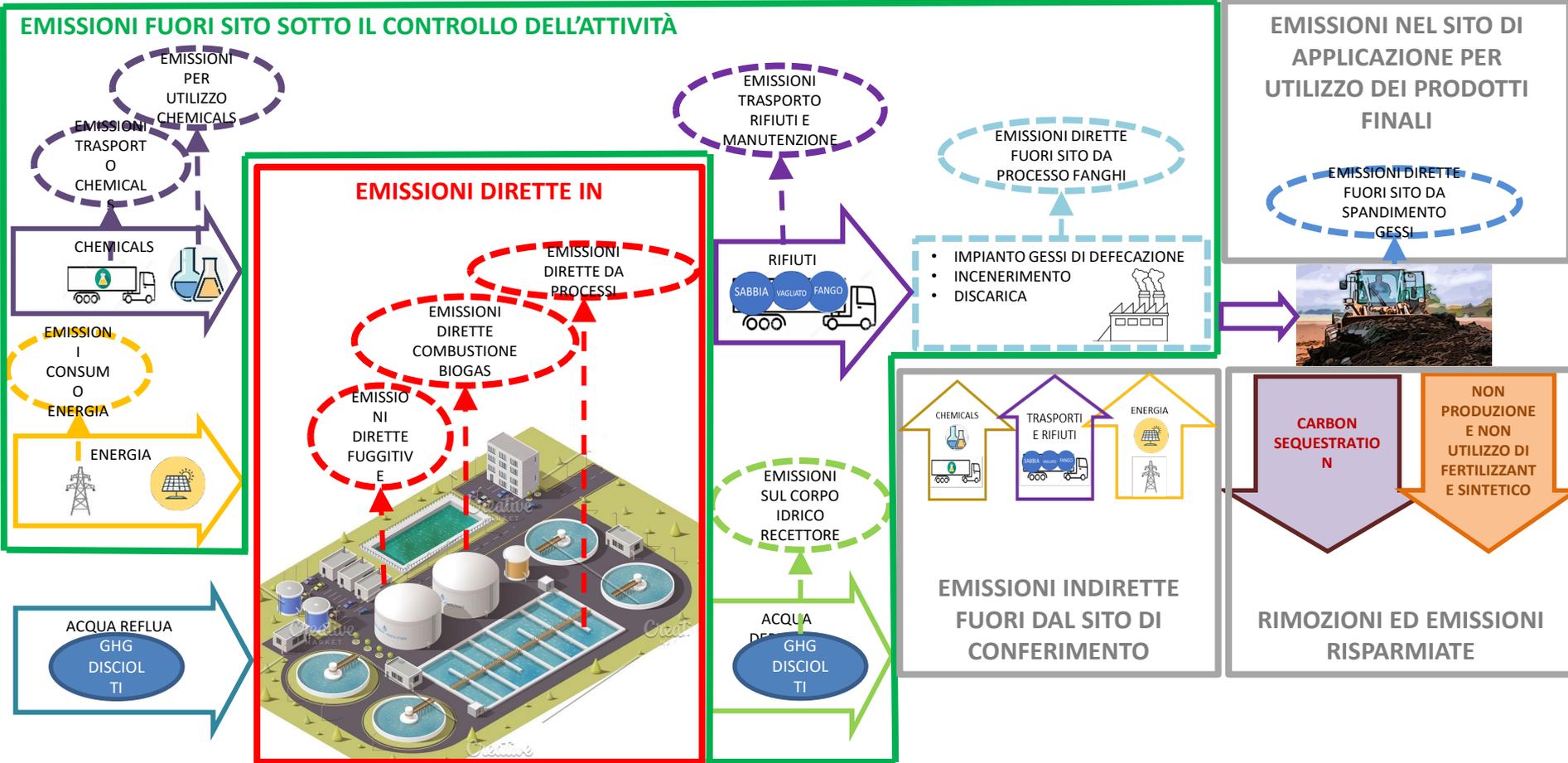
Il **carbon footprint** è una misura che esprime in **CO2 equivalente** il totale delle **emissioni di gas ad effetto serra** associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio.

L'unità di misura di riferimento è espressa in tonnellate di **CO2 equivalente (tCO2e)** e permette di esprimere l'effetto serra prodotto dai gas emessi, trasformandolo in effetto serra prodotto dalla CO2 attraverso i rispettivi **Global Warming Potential (GWP)**.



		GWP VALUES FOR 100 YEARS TIME HORIZON			
Common name	Chemical formula	Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)	Sixth Assessment Report (AR6)
Carbon dioxide	CO2	1	1	1	1
Methane	CH4	21	25	28	27
Nitrus oxide	N2O	310	298	265	273

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione



# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

## Carbon Footprint – UNI EN ISO 140641-Metodologia



$$\text{Emissione di GHG} = \text{Dato attività} * \text{EF} * \text{GWP} \quad [\text{tonCO}_2\text{eq/y}]$$

**Dato attività** è la quantità, generata o utilizzata, che descrive l'attività, espressa in termini di energia (J o MWh), massa (Kg) o volume (m<sup>3</sup> o l)

**GWP** "Global Warming Potential" sono coefficienti ricavati da linee guida IPCC, utilizzati per convertire le emissioni dei singoli gas serra in emissioni di CO<sub>2</sub>e.

Fonte: IPCC  
6° Assessment, 2019

**EF** è il fattore di emissione che trasforma la quantità nella conseguente emissione di GHG, espressa in CO<sub>2</sub> emessa per unità di dato attività

Fonte in FASE 1: dati Tecnico/scientifici appositamente Contestualizzati e espressi in Media e Deviazione Standard per caso Massimo

# Carbon Footprint – UNI EN ISO 140641- Metodologia

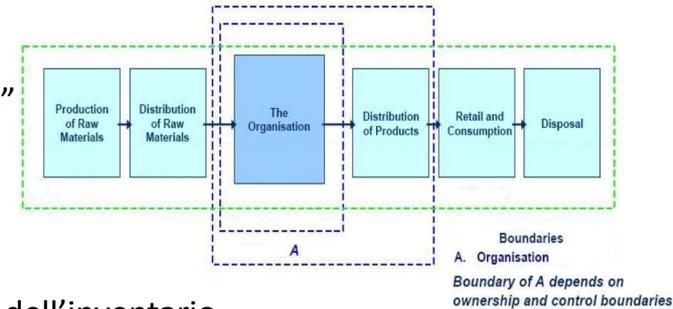


## A) Individuazione dei confini organizzativi ed operativi

approccio per l'analisi e la quantificazione dei GHG di tipo a “**controllo operativo**”



VENGONO CONTABILIZZATE LE **EMISSIONI RELATIVE AL SERVIZIO DI  
DEPURAZIONE SULLE QUALI L'ORGANIZZAZIONE HA IL CONTROLLO OPERATIVO**



**B) Individuazione delle fonti di emissione**, caratterizzazione e rendicontazione dell'inventario in accordo agli scopi previsti dalla ISO 14064-1-**Contestualizzazione nel Servizio Depurazione**:

<i>EMISSIONI E RIMOZIONI DIRETTE</i>	<i>EMISSIONI INDIRETTE</i>
Emissioni dirette da combustione fissa	Emissioni indirette correlate al consumo energetico (per diversi vettori)
Emissioni dirette correlate ai processi	Emissioni indirette da trasporto per smaltimento rifiuti, conferimento chemicals, manutenzione interna
Emissioni dirette fuggitive	Emissioni indirette da produzione dei chemicals
Rimozioni dirette	Emissioni indirette sul corpo idrico recettore
	Emissioni indirette da/per rifiuti generati

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

## Carbon Footprint – UNI EN ISO 140641-Metodologia



**C) Individuazione delle TIPOLOGIE dei GHG** (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub> e altri gruppi appropriati), che contribuiscono all'emissione diretta e criterio di significatività

### D) Sotto-classificazione e contributi CO<sub>2</sub>

Laddove possibile ed applicabile il principio di **sotto-classificazione**, ogni categoria verrà suddivisa in emissioni:

#### 1) non biogeniche

2) antropogeniche biogeniche



Emissioni da materia biogenica risultanti da attività antropiche

3) non antropogeniche biogeniche



Emissioni da materia biogenica causate da fenomeni naturali

Laddove possibile e applicabile scindere i

contributo della CO<sub>2</sub> biogenica



CO<sub>2</sub> ottenuta dall'ossidazione di carbonio derivante da biomassa (di origine biologica)

### E) Contabilizzazione delle emissioni e delle rimozioni

- Specifiche sulla modalità di raccolta dati
- Specifiche sull'approccio di quantificazione



Anche con Rappresentatività e Incertezze di Calcolo

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

## Carbon Footprint – UNI EN ISO 140641-Metodologia Esempi Fattori Emissivi



Tabella 15: Emissioni dovute al trasporto

MEZZI DI TRASPORTO	gN <sub>2</sub> O/km	gCH <sub>4</sub> /km	gCO <sub>2</sub> /km	REFERENZA
Veicoli leggeri per trasporto merci	0.006	0.001	245	SINANET 2019
Veicoli pesanti per trasporto merci	0.030	0.019	670	
Automobili a carburante fossile	0.002	0.023	164	
Automobili ibride	0.002	0.018	140	
Automobili a gas naturale	0.002	0.065	178	
Autobus urbani a diesel	0.019	0.075	1064	
Autobus urbani a gas naturale	1	3.39	1324	
Autobus extraurbani	0.021	0.040	707	
MEZZI DI TRASPORTO	gN <sub>2</sub> O/km	gCH <sub>4</sub> /km	gCO <sub>2</sub> /km	REFERENZA
Treno	0.047	0.048	25	Clim Foot 2017
Nave	0.0004	0.0001	8	IMO 2015

Tabella 14: Fattori di emissione per l'utilizzo di reagenti

REAGENTE	kgCO <sub>2</sub> e/ton	REFERENZA
Cloruro Ferrico (40%)	145	Kemira report 2013
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1230	Winnipeg sewage treatment program South End plant – report 2011
Idrossido di sodio (50%)	1096	Simapro 7 (2011)
Poli elettrolita	805	SNF Nordic (2011); Afridana (2012)
	4250	Marilys Pradel, A.L. Reverdy 2013
	2200	Winnipeg sewage treatment program South End plant – report 2011
	2082	Johnston & Karanfil 2013
Ipoclorito di sodio (15%)	920	Winnipeg sewage treatment program South End plant – report 2011
Acido Peracetico (15%)	3373	Althaus et al. (2007), ENERWATER 2018
Acido Citrico	430	REDcert 2014
Alluminato Sodico	1230	-
Ossigeno liquido	410	Winnipeg sewage treatment program South End plant – report 2011
Antischiuma	287	Thunberg et al. 2013
Acido Formico	2510	Winnipeg sewage treatment program South End plant – report 2011

Tabella 13: Fattori di emissione per il consumo di energia elettrica e termica

ENERGIA	FONTE	EF		REFERENZA
Energia elettrica	Fonte fossile	398	tonCO <sub>2</sub> e/GWh	ISPRA 2021
	Gasolio	663	tonCO <sub>2</sub> e/GWh	
	Gas naturale	372	tonCO <sub>2</sub> e/GWh	
Energia termica	Gas naturale	209	tonCO <sub>2</sub> e/GWh	ISPRA 2021
	Gasolio	266	tonCO <sub>2</sub> e/GWh	IPCC 2019

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

## Carbon Footprint – UNI EN ISO 140641-Metodologia

### Esempi Fattori Emissivi



Tabella 17: Fattori di emissione di CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> per le emissioni su corpo idrico recettore

GHG	MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD		REFERENZA
CO <sub>2</sub>	2.3	1.8	kg CO <sub>2</sub> /kgCOD effluente	Database UNIVPM
CH <sub>4</sub>	0.04	0.05	kg CH <sub>4</sub> /kgCOD effluente	IPCC 2019; Database UNIVPM
N <sub>2</sub> O	0.04	0.03	kg N <sub>2</sub> O/kgN effluente	O. P. Koutsou et al. 2018; Masuda et al. 2018; Caniani

# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

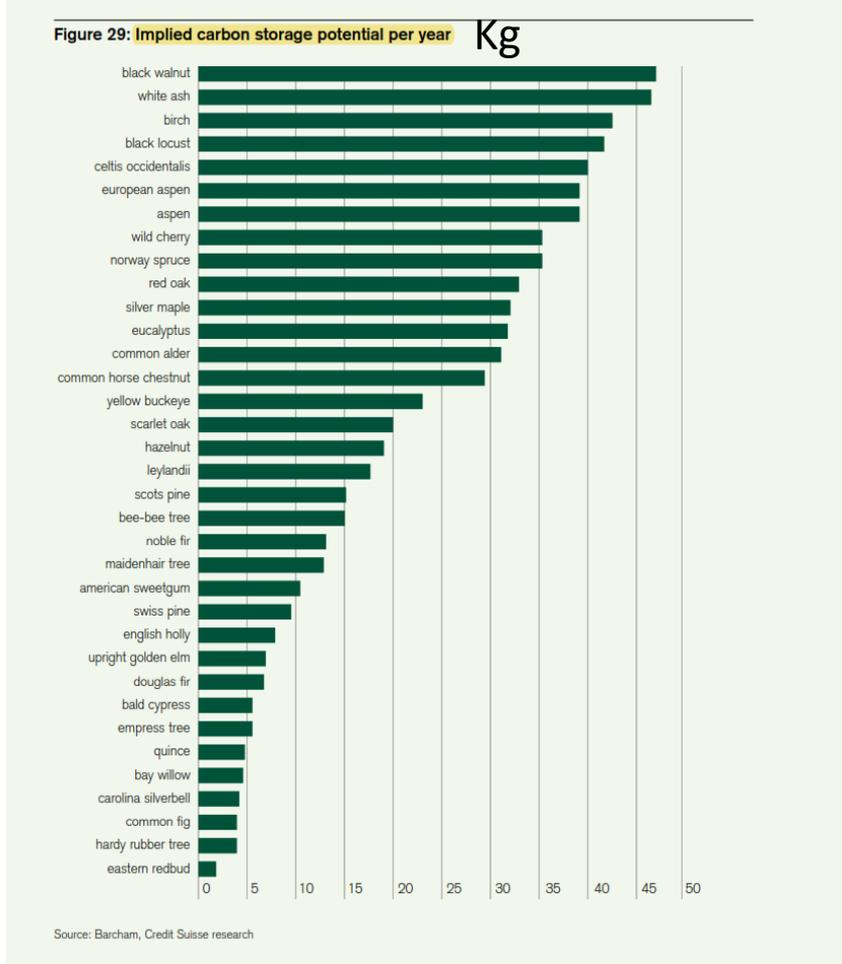
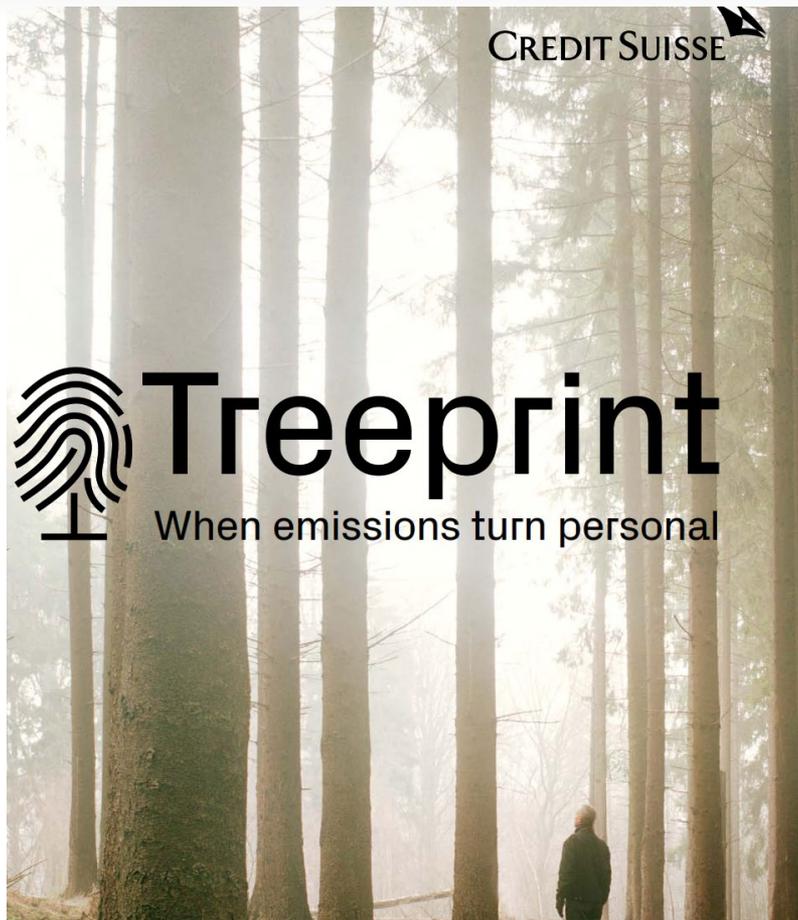
## Carbon Footprint – UNI EN ISO 140641-Metodologia Esempi Fattori Emissivi



Tabella 18: Fattori emissivi per le emissioni generate dal processo tecnologico di trattamento dei fanghi nel sito di conferimento

DESTINAZIONE	GHG	EF		REFERENZA
Discarica	N <sub>2</sub> O	0.008	kg N <sub>2</sub> O/kg N	Haas et al. 2008
		1.0	kg N <sub>2</sub> O/ton TS	Hu et al. 2019
	CH <sub>4</sub>	60.6	kg CH <sub>4</sub> /tonTS	Hu et al. 2019
	CO <sub>2</sub>	0.02	tonCO <sub>2</sub> /tonTS	Liangliang Wei et al. 2020
Spandimento diretto in agricoltura	N <sub>2</sub> O	0.02	kgN <sub>2</sub> O/kgNtot	D. Niu et al 2013
	CH <sub>4</sub>	0.003	kg CH <sub>4</sub> /kg TS	D. Niu et al 2013
	CO <sub>2</sub>	0.10	tonCO <sub>2</sub> /tonC	Janaina Braga Carmo et al. 2014
	CO <sub>2</sub>	17.2	kgCO <sub>2</sub> /tonTS	D. Niu et al 2013
	N <sub>2</sub> O da NH <sub>3</sub>	0.1	kgNH <sub>3</sub> /kgN	S. Bruun et al. 2006
Processo di compostaggio	N <sub>2</sub> O	0.0005	kgN <sub>2</sub> O/kgTS	Z.Han 2018; Chai et al 2015; J. Yuan et al 2016; Y.C.Chen 2016; Kirkeby 2005; Boldrin 2009; Piippo 2018; J.Yuan 2018; ClimFoot database; IPCC 2019
	N <sub>2</sub> O	0.0001	kgN <sub>2</sub> O/kg in	
	N <sub>2</sub> O	0.008	kgN <sub>2</sub> O/kgN	
	N <sub>2</sub> O da NH <sub>3</sub>	0.004	kgNH <sub>3</sub> /kgTS	
	N <sub>2</sub> O da NH <sub>3</sub>	0.2	kgNH <sub>3</sub> /kgN	
	CH <sub>4</sub>	0.004	kgCH <sub>4</sub> /kgTS	
	CH <sub>4</sub>	0.0004	kgCH <sub>4</sub> /kg in	
	CH <sub>4</sub>	0.01	kgCH <sub>4</sub> /kgC	
	CO <sub>2</sub>	0.3	kgCO <sub>2</sub> /kgTS	
	CO <sub>2</sub>	0.1	kgCO <sub>2</sub> /kg in	
Processo produzione gessi e carbonati di defecazione	N <sub>2</sub> O da NH <sub>3</sub>	0.0038	tonN <sub>2</sub> O/tonN	Yoshida et al. 2017
	CO <sub>2</sub>	0.3476	tonCO <sub>2</sub> /tonC	Yoshida et al. 2017
Incenerimento	N <sub>2</sub> O	2.16	kg N <sub>2</sub> O/tonTS	S. Masuda et al., 2014; Y. Suzuki et al., 2003; M. Pradel et al., 2012; ISPRA 2020; IPCC 2019; W. Hu 2019
	CH <sub>4</sub>	0.03	kg CH <sub>4</sub> /tonTS	
	N <sub>2</sub> O	0.72	kg N <sub>2</sub> O/ton	
	CH <sub>4</sub>	0.02	kg CH <sub>4</sub> /ton	
	CO <sub>2</sub>	700	kg CO <sub>2</sub> /ton	

# Solo decarbonizzazione?



# Dal Valore nell'Acqua alle decarbonizzazione

CATEGORIE EMISSIVE		STATO DI FATTO	SCENARIO ENERGIA	SCENARIO RECETTORE	SCENARIO PROCESSI	SCENARIO SEQUESTRATION (18 ha bosco)	TUTTI SCENARI
Emissioni dirette combustione fissa	tonCO2e/y	0	0	0	0	0	0
Emissioni dirette correlate ai processi	tonCO2e/y	4583	4583	4583	4220	4583	4220
Emissioni dirette fuggitive	tonCO2e/y	26	26	26	26	26	26
Emissioni da consumo e produzione di energia	tonCO2e/y	3004	41	3004	3004	3004	41
Trasporto rifiuti e manutenzione interna	tonCO2e/y	213	213	213	213	213	213
Trasporto chemicals	tonCO2e/y	33	33	33	33	33	33
Produzione di Chemicals	tonCO2e/y	316	316	316	316	316	316
Emissioni indirette sul recettore finale	tonCO2e/y	3700	3700	3087	3700	3700	3087
Smaltimento Rifiuti	tonCO2e/y	1266	1266	1266	1266	1266	1266
Territoriale non parametrizzato	tonCO2e/y	1239	1239	1239	1239	1239	1239
Servizi generali e personale	tonCO2e/y	37	37	37	37	37	37
CF sequestration all'interno dei confini	tonCO2e/y	0	0	0	0	-396	-396
<b>CF TOTALE</b>	<b>tonCO2e/y</b>	<b>14418</b>	<b>11454</b>	<b>13805</b>	<b>14054</b>	<b>14022</b>	<b>10082</b>
<b>CF SPECIFICO</b>	<b>tonCO2e/AE y</b>	<b>0.12</b>	<b>0.09</b>	<b>0.11</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.08</b>
<b>RIDUZIONI</b>	<b>tonCO2e/y</b>		<b>-2963</b>	<b>-613</b>	<b>-363</b>	<b>-396</b>	<b>-4335</b>
<b>RISPARMI</b>	<b>%</b>		<b>-21%</b>	<b>-4%</b>	<b>-3%</b>	<b>-3%</b>	<b>-30%</b>

# Solo decarbonizzazione?

## LCA standards

- ISO 1440 (2006) and ISO 14044 (2006)
- SETAC Code of practise (SETAC, 1993)
- Guidelines from environmental LCA from Netherlands (CML/NOH, 1992)
- The Nordic countries (Nord, 1995)
- Denmark (EDIP, 1997)
- The United States (US-EPA, 2006)
- European ILCD Handbook (2010)

**INTERNATIONAL STANDARD** **ISO 14040**

Second edition  
2006-07-01

---

**Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework**

**INTERNATIONAL STANDARD** **ISO 14044**

First edition  
2006-07-01

---

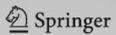
**Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines**

*Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices*

Michael Z. Hauschild  
Ralph K. Rosenbaum  
Stig Irving Olsen  
*Editors*

# Life Cycle Assessment

Theory and Practice



**ILCD handbook**  
International Reference Life Cycle Data System



EUR 24708 EN - 2010

**General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance**

First edition




# Solo decarbonizzazione?

Sigla	Categoria MIDPOINT	Unità di misura	Breve descrizione	ED	RA	HH
CC	climate change	kg CO <sub>2</sub> -Eq	Effetti causati dall'emissione in atmosfera dei <b>gas serra</b> , oltre alle attività umane, le quali influenzano la loro concentrazione atmosferica	X	-	X
FD	fossil fuel depletion	kg oil-Eq	Esaminano l'esaurimento delle risorse considerando gli effetti relativi sia all'uso delle <b>risorse rinnovabili</b> (come acqua, vento e legno), sia di quelle <b>non rinnovabili</b> (quali minerali e combustibili fossili).	-	X	-
MRD	mineral resource depletion	kg Fe-Eq		-	X	-
ME	marine eutrophication	kg N-Eq	Impatti sugli ecosistemi acquatici e terrestri, derivanti dai <b>macronutrienti azoto e fosforo</b> , presenti in forme biodisponibili.	-	-	-
FE	freshwater eutrophication	kg P-Eq		X	-	-
FET	freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB-Eq	Gli <b>effetti tossici</b> si basano sul rischio relativo e sulle conseguenze associate alle <b>sostanze chimiche che sono rilasciate nell'ambiente</b> . In particolare, si basano su un modello che considera il destino di dette sostanze chimiche, sull'esposizione delle specie e sulle differenze nelle risposte tossicologiche (probabilità degli effetti e gravità)	X	-	-
MET	marine ecotoxicity	kg 1,4-DB-Eq		X	-	-
TET	terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB-Eq		X	-	-
HT	human toxicity	kg 1,4-DCB-Eq	Probabilità che si verifichi un effetto sulla salute umana associato <b>all'emissione di una certa quantità di sostanza chimica</b> . Basato su modelli USES-LCA 2.0 (inquinanti tossici: metalli e sostanze organiche) e EUTREND (trasporto atmosferico per aerosol primari e secondari)	-	-	X
IR	ionising radiation	kg U235-Eq	Impatti sulla salute umana e sugli ecosistemi generati dalle <b>radiazioni ionizzanti</b> , le quali sono in grado di produrre, in modo diretto o indiretto, la ionizzazione degli atomi e delle molecole del mezzo attraversato	-	-	X
OD	ozone depletion	kg CFC-11-Eq	Valuta la <b>riduzione dello strato di ozono</b> . Impatti valutati considerando tempo di residenza della sostanza considerata, la formazione di Equivalent Effective Stratospheric Chlorine (EESC) e la risultante distruzione dello strato di ozono, il tutto utilizzando come sostanza di riferimento il CFC-11, ovvero il triclorofluorometano	X	-	-
PMF	particulate matter formation	kg PM10-Eq	Considera l'impatto sulla salute umana, generato dalle <b>polveri sottili</b> (polveri sospese totali, PM10, PM2.5, PM0.1) di primaria o secondaria (SO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> ) emissione	-	-	X
POF	photochemical oxidant formation	kg NMVOC-Eq	Considera gli impatti sulla salute umana (malattie respiratorie) e sugli ecosistemi (danni alla vegetazione) causati dall'ozono creato per via fotochimica. Si basa sul modello di trasporto atmosferico europeo LOTOS-EUROS	-	-	X
TA	terrestrial acidification	kg SO <sub>2</sub> -Eq	Considera gli impatti provocati dall'acidificazione generata dalle emissioni di <b>gas acidificanti nell'atmosfera</b> , i quali, andando a <b>depositarsi nelle acque e nel suolo</b> , determinano l'incremento della concentrazione di ioni idrogeno e quindi l'aumento dell'acidità.	X	-	-

LEGENDA: X contribuisce al calcolo dell'indicatore endpoint; ED: Conseguenza sulla biodiversità; RA: Conseguenza sulla disponibilità di risorse; HH: Conseguenza sulla salute umana



# Solo decarbonizzazione?

## DICHIARAZIONE AMBIENTALE DI PRODOTTO

Segue la **ISO 14025:2006** (ENVIRONMENTAL LABELS AND DECLARATIONS - TYPE 3 ENVIRONMENTAL DECLARATIONS - PRINCIPLES AND PROCEDURES)



### Environmental Product Declaration

Cast iron waste water and rainwater drainage system  
ENSIGN PLUS

Date of publication: 2020-11-04  
Validity: 5 years  
Valid until: 2025-10-29  
In accordance with PCR 2012:01 Construction products and construction services v 2.33  
(EN 15804:2012+A1) and EN 14025:2010  
Scope of the EPD®: Ireland and United Kingdom

Registration number  
The International EPD® System:  
S-P-02191  
**EPD®**



The environmental impacts of the product have been assessed using the publicly available International Product Declaration Information System (IPDIS) methodology.



[1] This indicator corresponds to the abiotic depletion potential of fossil resources.  
[2] This indicator corresponds to the total use of primary energy.  
[3] This indicator corresponds to the use of net fresh water.  
[4] This indicator corresponds to the sum of hazardous, non-hazardous and radioactive waste disposed.

DN	Fattore medio
60	0,5
80	0,6
100	0,7
125	0,8
150	1,0
200	1,1
250	1,4
300	1,7
350	2,0
400	2,3
450	2,5
500	2,8
600	3,4
700	4,1
800	4,8
900	5,6
1000	6,2

### L'IMPRONTA DEL PRODOTTO

### TABELLA DI CONVERSIONE DEGLI IMPATTI PER I DIVERSI DIAMETRI

Solo decarbonizzazione?

# Sostenibilità del Prodotto

## DICHIARAZIONE AMBIENTALE DI PRODOTTO

Reference	Dyson Airblade	Dyson Airblade Recycled	Paper Towels
			
		5.4% performance improvement	400% performance reduction
	<b>0.016</b> mPts per 1 year of use 205500 x 1 year of use	<b>0.015</b> mPts per 1 year of use 205500 x 1 year of use	<b>0.079</b> mPts per 1 year of use 205500 x 1 year of use
	3.3x10 <sup>3</sup> mPts Estimate	3.1x10 <sup>3</sup> mPts Estimate	1.6x10 <sup>4</sup> mPts Estimate
	Electricity, 120 V, US Eootoxicity Use	Electricity, 120 V, US Eootoxicity Use	packaging-cardboard-municipal-landfill Human Carcinogens End of life
			
	Impact category %	Impact category %	Impact category %
<b>Ecological damage</b>		<b>Ecological damage</b>	<b>Ecological damage</b>
Acidification	0.05	Acidification	0.05
Eootoxicity	64.22	Eootoxicity	63.02
Global Warming	0.39	Global Warming	0.39
Ozone Depletion	0	Ozone Depletion	0
Water Eutrophication	0.03	Water Eutrophication	0.22
<b>Resource depletion</b>		<b>Resource depletion</b>	<b>Resource depletion</b>
Fossil Fuel	0.06	Fossil Fuel	0.06
<b>Human health damage</b>		<b>Human health damage</b>	<b>Human health damage</b>
Human Respiratory	0.07	Human Respiratory	0.04
Human Carcinogens	26.47	Human Carcinogens	41.01
Human Toxicity	8.69	Human Toxicity	34.25
Smog	0.03	Smog	0.02

Quale Strumento?

# Solo decarbonizzazione?

## ISO 14045 ECO-EFFICIENCY ASSESSMENT



La ISO 14045:2012:

- Stabilisce **terminologia chiara** e un **quadro metodologico** comune per la valutazione dell'**eco-efficienza**,
- fornisce direttive precise **sull'interpretazione dei risultati** di tali valutazioni
- incoraggia una **comunicazione trasparente e precisa** sui risultati.

Environmental management  
— Eco-efficiency assessment of  
product systems — Principles,  
requirements and guidelines  
(ISO 14045:2012)

### INDICATORE DI ECO-EFFICIENZA

**misura che correla la PERFORMANCE AMBIENTALE di un sistema  
prodotto al VALORE del sistema prodotto**

**ESEMPIO: RAPPORTO TRA VALORE AGGIUNTO e IMPATTO AMBIENTALE**

*Performance ambientale: risultati misurabili relativi ad aspetti ambientali*

*Valore del sistema prodotto: valore attribuito a un sistema di prodotti*

La scelta dell'indicatore di eco-efficienza deve far sì che:

- L'aumento di efficienza, a pari condizioni di VALORE, deve rappresentare un miglioramento della performance ambientale
- L'aumento di efficienza, a pari impatto ambientale, deve tradursi in un maggior valore aggiunto.

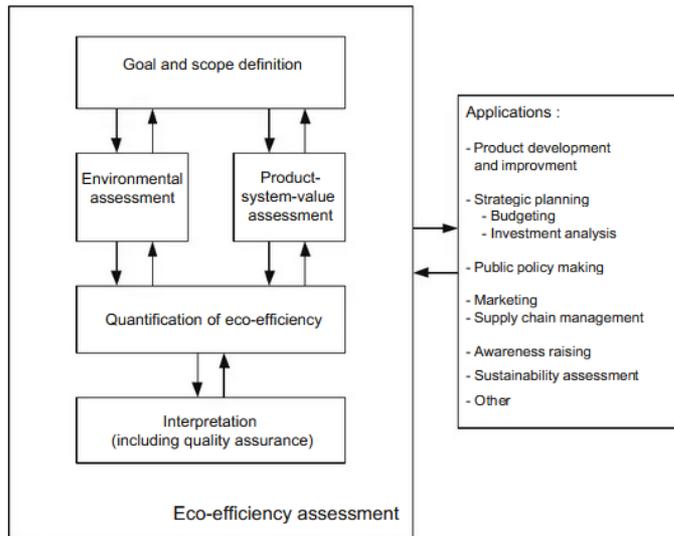


Figure 1 — Phases of an eco-efficiency assessment

Article

# Validating Circular Performance Indicators: The Interface between Circular Economy and Stakeholders

Chrysanthi-Elisabeth Nika <sup>1</sup>, Alfonso Expósito <sup>2</sup>, Johannes Kissler <sup>3</sup>, Gaetano Bertino <sup>3</sup>, Hasan Volkan Oral <sup>4</sup>, Kaveh Dehghanian <sup>4</sup>, Vasileia Vasilaki <sup>1</sup>, Eleni Iacovidou <sup>5</sup>, Francesco Fatone <sup>6</sup>, Nataša Atanasova <sup>7</sup> and Evina Katsou <sup>1,\*</sup>

Rank	Ranked Indicators for Circularity Assessment
1	Total Waste Reduction (I1)
2	Circular Index (I2)
3	Revenues/Savings from Circularity Measures (I3)
4	Revenues/Savings due to Minimization of Negative Externalities (I4)
5	Circular Use (I5)
6	C balance (I6)
7	Circular Flow (I7)
8	Water Stress (I8)
9	Maximum Achievable Circularity (I9)
10	Regenerative Capacity (I10)
11	Product Index (I11)
12	Waste Index (I12)
13	Total Emissions Reduction (I13)
14	Qualitative Water Withdrawal Reduction (I14)
15	Revenues/Savings from Natural Capital Regeneration (I15)
16	Gross P & N balance (I16)
17	Gain/Loss of (Semi-)Natural Areas (I17)
18	Hydrological Performance (I18)
19	Soil Condition Improvement (I19)
20	Index of Biodiversity (I20)

Solo decarbonizzazione?

# Nuovi standard ISO per l'economia circolare

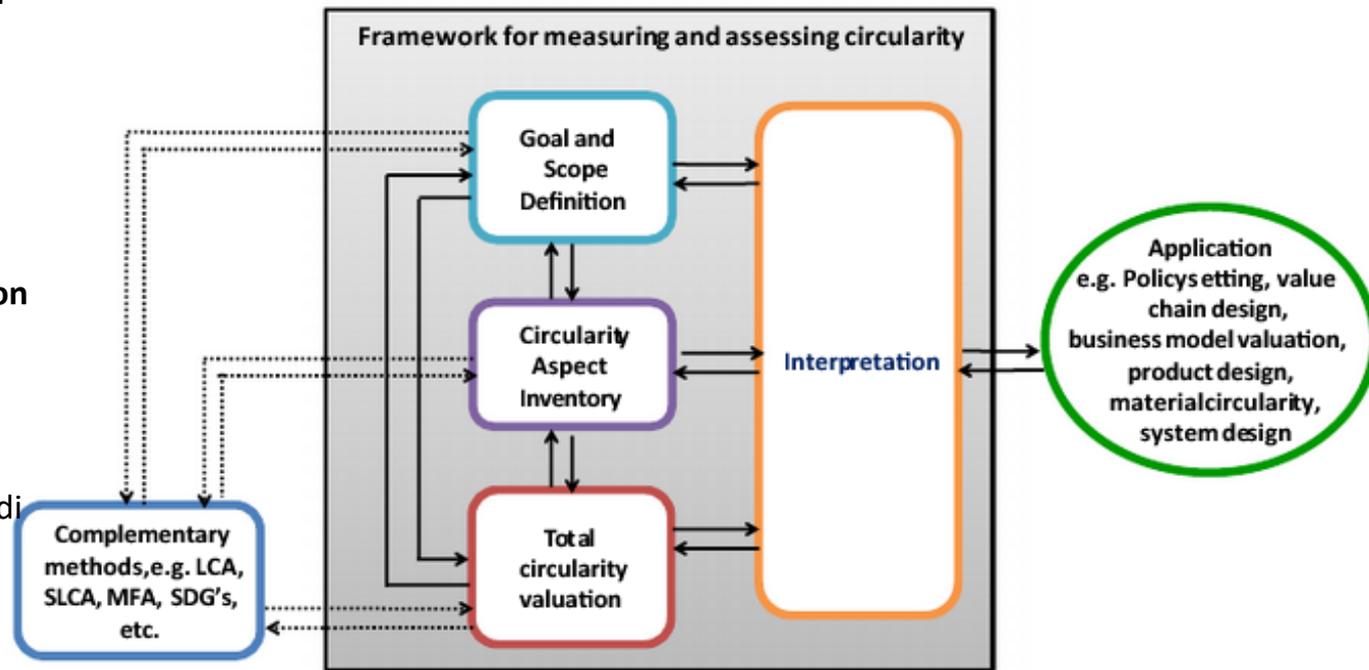
**ISO 59004:** riferimento normativo su cui si baseranno anche gli altri progetti (definizioni e principi di applicazione)

*In attesa di pubblicazione nel 2022*

**ISO 59010:** Circular Business Ecosystem

**ISO 59020:** principi per la misurazione della circolarità, con aggiunta di nuovi indicatori a supporto

**ISO 59031:** attività di raccolta e diffusione di «buone pratiche» di circolarità nelle aziende.



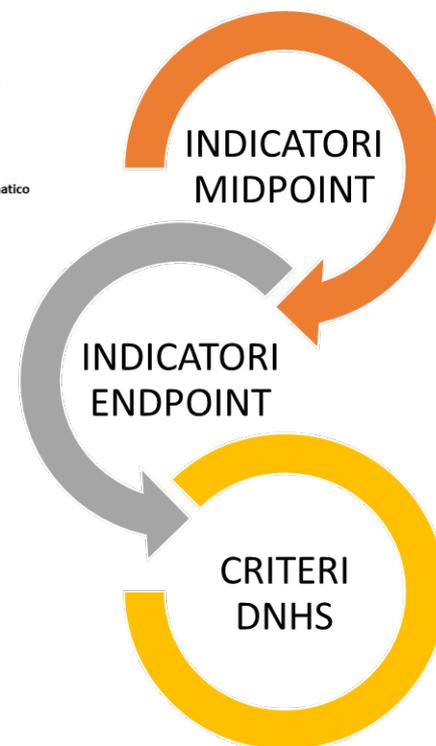
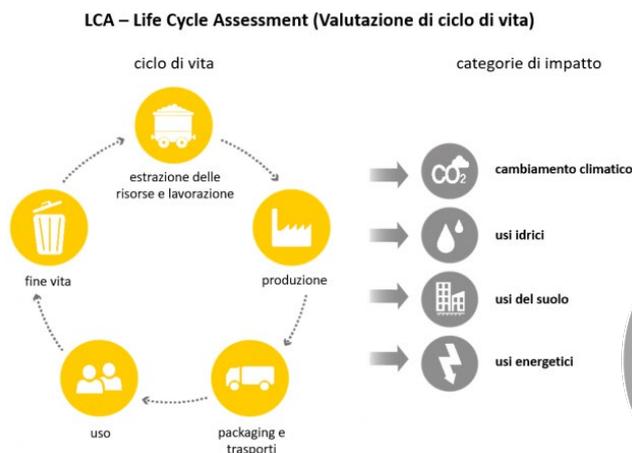
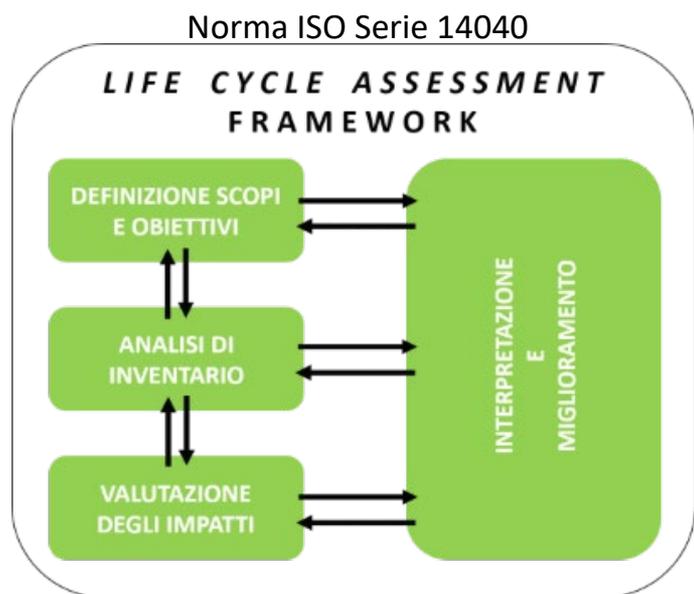
*Metodologia definita dalla ISO 59020 (bozza)*

Solo decarbonizzazione?

# Solo decarbonizzazione?

## Come e cosa misurare? Strumenti e metodologie

**Metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita ("dalla Culla alla Tomba").**



Solo decarbonizzazione?

## Come e cosa misurare? Strumenti e metodologie

Represents the computation of the function of a system. Is one of the most important concepts within LCA, and its selection is **crucial step** as it will **influence a lot the conclusions** of the assessment. Usually calculation basis to which all the inputs and outputs of the system are referred are used as functional units.

- ❖ Related to the service provided by a system
- ❖ What it does!
- ❖ Functional Unit
- ❖ Gives the function a number value
- ❖ Allows comparison between products / operations

### LCA of a Product

**Matches production:** The following functional units can be considered: “1 single match”, “1 kg of matches” or even “a box of matches”



### Comparative LCA

**Matches vs. Lighters:** in this case, it is important to define the function of both products, “light cigarettes”, thus a suitable functional unit is “lightening 1000 cigarettes”.



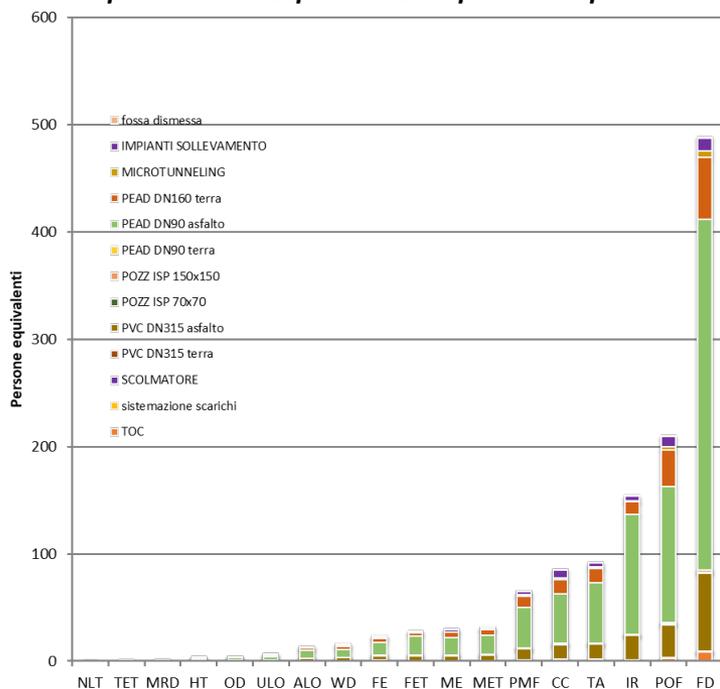
# Scelta Unità Funzionale

# Solo decarbonizzazione?

## CATEGORIE RILEVANTI DOPO NORMALIZZAZIONE DEGLI IMPATTI

Applicazione per prodotto o per filiera di produzione

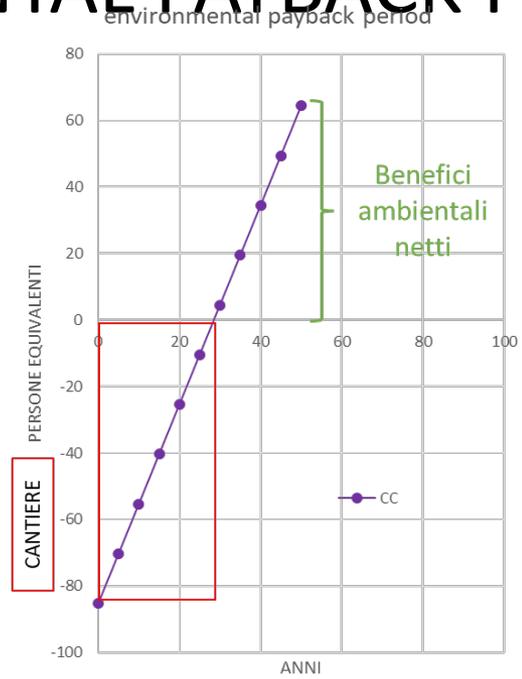
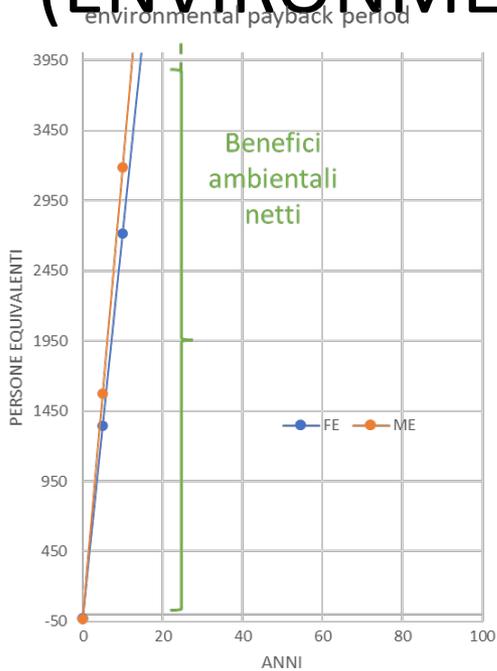
*Impatto annuo espresso come persone equivalenti*



CATEGORIA	unità	Impatto assoluto	PERSONE EQUIV.	% del valore massimo
TET	terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB-Eq	147	0.01
MRD	mineral resource depletion	kg Fe-Eq	61658	0.6
HT	human toxicity	kg 1,4-DCB-Eq	92988	3.0
OD	ozone depletion	kg CFC-11-Eq	0.21	3.5
ULO	urban land occupation	m2a	37795	6
ALO	agricultural land occupation	m2a	79471	13
WD	water depletion	m3	4164	16
FE	freshwater eutrophication	kg P-Eq	15	24
FET	freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB-Eq	693	28
ME	marine eutrophication	kg N-Eq	134	29
MET	marine ecotoxicity	kg 1,4-DB-Eq	1351	31
PMF	particulate matter formation	kg PM10-Eq	1670	65
CC	climate change	kg CO2-Eq	681276	85
TA	terrestrial acidification	kg SO2-Eq	3776	92
IR	ionising radiation	kg U235-Eq	74283	155
POF	photochemical oxidant formation	kg NMVOC-Eq	4323	210
FD	fossil fuel depletion	kg oil-Eq	481065	489

# Solo decarbonizzazione?

## TEMPO DI RIENTRO AMBIENTALE (ENVIRONMENTAL PAYBACK PERIOD)



Numero di anni necessari perché i benefici ambientali ottenibili in fase gestionale bilancino gli impatti ambientali causati in fase realizzativa

([Asdrubali et al 2019](#), [Fetner&Miller 2021](#))

Categoria	Risparmio annuo (Ind.Amb 2)	Impatto realizzazione (Ind. Amb 0)	Anni di ammortamento
	In persone equivalenti		
Marine eutrophication	321	29.10	0.09 (circa 1 mese)
Freshwater eutrophication	274	23.76	0.09 (circa 1 mese)
Climate change	2.99	85.26	28.49

# Solo decarbonizzazione?

## Come e cosa misurare? Da Prodotto a Produzione

100 mt di DN500

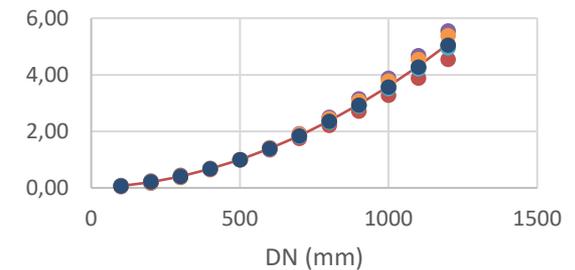


**Possibile Confronto tra Diverse Produzioni o servizi!**

Categoria di impatto	Produzione materiali	Trasporto al cantiere	Installazione	Smaltimento dei rifiuti	Totale
RISCALDAMENTO CLIMATICO KgCO <sub>2</sub> -eq/100 mt	13546 ± 508	768 ± 14	1392 ± 0	223 ± 8	15929 ± 514
RIDUZIONE DELLO STRATO DI OZONO KgCFC11-eq/100 mt	1.8E-3 ± 5.4E-4	1.4E-4 ± 2.6E-6	2.4E-4 ± 0.0E+0	4.0E-5 ± 1.3E-6	2.2E-3 ± 5.4E-4
ACIDIFICAZIONE DEL SUOLO KgSO <sub>2</sub> -eq/100 mt	54 ± 5	3 ± 0	4 ± 0	1 ± 0	62 ± 5
EUTROFIZZAZIONE kg P-eq/100 mt	0.56 ± 0.02	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.58 ± 0.02
FORMAZIONE DI OZONO FOTOCHIMICO Kg NMVOC-eq/100 mt	57 ± 5	4 ± 0	6 ± 0	2 ± 0	69 ± 5
ESAURIMENTO DELLE RISORSE MINERARIE kg Fe-eq/100 mt	1642 ± 57	30 ± 0	21 ± 0	6 ± 0	1700 ± 57
ESAURIMENTO DELLE RISORSE FOSSILI kg oil-eq/100 mt	6675 ± 1078	286 ± 5	466 ± 0	87 ± 3	7515 ± 1080

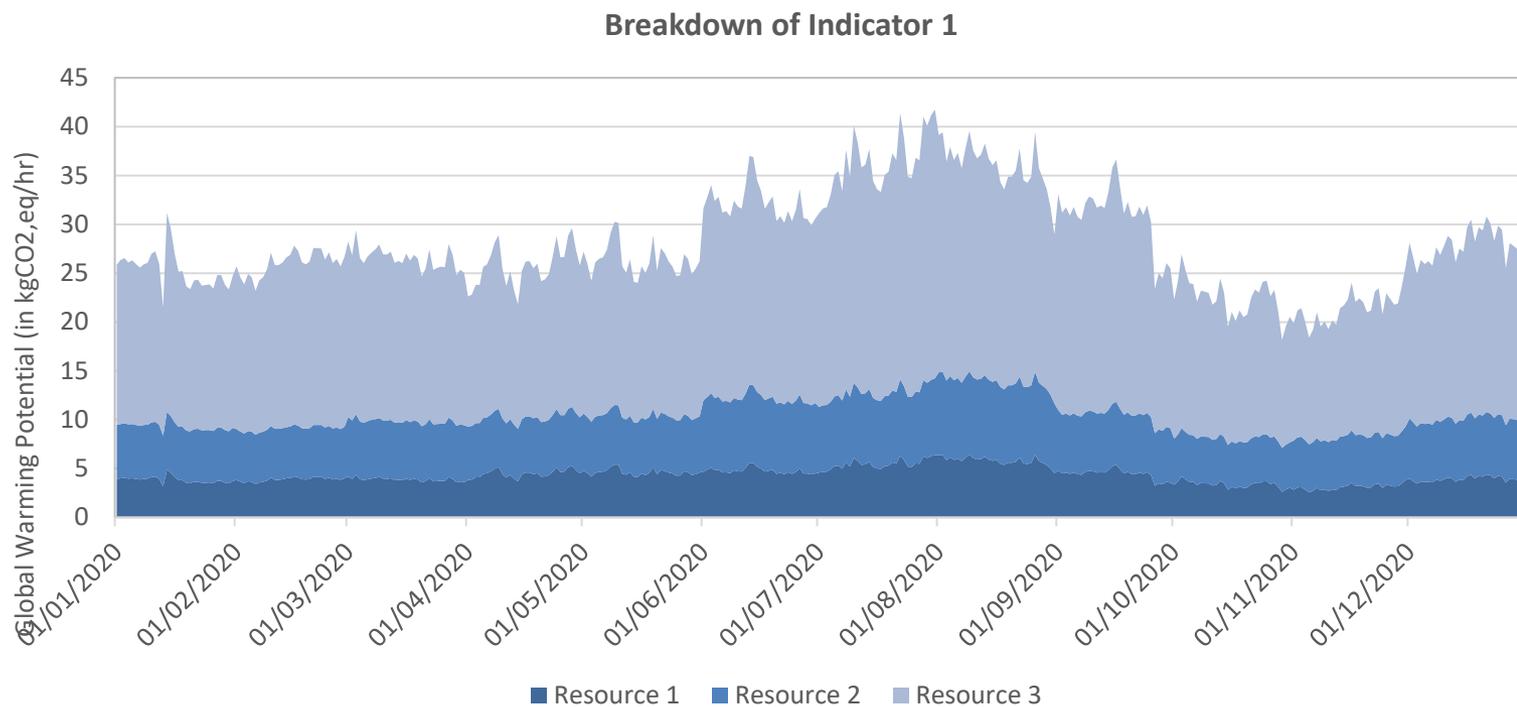
DN (mm)	FATTORE MEDIO
100	0.07
200	0.21
300	0.41
400	0.67
500	1.00
600	1.39
700	1.85
800	2.37
900	2.95
1000	3.60
1100	4.31
1200	5.08

fattori correttivi



# Solo decarbonizzazione?

## Come e cosa misurare? Evoluzioni



# RISPETTO DEI CRITERI DNSH

*Dall'Impronta di Carbonio ai DNSH*

**ASSEVERAZIONE**

**VS**

**QUANTIFICAZIONE**

1.mitigazione del cambiamento climatico;

2.adattamento al cambiamento climatico;

3.uso sostenibile e protezione delle risorse idriche e marine;

4.transizione verso l'economia circolare, con riferimento anche a riduzione e riciclo dei rifiuti;

5.prevenzione e controllo dell'inquinamento;

6.protezione della biodiversità e della salute degli eco-sistemi.

## ANALISI DEL CICLO DI VITA DELL'OPERA

	DNSH					
	1-2	3	4	5	6	
	Mitigazione cambiamento climatico e adattamento	Uso sostenibile e protezione delle acque	Transizione verso economia circolare	Prevenzione e riduzione dell'inquinamento	Protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi	
CATEGORIE DI IMPATTO	CLIMATE CHANGE	X	-	-	-	X
	FOSSIL FUEL DEPLETION	-	-	X	-	-
	FRESHWATER ECOTOXICITY	-	X	-	X	X
	FRESHWATER EUTROPHICATION	-	X	-	X	X
	HUMAN TOXICITY	-	-	-	-	-
	IONISING RADIATION	-	-	-	-	-
	MARINE ECOTOXICITY	-	X	-	X	X
	MARINE EUTROPHICATION	-	X	-	X	-
	MINERAL RESOURCE DEPLETION	-	-	X	-	-
	OZONE DEPLETION	-	-	-	-	X
	PARTICULATE MATTER FORMATION	-	-	-	X	-
	PHOTOCHEMICAL OXIDANT FORMATION	-	-	-	X	-
	TERRESTRIAL ACIDIFICATION	-	-	-	X	X
	TERRESTRIAL ECOTOXICITY	-	-	-	X	X

# Esempi ed esercizi di calcolo nei prossimi Laboratori Digitali

## Decarbonizzazione e Sostenibilità

Ecomappe  
Eco Scan (esempi)

<https://www.waterfootprint.org/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/>



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

---

**Grazie per l'attenzione**

**[a.l.eusebi@univpm.it](mailto:a.l.eusebi@univpm.it)**

Prof. Ing. Anna Laura Eusebi

Dipartimento SIMAU

*Facoltà di Ingegneria*