



POLITECNICO
MILANO 1863



**GRUPPO DI LAVORO
GESTIONE IMPIANTI
DI DEPURAZIONE
Università di Brescia**



con la collaborazione di:

Acque  Veronesi  Comune
di Verona



GIOVEDÌ 24 MAGGIO 2017

Il recupero di risorse negli impianti di depurazione: realtà e prospettive

Tecnologie e processi per il recupero di risorse
(materiali e produzione di energia)

Roberto Canziani
POLITECNICO DI MILANO
Dipartimento di ingegneria civile e ambientale – Sezione Ambientale

Approccio «lineare» all'uso dell'Acqua



Le sfide affrontate:

- ✓ Fornire acqua sicura (Potabilizzazione)
- ✓ Scaricare senza danni all'ambiente (Depurazione)



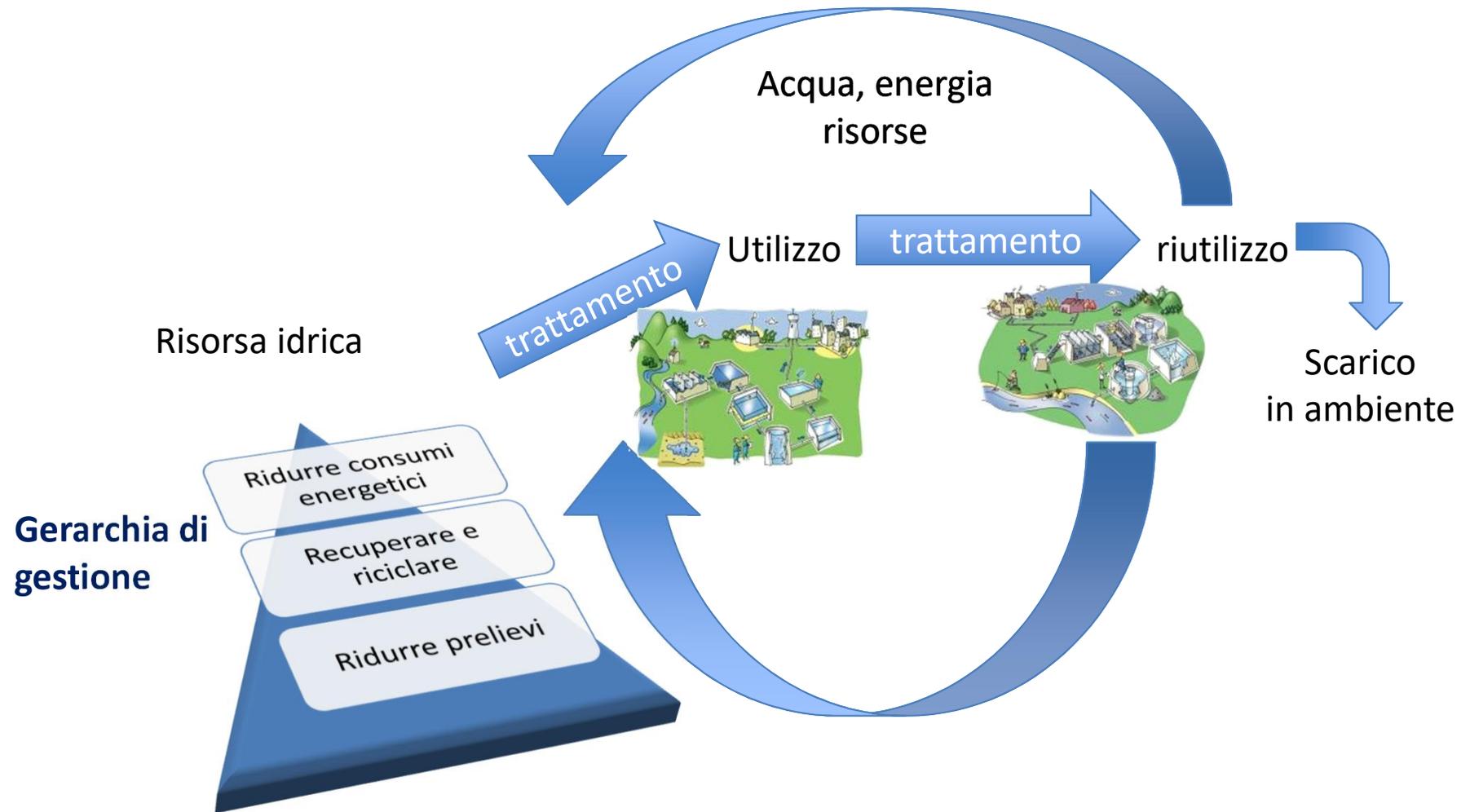
ma...

- ✓ popolazione cresce,
- ✓ gli stili di vita cambiano,
- ✓ cambiamenti climatici modificano la disponibilità dell'acqua

 ***Che cosa cambia?***



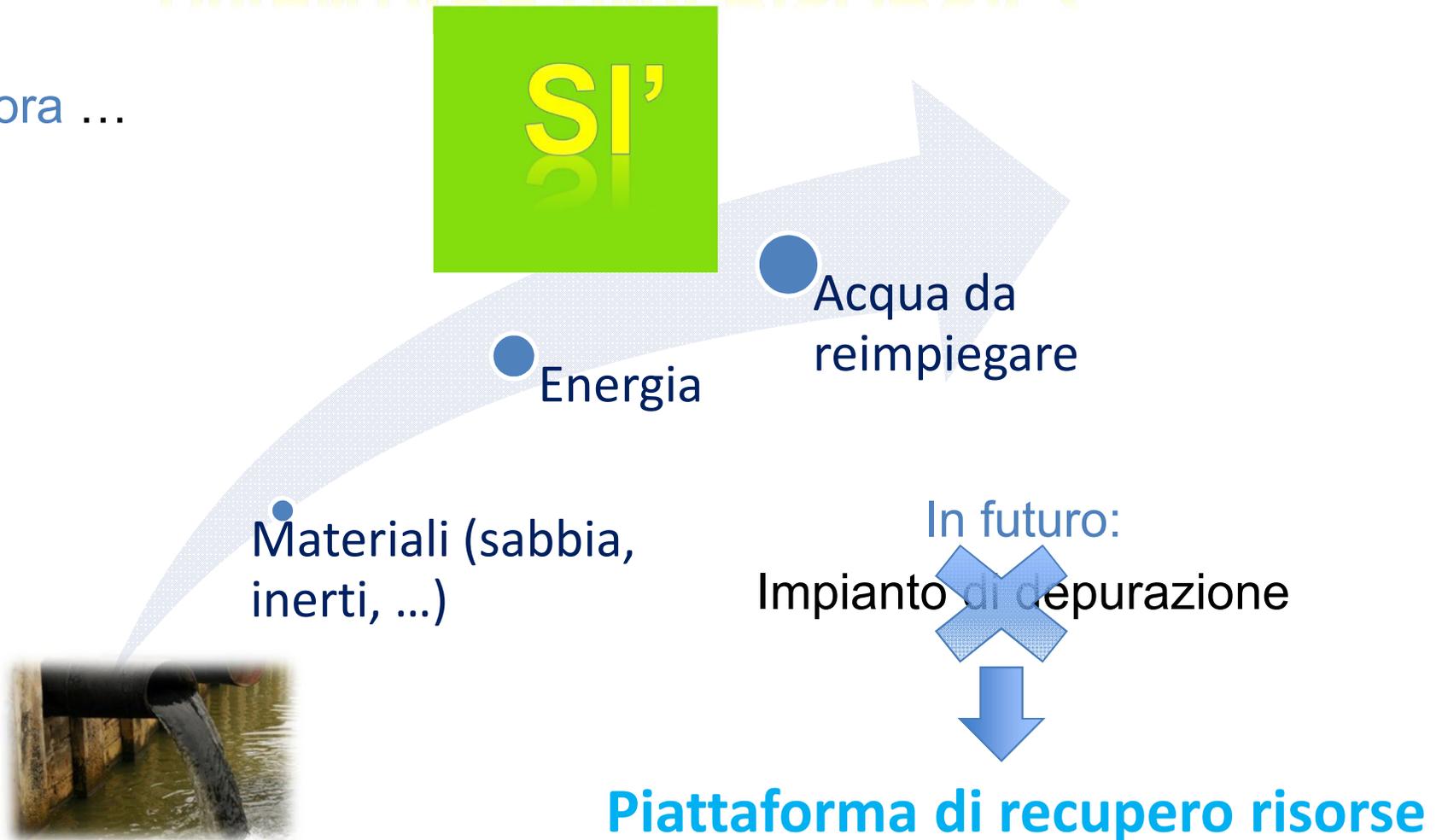
Paradigm shift: approccio «circolare»



LE ACQUE REFLUE POSSONO DIVENTARE UNA RISORSA ?

Già ora ...

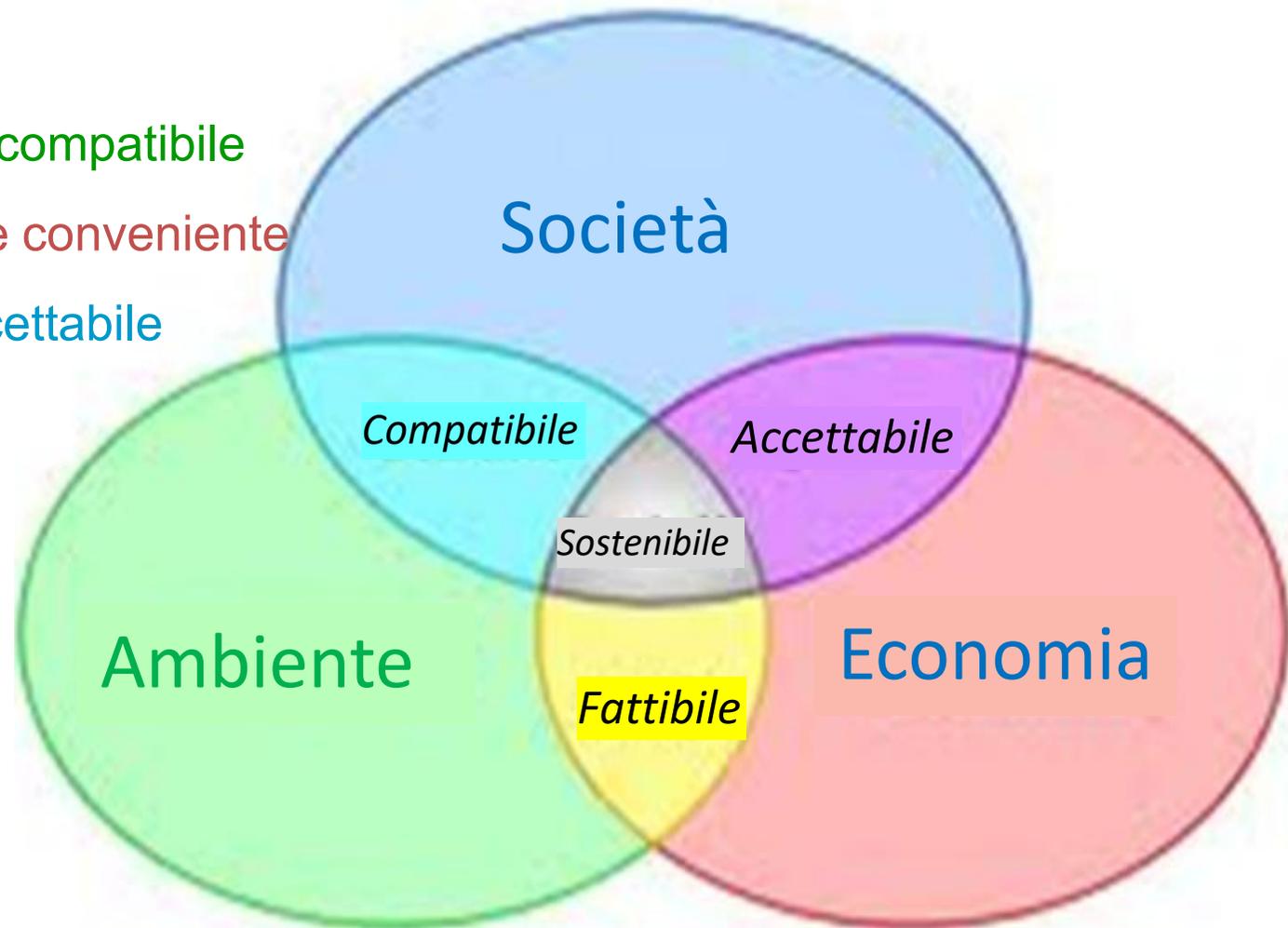
SI'



... ma sostenibile (con ottimizzazione multi – obiettivo)

Sostenibile =

- = Ambientalmente compatibile
- + Economicamente conveniente
- + Socialmente accettabile



Economia circolare – lo stimolo della UE

Piano di azione UE per sviluppare l'economia circolare (COM(2015)614 dic. 2015): rafforzare la competitività, creare posti di lavoro e generare una crescita sostenibile

- **revisione regolamento concimi** - proposta Marzo 2016: agevolare il riconoscimento dei concimi organici e ricavati dai rifiuti e sostenere il ruolo dei bionutrienti (<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/IT/1-2016-157-IT-F1-1.PDF>);
- **strategia per le materie plastiche nell'economia circolare** (riciclabilità, biodegradabilità, presenza di sostanze pericolose nelle materie plastiche) e **ridurre i rifiuti marini**;
- **azioni in materia di riutilizzo delle acque + prescrizioni minime per il riutilizzo delle acque reflue** (in elaborazione da parte del CCR)
- **ruolo della termovalorizzazione (COM(2017) 34)**



Risparmiare e recuperare

Risparmiare:

- **Consumi** (cittadini)
- **Energia** (impianti: 7500 GWh/anno = 2,5% del consumo italiano di elettricità)

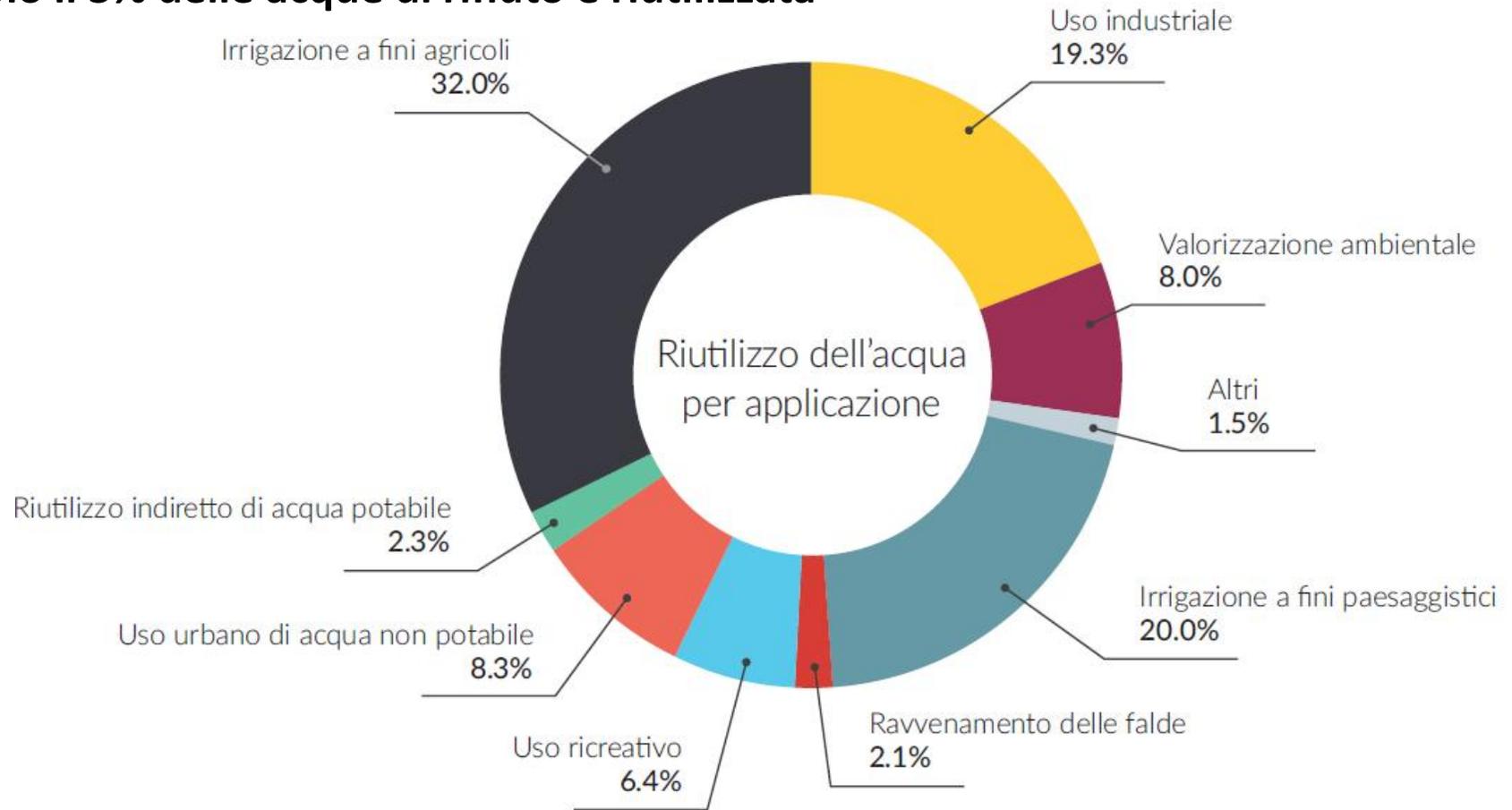
Recuperare:

- **Acqua** da riutilizzare (in agricoltura, nell'industria)
- **Energia** (biogas, biometano, energia termica ed elettrica da termovalorizzazione)
- **Materiali** (cellulosa, sabbia, fertilizzanti, bioplastica, materiali da costruzione, ...)



Recuperare acqua: riutilizzo dopo trattamento avanzato (terziario) a livello mondiale: quota di mercato per applicazione

.... solo il 3% delle acque di rifiuto è riutilizzata



Fonte: Lautze et al. (2014, figura 2, p. 5, sulla base dei dati del Global Water Intelligence).



Recuperare acqua – Il caso di Milano

Il riuso agricolo delle acque depurate



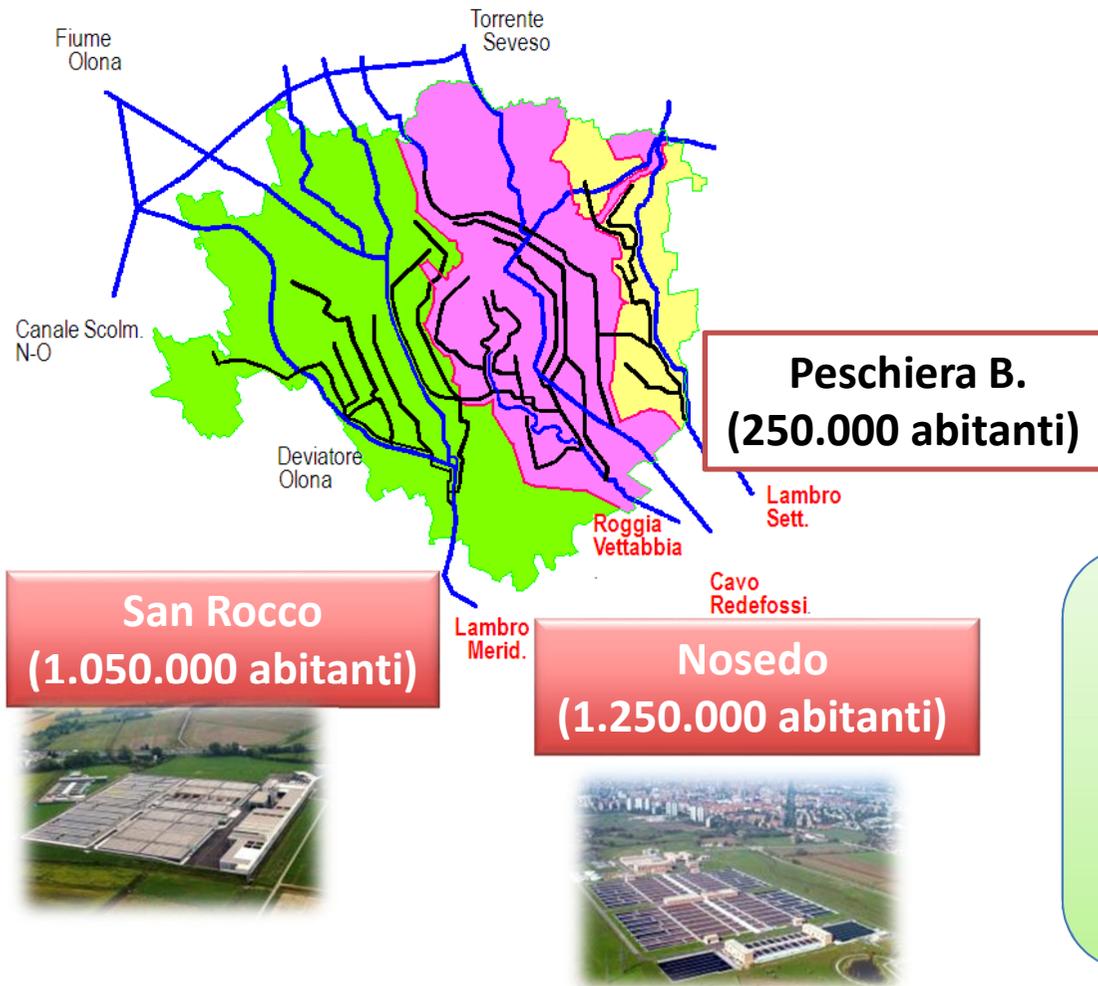
**Nosedo
San Rocco**



120 milioni m³/semestre irriguo
(185 gg)

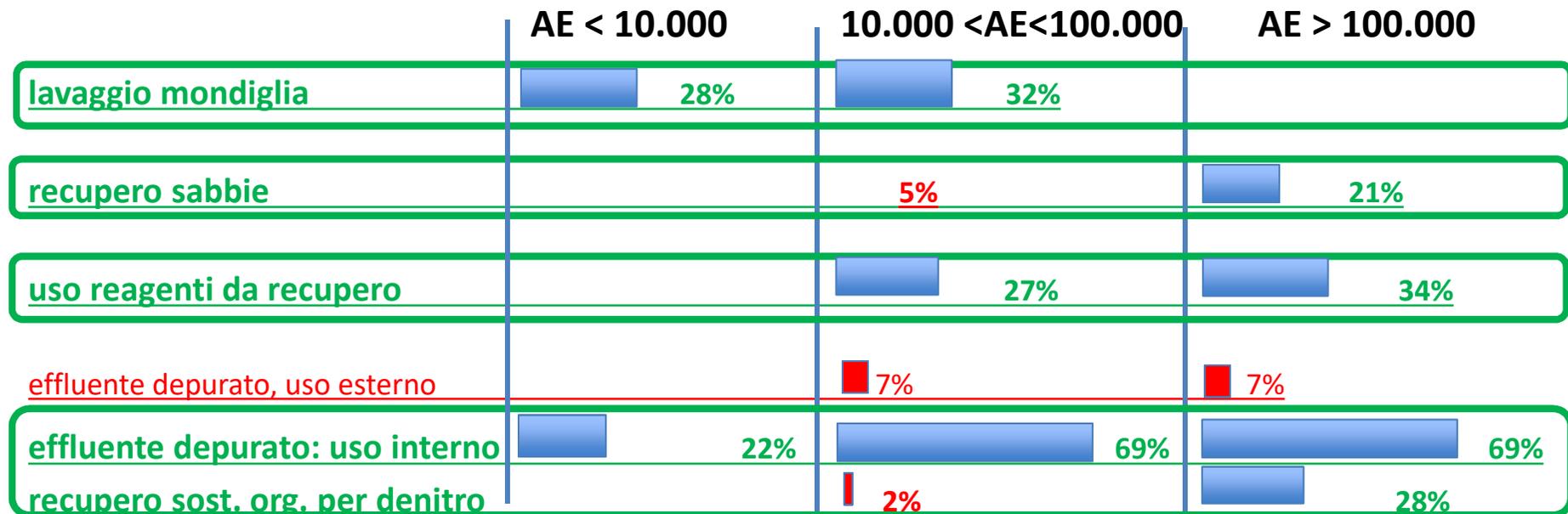


18.095 ha - mais a granella
(fabbisogno stagionale: 6645.6 m³/ha)
+
17.495 ha - riso
(fabbisogno stagionale: 6873.5 m³/ha)



Il recupero di risorse negli impianti di depurazione italiani

Fonte: Papa et al., 2017, *How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real picture of municipal wastewater treatment plants in Italy*, J. Env. Management, in press

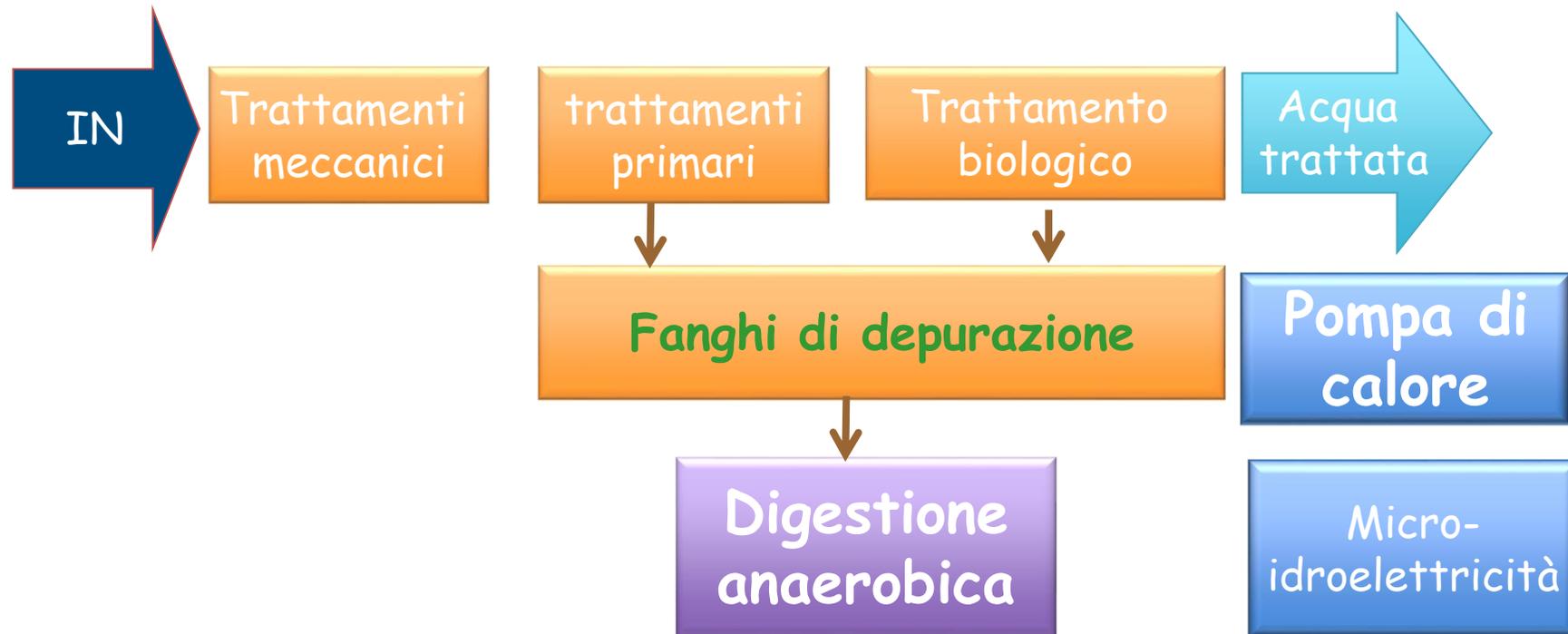


Nessun recupero osservato per oli e grassi, cellulosa, N e P



Recuperare energia

- **TERMICA**, portata e temperatura dell'acqua
- **MECCANICA/ELETTTRICA**, portata e differenza di livello
- **CHIMICA**, sostanze biodegradabili presenti nei reflui e concentrate nei **fanghi**.



Recuperare energia dall'acqua depurata



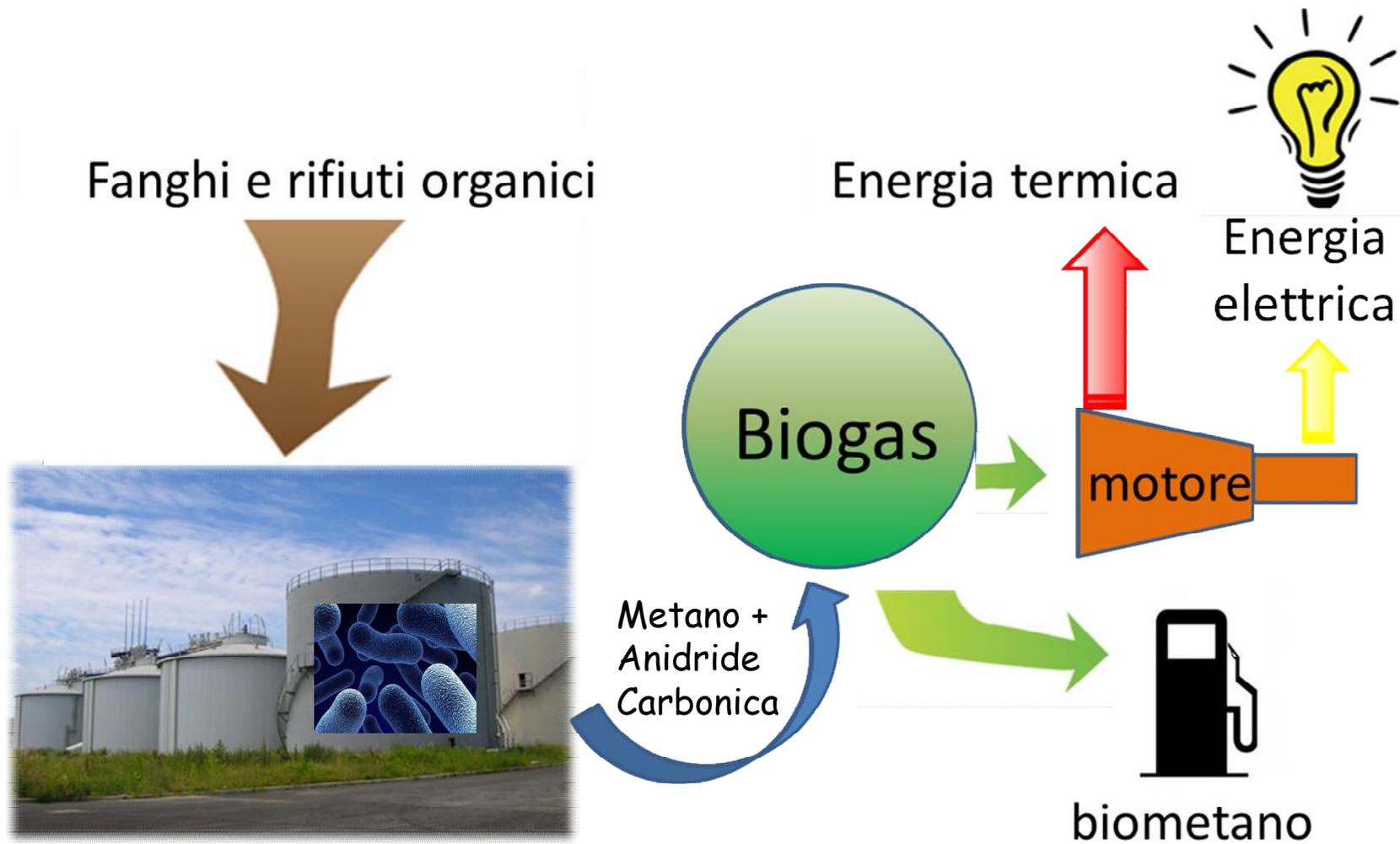
impianto di climatizzazione per edifici

Depuratore di Nosedo

*(da presentazione ing. Roberto Mazzini -
Presidente MilanoDepur S.p.A.)*



Recuperare energia dai fanghi



Il recupero di risorse negli impianti di depurazione **italiani**

Fonte: Papa et al., 2017, *How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real picture of municipal wastewater treatment plants in Italy*, J. Env. Management, in press

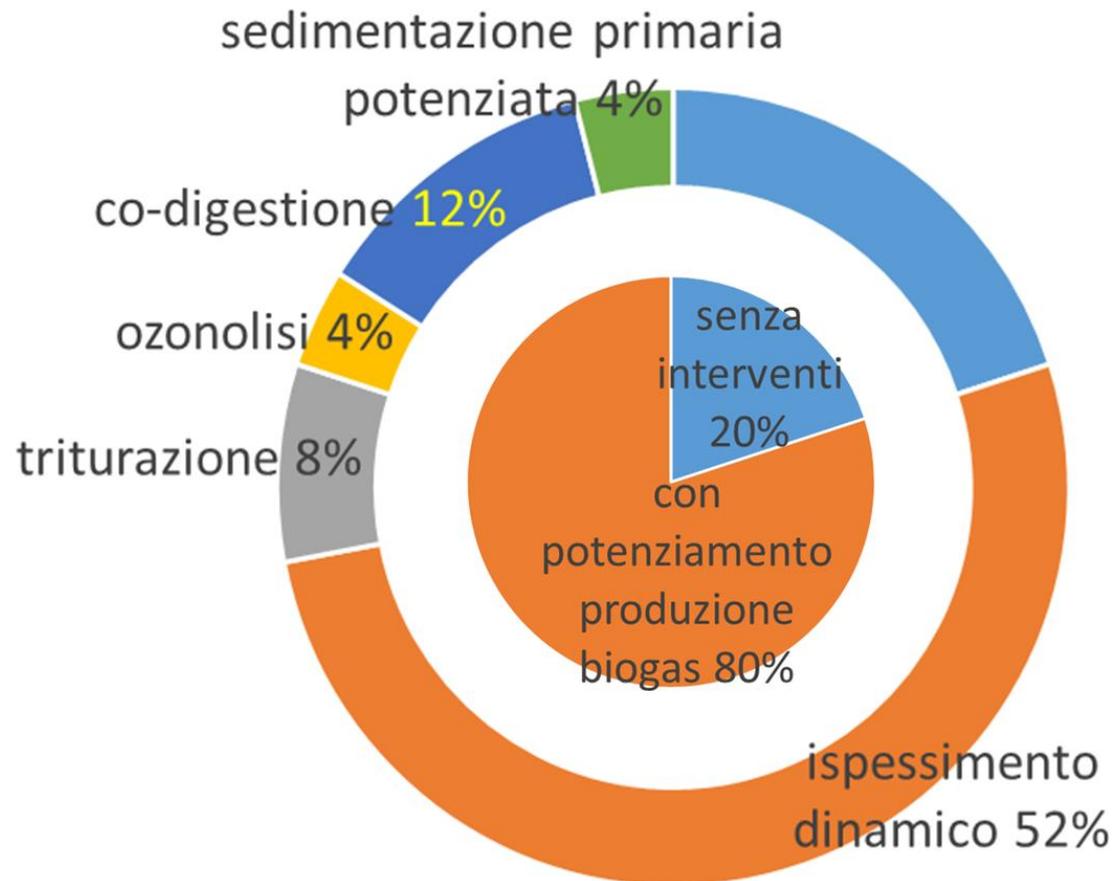
	AE < 10.000	10.000 < AE < 100.000	AE > 100.000
potenziamento sed. primaria	0%	3%	0%
pretratt. per potenz. dig. anaerobica	0%	2%	31%
FORSU in digestione anaerobica	0%	2%	0%
biogas per autotrazione	0%	0%	3%
biogas in cogenerazione (CHP)	0%	5%	21%
recupero calore da motori a biogas	0%	3%	10%
recupero calore da gas esausti	0%	10%	28%
recupero calore da aria ventilazione	1%	3%	0%
recupero con pompe di calore	0%	2%	0%
micro - idroelettricità	1%	2%	0%



Il recupero di risorse negli impianti di depurazione **ita ni**

Fonte: Papa et al., 2017, *How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real picture of municipal wastewater treatment plants in Italy*, *J. Env. Management*, in press

Potenziamento della digestione anaerobica



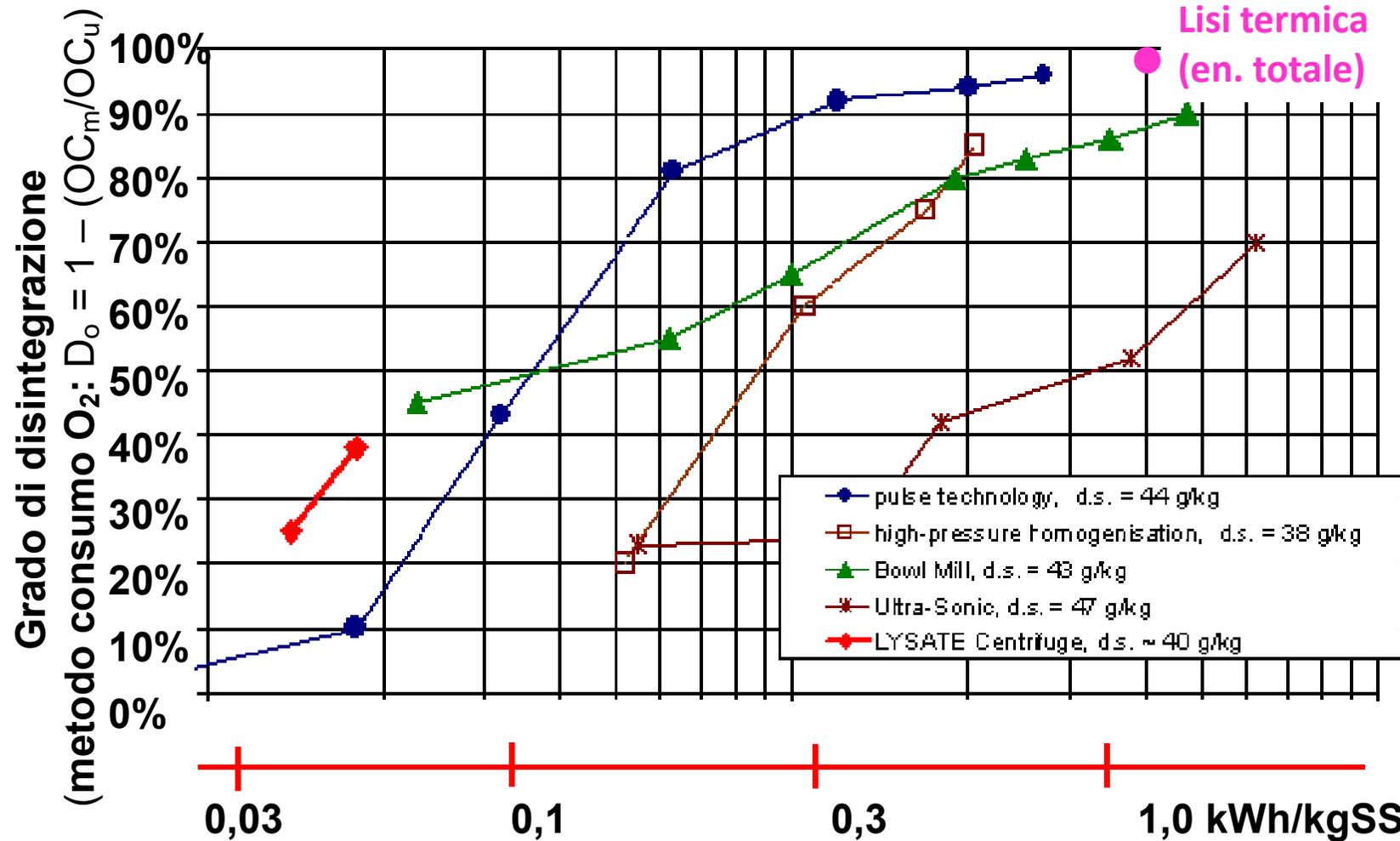
esistono anche altre tecnologie mature:

- **disintegrazione meccanica**
- **lisi termica**



Potenziamento della digestione anaerobica

Consumo energetico specifico dei metodi di disintegrazione meccanica



fonte: www.klaerschlammdesintegration.de



Potenziamento digestione anaerobica – Lisi termica

Trasferimento di calore tramite **contatto diretto con vapore**

CAMBI™: più di 20 impianti negli ultimi 4 anni; più di 50 impianti in totale nel mondo

VEOLIA WATER - BIOTHELYS™ (pretrattamento con dig. anaer. – DA – già esistente): 7 impianti a scala reale (1 a Monza S. Rocco);

EXELYS™ (pretrattamento + DA ex-novo): 2 impianti

- Fango idrolizzato: da 12 a 22% sostanza secca (ST), metà solubile e metà colloide
- Maggiore produzione di biogas (incremento min 25% - max 60%)
- Distruzione di circa 55 – 65% dei SV (fango biologico)
- 30% to 40% riduzione di ST
- Maggiore carico organico del digestore: da 3 a 6 kgSV/m³/d



Lisi termica – Caso di studio Monza S. Rocco

Primi risultati con termolisi operativa per il 30% del tempo totale

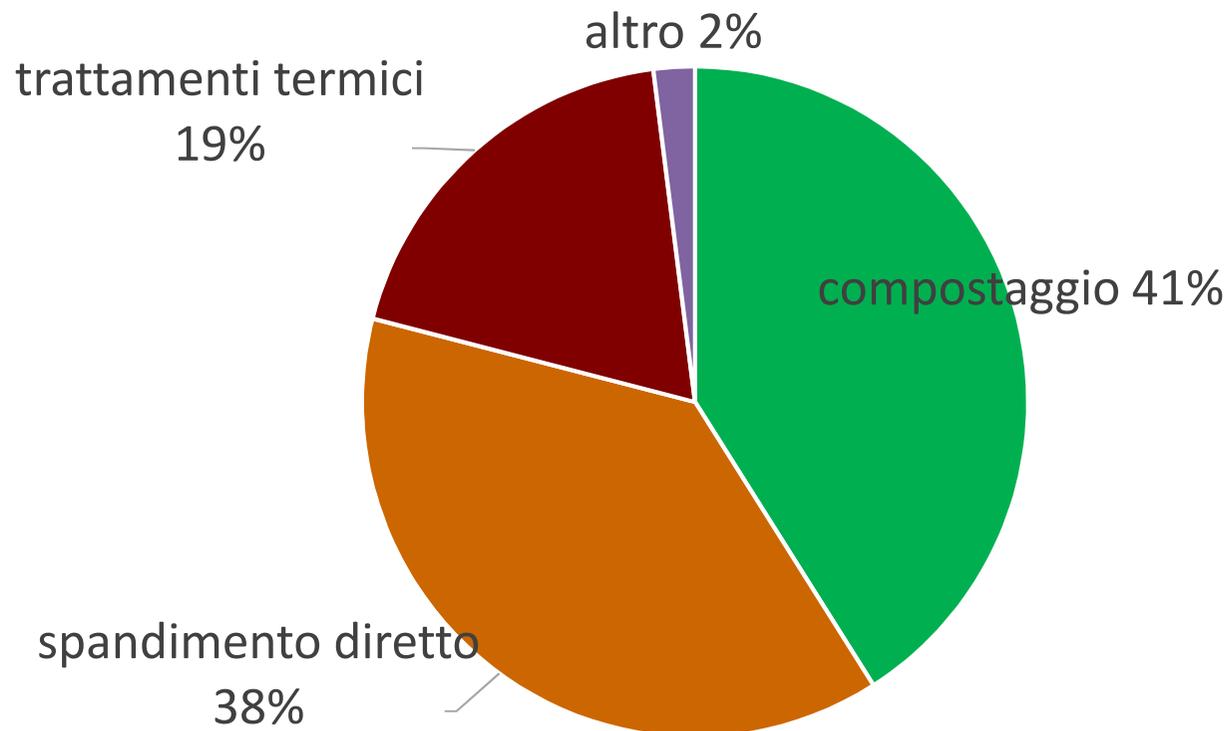
PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	MEDIA GIUGNO 2015	MEDIA ANNO 2015	$\Delta\%$
Tasso di utilizzo	$\frac{h \text{ marcia termolisi}}{h \text{ marcia digestore}}$	47%	34%	+38%
Carico specifico medio di SV alimentati in digestione	$\text{kgSV}_{in} \text{ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	3,03	2,63	+15%
Rendimento abbattimento SV in digestione	$(\text{SV}_{in} - \text{SV}_{out}) / \text{SV}_{in}$	44,7%	42,9%	+4%
Produzione specifica Biogas	$\text{m}^3_n \text{ biogas} / \text{kg SV}_{in}$	0,359	0,261	+38%
SRT digestore, $V = 7000 \text{ m}^3$	d	10,3	11,5	-10%
Concentrazione fango disidratato	%ST su fango umido	26,3	23,8	+11%



Il recupero di risorse negli impianti di depurazione **ita ni**

Fonte: Papa et al., 2017, *How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real picture of municipal wastewater treatment plants in Italy*, *J. Env. Management*, in press

Il 40% dei **fanghi** va in discarica, il rimanente 60% va ...



Valorizzazione dei fanghi

1. uso agricolo

oggi (in
diminuzione)

2. recuperi paesaggistici / forestali

**3. componente nella produzione di
ammendanti (*digestati, fanghi di defecazione*)**

4. recupero di fosforo

- *da surnatanti (struvite)*
- *dalle ceneri*

domani (in
aumento)

5. produzione bioplastica



Valorizzazione dei fanghi – normativa vigente

❖ D. Lgs 27/01/1992 n. 99

Utilizzazione dei fanghi in agricoltura
(+ norme regionali diverse)

❖ D. Lgs 29/04/2010 n. 75 e

❖ D.Min.PP.AA.FF. 26/5/2015

Disciplina in materia dei fertilizzanti
(ex art. 13 L. 7/7/2009 n. 88 modif. dal
D.M. 28/06/2016 (produzione di gessi di
defecazione da fanghi

❖ D. Interministeriale 25/02/2016 n. 5046

Criteri e norme per la disciplina regionale
dell'utilizzazione agronomica ...[omissis]...
delle acque reflue, del digestato ex art. 52,
comma 2-bis D.L. 22/6/2012 n. 83 ora L.
7/08/2012 n. 134

Che cosa si può ottenere:

- Terriccio compostato
- Digestato → Compost
- Gessi e carbonati di defecazione (*)

(*) Dettagli disponibili su: <http://agronotizie.imaginenetwork.com/fertilizzanti/2017/02/02/gessi-e-carbonati-di-defecazione/52653> - tratto dalla giornata di studio FAST - 19 gennaio 2017, direttore scientifico Prof. R. VISMARA



Valorizzazione dei fanghi – gessi di defecazione

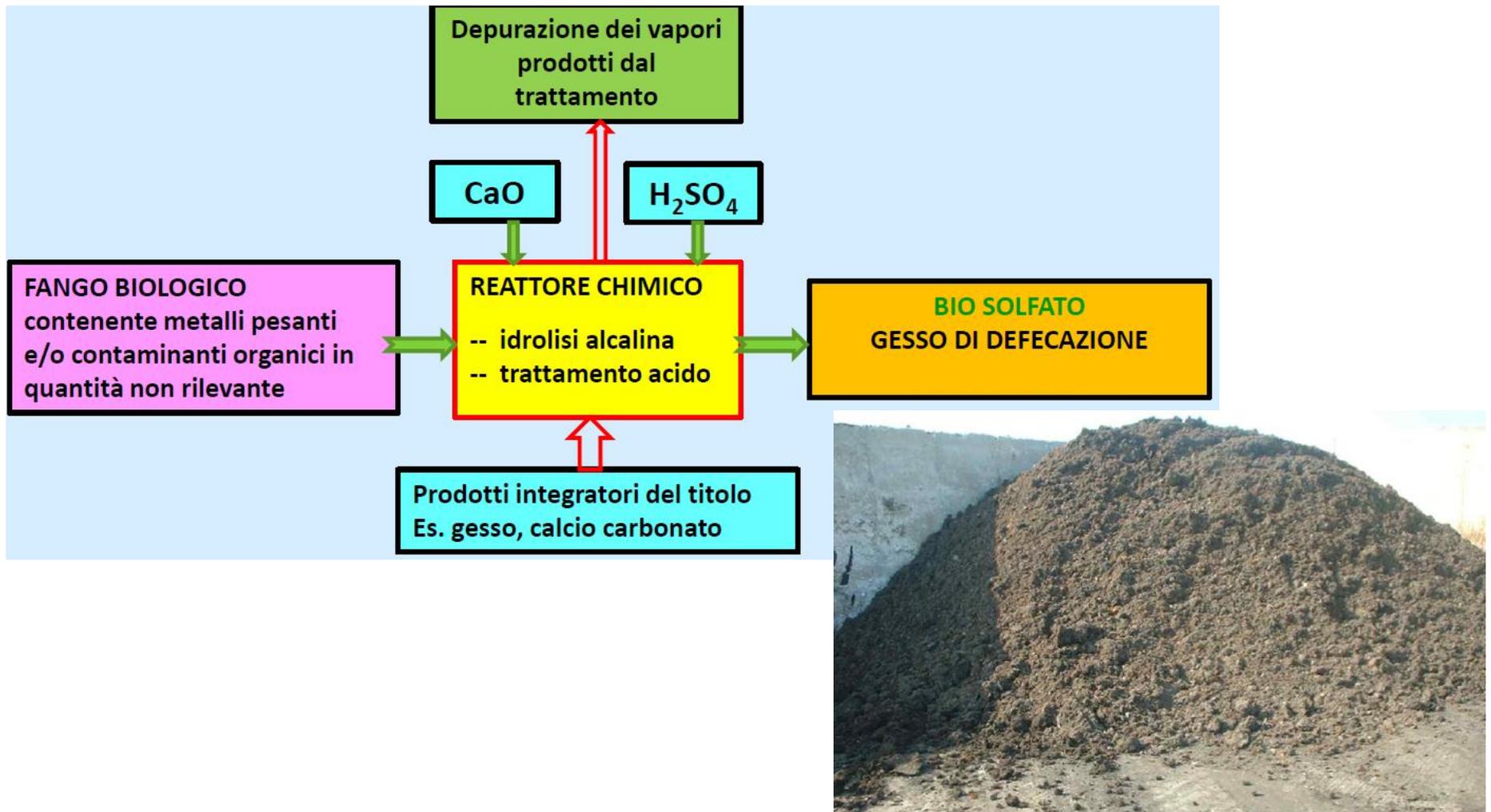
Limiti di accettabilità

Componente	Valore soglia (% su SS)	D. Lgs. 92/99
Ca (come CaO)	> 20%	n.a.
S (come SO ₃)	> 15%	n.a.
Metalli	Valore soglia (mg/kgSS)	
Pb tot	< 100	< 750
Cd tot	< 1,5	< 20
Ni tot	< 100	< 300
Zn tot	< 500	< 2500
Cu tot	< 230	< 1000
Hg tot	< 1,5	< 10
Cr VI	< 0,5	Test di Barlett e James



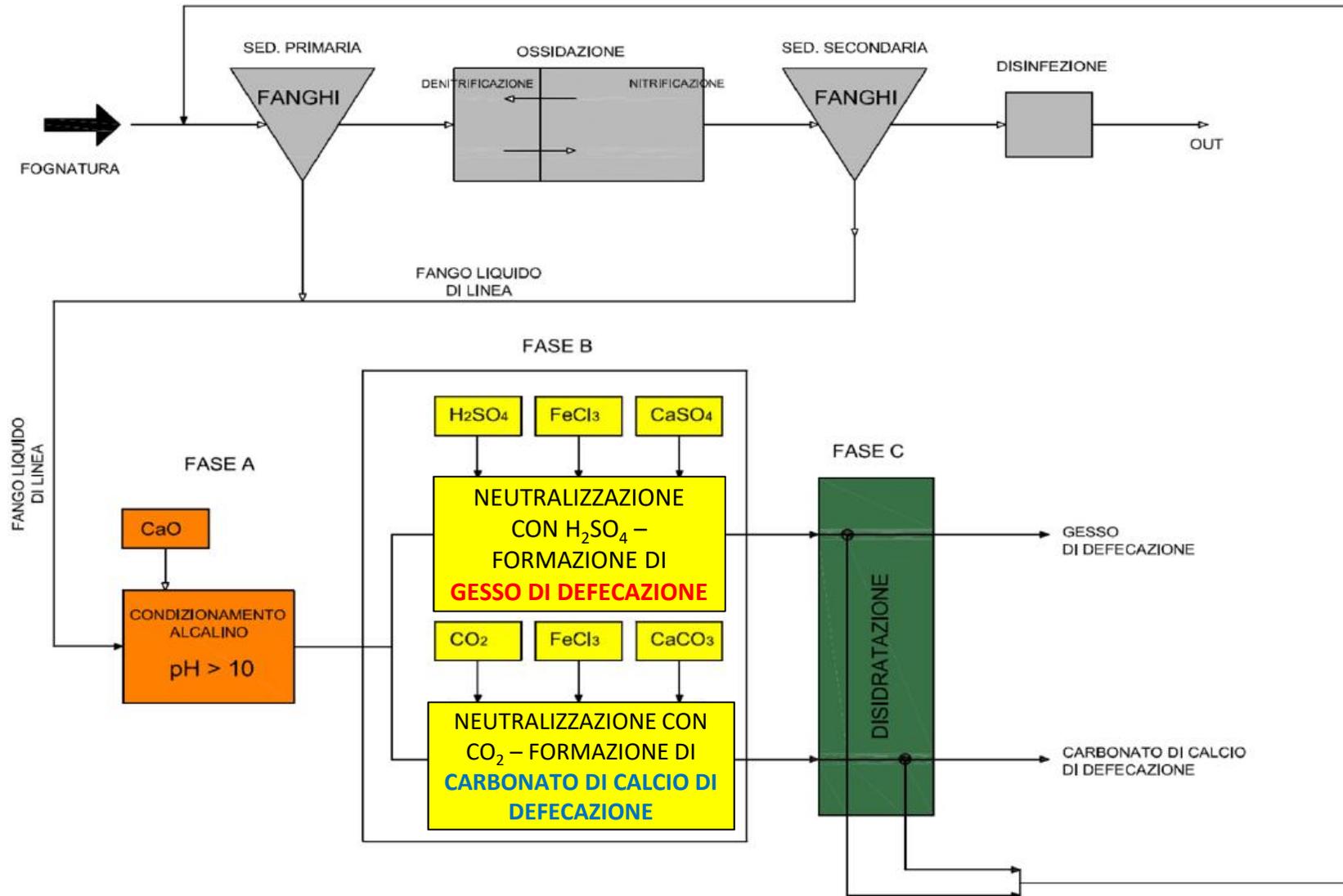
Valorizzazione dei fanghi – gessi di defecazione

Schema del processo «Biosolfato» (Agrosistemi)



Valorizzazione dei fanghi – gessi di defecazione

Schema di processo SYNGEN per fanghi liquidi (end-of waste)



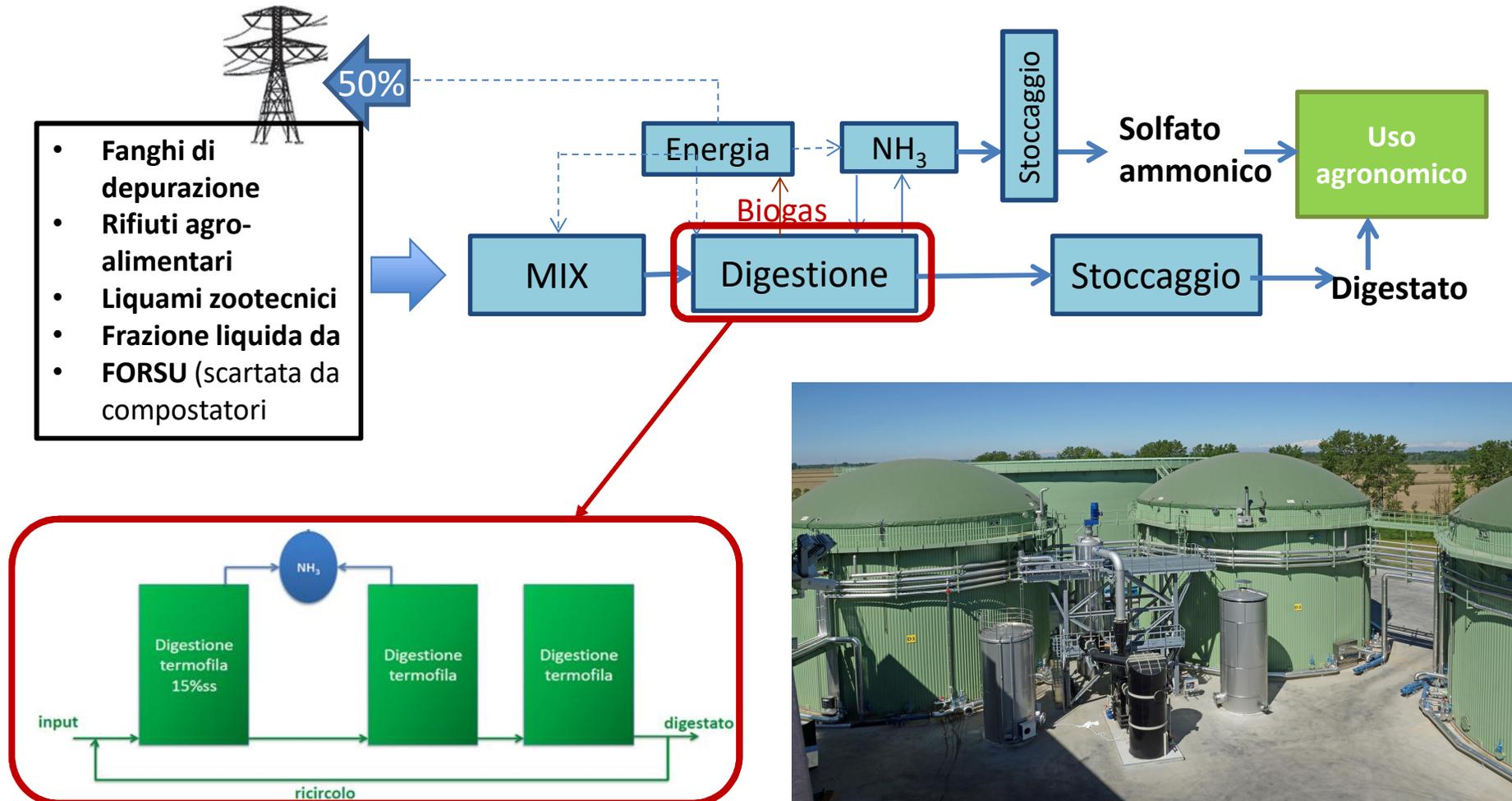
Valorizzazione dei fanghi – gessi di defecazione

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none">• Recupero di materia	<ul style="list-style-type: none">• Molestie olfattive (composti solforati)
<ul style="list-style-type: none">• Apporto di sostanza organica in terreni aridi	<ul style="list-style-type: none">• Necessità di controlli frequenti e accurati
<ul style="list-style-type: none">• Risparmio di fertilizzanti e di energia	<ul style="list-style-type: none">• Possibile bioaccumulo di inquinanti

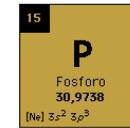


Valorizzazione dei fanghi – ammendante da digestato

Schema di processo impianto di VELLEZZO (Acqua & Sole srl)



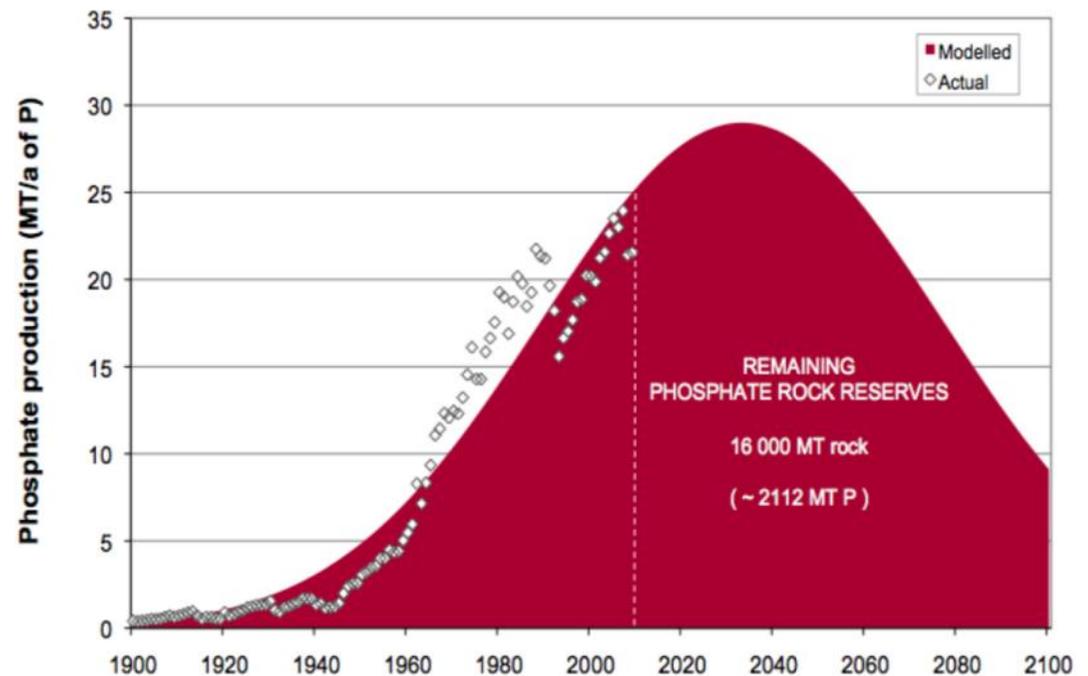
Recuperare il fosforo



Il fosforo (P) è una materia prima IN ESAURIMENTO

Da: Cordell & White, 2011, Sustainability, 3(10), pp. 2027-2049

- Indispensabile per sostenere le colture agricole
- Domanda in crescita con la popolazione mondiale
- Distribuzione geografica dei giacimenti non omogenea (Marocco, Cina, US)
→ Europa importa P

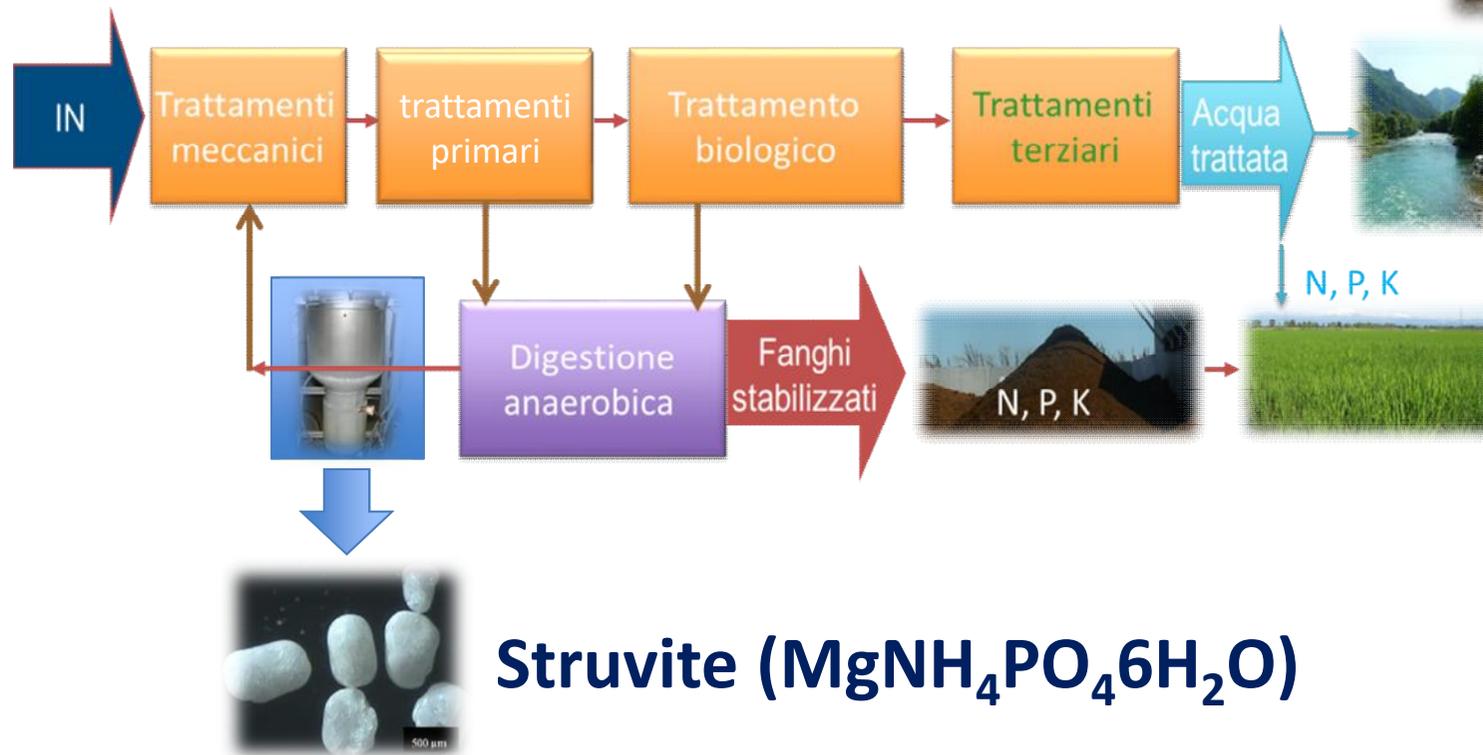


Circa il 18% del P estratto da fonti fossili si ritrova nei reflui



Recuperare il fosforo

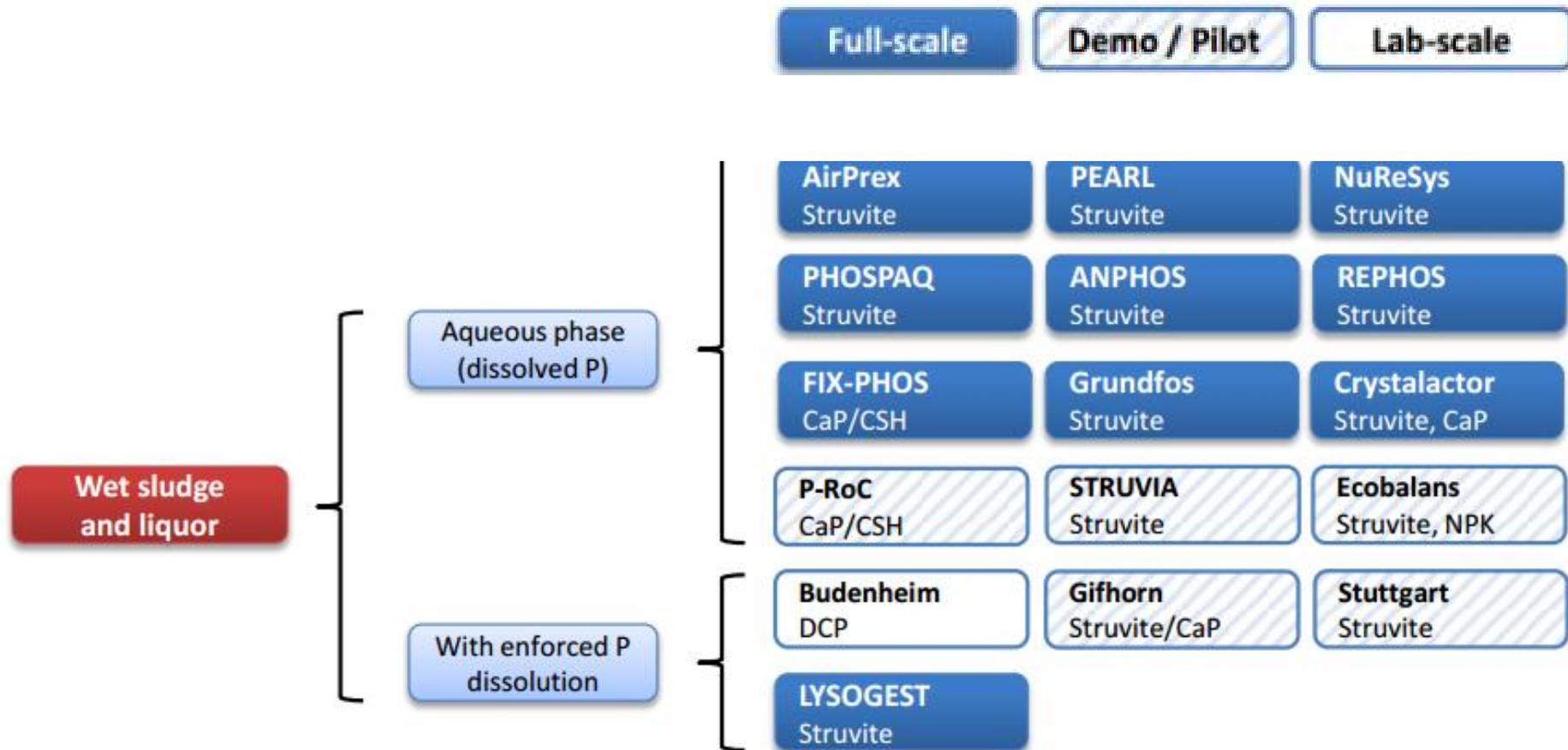
20% del P si può recuperare in forma di sale da flussi concentrati con processi di cristallizzazione



Struvite ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$)



Recuperare P da fase liquida – tecnologie disponibili



Recuperare P da fase liquida – cristallizzazione



www.p-rex.eu  20 piena scala  4 pilota  4 in costruzione  8 in progetto



Recuperare P da fase liquida – cristallizzazione



PhosphoGREEN (SUEZ) basato su precipitazione cristallizzazione

3 impianti in Danimarca:

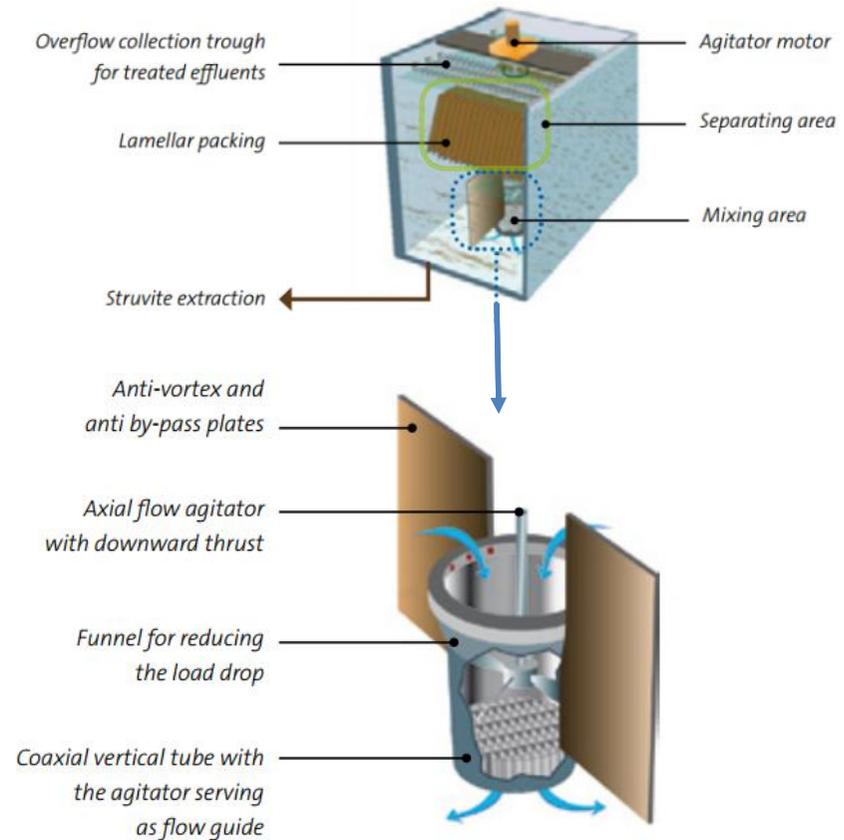
Aaby (DK) dal 2013,

Aarhus Water Herning (DK) dal 2016

Aarhus Water Marselisborg (DK) in costruzione

Conviene se:

- **struvite causa problemi di incrostazioni e occlusioni**
- **concentrazione di P > 80 mg/L**
- **rapporto molare Mg:P = 1:1, se meno occorre dosarlo**

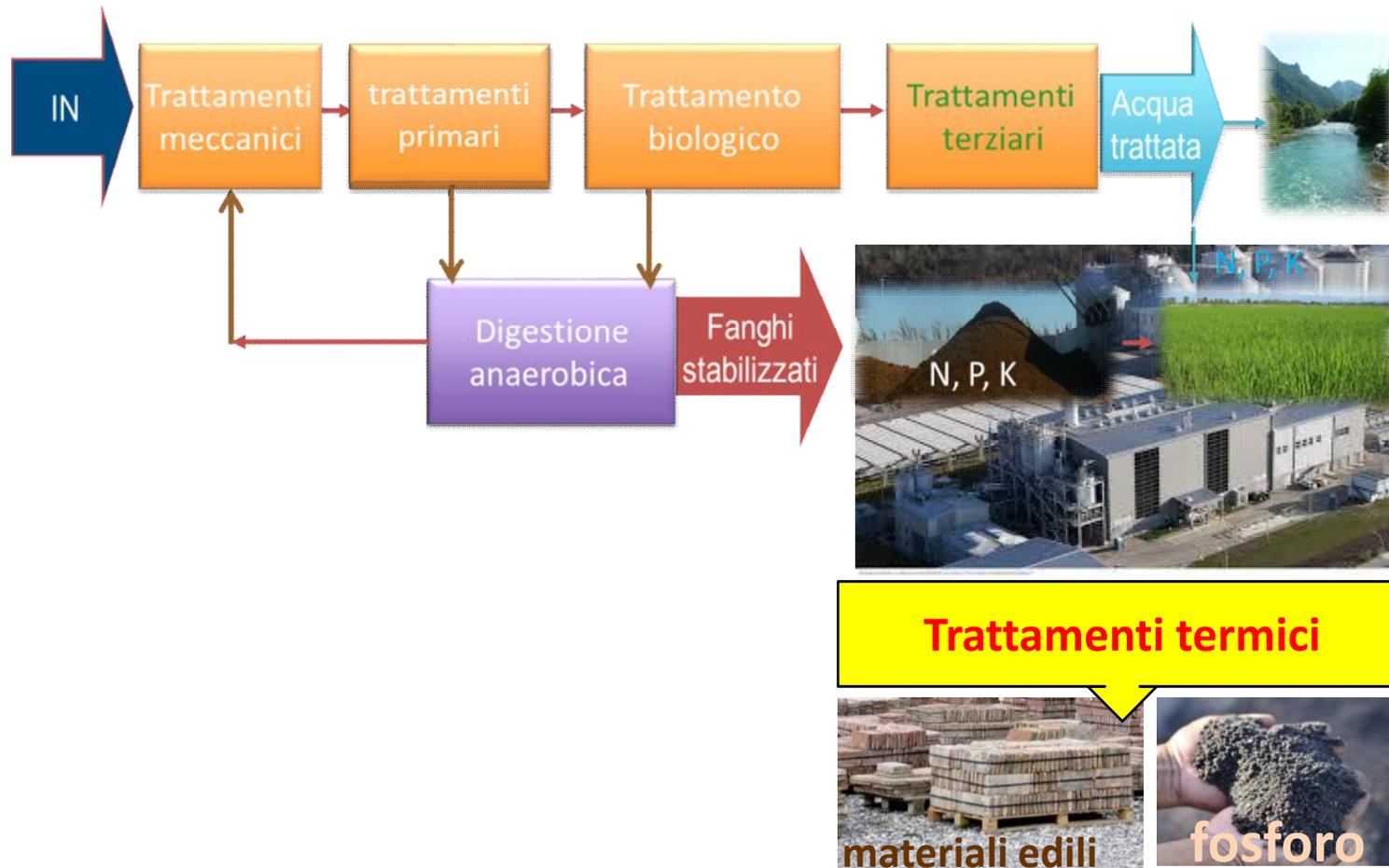


STRUVIA (Veolia) basato su precipitazione cristallizzazione (brevetto Turbomix): 1 impianto a Helsingør Southcoast (DK)

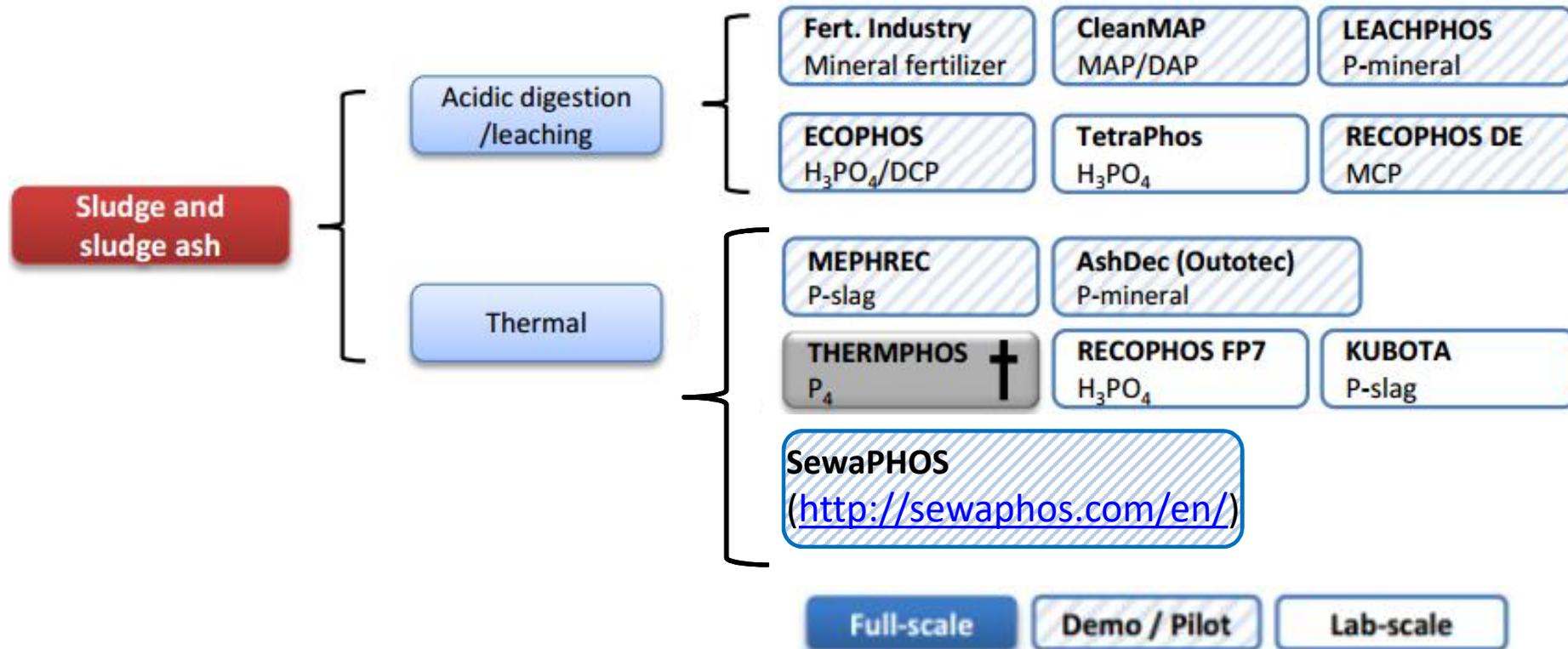


Recuperare fosforo e inerti

80% del P è recuperabile dalle ceneri dei fanghi combusti

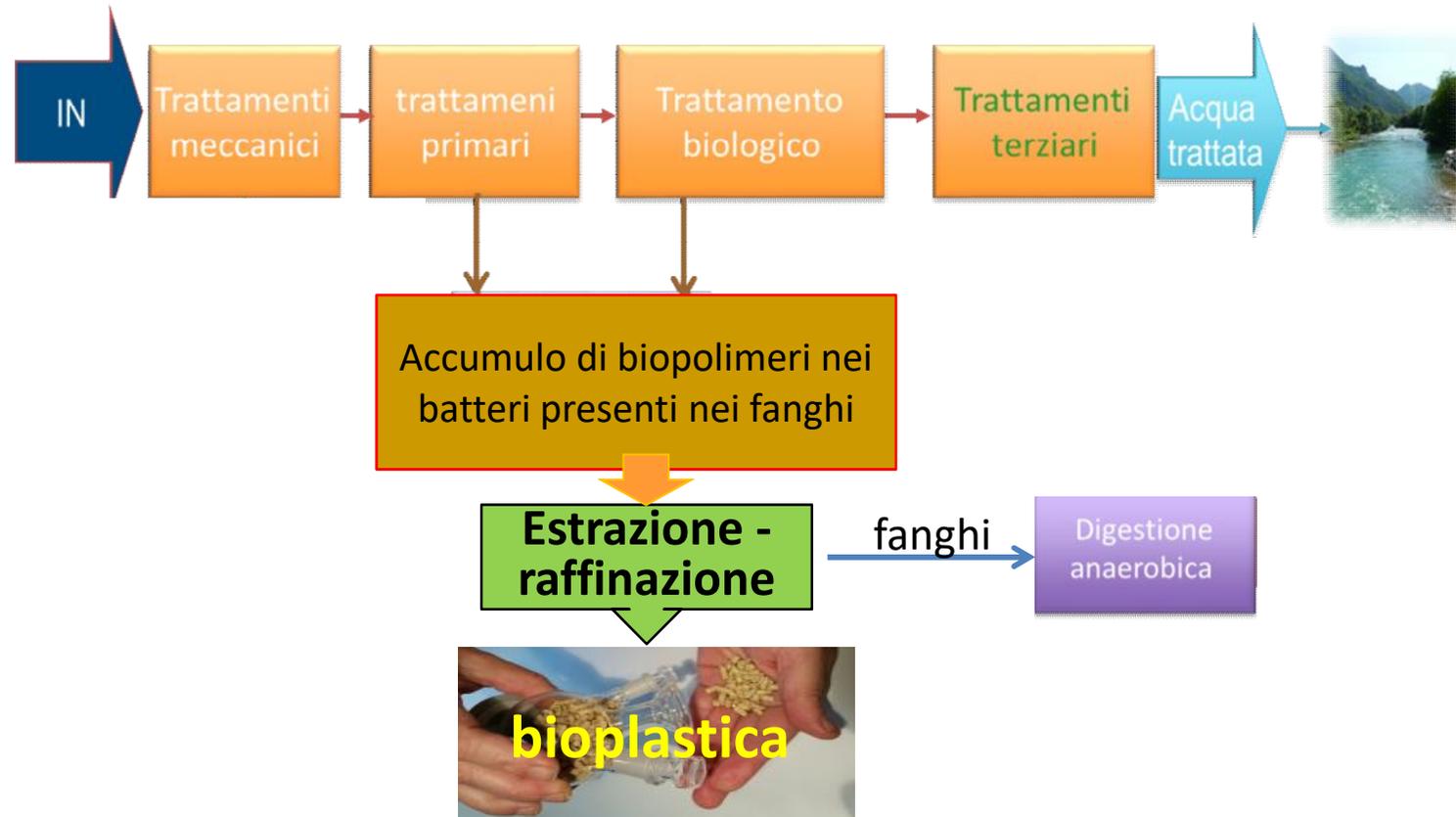


Tecnologie di recupero del P da ceneri



Recuperare bioplastica

Dai fanghi di depurazione si può anche produrre bioplastica



<http://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/20151023-Sewage-based-PHA-produced.php>

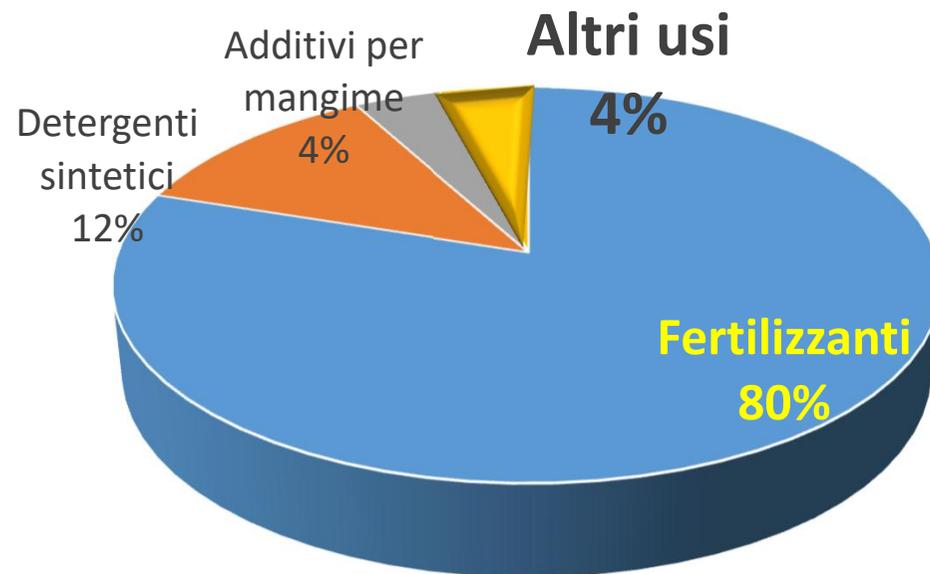


Conclusioni - 1

- *Recuperare materia \neq fabbricare un prodotto*
- *Senza mercato, il recupero non ha futuro*
- *Il mercato si può trovare*

ESEMPIO

fosforo in processi industriali \neq dai fertilizzanti: fosforo per fiammiferi; materiali compositi per batterie a ioni di litio e di sodio; cemento con fosfato chimicamente attivato (chemically-activated phosphorus slag-based composite cement - CAPSCC).



Conclusioni - 2

- ***Nuove tecnologie sono disponibili*** o lo saranno presto per il ***recupero di materiali dai fanghi***
- Grande varietà di ***opzioni***: soluzioni adatte alle specifiche realtà locali
- ***Moderna strategia per la gestione dei fanghi, anche per recupero di materia, dovrà considerare:***
 - ***Pianificazione in area vasta (ATO o più grande)*** per evitare diseconomie e ottimizzare gli aspetti logistici.
 - ***Prevedere il controllo alla fonte degli inquinanti***, per evitare la contaminazione dei fanghi e facilitare i recuperi



... riconoscere una risorsa per usarla ...

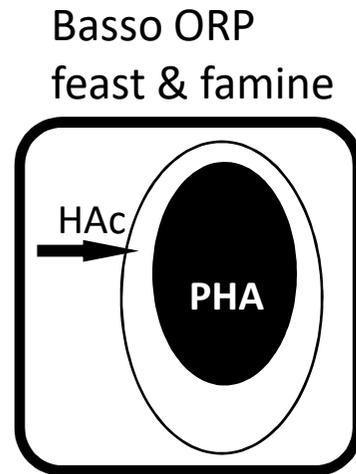


Grazie per l'attenzione



Recuperare bioplastica

fermentazione
con produzione
di acido acetico
HAc



*300 specie batteriche in
grado di sintetizzare PHA*



liofilizzazione
a bassa T°C



estrazione in CHCl_3 a 70°C
+ filtrazione + CH_3OH +
evaporazione → film



Fatone et al., 2015;
www.water2020.eu.

Biopolimeri recuperabili:

range min 55 - max 360 mg/gVSS (Yan et al., 2008*)

160 ± 4 mg/gVSS (Healey et al., 2015**)

* Yan et al. (2008) Bioplastics from Waste Activated Sludge-Batch Process, Practice Periodical of Hazardous Toxic and Radioactive Waste Management, October, 239-248, doi:10.1061/(ASCE)1090-025X (2008)12:4(239)

** Healey et al. (2015) Resource recovery from sewage sludge, Chapter 8, in: Sewage Treatment Plants: Economic Evaluation of Innovative Technologies for Energy Efficiency, Editors Katerina Stamatelatou and Konstantinos P. Tsagarakis, IWA publishing, pp. 376, ISBN: 9781780405018

