



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI BRESCIA



# L'economia circolare applicata al trattamento delle acque



UNIVERSITÀ  
DI PARMA

57<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale

4 Giugno 2019

Parco Area delle Scienze  
Campus, Parma

---


## RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA DAI FANGHI DI DEPURAZIONE: PIANIFICAZIONE E GESTIONE

*Alessandro Abbà*

*alessandro.abba@unibs.it*

# INTRODUZIONE

Gerarchia nella **gestione dei rifiuti** (Direttiva 2008/98/CE):

- prevenzione della produzione → tecniche di minimizzazione
- preparazione per il riutilizzo
- riciclaggio
- recupero di risorsa (materia ed energia) 
- smaltimento in discarica

**Fanghi = biosolids** → considerare fanghi come potenziale risorsa (Water Environment Federation, 1993)

# CARATTERISTICHE FANGHI DI DEPURAZIONE

Parametro	Fanghi primari (non trattati)	Fanghi attivi (non trattati)	Parametro	Contenuto [mg/kg <sub>SS</sub> ]	Media [mg/kg <sub>SS</sub> ]
Solidi totali [%]	5 - 9	0,8 - 1,2	As	1,1 - 230	10
<b>Solidi volatili [%ST]</b>	<b>60 - 80</b>	<b>59 - 88</b>	Cd	1 - 3.410	10
<b>Azoto [%ST]</b>	<b>1,5 - 4,0</b>	<b>2,4 - 5,0</b>	Cr <sub>TOT</sub>	10 - 990.000	500
<b>Fosforo [%ST]</b>	<b>0,8 - 2,8</b>	<b>2,8 - 11</b>	Co	11,3 - 2.490	30
Potassio [%ST]	0 - 1	0,5 - 0,7	Cu	84 - 17.000	800
SiO <sub>2</sub> [%ST]	15 - 20	-	Fe	1.000 - 154.000	17.000
pH	5,0 - 8,0	6,5 - 8,0	Pb	13 - 26.000	500
Oli e grassi [%ST]	7 - 35	5 - 12	Mn	32 - 9.870	260
Proteine [%ST]	20 - 30	32 - 41	Hg	0,6 - 56	6
Alcalinità [mgCaCO <sub>3</sub> /L]	500 - 1.500	580 - 1.100	Mo	0,1 - 214	4
Acidi organici [mgHAc/L]	200 - 2.000	1.100 - 1.700	Ni	2 - 5.300	80
<b>Energia [kJ/kgST]</b>	<b>23.000 - 29.000</b>	<b>19.000 - 23.000</b>	Se	1,7 - 17,2	5
			Sn	2,6 - 329	14
			Zn	101 - 49.000	1.700

Tyagi e Lo (2015)

**Nutrienti (azoto e fosforo)**

**Energia (carbonio)**

Fytili e Zabaniotou (2006)

# ALTERNATIVE DI RECUPERO DAI FANGHI

- RECUPERO DI RISORSA MATERIALE
- RECUPERO DI ENERGIA
- RECUPERO DI RISORSA MATERIALE ED ENERGIA

# RECUPERI

# RECUPERO DI RISORSA MATERIALE IN AGRICOLTURA

Accertata l'utilità: esperienza Ente Risi

**PARAMETRI  
POSITIVI**  
(C<sub>org</sub>, N, P)

**PARAMETRI  
NEGATIVI**

- ❖ metalli pesanti
- ❖ parametric microbiologici

**LIMITAZIONI D'USO**

- ❖ quantitativo massimo per ettaro di terreno
- ❖ caratteristiche suoli
- ❖ divieti particolari

**RICHIESTO TRATTAMENTO**

Trattamento biologico, chimico o termico, o altro opportuno procedimento atto a ridurre potere fermentescibile e inconvenienti sanitari

- Selezione fanghi "alla fonte" (no contributi industriali, no fango primario)
- Migliore trattamento in impianto (stabilizzazione)
- Migliore trattamento in piattaforme (condizionamento)
- Monitoraggio terreni e colture

# RECUPERO ENERGETICO

## Alternativa importante:

### CO-COMBUSTIONE CON RSU

→ potenzialità residua inceneritori RSU

## In via subordinata:

### COMBUSTIONE IN IMPIANTI DEDICATI

→ combinazione con essiccamento termico

→ piattaforme centralizzate (soglia di convenienza)

### OSSIDAZIONE A UMIDO

### PIROLISI/GASSIFICAZIONE

→ poche realizzazioni (estero)

# RECUPERO DI RISORSA MATERIALE + RECUPERO ENERGETICO

Residui di combustione o gassificazione

- eventualmente inertizzati
- eventualmente ceramizzati/vetrificati
- sottofondi stradali, manufatti per edilizia

Cementifici, forni di produzione asfalto

- combustibile ausiliario
- inglobamento frazione inorganica nel clinker/asfalto

Produzione di laterizi (miscelazione con argilla)

Co-digestione con FORSU o altri substrati organici

- produzione biogas
- residuo al compostaggio → agricoltura



# STRATEGIA DI GESTIONE DEL FANGO

- **OGGI E' INDISPENSABILE CONSIDERARE LA PROBLEMATICHA IN TUTTI I SUOI ASPETTI**



- **E NON INVECE LIMITARSI A ENFATIZZARE UN ASPETTO PARTICOLARE**



**SONO GIA' DISPONIBILI ESEMPI DI PIANIFICAZIONE DELLA GESTIONE DEI FANGHI IN DIVERSI TERRITORI:**

- REGIONE LOMBARDIA
- Provincia di VARESE
- ATO CREMONA
- ATO VERONA
- Uniacque BG



*«Sostenibilità ed evoluzione tecnologica nel sistema di depurazione lombardo: il riutilizzo delle acque reflue e dei fanghi di depurazione»*

(cod. IReR 2006B039), parte B

Biblioteca PoliS-Lombardia Istituto regionale per il supporto alle politiche della Lombardia

Disponibilità al prestito

Biblioteca	Testo	Collocazione	Disponibilità
Eupolis	ELDEB-9-4366	A,75,1,2 - A,75S	

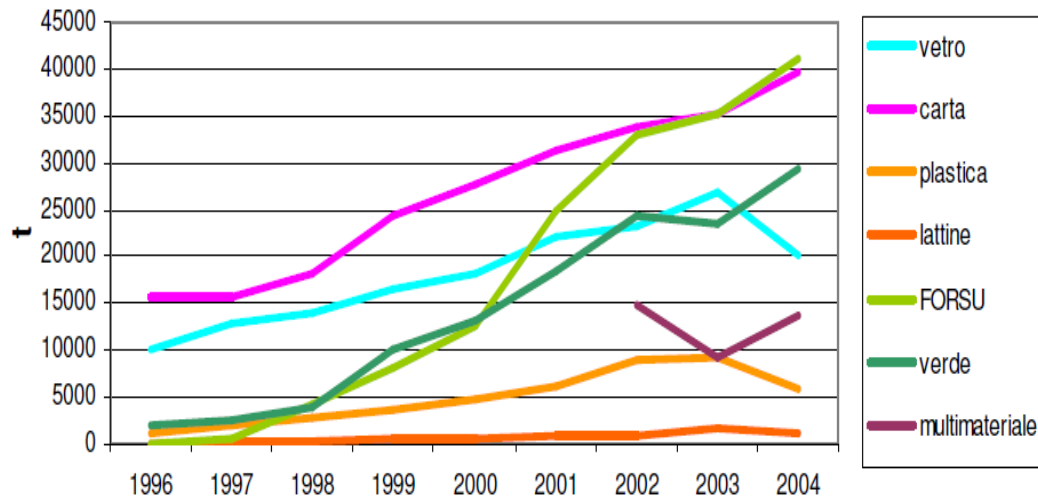
Pianificazione a livello di PROVINCIA-ATO-Gestore

# PIANIFICAZIONE

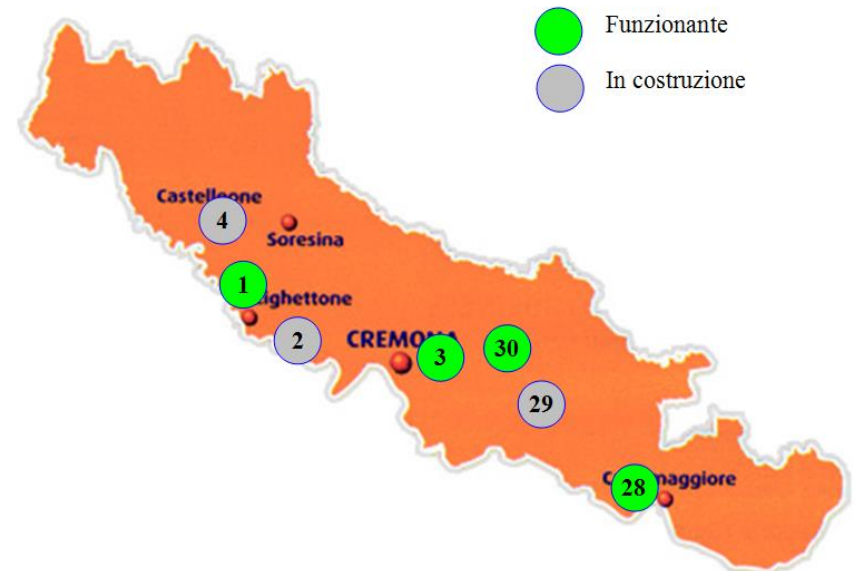
# 1. ANALISI ASSETTO IMPIANTISTICO ATTUALE E FUTURO

- Numero impianti e dimensione
- Configurazione impiantistica (es. digestione sì/no)
- Condizioni di carico (margine di potenzialità residua?)
- Ubicazione (sensibilità ambientale, urbanizzazione, viabilità ...)
- Attuali modalità di trattamento e destinazione finale fanghi

- Piano rifiuti: produzione, raccolta differenziata FORSU, impianti previsti e loro capacità (inceneritori, compostaggio, digestione anaerobica)



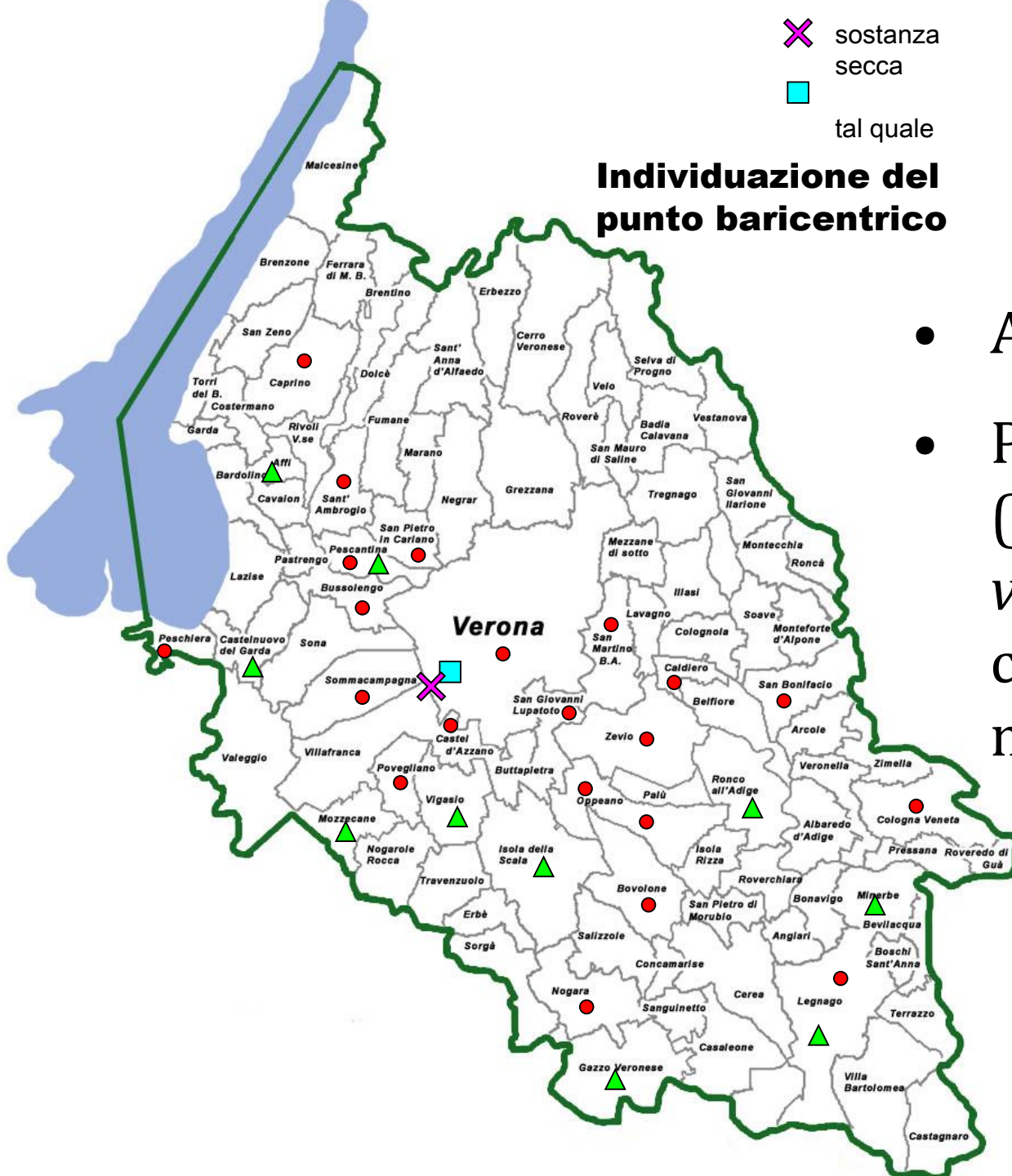
- Disponibilità di calore da impianti industriali



## 2. CALCOLO PRODUZIONE FANGHI

- ✕ sostanza secca
- tal quale

### Individuazione del punto baricentrico



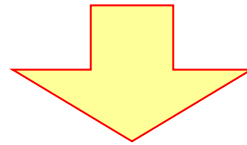
- Assetto futuro
- Produzione attuale (piccoli impianti?) vs produzione calcolata (varie metodologie)

### **3. DEFINIZIONE DELLE ALTERNATIVE DI INTERVENTO**

- Applicabilità delle **tecniche di minimizzazione**
- **Scenario A: soli fanghi**
  - A.0: discarica
  - A.1: agricoltura
  - A.2: cementifici
  - A.3: termodistruzione
  - A.4: ossidazione a umido
- **Scenario B: fanghi + RSU/FORSU**
  - B.1: co-incenerimento
  - B.2: co-digestione

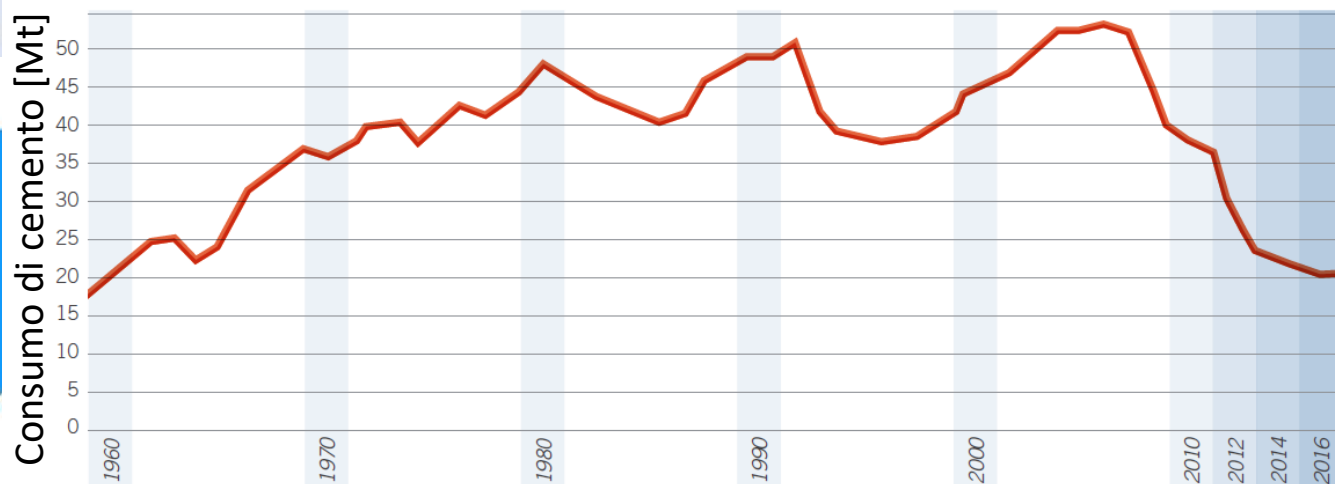
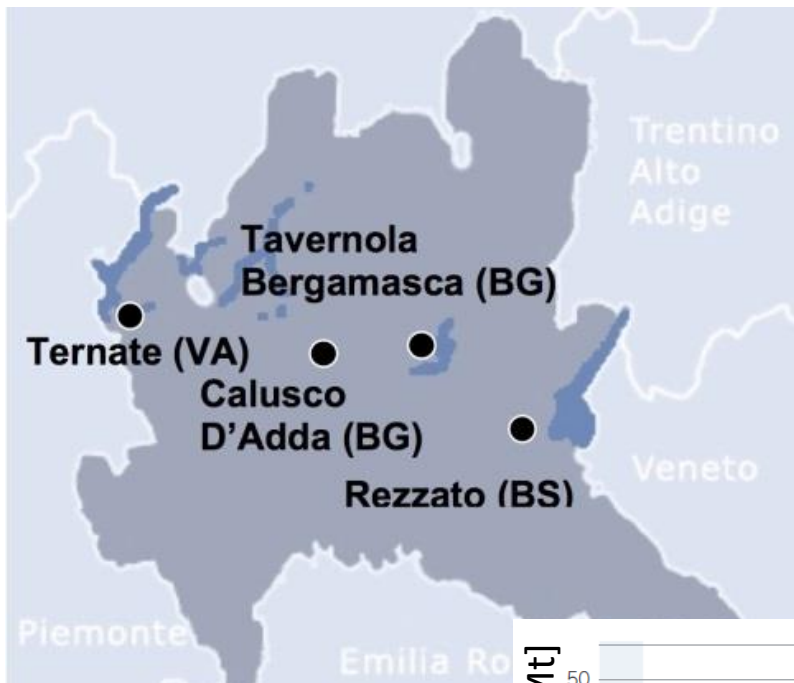
# MINIMIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE DI FANGHI DI DEPURAZIONE

- Prendere in considerazione le **tecniche sulla linea fanghi** (salvaguardare la funzionalità del processo biologico).
- Economicamente **sostenibili** ed **attuabili** se:
  - ✓ impianti **> 50.000 A.E.**;
  - ✓ presenza di **digestione anaerobica**.



Riduzione della produzione di fango pari al 30-35% (valore cautelativo) →  
**riduzione complessiva di fanghi** «modesta»

# Recupero materiale ed energetico attraverso il conferimento a cementifici: DISPONIBILITA' IMPIANTI?



Fonte: Aitec



# Co-incenerimento di fanghi e RSU

- $P.C.I._{fanghi+rifiuti}$  MINIMO/MASSIMO
- Flusso di massa
- Modalità di alimentazione

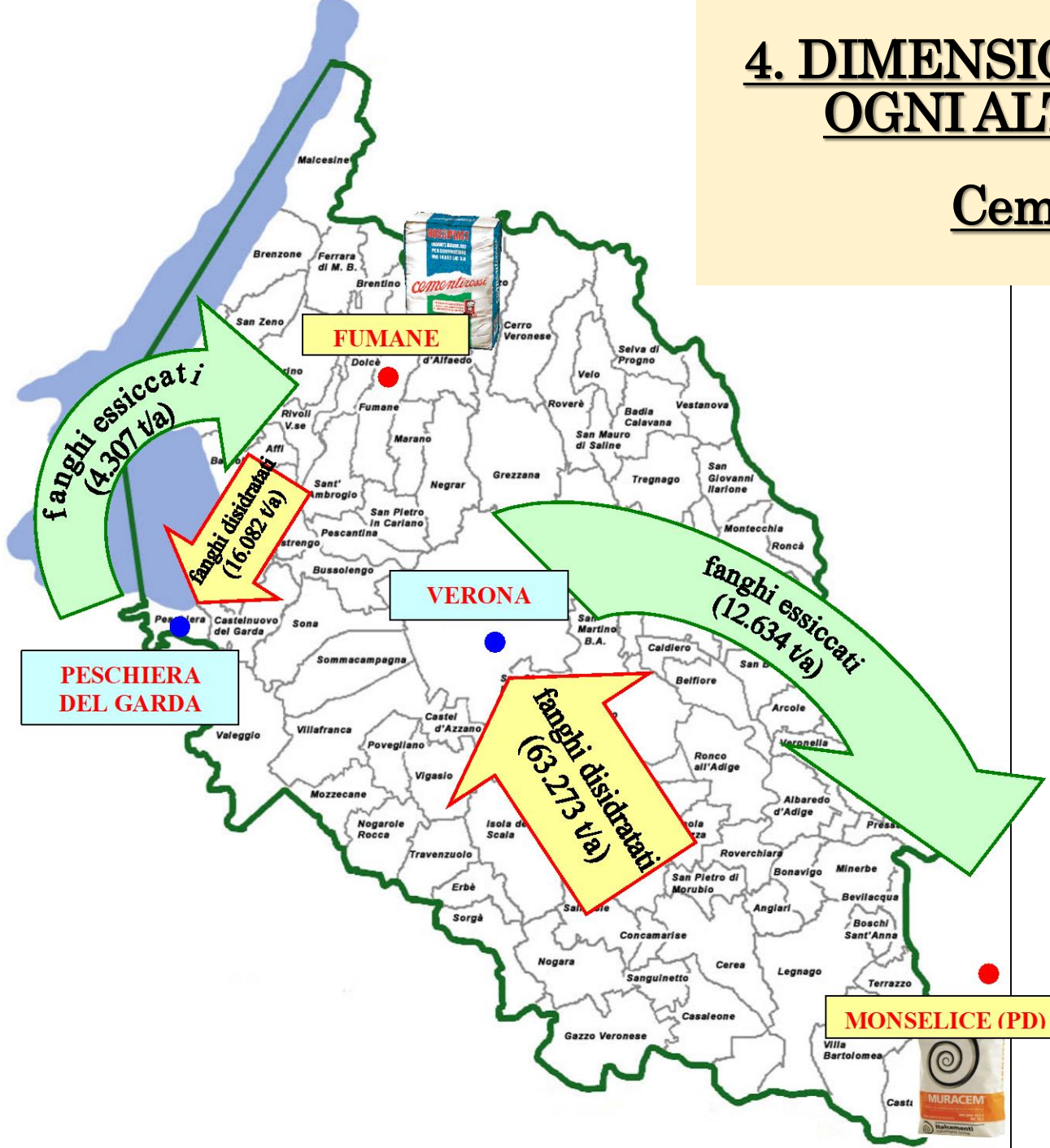


## Recupero energetico attraverso termodistruzione in impianti dedicati

- **Taglia minima dell'impianto**
- **Pre-essiccamento?**
- **Tecnologia termovalorizzatore?**

# 4. DIMENSIONAMENTO DI OGNI ALTERNATIVA

## Cementifici



# Ossidazione a umido

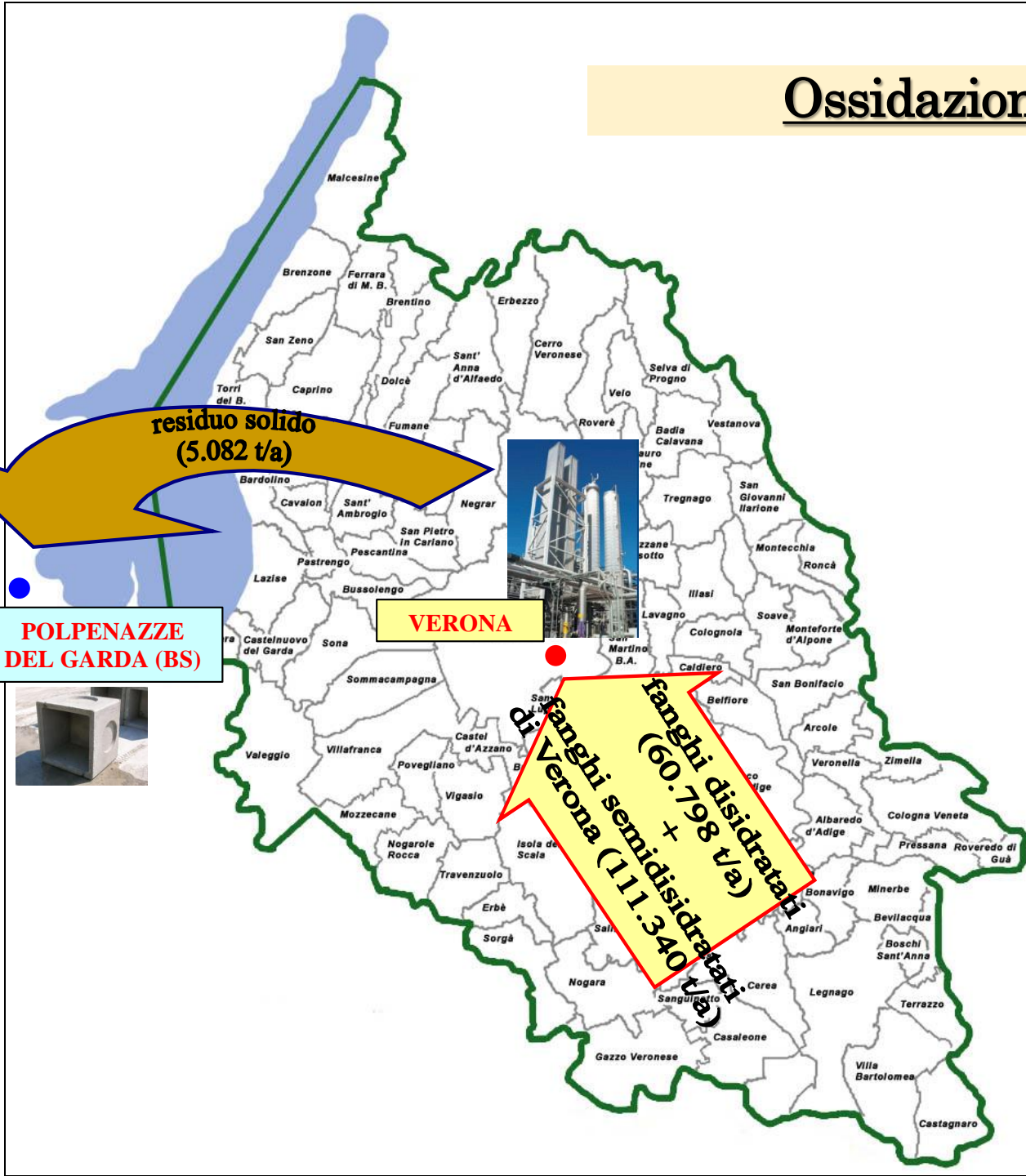
residuo solido  
(5.082 t/a)

**POLPENAZZE  
DEL GARDA (BS)**

**VERONA**



fanghi disidratati  
(60.798 t/a)  
+  
fanghi semidisidratati  
di Verona (111.340 t/a)



# Co-incenerimento con RSU



*Non è indicata la destinazione dei fanghi prodotti nel Cremasco.*

## 5. CONFRONTO TECNICO-ECONOMICO

1. **Affidabilità delle tecnologie**: grado di affidabilità delle tecnologie adottate, in base al livello di maturità delle stesse ed in relazione al caso specifico (esempio: necessità di trattare fanghi provenienti da impianti diversi).
2. **Complessità e integrabilità con le strutture esistenti**: si considerano problemi connessi con disponibilità di spazio, interferenze eventuali con il processo di depurazione delle acque, richiesta di personale specializzato, ecc..
3. **Sicurezza**: si intende tenere in considerazione i problemi correlati alla sicurezza delle installazioni impiantistiche.
4. **Vulnerabilità**: viene espresso un giudizio circa la vulnerabilità delle soluzioni proposte in relazione al grado di certezza dello sbocco finale previsto per il fango o per i residui del trattamento.
5. **Recupero della risorsa/residui**: si considera, per le diverse alternative, il grado di recupero della risorsa materiale e/o energetica dei fanghi e la produzione di residui da collocare in discarica.
6. **Incidenza del trasporto**: viene valutata, per ogni alternativa, la distanza da percorrere, annualmente, per il trasporto dei fanghi e dei residui alle diverse destinazioni.
7. **Aspetti sociali e autorizzativi**: si prendono in considerazione il grado di accettazione da parte della popolazione e gli aspetti burocratico/amministrativi.
8. **Elasticità/modularità**: si valuta l'influenza, sul sistema proposto, della prevista crescita di produzione di fanghi dalla situazione attuale allo scenario futuro.
9. **Costi**: si effettua una stima di massima dei costi di investimento ed esercizio (compresi gli oneri per il trasporto e lo smaltimento dei fanghi o dei residui).

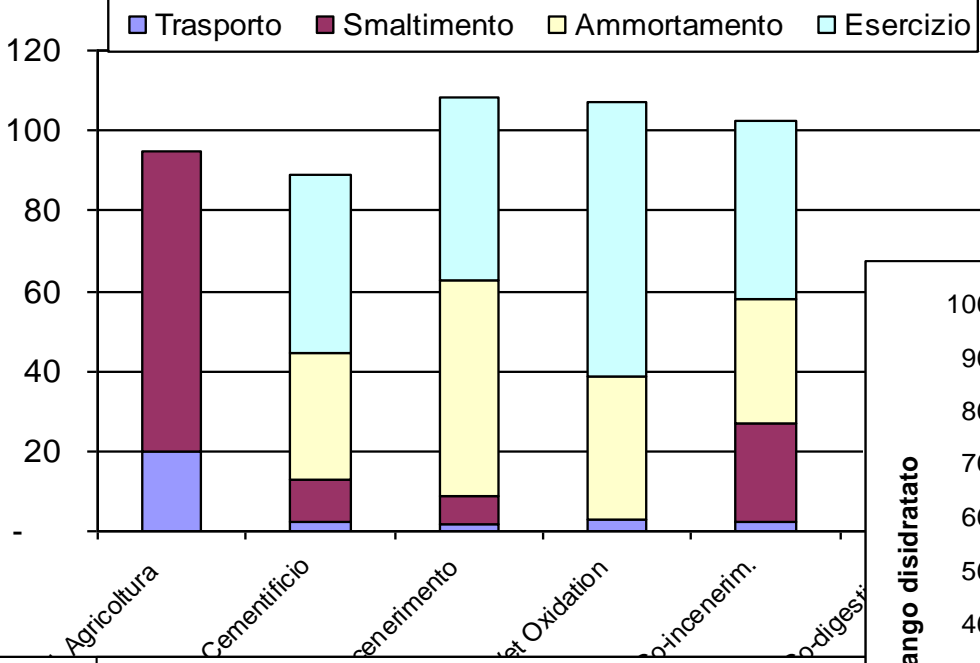
# VALUTAZIONE COMPARATIVA DI SINTESI

Alternativa	Affidabilità delle tecnologie	Complessità e integrabilità con le strutture esistenti	Sicurezza	Vulnerabilità (incertezza dello sbocco finale)	Recupero della risorsa/residui		Incidenza del trasporto (km/anno)	Aspetti sociali e autorizzativi	Elasticità/Modularità	Fattibilità smaltimento congiunto con i fanghi di potabilizzazione prodotti negli impianti di Cremona
					Vantaggi	Svantaggi				
<b>A.1</b> Agricoltura	Piena	Piena	Piena	Elevata	Recupero di materia		105.121	Poco rilevanti	Elevata	No
<b>A.2</b> Cementificio	Buona	Buona	Buona	Significativa	Recupero frazione inorganica Produzione di energia da combustione	Consumo metano per essiccamento	36.213	Poco rilevanti	Buona	Sì
<b>A.3</b> Incenerimento	Buona	Buona	Buona	Non significativa	Produzione di energia da combustione	Consumo metano per parziale essiccamento Produzione di scorie	27.774	Critici	Scarsa	Sì
<b>A.4</b> Ossidazione ad umido	Buona	Critica	Buona	Non significativa	Recupero frazione inorganica Produzione aggiuntiva biogas	Maggior consumo energia per depurazione Consumo ossigeno	43.140	Poco rilevanti	Da valutare	Sì
<b>B.1 *</b> Co-incenerimento	Buona*	Buona*	Buona*	Non significativa*		Produzione di scorie*	9.855*	Poco rilevanti*	Elevata	Sì

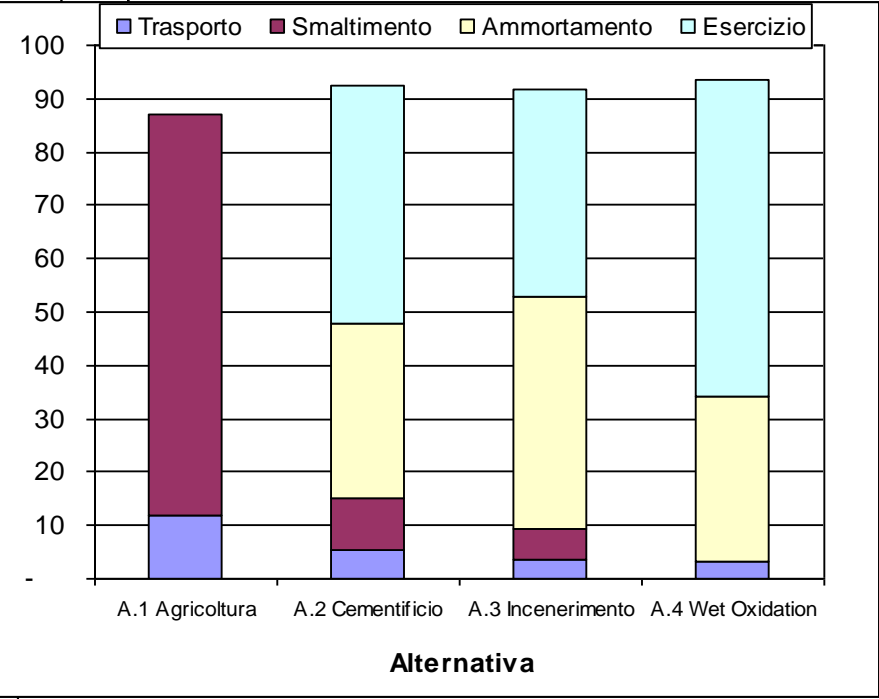
Note: \* solo per i fanghi prodotti nel Cremonese e nel Casalasco (per i fanghi del Cremasco si rientra nelle alternative A.1 o A.2)

# STIMA ECONOMICA

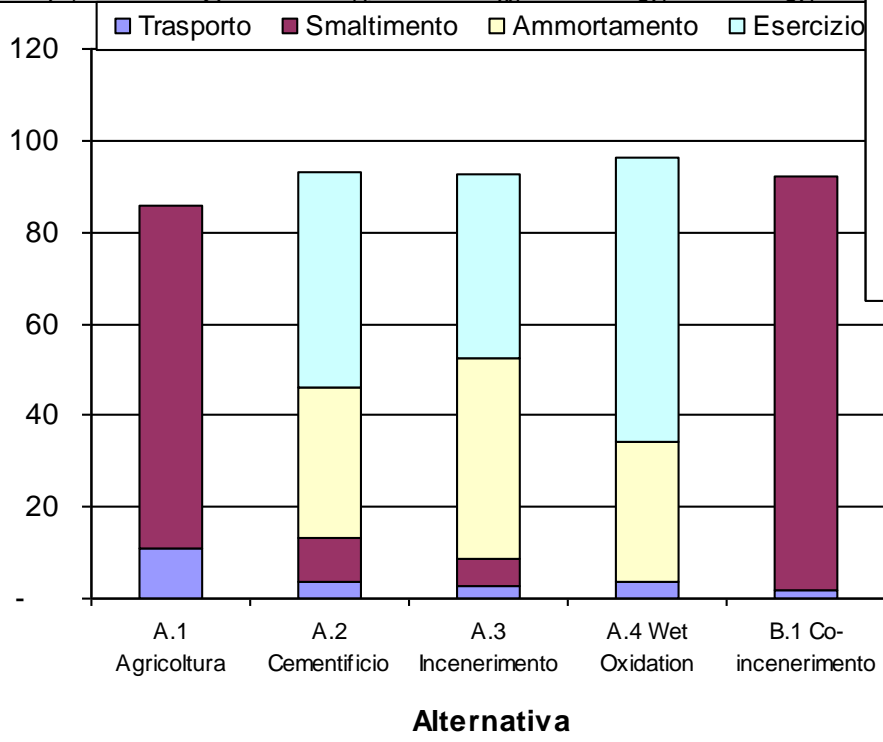
Euro/t fango disidratato



Euro/t fango disidratato



Euro/t fango disidratato





# CONCLUSIONI

Gli **INTERVENTI** potrebbero diventare **EFFICACI** se fossero **CONVENIENTEMENTE PIANIFICATI**

- Esempi di pianificazione:
  - a livello regionale
  - a livello provinciale/ATO
- La pianificazione della gestione dei fanghi è un **problema complesso**
- Il **livello di dettaglio** della valutazione dipende dalla scala di riferimento
- No generalizzazione dei risultati: parametri e valutazioni sempre **caso-specifici**
- **È possibile PIANIFICARE?** Oppure il settore è affidato unicamente all'**EQUILIBRIO** derivante dalle **LEGGI DI MERCATO** ?