

La progettazione degli impianti: possibilità ed ostacoli, importanza della visione complessiva

26 Ottobre 2018
VIII Convegno di approfondimento

**REVAMPING
IMPIANTI DI
DEPURAZIONE**

Gli impianti di
depurazione del
futuro dalla logica
emergenziale alla
visione di lungo
periodo.



Ing. Domiziano
Ivan Basilico



Ing. Pietro
Negro

Il lavoro del progettista

Spesso l'oggetto del lavoro del progettista è ben definito in fase di gara e limitato nello scopo, soprattutto nel caso di un progetto esecutivo.

Tuttavia il progettista si confronta sempre più spesso con le difficoltà che deve affrontare nella definizione di interventi di modifica e potenziamento delle infrastrutture depurative esistenti.

Due casi reali:

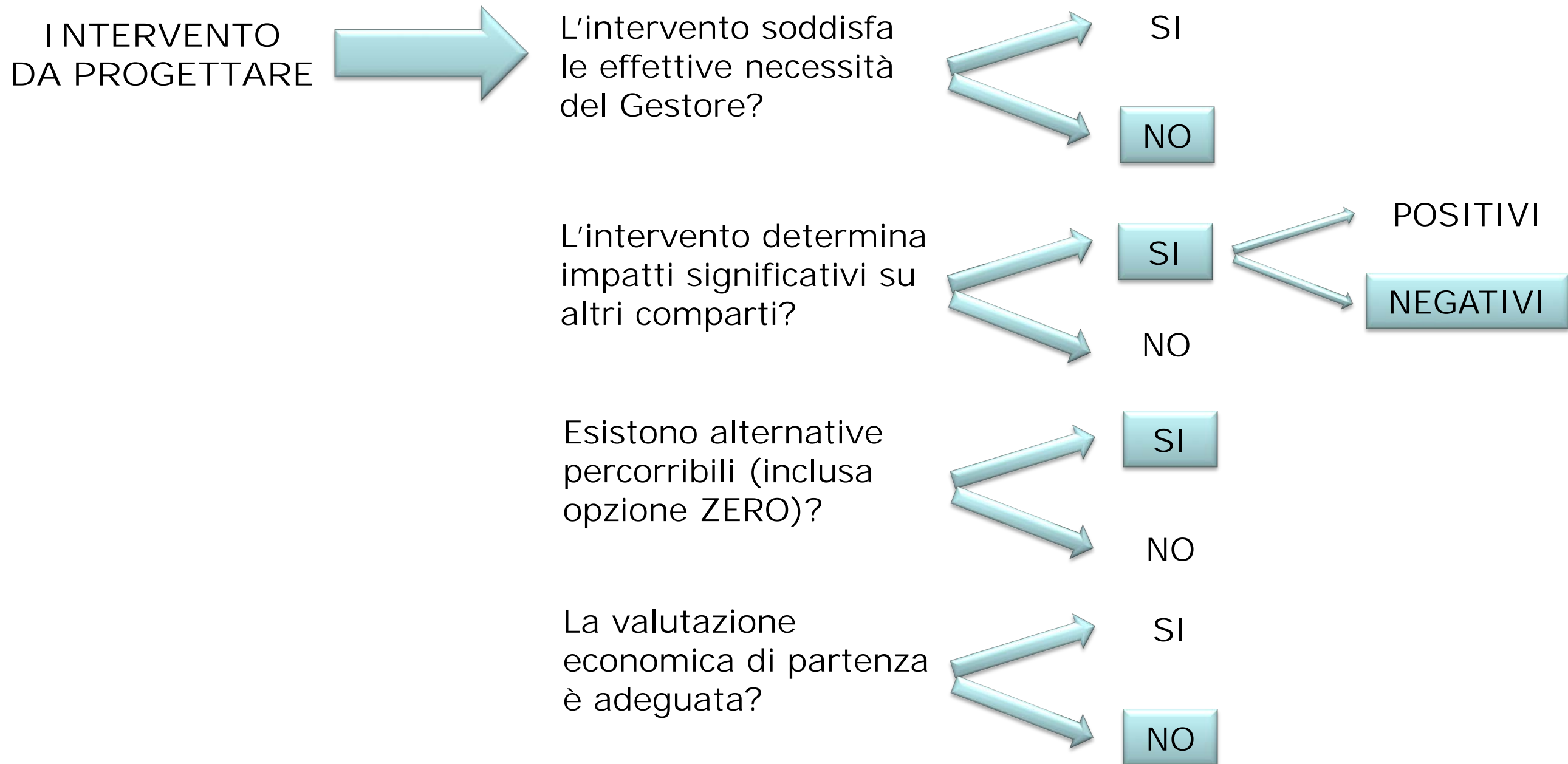


Impianto Uniacque di Bergamo



Impianto di depurazione
(Italia Nord-Ovest)

Approccio alla progettazione



Risposte positive o negative ai quesiti possono indirizzare in modo molto diverso le scelte progettuali.

CASO TIPICO: RISTRUTTURAZIONE DI UN DIGESTORE ANAEROBICO

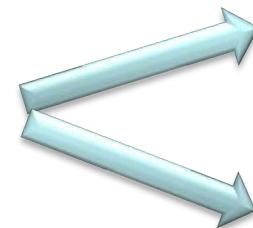
OGGETTO INTERVENTO



Ristrutturazione e riattivazione di un digestore anaerobico per fanghi.

Età dell'opera > 25 anni

Conservazione



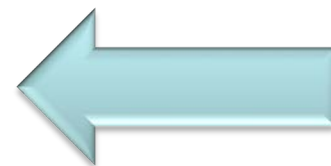
Opere civili: *appena sufficiente*

Opere elettromeccaniche: *scarsa*

Importo stimato € 150.000 per manutenzione straordinaria di piping ed accessori (tubi, valvole, duomo, strumentazione).

STRATEGIE
PROGETTUALI

Valutazione
Costi/benefici
generale



*Approccio
«integrato»*



*Approccio
«minimale»*

Rilievo piping

Elenco interventi

Capitolato

Esecuzione lavori

DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI

EFFETTIVE NECESSITÀ DEL GESTORE

- Stabilizzare il fango (per ridurre i quantitativi da smaltire) con il minimo costo di realizzazione e gestione quindi:
 - Garantire un adeguato tempo di residenza (> 15 d)
 - Produrre sufficiente biogas per scaldare il fango
 - Raggiungere sufficienti parametri di sicurezza ed affidabilità utilizzando le strutture esistenti.

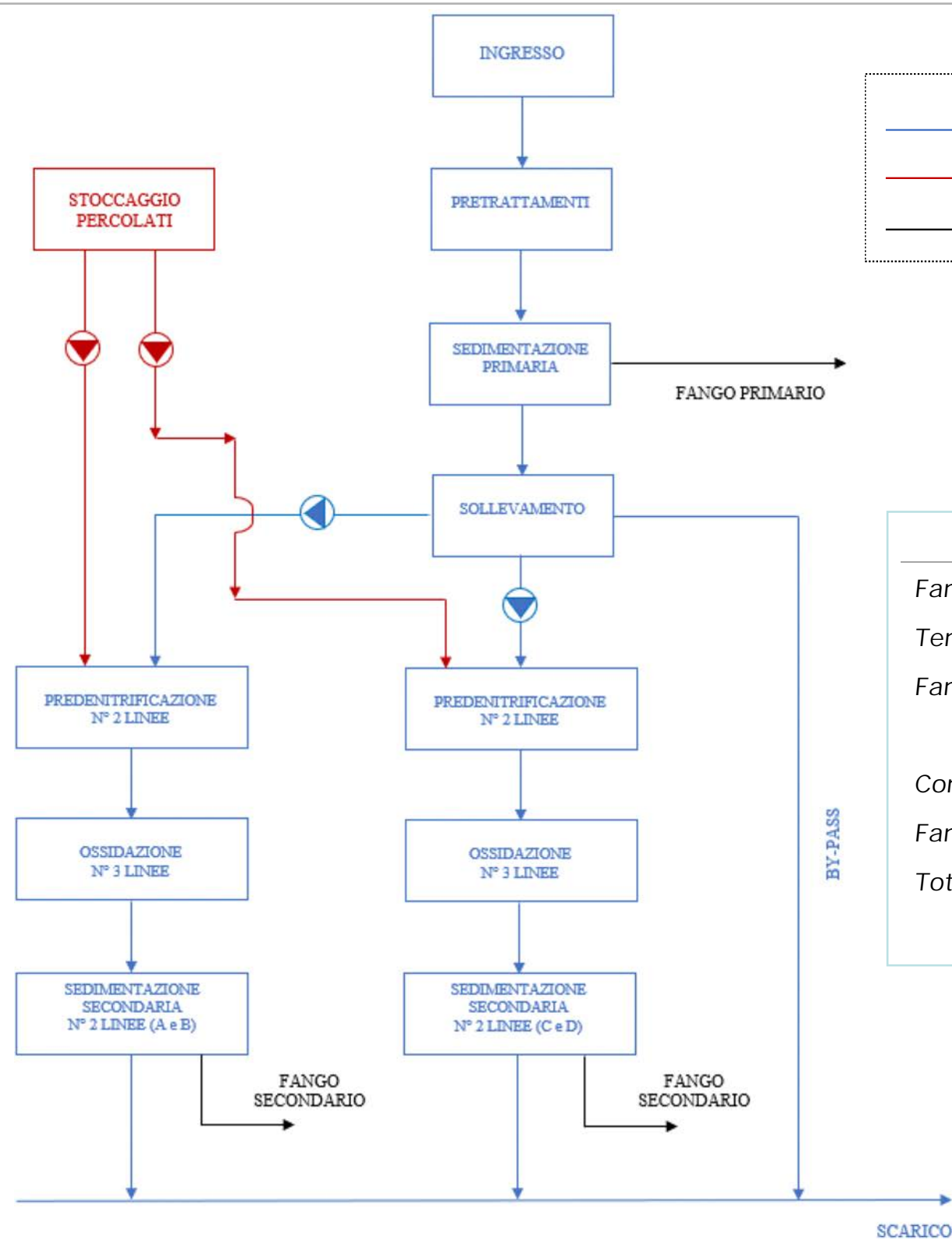
Come valutare il potenziale
Raggiungimento degli obiettivi



*BILANCIO DI MATERIA
ED ENERGIA*

INGRESSI NEL SISTEMA:

ORIGINE DEL FANGO DA TRATTARE



Parametro	u.m.	Valore
Fango medio smaltito	t/mese	ca 1.000
Tenore di secco	% SS	20 ± 1
Fango secco smaltito	Kgss/mese	200.000
	Kgss/d	ca 6.700
Concentrazione TSS scarico	mg/l	25
Fango scaricato	Kgss/d	1.000-1.500
Totale fango prodotto	Kgss/d	7.700-8.200

Bilancio fanghi – valori reali

SCENARI

Le valutazioni e i bilanci sono stati sviluppati in riferimento a due assetti teorici:

- A. By pass della sedimentazione primaria (come nella situazione attuale).
- B. Utilizzo della sedimentazione primaria sull'intera portata dei reflui urbani;

Flusso	u.m.	Caso A	Caso B
Fango primario	kgss/d	0	1.500
Fango di supero	kgss/d	7.500	6.000
Fango chimico	kgss/d	1.000	1.000
Totale	kgss/d	8.500	8.500

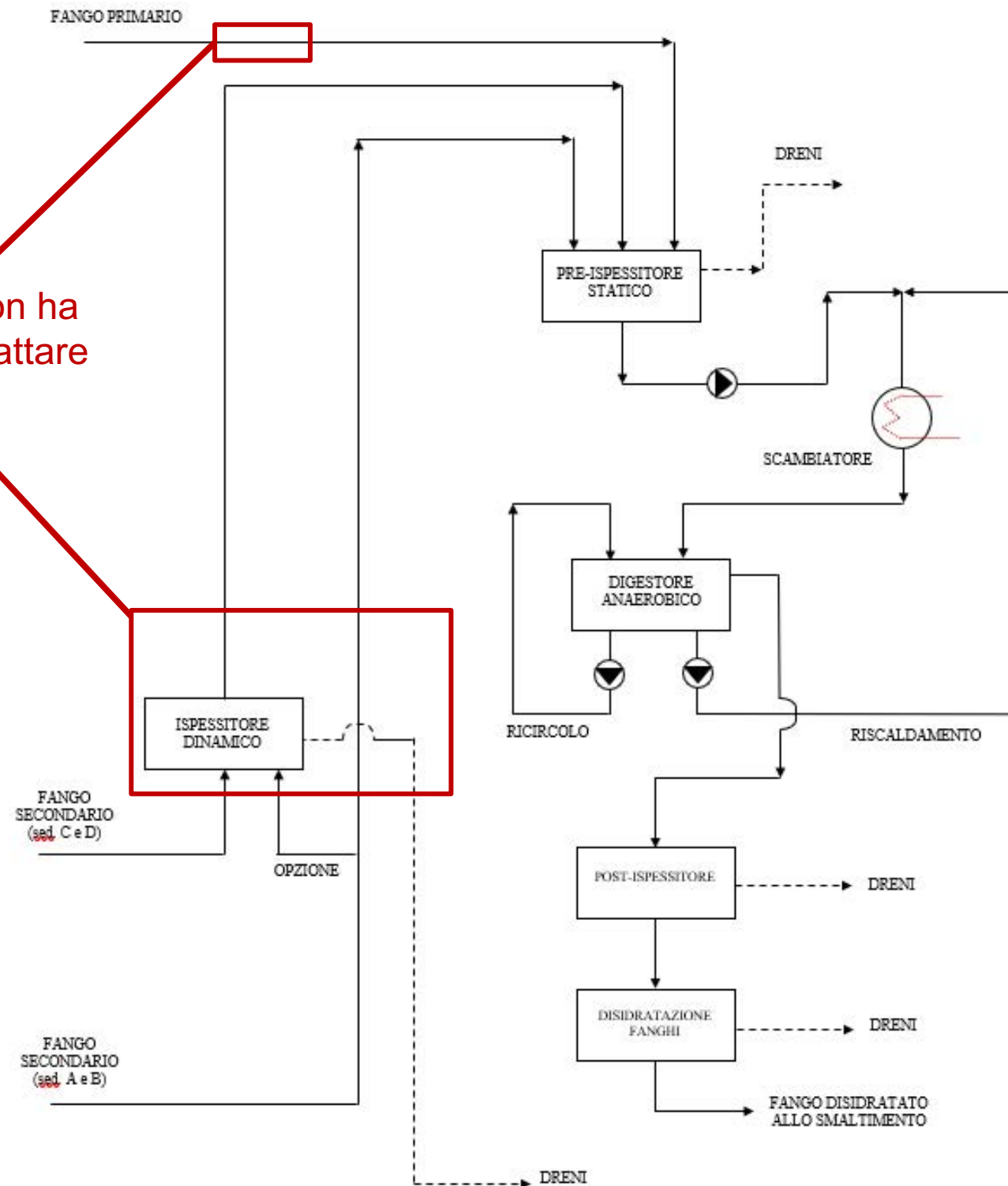
Scenari produzione fango

L'assetto B è stato escluso in quanto:

- Non è opportuno impoverire il refluo in termini di rapporto COD/N
- La sedimentazione primaria presenta alcuni deficit di funzionalità per la vetustà delle opere

IL PROCESSO DI TRATTAMENTO

Il sistema di ispessimento non ha
potenzialità sufficiente per trattare
l'intera portata



I PARAMETRI CONTROLLANTI

Il bilancio di produzione di biogas è influenzato da una serie di fattori tra loro più o meno direttamente correlati che possono modificare anche in modo significativo i risultati del trattamento, compromettendo il raggiungimento degli obiettivi:

- carichi e concentrazioni del fango in ingresso;
- incidenza della sostanza organica in ingresso rispetto al solido totale;
- temperatura del digestore;
- volume del digestore (tempo di ritenzione).

Nel caso specifico, si possono considerare fissati:

- il volume del digestore esistente pari a 2.800 m³;
- la temperatura ottimale di esercizio di 35-36° C.

Temperatura (°C)	> 36	36	34	32	30	28	< 28
Portata biogas	100	93	86	77	70	60	< 50

Produzione biogas in funzione della temperatura del digestore

Temperatura (°C)	> 36	36	34	32	30	28	< 28
Abbattimento VSS (%)	> 47	43	39	35	30	26	21

Abbattimento VSS in funzione della temperatura

BI LANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA (1 / 3)

È necessario sviluppare una valutazione dei flussi energetici principali coinvolti nel bilancio:

- energia potenziale del biogas disponibile (55% di metano);
- energia dissipata dal sistema (perdite);
- energia termica richiesta per riscaldare il fango in ingresso.

Parametro	u.m.	Valore
Portata giornaliera biogas	Nm ³ /d	2.800
Concentrazione metano	%	55
Portata metano	Nm ³ /d	1.540
Pci metano	kWh/Nm ³	ca 10
Energia potenziale	kWh/d	15.400
	kcal/d	13.330.000

Energia potenziale del biogas

BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA (2/3)

- L'energia potenziale del biogas si può convertire in energia termica mediante:
- cogenerazione (rendimento termico 48%);
 - combustione in caldaia (rendimento termico 90%).

	kWh/d	Kcal/d
Recupero cogenerazione (48%)	7.400	6.400.000
Recupero caldaia (90%)	13.860	12.000.000

Energia termica recuperabile

L'energia termica richiesta per la portata di fango stimata in ingresso può variare in modo molto significativo, con concentrazione del fango crescente da 1% a 5%.

Il bilancio energetico è anche molto sensibile alla temperatura di ingresso del fango che può variare nel range 10-20 ° C con un valore medio di 15° C.

Nella tabella è riportato il bilancio termico globale per l'energia richiesta dal sistema (riscaldamento ingresso e perdite).

Concentrazione fango % SS	Portata fango m³/d	Totale energia termica richiesta (in base alla temperatura di ingresso del fango)		
		kWh/d		
		10°C	15°C	20°C
1,0	850	30.150	24.330	18.510
1,5	570	20.750	16.790	12.860
2,0	425	15.950	12.890	9.890
2,5	340	13.050	10.590	8.150
3,0	280	11.050	8.990	8.710
3,5	240	9.750	7.900	6.090
4,0	210	8.750	7.090	5.480
4,	190	8.150	6.560	5.060
5,0	170	7.350	6.020	4.660

Energia termica richiesta (con 8.500 kgss/d)

BI LANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA (3/3)

Flusso energetico (kWh/d)	Inverno	Medio	Estate
Totale calore richiesto	9.750	7.900	6.090
Recupero cogenerazione (48%)		7.400	
Differenza	- 2.350	-500	+1.390
Recupero caldaia (90%)		13.860	
Differenza	+ 4.110	+5.960	+7.770

Bilancio termico (3,5% SS in ingresso)

Il bilancio termico risulta generalmente negativo in caso di cogenerazione, mentre è sempre positivo nel caso di combustione in caldaia.

Anche per il recupero in caldaia, il margine si riduce a zero nel periodo invernale, considerando una concentrazione del secco in ingresso di poco inferiore al 2,5% di TSS, a conferma di un'elevata criticità del processo.

Nel processo di digestione anaerobica, in presenza di concentrazioni in ingresso inferiori a 3,0% di TSS, il tempo di residenza idraulica si riduce al di sotto dei 10d e, vista la dimostrata impossibilità di garantire un ispessimento diretto in vasca, si prevede una significativa instabilità.

UN CONFRONTO: STABILIZZAZIONE AEROBICA

Nella tabella seguente sono riportate le condizioni di stabilizzazione ($^{\circ}\text{C} \times \text{d}$) ottenibili con i volumi a disposizione ed una concentrazione massima pari al 2,5% di SS.

L'età del fango in ossidazione è calcolata in 36 d sulla base delle verifiche illustrate precedentemente, mentre quella in stabilizzazione è stimata in circa 8d.

Temperatura	Età del fango complessiva	Stabilizzazione ($^{\circ}\text{C} \times \text{d}$)
12 $^{\circ}\text{C}$	44 d	528
16 $^{\circ}\text{C}$	44 d	704
20 $^{\circ}\text{C}$	44 d	880
24 $^{\circ}\text{C}$	44 d	1.056

Stabilizzazione aerobica del fango

CONFRONTO ECONOMICO FINALE

Le conclusioni portano alla definizione di 3 Scenari di riferimento tra cui effettuare una scelta prima di procedere ad un approfondimento generale:

- 1) Ripristino completo della digestione anaerobica con comparto di cogenerazione e supporto termico mediante integrazione con metano di rete.
- 2) Ripristino delle digestione anaerobica con recupero energetico del biogas (senza cogenerazione).
- 3) Conversione del processo di digestione da anaerobico ad aerobico.

Voce	Scenario 1 Cogenerazione	Scenario 2 Caldaia	Scenario 3 Aerobico
Manutenzione impianti	€ 150.000	€ 60.000	€ 15.000
Conduzione	€ 45.000 (1.500 h/y)	€ 18.000 (600 h/y)	€ 8.000 (200 h/y)
Adempimenti (CPI/Atex)	€ 10.000	€ 5.000	/
Consumo energia elettrica (0,150 €/kWh)	€ 36.000 (30 kW)	€ 36.000 (30 kW)	€ 120.000 (100 kW)
Produzione energia elettrica	- € 264.000 (220 kW)	/	/
Supporto termico (metano 0,1 €/kWh)	27.000	/	/
Ispessimento dinamico	€ 47.000	€ 47.000	/
– Polielettrolita	€ 15.000	€ 15.000	/
– Energia elettrica (10 kW)	€ 12.000	€ 12.000	
– Conduzione e manutenzione	€ 20.000	€ 20.000	
TOTALE OPEX	€ 51.000	€ 166.000	€ 143.000
DIFFERENZA OPEX (da Scenario 3)	- 92.000	+ 23.000	/
INVESTIMENTO CAPEX	€ 700.000	€ 285.000	€ 150.000
RECUPERO INVESTIMENTO (rispetto al maggior costo)	ca 6 anni	N.A.	/

Dalla fattibilità all'esecutivo

Dalla fattibilità al progetto esecutivo spesso trascorrono lunghi periodi di tempo:



D.Lgs. 50/2016 (Decreto Appalti), Art. 23

«La progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo ed è intesa ad assicurare:

- a) Il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- b) La qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- c) La conformità delle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza; [...]

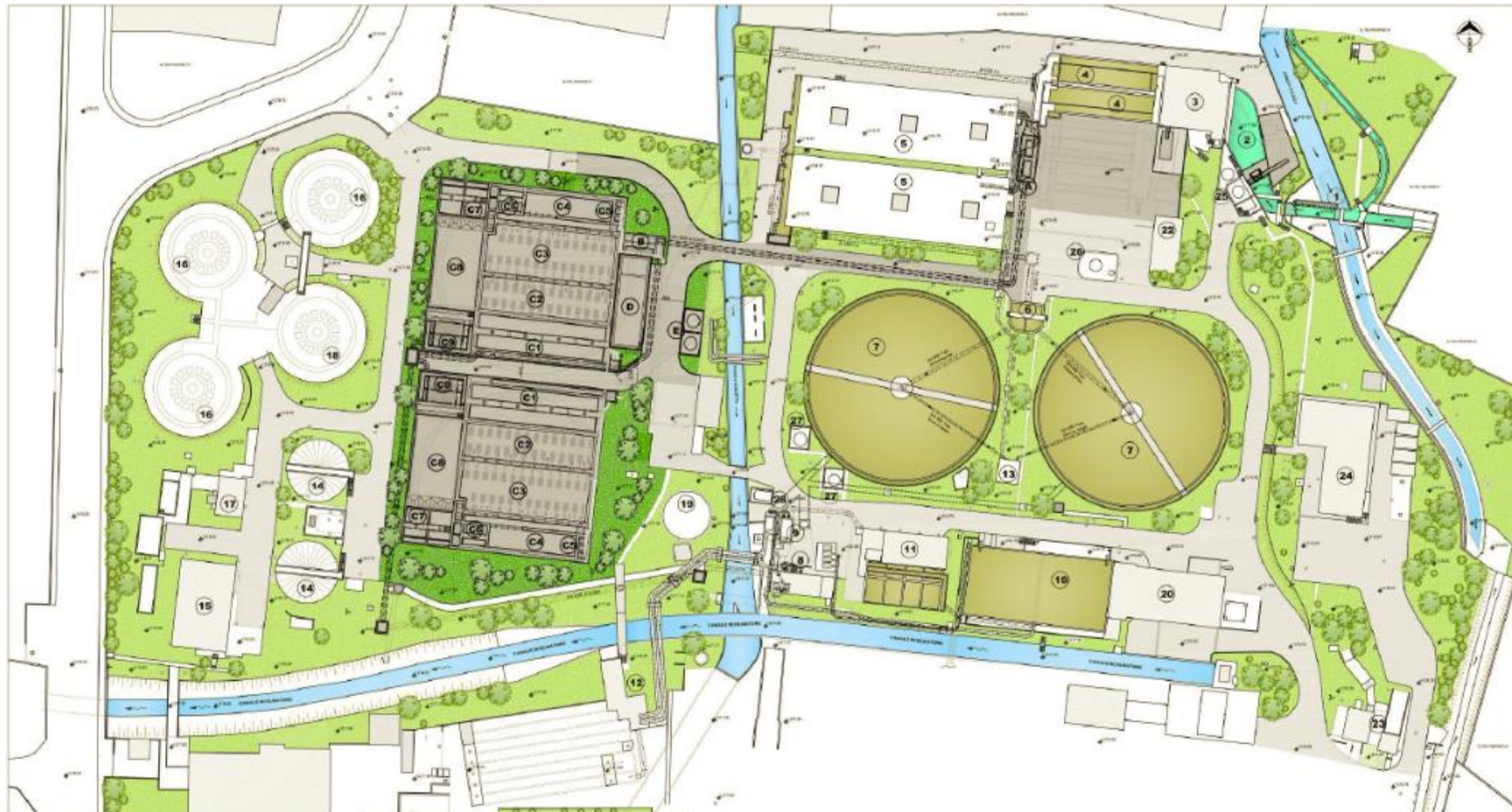
Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROGETTO: **FATTIBILITÀ** Piano degli interventi di adeguamento funzionale e potenziamento – SCENARIO 1

POTENZIALITÀ: da 160.000 A.E. (rilevata) a 173.000 A.E.

INTERVENTI PREVISTI: ristrutturazione preliminare dei pretrattamenti meccanici, realizzazione di due monoblocchi di trattamento MBBR (al posto dei 2 sedimentatori della Linea 2) preceduti da una stazione di sollevamento dei liquami a valle dei pretrattamenti meccanici, reattori biologici Unox e sedimentatori della Linea 1 ancora in funzione

Scenario 1



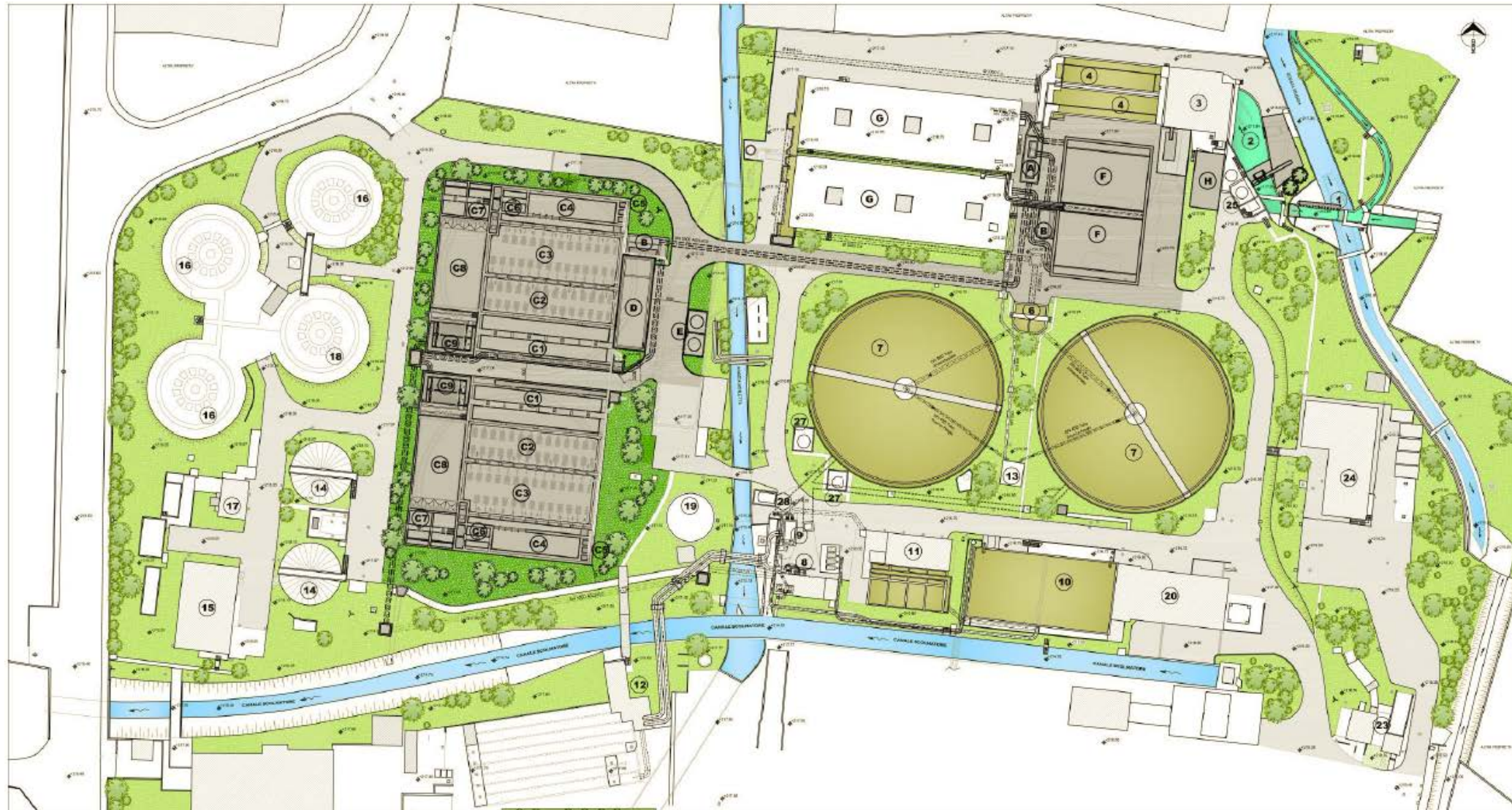
Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROGETTO: **FATTIBILITÀ** Piano degli interventi di adeguamento funzionale e potenziamento – SCENARIO 1A

POTENZIALITÀ: da 160.000 A.E. (rilevata) a 173.000 A.E.

INTERVENTI PREVISTI: ottimizzazione dei costi di esercizio degli interventi previsti dallo scenario 1, ovvero realizzazione di reattori di pre-denitrificazione con propria stazione di sollevamento e nuovo sistema di ossigenazione ad aria compressa, trattamenti terziari di post-nitrificazione e post-denitrificazione non più in funzione

Scenario 1A



Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROGETTO: **FATTIBILITÀ** Piano degli interventi di adeguamento funzionale e potenziamento – SCENARIO 2

POTENZIALITÀ: da 173.000 A.E. (scenario 1) a 197.000 A.E.

INTERVENTI PREVISTI: realizzazione di altri 2 monoblocchi di trattamento MBBR al posto dei 2 sedimentatori della Linea 1, reattori biologici Unox e pre-denitrificazione (realizzata in Scenario 1A) non più in funzione

Scenario 2



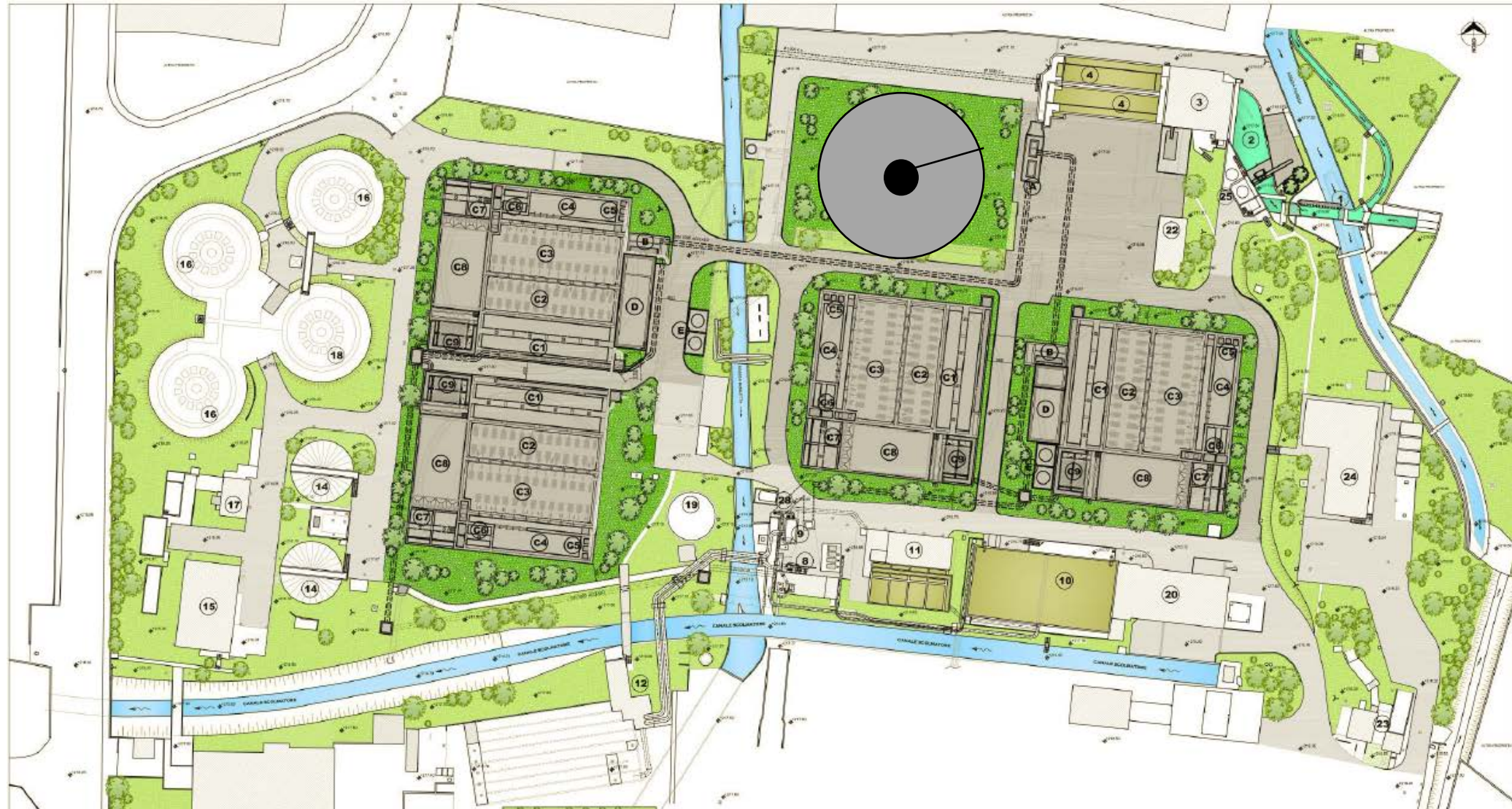
Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROGETTO: **FATTIBILITÀ** Piano degli interventi di adeguamento funzionale e potenziamento – SCENARIO 3

POTENZIALITÀ: da 197.000 A.E. (scenario 2) a 220.000 A.E. (attuale autorizzazione)

INTERVENTI PREVISTI: incremento di circa il 12% dei carriers nei 4 monoblocchi di trattamento MBBR (raggiungimento del massimo tasso di riempimento, circa 67%), eventuale realizzazione di una nuova sedimentazione primaria nell'area dismessa dagli Unox, ristrutturazione della sezione di addensamento fanghi

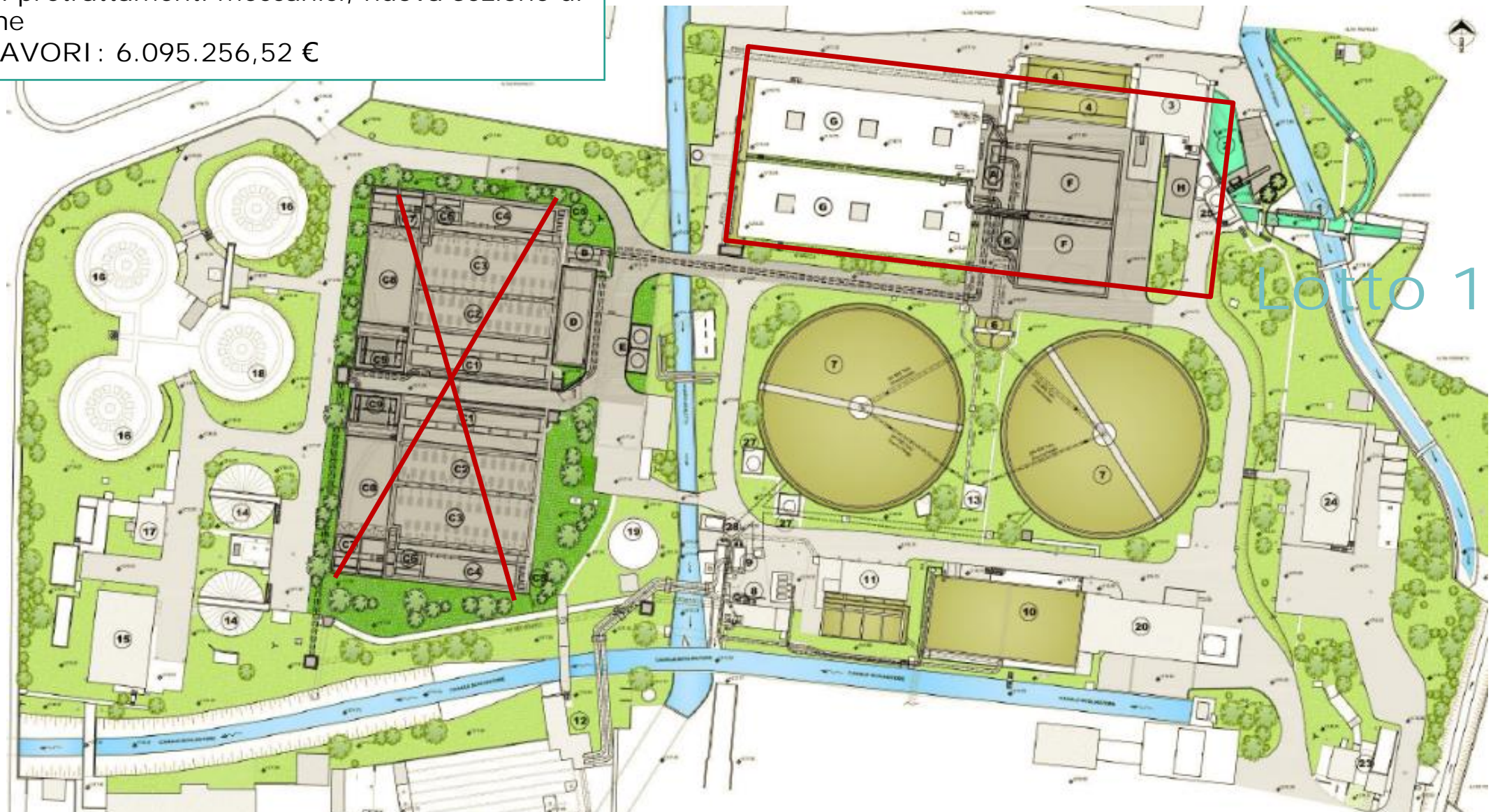
Scenario 3



Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROGETTO: **ESECUTIVO** Adeguamento impianto di depurazione – LOTTO 1
SCENARI DI RIFERIMENTO: Primo stralcio di Scenario 1 e alcune opere di Scenario 1A
INTERVENTI PREVISTI: nuove opere di presa e sfioro con grigliatura grossolana, grigliatura fine, ripartizione della portata a valle dei pretrattamenti meccanici, nuova sezione di pre-denitrificazione
IMPORTO DEI LAVORI: 6.095.256,52 €

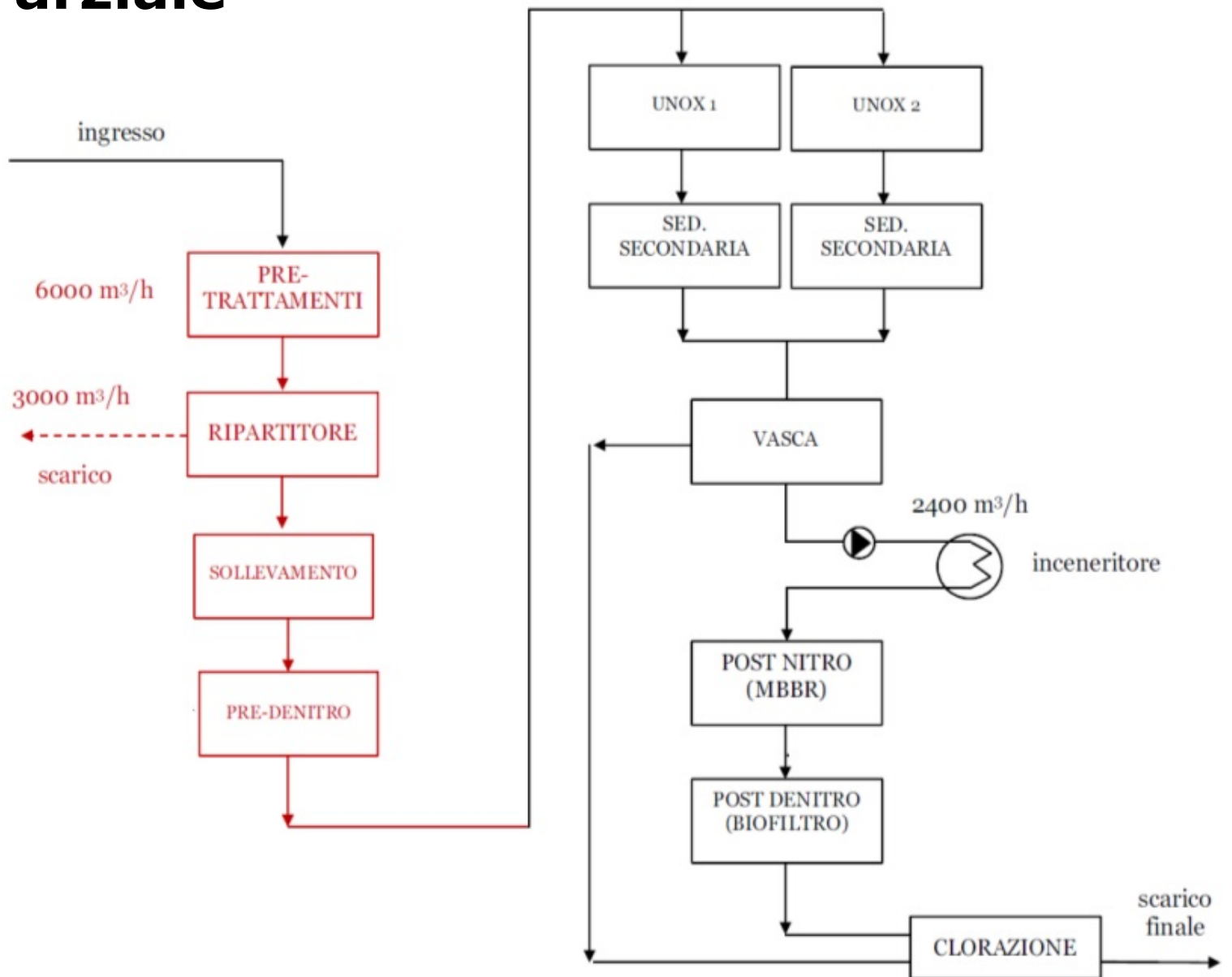
SOLUZIONE PROGETTO BASE DI GARA SCENARIO 1A Parziale



Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

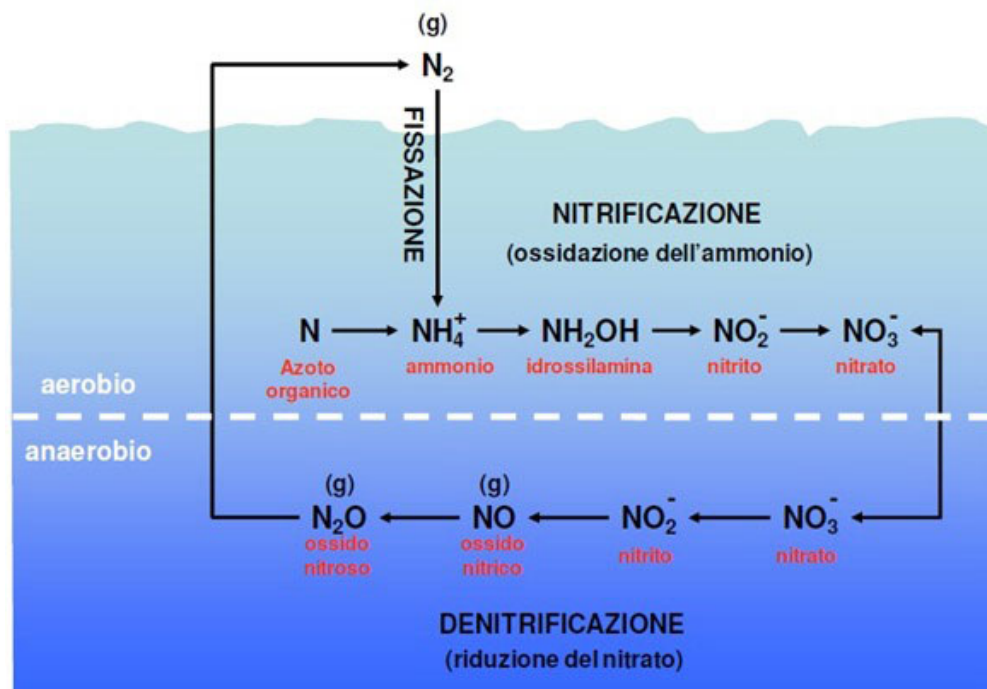
SOLUZIONE PROGETTO BASE DI GARA SCENARIO 1A Parziale

- Adeguamento pretrattamenti per 6.875 m³/h
- Realizzazione ripartitore
- Realizzazione sollevamento a pre-denitrificazione
- Realizzazione pre-denitrificazione (3.500 m³)
- Trattamento dell'intera portata (175.000 AE)



Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROBLEMI RILEVABILI DA INTERVENTO PARZIALE

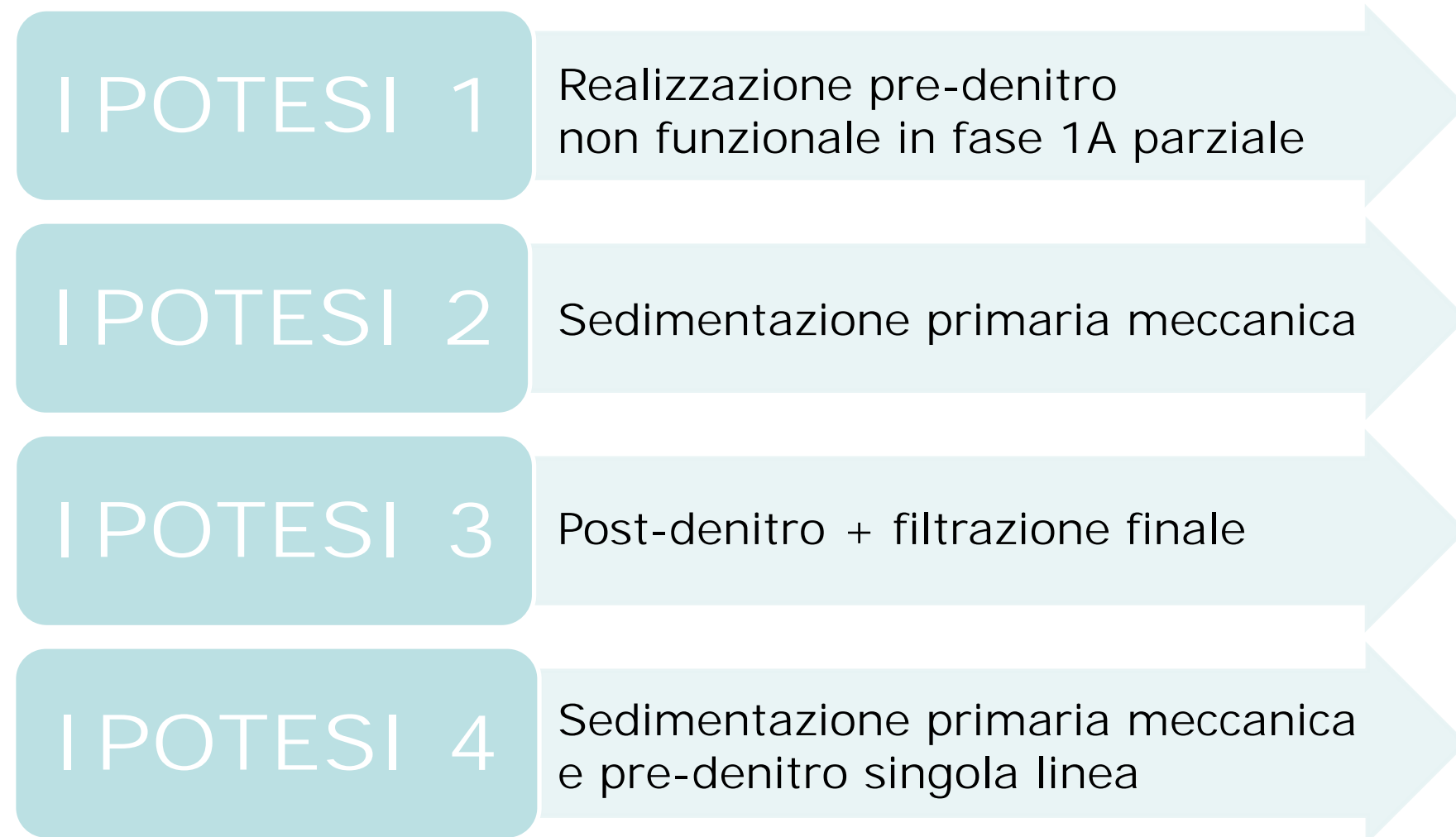


Mancanza di nitrificazione negli UNOX:
SRT < 1,5

Elevata sostanza organica in ossidazione
(NO NITRO)

Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

IPOTESI ALTERNATIVE



Per tutte le ipotesi si considera l'adeguamento dei pretrattamenti

Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

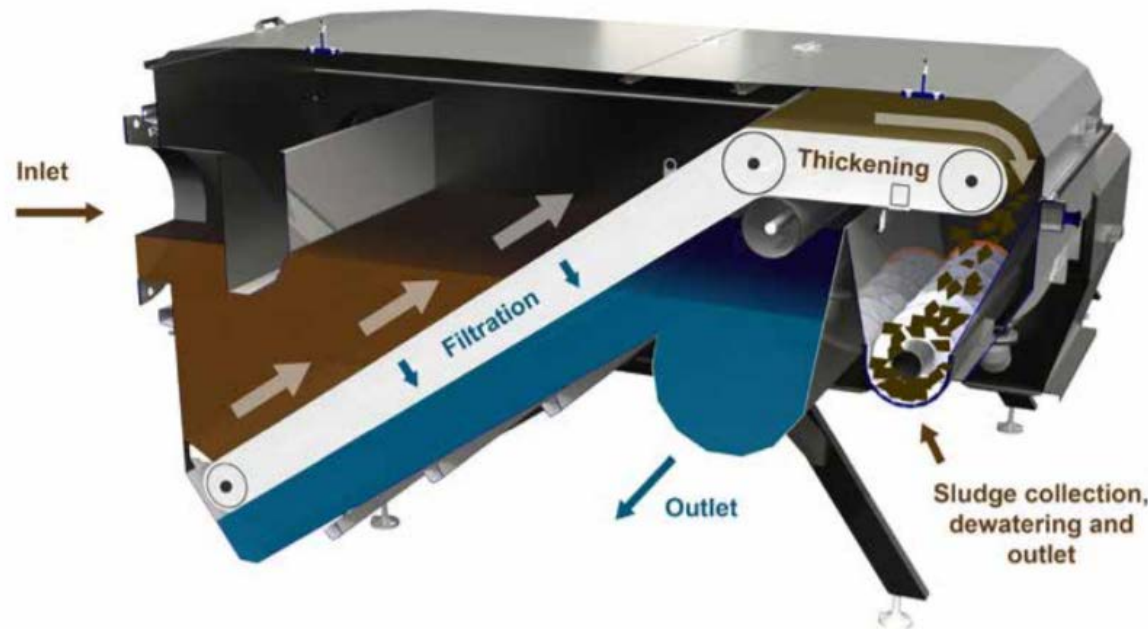
IPOTESI 4

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA MECCANICA + PRE-DENITRO

- Realizzazione ripartitore
- Realizzazione sollevamento (100% portata)
- Realizzazione sedimentazione primaria meccanica (3.000 m³/h)
- Realizzazione pre-denitro (1.750 m³)
- Ripartitore differenziale del carico (65-35%)

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none">• Riduzione carico linee UNOX• Incremento carico linea fanghi• Miglioramento profilo energetico:<ul style="list-style-type: none">- riduzione consumo ossigeno- incremento biogas• Abbattimento azoto totale 2-3 ppm	Incremento complessità impiantistica

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA MECCANICA



Parametro		UM
Portata	100 – 600	m ³ /h
TSS rimossi	30 - 80%	%
BOD rimosso	15 – 30	%
Tenore di secco	4 – 8	%
Assorbimento	1,5 - 6	KW
ingombro max	3 x 2,5 x 2	m

VANTAGGI

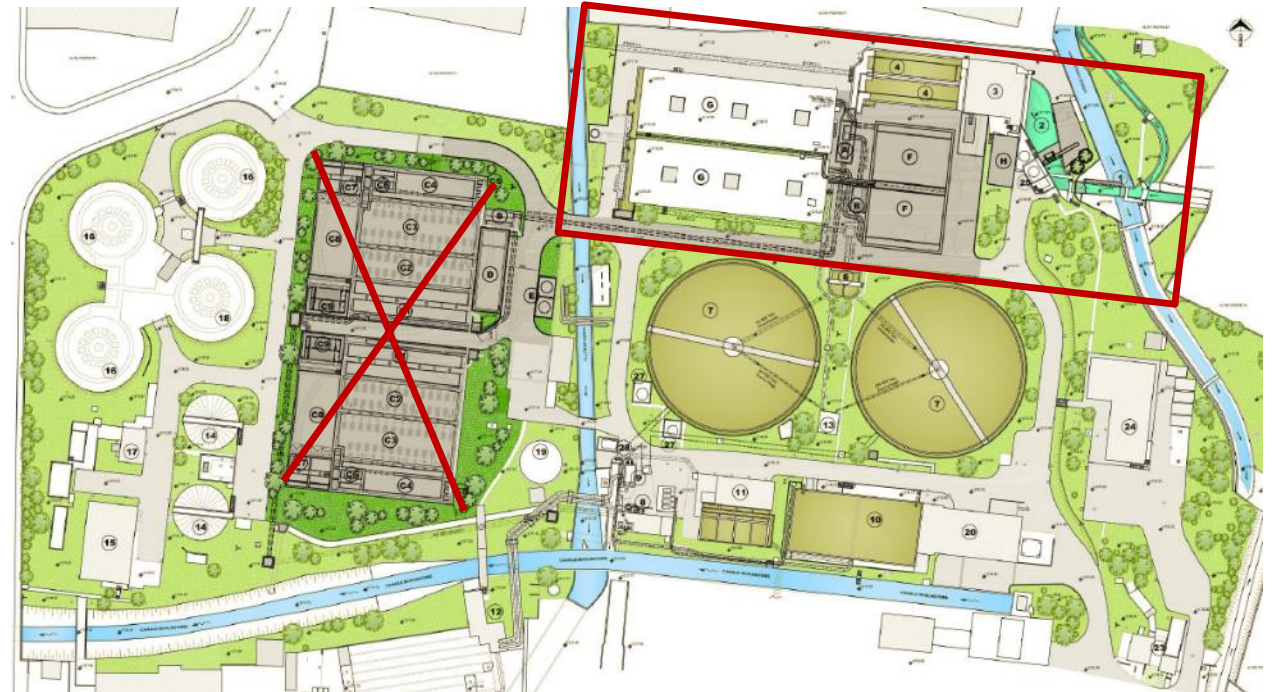
- Ingombri ridotti
- Fango pre ispessito
- Protezione apparecchiature a valle (rimozione TSS)
- Recupero sostanza organica non disciolta

SVANTAGGI

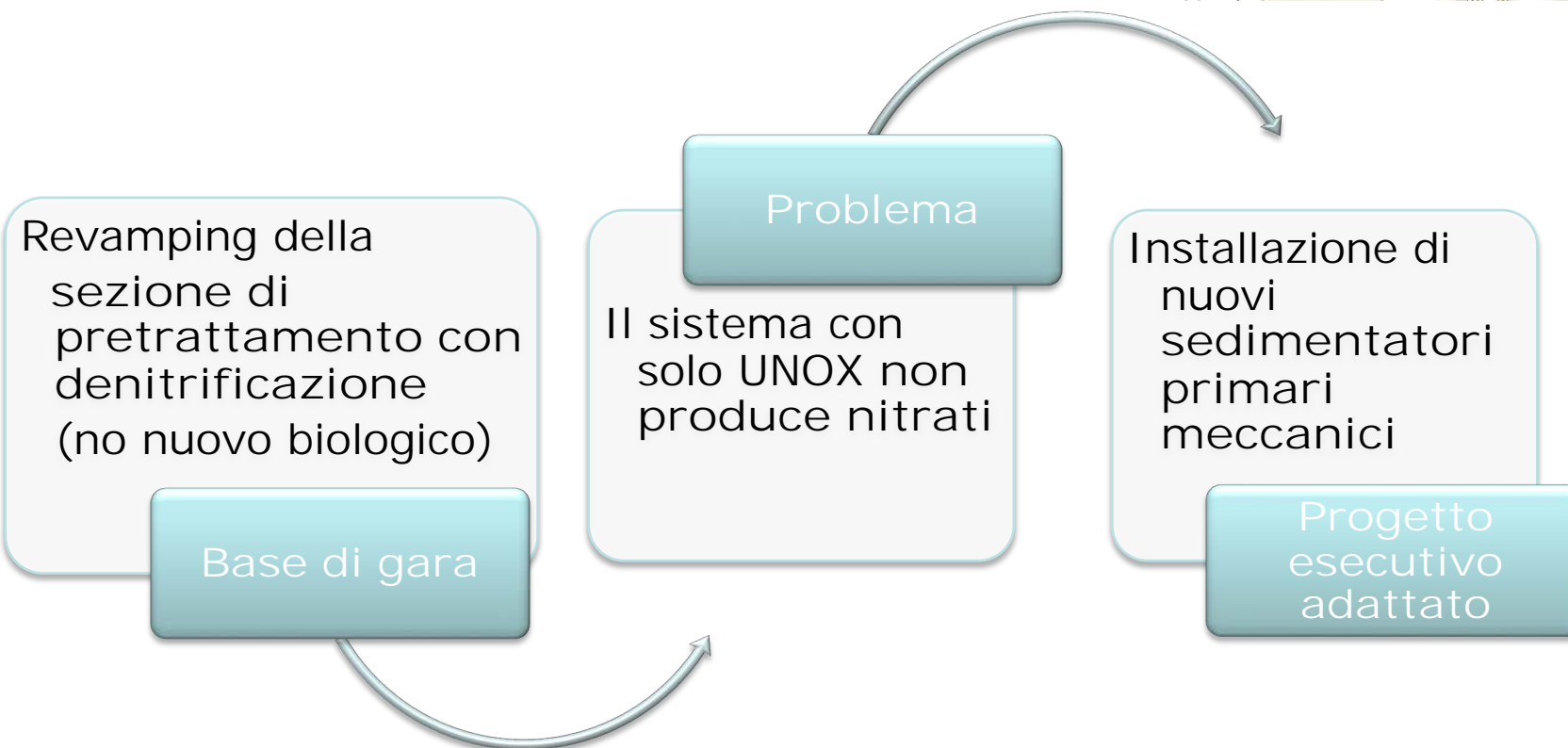
- Incremento complessità impiantistica
- Attenzione alla distribuzione idraulica

Un esempio: l'impianto Uniacque di Bergamo

PROGETTO: **ESECUTIVO** Adeguamento impianto di depurazione – LOTTO 1
SCENARI DI RIFERIMENTO: Primo stralcio di Scenario 1 e alcune opere di Scenario 1A
INTERVENTI PREVISTI: nuove opere di presa e sfioro con grigliatura grossolana, grigliatura fine, ripartizione della portata a valle dei pretrattamenti meccanici, nuova sezione di pre-denitrificazione
IMPORTO DEI LAVORI: 6.095.256,52 €



Lotto 1



Grazie ai sedimentatori meccanici:

- È possibile alimentare i digestori anaerobici
- Viene ridotto il carico biologico all'ingresso, quindi il reattore biologico riesce anche a nitrificare (almeno su una linea in questa fase transitoria)

Conclusioni

Alcuni interventi, pur limitati, hanno impatti su tutto l'impianto e viceversa.

La progettazione di fattibilità (conceptual design) dovrebbe essere adottata proprio per verificare tutte le implicazioni che ogni intervento ha su un sistema complesso, quale è un impianto di depurazione.

Spesso ci si concentra su sezioni che appaiono come critiche perdendo la visione d'insieme.

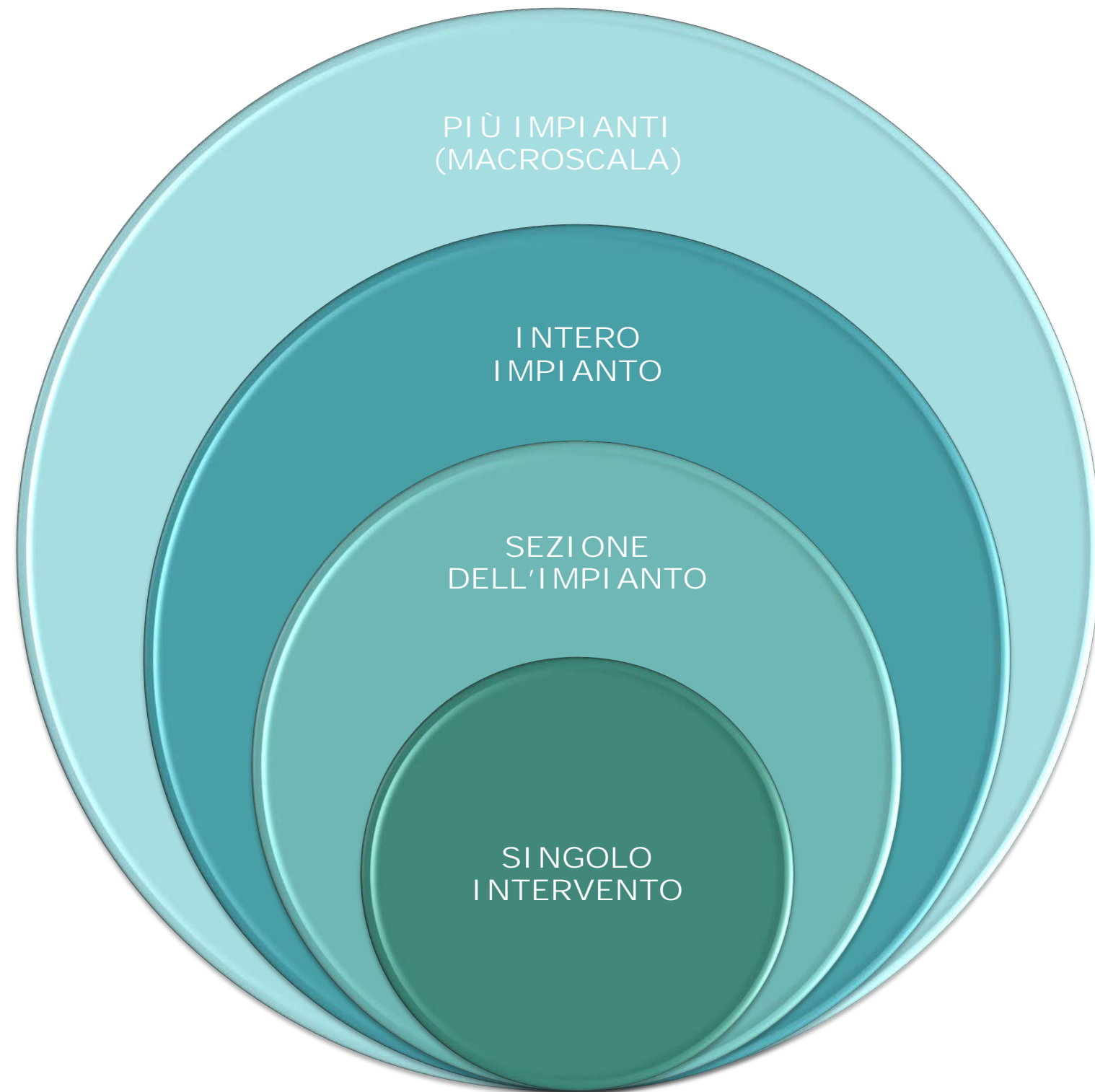
L'impianto di depurazione è un ecosistema complesso da considerare in ogni suo aspetto.

Visione d'impianto e macroscala

Non fermarsi al singolo intervento ma aprire la visuale sulle implicazioni che l'intervento stesso, realizzato su una singola sezione dell'impianto, ha sul resto del sistema.

Il progettista può arrivare al più una 'visione d'impianto'.

Gli enti gestori che hanno diversi impianti e una rete da gestire, devono avere visione di macroscala.



Grazie per l'attenzione

Ing. Domiziano Ivan Basilico
domiziano.basilico@seam-eng.com

Ing. Pietro Negro
negro@nmingegneria.it

SEAM
engineering
l'acqua e l'ambiente

Parco Scientifico Tecnologico ComoNExT
Via Cavour 2, 22074 Lomazzo (CO)
+39 0236714388
info@seam-eng.com
www.seam-eng.com

M
INGEGNERIA

Via Roma 11
10023 Chieri (TO)