

L'utilizzo di modelli di processo nell'upgrading di impianti di depurazione: il caso di Savignano sul Rubicone

I. Basta, M. Guidorzi



Torino, 14-15 Ottobre 2015



Italian DHI Conference 2015

Chi siamo

Il Gruppo Hera è una delle principali società multiutility in Italia e opera in 358 comuni delle province di Bologna, Ferrara, Forlì-Cesena, Gorizia, Modena, Padova, Pesaro e Urbino, Pordenone, Ravenna, Rimini, Trieste e Udine, in 3 comuni della provincia di Firenze e in 1 comune della provincia di Venezia.

Il Gruppo Hera fornisce servizi energetici, idrici e ambientali a oltre 4 milioni di cittadini conta circa 8.400 dipendenti.



Chi siamo

Numeri chiave del servizio fognatura e depurazione (*)

Comuni serviti fognatura	172
Comuni serviti depurazione	172
Lunghezza rete fognaria (Km)	14.378
Numero impianti di depurazione	857

Numero di impianti suddivisi per potenzialità

-  FOSSE IMHOFF :521
-  AE ≤ 2000: 221
-  2000 < AE ≤ 10000 74
-  10.000 < AE ≤ 100.000 37
-  AE > 100.000: 15



(*) dati aggiornati al 31/12/2013 con riferimento al territorio gestito da HERA Spa

Indice

Inquadramento generale

Premessa

Modelli matematici

Case study

Area impiantistica impianto di Depurazione Bastia – Savignano sul Rubicone

Schema funzionale impianto

Dati di esercizio

Modello di processo

Stato di fatto

Stato di progetto

Conclusioni

Inquadramento generale

Premessa

- Applicazione della modellistica di processo, attraverso il software WEST per l'upgrading dell'impianto di depurazione di Bastia sito a Savignano sul Rubicone
- Intervento necessario per garantire il rispetto allo scarico delle normative vigenti:
 - Decreto Legislativo 152/2006
 - $N_{\text{tot}} \leq 15 \text{ mg/l}$
 - $P_{\text{tot}} \leq 2 \text{ mg/l}$
 - Legge Regionale ER 2241/2005
 - Adeguamento al 31/12/2016

Inquadramento generale

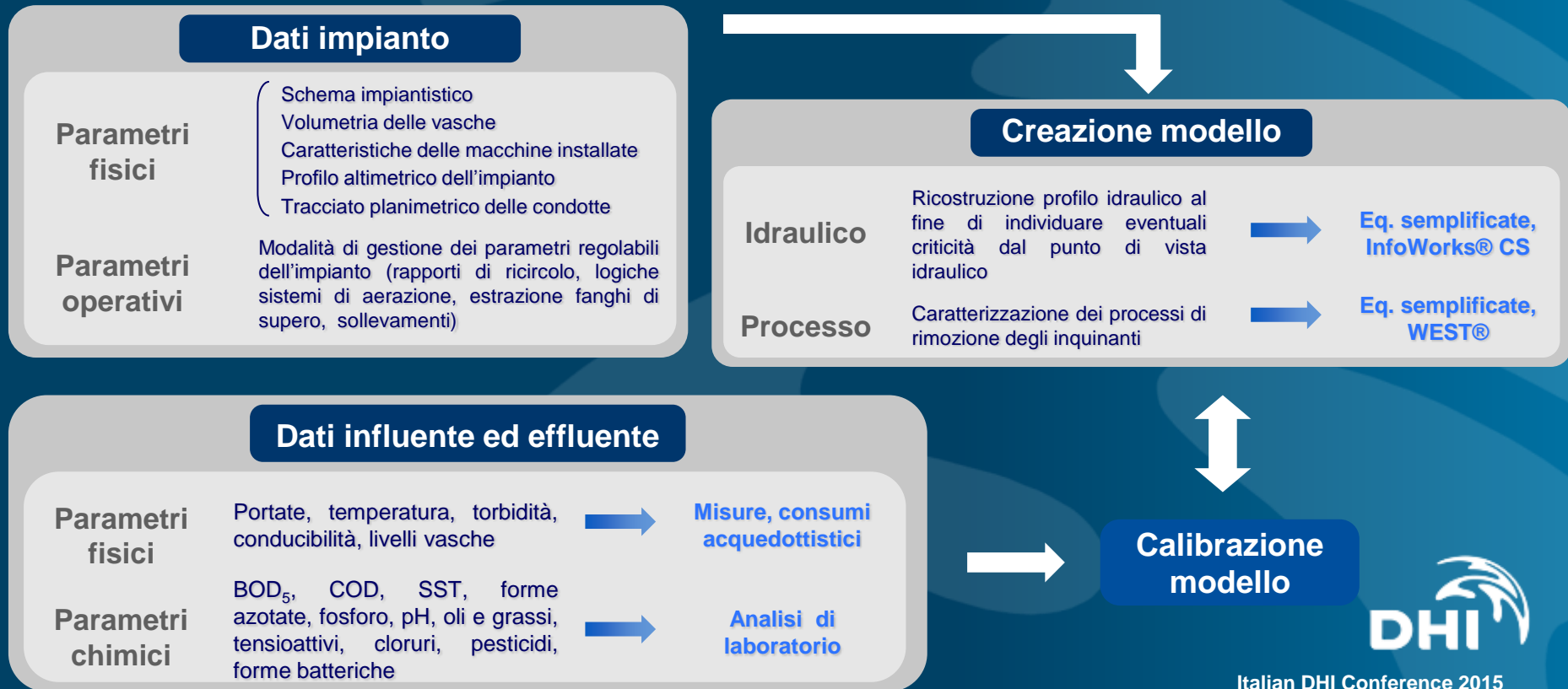
Modelli matematici

Utilizzabili per:

- **Ottimizzare i processi** su impianti esistenti
- Configurazione e **simulazioni di scenari diversi per valutare funzionamenti degli impianti alternativi** (progettazione di controllori e definizione di politiche di gestione alternative; prevedere il comportamento dell'impianto di depurazione in diverse condizioni operative, ambientali e di refluo in ingresso)
- **Supporto alla progettazione:** upgrading al fine di rispettare normative vigenti o adeguamenti funzionali

Inquadramento generale

Modelli matematici - Fasi di sviluppo



Inquadramento generale

Modelli matematici - Fasi di sviluppo

Modello di processo

Dati input

- caratteristiche geometriche vasche
- rapporti di ricircolo (supero e MSL) e relative logiche di controllo
- portate reflui in ingresso
- portate estrazione fango di supero
- caratteristiche reflui in ingresso

Criticità

- richiesti frazionamento delle forme carboniose ed azotate in ingresso all'impianto
- complessità modelli utilizzati
- elevato numero di variabili oggetto di calibrazione

Il frazionamento delle forme carboniose ed azotate richiesto in input non viene effettuato nella gestione ordinaria degli impianti.

Lo stesso vale per molte variabili che caratterizzano i modelli utilizzati per le diverse sezioni impiantistiche e che non essendo misurate diventano oggetto di calibrazione.

Adozione di valori di letteratura sia per il frazionamento che per le variabili cinetiche che caratterizzano in particolare il processo biologico



Possibili imprecisioni nella descrizione del processo



Sarebbe ottimale poter ricorrere a prove respirometriche



Case Study

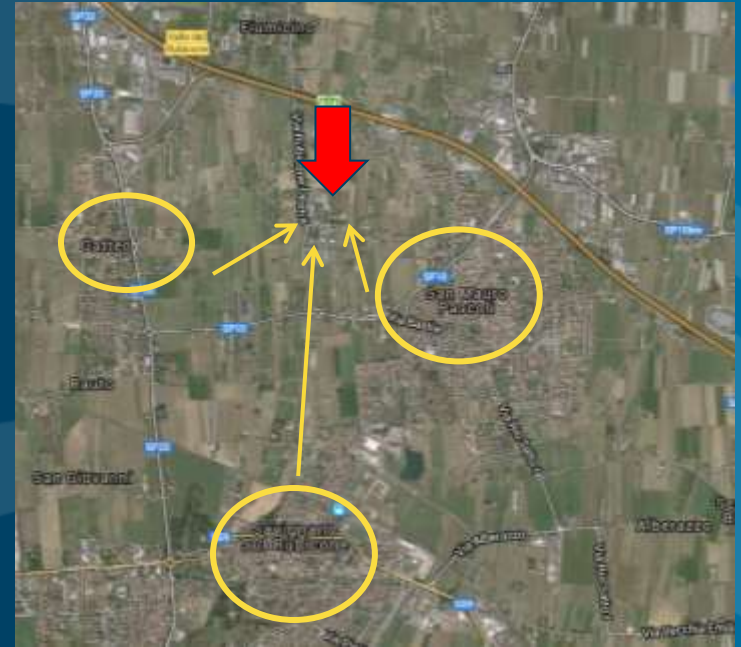
Area impiantistica impianto di Depurazione Bastia – Savignano sul Rubicone

L'impianto di depurazione di Bastia, frazione del Comune di Savignano sul Rubicone, tratta acque reflue provenienti dai Comuni di Gambettola, Gatteo, San Mauro Pascoli e Savignano sul Rubicone, Longiano, per le frazioni poste lungo la via Emilia e in piccola parte Cesena e Roncofreddo.



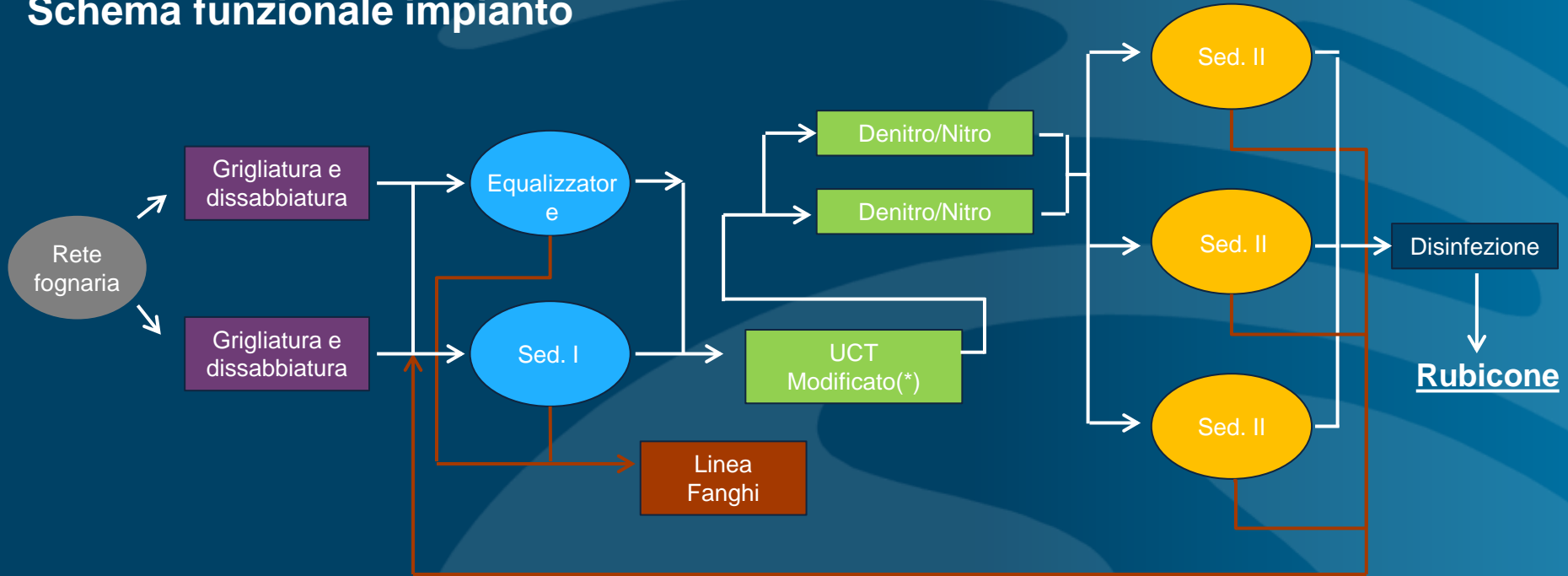
Pretrattamenti

Sezione rimozione carbonio e azoto



Case Study

Schema funzionale impianto



(*) la volumetria della vasca è complessivamente pari a circa 4500 mc. E' costituita da quattro vasche comunicanti e nella configurazione attuale viene gestita in maniera alternata denitro-nitro-denitro-nitro con concentrazione di O.D. in vasca pari a 0.5 mg/l

Case Study

Dati di esercizio

Anno	Q (mc/anno)*1000	COD (kg/d)	BOD (kg/d)
2011	6.062	6.288	12.257
2012	5.795	6.730	13.144
2013	6.321	5.400	11.624
2014	6.532	4.539	9.352

Potenzialità sul carico idraulico (200 l/Ab/d):

85.000 AE

Potenzialità sul carico organico (130 g/Ab/d):

89.200 AE

Modello di processo

Stato di fatto

Ipotesi

1. Nessuna riduzione della concentrazione delle sostanze inquinanti in ingresso all'impianto mediante pretrattamenti
2. Ipotesi funzionamento "Fully-mixed" comparto biologico (denitrificazione e ossidazione)
3. Modello ASM 1

Fasi

1. frazionamento Standard

Adozione per il frazionamento e le costanti cinetiche del processo di valori standard da letteratura

2. metodo STOWA

Modifica del frazionamento – no respirometria -

$$S_{I,in} = COD_{out} - f_{cv,ox} \cdot f_{v,ox} \cdot SST_{out}$$

$$S_{S,in} = COD_{in} - f_{cv,in} \cdot f_{v,in} \cdot SST_{in} - S_{I,in}$$

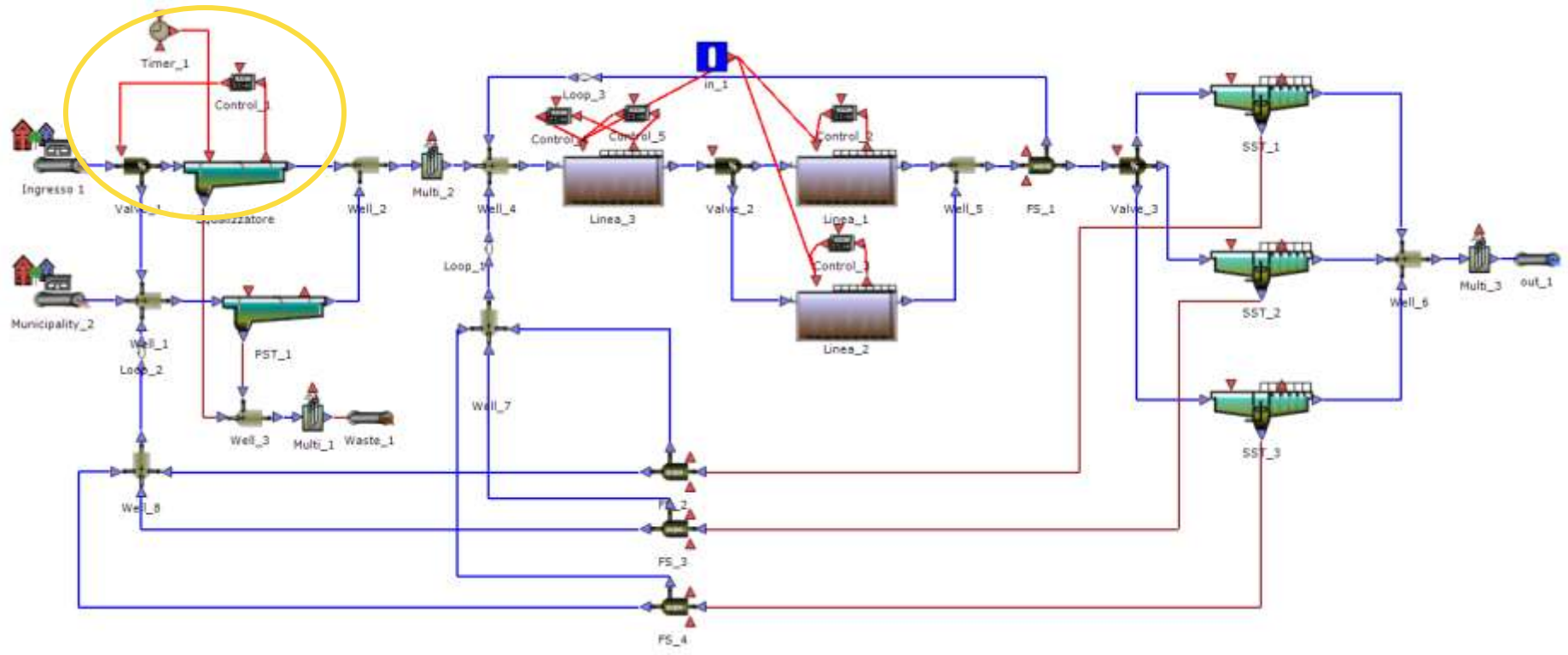
$$X_{S,in} = \alpha \cdot BOD_{5,in} - S_{S,in}$$

$$X_{I,in} = COD_{in} - S_{I,in} - S_{S,in} - X_{S,in}$$



Modello di processo

Stato di fatto

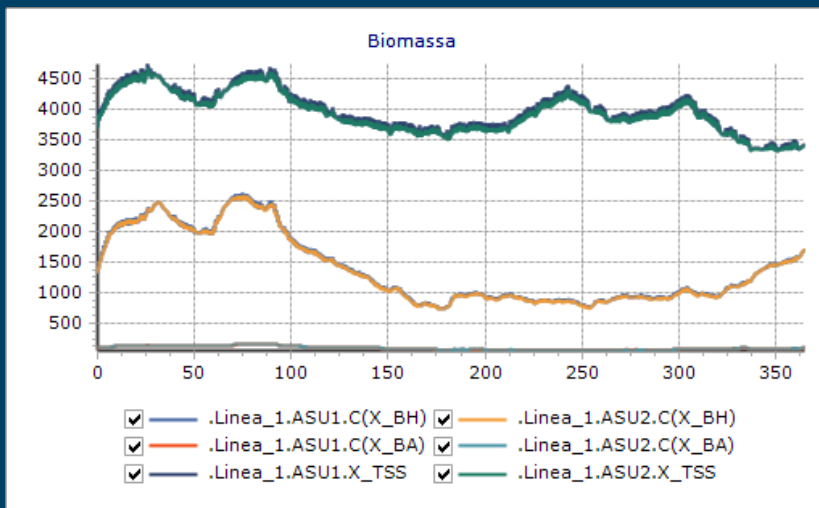


Modello di processo

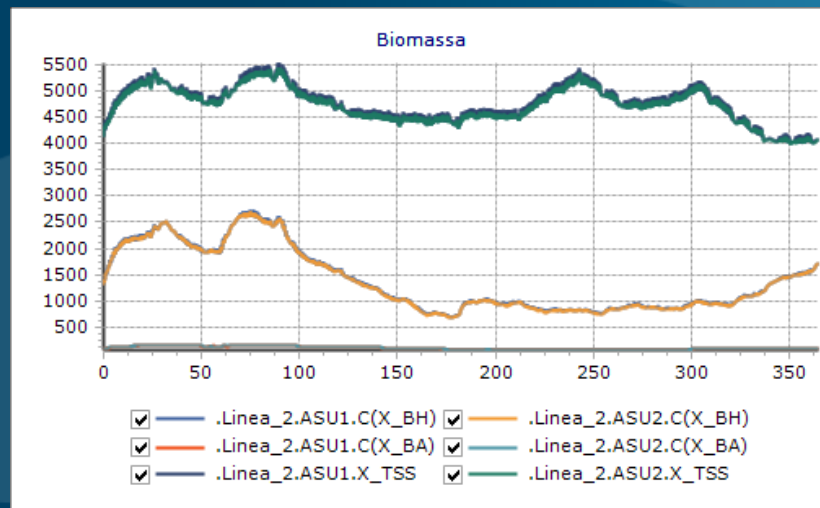
Stato di fatto

Output

1. SRT = 9 giorni - frazionamento Standard



2. SRT = 7.8 giorni - metodo STOWA



Modello di processo

Stato di fatto

Output - MODELLO

1. Effluente – frazionamento Standard

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	76.62	20.28	4.14	5.94	23.06	5.36	13.47
MIN	15.18	5.78	0.59	2.40	8.56	2.90	9.96
DEV ST.	17.86	3.22	0.43	0.42	3.18	0.66	0.79
MEDIA	40.71	11.33	1.07	2.96	14.29	3.85	11.29

2. Effluente – metodo STOWA

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	53.65	21.52	4.19	6.07	24.36	5.19	14.61
MIN	21.60	5.74	0.60	2.49	8.60	2.73	10.93
DEV ST.	9.07	3.42	0.43	0.43	3.39	0.68	0.77
MEDIA	34.62	11.39	1.07	3.07	14.46	3.65	12.76

Condizioni di funzionamento reali

1. SRT 10 – 12 gg
2. Concentrazione solidi in vasca Ca = 4 – 4.2 g/l
3. Effluente

	COD	NO	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	66.00	15.60	10.82	20.90	15.70	28.00
MIN	14.00	6.80	0.32	11.50	10.00	5.00
DEV ST.	10.76	1.93	2.15	1.89	0.79	6.02
MEDIA	30.92	12.25	3.00	15.71	10.11	11.25



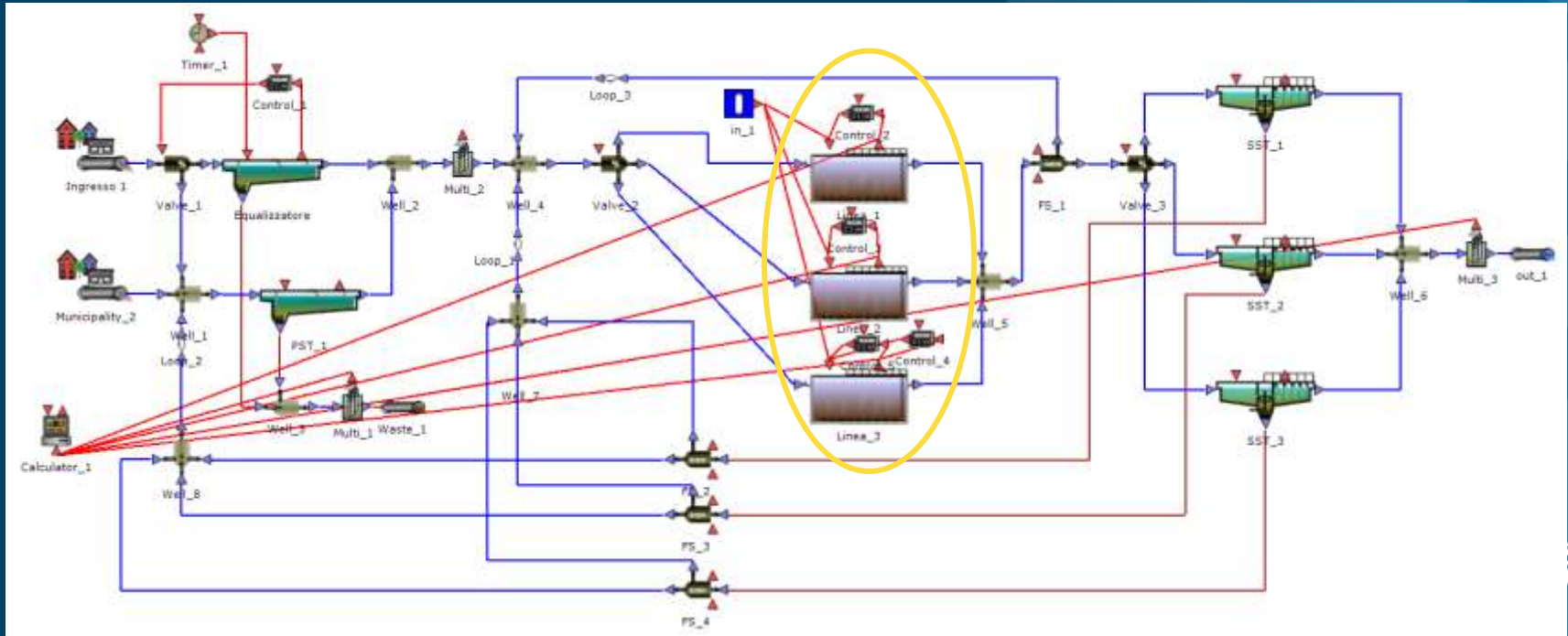
Si è scelto di adottare frazionamento standard



Modello di processo

Stato di fatto

Modifica delle condizioni operative: linee biologiche in parallelo



Modello di processo

Stato di fatto

Modifica delle condizioni operative: linee biologiche in parallelo

A. Effluente – DO AS IS

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	77.37	19.43	7.77	9.67	24.44	5.89	13.45
MIN	15.65	5.65	1.95	3.95	9.93	3.20	9.94
DEV ST.	17.90	2.82	0.89	0.89	2.95	0.69	0.79
MEDIA	41.43	11.08	3.44	5.46	16.54	4.35	11.28

B. Effluente – DO pari a 1 mg/l in tutte e tre le vasche

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	77.01	23.41	5.09	6.93	26.51	5.63	13.46
MIN	15.60	6.30	0.95	2.84	9.62	3.14	9.95
DEV ST.	17.83	3.76	0.60	0.58	3.71	0.64	0.79
MEDIA	41.11	12.88	1.70	3.67	16.55	4.13	11.29

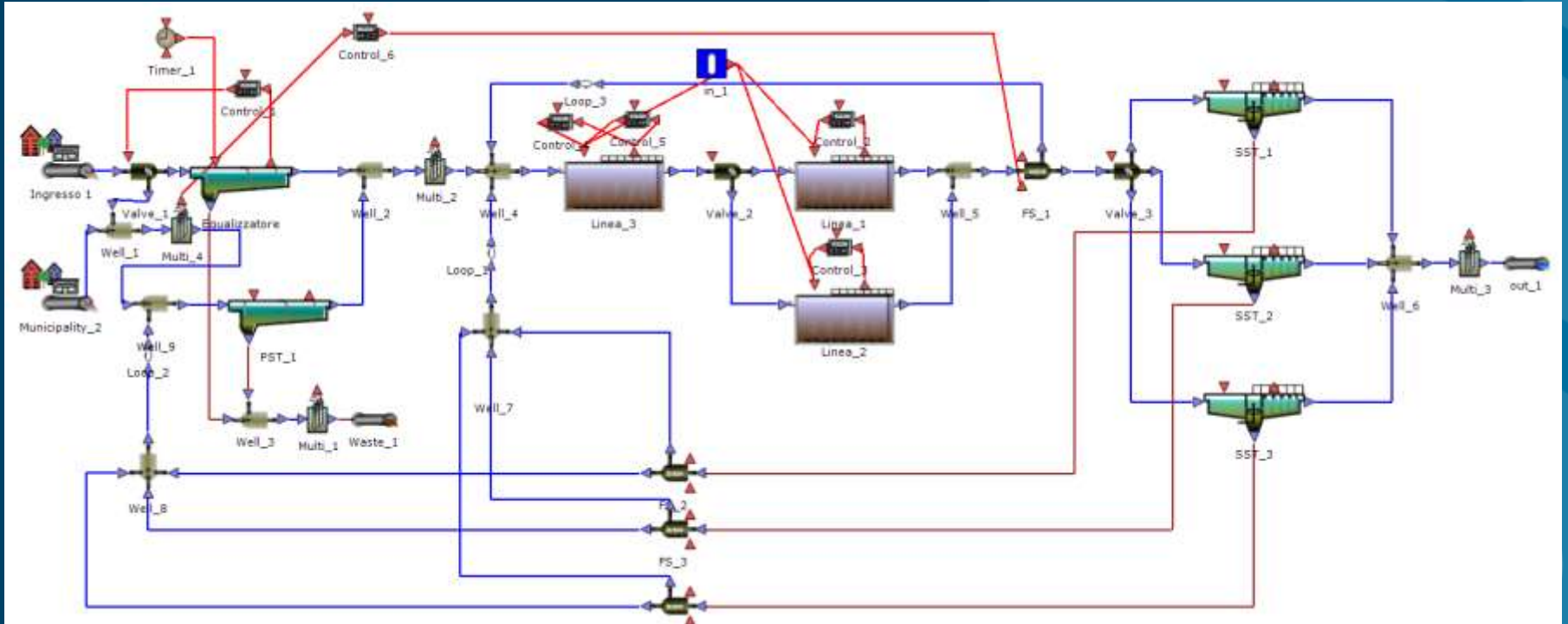


Adottare le tre linee biologiche in parallelo comporta un peggioramento dell'effluente

Modello di processo

Stato di fatto

Modifica delle condizioni operative: variazione ricircolo interno in funzione della portata influente



Modello di processo

Stato di fatto

Modifica delle condizioni operative: variazione ricircolo interno in funzione della portata influente

A. Effluente – Ricircolo=3

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	76.65	21.53	4.02	5.76	24.26	5.34	13.46
MIN	15.44	4.84	0.63	2.43	7.54	3.01	9.96
DEV ST.	17.73	4.44	0.41	0.40	4.37	0.61	0.79
MEDIA	40.80	10.50	1.10	3.00	13.50	3.92	11.29

B. Effluente – Ricircolo=2

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	76.65	21.09	4.04	5.79	23.85	5.36	13.46
MIN	15.35	4.79	0.63	2.42	7.54	2.97	9.96
DEV ST.	17.80	4.14	0.42	0.40	4.07	0.63	0.79
MEDIA	40.78	10.50	1.09	2.99	13.49	3.89	11.29

C. Effluente – Ricircolo=1.5

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	76.65	20.85	4.06	5.83	23.62	5.36	13.46
MIN	15.30	4.88	0.62	2.41	7.65	2.95	9.96
DEV ST.	17.80	3.93	0.42	0.41	3.87	0.64	0.79
MEDIA	40.74	10.58	1.09	2.99	13.57	3.88	11.29



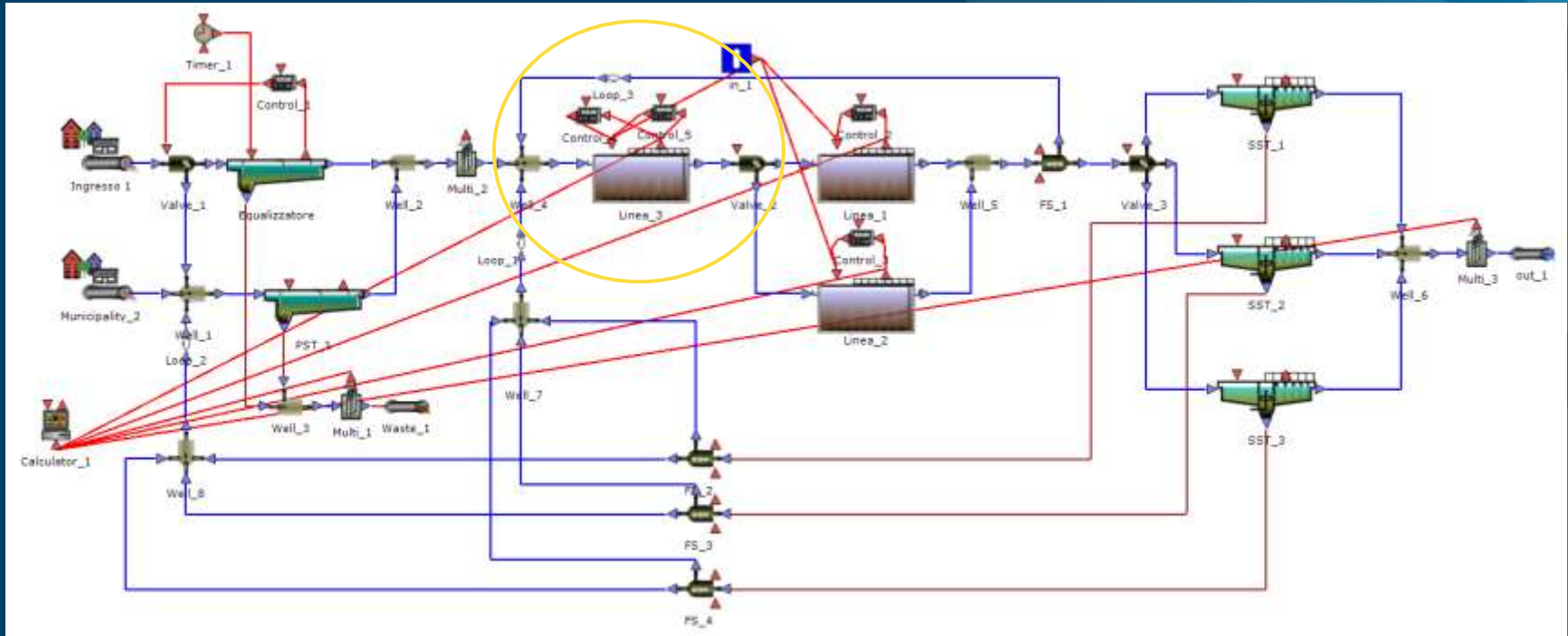
Modulare il ricircolo interno in funzione della portata in ingresso comporta un miglioramento delle concentrazioni in uscita.



Modello di processo

Stato di progetto

In prima analisi si assume lo schema AS IS con raddoppio della linea 3 come da progetto.

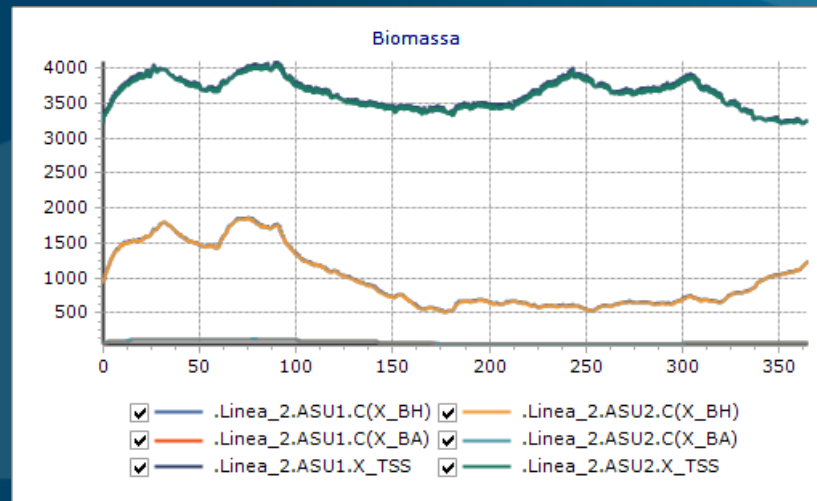
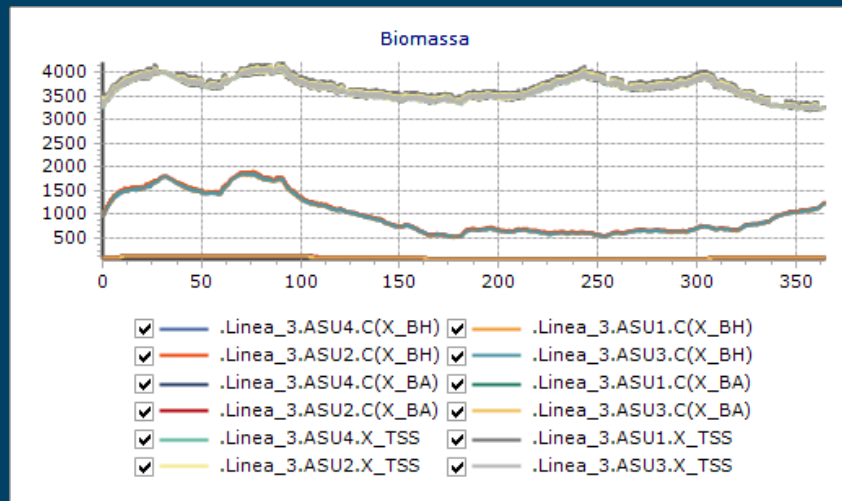


Modello di processo

Stato di progetto

Output

Concentrazione solidi sospesi in vasca, biomassa eterotrofa e autotrofa (linea 3 e linea 2)

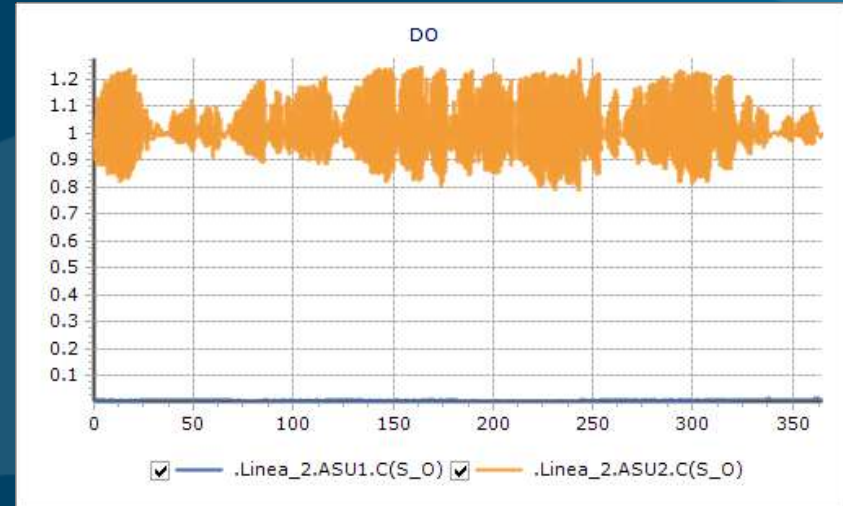
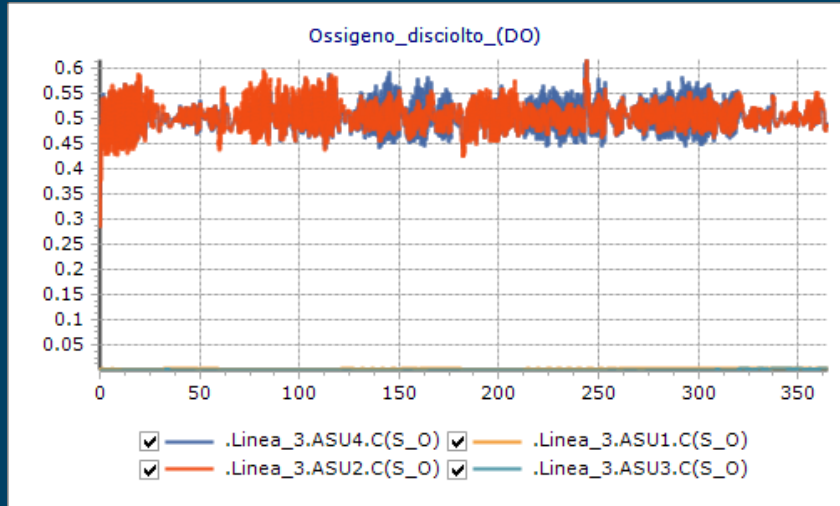


Modello di processo

Stato di progetto

Output

Ossigeno disciolto (linea 3 e linea 2)



Modello di processo

Stato di progetto

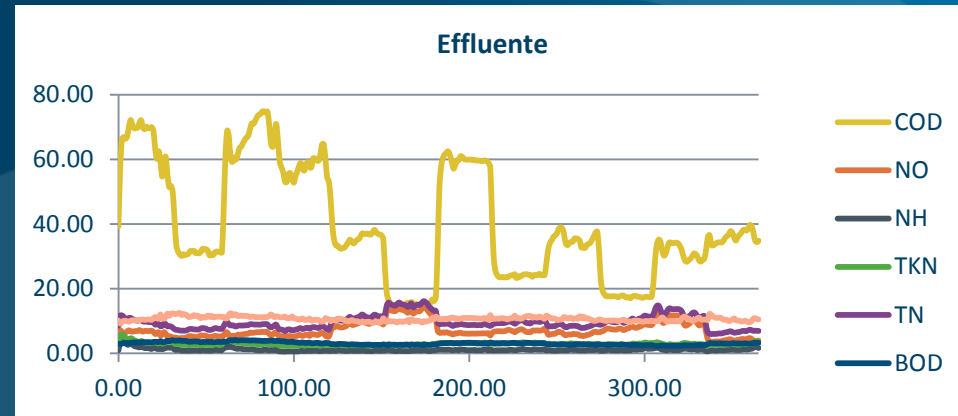
Output

Effluente

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	75.06	15.07	4.07	5.76	17.87	4.35	13.47
MIN	14.36	5.07	0.50	2.31	7.80	2.36	9.96
DEV ST.	17.60	2.04	0.44	0.43	2.05	0.51	0.79
MEDIA	39.90	9.22	1.04	2.87	12.09	3.20	11.29



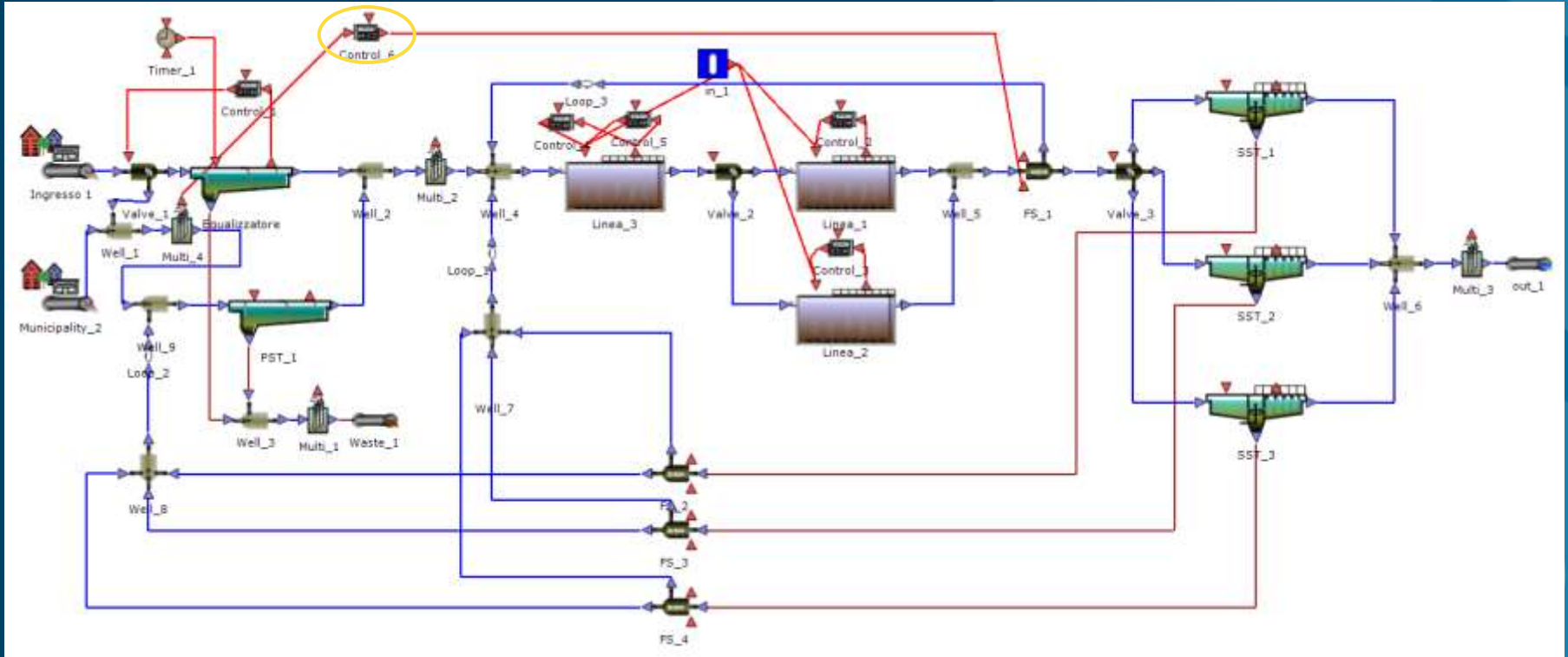
Nell'attuale configurazione in termini di ricircoli l'ampliamento della volumetria del comparto biologico non comporta significativi miglioramenti.



Modello di processo

Stato di progetto

Modulazione ricircolo interno pari a 2 volte la portata in ingresso



Modello di processo

Stato di progetto

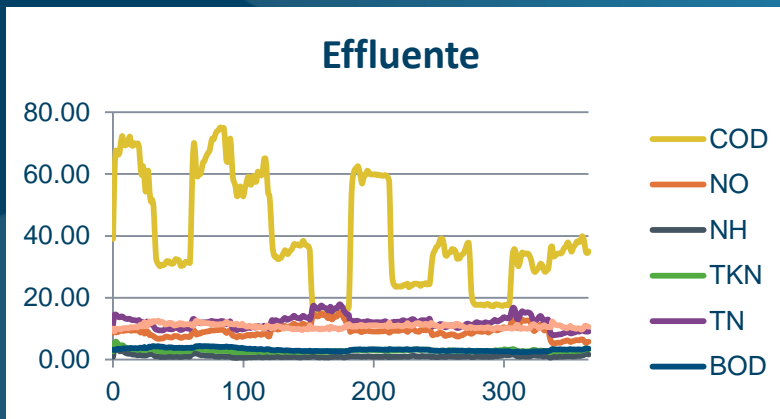
Output

Effluente

	COD	NO	NH	TKN	TN	BOD	TSS
MAX	74.93	14.09	4.17	5.86	16.17	4.35	13.47
MIN	14.34	3.50	0.55	2.36	5.99	2.36	9.96
DEV STAND.	17.62	2.42	0.44	0.44	2.28	0.51	0.79
MEDIA	39.89	7.24	1.12	2.95	9.68	3.20	11.29



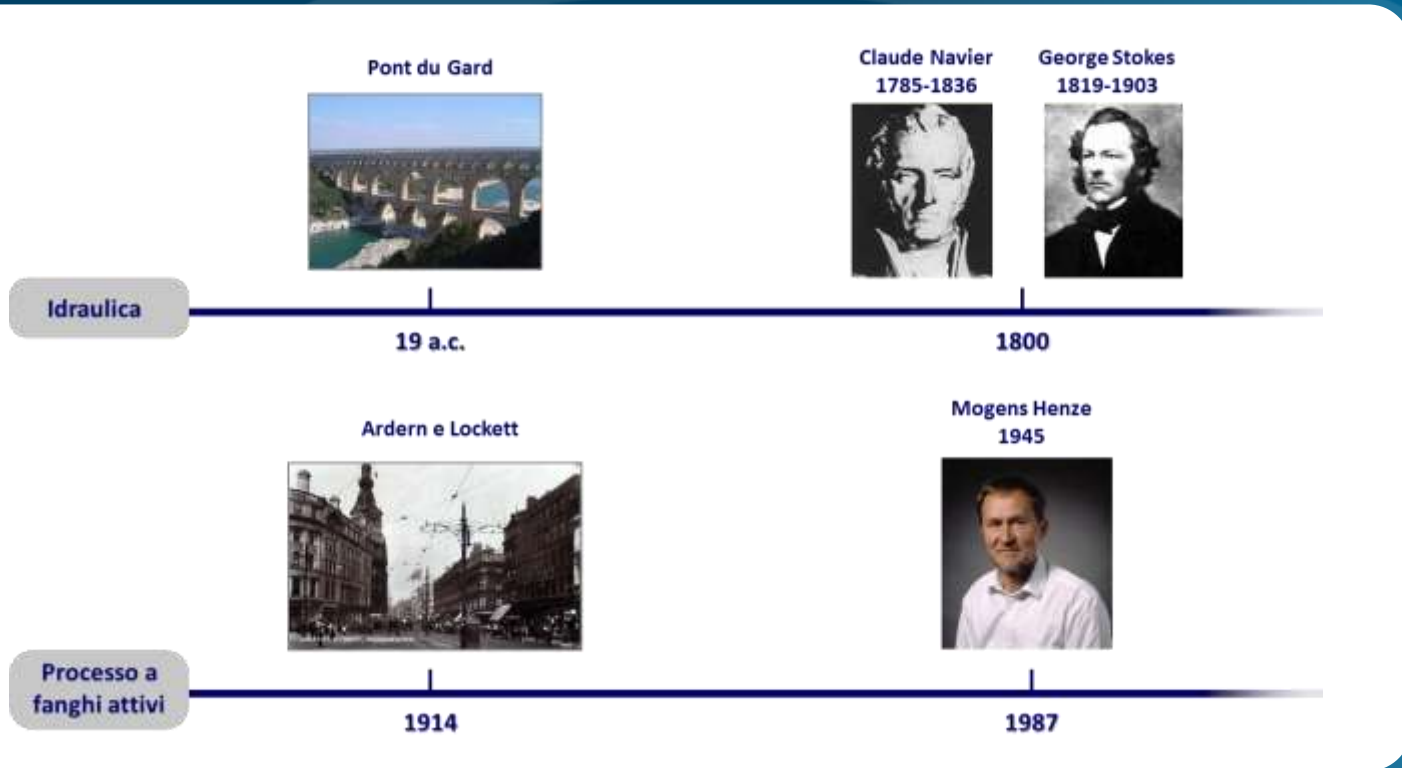
Incrementando i ricircoli l'ampliamento della volumetria del comparto biologico comporta significativi miglioramenti in termini di azoto in uscita.



Conclusioni

- La modellazione di processo degli impianti di depurazione è un problema estremamente complesso, in relazione ai processi biologici che presiedono i trattamenti depurativi.
- L'utilizzo di **modelli di calcolo o equazioni semplificate** ed i dati normalmente disponibili nell'ambito della gestione ordinaria degli impianti di depurazione consentono comunque di avere **indicazione sulla capacità di trattamento** di un impianto di depurazione acque reflue nella maggior parte dei casi d'interesse.
- La modellazione di processo avanzata, per garantire la consistenza del modello nel caso di analisi di dettaglio, richiede una **elevata quantità di dati, ottenibili solamente attraverso analisi sperimentali** (analisi respirometriche o a titolazione) **non eseguite ordinariamente** sugli impianti gestiti.
- **La modellazione di processo degli impianti di depurazione non ha ancora raggiunto la diffusione e l'applicabilità** già raggiunte nel campo della modellazione delle reti. Le esperienze effettuate in tale campo sono più limitate e risultano nella maggior parte dei casi relative ad un ambito principalmente accademico.

A che punto siamo?



Thank you

marco.guidorzi@gruppohera.it

Torino, 14-15 Ottobre 2015

