

A microscopic view of water treatment components, showing a network of thin, dark, fibrous structures (likely activated carbon or biofilm) with clusters of reddish-brown particles (possibly bacteria or organic matter) attached to them.

IAWQ

ASM n. 1

Origini del modello n. 1

- ☞ Nel 1983 la *International Association for Water Quality* (IAWQ) ora *International Water Association* (IWA) promosse un gruppo di studio per l'esame dei modelli esistenti allo scopo di proporre un modello semplice ma efficace per poter predire il rendimento depurativo dei depuratori biologici operanti mediante i processi di:
 - ⇒ Ossidazione del Carbonio
 - ⇒ Nitrificazione
 - ⇒ Denitrificazione

- ☞ Venne così creato l'*Activated Sludge Model n. 1* (ASM1), come perfezionamento di un precedente modello UCT (University of Cape Town), basato sulle due fondamentali ipotesi:
 - ⇒ Cinetiche di Monod bi-substrato
 - ⇒ Ciclo batterico basato su Death-Regeneration
 - ⇒ Suddivisione del COD in
 - ⇒ *Rapidamente biodegradabile (solubile S_s)*: molecole semplici in grado di attraversare la membrana cellulare ed essere immediatamente biodisponibili
 - ⇒ *Lentamente biodegradabile (particolato X_s)*: molecole complesse, adsorbite sul fiocco biologico che necessitano di frazionamento ad opera di enzimi extracellulari (idrolisi) prima di attraversare la membrana cellulare e divenire biodisponibili.

Ipotesi di ASM1

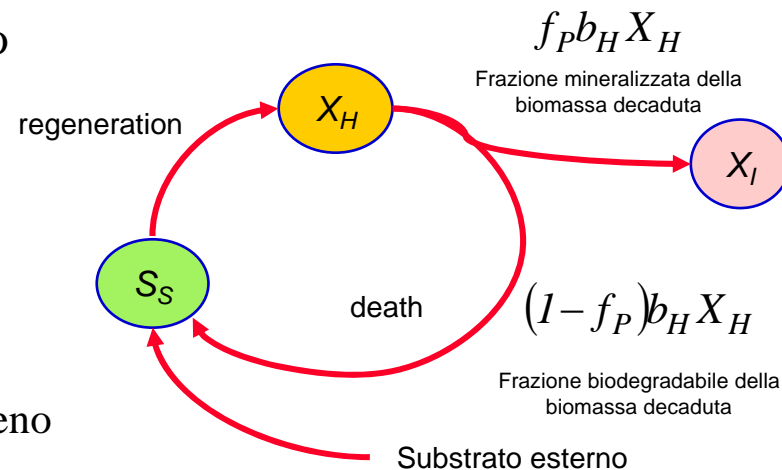
👉 *Cinetica bi-substrato*

- ➡ La cinetica di degradazione è data dal prodotto di due termini limitanti di tipo Michaelis-Menten

$$\mu_{max} \frac{S_1}{K_{s1} + S_1} \frac{S_2}{K_{s2} + S_2}$$

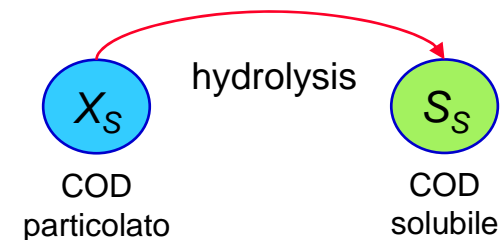
👉 *Death - regeneration:* Il metabolismo endogeno consiste nella morte di una quota di biomassa.

- ➡ Il rateo di metabolismo endogeno è $b_H X_H$
- ➡ Tale metabolismo produce materiali riciclabili per una frazione $1-f_p$, senza consumo di ossigeno

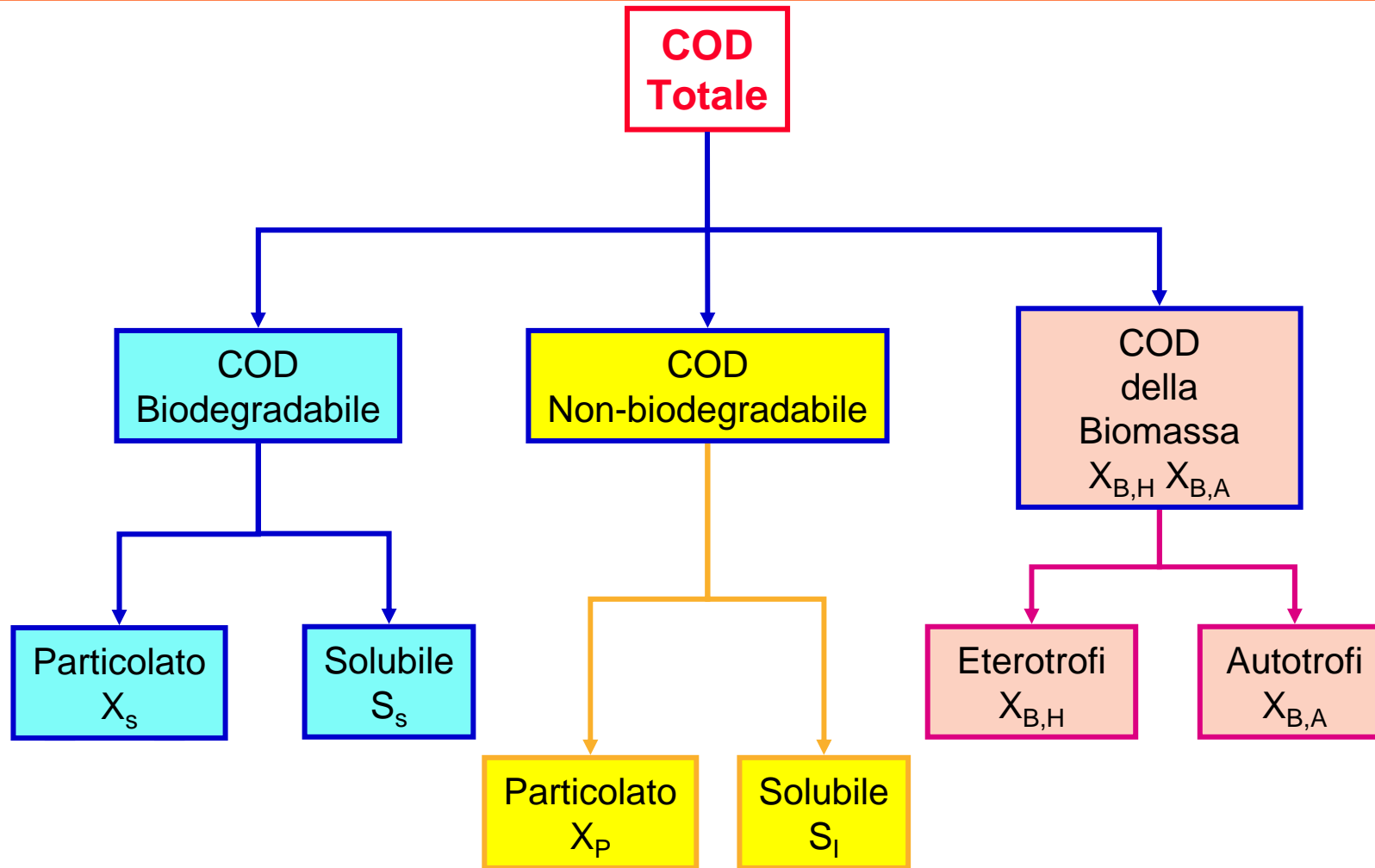


👉 *Suddivisione COD*

- ➡ Il COD particolato X_s viene idrolizzato da enzimi extracellulari e reso disponibile come rapidamente biodegradabile S_s in soluzione

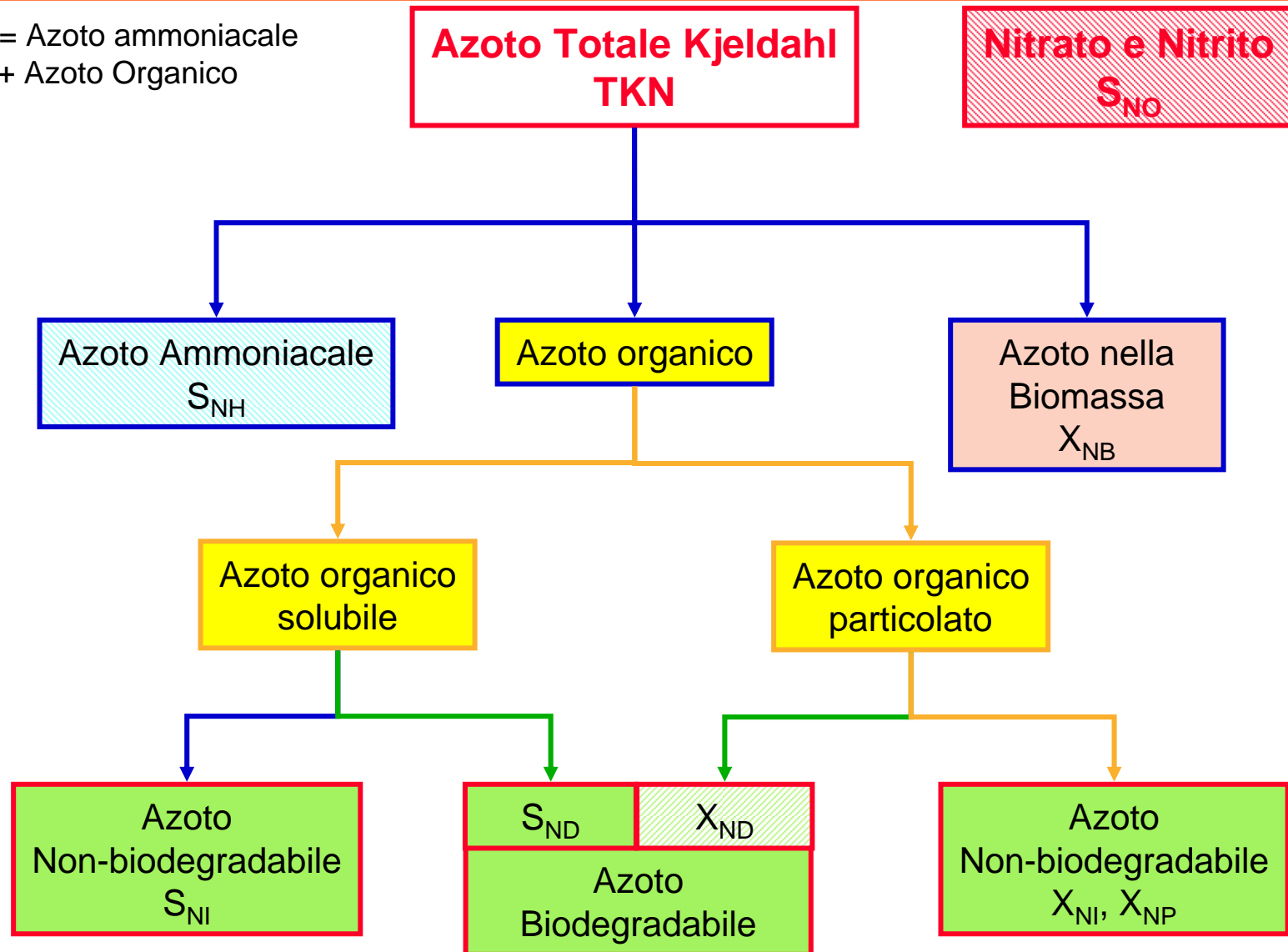


Ripartizione del COD



Ripartizione dell'Azoto

TKN = Azoto ammoniacale
+ Azoto Organico



Variabili di stato del modello ASM1

1. COD Solubile (rapidamente biodegradabile) S_s
2. COD Particolato (lentamente biodegradabile) X_s
3. COD della biomassa eterotrofa X_{BH}
4. COD della biomassa autotrofa X_{BA}
5. COD non biodegradabile solubile S_I
6. COD non biodegradabile particolato X_I & X_P
7. Azoto ammoniacale S_{NH}
8. Azoto “ossidato” (nitroso + nitrico) S_{NO}
9. Azoto organico solubile S_{ND}
10. Azoto organico particolato X_{ND}
11. Azoto organico inerte X_{NI} & X_{NP}
12. Azoto nella biomassa X_{NB}
13. Ossigeno disciolto S_o
14. Alcalinità S_{ALK}

Processi fondamentali

1. **Crescita aerobica degli eterotrofi:** il substrato disciolto S_s è usato per la crescita, che può essere limitata dall'ossigeno. Azoto ammoniacale viene anche utilizzato per la sintesi. Questo processo dà il massimo contributo alla rimozione di COD e crescita di nuova biomassa
2. **Crescita anossica degli eterotrofi:** in assenza di ossigeno gli eterotrofi possono usare il nitrato come accettore di elettroni per degradare il substrato disciolto S_s e produrre azoto gassoso (denitrificazione)
3. **Crescita aerobica degli autotrofi:** l'ossidazione dell'ammoniaca produce l'energia necessaria alla crescita degli autotrofi con consumo di ossigeno. La produzione di biomassa è scarsa e la variazione di alcalinità importante
4. **Decadimento della biomassa (eterotrofa e autotrofa):** processo *death - regeneration*; a seguito della lisi cellulare una parte ($1-f_p$) della biomassa ricicla substrato particolato
5. **Ammonificazione:** l'azoto organico biodegradabile viene convertito in ammoniaca dai batteri eterotrofi, con variazione di alcalinità
6. **Idrolisi:** le molecole complesse del particolato (sia carbonio che azoto organico) vengono spezzate da enzimi extracellulari producendo substrato biodisponibile. Il processo avviene con maggiore facilità in condizioni aerobiche, mentre in condizioni anossiche viene ridotto di un fattore $\eta_H < 1$. Il rateo dipende dal rapporto fra substrato particolato e biomassa.

Processi fondamentali

1. *Crescita aerobica degli eterotrofi* $S_s + S_{NH} + S_o \rightarrow X_{BH}$
2. *Crescita anossica degli eterotrofi* $S_s + S_{NO} + S_{NH} \rightarrow X_{BH}$
3. *Crescita aerobica degli autotrofi* $S_{NH} + S_o \rightarrow X_{BA} + S_{NO}$
4. *Decadimento della biomassa eterotrofa* $X_{BH} \rightarrow X_P + X_s + X_{ND}$
5. *Decadimento della biomassa autotrofa* $X_{BA} \rightarrow X_P + X_s + X_{ND}$
6. *Ammonificazione* $S_{ND} \rightarrow S_{NH}$
7. *Idrolisi del carbonio organico particolato* $X_s \rightarrow S_s$
8. *Idrolisi dell'azoto organico particolato* $X_{ND} \rightarrow S_{ND}$

Processi fondamentali

-
1. **Crescita aerobica eterotrofi** $\rho_1 = \hat{\mu}_H \left(\frac{S_o}{K_{OH} + S_o} \right) \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) X_{BH}$
 2. **Crescita anossica eterotrofi** $\rho_2 = \hat{\mu}_H \eta_{HD} \left(\frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \right) \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) X_{BH}$
 3. **Crescita autotrofi** $\rho_3 = \hat{\mu}_A \left(\frac{S_o}{K_{OH} + S_o} \right) \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) X_{BA}$
 4. **Decadimento eterotrofi** $\rho_4 = b_H X_{BH}$
 5. **Decadimento autotrofi** $\rho_5 = b_A X_{BA}$
 6. **Ammonificazione** $\rho_6 = k_a S_{ND} X_{BH}$
 7. **Idrolisi del C. org.** $\rho_7 = k_h \frac{X_s/X_{BH}}{K_X + (X_s/X_{BH})} \left\{ \frac{S_o}{K_{OH} + S_o} + \eta_h \frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right\} X_{BH}$
 8. **Idrolisi di N. org.** $\rho_8 = k_h \frac{X_{ND}/X_s}{K_X + (X_{ND}/X_s)} \left\{ \frac{S_o}{K_{OH} + S_o} + \eta_h \frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right\} X_{BH}$
-

Matrice stechiometrica di ASM1

Rateo di reazione $r_i = \sum_j v_{ji} \cdot \rho_j$

Eq. di continuité $0 = \sum_i v_{ji} \cdot i_{ci}$

$j \downarrow i \rightarrow$	S_s	X_s	X_{BH}	X_{BA}	X_P	S_o	S_{NO}	S_{NH}	S_{ND}	X_{ND}	
Crescita aerobica eterotrofa	$-\frac{1}{Y_H}$		1			$-\frac{1-Y_H}{Y_H}$		$-i_{XB}$			ρ_1
Crescita anossica eterotrofa	$-\frac{1}{Y_H}$		1				$-\frac{1-Y_H}{2.86 Y_H}$	$-i_{XB}$			ρ_2
Crescita aerobica autotrofa						$-\frac{4.57-Y_A}{Y_A}$	$-\frac{1}{Y_A}$	$-i_{XB} - \frac{1}{Y_A}$			ρ_3
Decadim. eterotrofo		$1-f_P$	-1		f_P					$i_{XB} - f_P i_{XP}$	ρ_4
Decadim. autotrofo		$1-f_P$		-1	f_P					$i_{XB} - f_P i_{XP}$	ρ_5
Ammonif.								1	-1		ρ_6
Idrolisi Carb. org.	1	-1									ρ_7
Idrolisi Azoto org.									1	-1	ρ_8

Cinetiche del modello (1)

👉 Crescita aerobica della biomassa eterotrofa X_{BH}

$$\frac{dX_{BH}}{dt} = \left[\hat{\mu}_H \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) \left\{ \left(\frac{S_o}{K_{OH} + S_o} \right) + \eta_g \left(\frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} - b_H \right] X_{BH}$$

👉 Dinamica della crescita autotrofa X_{BA}

$$\frac{dX_{BA}}{dt} = \left[\hat{\mu}_A \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) - b_A \right] X_{BA}$$

👉 Dinamica del substrato solubile S_S

$$\begin{aligned} \frac{dS_S}{dt} = & -\frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) \left\{ \left(\frac{S_o}{K_{OH} + S_o} \right) + \eta_g \left(\frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH} \\ & + k_h \frac{X_s/X_{BH}}{K_X + (X_s/X_{BH})} \left\{ \left(\frac{S_o}{K_{OH} + S_o} \right) + \eta_h \left(\frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH} \end{aligned}$$

👉 Dinamica del substrato particolato X_S

$$\begin{aligned} \frac{dX_S}{dt} = & (1 - f_P)(b_H X_{BH} + b_A X_{BA}) \\ & - k_h \frac{X_s/X_{BH}}{K_X + (X_s/X_{BH})} \left\{ \left(\frac{S_o}{K_{OH} + S_o} \right) + \eta_h \left(\frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH} \end{aligned}$$

Cinetiche del modello (2)

👉 Dinamica dell'Azoto organico particolato X_{ND}

$$\frac{dX_{ND}}{dt} = (i_{XB} - f_P i_{XP})(b_H X_{BH} + b_A X_{BA}) - k_h \frac{X_{ND}/X_s}{K_X + (X_{ND}/X_s)} \left\{ \frac{S_o}{K_{OH} + S_o} + \eta_h \frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right\} X_{BH}$$

👉 Dinamica dell'Azoto organico solubile S_{ND}

$$\frac{dS_{ND}}{dt} = \left[-k_d S_{ND} + k_h \frac{X_{ND}/X_{BH}}{K_X + (X_S/X_{BH})} \left\{ \frac{S_o}{K_{OH} + S_o} + \eta_H \frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_{NO}} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right\} \right] X_{BH}$$

👉 Dinamica del nitrato S_{NO}

$$\frac{dS_{NO}}{dt} = -\hat{\mu}_H \eta_s \frac{1-Y_H}{2.86 Y_H} \frac{S_s}{K_S + S_s} \frac{K_{OH}}{K_{OH} + S_o} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} X_{BH} + \frac{\hat{\mu}_A}{Y_A} \frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \frac{S_o}{K_{OA} + S_o} X_{BA}$$

👉 Dinamica dell'Ossigeno Disciolto S_o

$$\frac{dS_o}{dt} = -\hat{\mu}_H \frac{1-Y_H}{Y_H} \frac{S_s}{K_S + S_s} \frac{S_o}{K_{OH} + S_o} X_{BH} - \hat{\mu}_A \frac{4.75 - Y_A}{Y_A} \frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \frac{S_o}{K_{OA} + S_o} X_{BA}$$

Fattori stechiometrici nel modello

- ☞ Tutte le grandezze che compaiono nelle equazioni sono riferite al loro ossigeno equivalente (COD)
- ☞ Quando compaiono molecole diverse, si devono utilizzare dei coefficienti stechiometrici per ricavare *l'equivalenza in ossigeno*
- ☞ Rateo di denitrificazione:
 - ⇒ il fattore 2.86 è il coefficiente stechiometrico per la conversione da $\text{NO}_3\text{-N}$ a N gassoso e viene introdotto per mantenere la base consistente in unità di COD.
 - ⇒ Questo valore è “teorico” ed esprime il fatto che se tutto il carbonio organico aggiunto per la denitro venisse convertito in CO_2 e H_2O sarebbe necessario $1/2.86 = 0.35$ g $\text{NO}_3\text{-N}$ per ogni g COD rimosso
- ☞ Consumo di ossigeno per la nitrificazione
 - ⇒ Il fattore 4.57 è l'equivalente stechiometrico del consumo di ossigeno per l'ossidazione dell'ammonio.
 - ⇒ Dato che per ossidare un g di $\text{NH}_4\text{-N}$ sono necessari 4 O, il rapporto fra i pesi molecolari è $4 \times 16 / 14 = 4.57$

Parametri del modello

- ☞ I valori numerici dei parametri determinano la risposta del modello
- ☞ Alcuni sono poco variabili da impianto a impianto e possono essere fissati a valori medi di letteratura
- ☞ Altri sono fortemente rappresentativi del particolare impianto e vanno calibrati di caso in caso
- ☞ Da un'analisi di sensitività appare che i parametri più sensibili sono
 - ⇒ Rateo di decadimento degli eterotrofi b_H
 - ⇒ Fattore di correzione per la crescita anossica degli eterotrofi η_g
 - ⇒ Rateo specifico massimo di idrolisi k_h
 - ⇒ Coefficiente di semisaturazione per l'idrolisi K_X
 - ⇒ Fattore di correzione per l'idrolisi anossica η_h
 - ⇒ Rateo massimo specifico di crescita per gli autotrofi $\hat{\mu}_A$
- ☞ Non è possibile calibrare ciascun parametro separatamente, a causa della interdipendenza (correlazione) fra di essi
 - ⇒ Diverse combinazioni di parametri possono produrre circa la stessa risposta del modello

Principali correlazioni parametriche

☞ Rateo di crescita e rateo di decadimento

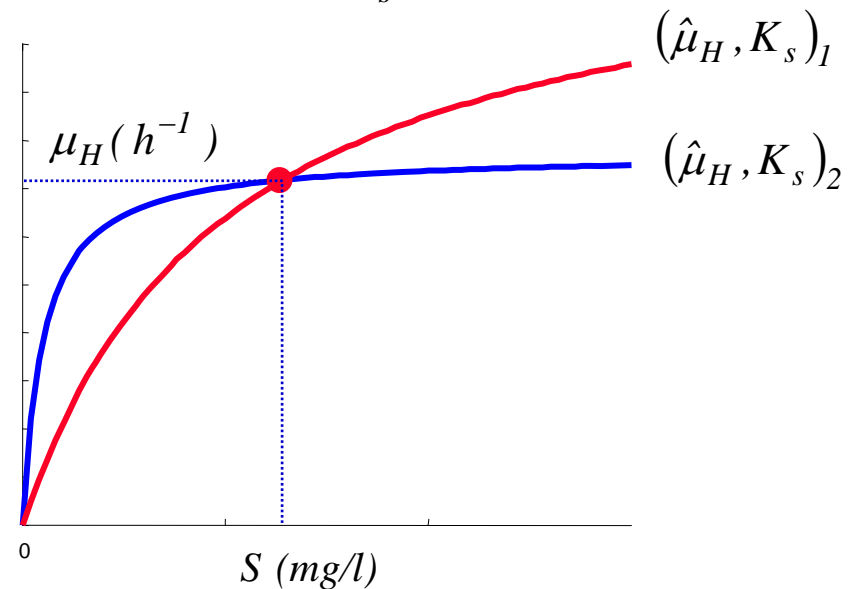
- ⇒ Diverse coppie $(\hat{\mu}_H, b_H)$ o $(\hat{\mu}_A, b_A)$ possono produrre un'identica crescita netta, ma il consumo di ossigeno ed il riciclo di substrato sarà diverso

☞ Fattore di resa Y e rateo di crescita $\hat{\mu}_H$

- ⇒ Un incremento contemporaneo della resa e del fattore di crescita può produrre effetti che si cancella reciprocamente, ma il consumo di ossigeno aumenta

☞ Rateo di crescita $\hat{\mu}_H$ e costante di mezza velocità K_s

- ⇒ Dato che ambedue i parametri contribuiscono alla velocità effettiva di reazione, i loro effetti si possono mascherare a vicenda.
Esiste un valore di substrato S per il quale le due coppie danno la stessa velocità di crescita



Valori tipici del parametri

Parametri cinetici

Parametri invarianti con la temperatura

Parametro	simbolo	Unità	valore a 20°	valore a 10°	Letteratura
Rateo massimo di crescita eterotrofa	$\hat{\mu}_H$	day^{-1}	6.00	3.00	0.6 - 13.2
Rateo di decadimento eterotrofo	b_H	day^{-1}	0.62	0.20	0.05 - 1.6
Semisaturazione per gli eterotrofi	K_s	$mgCOD L^{-1}$	20.00	20.00	5 - 225
Semisaturazione all'ossigeno per gli eterotrofi	K_{OH}	$mg O_2 L^{-1}$	0.20	0.20	0.01 - 0.20
Semisaturazione al nitrato per gli eterotrofi denitrificanti	K_{NO}	$mg NO_3 - N L^{-1}$	0.50	0.50	0.1 - 0.5
Rateo massimo di crescita autotrofa	$\hat{\mu}_A$	day^{-1}	0.80	0.30	0.2 - 1.0
Rateo di decadimento autotrofo	b_A	day^{-1}	0.20	0.10	0.05 - 0.2
Semisaturazione all'ossigeno per gli autotrofi	K_{OA}	$mg O_2 L^{-1}$	0.40	0.40	0.4 - 2.0
Semisaturazione all'ammonio per gli autotrofi	K_{NH}	$mg NH_4 - N L^{-1}$	1.00	1.00	-
Fattore correttivo per la crescita anossica eterotrofa	η_g		0.80	0.80	0.6 - 1.0
Rateo di ammonificazione	k_a	$L(mg COD day)^{-1}$	0.08	0.04	-
Rateo specifico massimo di idrolisi	k_h	$mg COD(mg cell COD day)^{-1}$	3.00	1.00	-
Semisaturazione per il substrato lentamente biodegradabile	K_X	$mg COD(mg cell COD)^{-1}$	0.03	0.01	-
Fattore correttivo per l'idrolisi anossica	η_h		0.4	0.4	-

Fattori stechiometrici

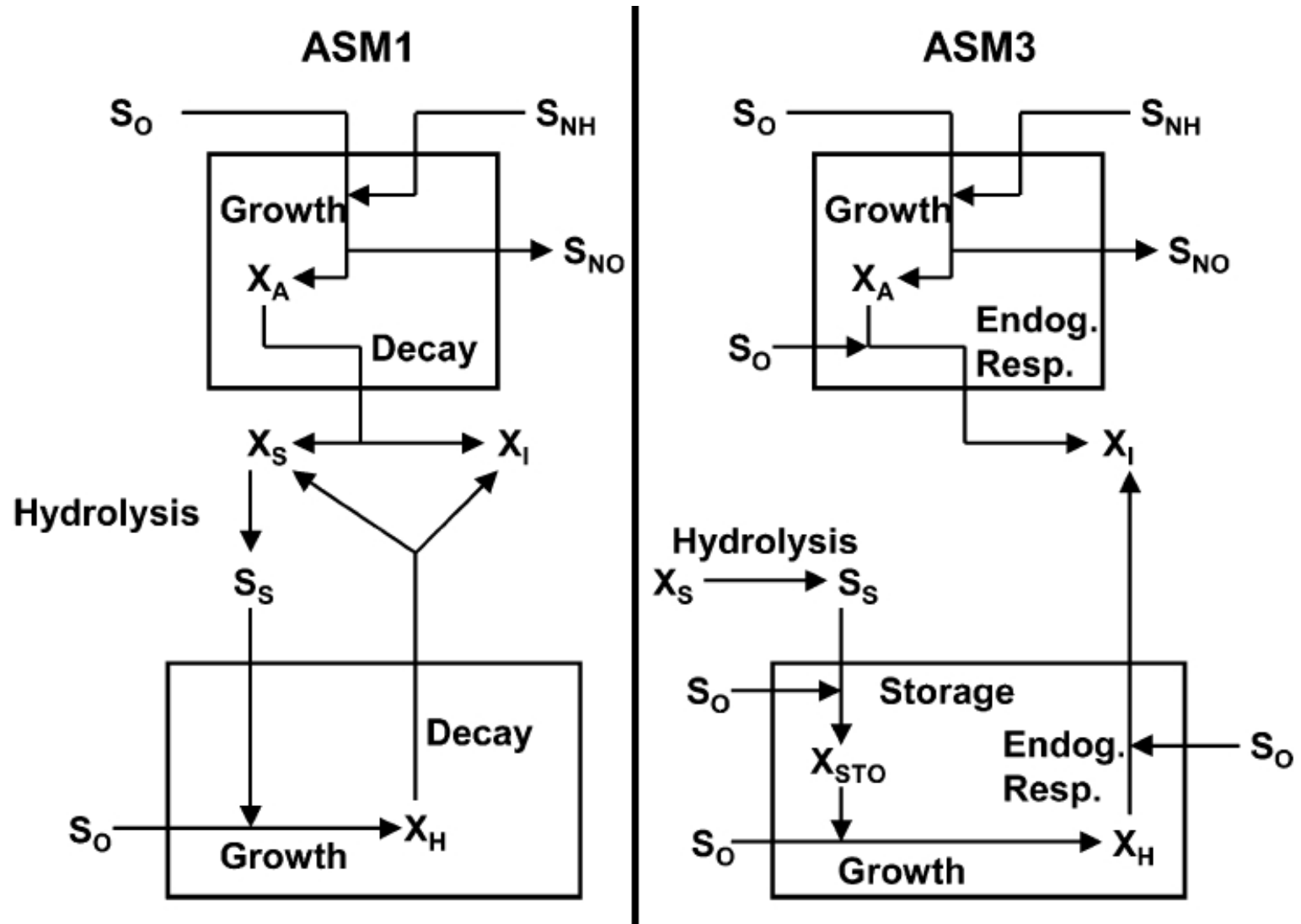
Frazione di biomassa che produce particolato inerte	f_P		0.08	0.08	
Massa N/Massa COD in biomassa	i_{XB}		0.086	0.086	
Massa N/Massa COD in prodotti inerti	i_{XP}		0.06	0.06	
Fattore di resa eterotrofa	Y_H		0.67	0.67	0.38 - 0.75
Fattore di resa autotrofo	Y_A		0.24	0.24	0.07 - 0.28

Il Modello ASM3

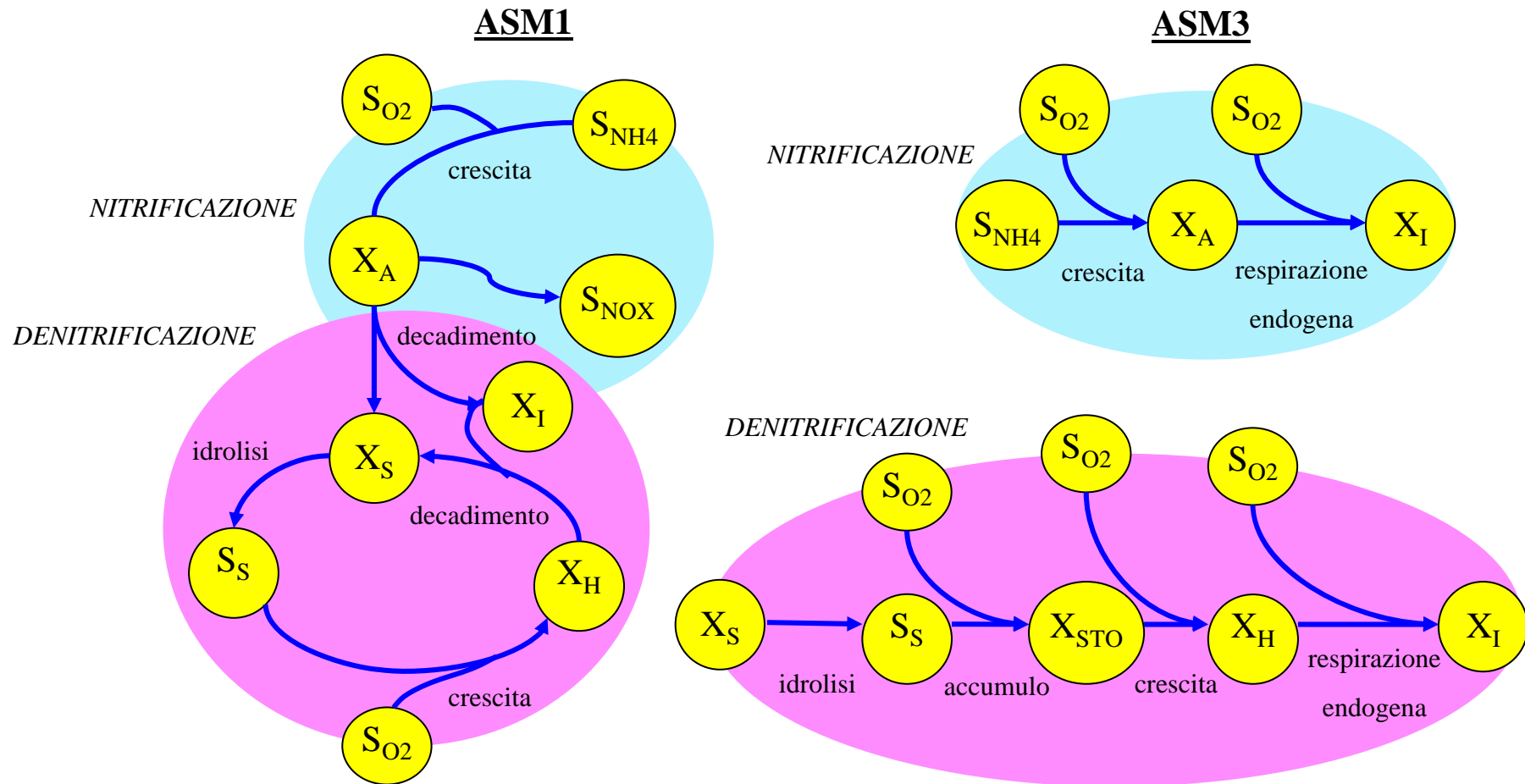
Differenze fra ASM1 e ASM3

- 👉 La maggiore differenza fra ASM1 e ASM3 è nell'importanza dell'*accumulo* nel metabolismo eterotrofo di materia
- 👉 Nel modello ASM3 tutto il materiale rapidamente biodegradabile (S_S) è prima immagazzinato come componente cellulare (X_{STO}) che viene poi utilizzato per la crescita.
- 👉 In AMS3 non c'è crescita diretta sul substrato esterno come in ASM1.
- 👉 ASM3 è più semplice da calibrare a causa della conversione del modello grazie ai maggiori disaccoppiamenti interni
- 👉 E' dimostrato che ASM3 funziona meglio per i reflui industriali dove i meccanismi di accumulo sono significativi o dove le zone non areate sono notevoli

Differenze fra ASM1 e ASM3



Differenze fra ASM1 e ASM3



Variabili del modello ASM3

SOLUBILI	▶	S_{O_2} [g-O ₂ m ⁻³]	Ossigeno disciolto
	▶	S_S [g-CODm ⁻³]	Substrato organico rapidamente biodegradabile
	▶	S_{N2g} [g-Nm ⁻³]	Azoto gassoso
	▶	S_{NH4} [g-Nm ⁻³]	Azoto ammoniacale
	▶	S_{NOX} [g-Nm ⁻³]	Azoto nitrito e nitrato
	▶	S_I [g-CODm ⁻³]	Materiale organico inerte solubile
	▶	S_{ALK} [moli-HCO ₃ ⁻ m ⁻³]	Alcalinità
PARTICOLATI	▶	X_I [g-CODm ⁻³]	Materiale organico inerte particolato
	▶	X_S [g-CODm ⁻³]	Materiale organico lentamente biodegradabile
	▶	X_H [g-CODm ⁻³]	Biomassa eterotrofa
	▶	X_{STO} [g-CODm ⁻³]	Accumulo interno di sostanza organica
	▶	X_A [g-CODm ⁻³]	Biomassa autotrofa

Ratei di ASM3

ETEROTROFI

AUTOTROFI

j	Processo	Rateo
1	Accumulo aerobico di S_s	$k_{STO} \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_s}{K_s + S_s} \cdot X_H$
2	Accumulo anossico di S_s	$k_{STO} \cdot \eta_{NOX} \cdot \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NOX}}{K_{NOX} + S_{NOX}} \cdot \frac{S_s}{K_s + S_s} \cdot X_H$
3	Crescita aerobica	$\mu_H \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \cdot \frac{S_{ALK}}{K_{ALK} + S_{ALK}} \cdot \frac{X_{STO}/X_H}{K_{STO} + (X_{STO}/X_H)} \cdot X_H$
4	Crescita anossica (denitrificazione)	$\mu_H \cdot \eta_{NOX} \cdot \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NOX}}{K_{NOX} + S_{NOX}} \cdot \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \cdot \frac{S_{ALK}}{K_{ALK} + S_{ALK}} \cdot \frac{X_{STO}/X_H}{K_{STO} + (X_{STO}/X_H)} \cdot X_H$
5	Respirazione endogena aerobica	$b_{H,O_2} \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot X_H$
6	Respirazione endogena anossica	$b_{H,NOX} \cdot \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NOX}}{K_{NOX} + S_{NOX}} \cdot X_H$
7	Respirazione aerobica su X_{STO}	$b_{STO,O_2} \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot X_{STO}$
8	Respirazione anossica su X_{STO}	$b_{STO,NOX} \cdot \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NOX}}{K_{NOX} + S_{NOX}} \cdot X_{STO}$
9	Crescita aerobica (nitrificazione)	$\mu_A \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{A,O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NH_4}}{K_{A,NH_4} + S_{NH_4}} \cdot \frac{S_{ALK}}{K_{A,ALK} + S_{ALK}} \cdot X_A$
10	Respirazione endogena aerobica	$b_{A,O_2} \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{A,O_2} + S_{O_2}} \cdot X_A$
11	Respirazione endogena anossica	$b_{A,NOX} \cdot \frac{K_{A,O_2}}{K_{A,O_2} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NOX}}{K_{A,NOX} + S_{NOX}} \cdot X_A$
12	Idrolisi	$k_H \cdot \frac{X_s/X_H}{K_X + (X_s/X_H)} \cdot X_H$

Matrice stechiometrica di ASM3

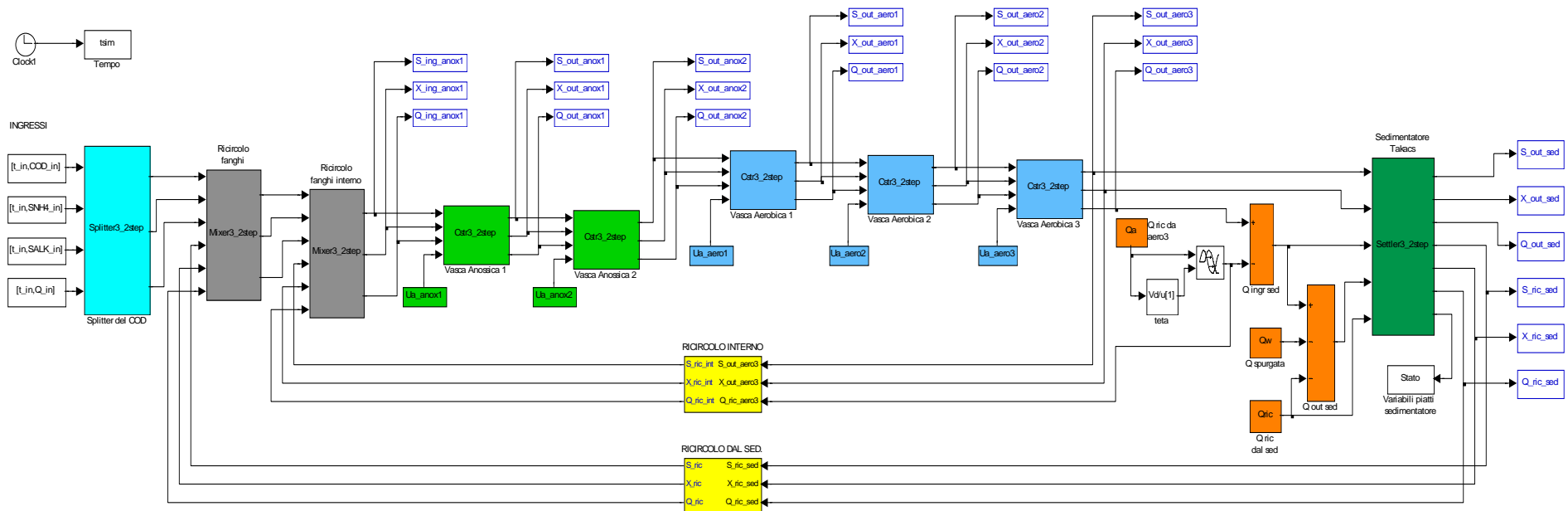
■ processi di biodegradazione di X_H

■ processi di biodegradazione di X_A

■ idrolisi

Componenti		i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
j	Processi		S_{O_2}	S_S	$S_{N_{2g}}$	S_{NH_4}	S_{NOX}	S_I	S_{ALK}	X_I	X_S	X_H	X_{STO}	X_A
1	Accumulo aerobico di S_S		Y_{STO,O_2}^{-1}	-1	-	i_{NSS}	-	-	$i_{NSS}/14$	-	-	-	Y_{STO,O_2}	-
2	Accumulo anossico di S_S		-	-1	$(1-Y_{STO,NOX})/2.86$	i_{NSS}	$(Y_{STO,NOX}^{-1})/2.86$	-	$[i_{NSS} + (1-Y_{STO,NOX})/2.86]/14$	-	-	-	$Y_{STO,NOX}$	-
3	Crescita aerobica		$1-(1/Y_{H,O_2})$	-	-	$-i_{NBM}$	-	-	$-i_{NBM}/14$	-	-	1	$-1/Y_{H,O_2}$	-
4	Crescita anossica		-	-	$(Y_{H,NOX}^{-1}-1)/2.86$	$-i_{NBM}$	$(1-Y_{H,NOX}^{-1})/2.86$	-	$[-i_{NBM}-(1-Y_{H,NOX}^{-1})/2.86]/14$	-	-	1	$-1/Y_{H,NOX}$	-
5	Respirazione endogena aerobica		f_{XI}^{-1}	-	-	$i_{NBM} \cdot (f_{XI} \cdot i_{NXI})$	-	-	$(i_{NBM} \cdot f_{XI} \cdot i_{NXI})/14$	f_{XI}	-	-1	-	-
6	Respirazione endogena anossica		-	-	$(1-f_{XI})/2.86$	$i_{NBM} \cdot (f_{XI} \cdot i_{NXI})$	$(f_{XI}-1)/2.86$	-	$[i_{NBM} \cdot f_{XI} \cdot i_{NXI} + (1-f_{XI})/2.86]/14$	f_{XI}	-	-1	-	-
7	Respirazione aerobica su X_{STO}		-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-
8	Respirazione anossica su X_{STO}		-	-	$1/2.86$	-	$-(1/2.86)$	-	$1/(2.86 \cdot 14)$	-	-	-	-1	-
9	Crescita aerobica		$1-(4.57/Y_A)$	-	-	$-(1/Y_A) \cdot i_{NBM}$	$1/Y_A$	-	$[-1/(Y_A \cdot 7)] \cdot i_{NBM}/14$	-	-	-	-	1
10	Respirazione endogena aerobica		f_{XI}^{-1}	-	-	$i_{NBM} \cdot f_{XI} \cdot i_{NXI}$	-	-	$[i_{NBM} \cdot (f_{XI} \cdot i_{NXI})]/14$	f_{XI}	-	-	-	-1
11	Respirazione endogena anossica		-	-	$(1-f_{XI})/2.86$	$i_{NBM} \cdot f_{XI} \cdot i_{NXI}$	$(f_{XI}-1)/2.86$	-	$[i_{NBM} \cdot f_{XI} \cdot i_{NXI} + (1-f_{XI})/2.86]/14$	f_{XI}	-	-	-	-1
12	Idrolisi		-	$1-f_{SI}$	-	$i_{NSS} \cdot (f_{SI}-1) - f_{SI} \cdot i_{NSI} + i_{NXS}$	-	f_{SI}	$[i_{NXS} - i_{NSS} \cdot (1-f_{SI}) - (f_{SI} \cdot i_{NSI})]/14$	-	-1	-	-	-

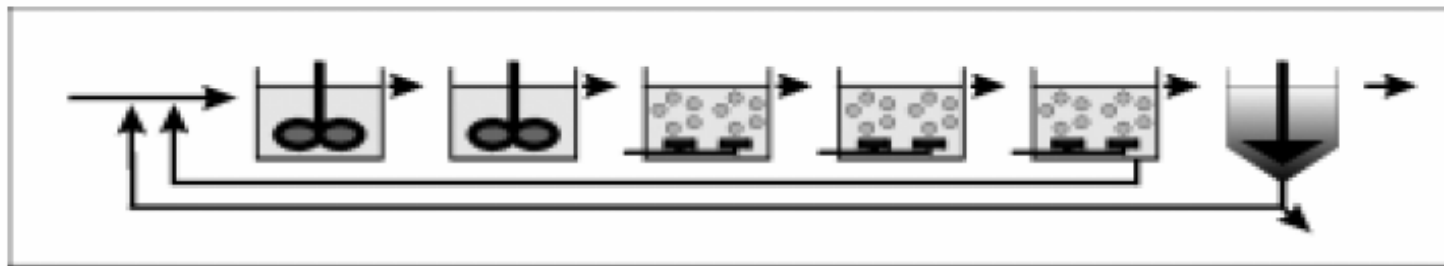
Schema Simulink per il Benchmark in ASM3






Zona anossica
(Denitro)

Zona aerobica
(Nitro)

Sedimentazione



Bibliografia

-  Jeppson, U. **A General Description of the IAWQ Activated Sludge Model No. 1**, Lund Institute of Technology.
-  Poggiali, F. **Il Modello IAWQ ASM2** *Estratto dalla tesi di Laurea, Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Luglio 1999*
-  Iacopozzi, I., Innocenti, V., Marsili-Libelli, S., Giusti, E., (2007). A modified Activated Sludge Model No. 3 (ASM3) with two-step nitrification-denitrification. *Environmental Modelling & Software* **22**: 847 – 861.