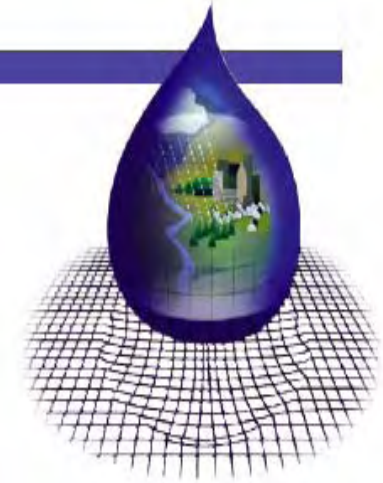

Stream Water Quality Model (QUAL2K)



Sistema di modellazione della qualità fluviale

L'ambiente di modellazione QUAL2K

- ☞ Il fiume è visto come ecosistema complesso composto da tre comparti
 - ⇒ La fase acquosa, la fase gassosa e i sedimenti.
- ☞ Il modello è l'insieme dei processi interni a questi comparti e delle loro interazioni dovute a:
 - ⇒ trasporto fisico e processi di scambio;
 - ⇒ processi di trasformazione biologica, chimica, biochimica e fisica.
- ☞ Il modello comprende i due aspetti fondamentali del fiume:
 - ⇒ Idraulica
 - ⇒ Qualità

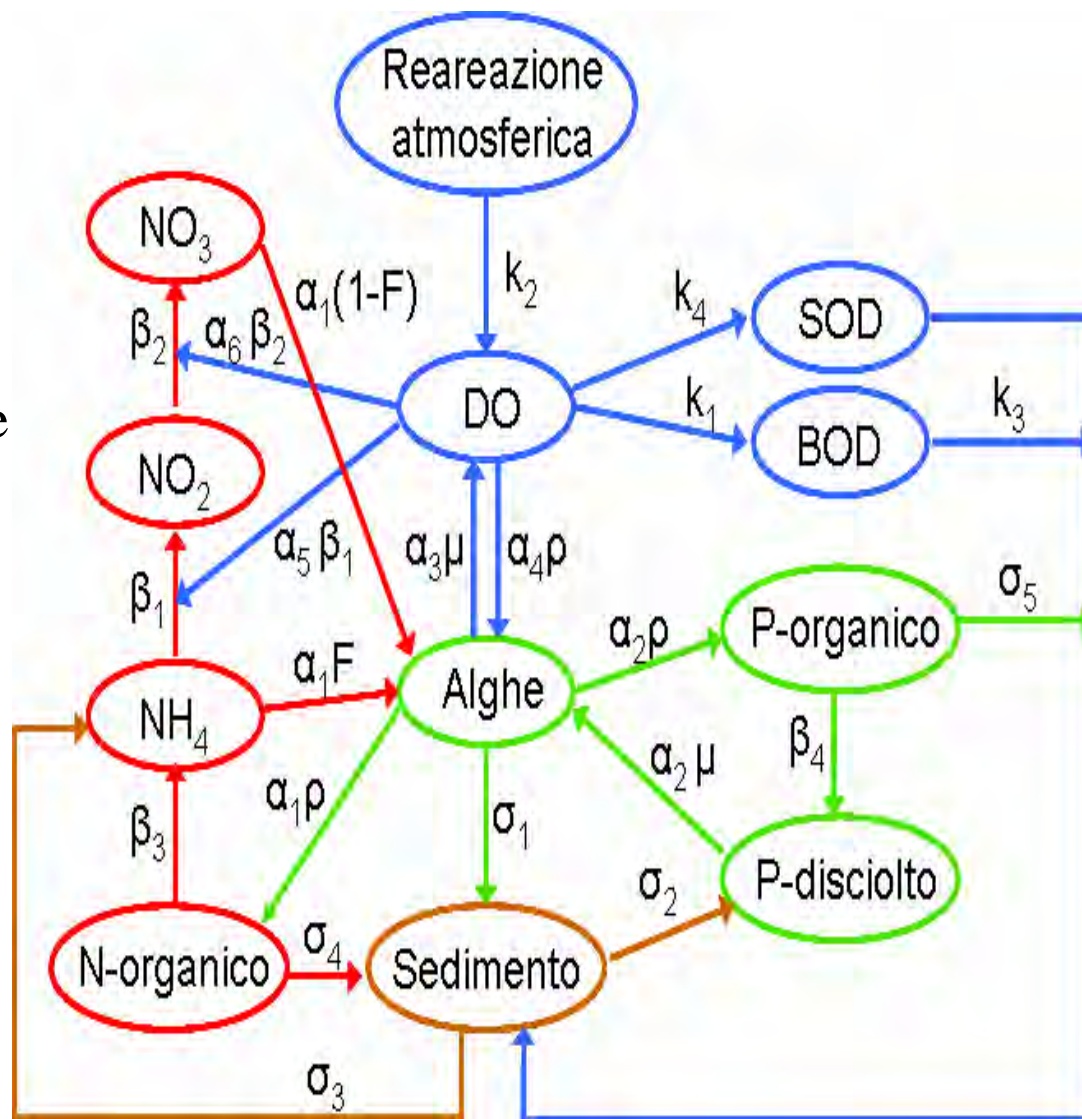


Componenti di QUAL2K



Processi modellati

- Degradazione di sostanze organiche;
- Crescita e respirazione delle alghe;
- Nitrificazione;
- Idrolisi di azoto organico e fosforo;
- Reareazione;
- Sedimentazione di alghe, fosforo organico e azoto organico;
- Consumo di ossigeno nel sedimento;
- Rilascio di azoto e fosforo dal sedimento.



Processi e componenti in Q2K

Componente Processo	1 DO	2 BOD	3 ABM	4 Org-N	5 NH4	6 NO ₂	7 NO ₃	8 Org-P	9 Dis-P	Tasso [ML ⁻³ T ⁻¹]
1 Reareazione	1									$k_2(\text{DO}_{\text{sat}} - \text{DO})$
2 Biodegradazione	-1	-1								$k_1 \cdot \text{BOD}$
3 BOD sedimentato		-1								$k_3 \cdot \text{BOD}$
4 SOD	-1									k_4/d
5 Fotosintesi	α_3		1		$-\alpha_1 \cdot F$		$-\alpha_1 \cdot (1-F)$		$-\alpha_2$	$\mu_{\text{max}} \cdot \text{ABM} \cdot f(L,N,P)$
6 Respirazione	$-\alpha_4$		-1	α_1				α_2		$\rho \cdot \text{ABM}$
7 Alghe sedimentate			-1							$\sigma_1/d \cdot \text{ABM}$
8 N idrolisi				-1	1					$\beta_3 \cdot \text{Org-N}$
9 Nitrificazione 1°	$-\alpha_5$				-1	1				$\beta_1 \cdot \text{NH}_4 \cdot f(\text{DO})$
10 Nitrificazione 2°	$-\alpha_6$					-1	1			$\beta_2 \cdot \text{NO}_2 \cdot f(\text{DO})$
11 N sedimentaz.				-1						$\sigma_4 \cdot \text{Org-N}$
12 N rilascio da sed.					1					σ_3/d
13 P idrolisi								-1	1	$\beta_4 \cdot \text{Org-P}$
14 P sedimentaz.								-1		$\sigma_5 \cdot \text{Org-P}$
15 P rilascio da sed.									1	σ_2/d



Ipotesi alla base di Q2K

- ❑ ***Monodimensionale:*** il canale è ben miscelato verticalmente e lateralmente;
- ❑ ***Idraulica a stati stazionari:*** si simula un flusso stazionario non uniforme;
- ❑ ***Bilancio di calore diurno:*** il bilancio di calore e la temperatura sono simulati in funzione della meteorologia a scala giornaliera;
- ❑ ***Cinetica della qualità dell'acqua giornaliera:*** tutte le variabili di qualità dell'acqua sono simulate su scala giornaliera;
- ❑ ***Ingressi di calore:*** si tiene conto delle variazioni di temperatura
- ❑ ***Ingressi di massa:*** si simulano immissioni e prelievi puntuali e distribuiti.



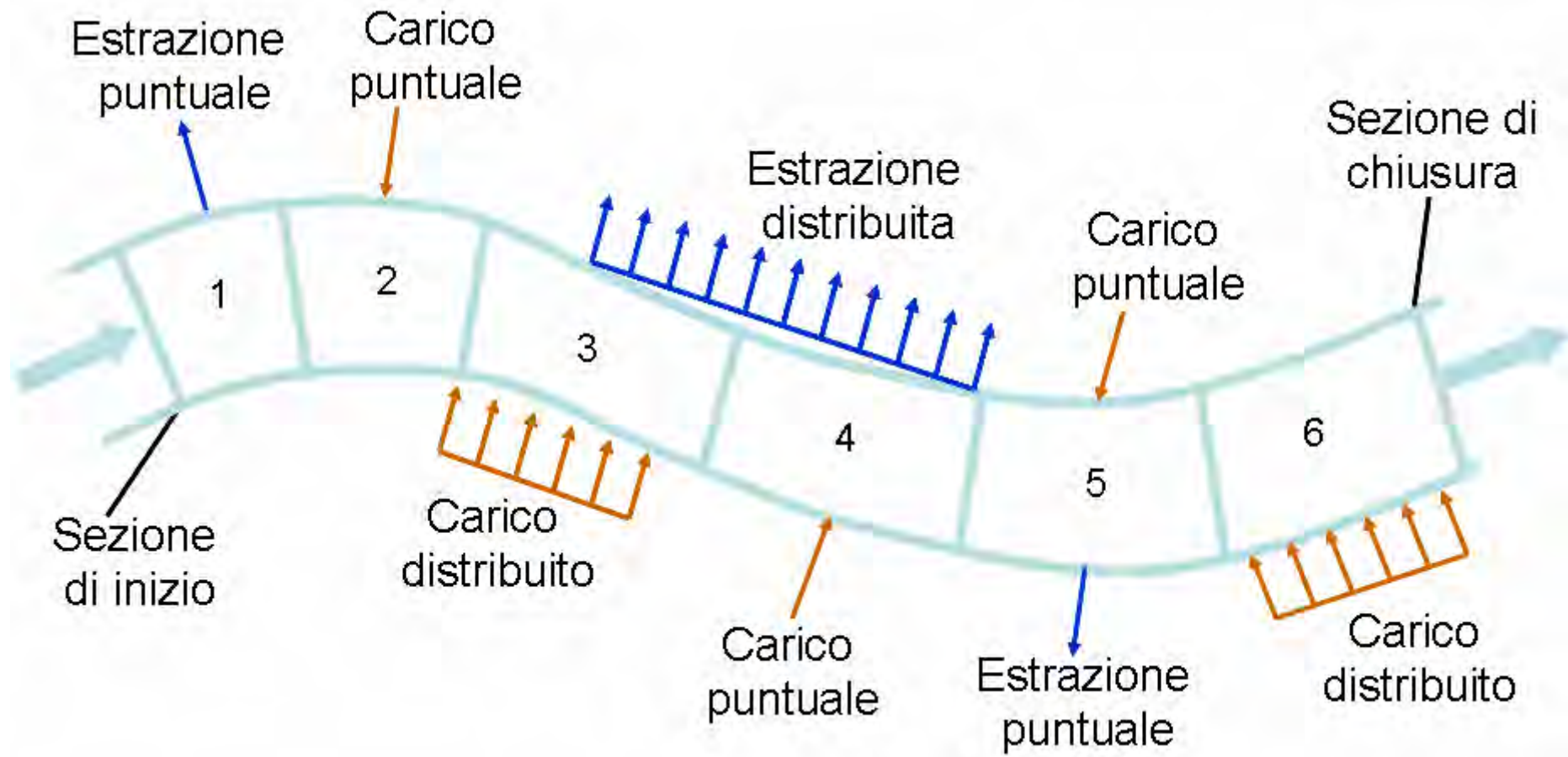
Nuove caratteristiche rispetto a QUAL2E

- ❑ **Segmentazione del modello:** Q2K consente tratti di diversa lunghezza con carichi e derivazioni;
- ❑ **Specificazione del BOD carbonioso:** Q2K ripartisce il BOD carbonioso in una forma ad ossidazione lenta (slow CBOD) e la forma ad ossidazione rapida (fast CBOD). Inoltre simula la sostanza organica particolata non vivente (detrito), composta da carbonio particolato, azoto e fosforo in stechiometria fissa;
- ❑ **Anossia:** Q2K è in grado di modellare situazioni di anossia riducendo le reazioni di ossidazione a zero per bassi livelli di ossigeno.
- ❑ **Denitrificazione:** è modellata come una reazione del primo ordine che si attiva per basse concentrazioni di ossigeno;
- ❑ **Interazioni sedimento-acqua:** i flussi di ossigeno disciolto e di nutrienti tra l'acqua e il sedimento sono simulati in funzione della sostanza organica particolata sedimentata, delle reazioni nel sedimento e delle concentrazioni delle forme solubili nell'acqua che lo ricopre;
- ❑ **Alghe bentoniche:** il modello include alghe attaccate sul fondo del fiume;
- ❑ **pH:** sia l'alcalinità che il carbonio inorganico totale sono simulati. Il pH del fiume è quindi calcolato sulla base di queste due grandezze;



Agenti patogeni: la rimozione dei patogeni è determinata in funzione della temperatura, della luce e della sedimentazione.

Segmentazione idraulica



Tempo di residenza

- ❑ Ogni segmento (*reach*) è schematizzato come un CSTR di volume V_k attraversato dalla portata Q_k
- ❑ Perciò il tempo di residenza è dato da

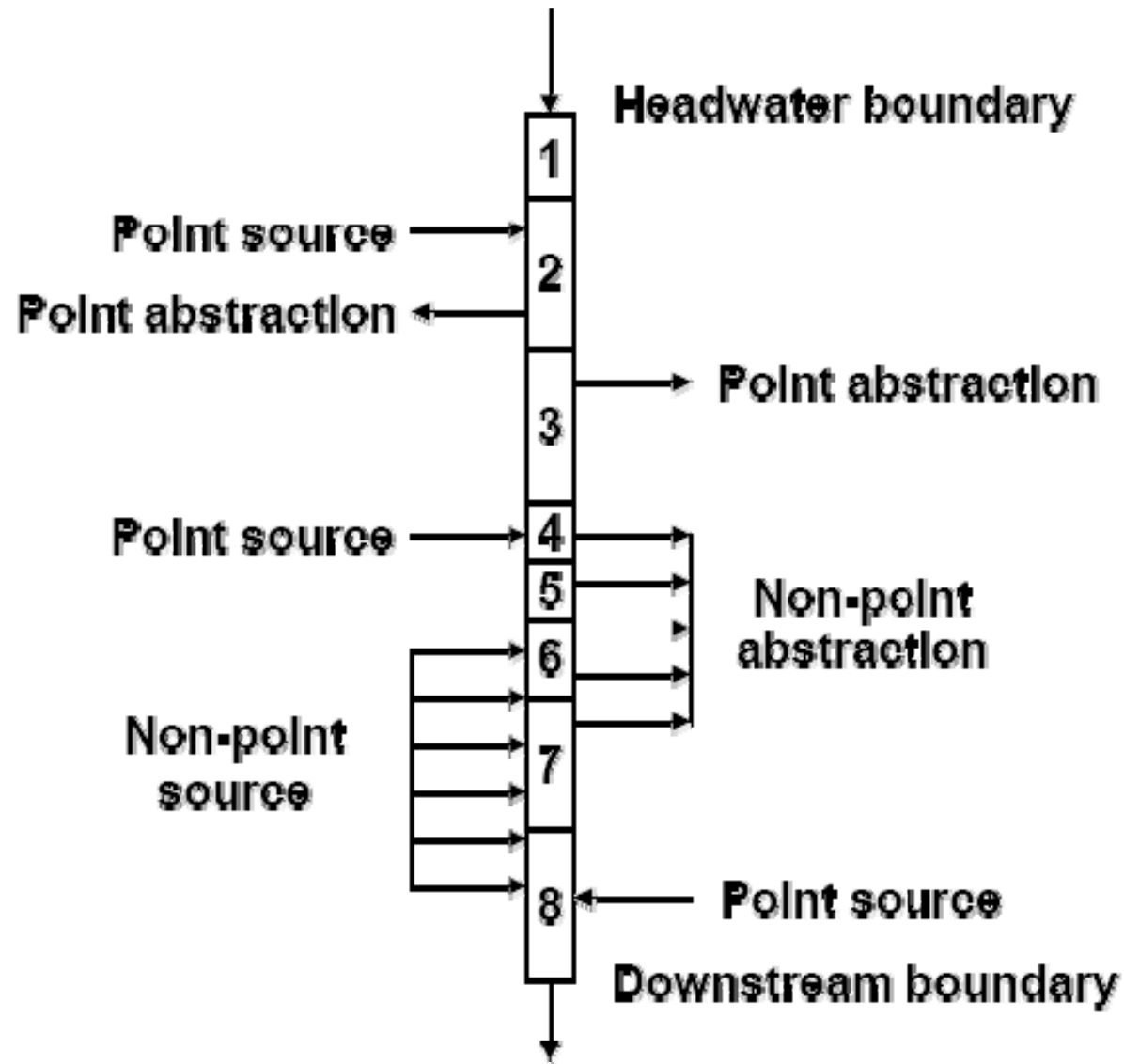
$$\tau_k = \frac{V_k}{Q_k}$$

- ❑ Il tempo totale di percorrenza è dato dalla somma estesa a tutti i reach ($k= 1, \dots , i$)

$$t_{t,i} = \sum_{k=1}^i \tau_k$$



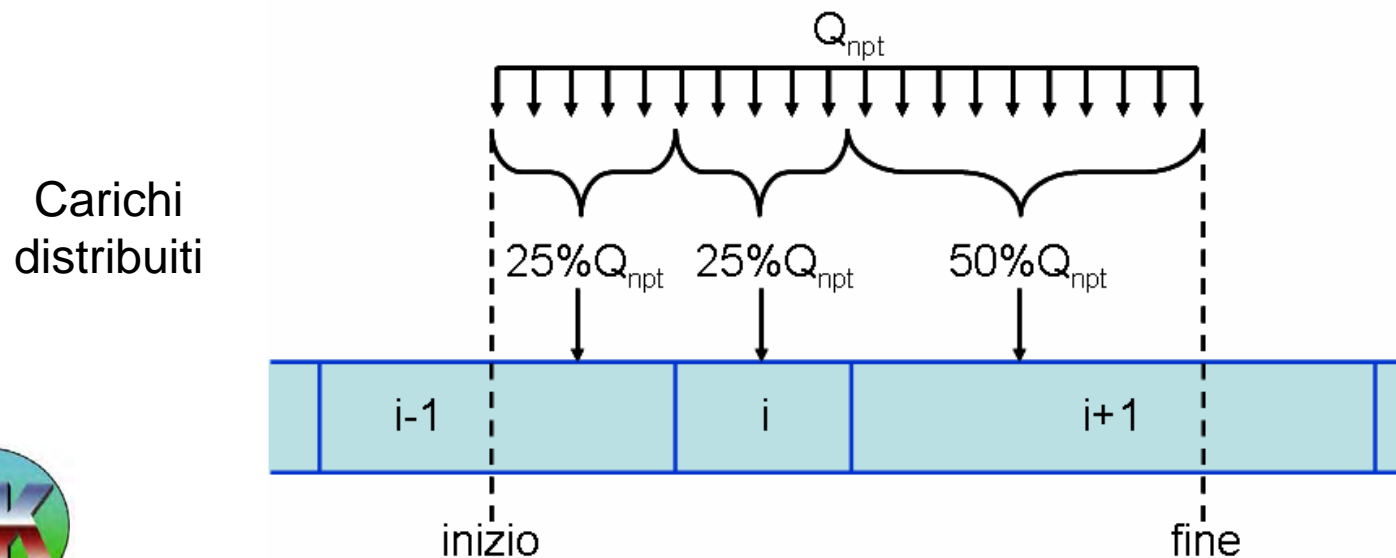
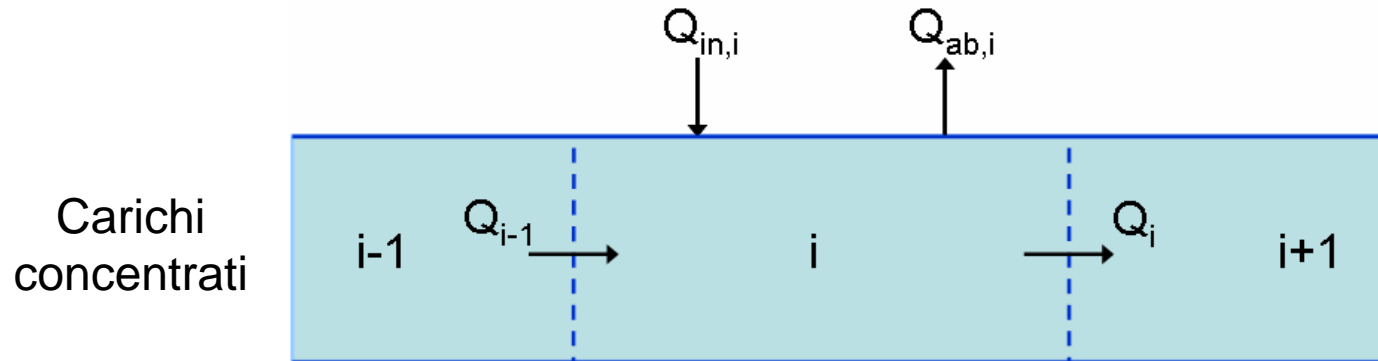
Schema di segmentazione di Q2K



Bilancio idraulico ad ogni tratto

Continuità dei flussi

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i}$$



Scala di deflusso

- Le relazioni fra la portata, la velocità e l'altezza e data dalle leggi di potenza

$$U = aQ^b \quad H = \alpha Q^\beta$$

Equation	Exponent	Typical value	Range
$U = aQ^b$	b	0.43	0.4–0.6
$H = \alpha Q^\beta$	β	0.45	0.3–0.5

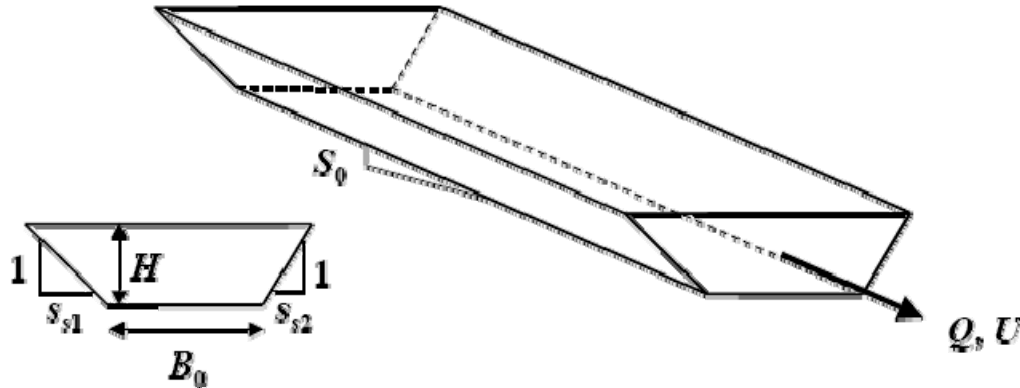
- Da cui si possono ricavare l'area e la larghezza

$$A_c = \frac{Q}{U} \quad B = \frac{A_c}{H}$$



Coefficiente di Manning

- Si considerano sezioni trapezoidali.



S_0 = pendenza del fondo (m/m)
 P = perimetro bagnato (m)
 n = coeff. di Manning
 A_c = sezione (m²)

- A regime la formula di Manning può essere usata per esprimere la relazione fra portata e altezza

$$Q = \frac{S_0^{1/2} A_c^{3/3}}{n P^{2/3}} \quad A_c = [B_0 + 0.5(s_{s1} + s_{s2})H]H \quad P = B_0 + H\sqrt{s_{s1}^2 + 1} + H\sqrt{s_{s2}^2 + 1}$$

- Ottenendo lo schema iterativo di soluzione per l'altezza

$$H_{k+1} = \frac{(Qn)^{3/5} \left(B_0 + H\sqrt{s_{s1}^2 + 1} + H\sqrt{s_{s2}^2 + 1} \right)^{2/5}}{S_0^{3/10} [B_0 + 0.5(s_{s1} + s_{s2})H]}$$

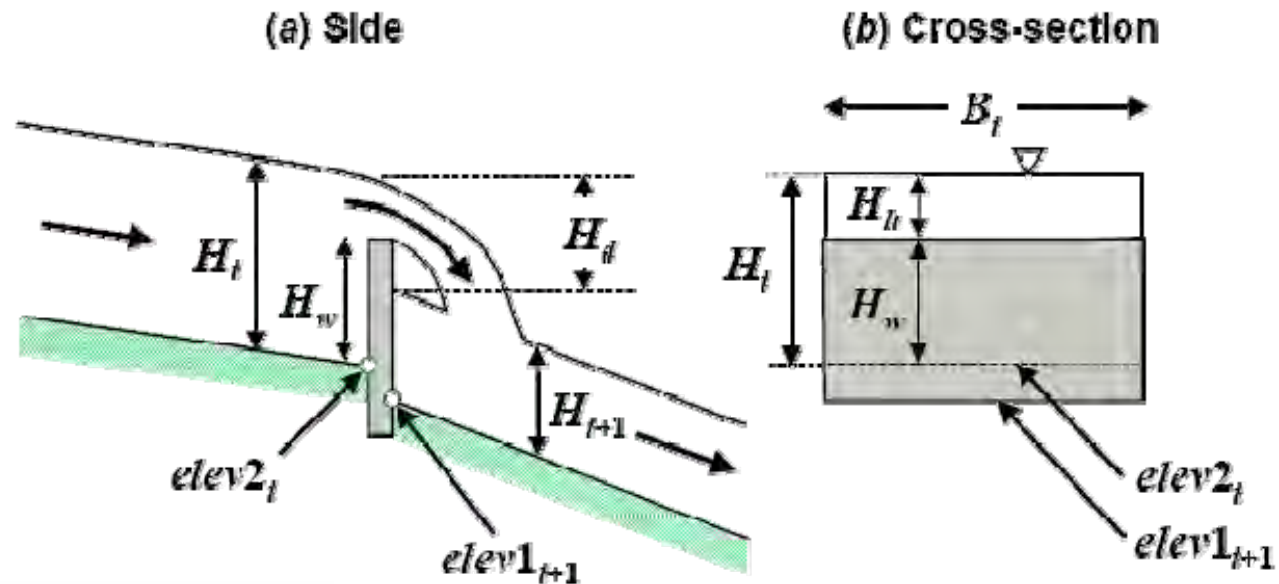


Valori del coeff. di Manning

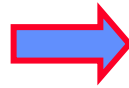
MATERIAL	<i>n</i>
Man-made channels	
Concrete	0.012
Gravel bottom with sides:	
concrete	0.020
mortared stone	0.023
riprap	0.033
Natural stream channels	
Clean, straight	0.025-0.04
Clean, winding and some weeds	0.03-0.05
Weeds and pools, winding	0.05
Mountain streams with boulders	0.04-0.10
Heavy brush, timber	0.05-0.20



Stramazzi



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Portata } Q_i = 1.83 B_i H_h^{3/2} \\ \text{Altezza } H_h = \left(\frac{Q_i}{1.83 B_i} \right)^{2/3} \end{array} \right.$$



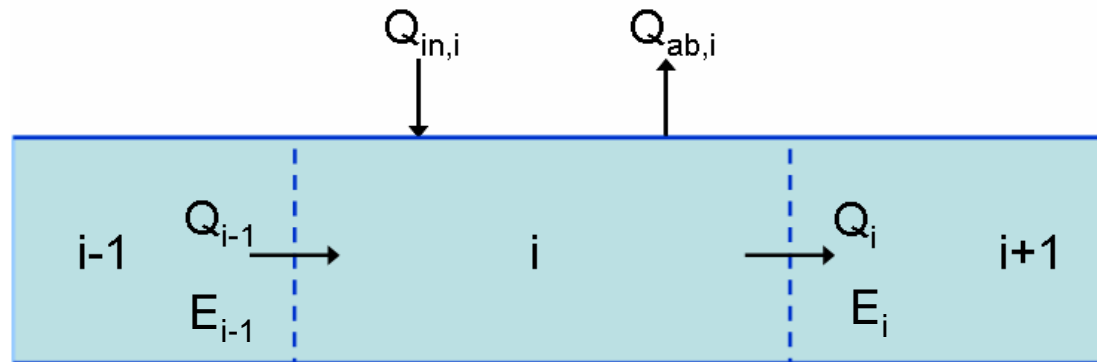
$$\left\{ \begin{array}{l} H_i = H_w + H_h \\ H_d = elev2_i + H_i - elev1_{i+1} - H_{i+1} \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sezione } A_{c,i} = B_i H_i \\ \text{Velocità } U_i = \frac{Q_i}{A_{c,i}} \end{array} \right.$$



Dispersione



La dispersione dal tratto i -esimo a $i+1$ -esimo è calcolata con la Formula di Fisher

$$E_i = 0.011 \frac{u_i^2 b_i^2}{h_i \sqrt{ghs_i}}$$

Si calcola poi la dispersione numerica

$$E_{n,i} = \frac{u_i \Delta x_i}{2}$$

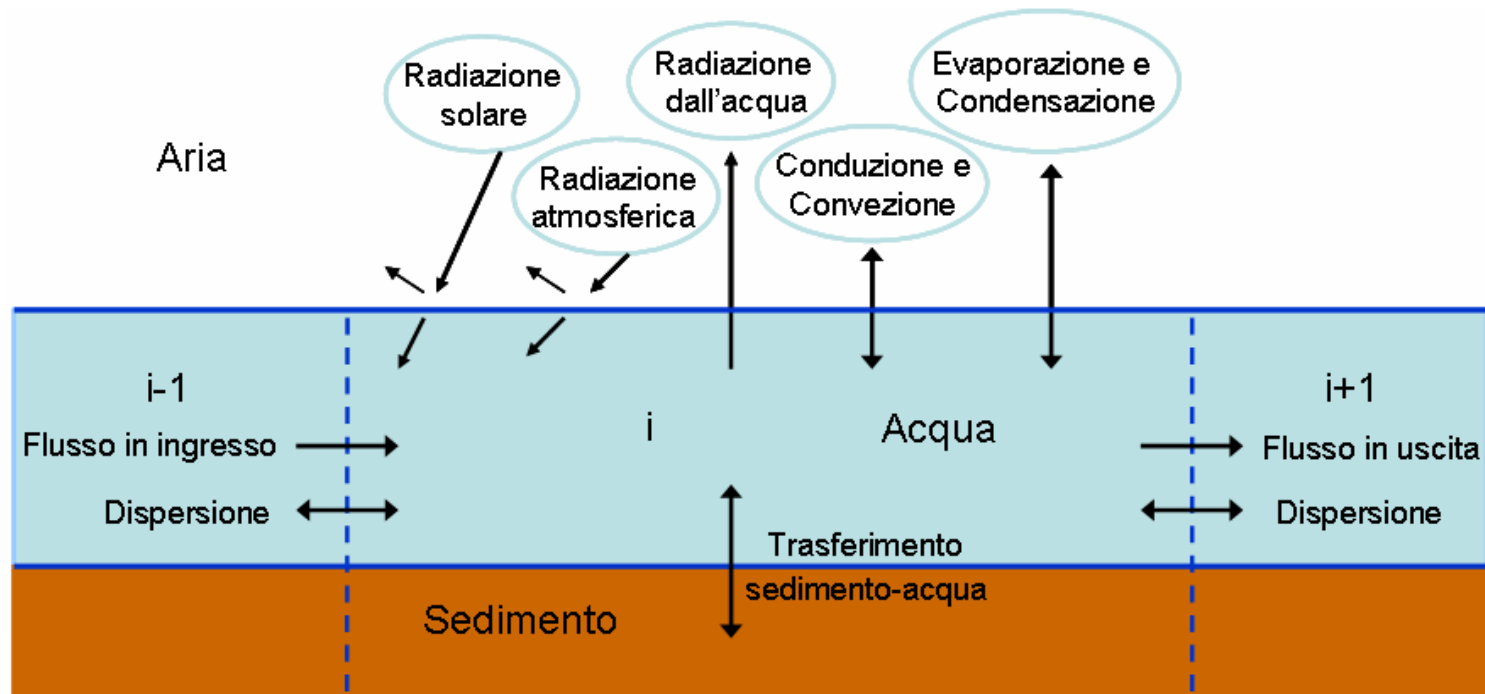
La dispersione effettiva si ricava per confronto

$$\text{If } E_{n,i} \leq E_{p,i} \Rightarrow E_i = E_{p,i} - E_{n,i}$$

$$\text{If } E_{n,i} > E_{p,i} \Rightarrow E_i = 0$$



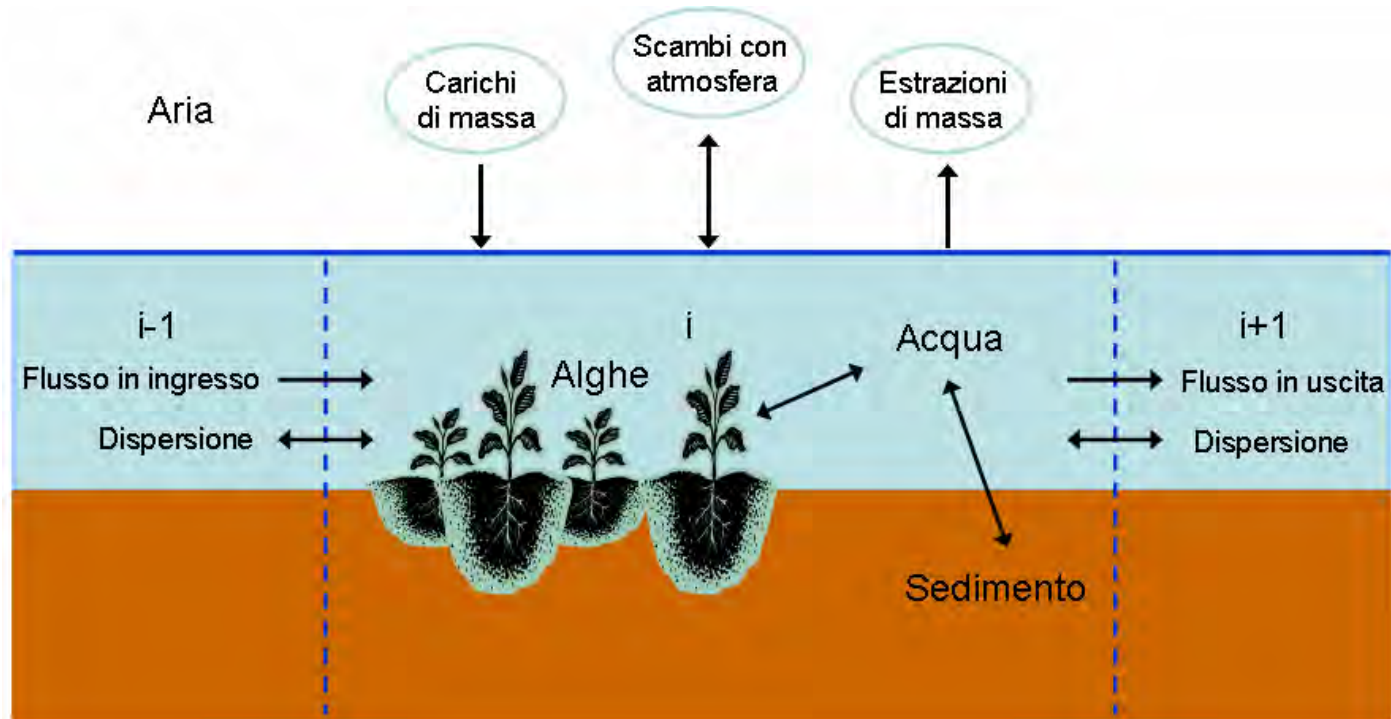
Dinamica della temperatura



$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} T_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} T_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} T_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i} (T_{i+1} - T_i) + \frac{E'_i}{V_i} (T_{i+1} - T_i) + \frac{W_{h,i}}{\rho_w C_{pw} V_i} + \frac{J_{h,i}}{\rho_w C_{pw} H_i} + \frac{J_{s,i}}{\rho_w C_{pw} H_i}$$



Ogni tratto è un CSTR generalizzato



$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} c_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} c_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{E'_i}{V_i} (c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i$$

$$E'_i = \frac{E_i A_{c,i}}{(\Delta x_i + \Delta x_{i+1})/2}$$



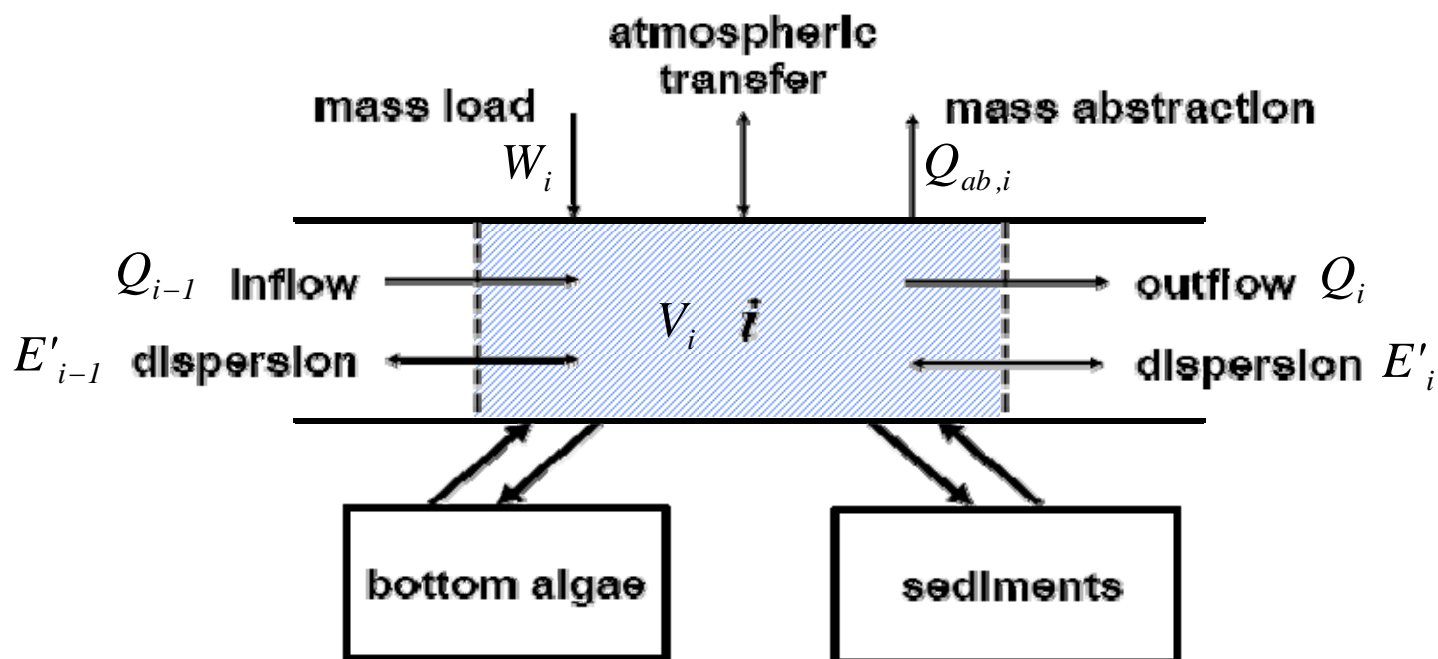
Variabili di stato del modello

Variable	Symbol	Units*
Conductivity	s	μmhos
Inorganic suspended solids	m_i	mgD/L
Dissolved oxygen	o	mgO_2/L
Slowly reacting CBOD	c_s	mgO_2/L
Fast reacting CBOD	c_f	mgO_2/L
Dissolved organic nitrogen	n_o	$\mu\text{gN/L}$
Ammonia nitrogen	n_a	$\mu\text{gN/L}$
Nitrate nitrogen	n_n	$\mu\text{gN/L}$
Dissolved organic phosphorus	p_o	$\mu\text{gP/L}$
Inorganic phosphorus	p_i	$\mu\text{gP/L}$
Phytoplankton	a_p	$\mu\text{gA/L}$
Detritus	m_o	mgD/L
Pathogen	x	$\text{cfu}/100 \text{ mL}$
Alkalinity	Alk	mgCaCO_3/L
Total inorganic carbon	c_T	mole/L
Bottom algae	a_b	gD/m^2

* $\text{mg/L} \equiv \text{g}/\text{m}^3$



Ogni tratto è un CSTR generalizzato



$$\frac{dc_i}{dt} = \underbrace{\frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1}}_{\text{input da monte}} - \underbrace{\frac{Q_i}{V_i} c_i}_{\text{output a valle}} - \underbrace{\frac{Q_{ab,i}}{V_i} c_i}_{\text{prelievi}} + \underbrace{\frac{E'_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i)}_{\text{ingresso per diffusione}} + \underbrace{\frac{E'_i}{V_i} (c_{i+1} - c_i)}_{\text{uscita per diffusione}} + \underbrace{\frac{W_i}{V_i} + S_i}_{\text{Ingressi}}$$

$$W_i = \sum_{j=1}^{psi} Q_{ps,i,j} c_{psi,j} + \sum_{j=1}^{npsi} Q_{nps,i,j} c_{npsi,j}$$



Cinetiche e trasferimenti di massa nel modello

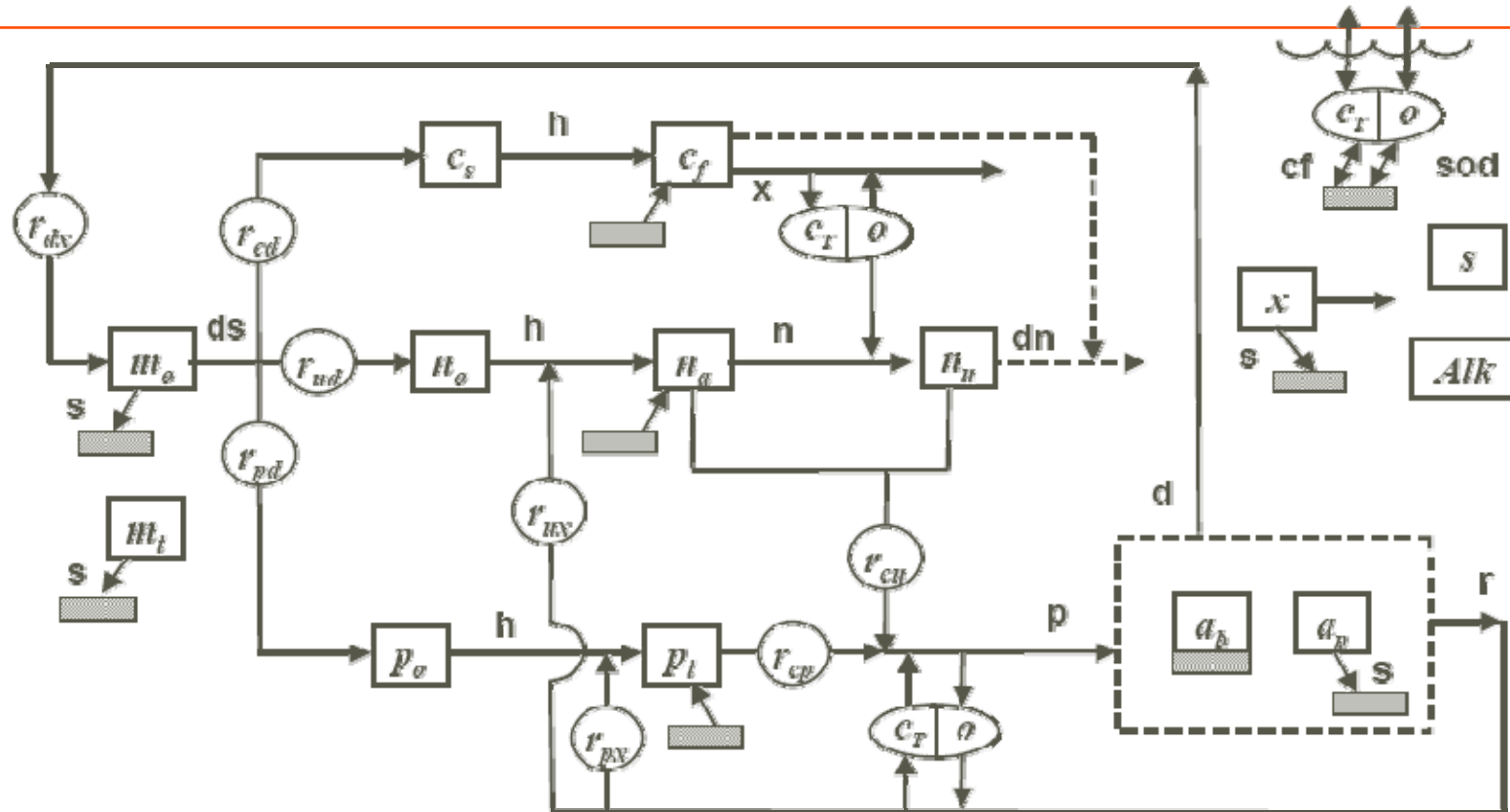


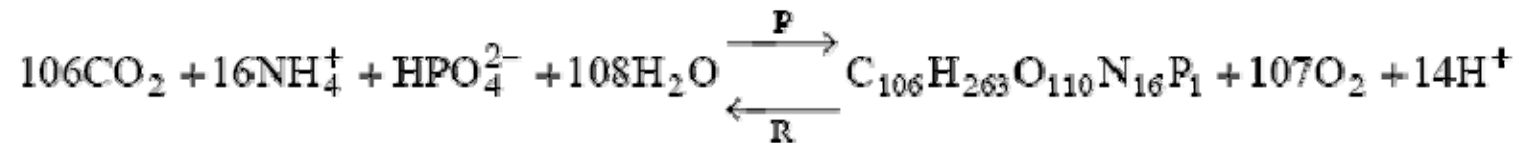
Figure 16 Model kinetics and mass transfer processes. The state variables are defined in Table 5. Kinetic processes are dissolution (ds), hydrolysis (h), oxidation (x), nitrification (n), denitrification (dn), photosynthesis (p), death (d), and respiration (r). Mass transfer processes are reaeration (re), settling (s), sediment oxygen demand (SOD), and sediment inorganic carbon flux (cf). Note that the subscript x for the stoichiometric conversions stands for chlorophyll a (a) and dry weight (d) for phytoplankton and bottom algae, respectively.



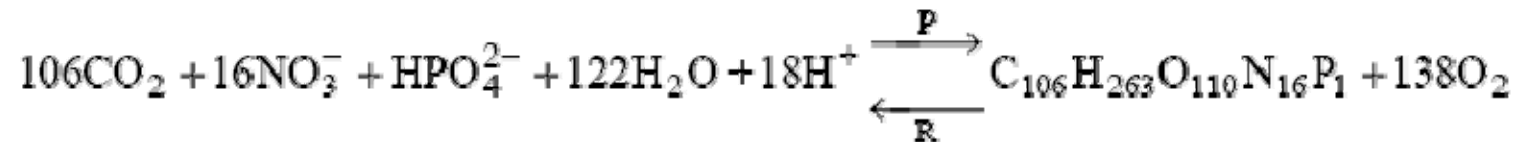
Reazioni biochimiche

Plant Photosynthesis and Respiration:

Ammonium as substrate:



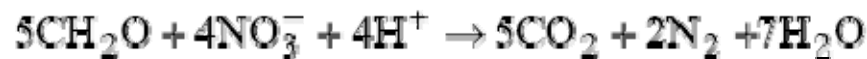
Nitrate as substrate:



Nitrification:



Denitrification:

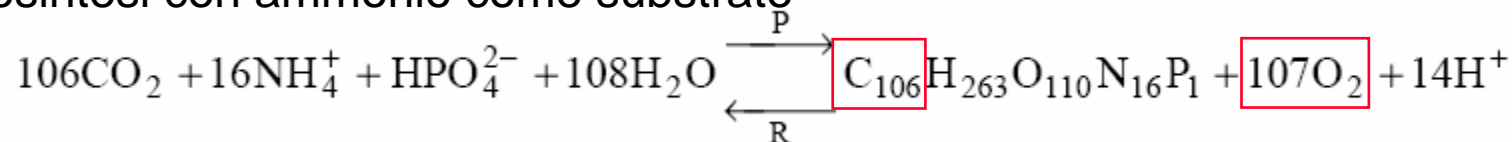


Consumo e produzione di ossigeno

100 gD : 40 gC : 7200 mgN : 1000 mgP : 1000 mgA

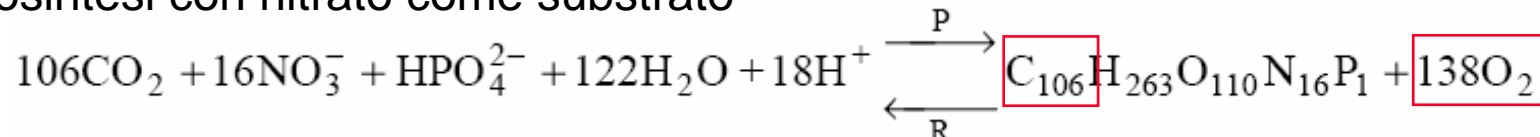
D = Sostanza organica (peso secco); C = Carbonio; N = Azoto; P = Fosforo; A = Clorofilla-a

Fotosintesi con ammonio come substrato



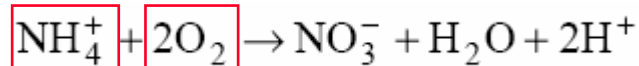
$$r_{oca} = \frac{107 \text{ moleO}_2 (32 \text{ gO}_2/\text{moleO}_2)}{106 \text{ moleC} (12 \text{ gC}/\text{moleC})} = 2.69 \frac{\text{gO}_2}{\text{gC}}$$

Fotosintesi con nitrato come substrato



$$r_{ocn} = \frac{138 \text{ moleO}_2 (32 \text{ gO}_2/\text{moleO}_2)}{106 \text{ moleC} (12 \text{ gC}/\text{moleC})} = 3.47 \frac{\text{gO}_2}{\text{gC}}$$

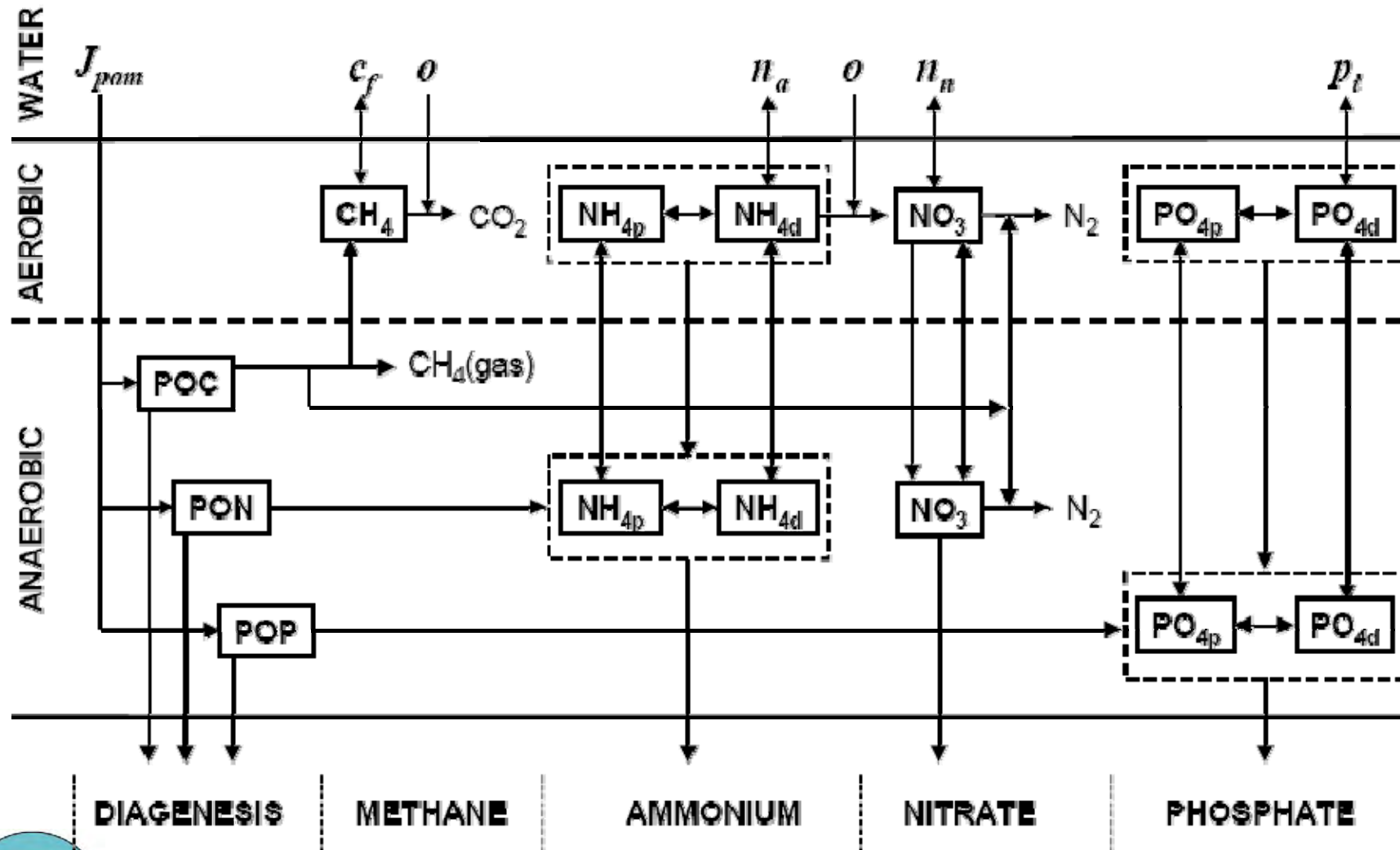
Nitrificazione



$$r_{on} = \frac{2 \text{ moleO}_2 (32 \text{ gO}_2/\text{moleO}_2)}{1 \text{ moleN} (14 \text{ gN}/\text{moleN})} = 4.57 \frac{\text{gO}_2}{\text{gN}}$$



Interazioni nel sedimento



Diagenesi: Processo di conversione di materia organica particolata (POM) in forma reattiva solubile

Installazione

□ Per installare QUAL2K:

- ❖ Creare una cartella di nome *QUAL2K* ad esempio in *C:* ;
- ❖ Copiare il file *Q2KMaster.xls* dal CD in *C:\QUAL2K*. Nella stessa directory creare una cartella di nome *DataFiles* dove in seguito verranno salvati tutti i dati inseriti ed elaborati in *QUAL2K*;
- ❖ Aprire Excel e impostare il livello di sicurezza per le Macro sul livello medio;
- ❖ Aprire il file *Q2KMaster.xls* e all'apertura della finestra di dialogo cliccare su *Enable Macros*;
- ❖ E' consigliato salvare nuovamente il file come *Q2K.xls*, che sarà quello utilizzato di base. Se per qualche motivo viene modificato il *Q2K.xls* in modo da renderlo inutilizzabile, si potrà richiamare il file *Q2KMaster.xls* come backup;



Installazione

- ❖ Nella cella B10 del foglio QUAL2K inserire il collegamento alla cartella DataFiles:
C:\QUAL2K\DataFiles;
- ❖ Cliccare su Run per salvare le impostazioni iniziali. Ogni volta che si vorrà creare un nuovo file sarà sufficiente cambiare il nome del file nella casella B9 del foglio QUAL2K e cliccare su Run;
- ❖ Ogni volta che si apportano modifiche alle pagine Excel e si clicca Run queste vengono salvate automaticamente, perciò è importante ricordarsi di cambiare il nome al file se non si vogliono perdere le impostazioni precedenti. Per richiamare files già creati cliccare su Open Old Files da cui si accede alla cartella DataFiles;
- ❖ Non salvare mai le pagine Excel cliccando sul dischetto o passando da File → Salva con nome, perché questo modifica il funzionamento del programma nel caso si sia sbagliato ad inserire qualche dato. Perciò quando si chiude il programma cliccare NO alla richiesta di salvataggio.

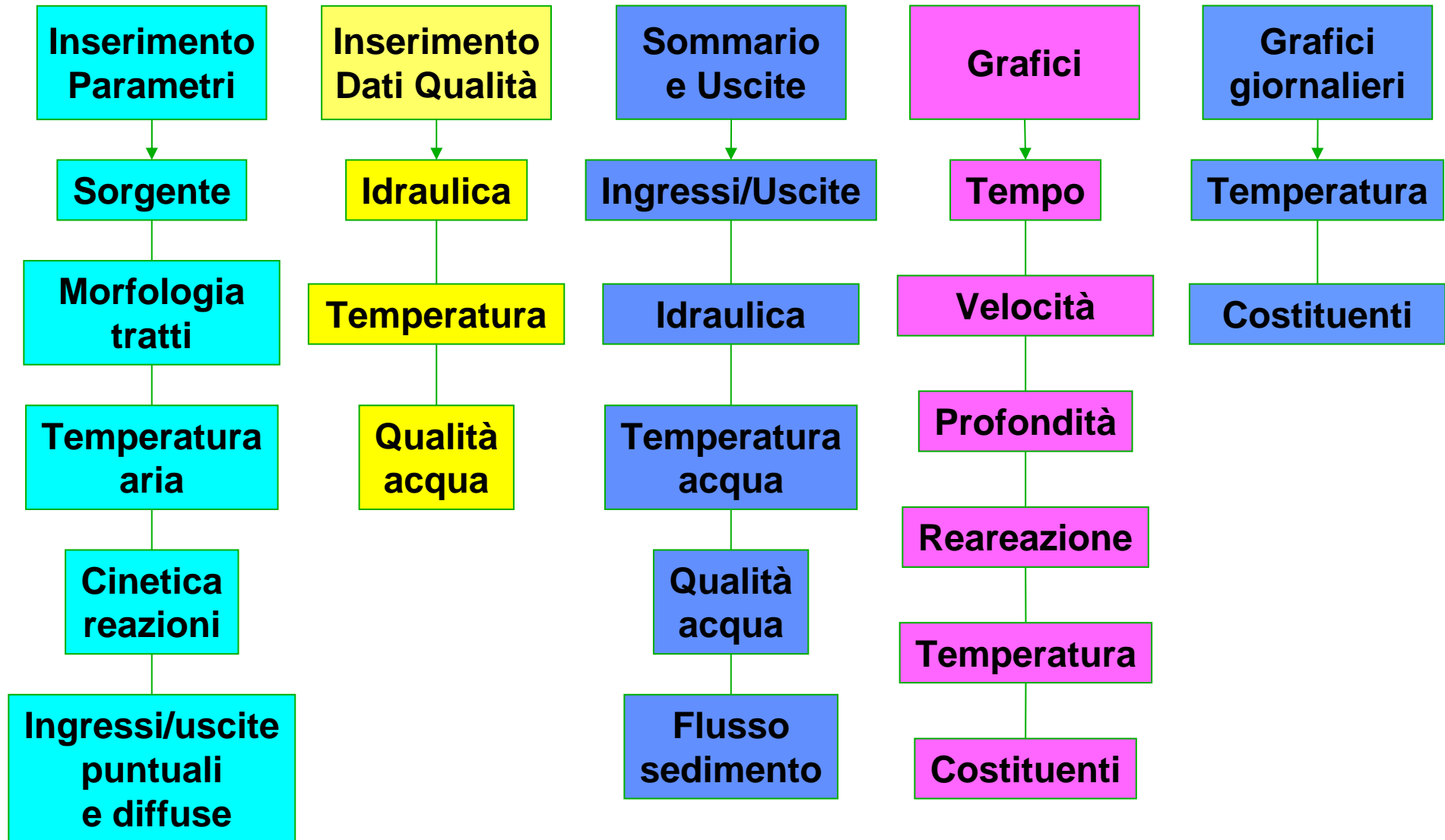


Foglio QUAL2K

6				
7	System ID:			
8	River name	Bisenzio		Open Old File
9	Saved file name	prelievi		
10	Directory where file saved	C:\Qual2k\DataFiles		Run
11	Month	4		
12	Day	2		
13	Year	2003		
14	Time zone	Mountain		
15	Daylight savings time	No		
16	Calculation:			
17	Calculation step	0.25	hours	
18	Final time	3	day	
19	Program determined calc step	0.187500	hours	
20	Time of last calculation	0.41	minutes	
21	Time of sunrise	6.46 AM		
22	Time of solar noon	12.53 PM		
23	Time of sunset	6.59 PM		
24	Photoperiod	12.22	hours	
25				



Moduli Excel



Schema di lavoro

- ❑ Quali dati servono per costruire un modello QUAL2K
- ❑ Come si inseriscono i dati nel modello
- ❑ Cosa restituisce il modello in uscita
- ❑ Come si interpretano le uscite del modello



Dati idraulico - morfologici in ingresso

❑ **Occorre innanzitutto stabilire la lunghezza del tratto di fiume da studiare e suddividerlo in sottotratti scegliendo le sezioni in base a:**

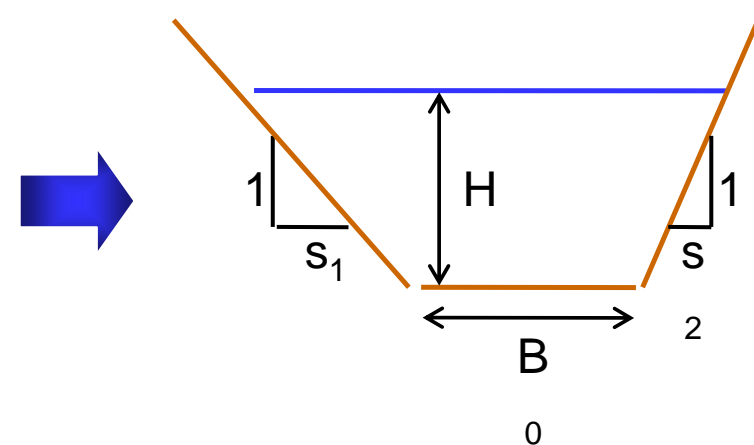
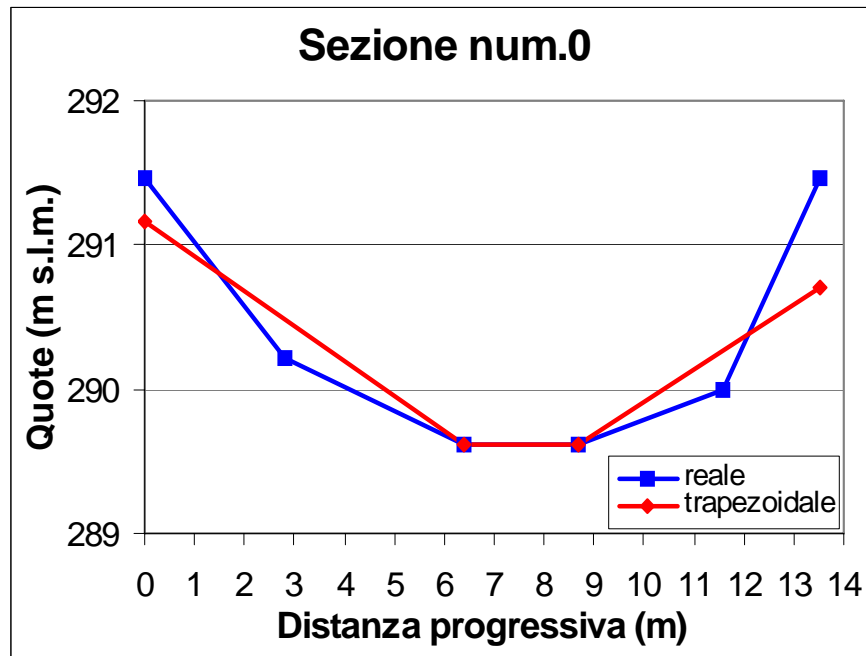
- ❖ Lunghezza totale del tratto studiato;
- ❖ Disposizione delle sezioni di misura della qualità dell'acqua;
- ❖ Disposizione degli scarichi di eventuali impianti di depurazione.

❑ **Per ogni tratto occorre calcolare:**

- ❖ Lunghezza e pendenza del tratto e relativo numero di Manning;
- ❖ Posizione (altitudine, latitudine e longitudine) delle sezioni di ingresso e uscita;
- ❖ Larghezza del fondo e pendenza delle sponde delle sezioni.



Schema delle sezioni



□ Le sezioni, rettangolari o trapezoidali, saranno caratterizzate da:

- ❖ larghezza del fondo (B_0)
- ❖ profondità dell'acqua (H)
- ❖ pendenza delle sponde (s_1 e s_2)



Dati di qualità in ingresso

❑ Occorre definire gli ingressi e le uscite ovvero:

- ❖ Scarichi puntuali dovuti alla presenza di depuratori;
- ❖ Scarichi distribuiti che tengano conto del run-off;
- ❖ Ingressi puntuali dovuti alla presenza di affluenti;
- ❖ Prelievi puntuali.

❑ Per ognuno di questi sarà richiesto:

- ❖ La distanza dalla sorgente in km;
- ❖ La portata in m³/s;
- ❖ Solo per gli ingressi, la qualità dell'acqua, in termini di temperatura, conducibilità, pH, azoto ammoniacale, nitrico e nitroso, fosforo totale, BOD, COD, solidi sospesi, Escherichia Coli, etc.



Come si inseriscono i dati

Per ogni tipologia di dato esiste un foglio Excel suddiviso in caselle di colore diverso. Quelle dai colori più forti non devono essere modificate dall'utente ma vengono automaticamente compilate dal programma. Quelle dai colori più tenui sono quelle dove devono essere inseriti i dati. Per un buon funzionamento del modello è importante osservare la simbologia utilizzata dal programma stesso e quindi fare attenzione ad esempio a non scambiare il punto (.) con la virgola (,). Per alcuni parametri vengono richiesti i valori per ogni ora del giorno. Se questi non sono disponibili si dovranno comunque riempire le caselle ricopiando gli stessi valori per ogni ora. Ovviamente le relative uscite non avranno significato.



Foglio Headwater

7	Headwater Flow	1.700	m3/s						
8	Prescribed downstream boundary?	No							
9	Headwater Water Quality	Units	12.00 AM	1.00 AM	2.00 AM	3.00 AM	4.00 AM	5.00 AM	6.00 AM
10	Temperature	C	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.
11	Conductivity	umhos	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.
12	Inorganic Solids	mgD/L	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.
13	Dissolved Oxygen	mg/L	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.
14	CBODslow	mgO2/L	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.
15	CBODfast	mgO2/L	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.
16	Dissolved Organic Nitrogen	ugN/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.
17	NH4-Nitrogen	ugN/L	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.
18	NO3-Nitrogen	ugN/L	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.
19	Dissolved Organic Phosphorus	ugP/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.
20	Inorganic Phosphorus (SRP)	ugP/L	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.
21	Phytoplankton	ugA/L							
22	Detritus (POM)	mgD/L							
23	Pathogen	cfu/100 mL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.
24	Alkalinity	mgCaCO3/L	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.
25	pH	s.u.	8.14	8.14	8.14	8.14	8.14	8.14	8.
26	Downstream Boundary Water Quality (optional)	Units	12.00 AM	1.00 AM	2.00 AM	3.00 AM	4.00 AM	5.00 AM	6.00 AM
27	Temperature	C							
28	Conductivity	umhos							
29	Inorganic Solids	mgD/L							
30	Dissolved Oxygen	mg/L							
31	CBODslow	mgO2/L							
32	CBODfast	mgO2/L							

QUAL2K Headwater Reach Air Temperature Dew Point Temperature Wind Speed Cloud Cover Shade Rates Light and Heat

Foglio Reach

8							
		Reach	Downstream		Downstream	Elevation	
Downstream		length	Downstream		location	Upstream	Downstream
end of reach label	Number	(km)	Latitude	Longitude	(km)	(m)	(m)
Headwater					0.000		289.620
					2.254	289.620	259.990
					5.021	259.990	228.610
Terrigoli					6.437	228.610	215.390
					7.511	215.390	204.730
					9.309	204.730	188.500
Usella					12.717	188.500	160.240
					14.392	160.240	146.070
Gamberame					20.980	146.070	69.100

Manning Formula				
Bot Width	Side	Side	Channel	Manning
m	Slope	Slope	Slope	n
2.30	4.15	4.45	0.016	0.0430
4.85	14.81	19.80	0.013145519	0.0430
1.65	1.73	3.83	0.011340802	0.0410
6.46	9.44	0.95	0.009336158	0.0380
4.67	12.36	9.28	0.009925512	0.0400
7.10	5.69	6.39	0.009026696	0.0380
4.66	8.66	10.52	0.008292254	0.0380
3.14	1.33	0.94	0.008459701	0.0380
14.00	3.08	4.39	0.011683364	0.0410



Foglio Point Sources

7			<i>Point</i>	<i>Point</i>	<i>Temperature</i>		
8			<i>Abstraction</i>	<i>Inflow</i>	<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
9	<i>Name</i>	<i>Location (km)</i>	<i>m3/s</i>	<i>m3/s</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>	<i>max</i>
10	Prelievo 1	6.50	0.0350	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
11	Prelievo 2	6.80	0.0350	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
12	Le Confina	7.15	0.0000	0.0700	16.00	0.00	12.00 AM
13	Prelievo 3	8.50	0.0200	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
14	Prelievo 4	9.80	0.0200	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
15	Prelievo 5	11.20	0.0200	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
16	Prelievo 6	12.55	0.0210	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
17	Il Fabbro	13.90	0.0000	0.0810	22.50	0.00	12.00 AM
18	Prelievo 7	14.70	0.0250	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
19	Prelievo 8	15.5	0.0250	0.0000	0.00	0.00	12.00 AM
20	Prelievo 9	16.4	0.0280	0.0000	0.0000	0.00	12.00 AM
21	Gabbolana	17.251	0.0000	0.0780	22.7000	0.00	12.00 AM
22	Prelievo 10	18.5	0.0250	0.0000	0.0000	0.00	12.00 AM
23	Prelievo 11	19.7	0.0250	0.0000	0.0000	0.00	12.00 AM
24							



Foglio Diffuse Sources

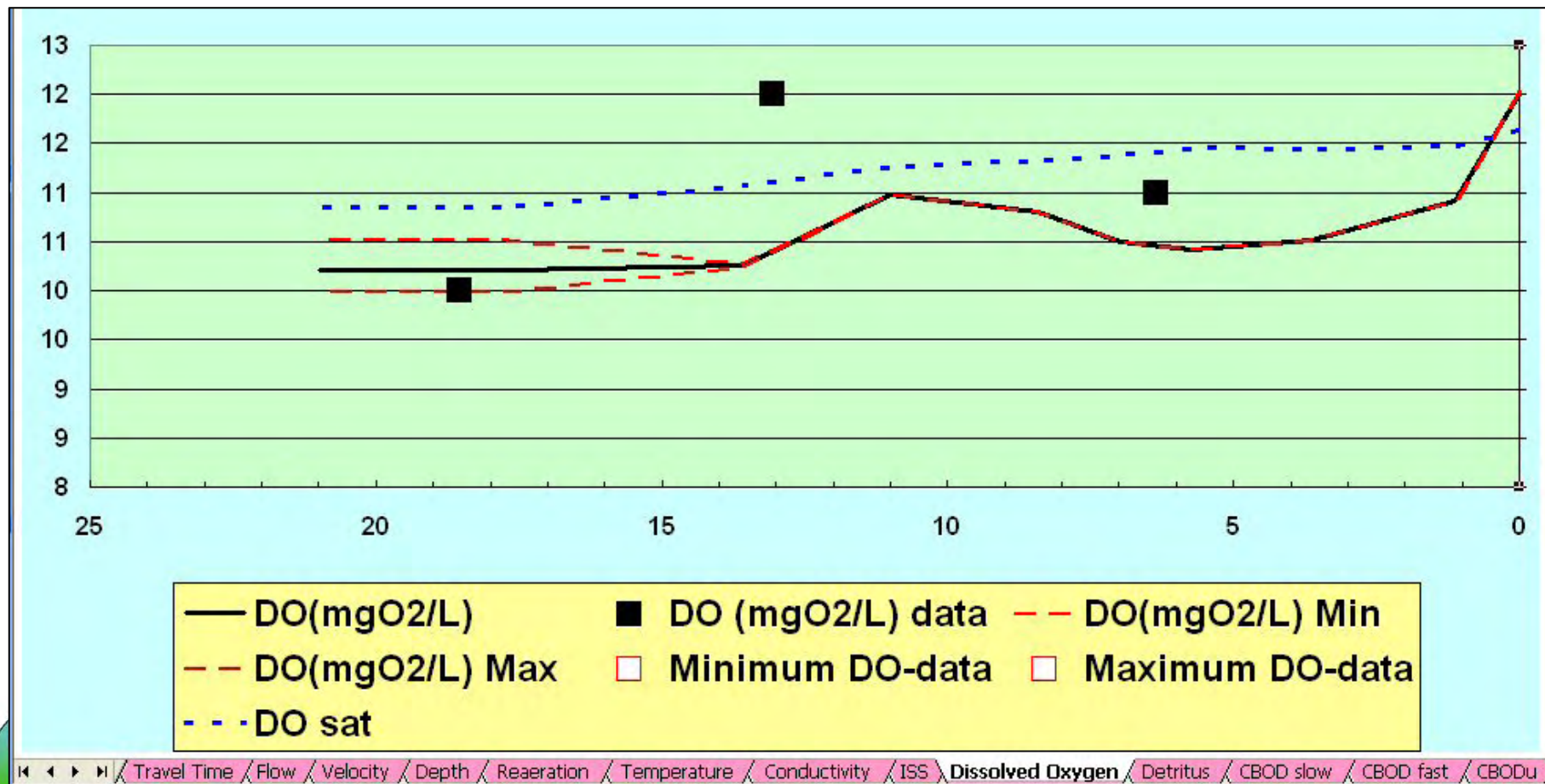
6										
7			<i>Diffuse</i>	<i>Diffuse</i>		<i>Spec</i>	<i>Inorg</i>	<i>Diss</i>	<i>CBOD</i>	<i>CBOD</i>
8			<i>Abstraction</i>	<i>Inflow</i>	<i>Temp</i>	<i>Cond</i>	<i>SS</i>	<i>Oxygen</i>	<i>slow</i>	<i>fast</i>
9	<i>Up (km)</i>	<i>Down (km)</i>	<i>m3/s</i>	<i>m3/s</i>	<i>C</i>	<i>umhos</i>	<i>mgD/L</i>	<i>mg/L</i>	<i>mgO2/L</i>	<i>mgO2/L</i>
10	0.00	7.00	0.0000	0.2500	16.00	400.00	10.00	12.00	10.00	25.00
11	7.00	14.00	0.0000	0.2500	23.00	500.00	5.00	15.00	5.00	0.00
12	14.00	20.98	0.0000	0.2400	24.00	1300.00	10.00	10.00	80.00	0.00
13										

<i>Organic</i>	<i>Ammon</i>	<i>Nitrate</i>	<i>Organic</i>	<i>Inorganic</i>	<i>Phyto</i>				
<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>plankton</i>	<i>Detritus</i>	<i>Pathogen</i>	<i>Alk</i>	<i>pH</i>
<i>ugN/L</i>	<i>ugN/L</i>	<i>ugN/L</i>	<i>ugP/L</i>	<i>ugP/L</i>	<i>ug/L</i>	<i>mgD/L</i>	<i>cfu/100 mL</i>	<i>mgCaCO3/L</i>	
500.0	100.0	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5000.0	200.0	6.5
300.0	0.0	1400.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.0	245.0	6.5
500.0	1500.0	2700.0	1000.0	1000.0	0.0	0.0	250000.0	200.0	6.3



Uscite di QUAL2K

Il QUAL2K restituisce per ogni parametro un grafico e i valori in uscita sono tutti riportati nelle tabelle riassuntive di colore celeste.



Applicazione al fiume Bisenzio

Tratto studiato:

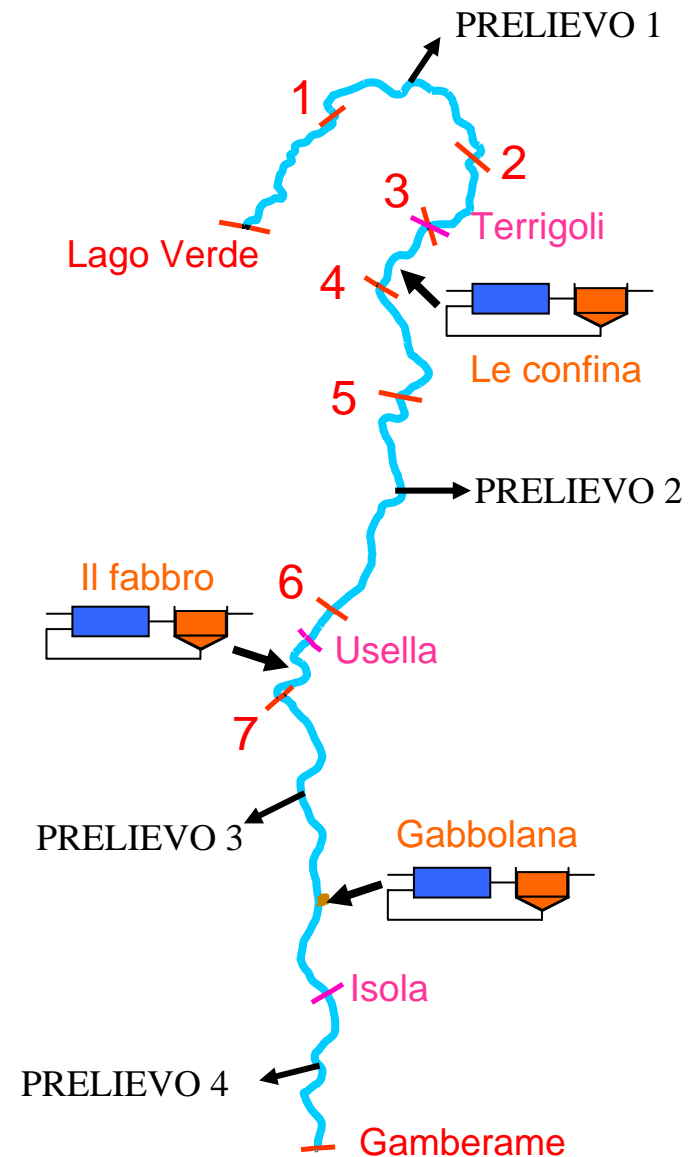
- ❖ Da Lago Verde a Gamberame 20 km
- ❖ Si sono considerate 9 sezioni
- ❖ Come situazione di riferimento si è assunta la qualità risultante dalle rilevazioni ARPAT 2000-2003

3 carichi distribuiti

0-7 km : BOD, N_o , NO_3 , Phyto

7-14 km : BOD, N_o , NH_4 , NO_3 , P_o , Phyto

14-20 km : BOD, N_o , NO_3 , P_o , Phyto



Sorgente

Portata in ingresso: $Q = 2.330 \text{ m}^3/\text{s}$

<i>Headwater Water Quality</i>	<i>Units</i>	<i>12.00 AM</i>
Temperature	C	8.00
Conductivity	umhos	350.00
Inorganic Solids	mgD/L	8.00
Dissolved Oxygen	mg/L	12.00
CBODslow	mgO2/L	3.50
CBODfast	mgO2/L	3.50
Dissolved Organic Nitrogen	ugN/L	0.00
NH4-Nitrogen	ugN/L	0.00
NO3-Nitrogen	ugN/L	400.00
Dissolved Organic Phosphorus	ugP/L	0.00
Inorganic Phosphorus (SRP)	ugP/L	20.00
Phytoplankton	ugA/L	
Detritus (POM)	mgD/L	
Pathogen	cfu/100 mL	1.00
Alkalinity	mgCaCO3/L	200.00
pH	s.u.	8.14

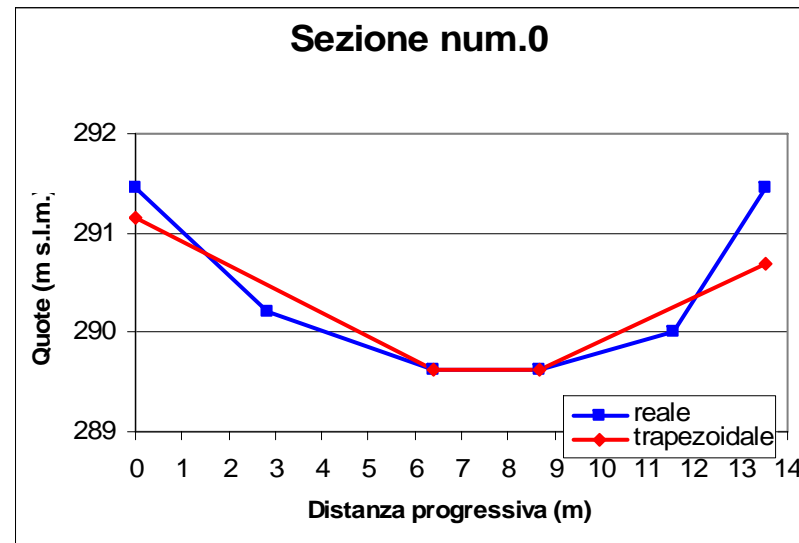


Sezioni

<i>Downstream end of reach label</i>	<i>Reach</i>		<i>Downstream</i>	<i>Elevation</i>	
	<i>Number</i>	<i>length (km)</i>	<i>location (km)</i>	<i>Upstream (m)</i>	<i>Downstream (m)</i>
Headwater	0		0,000		289,620
Sez.1	1	2,25	2,254	289,620	259,990
Sez.2	2	2,77	5,021	259,990	228,610
Sez.3_Terrigoli	3	1,42	6,437	228,610	215,390
Sez.4	4	1,07	7,511	215,390	204,730
Sez.5	5	1,80	9,309	204,730	188,500
Sez.6_Usella	6	3,41	12,717	188,500	160,240
Sez.7	7	1,68	14,392	160,240	146,070
Gamberame	8	6,59	20,980	146,070	69,100



Esempio Sezione 0



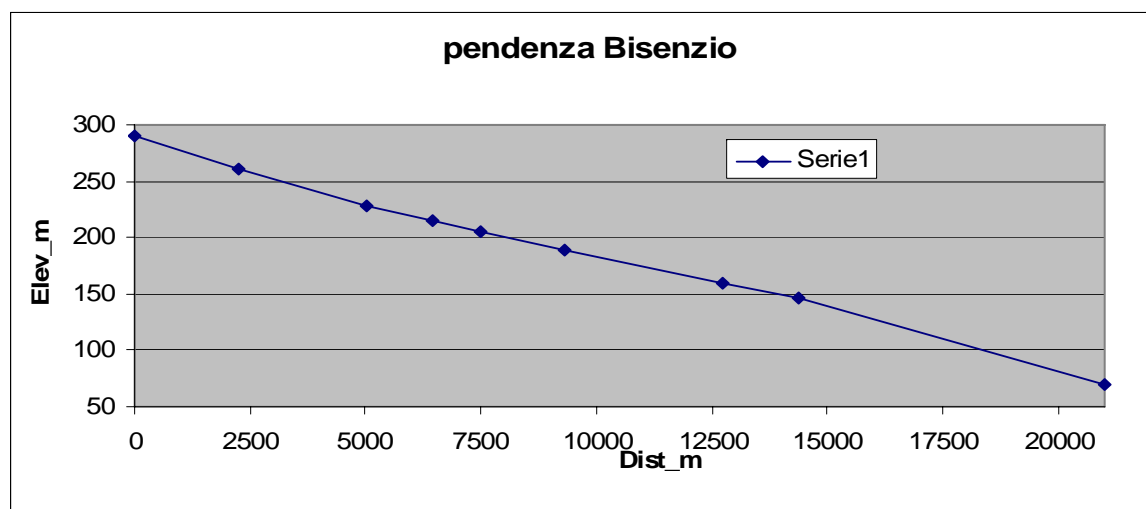
Pichetto	Distanza progressiva	Quote (m s.l.m.)	s1	s2	s3	s4	ssx_v.v	sdx_v.v	L base m
3	12.5	291.46							
4	15.32	290.21	2.256						
10	18.89	289.62		6.05084			4.153424		
11	21.19	289.62							2.3
12	24.06	290			7.552632				
13	26.03	291.46				1.349315		4.450973	



<i>Downstream end of reach label</i>	Manning Formula				
	<i>Bot Width m</i>	<i>Side Slope</i>	<i>Side Slope</i>	<i>Channel Slope</i>	<i>Manning n</i>
Headwater	2,30	4,15	4,45	0,016	0,0430
Sez.1	4,85	14,81	19,80	0,013146	0,0430
Sez.2	1,65	1,73	3,83	0,011341	0,0410
Sez.3_Terrigoli	6,46	9,44	0,95	0,009336	0,0380
Sez.4	4,67	12,36	9,28	0,009926	0,0400
Sez.5	7,10	5,69	6,39	0,009027	0,0380
Sez.6_Usella	4,66	8,66	10,52	0,008292	0,0380
Sez.7	3,14	1,33	0,94	0,00846	0,0380
Gamberame	14,00	3,08	4,39	0,011683	0,0410



planimetria	Bod width	side slope sx	side slope dx	reach	lung_h_m	elev_up str_m	elev_down _m	channel slope
num 0	2.30	4.15	4.45					
num 1	4.85	14.81	19.80	1	2254.00	289.62	259.99	0.013145519
num 2	1.65	1.73	3.83	2	2767.00	259.99	228.61	0.011340802
num 3	6.46	9.44	0.95	3	1416.00	228.61	215.39	0.009336158
num 4	4.67	12.36	9.28	4	1074.00	215.39	204.73	0.009925512
num 5	7.10	5.69	6.39	5	1798.00	204.73	188.50	0.009026696
num 6	4.66	8.66	10.52	6	3408.00	188.50	160.24	0.008292254
num 7	3.14	1.33	0.94	7	1675.00	160.24	146.07	0.008459701
num 8	37.58	1.16	4.15	8	6588.00	146.07	69.1	0.011683364



Scelta dei coefficienti di Manning

“Roughness Characteristics of Natural Channel” (Barnes H., Jr., 1987)



Alveo del Bisenzio all'altezza del
depuratore Gabbolana



Immagine tratta da (Barnes H., Jr., 1987, pag. 89)



Scarichi e prelievi puntuali

		<i>Point</i>	<i>Point</i>
		<i>Abstraction</i>	<i>Inflow</i>
<i>Name</i>	<i>Location (km)</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>
prelievo 1	3.35	0.0180	0.0000
Le Confina	7.15	0.0000	0.3000
prelievo 2	9.48	0.6377	0.0000
Il Fabbro	13.90	0.0000	0.1000
prelievo 3	15.82	0.0230	0.0000
Gabbolana	17.25	0.0000	0.8000
prelievo 4	19.31	0.1350	0.0000



<i>Name</i>
prelievo 1
Le Confina
prelievo 2
Il Fabbro
prelievo 3
Gabbolana
prelievo 4

<i>pH</i>		
<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>max</i>
0.00	0.00	12.00 AM
7.50	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
7.50	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
7.90	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM

<i>Alkalinity</i>		
<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
<i>mgCaCO3/L</i>	<i>mgCaCO3/L</i>	<i>max</i>
0.00	0.00	12.00 AM
200.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
200.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
200.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM

<i>Name</i>
prelievo 1
Le Confina
prelievo 2
Il Fabbro
prelievo 3
Gabbolana
prelievo 4

<i>Pathogen Indicator Bacteria</i>		
<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
<i>cfu/100ml</i>	<i>cfu/100ml</i>	<i>max</i>
0.00	0.00	12.00 AM
670.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
500.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
8000.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM

<i>Inorganic P</i>		
<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
<i>ugP/L</i>	<i>ugP/L</i>	<i>max</i>
0.00	0.00	12.00 AM
50.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
500.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM



Name
prelievo 1
Le Confina
prelievo 2
Il Fabbro
prelievo 3
Gabbolana
prelievo 4

Organic P		
mean	range/2	time of
ugP/L	ugP/L	max
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
500.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM

Nitrate + Nitrite N		
mean	range/2	time of
ugN/L	ugN/L	max
0.00	0.00	12.00 AM
1320.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
1200.00	0.00	0.00.00
0.00	0.00	0.00.00
2500.00	0.00	0.00.00
0.00	0.00	0.00.00

Name
prelievo 1
Le Confina
prelievo 2
Il Fabbro
prelievo 3
Gabbolana
prelievo 4

Ammonia N		
mean	range/2	time of
ugN/L	ugN/L	max
0.00	0.00	12.00 AM
360.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM
1500.00	0.00	12.00 AM
0.00	0.00	12.00 AM



	<i>Slow CBOD</i>			<i>Fast CBOD</i>		
	<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>	<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
<i>Name</i>	<i>mgC/L</i>	<i>mgC/L</i>	<i>max</i>	<i>mgC/L</i>	<i>mgC/L</i>	<i>max</i>
prelievo 1	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
Le Confina	5.00	0.00	12.00 AM	5.00	0.00	12.00 AM
prelievo 2	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
Il Fabbro	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
prelievo 3	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
Gabbolana	9.00	0.00	12.00 AM	5.00	0.00	12.00 AM
prelievo 4	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM

	<i>Temperature</i>			<i>Specific Conductance</i>			<i>Inorganic Suspended Solids</i>		
	<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>	<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>	<i>mean</i>	<i>range/2</i>	<i>time of</i>
<i>Name</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>	<i>max</i>	<i>umhos</i>	<i>umhos</i>	<i>max</i>	<i>mg/L</i>	<i>mg/L</i>	<i>max</i>
prelievo 1	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
Le Confina	16.00	0.00	12.00 AM	644.00	0.00	12.00 AM	16.00	0.00	12.00 AM
prelievo 2	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
Il Fabbro	16.00	0.00	12.00 AM	380.00	0.00	12.00 AM	43.00	0.00	12.00 AM
prelievo 3	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM
Gabbolana	20.00	0.00	12.00 AM	900.00	0.00	12.00 AM	12.00	0.00	12.00 AM
prelievo 4	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM	0.00	0.00	12.00 AM



Scarichi diffusi

		<i>Diffuse</i>	<i>Diffuse</i>		<i>Spec</i>	<i>Inorg</i>	<i>Diss</i>	<i>CBOD</i>	<i>CBOD</i>	<i>Organic</i>
		<i>Abstraction</i>	<i>Inflow</i>	<i>Temp</i>	<i>Cond</i>	<i>SS</i>	<i>Oxygen</i>	<i>slow</i>	<i>fast</i>	<i>N</i>
<i>Up (km)</i>	<i>Down (km)</i>	<i>m3/s</i>	<i>m3/s</i>	<i>C</i>	<i>umhos</i>	<i>mgD/L</i>	<i>mg/L</i>	<i>mgO2/L</i>	<i>mgO2/L</i>	<i>ugN/L</i>
0.00	7.00	0.0000	0.2500	12.00	400.00	0.00	5.00	12.00	8.00	500.0
7.00	14.00	0.0000	0.2500	12.00	100.00	0.00	5.00	14.00	9.00	300.0
14.00	20.98	0.0000	0.2450	12.00	100.00	0.00	5.00	14.00	8.00	500.0

<i>Ammon</i>	<i>Nitrate</i>	<i>Organic</i>	<i>Inorganic</i>	<i>Phyto</i>				
<i>N</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>plankton</i>	<i>Detritus</i>	<i>Pathogen</i>	<i>Alk</i>	<i>pH</i>
<i>ugN/L</i>	<i>ugN/L</i>	<i>ugP/L</i>	<i>ugP/L</i>	<i>ug/L</i>	<i>mgD/L</i>	<i>cfu/100 mL</i>	<i>mgCaCO3/L</i>	
0.0	500.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	150.0	6.9
300.0	1500.0	700.0	0.0	70.0	0.0	0.0	200.0	6.9
0.0	1500.0	1600.0	0.0	100.0	0.0	0.0	200.0	7.0



Dati Temperatura

Distance	<i>Mean</i>
x(km)	<i>Temp-data</i>
6.36	10.40
13.07	10.60
18.55	11.00



Water Quality Data

Distance	Cond (umhos)	ISS (mgD/L)	DO (mgO2/L)	CBODs (mgO2/L)	CBODf (mgO2/L)	NH4 (ugN/L)	NO3 (ugN/L)
km	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>
6.36	410.00	10.00	10.00	4.00	4.00	20.00	500.00
13.07	385.00	10.00	10.00	4.00	4.00	90	670.00
18.55	400.00	10.00	10.00	4.00	4.00	110	830.00

Distance	Porg (ugN/L)	Inorg P (ugP/L)	Alk (mgCaCO3/L)	pH	TN (ugN/L)	TP (ugP/L)
km	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>	<i>data</i>
6.36	0.00	20.00	156.00	8.00	5000.00	20.00
13.07	60.00	20.00	163.00	8.00	5000.00	80.00
18.55	150.00	20.00	163.00	8.00	5000.00	170.00

