

AVALUACIÓ DE L'IMPACTE TÈRMIC SOBRE EL RIU CARDENER PRODÛT PER L'EFLUENT RESIDUAL ASSOCIAT A LA PLANTA DE TRACTAMENT DE PURINS DE NAVÀS.

1] Dades d'interès de l'avaluació.

- Característiques de la font emissora.
 - Cabal d'emissió (w_1): $355 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$.
 - Temperatura d'emissió (T_1): desconeguda.

- Característiques del medi en el tram analitzat.
 - Amplada mitjana del Cardener (a): 9,75 m.
 - Fondària mitjana del Cardener (h): 0,12 m.
 - Velocitat mitjana del Cardener (v): $0,31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
 - Cabal mitjà del Cardener (w_2): $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
 - Temperatura mitjana del Cardener (T_2): $15,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Fauna íctica receptora de l'impacte tèrmic.
 - Truita comuna.
 - Truita irisada.
 - Barb comú.
 - Barb cua - roig.
 - Carpi vermell.
 - Carpa comuna.
 - Madrilla vera.
 - Bagra comuna.
 - Gardí comú.
 - Peix gat.

2] Desenvolupament del model emprat per a la quantificació de la pol·lució tèrmica de la planta.

Hipòtesis del model:

- a) Realització d'un balanç microscòpic d'energia en un petit volum prismàtic d'aigua del riu, en situació estacionària (Fig. 1).
- b) L'entrada d'energia al prisma té lloc per advecció a la secció A_1 .
- c) Les pèrdues d'energia tenen lloc:
 - per advecció a la secció A_2 .
 - per convecció a la resta de seccions del prisma. El coeficient de transferència de calor (k) en aquestes cares s'ha pres de la forma:

$$k = 1,3 \cdot (T_1 - T_2)^{\frac{1}{4}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}.$$

- d) No es tenen en consideració les pèrdues d'energia per radiació i per conducció. Per tal de compensar-ho, s'han sobreestimat les pèrdues per convecció, ja que la temperatura de l'aigua del riu anirà disminuint progressivament amb la distància a la font emissora i, en conseqüència, també ho farà el coeficient de transferència. En canvi, s'ha pres el coeficient constant i en funció de la màxima diferència de temperatures, T_1 i T_2 .

- e) La temperatura de l'aire just per sobre de la secció superior és pràcticament la de l'aigua del riu, T_2 .
- f) La temperatura de l'aigua en el punt d'abocament es considera igual a T_1 , atès la poca profunditat del riu en aquest tram.

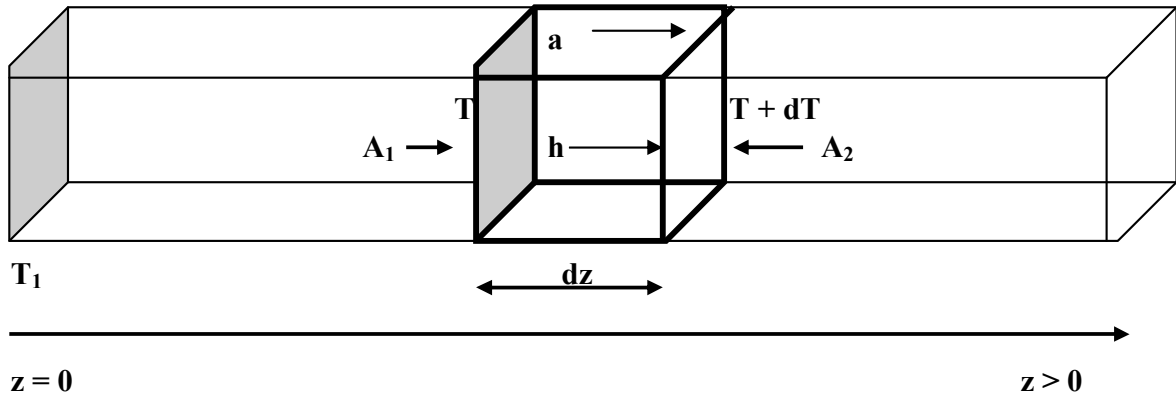


Fig. 1. Balanç microscòpic d'energia en un diferencial de volum del riu Cardener en el tram d'interès.

En aquestes condicions, el balanç microscòpic d'energia, en estat estacionari, pren la forma següent:

$$\frac{d\Delta H}{dt} = (w_1 + w_2) \cdot C_p \cdot (T - T_2) - (w_1 + w_2) \cdot C_p \cdot [(T - T_2) + dT] - 2akdz(T - T_2) - 2hkdz(T - T_2) = 0$$

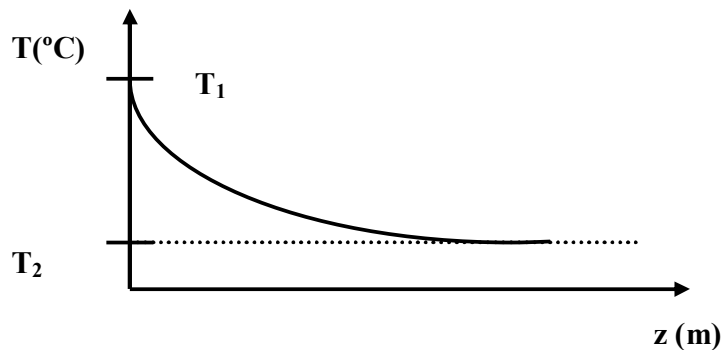
D'on, simplificant i reordenant termes, s'arriba a la següent equació diferencial pel que fa a la variació de la temperatura de l'aigua del riu amb la distància del focus emissor (z):

$$\frac{dT}{dz} + p \cdot (T - T_2) = 0 \quad p \equiv \frac{2 \cdot (a + h) \cdot k}{(w_1 + w_2) \cdot C_p}$$

La solució d'aquesta equació, amb la condició inicial $T(z = 0) = T_1$, ens mena a:

$$T(z) = T_1 \cdot e^{-pz} + T_2 \cdot (1 - e^{-pz}) \quad [1]$$

que, gràficament, ens presenta el següent perfil de temperatura de l'aigua del riu:



Una de les conseqüències directes de la pol·lució tèrmica és la disminució de la concentració d'oxigen dissolt a l'aigua. És possible quantificar aquest efecte a partir de resultats termodinàmics ben establerts:

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{[O_{2(g)}]}{[O_{2(aq)}]} \\ P_{O_2} &= X_{O_2} \cdot (P_T - P_v) \\ P_{O_2} &= [O_{2(g)}] \cdot RT \end{aligned} \right\} \Rightarrow H = \frac{X_{O_2} \cdot (P_T - P_v)}{[O_{2(aq)}] \cdot RT} \quad [2]$$

Si, a més, tenim en compte la variació de la constant de Henry amb la temperatura:

$$\ln \frac{H_2}{H_1} = \frac{\Delta \bar{H}_{diss, O_2}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad [3]$$

llavors podem conèixer, a partir de [2] i [3], la variació de la concentració d'oxigen dissolt $[O_{2(aq)}]$ amb la temperatura:

$$[O_{2(aq)}] (T) = \frac{0,111373062 \cdot (P_T - P_v(T))}{T} \cdot e^{\frac{-\Delta \bar{H}_{diss, O_2}}{RT}} \quad [4]$$

3] Resultats.

Atès el desconeixement de la temperatura d'emissió de l'efluent, T_1 , s'ha optat per presentar els resultats en funció de dues temperatures aleatòries, que s'han escollit de 40°C i de 60°C. Com a valor de referència per a la concentració d'oxigen dissolt, s'ha utilitzat el valor corresponent a la temperatura mitjana natural del riu Cardener en el tram d'interès, $T_2 = 15,7^\circ\text{C}$. A aquesta temperatura, $[O_{2(aq)}] = 9,98 \text{ mg/l}$. Les equacions [1] i [4] del model emprat proporcionen els següents resultats:

a) $T_1 = 40^\circ\text{C}$

z (m)	10	20	40	60	80	100	120	140
T (°C)	32,3	27,1	21,0	18,2	16,9	16,2	16,0	15,8
$[O_{2(aq)}]$ (mg/l)	7,55	8,24	9,13	9,57	9,78	9,90	9,93	9,96

b) $T_1 = 60^\circ\text{C}$

z (m)	10	20	40	60	80	100	120	140
T (°C)	44,2	34,1	23,3	18,9	17,0	16,2	16,0	15,8
$[O_{2(aq)}]$ (mg/l)	6,12	7,32	8,79	9,46	9,77	9,90	9,93	9,96

4] Discussió i conclusions.

- 1- Convé recordar que, segons la normativa vigent, qualsevol efluent abocat a un reservori d'aigua natural que superi en 5°C la temperatura de l'aigua del reservori, es considera que provocarà pol·lució tèrmica; i aquest ha de ser, doncs, el valor de referència una vegada coneguda la temperatura real d'abocament a la llera del Cardener.
- 2- En qualsevol cas, l'avaluació indica clarament que, malgrat desconèixer la temperatura d'emissió de l'efluent (T_1), un tram d'uns 140 m de longitud del riu Cardener, a partir del punt d'abocament, rebrà l'impacte tèrmic. De fet, i degut al baix cabal del riu, aquest resultat és independent de la temperatura d'abocament, i és la distància mínima necessària per a que l'aigua del riu assoleixi novament la seva temperatura mitjana natural (T_2).
- 3- L'impacte tèrmic més important té lloc els primers 100 metres aigües avall de l'abocament, distància al llarg de la qual es produeix la desviació més important respecte la temperatura mitjana natural del riu.
- 4- Tanmateix, durant aquest mateix tram, la concentració d'oxigen dissolt es veu minvada respecte la que presentaria l'aigua del riu en absència d'abocament, i que ronda els 9,98 mg/l. Això suposa un impacte directe sobre les espècies aquícoles que es trobin dins de la zona afectada, tant per l'augment de temperatura com per la disminució d'oxigen dissolt.
- 5- A més, l'increment anormal de la temperatura en aquest tram de riu, combinat amb els increments previsibles dels nivells de nitrogen amoniacal, provocarà, amb tota seguretat, episodis d'eutrofització en l'àrea considerada.

5] Bibliografia.

- LEVINE, I.N. “Físicoquímica”. Ed. McGraw – Hill. 1981.
- COSTA, J; MANS, C; et al. “Curso de Química Tècnica”. Ed. Reverté. 1985.
- DOMÈNECH, X. “Química de la contaminació”. Ed. Miraguano. 1999.

Ramon Pollina Tarrès
Ecologistes de la Segarra. CERVERA.
26/04/2002.

ANNEX.

Recull de dades i símbols emprats en l'informe:

- a: amplada mitjana del Cardener en el tram considerat = 9,75 m.
- h: profunditat mitjana del Cardener en el tram considerat = 0,12 m.
- v: velocitat mitjana del Cardener en el tram considerat = 0,31 m·s⁻¹.
- T₁: temperatura d'abocament en °C.
- T₂: temperatura mitjana del Cardener en el tram considerat = 15,7°C.
- T(z): temperatura del riu a una distància de “z” m de la font emissora (°C).
- W₁: cabal de la font emissora = 355 m³·dia⁻¹.
- W₂: cabal mitjà del Cardener en el tram considerat = 0,36 m³·s⁻¹.
- k: coeficient de transferència d'energia per convecció (W·m⁻²·K⁻¹).
- C_p: capacitat calorífica a pressió constant de l'aigua a 298 K = 4.185 J·K⁻¹·K⁻¹.
- H: constant de Henry per a l'oxigen (adimensional).
- P_T: pressió atmosfèrica de l'aire sec = 760 mmHg.
- P_v(T): pressió de vapor de l'aigua a la temperatura T (mmHg).
- $\Delta\bar{H}_{diss,O_2}$: increment de l'entalpia molar de dissolució de l'oxigen en aigua = -8.510,5 J·mol⁻¹.
- [O_{2(aq)}](T): concentració d'oxigen a l'aigua del riu a la temperatura T (mg·l⁻¹).
- [O_{2(g)}](T): concentració d'oxigen a l'atmosfera a la temperatura T (mg·l⁻¹).
- R: constant dels gasos ideals (unitats segons conveniència dels càlculs).
- X_{O₂}: fracció molar de l'oxigen a l'aire sec = 0,21.