

CONSORCI DE LA COSTA BRAVA

**SEGUIMENT DE LA QUALITAT DE LES
AIGÜES A LA ZONA DEL PARC NATURAL
DELS AIGUAMOLLS DE L'EMPORDÀ**

Informe: Eliminació de Nutrients a l'EDAR d'Empuriabrava:
Implicacions sobre el Funcionament de l'Aiguamoll
Construït

Realitzat per: Rafael Mujeriego i Joan García
Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental
Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental
ETS d'Enginyers de Camins, Canals i Ports
Universitat Politècnica de Catalunya

Estudi emmarcat dins del Projecte de Restauració Ambiental al
Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà i finançat en un
80% pels Fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi
Ambient de la Unió Europea

Girona, Desembre de 1997

Introducció

L'any 1995 el Consorci de la Costa Brava (CCB) va sol·licitar al FIMMA de la Unió Europea un ajut per realitzar un projecte de restauració i millora ambiental del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà (PNAE). L'objectiu principal d'aquest projecte és mantenir el nivell d'aigua d'algunes de les llacunes del PNAE durant el període de sequera estival i augmentar així la seva superfície inundada mitjançant la reutilització dels efluent de l'EDAR d'Empuriabrava. Per dur a terme el projecte i atès que es tracta d'una zona sensible d'alt interès ecològic es va decidir realitzar un tractament terciari dels efluent amb l'objectiu fonamental de reduir la concentració de nutrients, en especial de nitrogen.

L'alternativa de tractament terciari adoptada va ser un aiguamoll construït de flux superficial segons els criteris següents: 1) els efluent del sistema havien de garantir l'acompliment dels requisits quant a concentracions de nitrogen indicats a la Directiva 91/271 de la Unió Europea i les normes de qualitat aportades pels experts del Departament d'Ecologia de la Universitat de Girona, 2) les despeses d'explotació havien de ser mínimes, 3) el sistema havia de funcionar en tot moment de forma correcta, malgrat les oscil·lacions de cabal anuals, 4) no s'havien de generar residus com a subproducte del procés de tractament i la implantació del procés havia de contribuir a incrementar la superfície inundada del PNAE.

El CCB va signar un Conveni de Col·laboració amb la Universitat Politècnica de Catalunya per obtenir fonamentalment assessorament tècnic de la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental del Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental en el dimensionament i disseny de l'aiguamoll construït. Dins d'aquests treballs, la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental va posar en marxa una campanya d'avaluació de la qualitat dels efluent de l'EDAR d'Empuriabrava als inicis de 1996 per assolir un dimensionament i disseny acurats i raonables. Les activitats analítiques realitzades fins al setembre de 1996 van servir per realitzar el dimensionament de l'aiguamoll construït. En aquest sentit es va presentar un informe al CCB l'octubre de 1996 anomenat ***Dimensionament de l'Aiguamoll Construït de Tractament Terciari dels Efluent de l'EDAR d'Empuriabrava***. Una vegada finalitzats aquests treballs de dimensionament, les tasques analítiques s'han continuat realitzant fins a la data d'emissió d'aquest informe per completar la informació disponible sobre la qualitat dels efluent de l'EDAR. D'altra banda, la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental disposa de les dades de qualitat dels efluent de part de l'any 1995 perquè llavors realitzava anàlisis químiques per a l'empresa constructora de l'EDAR, Construccions i Obres Coll SA. Totes aquestes dades han servit per a l'elaboració del treball que es presenta en aquest informe.

El present treball anomenat ***Eliminació de Nutrients a l'EDAR d'Empuriabrava: Implicacions sobre el Funcionament de l'Aiguamoll Construït*** ha estat realitzat a petició del Sr. Lluís Sala, del CCB, per la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental en compliment del que s'especifica en el Conveni abans esmentat. L'avaluació de les dades i la redacció de l'informe han estat realitzats pels Srs. Rafael Mujeriego i Joan García. Els treballs analítics han estat duts a terme pels Srs. Alejandro Delgado, Pedro Giménez, Carlos Arias i Juliana Knobelsdorf.

Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball és avaluar la qualitat dels efluent de l'EDAR d'Empuriabrava des d'un punt de vista dels nutrients i en relació amb els rendiments d'eliminació previstos pel tractament terciari. Aquest objectiu principal es pot dividir en una sèrie d'objectius específics que a continuació es descriuen:

- 1) Mesurar les concentracions de nitrogen i fòsfor, i de les seves espècies en l'aigua afluent i efluent de l'EDAR.
- 2) Determinar l'eficàcia del procés de tractament en relació al tipus d'explotació.
- 3) Estudiar el comportament de l'aiguamoll construït a partir de les velocitats d'emissió màssica de nitrogen obtingudes durant l'any 1997.
- 4) Formular recomanacions per aconseguir maximitzar la reducció de nutrients en l'EDAR d'Empuriabrava i facilitar el funcionament de l'aiguamoll construït.

Descripció de l'EDAR d'Empuriabrava

L'EDAR d'Empuriabrava es troba situada a les rodalies del PNAE i rep les aigües residuals de la urbanització d'Empuriabrava, Castelló d'Empuries, Girona. L'EDAR està constituïda per dues línies de tractament ja que el caràcter turístic de la urbanització provoca una gran estacionalitat dels cabals d'aigua residual, amb valors superiors a l'estiu i inferiors a l'hivern. L'EDAR realitza un tractament biològic convencional de l'afluent i un afinament de l'efluent secundari en dues llacunes d'afinament. Durant part dels mesos d'hivern i de primavera s'explota en forma de llacunatge natural per optimitzar el seu funcionament des d'un punt de vista energètic.

A la Taula 1 es mostren les mitjanes mensuals d'alguns dels principals paràmetres de funcionament de l'EDAR durant l'any 1996 i l'any 1997. Com es pot observar a la Taula, els cabals mitjans diaris de l'any 1997 són superiors als de l'any 1996, amb excepció dels corresponents al mesos de febrer i juny. Són especialment elevats els dels mesos de juliol, agost i setembre, com a conseqüència d'una major aflluència d'estiuejants a la zona i de la progressiva connexió a la xarxa de sanejament de determinats sectors de l'àrea que fins a la data solucionaven el seu sanejament de forma autònoma o tenien petites EDAR com és el cas de Salins.

Els valors de les concentracions dels paràmetres de contaminació DBO_5 i MES també solen ser superiors durant l'any 1997 el que significa, juntament amb els cabals més elevats, que la càrrega contaminant rebuda és també superior durant aquest any. Tanmateix, si s'exceptuen els mesos en què el sistema funciona com a llacunatge, les hores mitjanes diàries d'airejament són a vegades superiors per a l'any 1996 i d'altres per a l'any 1997, el que resulta més aviat sorprenent tenint en compte que la càrrega contaminant mitjana mensual rebuda durant el 1997 és superior.

Taula 1. Valors mitjans mensuals d'alguns dels principals paràmetres que defineixen el funcionament de l'EDAR de Empuriabrava durant l'any 1996 i l'any 1997. (a) (b)

Mes	Cabal mitjà diari, m ³ /d	Temps mitjà diari d'aireig, h/d (c) (d)	DBO ₅ , mg O ₂ /l	MES, mg/l
Gener	400 / 450	0 / 2,6	120 / 360	28 / 76
Febrer	370 / 300	0 / 0	140 / 270	60 / 337
Març	350 / 440	0 / 3,2	250 / 350	95 / 194
Abril	380 / 480	0 / 4,5	320 / 530	190 / 206
Maig	550 / 590	11,9 / 5,1	260 / 480	205 / 338
Juny	1030 / 919	17,3 / 15,8	360 / 550	580 / 189
Juliol	1830 / 2700	35,8 / 52,6	580 / 460	244 / 267
Agost	2410 / 4160	38,1 / 59,4	570 / 520	310 / 374
Setembre	1150 / 1915	31,3 / 18,1	370 / 400	231 / 237
Octubre	510	10,7	350	139
Novembre	460	5,3	230	140
Desembre	770	5,5	40	28

- a) Dades facilitades pel CCB i l'empresa SEAR SA, responsable de l'explotació.
b) Primer s'indiquen les dades de 1996 separades per una barra de les de 1997. Quan només hi ha un valor correspon a 1996.
c) El sistema es fa funcionar en mode de llacunatge natural durant part dels mesos d'hivern i primavera i per això algunes hores d'aireig són nul·les.
d) En alguns casos el temps és superior a 24 h/d perquè es disposa de varis equips bufadors.

Metodologia

La presa de mostres de l'afluent i de l'efluent de l'EDAR va tenir lloc des de juliol de 1995 fins a setembre de 1997, amb una interrupció durant gener i febrer de 1997. Durant l'estudi va variar la periodicitat de la recollida així com les espècies de nutrients mesurades.

El nitrogen kjeldahl (NK), l'amoníac i el fòsfor reactiu soluble (PRS) de l'efluent es van mesurar durant tot l'estudi. El NK es va mesurar amb una periodicitat aproximadament mensual des de l'inici fins a maig de 1996, setmanal des de juny fins a desembre de 1996 i bisetmanal des de març fins a desembre de 1997. L'amoníac es va mesurar amb una periodicitat setmanal des de l'inici fins a octubre de 1995, bisetmanal des de novembre de 1996 fins a maig de 1996, setmanal des de juny fins a desembre de 1996 i bisetmanal des de març fins a setembre de 1997. El PRS es va mesurar amb una periodicitat aproximadament mensual des de l'inici fins al gener de 1996, dos cops des de febrer fins a maig de 1996, setmanal des de juny fins a desembre de 1996 i bisetmanal des de març fins a setembre de 1997.

El nitrogen oxidat (nitrits i nitrats) i el fòsfor total (PT) de l'efluent es van començar a mesurar a partir de juny de 1996 i amb la mateixa periodicitat: setmanal des de juny fins a desembre de 1996 i bisetmanal des de març fins a setembre de 1997.

El NK de l'afluent es va analitzar amb la mateixa periodicitat que l'exposada per l'efluent. En el cas de l'amoníac també es va seguir aquesta metodologia amb

excepció des de juliol fins a setembre de 1996 que no es va mesurar. El nitrogen oxidat només es va analitzar a partir de març de 1997 amb periodicitat bisetmanal. El PT es va començar a mesurar a partir de juny de 1996 amb la mateixa periodicitat que a l'efluent. El PRS es va analitzar amb la mateixa periodicitat que a l'efluent des de l'inici fins a l'abril de 1996, després ja no es va tornar a mesurar fins al març de 1997 a partir del qual es va establir una periodicitat bisetmanal.

Les mostres de l'efluent es van recollir integrades al temps durant el 1996 i puntuals a la resta. Les mostres de l'afluent sempre van ser de tipus puntual. Per les mostres integrades es va utilitzar un mostrejador automàtic Philips PW9815. El mostrejador iniciava el seu cicle de funcionament a les 9:00 del matí i recollia 8 mostres de 100 ml cada hora que es dipositaven en un contenidor de plàstic. Al dia següent, l'equip s'aturava a les 9:00 del matí i es recollia una mostra de 2 litres del contenidor. Tant les mostres integrades com les puntuals es col·locaven en un paquet tancat i s'enviaven immediatament al Laboratori d'Enginyeria Sanitària i Ambiental (Barcelona) a través d'una empresa de missatgeria. Les mostres s'analitzaven al dia següent de la seva recollida.

Les anàlisis de NK, nitrogen oxidat, PT i PRS es van realitzar seguint els protocols indicats a l'**Standard Methods** (APHA-AWWA-WEF, 1995). L'amoniac es va analitzar amb el mètode de Solórzano resseguint les recomanacions indicades per Zadorojny *et al.* (1973).

Durant el novembre de 1997 el Laboratori d'Enginyeria Sanitària i Ambiental va realitzar un **Estudio de Intercomparación de Métodos Analíticos para la Determinación de la Calidad de las Aguas Residuales** (Mujeriego *et al.*, 1997) per avaluar els canvis químics experimentats per mostres conservades durant 24 hores i a temperatura ambient. A la Taula 2 s'indiquen els resultats de les anàlisis de mostres de l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava recollides el dia 27 d'octubre i analitzades el mateix dia, i al dia següent.

Taula 2. Resultats de les anàlisis de mostres de l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava recollides el dia 27 d'octubre i analitzades el mateix dia i el dia 28.			
Paràmetre	27.10.97	28.10.97	Diferència (%)
NK, mg N/l	3,36	3,64	+ 8
Amoníac, mg N/l	3,03	3,49	+ 15
Nitrit, mg N/l	0,50	0,52	+ 4
Nitrat, mg N/l	11,30	3,38	- 70
PT, mg P/l	2,76	1,58	- 43
PRS, mg P/l	1,36	1,13	+ 17

La conservació de les mostres durant 24 hores introdueix modificacions substancials en la concentració de nitrats i de PT. De manera que els resultats referents a aquests paràmetres presentats en aquest informe s'han de considerar només orientatius. D'altra banda, estudis recents indiquen que durant l'hivern les pèrdues de nitrats durant 1 dia de conservació són com a molt del 20%.

Resultats

Concentracions de nutrients i rendiments d'eliminació

A la Taula 3 es mostren els valors de les mitjanes, les desviacions i els rangs de variació de les concentracions de nutrients i de les seves espècies químiques a l'afluent i l'efluent de l'EDAR des de juliol de 1995 fins a setembre de 1997. A l'annex 1 es mostren els valors dels resultats analítics obtinguts per cada dia de mostreig.

Taula 3. Mitjanes, desviacions estàndard i rangs de variació de les concentracions de nutrients a l'afluent i l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava des de juliol de 1995 fins al setembre de 1997. (a)

Paràmetre	n		Mitjana		Desviació		Rang	
	Afluent	Efluent	Afluent	Efluent	Afluent	Efluent	Afluent	Efluent
Nitrogen, mg N/l	49	43	50,2 (b)	20,8	21,5	10,6	10,0-110	3,3-39,0
NK, mg N/l	49	50	50,2	10,3	21,5	10,6	10,0-110	0,1-39,0
Amoníac, mg N/l	61	72	32,8	6,9	21,0	9,6	4,0-102	0,0-38,0
Nitrit, mg N/l	16	43	0,0	1,0	0,0	0,8	0,0-0,1	0,0-3,4
Nitrat, mg N/l	16	43	0,0	9,5	0,0	9,5	0,0-0,1	0,0-31,0
Fòsfor, mg P/l	42	42	14,1	3,8	8,7	2,6	3,0-40,0	0,7-8,5
PRS, mg P/l	24	50	5,6	2,2	3,6	1,5	0,1-11,0	0,1-5,6

a) **n** és el nombre de dades en les que es basen els càlculs.

b) S'ha considerat que la concentració de nitrogen és la de NK atès que durant l'estudi els valors de nitrit i de nitrat han estat gairebé sempre per sota del límit de detecció.

Les concentracions mitjanes dels nutrients a l'afluent el situen entre una aigua residual urbana de tipus fort i de tipus mitjà segons la classificació esmentada per Metcalf & Eddy (1991). Les concentracions mitjanes de nutrients de l'efluent són superiors als requisits establerts per la Directiva 91/271 de la Unió Europea per a les EDAR que aboquen efluents en "zones sensibles propenses a l'eutrofització". A més, cal tenir en compte que les concentracions de nitrat i de fòsfor (PT) estan infravalorades. Tanmateix, els rendiments d'eliminació de nitrogen i de fòsfor es poden considerar elevats (59% i 73% respectivament).

La composició específica mitjana de nitrogen és molt diferent a l'afluent i a l'efluent. L'aigua afluent té un 65% del nitrogen en forma d'amoníac i el 35% restant és nitrogen orgànic, de manera que la presència de nitrogen oxidat és nul·la. A l'efluent, un 50% de nitrogen es troba en forma oxidada (en realitat més, perquè el nitrat està infravalorat), un 33% és amoníac i el 17% restant és nitrogen orgànic. Aquest elevat percentatge de nitrogen oxidat s'ha de considerar com una característica favorable des d'un punt de vista ambiental, ja que malgrat que concentracions elevades de nitrogen oxidat també promouen l'eutrofització, com a mínim no consumeix tant oxigen com l'amoníac o el nitrogen orgànic, reduint-se el risc d'aparició de condicions anaeròbiques en el lloc d'abocament de l'efluent. D'altra banda, el nitrogen orgànic de l'afluent està fonamentalment constituït per matèria morta i bacteris, mentre que als efluents és degut a les microalgues que es desenvolupen a les llacunes d'afinament.

La composició específica mitjana de fòsfor és bastant similar a l'afluent i l'efluent. A l'afluent el PRS representa un 40% i a l'efluent un 60% (en realitat més, perquè el PT està infravalorat). La resta del fòsfor correspon en tots dos casos a polifosfats i fòsfor orgànic.

Les desviacions estàndard de les diferents espècies de nitrogen són bastant elevades, amb valors similars o superiors a les mitjanes corresponents, de manera que els coeficients de variació resten al voltant del 100%. Aquesta gran variació és deguda als diferents tipus d'explotació (fangs activats i llacunatge) a la que és sotmesa l'EDAR, que provoquen períodes amb valors superiors de nitrogen oxidat i inferiors de reduït i períodes amb valors a l'inrevés. No obstant, aquesta variació de la qualitat de les formes de nitrogen no es tradueix en el comportament del nitrogen total, ja que com es pot observar a la Taula 3, la seva desviació és significativament menor que la mitjana, de manera que les variacions totals no són tan pronunciades. D'alguna manera es pot deduir que el rendiment és relativament constant i que el que canvia són les espècies predominants (cal tenir en compte que el nitrat està infravalorat). En el cas del fòsfor les desviacions de PT i PRS són menors que les mitjanes respectives i es dedueix que presenten una menor variació que les diferents espècies de nitrogen.

La Figura 1 mostra l'evolució de la concentració de nitrogen i de fòsfor a l'afluent i l'efluent de l'EDAR. Com es pot observar les concentracions de nutrients a l'afluent mostren grans variacions (tant per sobre com per sota de la mitjana) que en cap cas es tradueixen directament en fluctuacions sobre la qualitat dels efluentes. En aquest sentit, cal indicar que les majors variacions observades des de juny fins a desembre de 1996 són degudes a la intensificació del mostreig efectuada durant aquest període. Tenint en compte aquestes característiques, l'avaluació de l'eficàcia del procés en relació al tipus d'explotació es realitza a partir de les concentracions dels efluentes sense utilitzar les concentracions a l'afluent, ja que la seva extrema variabilitat distorsionaria els resultats i les possibles interpretacions.

Figura 1. Evolució temporal de les concentracions de nitrogen i fòsfor a l'afluent i l'efluent de l'EDAR d'Empúriabrava des de juliol de 1995 fins a setembre de 1997.

Eficàcia del procés en relació al tipus d'explotació

Des que es va iniciar l'estudi l'EDAR ha estat sotmesa a 3 períodes d'explotació en forma de fangs activats convencional (juliol-desembre 1995, juny-desembre 1996 i juny-setembre 1997) i 2 períodes en forma de llacunatge natural (gener-maig 1996 i gener-maig 1997). A la Taula 4 es mostren les mitjanes de les concentracions de nutrients a l'efluent de l'EDAR durant els diferents règims d'explotació.

Taula 4. Mitjanes de les concentracions de nutrients a l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava durant els períodes amb diferent tipus d'explotació. (a)						
Paràmetre	Període					
	Jul95-Des95 F. activats	Gen96-Mai96 Llacunatge	Jun96-Des96 F. activats	Gen97-Mai97 Llacunatge	Jun97-Set97 F. activats	
Nitrogen, mg/l	(b)	(b)	20,1 (27)	35,1 (5)	13,2 (9)	
NK, mg N/l	5,8 (6)	20,7 (3)	5,3 (27)	35,0 (5)	11,1 (9)	
Amoníac, m N/l	2,3 (21)	14,9 (10)	2,2 (27)	31,0 (5)	9,6 (9)	
Nitrit, mg N/l	(b)	(b)	1,3 (27)	0,0 (5)	0,8 (9)	
Nitrat, mg N/l	(b)	(b)	13,5 (27)	0,0 (5)	1,3 (9)	
Fòsfor, mg/l	(b)	(b)	2,8 (27)	7,5 (5)	4,4 (9)	
PRS, mg P/l	0,9 (6)	2,2 (3)	1,8 (27)	3,9 (5)	3,2 (9)	

a) Les **n** dades en les que es basen els càlculs s'indiquen entre parèntesi.
b) No es disposa de valors o el seu nombre és prou baix com per considerar-los poc representatius (menor que 3).

Les espècies de nitrogen mostren grans variacions segons el tipus d'explotació. La concentració d'amoníac és sensiblement superior quan l'EDAR funciona com a llacunatge (entre 1,5 i 14 vegades), mentre que les concentracions de nitrogen oxidat són nul·les en aquestes condicions d'explotació (cal tenir en compte que el nitrat està infravalorat). Es dedueix doncs que quan l'EDAR opera com a llacunatge no té prou (o poca) capacitat per oxidar el nitrogen reduït (amoníac i nitrogen orgànic) i per això la seva concentració és elevada als efluents. El NK es comporta d'una manera molt similar a l'amoníac, ja que aquest és el seu principal component, quedant en segon terme el nitrogen orgànic. El PRS també té una tendència similar a l'amoníac amb valors generalment superiors quan l'EDAR s'explota com a llacunatge (fins a 4,3 vegades).

De les concentracions de nitrogen i de fòsfor totals només es disposa de les mitjanes de 3 períodes i la concentració és superior quan l'EDAR funciona com a llacunatge. Tanmateix, els resultats obtinguts no són tan diferents entre les estratgies d'explotació com en el cas de les seves espècies, així, quan l'EDAR funciona com a llacunatge els valors de nitrogen i de fòsfor són només entre 1,7-2,7 vegades superiors que quan funciona com a fangs activats. Aquest fet s'interpreta com que la principal dissimilitud entre una estratègia d'explotació i l'altra no és pas tant la quantitat de nutrients sinó més aviat la seva qualitat en termes de composició específica. Les estratègies d'explotació adoptades i els diferents resultats de tractament obtinguts en termes de nutrients no han de representar cap inconvenient per a l'aiguamoll construït de tractament terciari, atès que ja va ser dimensionat i dissenyat per garantir el seu funcionament davant d'aquestes fluctuacions de qualitat de l'efluent.

Malgrat que les concentracions de nitrogen de juny-desembre de 1996 són superiors a les de juny-setembre de 1997, les espècies predominants en el primer període corresponen al nitrogen oxidat, mentre que en el segon és l'amoníac. Aquesta característica es relaciona amb l'explotació de l'EDAR. Com es pot observar a la Taula 5, el temps mitjà diari d'aireig per cabal mitjà diari tractat durant els mesos de 1997 és menor o igual al dels mesos corresponents al 1996. Tenint en compte que la càrrega orgànica és superior durant els mesos de 1997, hi ha d'haver necessàriament menys quantitat d'oxigen disponible per a la nitrificació i per aquesta raó la concentració d'amoníac és superior. D'altra banda, el fet que hi hagi menys nitrogen als mesos de 1997 s'explica amb un raonament si més no homòleg: atès que la concentració de DBO_5 és superior durant el 1997 i que s'aplica un nivell menor o igual d'aireig, la seva concentració a l'efluent secundari ha de ser superior, de manera que hi ha més matèria orgànica per a què la desnitrificació pugui funcionar d'una manera més eficaçment i s'elimini una gran part del nitrogen oxidat produït.

Taula 5. Temps mitjà diari d'aireig per cabal mitjà diari tractat a l'EDAR d'Empuriabrava durant el període juny-setembre de 1996 i 1997. (a)

Mes	Temps d'airejament per cabal, h/m^3	
	1996	1997
Juny	0,017 (370)	0,017 (505)
Juliol	0,020 (1060)	0,019 (1240)
Agost	0,016 (1370)	0,014 (2160)
Setembre	0,027 (430)	0,009 (770)
a) Entre parèntesi s'indica la càrrega orgànica mitjana aplicada, en $\text{kg de DBO}_5/\text{d}$.		

La presència d'una major concentració d'amoníac en l'efluent de l'EDAR té una gran importància en el funcionament de l'aiguamoll construït com s'exposa a continuació en el següent apartat.

Comportament estimat de l'aiguamoll construït amb el efluent de l'any 1997

Per acord comú entre els tècnics del CCB, del PNAE i de la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental, i els experts del Departament d'Ecologia de la Universitat de Girona, es va establir com a criteri de disseny de l'aiguamoll construït que la càrrega de nitrogen aportada mensualment pels seus efluent fós inferior a la que té el Rec del Molí, és a dir, 650 Kg N/mes. En aquestes condicions, es va arribar a la conclusió que la superfície de tractament necessària de l'aiguamoll construït havia de ser 2 ha (veure Mujeriego & García, 1996; García & Mujeriego, 1997). Tenint en compte aquesta superfície s'ha calculat, mitjançant les fórmules de disseny la càrrega aportada per l'aiguamoll amb els cabals i els resultats analítics obtinguts per l'any 1997.

A la Taula 6 es mostren les concentracions mitjanes mesuals de nitrogen i de les seves espècies utilitzades per als càlculs. Per a l'estimació dels cabals d'aigua afluent de l'aiguamoll s'han utilitzat els valors de cabals indicats a la Taula 1. S'han suposat les mateixes condicions ambientals en quant a evaporació, precipitació i temperatura que durant el disseny (Mujeriego & García, 1996).

Taula 6. Concentracions mitjanes mensuals de NTK, N oxidat i N total dels efluent de l'EDAR d'Empuriabrava durant 1997.
(a) (b) (c)

Mes	NK, mg N/l	N oxidat, mg N/l	N total, mg N/l
Març	23,0 (10)	0,4 (20)	23,4 (30)
Abril	35,5 (15)	0,0 (15)	35,5 (30)
Maig	37,5 (11)	0,1 (15)	37,6 (26)
Juny	23,5 (8)	1,3 (10)	24,8 (18)
Juliol	6,2 (5)	3,2 (8)	9,4 (13)
Agost	9,8 (3)	1,0 (16)	10,8 (19)
Setembre	7,7 (7)	2,2 (25)	9,9 (32)

a) No es disposa de dades per als mesos de gener i febrer.
b) Entre parèntesi s'indiquen els valors de les concentracions utilitzats per al dimensionament de l'aiguamoll construït, basats en la mesura possible en dades de 1996.
c) Cal tenir en compte que la concentració de nitrogen oxidat està infravalorada.

La Figura 2 mostra l'evolució de la càrrega de nitrogen estimada dels efluent de l'aiguamoll construït amb les dades de 1996 i 1997. També mostra la càrrega estimada per 1997 si la concentració de nitrat de l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava hagués estat durant tots els mesos de 25 mg N/l. Com es pot observar totes les càrregues de nitrogen mensuals estimades de 1997 són superiors a les de 1996. Aquest fet és degut al major cabal tractat durant 1997 i a les concentracions superiors de NK -degudes principalment a l'amoníac- de l'efluent de l'EDAR (veure Taula 6). Tanmateix, les càrregues de 1997 queden bé per sota de la càrrega mitjana aportada pel Rec del Molí, amb excepció de la del mes d'agost. La càrrega elevada del mes d'agost és deguda a que tant el cabal (Taula 1) com la concentració de NK (Taula 6) han augmentat sensiblement més que a la resta de mesos. En aquest sentit serà necessari millorar l'explotació de l'EDAR perquè l'aiguamoll no serà capaç de complir els criteris exigits pels experts del Departament d'Ecologia de la Universitat de Girona. De fet s'ha comprovat que amb un cabal idèntic si s'inverteixen les concentracions de les espècies de nitrogen del mes d'agost (9,8 mg/l de N oxidat i 1,0 mg/l de NK) la càrrega és de 230 kg N/mes i resta bé per sota de la del Rec del Molí.

Si la concentració de nitrat de l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava hagués estat durant tots els mesos de 25 mg/l, les càrregues també quedarien bé per sota de la càrrega mitjana aportada pel Rec del Molí, amb excepció de la del mes d'agost. La càrrega elevada d'aquest mes seria deguda a l'augment del cabal d'aigua tractada. En aquest sentit seria necessari millorar l'explotació de l'EDAR per potenciar la desnitrificació.

Figura 2. Evolució mitjana mensual de la càrrega de nitrogen estimada de l'efluent de l'aiguamoll construït durant 1996 i 1997. La línia de punts indica la càrrega mitjana mensual estimada durant 1997 si la concentració de nitrar hagués estat de 25 mg N/L. La línia horitzontal indica la càrrega del Rec del Molí.

Conclusions

1. Les concentracions mitjanes de nutrients -en especial de nitrogen- dels efluents de l'EDAR d'Empuriabrava es troben una mica per sobre dels límits establerts per la Directiva 91/271 de la Unió Europea per a les instal·lacions que aboquen en "zones sensibles propenses a l'eutrofització". A més, s'ha de tenir en compte que la concentració de nitrat està infravalorada. S'estableix doncs la necessitat de realitzar un tractament terciari abans de reutilitzar l'aigua com a recurs per a l'estany del Cortalet durant el període de sequera estival.
2. Les concentracions mitjanes de nutrients dels efluents de l'EDAR són superiors quan funciona en forma de llacunatge natural que quan funciona com tractament biològic convencional. La principal diferència entre l'aigua efluent produïda amb cadascun dels dos règims d'explotació és la major presència de nitrogen reduït quan es funciona en forma de llacunatge. Tanmateix, aquesta característica no ha de representar cap problema pel tractament terciari atès que ja va ser dimensionat suposant aquestes condicions.
3. Durant el període d'explotació en forma de fangs activats de l'any 1997 la qualitat dels efluents ha empitjorat des d'un punt de vista de la proporció de les espècies de nitrogen respecte al mateix període per l'any 1996. Així, malgrat que la concentració mitjana de nitrogen ha disminuït, la concentració de nitrogen en forma reduïda ha augmentat durant el 1997. Aquest fet és degut a un augment del cabal d'aigua tractat i de la concentració dels contaminants, mentre que l'explotació s'ha mantingut molt similar quant a hores d'airejament per cabal tractat respecte al 1996. Segons les estimacions previstes l'aiguamoll construït no serà capaç de complir els criteris de qualitat establerts si durant l'estiu, fonamentalment a l'agost, no es promou el procés de nitrificació-desnitrificació en l'EDAR. Per aquest motiu caldrà afinar l'explotació de l'EDAR de cara a noves campanyes d'estiu.

Referències

- APHA-AWWA-WEF. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th edition. American Public Health Association. Washington D.C.
- García, J. & Mujeriego, R. (1997). Humedales costruidos para tratamiento terciario de aguas residuales urbanas en base a la creación de nuevos ecosistemas. **Tecnoambiente** 75: 37-42.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). **Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse**. 3rd edition. McGraw-Hill Inc. New York. 1334 pp.
- Mujeriego, R. & García, J. (1996). **Dimensionament de l'Aiguamoll Construït de Tractament Terciari dels Efluents de l'EDAR d'Empuriabrava**. Secció

d'Enginyeria Sanitària i Ambiental. Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental. Universitat Politècnica de Catalunya. 10 pp + annex.

Mujeriego, R., García, J., Arias, C. & Knobelsdorf, J. (1997). ***Estudio de Intercomparación de Métodos Analíticos para la Determinación de la Calidad de Aguas Residuales***. Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental. Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental. Universitat Politècnica de Catalunya. 12 pp + annex.

Zadorojny, C., Saxton, S. & Finger, R. (1973). Spectrophotometric determination of ammonia. ***Journal WPCF*** 45: 905-912.

Eliminació de Nutrients: Implicacions sobre el Funcionament de l'Aiguamoll Construït

Annex de dades

Data	NK, mg N/l Afluen	NH ₃ , mg N/l Afluen	NO ₃ ⁻ , mg N/l Afluen	NO ₂ ⁻ , mg N/l Afluen	PT mg P/l Afluen	PRS mg P/l Afluen	NK, mg N/l Efluen	NH ₃ , mg N/l Efluen	NO ₃ ⁻ , mg N/l Efluen	NO ₂ ⁻ , mg N/l Efluen	PT mg P/l Afluen	PRS mg P/l Efluen
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
22/6/1995		55						0,8				
4/7/1995	78	55	0,05	0		10	3	0,3	31	0,3		3
11/7/1995		80						0,2				
20/7/1995		50						0,3				
28/7/1995		40						0,5				
1/8/1995		20						1				
10/8/1995		80						5				
20/8/1995	50	40				4	7	5				0,2
25/8/1995		30						2				
30/8/1995		25						0,5				
4/9/1995		20						2,2				
13/9/1995		25						4				
22/9/1995	20	10				1	6	3				0,6
28/9/1995		25						2				
6/10/1995		30						2				
11/10/1995	30	20				2	4,5	3				0,8
27/10/1995		10						2				
6/11/1995		10						0,6				
21/11/1995	20	10				0,1	4	2				0,1
4/12/1995		10						7				
18/12/1995	10	4				0,5	10	4				0,5
10/1/1996	10	4				1	17	10				0,9
25/1/1996		8						15				
7/2/1996		15						13				
23/2/1996		20						6				
9/3/1996		30						10				
21/3/1996		20						10				
10/4/1996	45	30				6	25	20				4
26/4/1996		35						25				
9/5/1996		25						25				
24/5/1996	40	30			10		20	15	2	1	7	1,7
5/6/1996	30	25			10		10	1	10	2	1	0,4
13/6/1996	45	25			15		14	2,5	3,1	1,8	4	1,9
21/6/1996	40	25			7	4	5,9	0,5	18	0,8	0,9	0,6
30/6/1996	75	45			40		2	0,1	1	0,7	1,5	0,6
5/7/1996	50	35			15		1,4	0,7	1,2	0,7	3,9	1,6
25/7/1996	90				15		9,8	4,8	6,8	0,8	3,4	2,6
31/7/1996	65				15		2,2	0,5	11	0,6	4,4	3,8
8/8/1996	35				10		0,5	0,1	25	0,2	2,9	1,5
14/8/1996	40				10		0,9	0,3	14	0,4	2,9	2,6
21/8/1996	50				10		1,9	0,4	7,1	0,4	3,9	3,6
29/8/1996	60				10		7	2,7	13	0,4	4,1	3,5
4/9/1996	65				10		7,5	2,8	22	1,1	4,6	4,1
12/9/1996	70				10		8,2	3,1	26	1,7	3,3	2,9

Eliminació de Nutrients: Implicacions sobre el Funcionament de l'Aiguamoll Construït

Data	NK, mg N/l Afluent	NH ₃ , mg N/l Afluent	NO ₃ ⁻ , mg N/l Afluent	NO ₂ ⁻ , mg N/l Afluent	PT mg P/l Afluent	PRS mg P/l Afluent	NK, mg N/l Efluent	NH ₃ , mg N/l Efluent	NO ₃ ⁻ , mg N/l Efluent	NO ₂ ⁻ , mg N/l Efluent	PT mg P/l Afluent	PRS mg P/l Efluent
18/9/1996	50				20		5,2	2,3	26	1,7	4,8	3,1
25/9/1996	55				15		6	2,6	18	1,2	3,3	2,6
2/10/1996	50	25			20		2,1	0,6	11	3,4	2,6	1,4
9/10/1996	70	35			20		11	4	18	2,2	3,1	2,5
16/10/1996	50	25			4		7,9	3,8	21	1,8	2	0,8
23/10/1996	45	20			5		6,5	3,3	17	2,2	4,1	1
29/10/1996	80	40			10		2,1	0,9	6,1	2,6	1,9	0,7
5/11/1996	80	40			5		2,6	1,1	18	2,6	1,1	0,9
13/11/1996	25	10			3		4,9	2,2	28	1,7	1,4	1,1
19/11/1996	50	20			8		0,1	0,03	20	1,2	1,2	0,9
11/12/1996	10	4			3		4	2	10	0,6	2	0,4
18/12/1996	45	20			10		2	0,7	5	0,5	1	0,4
24/12/1996	20	10			10		1,2	0,4	7,8	0,8	0,7	0,3
10/3/1997	50	40	0	0	10	9,5	17	15	0,6	0	4,5	4,3
24/3/1997	40	30	0	0	10	4,2	29	20	0,06	0	8	3
7/4/1997	55	60	0,01	0	20	10	32	30	0	0	7,8	3,6
21/4/1997	50	35	0	0	40	0,8	39	34	0,01	0	8	4
5/5/1997	45	35	0	0,03	35	2,5	38	33	0	0,1	5,7	4,5
19/5/1997	75	70	0	0,05	30	11	37	38	0,03	0,1	8	4,5
2/6/1997	35	35	0	0,05	15	7	35	37	0,02	0	8,5	5,6
16/6/1997	40	35	0	0,04	10	7	12	4,6	1,4	1,1	2,5	1,3
1/7/1997	75	70	0	0,04	12	8	5	3,4	2,13	0,4	1,7	1,3
14/7/1997	61	60	0	0,03	14	7	11	11	2,62	2,05	1,7	1,6
28/7/1997			0,02	0	17	10	2,5	2,4	1,75	0,6	2,9	2,9
11/8/1997	41	36	0,02	0,02	14	4,5	13	13	0,6	0,4	6,7	4,9
25/8/1997	110	102	0	0	21	9	6,5	4,8	0,35	0,68	4,1	4
8/9/1997	80	79	0	0	11	8	8	6,8	1,1	1,1	5,5	4
23/9/1997	57	43	0,07	0,01	15	8	7,3	3,4	1,37	0,84	6	3,5



