

UNIVERSITAT DE GIRONA
Juny 2012

Aiguamoll construït per a la creació d'un nou hàbitat per la tortuga d'estany europea *Emys orbicularis* a Riudarenes

Projecte de final de carrera de Ciències
Ambientals

**Marina Fillat Aguilar
Verónica Granados Pérez
Clara Lázaro Garrido
Eva Villena Maturana**



Projecte de final de carrera de Ciències Ambientals,
per encàrrec de la Fundació *Emys*



i amb el vist i plau dels tutors tècnics:

Dr. Sebastià Puig Broch

Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUiA)

Universitat de Girona

i Dra. Esther Llorens Ribes

Intitut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA)

Girona, 8 de juny de 2012

TAULA DE CONTINGUTS

| | |
|--|----|
| ACRÒNIMS..... | 13 |
| AGRAÏMENTS..... | 15 |
| PREÀMBUL..... | 19 |
| 1. OBJECTIUS | 21 |
| 2. JUSTIFICACIÓ | 22 |
| 3. INTRODUCCIÓ..... | 23 |
| 3.1 DESCRIPCIÓ DE LA TORTUGA D'ESTANY EUROPEA <i>EMYS ORBICULARIS</i> | 23 |
| 3.1.1 Hàbitat i ecologia tròfica | 23 |
| 3.1.2 Distribució..... | 24 |
| 3.1.3 Causes del declivi de la espècie | 25 |
| 3.1.4 Biologia | 28 |
| 3.2 TECNOLOGIA D'AIGUAMOLLS CONSTRUÏTS..... | 29 |
| 3.2.1 Història de la tecnologia | 29 |
| 3.2.2 Tipus de dissenys..... | 30 |
| 3.2.3 Factors | 32 |
| 3.2.4 Mecanismes de depuració..... | 33 |
| 3.2.5 Avantatges i inconvenients | 37 |
| 4. METODOLOGIA..... | 38 |
| 4.1 FASE I: RECERCA DE INFORMACIÓ | 39 |
| 4.2 FASE II: TREBALL DE CAMP I DE LABORATORI | 39 |
| 4.3 FASE III: DISSENY DE L'AIGUAMOLL CONSTRUÏT | 41 |
| 5. MARC LEGISLATIU..... | 42 |
| 5.1 LEGISLACIÓ SOBRE AIGÜES..... | 42 |
| 5.1.1 Àmbit Europeu..... | 42 |
| 5.1.2 Àmbit Estatal | 44 |
| 5.1.3 Àmbit autonòmic..... | 44 |
| 5.2 LEGISLACIÓ SOBRE LA TORTUGA D'ESTANY EUROPEA <i>EMYS ORBICULARIS</i> | 46 |
| 5.2.1 Àmbit europeu..... | 46 |
| 5.2.2 Àmbit estatal | 47 |
| 5.2.3 Àmbit autonòmic..... | 47 |
| 5.3 LEGISLACIÓ SOBRE URBANISME..... | 48 |
| 5.3.1 Àmbit autonòmic..... | 48 |
| 5.3.2 Àmbit local..... | 50 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6. | ANTECEDENTS A CATALUNYA..... | 52 |
| 6.1 | EMPURIABRAVA..... | 52 |
| 6.1.1 | Fase de disseny dels aiguamolls..... | 53 |
| 6.1.2 | Estructura i funcionament actual..... | 54 |
| 6.1.3 | Flora i fauna | 58 |
| 6.2 | CAN CABANYES | 59 |
| 6.2.1 | Fase de disseny de l'aiguamoll..... | 60 |
| 6.2.2 | Estructura i funcionament actual..... | 62 |
| 6.2.3 | Flora i fauna | 69 |
| 7. | ZONA D'ESTUDI..... | 70 |
| 7.1 | LOCALITZACIÓ GEOGRÀFICA..... | 70 |
| 7.2 | MEDI FÍSIC..... | 70 |
| 7.2.1 | Geomorfologia | 70 |
| 7.3.2 | Geologia | 71 |
| 7.3.4 | Hidrogeologia..... | 72 |
| 7.3.5 | Climatologia | 74 |
| 7.4 | MEDI BIÒTIC..... | 75 |
| 7.5 | DELIMITACIÓ DE LA ZONA D'ACTUACIÓ | 77 |
| 7.6 | CHARACTERITZACIÓ DE LA EDAR DE RIUDARENES | 79 |
| 8. | ANÀLISI DE LES DADES | 84 |
| 8.1 | NECESSITATS E. ORBICULARIS..... | 84 |
| 8.2 | CHARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY | 84 |
| 8.3 | INFORMACIÓ DE LES VISITES | 85 |
| 9. | DISSENY..... | 88 |
| 9.1 | INTERIOR DE L'AIGUAMOLL | 88 |
| 9.2 | DISTRIBUCIÓ DE LA VEGETACIÓ..... | 90 |
| 9.3 | ENTRADA I SORTIDA DE L'AIGUAMOLL..... | 92 |
| 9.4 | ACCESSOS PER LA FAUNA | 94 |
| 10. | CONSTRUCCIÓ I MANTENIMENT | 96 |
| 10.1 | FASES DE CONSTRUCCIÓ..... | 96 |
| 10.1.1 | Confinament | 96 |
| 10.1.2 | Instal·lació dels sistemes d'entrada i sortida de l'aigua | 96 |
| 10.1.3 | Impermeabilització | 96 |
| 10.1.4 | Extensió de la terra vegetal i la grava | 97 |

| | |
|--|-----|
| 10.1.5 Plantació de macròfits i instal·lació de la tanca | 97 |
| 10.2 PRESSUPOST DE LA CONSTRUCCIÓ | 98 |
| 10.3 PROTOCOL DE MANTENIMENT | 101 |
| 10.3.1 Revisió del circuit hidràulic..... | 101 |
| 10.3.2 Neteja del circuit hidràulic..... | 101 |
| 10.3.3 Retirada de la vegetació | 101 |
| 10.3.4 Anàlisi de l'aigua | 101 |
| 10.3.5 Estudi de biodiversitat | 101 |
| 10.3.6 Informe anual de l'ecosistema | 102 |
| 10.4 PRESSUPOST DEL MANTENIMENT..... | 104 |
| 11. CONCLUSIONS | 105 |
| 12. BIBLIOGRAFIA | 106 |
| 12.1 URL-GRAFIA | 110 |
| ANNEX I..... | 111 |
| ANNEX II..... | 117 |
| ANNEX III..... | 125 |
| ANNEX IV | 131 |

ÍNDEX DE FIGURES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estany de La Camparra a Riudarenes | 24 |
| Figura 2. Distribució d' <i>E. orbicularis</i> a la Península Ibèrica i Catalunya fins 2004.. | 24 |
| Figura 3. Situació geogràfica de les cinc zones de Catalunya on s'han trobat poblacions de tortuga d'estany europea europea (<i>Emys orbicularis</i>) | 25 |
| Figura 4. Exemplar de tortuga de Florida (<i>Trachemys scripta elegans</i>) en un tronc (esquerra) i nedant en una bassa en el mateix hàbitat de la tortuga d'estany europea (<i>Emys orbicularis</i>) en la comarca de la Selva..... | 27 |
| Figura 5. Disseny ventral d'exemplars d' <i>Emys orbicularis</i> | 28 |
| Figura 6. Dibuix esquemàtic d'un sistema d'aiguamolls de flux superficial | 30 |
| Figura 7. Dibuix esquemàtic d'un sistema d'aiguamolls de flux subsuperficial en horitzontal | 31 |
| Figura 8. Dibuix esquemàtic d'un sistema d'aiguamolls de flux subsuperficial en vertical | 31 |
| Figura 9. Detall de l'aerènquima del jonc (<i>Schoenoplectus lacustris</i>)..... | 35 |
| Figura 10. Mapa de classificació del sòl del municipi de Riudarenes. | 51 |
| Figura 11. Esquema de l'EDAR i el SAC d'Empuriabrava..... | 52 |
| Figura 12. Plànol del SAC d'Empuriabrava..... | 55 |
| Figura 13. EDAR de Granollers..... | 59 |
| Figura 14. Esquema del disseny del SAC de Can Cabanyes..... | 62 |
| Figura 15. Plànol del SAC de Can Cabanyes. | 64 |
| Figura 16. Bassa d'amfibis. | 65 |
| Figura 17. Basseta temporal. | 65 |
| Figura 18. Planta d'aigües regenerades..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| Figura 19. Mapa de situació de la comarca de La Selva i de Riudarenes. | 70 |
| Figura 20. Mapa topogràfic de la zona d'estudi. | 71 |
| Figura 21. Mapa geològic de Catalunya 1:50.000..... | 72 |
| Figura 22. Mapa de delimitació dels diferents aquífers de la conca de la Tordera. | 73 |
| Figura 23. Climograma de Riudarenes. Dades pluviomètriques..... | 74 |
| Figura 24. Mapa de risc d'inundacions de Riudarenes segons diferents períodes de retorn..... | 75 |
| Figura 25. Model de connectors elaborat a partir de les distribucions potencials obtingudes per la tortuga europea..... | 76 |
| Figura 26. Aiguamoll de la Camparra. | 77 |
| Figura 27. Estació depuradora d'aigües residuals de Riudarenes..... | 78 |
| Figura 28. Delimitació de la zona d'actuació..... | 78 |
| Figura 29. Plànol de la depuradora de Riudarenes. | 80 |
| Figura 30. <i>Scirpus holoschoenus</i> | 90 |
| Figura 31. <i>Thypha latifolia</i> | 91 |
| Figura 32. <i>Iris pseudacorus</i> | 91 |
| Figura 33. Cromatograma d'una mostra patró. | 114 |
| Figura 34. Reixa de tipus electrosoldat..... | 134 |
| Figura 35. Esquema de la col·locació dels tancats d'aclimatació..... | 134 |

ÍNDEX DE TAULES

| | |
|---|-----|
| Taula 1. Requisits per als abocaments procedents d'instal·lacions de depuració d'aigües residuals urbanes mitjançant tractament secundari. | 43 |
| Taula 2. Requisits per als abocaments procedents d'instal·lacions de depuració d'aigües residuals urbanes mitjançant tractament més rigorós. | 43 |
| Taula 3. Valors de qualitat dels paràmetres de les aigües depurades. | 45 |
| Taula 4. Resultats del anàlisi de l'aigua a l'entrada i la sortida del SAC d'Empuriabrava, així com els rendiments pels anys 2010 i 2011. | 57 |
| Taula 5. Resultats del anàlisi de l'aigua a l'entrada i la sortida del SAC de Can Cabanyes, així com els rendiments pels anys del 2010 i 2011..... | 68 |
| Taula 6. Resultats dels paràmetres de l'aigua de sortida de la depuradora de Riudarenes analitzats al laboratori..... | 81 |
| Taula 7. Resultats dels anàlisis de l'aigua de sortida de la depuradora de Riudarenes, així com els rendiments pels anys del 2010 i 2011..... | 83 |
| Taula 8. Taula resum de les característiques i necessitats d'hàbitat d' <i>E.orbicularis</i> . | 84 |
| Taula 9. Taula resum de les característiques de la zona d'actuació a Riudarenes. | 85 |
| Taula 10. Taula resum de les característiques dels aiguamolls d'Empuriabrava i Can Cabanyes. | 87 |
| Taula 11. Resultats d'eliminació i rendiments dins l'aiguamoll construït..... | 90 |
| Taula 12. Taula resum de les característiques de disseny de sistema..... | 95 |
| Taula 13. Taula resum dels elements i accions que s'han de dur a terme durant la construcció de l'aiguamoll i les quantitats de cadascun. | 97 |
| Taula 14. Temps necessari en hores per a la realització de cada acció de la construcció. | 98 |
| Taula 15. Pressupost de la construcció del sistema. Preus compostos, inclouen el material i la instal·lació. | 100 |

Taula 16. Cronograma de les accions de manteniment que s'han de dur a terme cada any.....103

Taula 17. Pressupost de les accions de manteniment que s'han de dur a terme cada any per mesos.....104

Taula 18. Valors dels paràmetres K_T i C^* per als diferents contaminants.120

ACRÒNIMS

| | |
|----------------|--|
| ACA | Agència Catalana de l'Aigua |
| AHE | Associació herpetològica espanyola |
| CNEA | Catàleg nacional d'espècies amenaçades |
| EDAR | Estació depuradora d'aigües residuals |
| EEUU | Estats Units d'Amèrica |
| ENIM | Espai natural d'interès municipal |
| FS | Flux superficial |
| FSS | Flux subsuperficial |
| INUNCAT | Pla de protecció civil per al risc d'inundacions a Catalunya |
| ITEC | Institut de tecnologia de la construcció de Catalunya |
| NT | Near threatened (gairebé amenaçat) |
| PEAD | Polietilè d'alta densitat |
| PEF | Planificació d'espai fluvial |
| PEIN | Pla d'espais d'interès natural |
| POUM | Pla d'ordenació urbanística municipal |
| PSARU | Pla de sanejament d'aigües residuals urbanes |
| SAC | Sistema d'aiguamolls construïts |
| SAF | Sulfat d'Amoni Ferrós (Sal de Mohr) |
| UICN | Unió internacional per la conservació de la natura |

AGRAÏMENTS

Durant l'elaboració d'aquest projecte, hem rebut la col·laboració de moltes persones que, desinteressadament, han contribuït a la seva satisfactòria realització. Per aquest motiu volem mostrar la nostra gratitud a cadascuna d'aquestes persones.

En primer lloc, volem agrair el suport del nostre tutor tècnic, en **Sebastià Puig**, que malgrat les constants i reiterades reunions sempre s'ha mostrat molt interessat i ens ha ajudat a treure coses en clar i a avançar en la nostra feina. També li volem agrair la seva proximitat com a persona i la motivació que ens ha transmès en tot moment, el que ha fet que tot fos molt més senzill.

Alhora, volem expressar la nostra sincera gratitud a la nostra tutora tècnica l'**Esther Llorens**, de l'Institut català de recerca de l'aigua i especialista en aiguamolls construïts, per la paciència que ha tingut durant totes les nostres reunions. Els seus consells, coneixements i contactes compartits amb nosaltres han donat forma en gran part al projecte.

Així mateix, també volem agrair al nostre tutor docent, en **Francesc Córdoba**, les seves reflexions entorn a l'estructuració i desenvolupament del projecte, les quals ens han permès tenir una altra perspectiva.

En segon terme, volem agrair la col·laboració de tots aquells particulars i institucions que, puntualment, han col·laborat amb nosaltres.

A la **Fundació Emys**, la qual ens va encarregar el projecte i ens va proporcionar informació molt útil sobre la tortuga d'estany europea i sobre la situació de la mateixa a Riudarenes.

A l'**Eduard Marquès**, del servei de control de mosquits dels aiguamolls d'Empuriabrava, qui ens va atendre molt cordialment durant la visita a les instal·lacions i ens va donar explicacions sobre el funcionament del sistema i la seva experiència, les quals van ser de molta utilitat.

A en **Joan García**, del departament d'enginyeria hidràulica, marítima i ambiental de la UPC, el qual ens va facilitar molta informació sobre el disseny i la construcció dels aiguamolls d'Empuriabrava i Can Cabanyes, informació imprescindible per a la correcta realització del projecte, i sense la qual aquest no hagués estat complet.

A en **Xavier Romero**, tècnic de l'ajuntament de Granollers, el qual va guiar-nos durant la visita als aiguamolls de Can Cabanyes i ens va explicar molt amablement i de forma molt completa el funcionament dels sistema. També hem d'agrair el fet que ens facilités documents tècnics amb informació imprescindible sobre el disseny i la construcció de l'aiguamoll.

A en **Francesc Llenas**, cap de la depuradora de Riudarenes, qui ens va obrir les portes de les instal·lacions i ens va explicar el seu funcionament, així com la seva ajuda en la presa de mostres.

A l'**Ariadna Cabezas**, del Laboratori d'enginyeria química i ambiental de la UdG, per la seva ajuda en la realització dels anàlisis d'aigua al laboratori.

A en **Lino Montoro**, del departament d'Enginyeria mecànica i de la construcció de la UdG, per la seva inestimable ajuda en el disseny i càlculs de les canonades quan no sabíem per on començar.

A l'**Ana-Belén Villena**, arquitecte tècnica, pel temps dedicat en la confecció dels plànols amb els seus coneixements i experiència amb AutoCad i temes de construcció.

A en **José Villena**, conductor de màquines excavadores, per els seus coneixements i experiència en la construcció, els quals ens han servit d'orientació a l'hora de decidir com fer l'obra i establir un cronograma.

En darrer lloc, i no per això menys important, volem agrair a les nostres famílies la seva paciència i comprensió durant tot el temps que ha durat la realització d'aquest projecte i haver-nos permès, amb el seu esforç i treball, ser avui aquí i poder elaborar aquest projecte.

Moltes gràcies a tothom.

“La conservació és ara, la Terra no té més temps.”

(Karla Sanabria)

PREÀMBUL

L'aigua és essencial per totes les formes de vida conegudes. Des del principi l'home s'ha servit de l'aigua de manera natural per a cobrir les seves necessitats i ha tractat de buscar-ne un millor aprofitament. Amb el transcurs del temps i el progressiu desenvolupament humà es van anar augmentant les demandes d'aigua per a diferents usos, donant lloc a que els retorns de les quantitats utilitzades arribessin a incidir negativament sobre la qualitat dels recursos disponibles, la qual cosa va portar a la necessitat d'efectuar artificialment la depuració que la naturalesa porta a terme. Els mètodes de depuració es remunten a la prehistòria i han anat evolucionant al llarg del temps i de les civilitzacions.

Però aquest no és l'únic problema derivat de l'ús de l'aigua al llarg de la història, també ha provocat la pèrdua de grans extensions de zones humides, les quals juguen un paper molt important per la biosfera en aspectes com la producció d'aliments, l'autodepuració de l'aigua, l'abastament de fonts, l'atenuació de les avingudes i la regulació de la temperatura i nivell de les aigües. Al voltant del 60% de les zones humides al món han estat destruïdes en els últims 100 anys, sobretot com a conseqüència dels sistemes de drenatge per l'agricultura degut a la seva elevada fertilitat, però també per la contaminació, preses, canals, explotació d'aqüífers subterranis i el desenvolupament humà.

La desaparició d'aquestes zones ha estat lligada a la pèrdua irreversible de biodiversitat a nivell local i, en alguns casos, a nivell global, ja que són riques en nutrients i ofereixen hàbitats per a petits organismes que alimenten a peixos i altres formes de vida, que a la vegada nodreixen a mamífers i aus. Moltes zones humides posseeixen una riquesa d'espècies comparable a la dels boscos tropicals o els esculls de corall. En els últims 50 anys la pèrdua de biodiversitat s'ha produït a un ritme mai vist en la història de la humanitat. Es calcula que l'activitat humana ha augmentat la taxa d'extinció de les espècies a un ritme almenys cent vegades superior al natural.

(Coneixements adquirits durant la carrera)

1.OBJECTIUS

El present projecte té com a objectiu **dissenyar un aiguamoll construït** per a ser implantat a la sortida de la depuradora del municipi de Riudarenes, i rebre l'aigua de l'efluent d'aquesta. La proximitat de la depuradora a diferents zones humides de la zona, fan que sigui un lloc estratègic per a la projecció d'aquest tipus de sistema.

El disseny d'aquest aiguamoll es fa amb dues finalitats principals:

- La primera és la de crear un **nou espai humit**, que actuï d'hàbitat per a la tortuga d'estany europea *Emys orbicularis*, entre altres organismes. El que es pretén és contribuir a afavorir l'hàbitat d'aquesta espècie per tal de fer augmentar el nombre d'individus i la connectivitat entre els diferents ambients humits que hi ha a la zona.
- En segon terme, l'aiguamoll actuaria com a **tractament terciari** de l'efluent de la depuradora. Es podria millorar la qualitat de l'aigua, la qual va a parar a la Riera de Santa Coloma, fent un afinament dels nivells de nitrogen i fòsfor.

El projecte pretén ser executiu, per aquest motiu un cop fet el disseny, es vol establir un protocol de construcció i del posterior manteniment de l'aiguamoll, així com un pressupost de cadascun.

2.JUSTIFICACIÓ

El disseny d'un aiguamoll construït que es realitzarà mitjançant aquest projecte, permetrà incorporar dos aspectes clau pel que fa a la conservació del medi ambient: d'una banda aquest aiguamoll actuaria com a espai humit i de suport per a diferents organismes lligats a ambients aquàtics; en segon terme actuaria com a tractament addicional a la depuració convencional d'aigües, per la reducció de les concentracions de sortida en nitrogen i fòsfor de la depuradora i, d'aquesta manera, millorar la qualitat de l'aigua.

En el nostre cas concret, aquest nou hàbitat podria afavorir el creixement de la població de tortuga d'estany europea *Emys orbicularis* d'aquesta zona, important per al desenvolupament de l'espècie a Catalunya, ja que es tracta d'una espècie considerada vulnerable i en regressió a Catalunya i amb una gran importància ecològica (genètica).

A més, es podria millorar la qualitat de l'efluent de la depuradora, el qual desemboca a la Riera de Santa Coloma que es troba inclosa en el PEIN, així com la integració de l'entorn del municipi i de la població en un espai natural .

Els principals avantatges d'un aiguamoll construït en front de qualsevol altre tipus de tractament terciari, són:

- Es tracta d'un dels sistemes més econòmics, ja que precisen d'un manteniment mínim i tenen una gran simplicitat d'operació. Baix o nul consum energètic i mínima producció de residus. La seva vida útil és d' entre 15 i 20 anys.
- Imiten els processos d'autodepuració naturals i poden ser utilitzats com a hàbitat per a diferents espècies de fauna i flora, a més, la flexibilitat de disseny pel que fa al dimensionament i geometria permet la creació de microhàbitats. Produeixen un baix impacte ambiental i tenen una bona integració en el paisatge.

Cada cop més, els municipis estan prenent un paper protagonista en temes ambientals. En aquest sentit, el present projecte impulsa un sistema innovador i és una aposta de futur pel que fa a la preservació del medi ambient.

3. INTRODUCCIÓ

La implantació d'un tractament terciari proporciona una etapa final per augmentar la qualitat dels efluent de depuradora, abans que aquest sigui descarregat a l'ambient receptor. Els sistemes d'aiguamolls construïts (SAC), permeten la creació de nous espais humits.

La tortuga d'estany europea *Emys orbicularis* (en endavant *E. orbicularis*) és una espècie catalogada com a gairebé amenaçada (NT) per la UICN a nivell mundial i a nivell europeu, està inclosa dins l'Annex II del Conveni de Berna i l'Annex I i II de la Directiva Hàbitats. Està considerada com escassa o rara i amenaçada a la península Ibèrica.

Segons el CNEA es troba catalogada com espècie vulnerable i es troba inclosa en el "Libro Rojo de anfibios y réptiles de España". A nivell de Catalunya està protegida per la llei 22/2003 de Protecció dels Animals, en la que s'estableix la protecció de les espècies autòctones de tortugues terrestres i aquàtiques, tant continentals com marines.

A Catalunya, les poblacions es troben molt fragmentades i amb pocs efectius poblacionals a causa de la destrucció i fragmentació d'hàbitats (Llorente et al. 1995). A la comarca de la Selva hi ha la població millor conservada de tot el nord-est ibèric (Mascort 1998, Llorente et al. 1995), en aquest sentit, el nou hàbitat creat a partir de l'aiguamoll construït, actuaria com a connector amb els espais humits de la zona i afavoriria l'augment del nombre d'individus d'aquesta espècie. La conservació d'aquesta espècie passa per una protecció efectiva dels seus hàbitats.

3.1 DESCRIPCIÓ DE LA TORTUGA D'ESTANY EUROPEA *EMYS ORBICULARIS*

3.1.1 Hàbitat i ecologia tròfica

Aquesta espècie ocupa qualsevol tipus de massa d'aigua poc profunda, amb preferència per aquelles amb baixa o nul·la corrent (Figura 1) i abundant cobertura vegetal, tant perimetral com aquàtica. En la Península Ibèrica, habita des del nivell del mar fins els 1050 m d'altitud (Segurado et al. 2005) i nidifica a 3 – 15 metres de l'aigua (Alarcos et al. 2007). Pot ocupar medis artificials, tot i que no presenta una tolerància elevada a la contaminació i l'eutròfia (Keller et al. 2004).



Figura 1. Estany de La Camparra a Riudarenes. Font: Web del Consell Comarcal de la Selva

La seva dieta és oportunista, en la que predomina el component animal però inclou també plantes (Fritz 2001). El 30% de la biomassa animal en la seva alimentació es compon de petits invertebrats (Gómez-Mestre et al. 2003). Hiverna en el fons de l'aigua.

3.1.2 Distribució

E. orbicularis té una distribució molt ampla, del nord-oest africà s'estén per tota l'Europa continental, Turquia i pròxim orient fins el mar d'Aral (Fritz 2003).

Tot i la seva gran distribució, es troba amenaçada i està considerada com escassa o rara en la península Ibèrica. Tot i així, apareix en densitats considerables en la Comunitat Valenciana, Extremadura i Andalusia. *E. orbicularis* es troba present a l'Alt Empordà, Baix Empordà, Gironès, La Selva, Vallès Occidental, Baix Penedès, Tarragonès, Baix Ebre, Montsià, Terra Alta, Ribera d'Ebre, Noguera i en el Segrià. La majoria d'aquestes localitats estan formades per individus aïllats i dispersos (Figura 2).

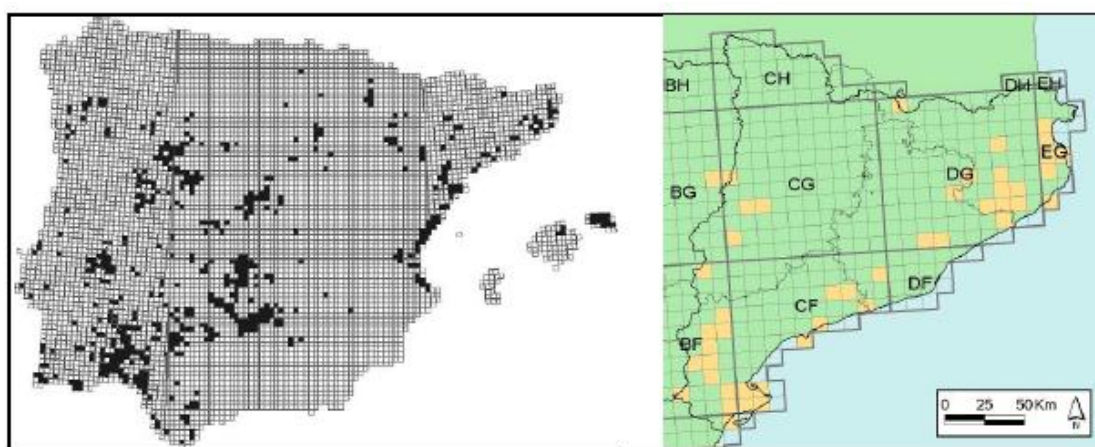


Figura 2. Distribució d'*E. orbicularis* a la Península Ibèrica i Catalunya fins 2004. Font: AHE,2005

En els darrers 10 anys es pot considerar que a Catalunya només existeixen cinc àrees amb constància de poblacions d'*E. orbicularis*(Figura 3).

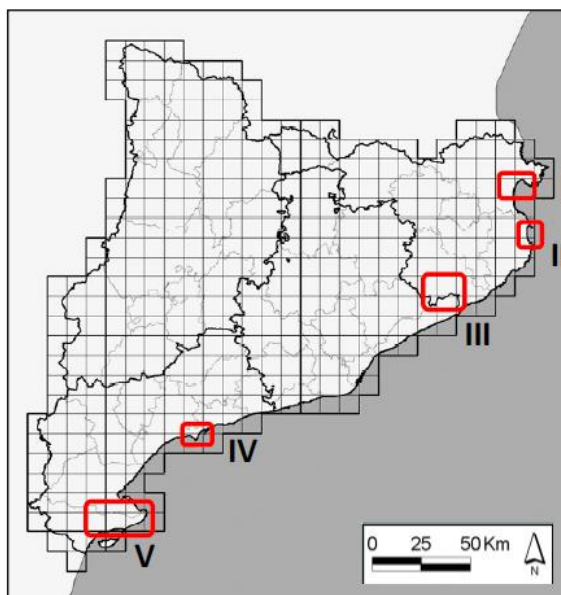


Figura 3. Situació geogràfica de les cinc zones de Catalunya on s'han trobat poblacions de tortuga d'estany europea (*Emys orbicularis*): I. Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà (introduïda); II. Baix Ter; III. Pla de la Selva; IV. Vila-Seca (Tarragona) i V. Delta de l'Ebre. Font: Mascort, 1998

A la comarca de La Selva, es troba la població d'*E. orbicularis* millor conservada del nord-est ibèric. En aquesta zona es poden trobar diferents nuclis reproductors distribuïts en diferents basses, sèquies i rierols, interconnectats entre sí. Aquesta situació es fruit de l'esforç i les accions de conservació preses sobre l'espècie i els ambients que ocupa.

3.1.3 Causes del declivi de la espècie

Les poblacions d'*E. orbicularis* de Catalunya han patit un procés de davallada progressiva en els últims decennis, fins a l'extrem de trobar-se en greu perill d'extinció o desaparèixer en moltes localitats. No hi ha un factor evident d'aquest declivi sinó una interacció de múltiples factors (no sempre fàcilment identificables) com causants d'aquesta situació. Cal destacar que sempre tenen en comú un origen antròpic. Els factors que podrien induir a la disminució de l'espècie poden tenir una incidència directa sobre l'espècie/ l'individu, o bé indirecte, fins i tot els dos alhora.

Incidència directa sobre l'espècie/ l'individu

CONTAMINACIÓ: Puntual o difusa pot portar essencialment problemes relacionats amb la bioacumulació de tòxics i la seva biomagnificació (Ayres et al. 2004), conseqüència del nivell tròfic que ocupa l'espècie en l'ecosistema (bàsicament depredador i carronyer).

CAPTURA D'EXEMPLARS: L'establiment d'una legislació molt restrictiva sobre la captura i tinença d'exemplars de l'espècie ha fet decaure molt aquesta

pràctica, la qual ha sigut determinant per portar al límit a moltes poblacions catalanes. Actualment, si es dona, es a través d'un comerç submergit i il·legal d'espècimens per al col·leccionisme i la terrarifilia.

MORTALITAT ACCIDENTAL: Les intervencions amb maquinària en hàbitats on es troba present l'espècie i el tràfic rodat, són responsables de baixes en la població durant desplaçaments i ús de la matriu terrestre entre els diferents punts d'aigua, incidint en la fracció dispersant de la població (juvenils i mascles reproductius) o en les femelles en el moment de la posta (Steen et al. 2004, Aresco 2005).

DEPREDACIÓ: És un factor que afecta majoritàriament a les postes i als nounats. S'ha constatat la depredació per part de carnívors aquàtics com la llúdria (*Lutra lutra*) (Lanszki et al. 2006), així com la depredació de juvenils pel lluç de riu (*Esox lucius*) (Lebboroni et al. 1991). En qualsevol cas, la depredació sempre s'ha considerat un factor de regulació natural de la població i mai com una causa de declivi de la mateixa.

ESPÈCIES INVASORES: Actualment les conseqüències d'aquestes sobre les poblacions estan en fase d'estudi. L'aparició de sobte d'una o més espècies foranies poden alterar l'equilibri de l'ecosistema i es poden donar processos que alterin l'organització i el funcionament dels ecosistemes residents, podent establir noves relacions biòtiques com depredació, parasitosi, transferència de paràsits i exclusions competitives de difícil predicció. Aquest nou escenari, degut a que les espècies que entren en contacte no han tingut un patró d'evolució conjunt, poden comportar l'aparició de noves pressions de selecció que alterin les característiques demogràfiques de les diferents espècies tant autòctones com al·lòctones i l'ús dels recursos de l'hàbitat (Williamson 1996).

Existeixen evidències de que la tortuga de Florida o americana (*Trachemys scripta elegans*) (Figura 4), exerceix una competència directa sobre *E. orbicularis* pels llocs d'insolació, importants per al cicle biològic de qualsevol rèptil i possiblement per les zones de refugi, així com per l'hàbitat i els recursos alimentaris. A nivell reproductiu, aquesta espècie invasora presenta un major potencial de reproducció que les autòctones, amb altes proporcions de femelles gràvides, llargs períodes de posta amb fins 4 o 5 postes diferents i elevada mida de posta, situant-la en una posició d'avantatge demogràfic (Cadí et al. 2004, Pérez-Santigosa 2007).



Figura 4. Exemplar de tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en un tronc (esquerra) i nedant en una bassa en el mateix hàbitat de la tortuga d'estany europea (*Emys orbicularis*) en la comarca de la Selva. Font: Franch et al. 2008

A més de les tortugues exòtiques, espècies d'altres grups d'animals i vegetals poden incidir directa o indirectament sobre les poblacions d'*E. orbicularis*. Hi ha evidències de que el visó americà (*Mustela vison*) és un potencial depredador sobre nounats i juvenils d'aquest queloni. Indirectament, la proliferació de vegetació invasora com l'herba de la Pampa (*Cortaderia selloana*) pot tenir efectes negatius sobre la reproducció ja que hauria de reduir l'hàbitat idoni per la realització de les postes (Franch et al. 2008).

Incidència indirecta: afectacions en l'hàbitat de les espècies

Es tracta d'una espècie considerada com aquàtica estricta. Per això la problemàtica de l'espècie en pèrdua i degradació de l'hàbitat ha sigut sempre associada a ecosistemes aquàtics. Fruit de l'estudi cada vegada més profund de la seva biologia, s'ha observat la gran importància dels ambients terrestres, tant per la mobilitat entre nuclis poblacionals com per la reproducció i expansió de l'espècie (Ramos et al. 2002, Ficetola et al. 2004).

ALTERACIÓ, FRAGMENTACIÓ I PÈRDUA D'HÀBITAT: es pot veure afectat per diversos factors dels quals destacaríem l'artificialització del medi aquàtic amb drenatges, canalitzacions, preses i dessecacions d'ambients; la homogeneïtzació del paisatge tant de forma natural (pèrdua d'ecotons i de paisatge en mosaic) com antropogènica (concentració agrícola i de parcel·les com eliminació de marges i petites taques de bosc, matolls i terrenys adjacents a les masses d'aigua); la intensificació de l'activitat agro-forestal i gestió agro-forestal no adequada i/o mal planificada sense tenir en compte el medi natural on es desenvolupa l'activitat; la pèrdua i fragmentació de l'hàbitat com a conseqüència de la urbanització i les infraestructures; i la contaminació de les aigües continentals; per el desenvolupament urbanístic o per la sobreutilització de fertilitzants (d'origen agropecuari o de síntesi) en l'agricultura.

La combinació d'aquestes causes poden portar a un aïllament de les poblacions i aquest aïllament pot ser traduït en empobriment o deriva genètica, factor clau per explicar les extincions locals.

3.1.4 Biologia

E. orbicularis pot arribar als 30 cm de longitud de cuirassa, però aquesta varia en funció de la població (el promig es situa entre els 18 i 25 cm). La cuirassa es lleugerament bombada, el·líptica i una mica més ample de la part posterior. Les seves plaques són poc marcades, conferint-li un aspecte en general, llis. Té les extremitats robustes amb escames molt aparents i membranes interdigitals. L'escut (part dorsal) normalment és fosc amb taques o punts grocs que es poden fusionar entre ells donant lloc a un disseny radial, amb una elevada variació entre individus i poblacions. Aquest mateix disseny es visible en el cap, les extremitats i també la cua. El disseny del plastró (part ventral) conté taques brunes o fosques, irregulars o simètriques, sobre un fons groguenc o blanquinós (Figura 5) (Ayres 2009).



Figura 5. Disseny ventral d'exemplars d'*Emys orbicularis*. Font: Ayres 2009

Els nounats presenten una cuirassa en forma de semicercle, de fins 22 mm, amb una quilla vertebral que va desapareixent amb l'edat. El seu pes oscil·la entre els 3.5 i els 5 g. Tenen una coloració més uniforme que la dels adults i amb un disseny de taques grogues en les extremitats, cap i coll. Aquesta espècie presenta un marcat dimorfisme sexual en adults, molt evident en la seva mida, on les femelles arriben a les màximes mesures. El dimorfisme sexual també es presenta amb un plastró més còncav en els mascles i més aplanat o lleugerament convex en les femelles. Els mascles també presenten una cua més llarga i robusta amb una obertura cloacal mes allunyada de la base (Ayres 2009).

Tenen un cicle reproductiu anual. L'aparellament comença quan finalitzen la hibernació, aproximadament de mitjans de gener fins al maig. L'aparició de femelles amb ous es produeix des de mitjans d'abril fins juliol. La incubació dels ous es realitza durant l'estiu i tenen un temps de 81 a 88 dies, els nounats emergeixen als mesos d'agost i setembre (Ayres 2009).

3.2 TECNOLOGIA D'AIGUAMOLLS CONSTRUÏTS

3.2.1 Història de la tecnologia

Els aiguamolls construïts han estat utilitzats com a sistema de depuració des de principis del s.XX. Aquest procés s'inicia quan es desenvolupen les xarxes de clavegueram a les zones urbanes, ja que els aiguamolls van esdevenir llocs d'abocament de les aigües residuals, de manera que s'aprofités els avantatges depuratius d'aquests sistemes naturals (Kadlec et *al.* 1996).

Els primers experiments destinats a provar la capacitat de depuració de sistemes d'aiguamolls van ser duts a terme per Käthe Seidel al 1952, que treballava com a biòloga a l'Institut Max Plank d'Alemanya. A partir d'aquest moment, i durant les dècades dels 50 i 60 Seidel, va treballar juntament amb el Dr. Robert Kickuth (científic a la universitat de Gottingen, Alemanya) i van desenvolupar el tractament conegut com "Root Zone Method", que correspon a un aiguamoll de flux subsuperficial. El primer estudi d'un aiguamoll construït de flux subsuperficial a escala real es va realitzar en 1974 a Wolverton, Missisippi. A Europa va ser a Othefresen (Alemanya) el 1974, aquest aiguamoll, que va ser dissenyat seguint el model de l'Institut Max Plank, segueix operatiu a dia d'avui i tracta aigua residual domèstica. Cal destacar que algunes de les primeres experiències van fracassar a causa del disseny incorrecte de la instal·lació i, per tant, les aigües no es depuraven (Kadlec et *al.* 1996).

Durant els anys 70 es van iniciar diversos estudis sobre aiguamolls superficials. Durant aquesta època, a EEUU, es va iniciar l'estudi d'un aiguamoll natural, al qual s'hi abocava un efluent secundari amb l'objectiu d'evitar l'eutrofització del llac Houghton a Michigan. Més tard es van començar a estudiar altres aiguamolls construïts de flux superficial a Florida i Califòrnia, els quals també tractaven efluentes secundaris. A Anglaterra l'interès per aquests sistemes de depuració es va iniciar en 1985, quan un grup d'investigadors del "Water Research Center"(Swindon) va visitar Alemanya per documentar les experiències de Seidel i de Kickuth (Kadlec et *al.* 1996).

A finals dels anys 80, es van comprendre els diferents errors que portaven a una depuració incorrecta. Va ser a partir de llavors, quan van aparèixer els primers manuals amb criteris de disseny i constructius i es va realitzar el primer simposi internacional sobre la tecnologia a Chattanooga (EEUU), el qual es segueix repetint cada dos anys. Al mateix temps es va crear el grup "International Water Association", especialitzat en aiguamolls artificials (Kadlec et *al.* 1996).

En l'actualitat aquests sistemes s'estan aplicant de forma creixent a tot el món, tant als països nòrdics com del Sud, per tractar aigües residuals de tot tipus (Reed et *al.* 1995, Kadlec et *al.* 2000). Als països del Sud els aiguamolls constitueixen una alternativa molt viable pel problema del sanejament de les aigües. L'èxit d'aquesta

tecnologia no és només la seva eficàcia, sinó també el canvi de mentalitat progressiu de les societats humanes cap al desenvolupament sostenible.

3.2.2 Tipus de dissenys

En el disseny dels aiguamolls construïts existeixen dues variants principals: aiguamolls de flux superficial (FS) i aiguamolls de flux subsuperficial (FSS) els quals poden ser horitzontals o verticals, segons la circulació de l'aigua (García 2004):

Els **aiguamolls de flux superficial** són sistemes de depuració constituïts per llacunes o canals poc profunds (menys d'un metre), plantats amb vegetals propis de les zones humides i en els quals els processos de descontaminació tenen lloc mitjançant les interaccions entre l'aigua, el substrat sòlid, els microorganismes, la vegetació i fins i tot la fauna (Figura 6). En aquests sistemes, l'aiguamoll ha d'estar impermeabilitzat per a que no es produeixin filtracions d'aigua al subsòl. Aquesta impermeabilització es pot fer mitjançant la compactació d'una capa d'argila o amb làmines plàstiques.

En aquest cas, l'aigua està exposada directament a l'atmosfera i circula preferentment a través de les tiges i fulles de les plantes. La làmina d'aigua sol estar entre 0,3 i 0,4 m de profunditat. Els sistemes de FS també es poden dissenyar amb l'objectiu de crear nous hàbitats per a la fauna i la flora o per millorar la qualitat d'aiguamolls naturals propers. Aquesta classe de sistemes solen incloure combinacions d'espais oberts i zones vegetades per proporcionar hàbitats de cria per a aus aquàtiques i altres organismes.

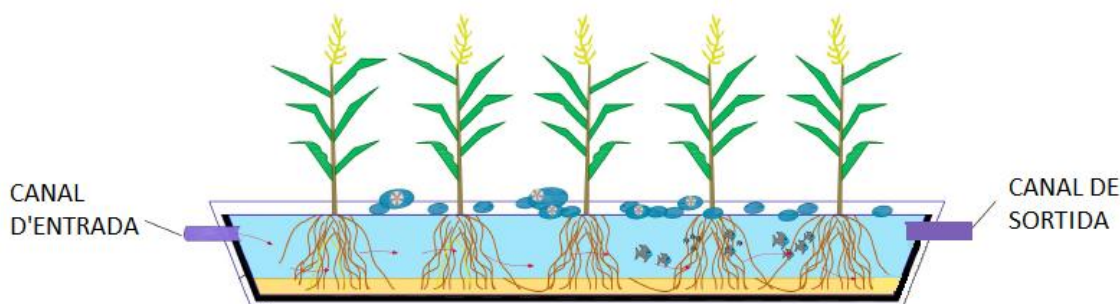


Figura 6. Dibuix esquemàtic d'un sistema d'aiguamolls de flux superficial. Font: Sánchez, 2011 (modificat)

En els **aiguamolls de flux subsuperficial** el medi granular és l'element més important i el que el diferencia de l'aiguamoll superficial. La profunditat de la làmina d'aigua sol estar entre 0,3 i 0,9 m. La grava ofereix a l'aiguamoll una major taxa de reacció que permet aconseguir els mateixos rendiments amb una àrea menor. El nivell de l'aigua ha de romandre sempre entre el material granular per evitar problemes d'olors i mosquits.

Els sistemes de FSS, es poden entendre com una modificació dels sistemes clàssics d'infiltració del terreny, com els filtres verds o els sistemes de infiltració/percolació dels sistemes naturals. N'hi ha de dos tipus segons la direcció de l'aigua dins el sistema, horitzontals (Figura 7) i verticals (Figura 8).

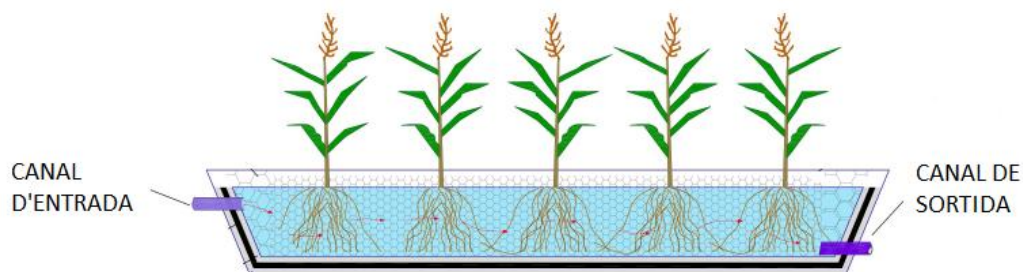


Figura 7. Dibuix esquemàtic d'un sistema d'aiguamolls de flux subsuperficial en horitzontal. Font: Sánchez, 2011 (modificat)

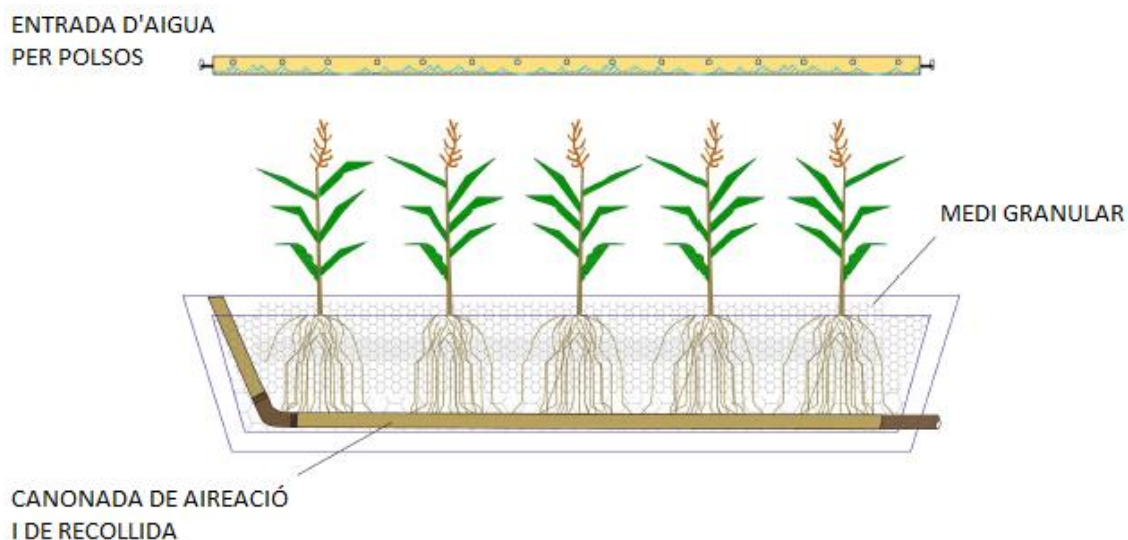


Figura 8. Dibuix esquemàtic d'un sistema d'aiguamolls de flux subsuperficial en vertical. Font: Sánchez, 2011 (modificat)

La principal diferència entre els aiguamolls de FS i els de FSS, és que els de FSS es poden utilitzar com a tractaments secundaris i, en canvi, els de FS necessiten un tractament secundari previ, per tant es tracta de tractaments terciaris.

El fet que els aiguamolls de FS es trobin exposats directament al medi, pot provocar una estratificació tèrmica en l'aigua i, conseqüentment, la disminució de la capacitat de depuració, fet important en els països nòrdics, així com la possible proliferació de mosquits.

Tot i que els aiguamolls de FSS són més sensibles a la saturació si no hi ha una bona circulació de l'aigua, i la seva construcció sol ser més cara que els de FS, no pateixen

estratificació tèrmica i no produeixen males olors degut a que les aigües són subterrànies.

En el present projecte, el disseny que es farà és d'un sistema de FS, per tal de poder crear una nova zona humida.

3.2.3 Factors

Els aiguamolls construïts de FS són un sistema alternatiu de tractament d'aigües residuals de poca profunditat i en el que es planten espècies aquàtiques encarregades de purificar l'aigua mitjançant processos naturals (químics, físics i biològics). Els principals elements que intervenen en aquests processos són:

Aigua

L'aigua és un dels elements més importants d'un aiguamoll ja que, per a que pugui ser considerat com a tal, aquesta ha d'estar present gairebé permanentment. A causa de la seva gran extensió i poca profunditat, a diferència d'altres ecosistemes aquàtics, els aiguamolls posseeixen una forta interacció i dependència amb els processos d'evapotranspiració i precipitació. Aquests processos afecten la seva hidrologia de vegades de manera dràstica i fins i tot poden influir en la seva eficiència per tractar aigües residuals (Lara 1999).

Substrat

Els materials utilitzats com a substrat en un aiguamoll de FS són les sorres i les terres vegetals, a més dels sediments i els residus que es van dipositant a mesura que l'efluent circula lentament per tota la superfície. La importància del substrat en un aiguamoll radica en el fet que serveix de sosteniment per a tots els éssers vius que habiten en ell, incloent els microorganismes encarregats del tractament de les aigües residuals. Així mateix, la impermeabilitat de l'aiguamoll depèn del substrat que el forma (Salas et al. 2007).

Vegetació

La vegetació, és un dels factors més importants a l'hora de construir un aiguamoll de FS, ja que aquesta actua de suport per al creixement de la biopel·lícula encarregada de la biodegradació i la filtració de les partícules, per tant, la quantitat de vegetació està relacionada amb el rendiment del sistema.

La seva presència distribueix i alenteix la velocitat de l'aigua, el que afavoreix la sedimentació i augmenta el temps de residència hidràulic i, per tant, el temps de contacte entre l'aigua i les plantes. La vegetació origina un important gradient de llum, disminueix la velocitat del vent i esmorteix els canvis de temperatura.

L'assimilació de nutrients per part de la vegetació pot arribar a ser important, tot i que els nutrients tornen a l'aigua quan hi ha la mort de la planta, per aquest motiu s'ha d'estudiar la possibilitat d'establir unes collites periòdiques. D'altra banda, per les arrels s'alliberen compostos com carboni fixat fotosintèticament, el qual pot servir com a font per a bacteris desnitrificants o altres organismes de la rizosfera, incloent les comunitats microbianes que s'hi desenvolupen.

Les espècies utilitzades són helòfits que tenen com a característiques comunes la seva gran resistència a les propietats de les aigües residuals, la seva capacitat per acumular nutrients, l'adaptació a profunditats variables de l'aigua, l'important desenvolupament de la rizosfera i la facilitat de maneig. Aquestes espècies han estat restringides a uns pocs gèneres.

En general, el funcionament dels sistemes de FS no es veu afectat per l'espècie vegetal. S'hauria d'afavorir la major diversitat d'espècies possible, el que permet una major estabilitat a llarg termini en front de les pertorbacions, augmenta la superfície colonitzada per les bacteris i millora el valor ecològic de l'aiguamoll (Bécares 2004).

Microorganismes

L'eficiència dels aiguamolls com a sistemes de depuració està condicionada per l'activitat microbiològica que es duu a terme en aquests tipus d'ecosistemes. És per això que, en el disseny i construcció d'un aiguamoll, s'ha de tenir en compte la creació d'un ambient adequat per al creixement dels microorganismes. Els protozous, els bacteris i les algues microscòpiques són alguns dels tipus de microorganismes que creixen en els aiguamolls i que s'encarreguen de tractar l'aigua residual (Lara 1999).

Fauna

Els aiguamolls constitueixen un hàbitat natural per a nombroses espècies animals, especialment invertebrades. A més, molts d'ells contribueixen al tractament de les aigües residuals ja que descomponen la matèria orgànica, fins i tot ho fan en grans quantitats durant la seva etapa larvària (Lara 1999).

3.2.4 Mecanismes de depuració

Els principals processos que tenen lloc en els aiguamolls construïts de flux superficial són biològics i físics, mitjançant els quals s'eliminen els sòlids en suspensió, la matèria orgànica, nutrients com nitrogen i fòsfor i organismes patògens (Salas et al. 2007):

Matèria en suspensió (MES)

L'eliminació de la matèria en suspensió té lloc, principalment, per fenòmens de sedimentació i filtració de les aigües al seu pas per tota la massa d'aigua i del conjunt que formen el substrat, els rizomes, les arrels i les tiges de la vegetació.

En aquest tipus d'aiguamolls per aconseguir elevats rendiments d'eliminació de matèria en suspensió es requereix disposar de zones amb abundant vegetació, que facilitin la sedimentació (al disminuir la velocitat de pas de les aigües), i la filtració, a la vegada que, per l'efecte ombra, s'evita el creixement excessiu de microalgues, que podria incrementar el contingut de sòlids en suspensió en els efluent final.

Matèria orgànica (MO)

La matèria orgànica, es troba present en forma de matèria en suspensió sedimentable en les aigües residuals a tractar, anirà decantant progressivament en els aiguamolls i experimentarà processos de degradació biològica. Igualment, part de la matèria orgànica, present en forma particulada, quedarà retinguda per filtració, al passar les aigües per l'entramat substrat – arrels - tiges. L'eliminació de matèria orgànica per les dues vies (sedimentació i filtració) es de forma ràpida.

Sobre la matèria orgànica dissolta, així com sobre la particulada, actuen els microorganismes presents en l'aiguamoll, principalment bacteries, que utilitzaran aquesta matèria orgànica a mode de substrat. A l'aiguamoll es donen zones amb presència o absència d'oxigen, per tant l'acció de les bacteries sobre la matèria orgànica té lloc tant a través de processos biològics aerobis com anaerobis.

La principal font d'aportació d'oxigen a la massa líquida ve donada pels fenòmens d'aireig superficial provocats pel vent. Aquests fenòmens es veuen minimitzats quan la vegetació de l'aiguamoll presenta una elevada densitat. De manera semblant succeeix amb l'aportació d'oxigen via fotosíntesi per les microalgues que es desenvolupen en la massa líquida, que queda reduïda per l'efecte ombra que exerceixen les vegetacions d'alta densitat, dificultant el desenvolupament d'aquests organismes fotosintètics.

L'aportació d'oxigen per les pròpies plantes aquàtiques té una menor importància, donat que la zona on aquest s'allibera (rizomes i arrels) es troba dins del propi substrat, per sota la columna d'aigua. Gairebé tot l'oxigen que s'aporta a les plantes es consumeix per la demanda existent en els sediments presents en el fons de l'aiguamoll. La vegetació aquàtica també contribueix a l'oxigenació, subministrat a través de les seves arrels i rizomes part de l'oxigen que es produït per fotosíntesi en les fulles, i que es transportat al llarg d'un canal conegut com aerènquima (Figura 9).



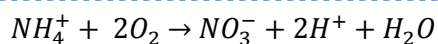
Figura 9. Detall de l'aerènquima del jonc (*Schoenoplectus lacustris*). Font: Wikipedia.

Nitrogen (N)

En les aigües residuals urbanes el nitrogen pot trobar-se principalment en forma orgànica i en forma amoniacal, i en menys quantitat com a nitrats o nitrats. Mitjançant processos d'amonificació, per via enzimàtica, les fraccions de nitrogen en forma orgànica es transformen en formes amoniacals, part de les quals són assimilades pels propis microorganismes, que l'incorporen a la massa cel·lular.

L'eliminació amoniacal es pot donar per assimilació per les pròpies plantes dels aiguamolls i per **processos de nitrificació – desnitrificació**. En el cas de l'assimilació del nitrogen amoniacal per les plantes de l'aiguamoll, molts estudis donen com a conclusió que, mitjançant aquesta assimilació i amb la sega de les plantes, no s'arriba a eliminar més enllà del 15-20% del nitrogen amoniacal present en les aigües a tractar. Si no es procedeix a la sega i retirada periòdica de la vegetació dels aiguamolls, la major part dels nutrients retinguts tornaran a les aigües, mitjançant processos de degradació de la biomassa vegetal.

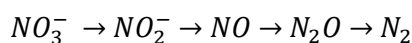
Per tant, la principal via d'eliminació del nitrogen amoniacal en els aiguamolls artificials es dona mitjançant processos combinats de nitrificació – desnitrificació, mitjançant bacteries les quals oxiden el nitrogen amoniacal a nitrat i, posteriorment, bacteries que oxiden els nitrats a nitrats.



És necessari destacar que la transformació del nitrogen amoniacal en nitrogen en forma de nitrat, no suposa l'eliminació del nitrogen present en les aigües a tractar, però sí que permet eliminar la seva demanda d'oxigen. Per a

l'eliminació biològica del nitrogen es necessari que els processos de nitrificació vagin seguits d'una etapa de desnitrificació.

La desnitrificació es realitzada per bacteries facultatives heteròtrofes, en condicions d'anòxia i en dues etapes. En un primer pas es produeix la conversió del nitrat i nitrit i, a continuació aquest passa a formes gasoses que escapen del sistema fins a l'atmosfera (òxid nítric, òxid nítric i nitrogen gas).



En els processos de desnitrificació, el paràmetre crític es la concentració d'oxigen dissolt, on la presència suprimeix el sistema enzimàtic necessari per al seu desenvolupament. El pH òptim per la desnitrificació es situa en el interval 7-8, on també es veu afectat el procés per la temperatura. La desnitrificació requereix igualment la presència de carboni orgànic en quantitat suficient, per reduir 1g de nitrat es necessiten 3 g de DBO₅ soluble (Salas et al. 2007).

Fòsfor (P)

En les aigües residuals urbanes el fòsfor es troba tant en forma orgànica com inorgànica. Les principals vies d'eliminació en els aiguamolls construïts són per absorció directa per part de les plantes, per adsorció sobre el substrat filtrant i sobre les partícules orgàniques, i per precipitació, mitjançant reaccions del fòsfor amb el ferro, alumini i calci presents en les aigües i en el substrat, donant lloc a la formació de fosfats insolubles.

L'absorció del fòsfor per les plantes és de l'ordre d'un 10% (Salas et al. 2007), on els fenòmens fisicoquímics juguen el paper principal en la reducció d'aquest nutrient mitjançant la tecnologia d'aiguamolls construïts. El fòsfor fixat/precipitat pot alliberar-se durant determinades èpoques de l'any, en funció de les condicions ambientals i, fonamentalment, com a resposta a canvis en el potencial redox.

Organismes patògens

Els organismes patògens presents en les aigües residuals a tractar s'eliminen en els aiguamolls construïts per diferents mecanismes, destacant l'adsorció sobre les partícules del substrat filtrant, la toxicitat que exerceixen els antibiòtics produïts per les arrels de les plantes i l'acció depredadora de bacteriòfags i protozous. En els aiguamolls construïts l'eliminació de coliforms fecals s'ajusta a models de cinètica de primer ordre, aconseguint eliminar el 80% d'aquests microorganismes en el primer tram de l'aiguamoll (Salas et al. 2007).

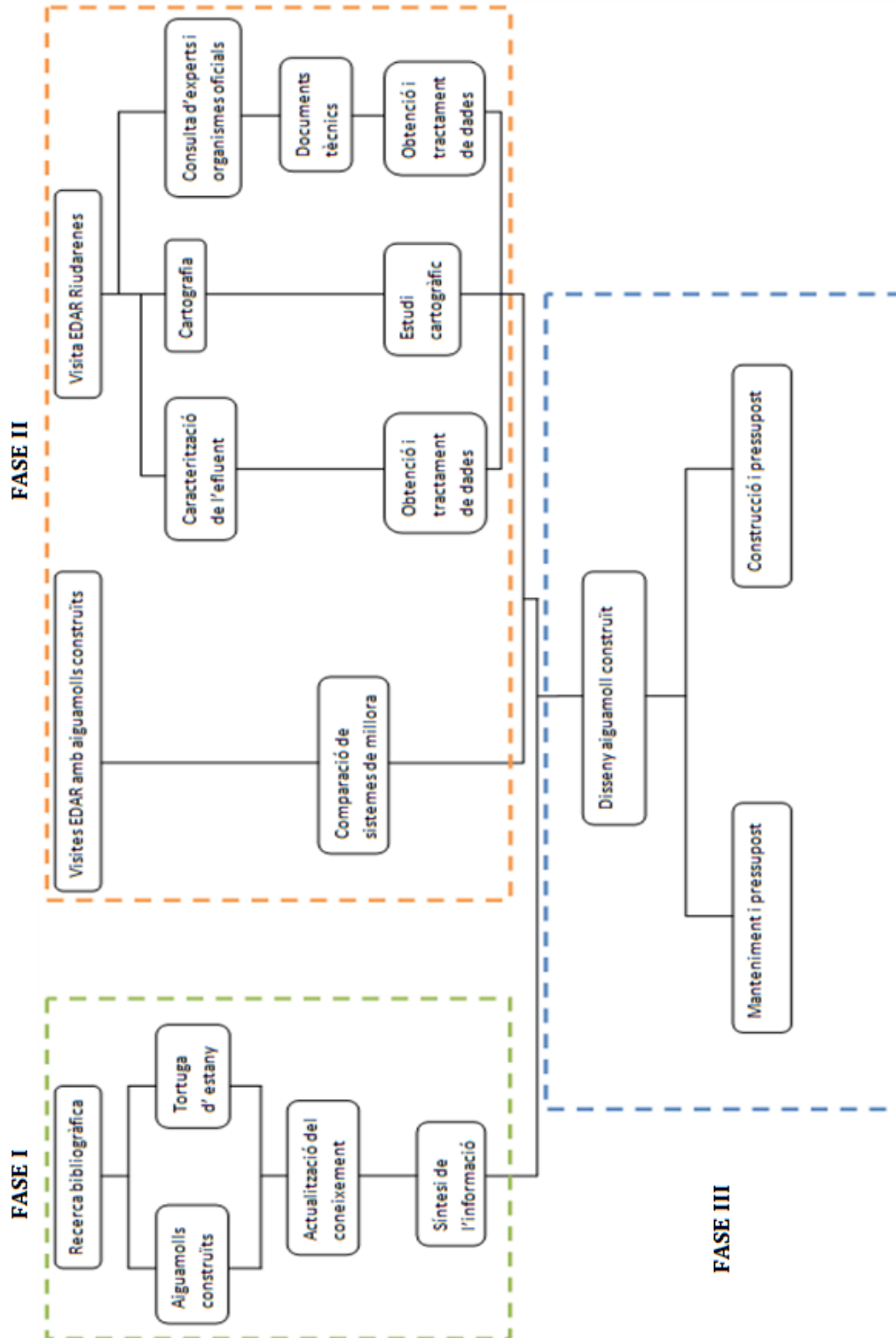
3.2.5 Avantatges i inconvenients

Com qualsevol altre sistema natural de depuració, els aiguamolls construïts presenten avantatges i inconvenients en front dels sistemes convencionals.

Els principals **avantatges** són que tenen una gran simplicitat d'operació, necessiten pocs equips electromecànics per al seu funcionament i un baix temps d'operari. El consum energètic d'aquests sistemes és mínim, destinat al pretractament o al bombeig de l'aigua si s'han de fer elevacions. La producció de residus i els costos d'explotació i manteniment, són molt baixos durant l'operació del sistema. Tenen una gran fiabilitat en l'operació com a sistemes de tractament, ja que els temps de residència hidràulics són molt grans i variacions puntuals de cabal o càrrega de contaminant afecten molt poc als nivells de depuració. Produeixen un baix impacte ambiental sonor i s'integren molt bé en el medi ambient natural, poden ser utilitzats per a la creació i restauració de zones humides destinades a potenciar la vida salvatge, l'educació ambiental i les zones d'esbarjo (García et al., 1997a).

D'altra banda, també presenten **inconvenients** davant dels sistemes convencionals, com poden ser el fet de que la superfície necessària per a la seva construcció és entre 20 i 80 vegades superior, els costos poden ser superiors si s'ha d'adquirir el terreny on es realitza l'obra. La posta en marxa és molt llarga, d'alguns mesos en sistemes de flux subsuperficial fins varis anys en el cas dels de flux superficial. Són molt difícils de dissenyar, donat el gran nombre de processos i mecanismes implicats en la depuració. Durant l'operació dels sistemes existeixen pocs factors que es puguin controlar, errors de disseny o constructius són molt difícils de corregir de forma senzilla sense fer una nova inversió (García et al., 2001).

4. METODOLOGIA



Com es pot observar a l'esquema anterior, el pla de treball que s'ha dut a terme durant la realització d'aquest projecte està estructurat en 3 fases principals:

- Fase I: Recerca d'informació
- Fase II: Treball de camp i de laboratori
- Fase III: Disseny de l'aiguamoll construït

4.1 FASE I: RECERCA DE INFORMACIÓ

En aquesta primera etapa del projecte el que s'ha fet ha estat una recopilació de informació sobre la tortuga d'estany europea *Emys orbicularis* i sobre els sistemes d'aiguamolls construïts, per tal d'actualitzar i assolir nous coneixements.

La recopilació de la informació sobre *E. orbicularis* s'ha obtingut a partir d'articles científics i d'entrevistes amb la Fundació *Emys*. La informació dels sistemes d'aiguamolls construïts s'ha extret de llibres especialitzats en la matèria i d'articles científics.

Al finalitzar la fase de recerca, s'ha sintetitzat tota la informació per fer-la més precisa i adequar-la a l'àmbit del projecte.

4.2 FASE II: TREBALL DE CAMP I DE LABORATORI

En aquesta segona etapa, s'ha recopilat informació més detallada i concreta sobre antecedents de sistemes d'aiguamolls construïts a Catalunya, així com la caracterització de la zona d'estudi, a partir de visites tècniques i treball de camp.

Durant les visites a la zona d'estudi a Riudarenes s'han pres mesures del terreny per a la construcció, així com s'ha vist el funcionament de l'estació depuradora. A més s'han realitzat preses de mostres de l'aigua de l'efluent de la depuradora per tal de fer anàlisis de les característiques fisicoquímiques al laboratori.

Els paràmetres analitzats al laboratori han estat el pH, la conductivitat, els nitrats (NO_2^-), els nitrats (NO_3^-), fòsfats (PO_4^{2-}), l'amoni (NH_4^+) i la demanda química d'oxigen (DQO). La metodologia analítica utilitzada seguia els protocols del *Standard Methods* (APHA 2005).

Els nitrats i els fòsfats són nutrients vegetals inorgànics, és a dir, substàncies solubles en aigua que les plantes necessiten per al seu desenvolupament, però si es troben en quantitat excessiva indueixen el creixement desmesurat d'algues i altres organismes provocant l'eutrofització de les aigües. Quan aquestes algues i altres vegetals moren, en ser descompostos pels microorganismes, s'escorça l'oxigen i es fa impossible la vida d'altres éssers vius. El PSARU, estableix que aigües amb més de

100 mg/L de nitrats i més de 2 mg/L de fosfats, són de qualitat dolenta. El mètode analític ha estat el 4110B, mitjançant la tècnica de cromatografia iònica (Annex I).

L'amoni es produeix per descomposició de la urea, mitjançant una hidròlisi ràpida, per això no solen trobar-se nivells alts d'aquest element. En funció de l'amoni que conté l'aigua, aquesta té un pH més alt o més baix. A nivells de pH superiors a 7 la quantitat d'amoni disminueix, per això la hidròlisi de l'amoni està més afavorida a pH entre 8,2 i 9. En teoria, aigües lliures superficials no han de contenir amoni; si es troben es prova de que pot haver una possible contaminació en les aigües. El mètode analític ha estat el 4500 - NH₃.B - C, mitjançant la tècnica de destil·lació i titració amb H₂SO₄ (Annex I).

El pH és usat universalment per determinar si una solució és àcida o bàsica. El pH òptim de les aigües, segons els PSARU, es situa entre 6,5 i 9,5, és a dir, entre neutra i lleugerament alcalina. Les aigües de pH menor de 6,5 són corrosives a causa de l'anhidrid carbònic, àcids o sals àcides que es tenen en dissolució. Per tant la vida no és possible a pH àcids. La determinació s'ha realitzat mitjançant un pH - metre.

La conductivitat és un altre paràmetre important, ja que indica numèricament la capacitat d'una solució per transportar un corrent elèctric. Aquesta capacitat depèn de la presència de ions (sals). En les aigües continentals els ions que són directament responsables dels valors de conductivitat són entre altres calci, magnesi, potassi, sodi, carbonats, sulfats i clorats. La variació estacional mínima que es troba en les aigües embassades contrasta notablement amb les fluctuacions diàries d'algunes aigües de riu. El valor de la conductivitat varia amb la temperatura, de tal manera que en pujar la temperatura la conductivitat augmenta, en sistemes continentals, generalment és baixa, variant entre 50 i 1500 µS/cm (Red MAPSA 2007). Els principals efectes d'una conductivitat superior a aquest rang en l'aigua, és l'augment de sals i, per tant, una gran pertorbació negativa per a la vida. La determinació s'ha fet mitjançant un conductímetre.

La demanda química d'oxigen (DQO) és un paràmetre que mesura la quantitat de substàncies susceptibles de ser oxidades per mitjans químics que hi ha dissoltes o en suspensió en una mostra líquida. S'utilitza per mesurar el grau de contaminació. És un mètode aplicable en aigües continentals (rius, llacs o aqüífers), aigües negres, aigües pluvials o aigua de qualsevol altra procedència que pugui contenir una quantitat apreciable de matèria orgànica. La Directiva 91/271, estableix valors màxims de DQO de 125 mg/L O₂. El mètode analític ha estat el 5220B, mitjançant la tècnica de reflux i titració amb SAF (Annex I).

A més de les proves al laboratori, s'han demanat al Consell Comarcal de la Selva, dades dels anàlisis dels anys 2010 i 2011, per tal de veure l'evolució en els nivells d'aquests paràmetres.

A partir dels resultats de laboratori i de camp, a més de la recerca d'informació del medi físic i biòtic en documents tècnics i articles científics, s'ha fet una caracterització completa de la zona d'estudi.

En aquesta segona fase del projecte, també s'han realitzat visites a dues depuradores de Catalunya amb sistemes d'aiguamolls construïts semblants al que es vol dissenyar. Els dos sistemes estudiats han estat **aiguamolls d'Empuriabrava i Can Cabanyes** (a Granollers). A partir de les visites s'ha obtingut informació i documents tècnics sobre la construcció, funcionament i manteniment d'aquests sistemes. Principalment, la informació obtinguda ha estat el mètode de càlcul emprat en el disseny, els paràmetres constructius, els paràmetres de sortida de l'aigua dels sistemes i la vegetació utilitzada. Tota aquesta informació, ha estat analitzada per tal de fer una comparativa entre els dos casos i decidir quins aspectes de cadascun d'ells s'utilitzarien en el disseny de l'aiguamoll del present projecte.

D'altra banda, en aquesta fase també s'ha analitzat la informació obtinguda en la primera fase sobre la tortuga d'estany europea, per tal d'adequar el disseny a les necessitats d'hàbitat d'aquesta espècie.

4.3 FASE III: DISSENY DE L'AIGUAMOLL CONSTRUÏT

Aquesta última etapa en la realització del projecte ha estat dedicada quasi exclusivament al disseny de l'aiguamoll construït, a partir de totes les dades i coneixements obtinguts en les fases anteriors.

De les dades obtingudes dels antecedents a Catalunya (Empuriabrava i Can Cabanyes), s'ha decidit quins aspectes de cada sistema s'adequaven millor al cas d'estudi i s'han emprat en el disseny. També s'han tingut en compte les necessitats de la tortuga a l'hora de realitzar-lo. Les característiques del terreny s'han tingut en compte a l'hora de dimensionar l'aiguamoll, en aspectes com per exemple la profunditat total d'excavació.

L'elaboració dels plànols del disseny s'ha fet amb el programa AutoCad, ja que és una eina molt eficient per a fer representacions gràfiques de construccions. Un cop decidit el disseny de l'aiguamoll, s'ha realitzat el protocol de construcció i de manteniment, així com un pressupost per a cadascun d'ells a partir de les tarifes establertes per l'Institut de tecnologia de la construcció de Catalunya (ITEC).

5. MARC LEGISLATIU

5.1 LEGISLACIÓ SOBRE AIGÜES

Per a controlar la qualitat del aigua i els seus usos posteriors existeix una sèrie de normativa vigent, que obliga al compliment de diferents paràmetres. L'objectiu principal d'aquesta legislació és la protecció dels ecosistemes hídrics i, conseqüentment, el medi i dels essers que viuen en ell.

5.1.1 Àmbit Europeu

Directiva 2000/60/CE Marc de l'Aigua.

La Directiva ordena la gestió de totes les aigües i proposa una sèrie d'actuacions basades en conceptes econòmics, ètics i mediambientals. Es fixa l'any 2015 com a horitzó per a la consecució del bon estat de les aigües. Es defineixen les diferents masses d'aigua i s'anomenen les seves característiques. També s'adopten programes a mida i plans de gestió de les aigües superficials, continentals, de transició, costaneres i subterrànies amb la finalitat de:

- Prevenir i reduir la seva contaminació
- Fomentar un ús sostenible
- Protegir el medi aquàtic
- Millorar la situació dels ecosistemes aquàtics
- Pal·liar els efectes d'inundacions i sequeres

Directiva 91/271/CEE, relativa al tractament de les aigües residuals urbanes.

Va ser modificada per la Directiva 98/15/CE, la qual defineix les característiques dels sistemes de recollida, tractament i abocament de les aigües residuals urbanes. Estableix les mesures necessàries que han d'adoptar els estats membres per a que puguin garantir el tractament adequat de les aigües abans del seu abocament, i estableix els models de presentació de la informació que els estats membres hauran de remetre a la Comissió Europea sobre els programes establerts per al desenvolupament i compliment de la directiva.

Per a determinar els tractaments a que seran sotmeses les aigües residuals abans del seu abocament, s'ha de tenir en compte les característiques del lloc on es produiran, de manera que aquests seran més o menys rigorosos segons la zona s'efectuïn. En l'Annex I es descriuen tres zones diferenciades segons el grau d'afectació que poder patir: sensibles, menys sensibles i normals, i s'estableixen els paràmetres mínims que han de d'assolir les aigües per a poder ser abocades.

Taula 1. Requisits per als abocaments procedents d'instal·lacions de depuració d'aigües residuals urbanes mitjançant tractament secundari.

| Paràmetre | Concentració | Percentatge mínim |
|---------------------------|------------------------|-------------------|
| DBO | 25mg/L O ² | 70-90 % |
| DQO | 125mg/L O ² | 75% |
| Total sòlids en suspensió | 35mg/L | 90% |

Per al cas d'abocaments d'instal·lacions de tractament d'aigües residuals urbanes realitzats en zones sensibles les aigües de les quals siguin eutròfiques o tinguin tendència a ser-ho en un futur proper, a més dels requisits expressats en la Taula 1, hauran de complir els continguts en la Taula 2.

Taula 2. Requisits per als abocaments procedents d'instal·lacions de depuració d'aigües residuals urbanes mitjançant tractament més rigorós.

| Paràmetre | Concentració | | Percentatge mínim |
|----------------|--------------------|--------------|-------------------|
| | 10000 a 100000 h-e | > 100000 h-e | |
| Fòsfor total | 2 mg/L P | 1 mg/L P | 80% |
| Nitrogen total | 15 mg/L N | 10 mg/L N | 70-80 % |

Els requisits per a instal·lacions individuals poden no aplicar-se, si la reducció de la càrrega total de totes les instal·lacions que aboquen a la zona sensible és del:

- a. 75% per al P total
- b. 75% per al N total

No obstant això, les autoritzacions d'abocament de les instal·lacions de tractament d'aigües residuals urbanes, podran imposar requisits més rigorosos, quan això sigui necessari per garantir que les aigües receptores compleixin amb els objectius de qualitat fixats en la normativa vigent.

Quant als abocaments urbans corresponents a instal·lacions de depuració inferiors a 2.000 habitants equivalents, la legislació determina que hauran de rebre un "tractament adequat". En aquest cas no es concreta el tipus de tractament ni límits d'abocament associats, solament s'exigeix que les aigües receptores compleixin després de l'abocament els objectius de qualitat per usos i normes de qualitat ambiental previstes per al medi receptor.

Directiva 76/464/CEE, relativa a la contaminació causada per determinades substàncies abocades en el medi aquàtic.

L'article 3 estableix un règim d'autoritzacions prèvies en les que es fixen normes d'emissió pels abocaments de les substàncies contemplades en la llista I de l'Annex de la llei, per tal de protegir l'ecosistema aquàtic.

5.1.2 Àmbit Estatal

Reial Decret - Llei 11/1995, pel que s'estableixen normes aplicables al tractament d'aigües residuals urbanes.

Traslada la normativa europea del directiva Marc d'Aigua a la espanyola la directiva 91/271/CEE mitjançant el RD 509/1996, que ho desenvolupa, i el RD 2116/1998 que modifica l'anterior.

Reial Decret 1620/2007, pel que s'estableix el règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades.

A efectes d'aquest Reial Decret s'entén per reutilització de les aigües:

“l'aplicació, abans de la seva devolució al domini públic hidràulic per a un nou ús privatiu de les aigües que, havent estat utilitzades per qui les va derivar, s'han sotmès al procés o processos de depuració establerts en la corresponent autorització d'abocament i als necessaris per a arribar a la qualitat requerida en funció dels usos als que es destinaran”

L'article 5 exposa els criteris de qualitat que les aigües han de complir en el punt d'entrega, segons els usos establerts en l'Annex I; en el punt 5.4. d'aquest article s'exposa que per a les aigües amb usos ambientals com el manteniment d'aiguamolls els valors mínims admissibles de sòlids en suspensió i la terbolesa s'estudiaran cas per cas.

5.1.3 Àmbit autonòmic

PSARU (2005), Programa de Sanejament d'Aigües Residuals Urbanes

Va ser aprovat al 1995, amb alguns canvis durant el 2002 i el 2005. Aquesta llei estableix les exigències de qualitat en funció dels usos que després se li donarà a l'aigua depurada. Està recollida en el Reglament de l'Administració Pública de l'Aigua i la Planificació Hidrològica (BOE 31- 08-88) com a aplicació de directives comunitàries, i és la següent:

- Qualitat exigida a les aigües superficials que siguin destinades a la producció d'aigua potable.
- Qualitat exigida a les aigües dolces superficials per a ser aptes per al bany
- **Qualitat exigible a les aigües continentals quan requereixen protecció o millora per a ser aptes per a la vida dels peixos**
- Qualitat exigible a les aigües quan requereixen protecció o millora per a la cria de mol·luscs

En l'annex 5 de la llei es descriuen els objectius de qualitat de les aigües (Taula 3):

Taula 3. Valors de qualitat dels paràmetres de les aigües depurades.

| Paràmetre | Unitats | Molt bo | Bo | Moderat | Deficient | Dolent |
|--------------------|----------|---|-----|---------|-----------|--------|
| pH | unit. pH | No s'observen variacions significatives respecte els valors naturals 6,5 -9,5 com al interval de referència general | | | | |
| Temperatura | °C | No s'observen variacions significatives respecte al règim de temperatures natural. Temperatura màxima de referència 25°C. | | | | |
| DBO | mg/L | 3 | 5 | 7 | 15 | >15 |
| TOC | mg/L | 3 | 5 | 7 | 12 | >12 |
| Nitrats | mg/L | 5 | 25 | 50 | 100 | >100 |
| Fosfats | mg/L | 0,1 | 0,5 | 1 | 2 | >2 |

Llei 12/1985 d'espais naturals

Aquesta llei es concreta el marc conceptual tècnic de zona humida i s'estableixen els criteris (biològics, hidrològics, de funcionalitat ecològica, etc.) que permeten identificar aquests espais.

Es considera zona humida aquella unitat ecosistèmica funcional que presenta en l'espai i el temps una anomalia hídrica positiva respecte del medi adjacent. La confluència de factors topogràfics, geològics i hidrològics fa que aquesta anomalia hídrica afecti i condicioni els processos geoquímics i els processos biològics de l'àrea en qüestió. És important fer notar que aquesta definició permet incloure les zones d'aigües profundes (llacs, etc.). Igualment, tampoc no s'estableix cap restricció per raó del seu origen hidrològic (zones humides d'inundació o laminació, zones humides de surgència de l'aqüífer profund, etc.) o artificial (embassaments, salines, etc.). També s'inclouen les àrees que presenten una anomalia hídrica únicament temporal, és a dir, no permanent, sempre que la seva freqüència o durada sigui suficient per condicionar i modificar les comunitats i els processos biològics respecte del medi envoltant.

5.2 LEGISLACIÓ SOBRE LA TORTUGA D'ESTANY EUROPEA *EMYS ORBICULARIS*

Per tal de millor la conservació d'aquesta espècie s'ha creat una legislació vigent molt important, tot i que potser no suficient. A més s'han dut a terme diverses accions i projectes.

5.2.1 Àmbit europeu

Directiva 92/43/CEE relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres.

Aquesta directiva té l'objectiu de garantir la biodiversitat mitjançant la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i la flora silvestres dels estats membres els quals han signat el tractat.

Article 12. Protecció de les espècies:

1. Els Estats membres prendran les mesures necessàries per instaurar un sistema de protecció rigorosa de les espècies animals que figuren en la lletra a) de l'Annex IV, a les seves àrees de distribució natural, prohibint:

- a) qualsevol forma de captura o sacrifici deliberats d'espècimens d'aquestes espècies en la naturalesa;
- b) la pertorbació deliberada d'aquestes espècies, especialment durant els períodes de reproducció, cria, hibernació i migració;
- c) la destrucció o la recollida intencionals d'ous en la naturalesa;
- d) la deterioració o destrucció dels llocs de reproducció o de les zones de descans.

2. Pel que fa a aquestes espècies, els Estats membres prohibiran la possessió, el transport, el comerç o l'intercanvi i l'oferta amb finalitats de venda o d'intercanvi d'espècimens recollits en la naturalesa, excepció feta d'aquells que haguessin estat recollits legalment abans de la posada en aplicació de la present Directiva.

3. Les prohibicions que s'esmenten en les lletres a) i b) de l'apartat 1 i en l'apartat 2 seran aplicable en totes les etapes de la vida dels animals al fet que es refereix el present article.

4. Els Estats membres establiran un sistema de control de les captures o sacrificis accidentals de les espècies animals enumerades en la lletra a) de l'Annex IV. Basant-se en la informació recollida, els Estats membres duran a terme les noves indagacions o prendran les mesures de conservació necessàries per garantir que les captures o sacrificis involuntaris no tinguin una repercussió negativa important en les espècies en qüestió.

D'altra banda s'estan duent a terme diversos projectes de reintroducció de tortugues d'estany europees, però potser el més rellevant és el **projecte Life EMYSTER** que té com a objectiu la recuperació de l'hàbitat d'*E. orbicularis* als Aiguamolls del baix Ter.

5.2.2 Àmbit estatal

Llei 3/1988 de protecció dels animals.

La legislació vigent és antiquada i molt parcial i es troba tan dispersa que no permet dur a terme una tasca de protecció i defensa efectives dels animals. Cal establir les normes i els mitjans que permetin mantenir i salvaguardar les poblacions animals i que al mateix temps condicionin, en els casos permesos, la tinença, la venda, el tràfic i el manteniment d'animals en captivitat, a fi que es produeixin amb unes garanties mínimes de bon tracte per als animals. Així com establir els diferents grups d'animals que existeixen: domèstics, salvatges, etc.

A més, la incorporació d'Espanya a les comunitats europees i la signatura dels convenis de Washington, Berna i Bonn fan necessària una adaptació de la normativa existent en matèria de protecció de la fauna.

D'altra banda, el Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades (**CNEA**) es troba catalogada com **espècie vulnerable** i es troba inclosa en el "Libro Rojo de anfibios y réptiles de España", degut a que està considerada com escassa o rara.

5.2.3 Àmbit autonòmic

La llei 22/2003 de Protecció dels Animals.

La finalitat d'aquesta Llei és assolir el màxim nivell de protecció i benestar dels animals, i afavorir una responsabilitat més elevada i una conducta més cívica de la ciutadania en la defensa i la preservació dels animals.

El article 30 tracta sobre la declaració de fauna salvatge autòctona protegida. En el apartat 30.1 diu explícitament que les espècies de la fauna salvatge autòctona que inclou l'annex es declaren protegides a Catalunya.

Estableix la protecció de les espècies autòctones de tortugues terrestres i aquàtiques, tant continentals com marines. A Catalunya està totalment prohibida la tinença de qualsevol subspècie d'*E. orbicularis*, que segons el llibre vermell està en perill de extinció (EN).

Decret 328/1992, pel qual s'aprova el pla d'espais d'interès natural va ser aprovat (PEIN).

Ha estat força ampliat pel Govern de la Generalitat de Catalunya. És una configuració legal que té per objecte la delimitació i l'establiment de les mesures necessàries per a la protecció bàsica dels espais naturals, la conservació dels quals cal assegurar, d'acord amb els valors científics, ecològics, paisatgístics, culturals, socials, didàctics i recreatius que posseeixen.

Té com a objectiu específic fomentar les iniciatives locals o particulars destinades a la recuperació de zones estanyades temporals i permanents, juntament amb fomentar i ordenar les activitats d'educació ambiental i de lleure als espais de forma compatible amb la conservació dels seus valors naturals i les activitats agràries pròpies de la zona.

El Pla especial ha determinat l'estricta conservació dels ambients més destacats en relació amb la fauna silvestre que s'allotja en el seu àmbit. El bosc de ribera, els aiguamolls, els prats humits i les zones estanyables tenen una consideració específica. El Programa d'actuació impulsa la restauració i la recuperació d'aquests hàbitats en aquells indrets on han estat desplaçats.

S'admeten les obres vinculades a la restauració i millora dels sistemes naturals i, també, la instal·lació d'equipament o la construcció d'itineraris per a la recepció de visitants i l'observació de la natura, que s'integrin en el Programa d'actuació d'aquest Pla especial.

Les zones on es trobi un nínxol ecològic d'*E. orbicularis*, hauran de ser incloses a les zones de màxima protecció. Actualment el programa d'actuacions preveu l'estudi de les zones amb tortuga d'estany per tal d'ampliar els límits del PEIN. Fet important per a que moltes zones que siguis rehabilitades per aquesta espècie es vegin afavorides en la seva conservació. Tot i que actualment la zona d'estudi d'aquest projecte no esta dins del PEIN, en algun moment podria arribar a ser una zona de connexió amb la resta de àrees protegides.

5.3 LEGISLACIÓ SOBRE URBANISME

5.3.1 Àmbit autonòmic

Llei 3/2012 d'urbanisme de Catalunya.

Mitjançant aquesta llei s'especifica la classificació del sòl i les actuacions que es poden dur a terme.

Segons l'article 47 sobre el règim d'ús del sòl no urbanitzable especifica en l'apartat 4 que el sòl no urbanitzable pot ésser objecte d'actuacions específiques per a destinar-lo a les activitats o els equipaments d'interès públic que s'hagin d'emplaçar en el medi rural. A aquest efecte, són d'interès públic:

- a) Les activitats col·lectives de caràcter esportiu, cultural, d'educació en el lleure i d'esbarjo que es desenvolupin a l'aire lliure, amb les obres i instal·lacions mínimes i imprescindibles per a l'ús de què es tracti.
- b) Els equipaments i serveis comunitaris no compatibles amb els usos urbans.

c) Les infraestructures d'accessibilitat.

d) Les instal·lacions i les obres necessàries per a serveis tècnics com les telecomunicacions, la infraestructura hidràulica general, les xarxes de subministrament d'energia elèctrica, d'abastament i subministrament d'aigua i de sanejament, el tractament de residus, la producció d'energia a partir de fonts renovables i les altres instal·lacions ambientals d'interès públic.

L'apartat 5 tracta sobre l'autorització de les actuacions específiques d'interès públic a què es refereix l'apartat, la qual ha de justificar degudament que l'àmbit d'actuació no està sotmès a un règim especial de protecció amb el qual siguin incompatibles, per raó dels seus valors, per l'existència de riscos o pel fet d'estar subjecte a limitacions o a servituds per a la protecció del domini públic. Així mateix, les actuacions que s'autoritzi no han de disminuir de manera significativa la permeabilitat del sòl ni han d'afectar de manera negativa la connectivitat territorial.

Més concretament en l'Article 48, s'explica el procediment per a l'aprovació de projectes d'actuacions específiques d'interès públic en sòl no urbanitzable:

Apartat 1. Els projectes de les actuacions específiques d'interès públic a què es refereix l'article 47.4, si no estan incloses en un pla especial urbanístic, han d'ésser sotmesos a informació pública per l'ajuntament, per un termini d'un mes. Tant el projecte d'aquestes actuacions com, si s'escau, el pla especial urbanístic formulat per aconseguir-les han d'incloure la documentació següent:

a) Una justificació específica de la finalitat del projecte i de la compatibilitat de l'actuació amb el planejament urbanístic i sectorial.

b) Un estudi d'impacte paisatgístic.

c) Un estudi arqueològic i un informe del Departament competent en matèria de cultura, si l'actuació afecta restes arqueològiques d'interès declarat.

d) Un informe del Departament competent en matèria d'agricultura si no és comprès en un pla sectorial agrari.

e) Un informe de l'administració hidràulica, si l'actuació afecta aqüífers classificats, zones vulnerables o zones sensibles declarades de conformitat amb la legislació vigent.

f) Un informe de l'Institut Geològic de Catalunya, si l'actuació afecta jaciments paleontològics o punts geològics d'interès.

g) Els altres informes que exigeixi la legislació sectorial.

Apartat 2. L'aprovació prèvia dels projectes a què es refereix l'apartat 1 correspon a l'ajuntament i l'aprovació definitiva correspon a la comissió territorial d'urbanisme que pertorqui, que l'ha d'adoptar en el termini de tres mesos des que se li presenta l'expedient complet. En tots els casos, la resolució ha de fixar les mesures correctores aplicables a fi d'evitar la degradació i la fragmentació d'espais agraris i

de minorar els efectes de les edificacions, de llurs usos i accessos i dels serveis i les infraestructures associats sobre la qualitat del paisatge, i també les condicions de caràcter urbanístic que calgui, el compliment de les quals s'ha de garantir adequadament.

El projecte es pot denegar, si escau, pels motius que estableixen els apartats 3 i 4 de l'article 87.

- a) La coherència amb la planificació territorial, pel que fa a la cohesió territorial i a l'organització correcta del desenvolupament urbà.
- b) La compatibilitat, l'articulació i la connexió entre els elements vertebradors del territori d'abast supramunicipal i les infraestructures de caràcter local.
- c) La compatibilitat amb el risc preexistent, d'acord amb els indicadors dels riscos geològics i de protecció civil disponibles.
- d) L'adequació a la planificació mediambiental i a la política de desenvolupament sostenible.
- e) L'adequació a les polítiques supramunicipals de sòl, d'habitatge, de gestió dels recursos naturals i de protecció del patrimoni cultural, natural i científic.

L'avaluació d'impacte ambiental es tramita d'acord amb la legislació sectorial específica, quan és preceptiva.

Apartat 3. L'aprovació definitiva dels projectes d'actuacions específiques d'interès públic no incloses en un pla especial urbanístic és requisit per a poder tramitar les llicències o autoritzacions municipals relatives a l'actuació, que tanmateix poden ésser tramitades simultàniament, condicionades sempre a l'aprovació del projecte. Això no obstant, es poden establir per reglament els supòsits en què, atesa l'escassa entitat de les obres o de la superfície de sòl afectada per l'actuació, no és exigible l'aprovació del projecte. En aquests supòsits, per a atorgar les llicències o autoritzacions municipals corresponents es requereix l'informe previ favorable de la comissió territorial d'urbanisme que pertoqui.

5.3.2 Àmbit local

Pla d'ordenació urbanística municipal de Riudarenes (POUM).

La localització del nostre projecte està classificat com a zona de serveis tècnics i ambientals (Figura 10). Però sobre aquest tipus de classificació no hi ha legislació específica en el POUM. D'altra banda el sí que s'especifica que el sòl al voltant de la Riera de Santa Coloma és sòl no urbanitzable, ja que té una protecció especial pel seu interès ecològic; geològic, paisatgístic, de biodiversitat,...



Figura 10. Mapa de classificació del sòl del municipi de Riudarenes. Font: Gencat.

6. ANTECEDENTS A CATALUNYA

6.1 EMPURIABRAVA

Empuriabrava és una entitat de població del municipi de Castelló d'Empúries, a la comarca de l'Alt Empordà, província de Girona. Està situada al Golf de Roses, envoltada pel Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà, el que li confereix un gran valor ecològic. Té una població d'uns 8.000 habitants, la qual durant els mesos d'estiu pot arribar a ser de fins a 10 vegades més (Web de l'Ajuntament de Castelló d'Empúries).

La depuradora d'Empuriabrava va ser posada en marxa l'any 1995 i actualment és explotada per l'Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA. És una depuradora de tipus biològic amb eliminació de nitrogen i fòsfor. Ocupa una superfície de 49.500 ha, el seu cabal és de 16.750 m³/dia i està dissenyada per abastir a una població de fins a 67.000 habitants (Consorti de la Costa Brava). Consta de dues línies de tractament (Figura 11) i, tot i que durant la gran majoria de l'any només fa servir una d'elles, durant els mesos d'estiu, en el màxim demogràfic de la zona, s'engega la segona línia per tal de poder tractar el total del cabal d'aigua que entra.

Els aiguamolls d'Empuriabrava (SAC Empuriabrava) tenen com a funció principal actuar com a tractament terciari per tal d'acabar d'afinar la qualitat de l'aigua, disminuint les concentracions de nutrients. Aquest increment en la qualitat de l'efluent va fer-se per tal d'alimentar el Cortalet (aiguamoll natural inclòs en l'espai natural dels aiguamolls de l'Empordà que patia problemes de manca d'aigua) i de pal·liar els problemes d'intrusió salina, ambdós derivats de la sobreexplotació de l'aquífer (García et al. 1997b).



Figura 11. Esquema de l'EDAR i el SAC d'Empuriabrava. Font: SAC Empuriabrava.

6.1.1 Fase de disseny dels aiguamolls

Els aiguamolls d'Empuriabrava, van ser dissenyats amb la intenció d'augmentar la qualitat de l'aigua de l'efluent. La forma i les dimensions van ser definits per tal de reduir la concentració de nutrients, especialment de N (García et al. 1997b).

Per a poder dur a terme els càlculs, era necessari conèixer el cabal de l'efluent i l'afluent, la concentració d'espècies químiques de nitrogen a l'afluent i l'efluent, els valors de la constant de cinètica de primer ordre (a partir de la temperatura), la profunditat de la làmina d'aigua i la porositat de l'aiguamoll. Altres factors necessaris pel dimensionament de les basses van ser la infiltració (en aquest cas molt reduïda gràcies a la impermeabilització del sòl duta a terme), l'evaporació i la precipitació.

Per conèixer el cabal de sortida de l'EDAR, es va tenir en compte la forta estacionalitat que el regeix. També es va contemplar el fet que el sector urbà Salins no estava connectat a la xarxa de clavegueram, i es preveia que en el futur es realitzés aquesta connexió, per tant, es va tenir en compte que el cabal inicial es veuria incrementat. Així doncs, es va predir un cabal de 700 m³/d durant els mesos d'hivern, el qual es veu incrementat fins a 10 vegades més durant els mesos d'estiu (juliol i agost), arribant a valors de 7.000 m³/d (García et al. 1997b).

Durant els mesos d'hivern, el nitrogen orgànic varia en funció del fitoplàncton, va estretament lligat a la biomassa de les microalgues i a la concentració de matèria en suspensió que surt de l'EDAR. Les reaccions bioquímiques que permeten eliminar el nitrogen són molt dependents de la temperatura de l'aigua, i per tant es van calcular les temperatures mitjanes mensuals.

El sistema d'aiguamolls construïts d'Empuriabrava consta de tres cel·les i una zona inundable (Estany Europa) i va ser posat en marxa al maig del 1998. Les tres cel·les tenen unes dimensions de 160 m x 50 m (8000 m²) amb una profunditat mitjana de 0,5 metres (Sala et al. 2004).

Per a la zona inundable, es van establir unes profunditats mitjanes de 30 centímetres (fons pla i inclinat), alternant zones profundes i zones somes per poder afavorir els processos de nitrificació i desnitrificació. Les profunditats mitjanes per a les zones somes són de 30 cm, mentre que a les zones profundes són de 40 cm. Per la porositat (espai entre plantes) van establir-se uns valors d'entre 0,65 i 0,77, finalment es va optar per el pitjor dels casos, fent servir 0,65 (García et al. 1997b).

El dimensionament es va fer a partir de la càrrega de nitrogen a que es volia arribar per tal d'obtenir la qualitat desitjada. Aquesta passava per igualar els valors de qualitat del Rec del Molí, que alimentava al Cortalet. Així doncs, va establir-se una concentració mitjana límit de nitrogen a l'aigua de l'efluent. Es va calcular la massa de nitrogen que aportava el Rec del Molí durant cada mes de l'any i s'establí una concentració de nitrogen a l'aiguamoll construït durant cada mes de l'any,

representant una càrrega de nitrogen equivalent a la mitjana anual (García et al. 1997b).

Per a calcular l'àrea necessària, es va utilitzar la fórmula proposada per Reed et al.(1995), la qual suposa els aiguamolls construïts com un reactor de flux pistó, on les reaccions de nitrificació i desnitrificació tenen lloc seguint una cinètica de primer ordre en funció de la temperatura (García et al. 1997b):

$$A_s = \frac{Q(\ln C_o - \ln C_e)}{K_t (y)(n)}$$

- A_s = àrea de superfície (m)
- Q = cabal de l'aiguamoll m^3/d
- C_o = concentració de N oxidant de l'afluent i de NTK nitrificant (mg N/L)
- C_e = concentració de N oxidant de l'efluent (mg N/L)
- K_t = constant de cinètica e primer ordre de desnitrificació ($dies^{-1}$)
- y = profunditat mitjana de l'aigua (m)
- n = porositat de l'aiguamoll (adimensional)

La superfície mínima que havia de tenir l'aiguamoll (Estany Europa) per tractar tot el cabal futur que produirà l'EDAR és aproximadament 5 ha. Com que la connexió del sector urbà de Salins no es faria d'immediat, es va plantejar la construcció en dues fases. Es va dur a terme la primera fase, constituïda per un aiguamoll de 2 ha que tindria la capacitat suficient per tractar els cabals actuals (García et al. 1997b).

6.1.2 Estructura i funcionament actual

El SAC d'Empuriabrava, està constituït per 4 llacunes, 3 petites de 0,8 ha i l'estany Europa de 2 ha. L'aigua entra per gravetat, inundant cadascuna de les llacunes en funció del cabal de sortida de la depuradora, proporcionant aigua preferentment a la llacuna més allunyada de l'EDAR (2). Un cop alimentada aquesta, es procediria a alimentar seguidament la segona llacuna (4) i finalment la tercera llacuna (3). El cabal d'entrada en cadascuna de les llacunes es regula a partir d'unes claus de pas (1) (Figura 12).

Quan l'aigua surt de les llacunes, es recol·lecta i es transporta per canonades a l'Estany Europa on trobem una illa refugi (6) i una zona inundable (5) que permet l'expansió de l'aigua i completarà l'afinament de l'aigua. A la zona inundable es va construir una mota impermeable per tal de guiar l'aigua i evitar la creació de corrents preferencials, afavorint així un major temps de residència. Finalment, l'aigua va a parar a l'embornal de sortida del sistema (7), el qual canalitza l'aigua fins l'estany del Cortalet, pertanyent a l'espai natural dels Aiguamolls de l'Empordà (Figura 12). Les tasques de manteniment es porten a terme al febrer, i eliminen les lleties d'aigua per prevenir una cobertura total, així com les algues filamentosos per preveure la degradació de l'aigua amb l'arribada de l'època de calor. També ha de dur-se a terme un control de macròfits a les llacunes someres (Sala et al. 2004).

Aiguamoll construït per a la creació d'un nou hàbitat per la tortuga d'estany europea *Emys orbicularis* a Riudarenes

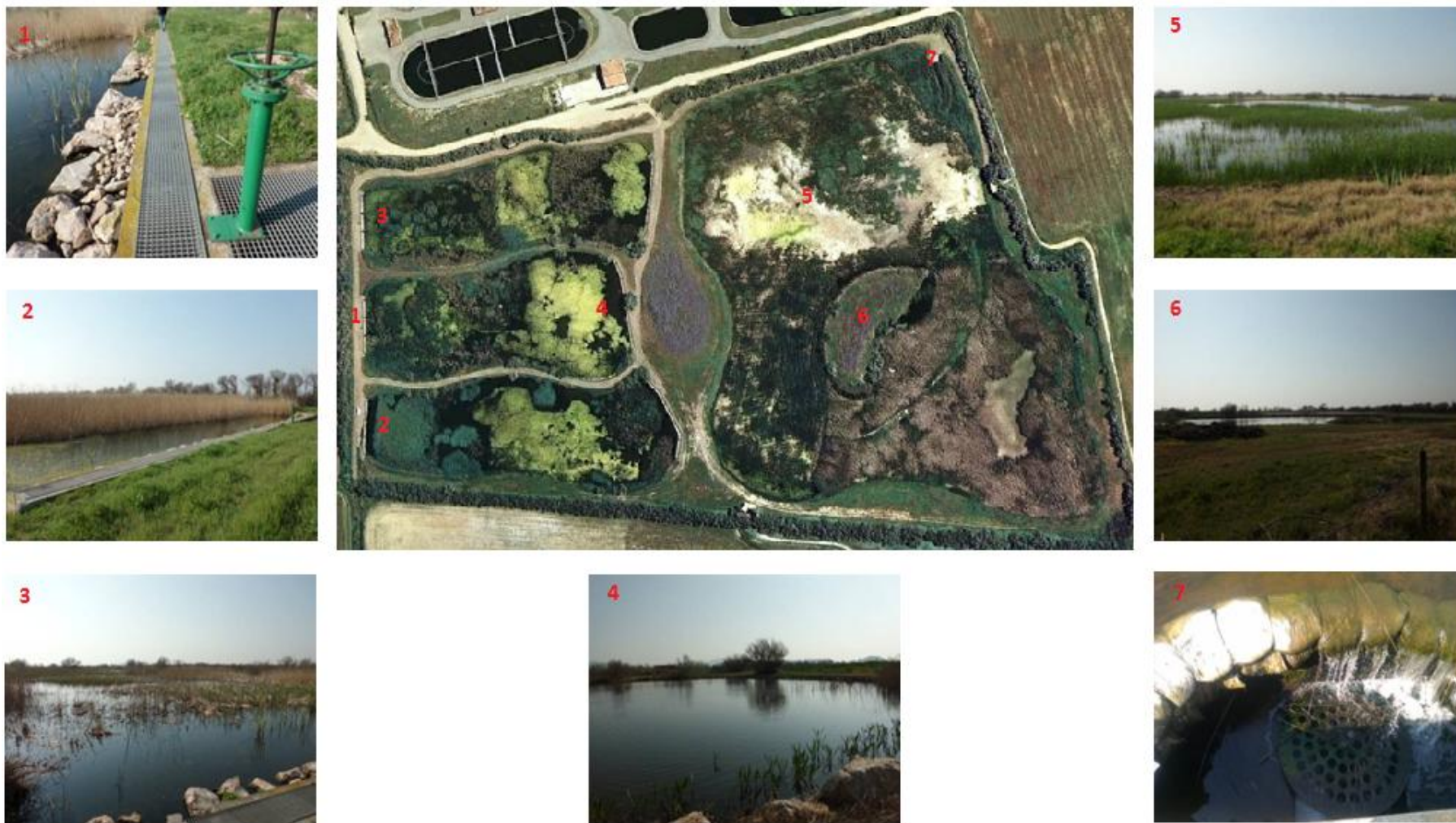


Figura 12. Plànol del SAC d'Empuriabrava: 1) clau de pas, 2) llacuna 1, 3) llacuna 3, 4) sortida llacuna 2, 5) zona inundable (estany Europa), 6) illa refugi, 7) embornal de sortida. Font: Google Earth. Imatges d'elaboració pròpia.

La Taula 4 mostra els resultats dels paràmetres de l'aigua de sortida dels aiguamolls d'Empuriabrava pels anys 2010 i 2011. A continuació es fa una valoració d'aquest resultat:

Cal destacar que a grans trets s'obtenen uns resultats força baixos i estables dels diferents contaminants analitzats, l'aigua ha de ser de bona qualitat ja que és un espai protegit i forma part del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. Els rendiments obtinguts en nitrogen total, nitrats i nitrits són superiors al 70 %, en nitrogen amoniacal del 32%, fòsfor total del 60% i el sistema és ineficient, en l'eliminació de matèria en suspensió ja que dóna rendiments negatius

Les concentracions mitjanes de matèria en suspensió en 2011 i 2010 són de 3,5 i 3,9 mg/L respectivament. Segons la directiva 91/271 el nivell màxim de MeS és 35 mg/L, per tant els valors obtinguts es poden considerar molt baixos i estables.

La mitjana de concentració de nitrogen total anual s'observen uns resultats molt baixos en 2011 de 0,9 mg/L i en 2010 de 1,3 mg/L, respecte al màxim establert per la directiva 91/271 es troben molt per sota d'aquest valor que és de 15 mg/L.

El valor de la concentració mitjana anual de 2011 d'amoni és de 0,7 mg/L i en 2010 s'obté el mateix resultat. S'observa un valor més elevat de nitrogen als mesos freds, ja que aquest és el període més crític per a l'eliminació de nitrogen.

La concentració anual de nitrats en 2011 és de 0,2 mg/L i en 2010 de 0,5 mg/L, segons el programa de sanejament d'aigües residuals urbanes (PSARU) indica que respecte a nitrats l'aigua és de molt bona qualitat ja que s'obtenen uns valors inferiors a 5 mg/L.

La mitjana anual de fòsfor en 2011 és de 2 mg/L i en 2010 de 2,5 mg/L, la directiva 91/271 marca com a concentració màxima 2 mg/L i segons el programa de sanejament d'aigües residuals urbanes (PSARU) ens determina que els nivells obtinguts donen una qualitat d'aigua dolenta respecte al fòsfor total.

Segons les temperatures mesurades en 2011 i la mitjana de 2010 cap es troba per sobre de 25 °C, això indica que no afectarà a la flora i fauna que es troba en aquesta aigua.

Taula 4. Resultats del anàlisi de l'aigua a l'entrada i la sortida del SAC d'Empuriabrava, així com els rendiments pels anys 2010 i 2011. MES: matèria en suspensió, NKT: nitrogen Kjeldahl total, NH₄⁺: amoni, NO₂⁻: nitrit, NO₃⁻: nitrat, P: fòsfor, I: influent, E: efluent, R:rendiment. Font: Consorci de la Costa Brava.

| MES | CABAL TRACTAT | | MES | | | NKT | | | NH ₄ ⁺ | | | NO ₂ ⁻ | | | NO ₃ ⁻ | | | P total | | | Temperatura | | |
|----------------|---------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|------------|--------------|------------------------------|------------|--------------|------------------------------|------------|--------------|------------------------------|------------|--------------|-------------|------------|---------------|-------------|-------------|----|
| | m ³ /mes | m ³ /dia | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | |
| | mg/L | mg/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg P/L | mg P/L | % | °C | °C |
| 2011 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gener | 114.967 | 3.832 | 2,3 | 1,6 | 30,4 | 3,1 | 0,4 | 87,1 | 1,6 | 0,3 | 81,3 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 1,5 | 0,1 | 93,3 | 5,1 | 0,9 | 82,4 | 9 | 6 | |
| Febrer | 90.370 | 3.012 | 1,0 | 1,9 | -90,0 | 1,8 | 1,1 | 38,9 | 0,5 | 0,4 | 20,0 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 1,2 | 0,8 | 33,3 | 4,3 | 1,6 | 62,8 | 12 | 12 | |
| Març | 142.283 | 4.743 | 1,6 | 3,2 | -100,0 | 1,6 | 0,6 | 62,5 | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 1,2 | 0,1 | 91,7 | 2,7 | | | 17 | 16 | |
| Abril | 120.015 | 4.001 | 3,0 | | | 3,7 | 0,5 | 86,5 | 1,4 | 0,4 | 71,4 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 2,2 | 0,1 | 95,5 | 7,9 | | | 17 | 20 | |
| Maig | 119.792 | 3.993 | 1,0 | 2,1 | -110,0 | 3,5 | | | 1,2 | | | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 2,2 | | | 7,1 | | | 22 | | |
| Juny | 125.966 | 4.199 | 3,3 | 2,6 | 21,2 | 4,3 | 1,2 | 72,1 | 2,2 | 1,1 | 50,0 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 2 | 0,1 | 95,0 | 8,5 | 2,5 | 70,6 | 23 | 22 | |
| Juliol | 156.430 | 5.214 | 3,0 | 10,5 | -250,0 | 4,9 | 1,6 | 67,3 | 1,2 | 1,6 | -33,3 | 0,2 | 0,0 | 100,0 | 3,5 | 0,1 | 97,1 | 9,3 | 2 | 78,5 | 24 | 23 | |
| Agost | 141.789 | 4.726 | 8,6 | | | | | | | | | | | | | | | 11,2 | | | | | |
| Setembre | 111.639 | 3.721 | 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | 13,4 | | | | | |
| Octubre | 106.465 | 3.549 | 1,6 | | | 5,7 | | 100,0 | 1,5 | | | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 4 | | 100,0 | 8,7 | | | 19 | | |
| Novembre | 59.087 | 1.970 | 6,0 | 3,0 | 50,0 | 2,2 | 0,9 | 59,1 | 1,1 | 0,7 | 36,4 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 1 | 0,2 | 80,0 | 5,5 | 4,3 | 21,8 | 16 | 14 | |
| Desembre | 91.718 | 3.057 | 1,8 | 2,9 | -61,1 | 1,5 | 0,5 | 66,7 | 0,6 | 0,4 | 33,3 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 0,9 | 0,1 | 88,9 | 3,2 | 1,1 | 65,6 | 15 | 7 | |
| MITJANA | 115.043 | 3.835 | 3,2 | 3,5 | -63,7 | 3,2 | 0,9 | 71,1 | 1,2 | 0,7 | 32,4 | 0,1 | 0,0 | 100,0 | 2,0 | 0,2 | 86,1 | 7,2 | 2 | 63,6 | 17,4 | 15,0 | |
| MÀXIM | 156.430 | 5.214 | 8,6 | 10,5 | 50,0 | 5,7 | 1,6 | 100,0 | 2,2 | 1,6 | 81,3 | 0,2 | 0,0 | 100,0 | 4,0 | 0,8 | 100,0 | 13,4 | 4 | 82,4 | 24,0 | 23,0 | |
| MÍNIM | 59.087 | 1.970 | 1,0 | 1,6 | -250,0 | 1,5 | 0,4 | 38,9 | 0,5 | 0,3 | -33,3 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,9 | 0,1 | 33,3 | 2,7 | 1 | 21,8 | 9,0 | 6,0 | |
| 2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITJANA | 98956 | 3298,5 | 6,0 | 3,9 | 8,8 | 5,3 | 1,3 | 69,6 | 1,1 | 0,7 | 26,2 | 0,2 | 0,0 | 88,9 | 4,0 | 0,5 | 81,1 | 1,2 | 2,5 | -93,5 | 14,4 | 12,1 | |
| MÀXIM | 161316 | 5377,2 | 13,5 | 12,0 | 62,5 | 12,0 | 1,8 | 100,0 | 2,3 | 1,1 | 57,1 | 0,2 | 0,1 | 100,0 | 10,1 | 1,2 | 100,0 | 3,0 | 5,0 | 100,0 | 26,0 | 24,0 | |
| MÍNIM | 59673 | 1989,1 | 3,6 | 1,5 | -233,3 | 1,8 | 0,6 | 29,2 | 0,3 | 0,3 | -33,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,1 | 20,0 | 0,5 | 0,2 | -366,7 | 5,0 | 1,0 | |

6.1.3 Flora i fauna

Durant la construcció es van crear una sèrie d'hàbitats, que podien ser utilitzats com a zones de posta i refugi per diferents espècies, essencialment d'aus aquàtiques. Després d'impermeabilitzar el sòl amb argiles compactades, es va procedir al plantat d'illes de macròfits de manera manual, aprofitant el panot propi de les plantes com a substrat. Aquestes illes van poblar de manera natural les llacunes, permetent la creació de refugis i creant zones d'aigües lentes, que afavoreixen el contacte entre els organismes i l'aigua (Blog del SAC d'Empuriabrava).

Com a espècies presents es troben la boga (*Typha latifolia*), el lliri groc (*Iris pseudacorus*), el canyís (*Phragmites australis*), tamarius (*Tamarix gallica*) i serrades (*Scirpus sp.*) Pel que fa a la fauna, s'han pogut observar diverses espècies d'aus de gran valor ecològic com cigonyes (*Ciconia ciconia*), boscarla mostatxada (*Acrocephalus melanopogon*), bernats (*Paguroidea sp.*), agrons (*Ardea sp.*), martinet blanc (*Egretta garzetta*), martinet ros (*Ardeola ralloides*), martinet de nit (*Nycticorax nycticorax*), martinet menut (*Ixobrychus minutus*), blauets (*Alcedo atthis*), ànecs de collverd (*Anas platyrhynchos*), martinet dels esculls (*Egretta gularis*), roncaires (*Anas querquedula*), rascletons (*Porzana parva*), Siseta (*Tringa stagnatilis*), forja (*Fulica atra*), polla d'aigua (*Gallinula chloropus*), boscarle del joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*), colltort (*Jynx torquilla*), cigne mut (*Cignus olor*), cabusset (*Tachybaptus ruficollis*), polla blava (*Porphyrio porphyrio*), ànec griset (*Anas leucophrys*), agró blanc (*Cosmerodius albus*), cames llargues (*Himantopus himantopus*), ànec de coll negre (*Anas leucophrys*), fumarell carablanc (*Chlidonias hybridus*), fotges (*Fulica atra*) i ànecs xibecs (*Netta rufina*) (Blog del SAC d'Empuriabrava).

També s'han visualitzat alguns amfibis (que necessiten una qualitat de l'aigua excel·lent per viure) com la reineta (*Hyla meridionalis*), algunes espècies de rèptils com serps d'aigua (*Natrix maura* i *Natrix natrix*), la serp verda (*Malpolon monspessulanus*) i la tortuga de rierol (*Mauremis leprosa*). Fins i tot algunes espècies de mamífers han estat detectats a l'espai, com la llúdriga (*Lutra lutra*), senglars (*Sus scrofa*), guilles (*Vulpes vulpes*), daines (*Dama dama*), rata grisa (*Rattus norvegicus*) i el teixó (*Meles meles*) (Blog del SAC d'Empuriabrava).

6.2 CAN CABANYES

L'espai natural de Can Cabanyes amb una superfície de 8 ha, està situat al sud del municipi de Granollers, entre la carretera de Montmeló i el marge dret del riu Congost.

Can Cabanyes són uns terrenys cedits com a zona verda pel parc industrial de Can Gordí - Can Català, i la seva restauració ecològica va ser impulsada per l'Ajuntament de Granollers com a part del projecte finançat pels Fons de Cohesió de la Unió Europea per clausurar l'antic abocador de residus de Palou, i recuperar l'entorn fluvial del riu Congost. L'espai està catalogat pel pla especial de Granollers com a espai d'interès municipal, ENIM i ha estat inclòs, com a part de l'espai del riu Congost, en la Xarxa Natura 2000.

Les actuacions de millora paisatgística i de restauració ambiental, com ara la recuperació dels marges fluvials, la regeneració del bosc existent i la creació d'un aiguamoll artificial, han permès augmentar la naturalització i la diversitat d'ambients de l'espai de ribera. L'espai de Can Cabanyes constitueix un refugi per a la fauna d'ocells del riu Congost i per a la que colonitza l'aiguamoll que s'hi ha construït. Té un gran valor biològic en una zona periurbana i ja hi han estat detectades 86 espècies vegetals i 35 espècies d'ocells.

A l'any 1992 es va construir la depuradora de Granollers, la qual rep aigua de Granollers, Canovelles, les Franqueses del Vallès i dels polígons industrials de la zona (Figura 13). Aquesta es troba ubicada al terme municipal de Granollers, al marge esquerra del riu Congost i aigües avall del casc urbà. A partir de la seva posta en funcionament, la totalitat de l'aigua tractada a la depuradora, era abocada al riu Congost.



Figura 13. EDAR de Granollers. Font: Consorci per a la Defensa de la Conca del riu Besòs.

Actualment l'EDAR de Granollers té una capacitat hidràulica de 30.000 m³/dia i un tipus de tractament biològic amb eliminació de nitrogen i fòsfor. La major part de l'efluent es retorna al riu Congost i entre el 2%- 5% va a parar al circuit de l'aiguamoll de Can Cabanyes (Entrevista X. Romero).

L'espai natural de Can Cabanyes està en funcionament des del 2003. Aquest aiguamoll construït, actua com a sistema de tractament terciari d'una part de l'efluent residual procedent de l'EDAR de Granollers. El disseny de l'aiguamoll de flux superficial, va ser encarregat al Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya. Destacant la creació de diferents ambients, amb la projecció de zones profundes i someres per tal d'aconseguir la màxima biodiversitat.

La concessió d'aigües depurades de l'Agència Catalana de l'Aigua, dóna un permís d'entrada de 200m³/dia d'aigua procedent de l'EDAR a l'aiguamoll, cal destacar que aquest cabal podria ser explotat en major quantitat (Entrevista X. Romero).

L'entorn de Can Cabanyes està format per dues zones humides permanents, l'aiguamoll i la bassa d'amfibis situada a continuació d'aquest. També inclou dues bassetes que són zones humides temporals i tenen com a objectiu la millora de l'hàbitat de l'herpetofauna. Un centre d'educació ambiental, és l'encarregat de la divulgació del funcionament d'aquest tractament terciari i de la biodiversitat de flora i fauna que en ell es crea. Per últim trobem una planta d'aigües regenerades, que s'encarrega de clorar l'aigua per eliminar els microorganismes patògens i donar-li un ús com a reg de parcs i jardins del municipi de Granollers.

6.2.1 Fase de disseny de l'aiguamoll

La forma i superfície es van determinar en funció de la disponibilitat del terreny, durant la fase de disseny es va establir el cabal que l'instal·lació podria tractar per arribar a una qualitat determinada en els seus efluentes (vessaments al riu). Com a criteri es va establir que els efluentes haurien de garantir la salut pública (per la seva futura reutilització en reg i jardineria) i al mateix temps evitar una eutrofització excessiva del propi sistema. Respecte a la salut pública es va considerar que els efluentes havien d'aconseguir els límits de concentració de coliforms fecals (CF) de la normativa d'aigües de bany (Directiva 76/160/CEE) i les recomanacions de la Direcció General de Salut Pública de la Generalitat de Catalunya per reg de parcs i jardins públics. Es va fixar un valor de 310 CF/100 ml (García et al. 2006).

Respecte l'eutrofització del propi sistema, es va determinar un límit de N amoniacal atenent l'experiència del SAC d'Empuriabrava, el valor seleccionat va ser de 2 mg/L (Sala et al. 2001). Per determinar el cabal d'alimentació es va fer un anàlisi de dades (de tipus mensual) en el que va ser necessari saber, estimar o suposar les següents variables: precipitació (obtinguda d'una estació meteorològica propera), evapotranspiració (dades d'un parc pròxim on el reg es controla a partir del balanç hídric), temperatura de l'aigua (estimada a partir de la temperatura ambiental),

concentració dels contaminants en l'aigua tractada (estimada pel N amoniacal a partir de dades facilitades pel Consorci per la Defensa de la Conca del riu Besòs, i suposar pels CF), i la concentració dels contaminants en l'efluent de l'aiguamoll (objectiu a arribar). La determinació del cabal es va realitzar utilitzant el model de la concentració de fons ($k-C^*$) proposat per Kadlec i Knight (1996) (García et al. 2006):

$$Q = \frac{Axk}{\ln \left[\frac{C_0 - C^*}{C_e - C^*} \right]} - \left[\frac{Q_p - Q_e}{2} \right]$$

- A = superfície de la làmina d'aigua (m²)
- Q = cabal a tractar(m³/dia)
- K = constant de cinètica de primer ordre d'eliminació dels contaminants (m/dia)
- Co = concentració del contaminant en l'influent (mg/L)
- C* = concentració de fons dels contaminants (mg/L)
- Ce = concentració del contaminant en l'efluent (mg/L)
- Qp = quantitat d'aigua aportada per la precipitació (m³/dia)
- Qe = quantitat d'aigua perduda per evaporació (m³/dia)

Durant la fase de disseny no va ser necessari avaluar el comportament hidràulic del sistema atenent el petit cabal de bombeig (200 m³/dia).

L'aiguamoll es va construir mitjançant un terraplenament en les zones dels talussos i lleugera excavació en la zona de la cubeta. L'impermeabilització es va realitzar amb aportació d'argila i es va compactar fins arribar a un espessiment de 0.2 m. Després es va estendre una capa de 0.3 m de terra vegetal per facilitar l'arrelament de les plantes aquàtiques emergents (Figura 14) (García et al. 2006).

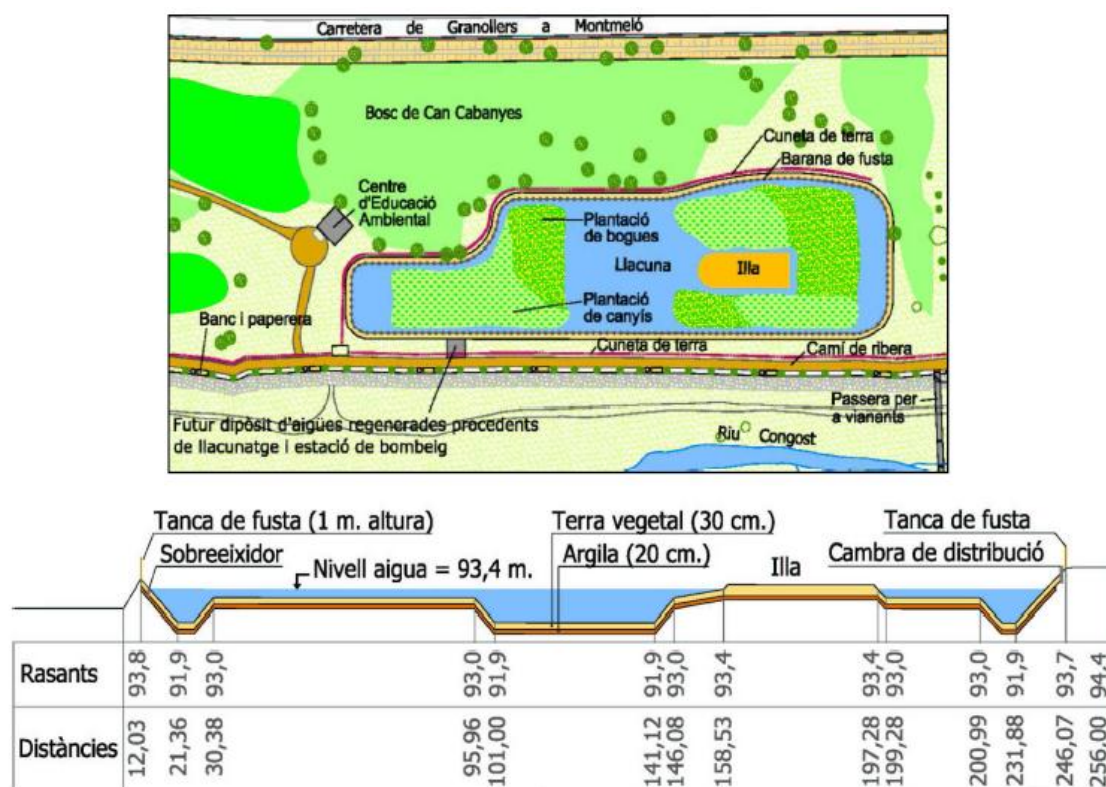


Figura 14. Esquema del disseny del SAC de Can Cabanyes. Font: Ajuntament de Granollers, 2008.

En total es va realitzar una plantació de 2250 unitats de canyís (*Phragmites australis*) i boga (*Typha ssp.*). 470 m² van ser plantats amb aquestes mateixes espècies, però estructurades en fibra, amb la finalitat de garantir una cobertura ràpida de les zones someres de l'aiguamoll (García et al. 2006).

6.2.2 Estructura i funcionament actual

L'aiguamoll construït té una única cel·la amb forma allargada i una superfície de lamina d'aigua d'aproximadament 1 ha, el temps de residència hidràulic oscil·la dels 20 als 50 dies. Una arqueta (1) connectada a la canonada d'entrada d'aigua depurada permet regular el cabal, aquest és d'uns 200 m³/dia aproximadament, procedents de la depuradora de Granollers. El cabal es divideix en tres i es vessa en la capçalera de l'aiguamoll (Figura 18) (Entrevista X. Romero).

L'aiguamoll té una profunditat variable ja que disposa de tres petites zones profundes (de 1.5 m de làmina d'aigua) que s'alternen amb zones amplies someres plantades (0.4m de profunditat). La capçalera de l'aiguamoll (2) és una de les zones profundes, en aquesta zona s'ha detectat un augment significatiu de la proliferació de lletia d'aigua i algues filamentoses. Això es degut a la càrrega de nutrients (nitrogen i fòsfor) que amb el descens de les temperatures (hivern) provoca l'aparició blooms algals. Fins ara no han disminuït els rendiments d'eliminació de nitrogen en l'efluent, però dóna una percepció negativa als visitants d'aquest espai natural. En l'eix mitjà del sistema hi ha una illa amb una superfície aproximada de

550m²(3), els talussos es van construir suaus i lleugerament variables entre ells. Aquesta illa està envoltada d'una zona somera, coberta principalment de canyís i una presència més baixa de boga, aquesta part actua de refugi i té la funció de nidificació de les diferents espècies que poden trobar-se en aquest entorn (Figura 18) (Ajuntament de Granollers 2008).

A la part central de l'aiguamoll hi ha una altra zona profunda (4), on es pot trobar *E. orbicularis*, *Mauremys leprosa* i *Trachemys scripta*. En aquest tram no hi ha presència d'algues. A continuació hi ha una altra zona somera on l'aigua queda coberta per el canyís i la boga (5). La part final de l'aiguamoll torna a ser una zona profunda (6), a partir d'aquest punt l'aigua passa a través d'unes reixes per evitar l'acumulació de restes orgàniques i es distribuïda per dues canonades. En una canonada va el 66% de l'efluent de l'aiguamoll i va a la bassa d'amfibis i el 33% va a l'altre canonada per ser tractada en la planta de regeneració d'aigües (Figura 15) (Entrevista X. Romero).

Aiguamoll construït per a la creació d'un nou hàbitat per la tortuga d'estany europea *Emys orbicularis* a Riudarenes



Figura 15. Plànol del SAC de Can Cabanyes: 1) arqueta entrada, 2) capçalera aiguamoll, 3) primera zona somera i illa, 4) zona profunda central, 5) segona zona somera, 6) sortida aigua aiguamoll. Font: Consorci per la defensa de la conca del riu Besòs. Imatges d'elaboració pròpia.

La bassa d'amfibis té 2.5 metres de profunditat, amb l'objectiu de reforçar i millorar el desenvolupament i les funcions ecològiques de la zona humida de Can Cabanyes, per augmentar el nombre d'amfibis i rèptils en aquest entorn. S'ha dissenyat l'hàbitat més adient per la reproducció de l'herpetofauna, una zona amb molta vegetació, bàsicament de brolla mediterrània adient per amagar-se, nidificar i amb una bona qualitat de l'aigua (Figura 16). Actualment en aquesta bassa podem trobar tortugues, però no ha tingut molt èxit pels amfibis, degut a la presència de gambússia que depreda les larves (Phragmites 2011).



Figura 16. Bassa d'amfibis. Font: elaboració pròpia.

Per pal·liar el problema, es van fer dues bassetes temporals (Figura 17). A l'estiu quan no plou s'assequen, i es van fent recàrregues controlades de l'aiguamoll per evitar aquest succés. Quan plou tenen una làmina d'aigua suficient perquè els amfibis s'adaptin a l'hàbitat i els peixos no. La flora que trobem en aquest indret és bàsicament boga mediterrània (Phragmites 2011).



Figura 17. Basseta temporal. Font: elaboració pròpia.

En la planta regeneradora de Can Cabanyes (PRCC) la qual un terç de l'aigua de l'aiguamoll, se li fa un tractament amb clor, consisteix en l'adició d'un 15% d'hipoclorit sòdic a l'aigua per donar-li un ús com a reg en el municipi de Granollers (Figura 18). La concessió donada per l'ACA (Agència Catalana d'Aigües) només dona permís per utilitzar-la per reg amb degoteig, degut a que per aspersió poden aparèixer brots de legionel·la (Entrevista X. Romero).



Figura 18. Planta d'aigües regenerades. Font: elaboració pròpia.

L'entrada de l'aigua depurada i sortida de l'aigua regenerada es fa per teledirecció. La construcció de Can Cabanyes va tenir un cost aproximat de 90.000€ la planta d'aigües regenerades, 200.000€ els aiguamolls i el manteniment de 10.000€ a l'any (Entrevista X. Romero).

La taula 5 mostra els resultats dels paràmetres de l'aigua de sortida de l'aiguamoll de Can Cabanyes pels anys 2010 i 2011. A continuació es fa un comentari d'aquests resultats:

A partir de l'estudi dels resultats d'entrada i sortida de l'aiguamoll dels diferents paràmetres analitzats, es pot determinar que aquest sistema és eficient en la reducció de nitrogen amoniacal i nitrats, és a dir, la concentració de sortida és inferior a la d'entrada. En canvi en la resta de paràmetres MES, DQO i fòsfor total el rendiment és negatiu, però només les concentracions de fòsfor estan per sobre de la directiva 91/271.

La concentració mitjana anual de sortida de l'aiguamoll de MES en 2011 és de 10,9 mg/L i en 2010 té un resultat gairebé igual 11 mg/L. Els resultats es troben dins de la concentració màxima permesa per la directiva 91/271.

El valor mitjà anual de DQO en 2011 és de 51,7 mg/L i en 2010 és de 52,5 mg/L. Els valors obtinguts es troben al voltant dels 50 mg/L, són concentracions molt més baixes que la màxima de la directiva 91/271.

Els resultat mitjà anual de 2011 d'amoni és de 1,6 mg/L i en 2010 és de 1,3 mg/L. S'observa un valor més elevat de nitrogen als mesos freds, aquest és el període més crític per a l'eliminació de nitrogen ja que la cinètica dels microorganismes és més lenta.

La mitjana anual de nitrats de l'any 2011 és de 1,8 mg/L i en 2010 és de 1,7 mg/L. Com en el cas del nitrogen amoniacal en els nitrats també s'observa un valor més elevat de nitrogen en els mesos més freds, és un període més crític per l'eliminació de nitrogen. Els resultats obtinguts segons el PSARU indiquen que aquesta aigua, en quant a nitrats, té una molt bona qualitat, ja que cap de les dues concentracions anuals supera els 5 mg/L.

La concentració mitjana anual de fòsfor total de 2011 i 2010 és de 7,7 mg/L. Aquest valor es troba molt per sobre del màxim establert per la directiva 91/271 que és de 2 mg/L, es considera un aigua de molt mala qualitat per les concentracions de fòsfor que conté, això pot afavorir l'eutrofització del canal del reg on va a parar aquesta aigua.

Aiguamoll construït per a la creació d'un nou hàbitat per la tortuga d'estany *Emys orbicularis* a Riudarenes

Taula 5. Resultats del anàlisi de l'aigua a l'entrada i la sortida del SAC de Can Cabanyes, així com els rendiments pels anys del 2010 i 2011. MES: matèria en suspensió, NKT: nitrogen Kjeldahl total, NH₄⁺: amoni, NO₂⁻: nitrit, NO₃⁻: nitrat, P: fòsfor, I: influent, E: efluent, R:rendiment. Font: Consorci per la defensa de la Conca del riu Besòs.

| MES | CABAL TRACTAT | | MES | | | DQO | | | NH ₄ ⁺ | | | NO ₃ ⁻ | | | P total | | |
|----------------|---------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------------------|------------|-------------|------------------------------|------------|-------------|------------|------------|---------------|
| | m ³ /mes | m ³ /dia | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R |
| | | | mg/L | mg/L | % | mg O ₂ / | mg O ₂ /l | % | mg N/L | mg N/L | % | mg/L | mg/L | % | mg/l | mg/l | % |
| 2011 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gener | 8.355 | 269,5 | 12,0 | 9,9 | 17,5 | 46,0 | 49,9 | -8,5 | 3,7 | 2,8 | 23,4 | 3,2 | | | 6,0 | | |
| Febrer | 7.503 | 268,0 | 17,0 | 15,0 | 11,8 | 52,0 | 52,0 | 0,0 | 8,6 | 4,8 | 44,7 | 1,7 | | | 5,0 | | |
| Març | 8.335 | 268,9 | 11,0 | 9,9 | 10,0 | 39,0 | 52,0 | -33,3 | 4,6 | 1,6 | 65,9 | 3,8 | | | 5,0 | | |
| Abril | 7.985 | 266,2 | 10,0 | 9,9 | 1,0 | 34,0 | 49,9 | -46,8 | 3,5 | 0,7 | 79,3 | 3,9 | 2,7 | 30,8 | 4,5 | 9,2 | -104,4 |
| Maig | 9.586 | 309,2 | 7,0 | 9,9 | -41,4 | 36,0 | 51,0 | -41,7 | 1,3 | 0,7 | 44,6 | 7,0 | 0,5 | 93,1 | 5,8 | 6,4 | -10,3 |
| Juny | 9.950 | 331,7 | 5,0 | 11,5 | -129,0 | 30,0 | 49,9 | -66,3 | 2,6 | 0,7 | 73,3 | 4,4 | | | 4,8 | | |
| Juliol | 12.297 | 396,7 | 5,0 | 9,9 | -98,0 | 34,0 | 59,0 | -73,5 | 2,1 | 0,6 | 70,8 | 5,5 | 2,3 | 58,2 | 6,0 | 7,4 | -23,0 |
| Agost | 7.453 | 240,4 | 7,0 | | | 34,0 | | | 2,9 | | | 5,7 | | | 6,3 | | |
| Setembre | 12.762 | 425,4 | 5,0 | | | 41,0 | 49,9 | -21,7 | 1,8 | 1,0 | 45,0 | 4,8 | | | 5,7 | | |
| Octubre | | | 7,0 | | | 43,0 | | | 1,9 | | | 5,0 | | | 5,4 | | |
| Novembre | | | 5,0 | | | 31,0 | | | 3,1 | | | 4,6 | | | 4,8 | | |
| Desembre | | | 10,0 | | | 47,0 | | | 10,3 | | | 3,9 | | | 5,7 | | |
| MITJANA | 9.359 | 308,4 | 8,4 | 10,9 | -32,6 | 38,9 | 51,7 | -36,5 | 3,9 | 1,6 | 55,9 | 4,5 | 1,8 | 60,7 | 5,4 | 7,7 | -45,9 |
| MÀXIM | 12.762 | 425,4 | 17,0 | 15,0 | 17,5 | 52,0 | 59,0 | 0,0 | 10,3 | 4,8 | 79,3 | 7,0 | 2,7 | 93,1 | 6,3 | 9,2 | -10,3 |
| MÍNIM | 7.453 | 240,4 | 5,0 | 9,9 | -129,0 | 30,0 | 49,9 | -73,5 | 1,3 | 0,6 | 23,4 | 1,7 | 0,5 | 30,8 | 4,5 | 6,4 | -104,4 |
| 2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITJANA | 9.956 | 327,1 | 7,6 | 11,0 | -58,8 | 37,6 | 52,5 | -45,0 | 3,7 | 1,3 | 59,0 | 4,8 | 1,7 | 61,1 | 5,4 | 7,7 | -49,8 |
| MÀXIM | 12.762 | 425,4 | 17,0 | 15,0 | 17,5 | 52,0 | 59,0 | 0,0 | 10,3 | 4,8 | 79,3 | 7,0 | 2,7 | 93,1 | 6,3 | 9,2 | -10,3 |
| MÍNIM | 7.453 | 240,4 | 5,0 | 9,9 | -129,0 | 30,0 | 49,9 | -73,5 | 1,3 | 0,6 | 23,4 | 1,7 | 0,5 | 30,8 | 4,5 | 6,4 | -104,4 |

6.2.3 Flora i fauna

A l'aiguamoll actualment, l'espècie predominant és el canyís (*Phragmites australis*), degut a que la producció i el creixement de rizomes i tiges és molt més eficient. En un percentatge més reduït podem trobar boga (*Typha sp.*) tot i que inicialment trobàvem proporcions semblants de les dues espècies. També es detecten puntualment, en molt més baixa distribució el lliri groc (*Iris pseudacorus*), jonc boval (*Scirpus holoschoenus*) i en la sortida una petita població de castanyola (*Cyperus longus*) (Phragmites 2011).

En la bassa d'amfibis les espècies helòfites identificades són el canyís (*Phragmites australis*), la boga (*Typha angustifolia*), el lliri groc (*Iris pseudacorus*), el jonc boval (*Scirpus holoschoenus*) i el càrex (*Carex pendula*). Els arbustos que es troben a la bassa són el salze blanc (*Salix alba*), el gatell (*Salix cinerea*) i la sarga (*Salix elaeagnos*). Com succeeix en l'aiguamoll també a colonitzat massivament el canyís (Phragmites 2011).

En les bassetes temporals trobem boga (*Typha latifolia*), jonc boval (*Scirpus holoschoenus*), gram d'aigua (*Paspalum distichum*) i presència d'hidròfits (caròfits).

La fauna autòctona que s'ha identificat en aquesta zona són: d'ocells; ànec collverd (*Anas platyrhynchos*), polla d'aigua (*Gallinula chloropus*), corriol petit (*Charadrius dubius*), cuereta blanca (*Motacilla alba*), rossinyol bord o bastard (*Cettia cetti*), trist (*Cisticola juncidis*), tudó (*Columba palumbus*), garsa (*Pica pica*), bernat pescaire (*Ardea cinerea*), esplugabous (*Bulbucus ibis*). Peixos; Carpa (*Cyprinus carpio*). Amfibis; Gripauet (*Pelodytes punctatus*), tortuga de rierol (*Mauremys leprosa*) (Web Can Cabanyes).

Com fauna al·lòctona podem destacar la presència de cranc vermell americà (*Procambarus clarkii*), gambússia (*Gambusia holbrooki*), tortuga de florida (*Trachemys scripta elegans*), bec de corall senegalès (*Estrilda astrid*) (Web Can Cabanyes).

7. ZONA D'ESTUDI

7.1 LOCALITZACIÓ GEOGRÀFICA

Riudarenes és un municipi de la comarca de la Selva, a la província de Girona (Figura 19). Es tracta d'un nucli petit, d'uns 2.200 habitants. La població es dedica principalment a l'agricultura de secà, ramaderia i la indústria. Es troba localitzat geogràficament al nord-est de la Depressió Prelitoral, també és anomenada Plana de la Selva, a 84 m sobre del nivell del mar.

Té una superfície de 4.663 ha, de les quals 76 es troben incloses en el Pla Especial de protecció del medi natural i del paisatge de l'Estany de Sils, la Riera de Santa Coloma i els Turons de Maçanet. Una superfície de 20 ha formen part del Pla d'espais naturals de la Riera de Santa Coloma i 13 del PEIN dels Turons de Maçanet (Diego et al. 1998).

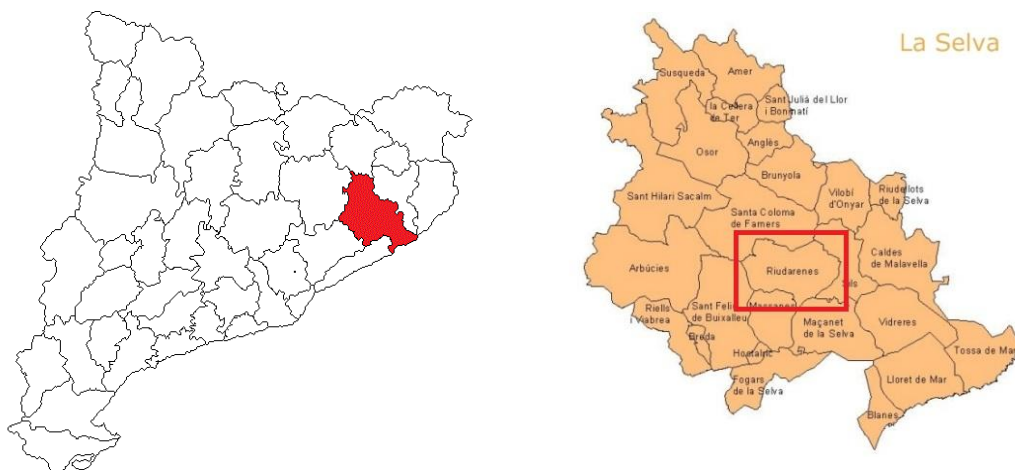


Figura 19. Mapa de situació de la comarca de La Selva i de Riudarenes. Font: Gencat i elaboració pròpia.

7.2 MEDI FÍSIC

7.2.1 Geomorfologia

La depressió de la Selva és una petita conca tectònica localitzada entre les depressions del Vallès-Penedès i de l'Empordà, en la part nord-oriental de la serralada dels Catalànids. Es troba envoltada per nombrosos massissos: a l'oest el massís de les Guilleries; al nord, la serralada Transversal; a l'est les Gavarres i al sud, la serralada de la Selva Marítima.

Té una extensió de 200 km² i una alçada mitjana de 150 metres. Dins del context regional, els accidents més importants de la depressió de la Selva constitueixen el

seu marge meridional. També cal destacar la falla que constitueix el marge oriental de la depressió.

Riudarenes es troba dins de la subconca de la riera de Santa Coloma, situada en el sector oriental de la conca de la Tordera, la qual es troba envoltada per relleus més enlairats on aflora el sòcol hercinià i, pel sud i l'oest, per edificis eruptius i colades basàltiques del pliocè (Diego et al. 1998).

El pendent del terreny de la zona d'estudi es troba entre el 0 i el 2% (PEF Tordera, ACA), amb direcció sud-est (Figura 20).



Figura 20. Mapa topogràfic de la zona d'estudi. Font: ICC.

7.3.2 Geologia

Riudarenes presenta materials pliocens que reomplen la depressió de la Selva. La totalitat de la conca de la riera de Santa Coloma està ocupada per materials granítics i granodiorítics hercinians (Figura 21).

Els dipòsits al·luvials d'aquesta que es troben són, de superfície en profunditat: una matriu sorrenca juntament amb argila vermella i petites capes de grava de còdols de geologia granítica, decimètrics i rodats. Per sota d'aquest apareix un nivell de textura marcadament més heteromètrica i grollera, amb una matriu única i exclusivament sorrenca que presenta còdols disposats de forma caòtica. Immediatament per sota, apareix un nivell de gruix considerable de llims, els quals segellen un nivell de grava constituïda per còdols granítics rodats (Diego et al. 1998).

El gruix d'aquest dipòsit al·luvial a l'alçada de la població de Riudarenes, es situa al voltant dels 12 i 15 metres (Diego et al. 1998).

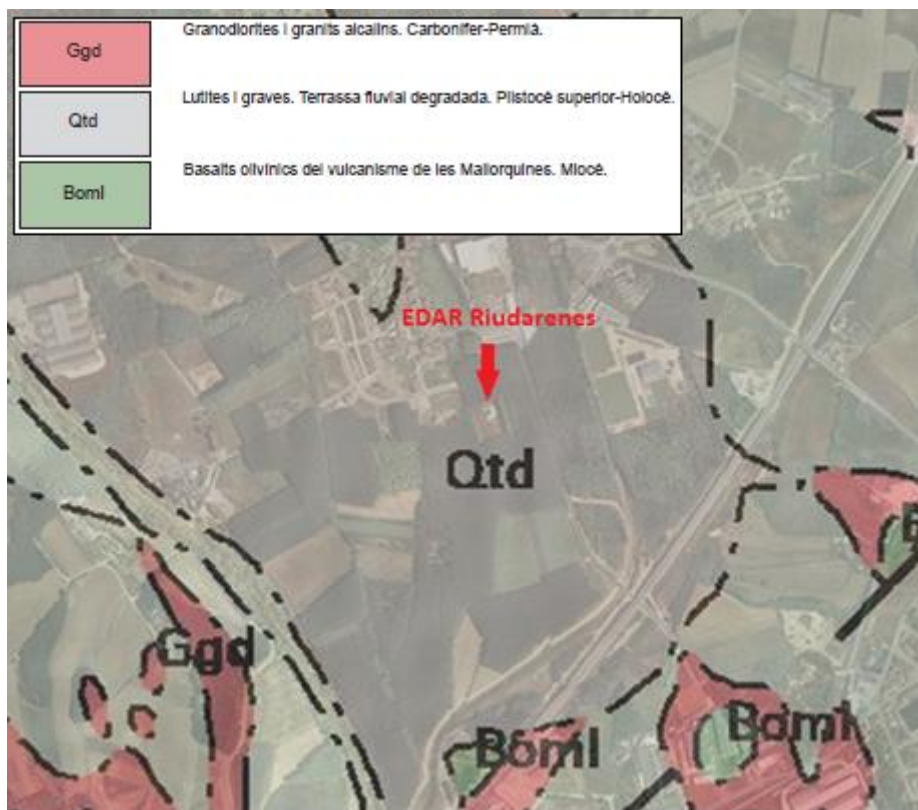


Figura 21. Mapa geològic de Catalunya 1:50.000. Font: ICC

7.3.4 Hidrogeologia

La riera de Santa Coloma es troba inclosa en el PEIN, degut a la seva representativitat pel que fa a la vegetació aigualosa i de ribera pròpia de les vores dels cursos d'aigua al Pla de Selva. Com a factors negatius s'assenyala la regressió del bosc de ribera i la contaminació de les aigües de la riera.

La riera de Santa Coloma drena la subcubeta meridional de la depressió de la Selva i una part del bloc central de les Guillerries. Un cop arriba a la plana, la riera de Santa Coloma flueix al llarg de la falla que limita els estreps de les Guillerries amb la depressió selvatana, fins a la seva confluència amb la Tordera.

La conca de l'aqüífer que afecta l'àmbit de la zona d'estudi és la vall de Santa Coloma, es troba catalogat com a aquífer protegit segons el Decret 328/1988 amb una superfície de 26.146,3 ha (Figura 22). La delimitació d'aquest aquífer quaternari al·luvial coincideix naturalment amb la línia de separació de les aigües superficials corresponents a la conca de la riera de Santa Coloma, i la circulació de les aigües dintre de l'aqüífer al·luvial segueix la direcció de la vall.

L'aqüífer quaternari està constituït per al·luvions arenoargil·losos dipositats pels cursos d'aigua. En la vall de la riera de Santa Coloma, els al·luvions són molt més grollers, ja que procedeixen especialment de la descomposició del relleu granític i apareixen en forma de sorres més o menys grolleres i graves. Quant a les capes

superficials, generalment estan constituïdes per lims arenosos. L'espessor del quaternari és d'1,5 m aproximadament en la vall de la riera de Santa Coloma. Aquestes quantitats corresponen als terrenys superficials secs. En general, l'aqüífer quaternari es considera un aquífer lliure encara que en certes zones es troba sota una capa llimosa de diversos metres d'espessor, que fa que l'aqüífer sigui semiconfinat (Diego et al. 1998).

El nivell freàtic mitjà de l'aqüífer descrit, es troba a una fondària mitjana de 2 a 3 metres respecte del nivell del terreny, i d'1,5 a 2 metres a l'embassament màxim. El gradient piezomètric de l'aqüífer al·luvial de la vall de Santa Coloma assoleix el 7,5 per 1.000 fins a Riudarenes. De manera general, el pendent piezomètric de l'aqüífer al·luvial és el mateix que el del terreny natural. Això indica que l'alimentació (infiltració menys evapotranspiració) és superior a les pèrdues per bombeig i circulació subterrània (Diego et al. 1998).

L'alimentació potencial i la rapidesa de la recàrrega són importants, atesa la gran permeabilitat dels seus terrenys superficials. És conegut que a la riera de Santa Coloma la pujada del nivell freàtic segueix immediatament les pluges i les crescudes de tardor. L'alimentació és suficientment important com per poder omplir en cada estació humida els embassaments subterranis.

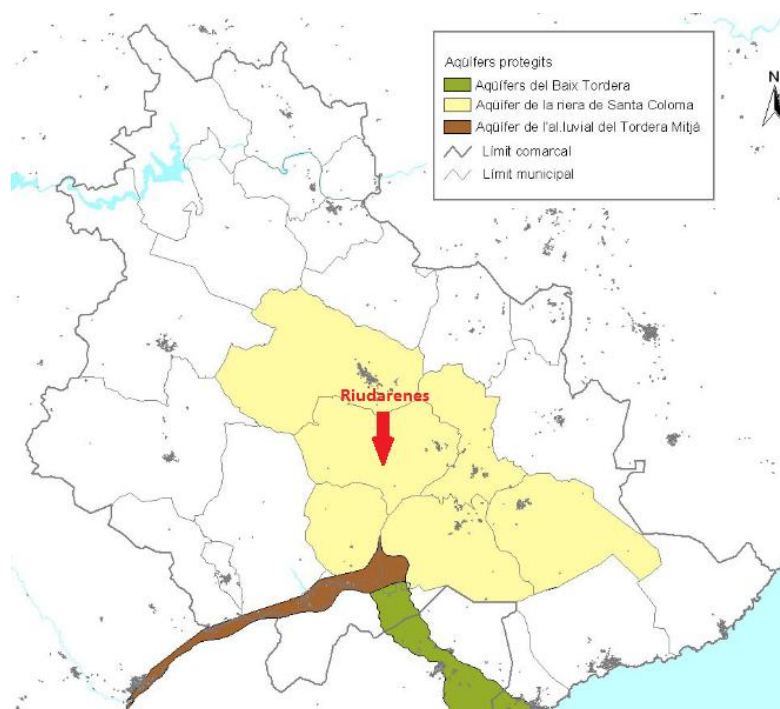


Figura 22. Mapa de delimitació dels diferents aquífers de la conca de la Tordera. Font: Consell Comarcal de la Selva.

7.3.5 Climatologia

El clima de la depressió de la Selva és mediterrani humit, es caracteritza per tenir una precipitació mitjana relativament elevada. La pluviositat és superior als 750 mm anuals, fins i tot superior als 800 mm en alguns casos. La distribució de la precipitació és bastant homogènia al llarg de l'any, tot i que existeixen dos pics màxims, a la primavera i a la tardor (Figura 23).

Pel que fa a les temperatures, en conjunt són suaus, amb estius no massa càlids i hiverns no massa freds (Figura 23). Això és així, però, només si tenim en compte les temperatures mitjanes, ja que a la depressió de la Selva, en tractar-se d'una cubeta tancada i separada del mar per la serralada litoral, es produeix un cert fenomen de continentalitat, especialment a l'hivern com a conseqüència de les inversions tèrmiques (a l'estiu, la intensitat de les marinades fa que l'efecte regulador del mar arribi pràcticament arreu). Aquesta continentalitat es tradueix en una accentuació de les temperatures mínimes i en la presència més o menys habitual de boires (Diego et al. 1998).

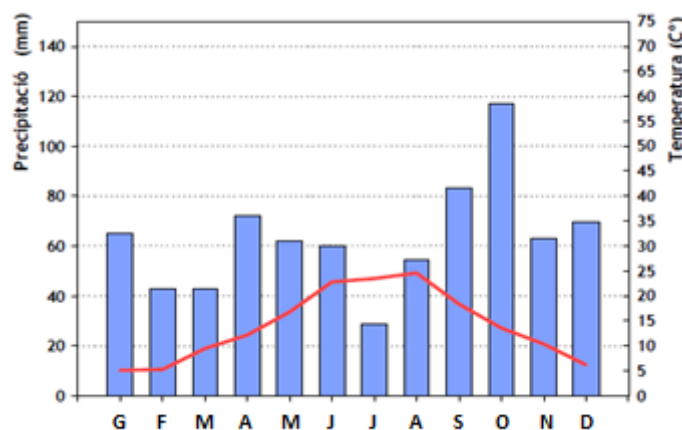


Figura 23. Climograma de Riudarenes. Dades pluviomètriques.
Font: Franch, M. et al, 2008 (modificat).

La figura 24 mostra el mapa d'inundacions de la zona d'estudi per a diferents períodes de retorn, extret del Pla de Protecció civil per al risc d'inundacions de Catalunya (INUNCAT).

Com es pot observar, la depuradora de Riudarenes es troba dins la franja de temps de retorn de 100 anys. Aquest fet indica que s'espera que aquesta zona s'inundi cada 100 anys, per tant, el risc per inundació és molt baix.

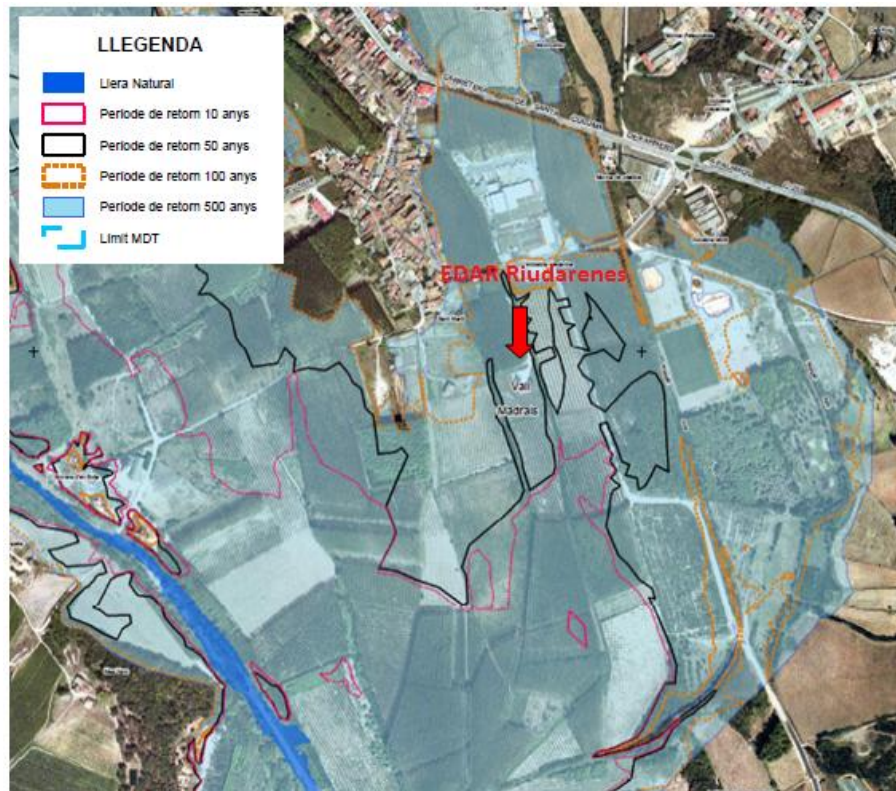


Figura 24. Mapa de risc d'inundacions de Riudarenes segons diferents períodes de retorn. Font: INUNCAT (ACA)

7.4 MEDI BIÒTIC

Com s'ha comentat anteriorment, a la comarca de la Selva es localitza la població de tortuga d'estany europea millor conservada i amb major nombre d'exemplars de tot el nord-est ibèric. Es troben en nuclis més o menys aïllats en basses, canals i ambients aquàtics. La subpoblació millor conservada es localitza a Riudarenes (Franch et al. 2008).

Riudarenes és una zona de potencial connectivitat entre els diferents espais humits de la Selva, pel que fa a la tortuga d'estany *E. orbicularis*. Un model de connectors elaborat a partir de les distribucions potencials d'*E. orbicularis*, mostra com la depuradora on es vol construir l'aiguamoll, es troba situada dins d'una zona de màxima densitat, i molt a prop d'un connector entre dues poblacions de tortuga d'estany europea (Figura 25)(Franch et al. 2008). La construcció de l'aiguamoll faria augmentar la superfície de zona humida i, per tant, ajudar a mantenir i fer augmentar la població de tortuga en la zona.

La connexió que es dona actualment en aquesta zona, és de tipus semipermeable, és a dir, que presenta certes dificultats de difusió d'individus però no ho impedeix. Es tracta d'un connector fluvial i terrestre, la distància que separa els dos nuclis és d'uns 1.500m (Franch et al. 2008).

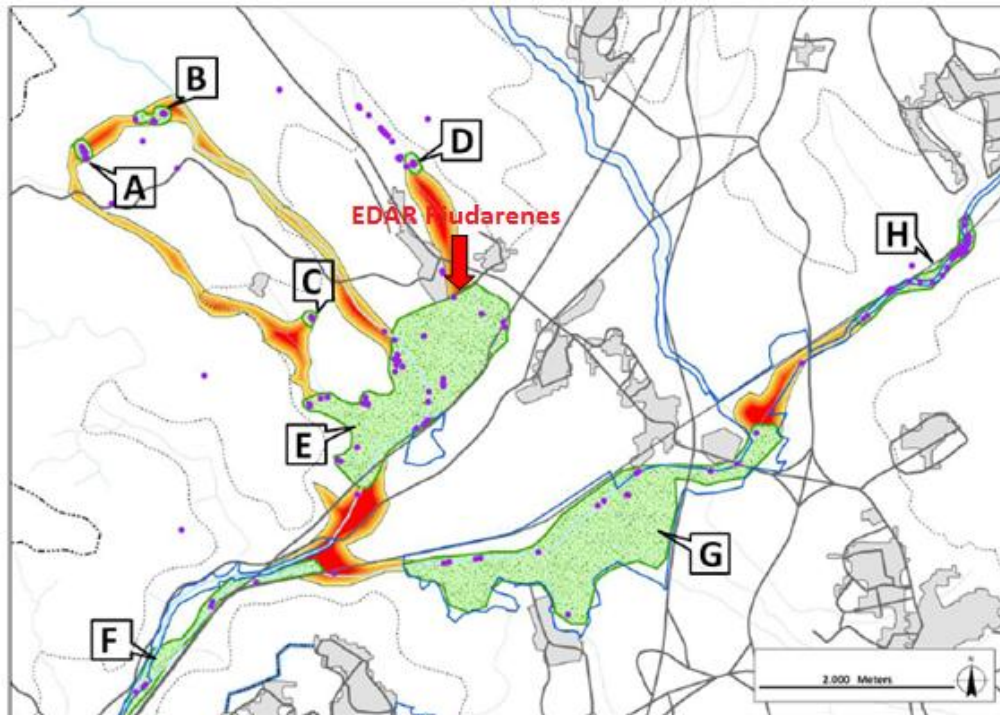


Figura 25. Model de connectores elaborat a partir de les distribucions potencials obtingudes per la tortuga europea. Polígons verds: zones de màxima densitat de cites (A: Can Cunill; B: Can Barrot; C: Can Calçada; D: Can Prats; E: Zona Camparra - Esplet - Prats de Mas Vern; F: Sèquia de Sils - Riera de Santa Coloma; G: Estanys de Sils i H: Caldes de Malavella). Polígons degradats taronja - vermell: connectores entre zones de màximes densitats. Perímetres blaus: Espais PEIN. Font: Franch et al. 2008.

E. orbicularis a Riudarenes presenta un elevat grau de fidelitat als nuclis on resideix, però presenta poblacions amb mobilitat dirigida i recurrent capaç de colonitzar nous ambients i establir nuclis poblacionals incipients. En 2 anys es va produir la colonització d'una bassa construïda a 2 quilòmetres de distància d'un focus poblacional. Els moviments dirigits tenen com a objectiu la posta en el cas de les femelles, tot i que també poden tenir com a objectiu l'aprofitament temporal de recursos d'un altre ambient aquàtic pròxim (Franch et al. 2008). L'àrea vital d'*E. orbicularis* es situa al voltant dels 200 m, en aquest sentit, la depuradora es troba dins aquest rang d'una població propera (Franch et al. 2008), pel que seria d'esperar que l'espècie arribés pels seus propis mitjans a l'aiguamoll que es vol construir.

Actualment, aquesta espècie es pot trobar a la zona humida de la Camparra (Figura 26) i al Rec Vallmadral, on ara s'aboca l'aigua de la depuradora.



Figura 26. Aiguamoll de la Camparra. Font: Consell Comarcal de la Selva.

La zona humida de la Camparra es troba al sud – est del municipi. Pel que fa a la fauna, és important destacar la presència d'*E. orbicularis*, així com una gran quantitat d'amfibis i rèptils, i l'avifauna de zones humides. Les principals comunitats vegetals que s'hi troben representades són els balcars i els prats de dall, destacant la presència de l'orquídia d'aiguamoll (*Orchys laxiflora*) (Selwa 2012).

7.5 DELIMITACIÓ DE LA ZONA D'ACTUACIÓ

El disseny de l'aiguamoll es vol fer per a ser construït a la sortida de la depuradora del municipi (Figura 27), per tal d'aprofitar l'efluent de la mateixa per alimentar l'aiguamoll sense necessitat de fer bombaments a llargues distàncies. La depuradora es troba situada al sud del nucli urbà, prop de la carretera de Santa Coloma de Farners. El punt d'abocament actual de l'aigua depurada és el Rec Vallmadral, el qual desemboca a la Riera de Santa Coloma, pertanyent a la Conca de la Tordera. L'aiguamoll abocaria les seves aigües al Rec del Molí, el qual es troba a l'altre costat de la depuradora i que, més endavant, s'uneix amb el Rec Vallmadral per desembocar a la Riera de Santa Coloma.



Figura 27. Estació depuradora d'aigües residuals de Riudarenes. Font: elaboració pròpia.

El terreny per a la construcció de l'aiguamoll seria el de la depuradora, de titularitat pública, amb una superfície de 5.000 m², dels quals es troben lliures d'instal·lacions uns 3.300 m². Aquest terreny de la depuradora està destinat principalment a possibles ampliacions futures, per tant, d'aquests 3.300 m² s'utilitzarien uns 2.560 m² per a la construcció de l'aiguamoll (Figura 28).



Figura 28. Delimitació de la zona d'actuació. Font: Google Earth.

7.6 CARACTERITZACIÓ DE LA EDAR DE RIUDARENES

Es va posar en marxa l'any 1993 i actualment és explotada per l'empresa Sorea. Es tracta d'una depuradora de tipus biològic convencional d'una sola línia, ocupa una superfície de 1.500 m² d'una parcel·la de 5.000 m². Va ser dissenyada per a tractar un màxim de 400 m³/dia i per sanejar una població de 2.000 habitants. En l'actualitat tracta l'aigua de 1.581 habitants i menys de 200 m³/dia durant l'època seca i fins els 400 m³/dia durant la plujosa. Està destinada a la depuració d'aigües residuals urbanes únicament, ja que les aigües pluvials estan desviades i no entren a la depuradora.

L'aigua arriba a la depuradora per dos col·lectors per gravetat. El sistema de depuració consta d'un filtre de desbast estàtic (1), un decantador estàtic (2), un reactor biològic amb aeració (3), una sitja per als fangs (4) i una arqueta de sortida (5). L'aigua i fangs que surten del reactor passen al decantador, on hi ha vàlvules de recirculació al reactor i de purga a la sitja de fangs directament, no es tracten aquests es porten a deshidratar a Sils. L'aigua que surt del decantador s'envia directament al canal de reg (6), el qual desemboca a la Riera de Santa Coloma. L'arqueta de sortida es troba a 0,5 metres sobre l'alçada del terra (Figura 29).

Aiguamoll construït per a la creació d'un nou hàbitat per la tortuga d'estany *Emys orbicularis* a Riudarenes

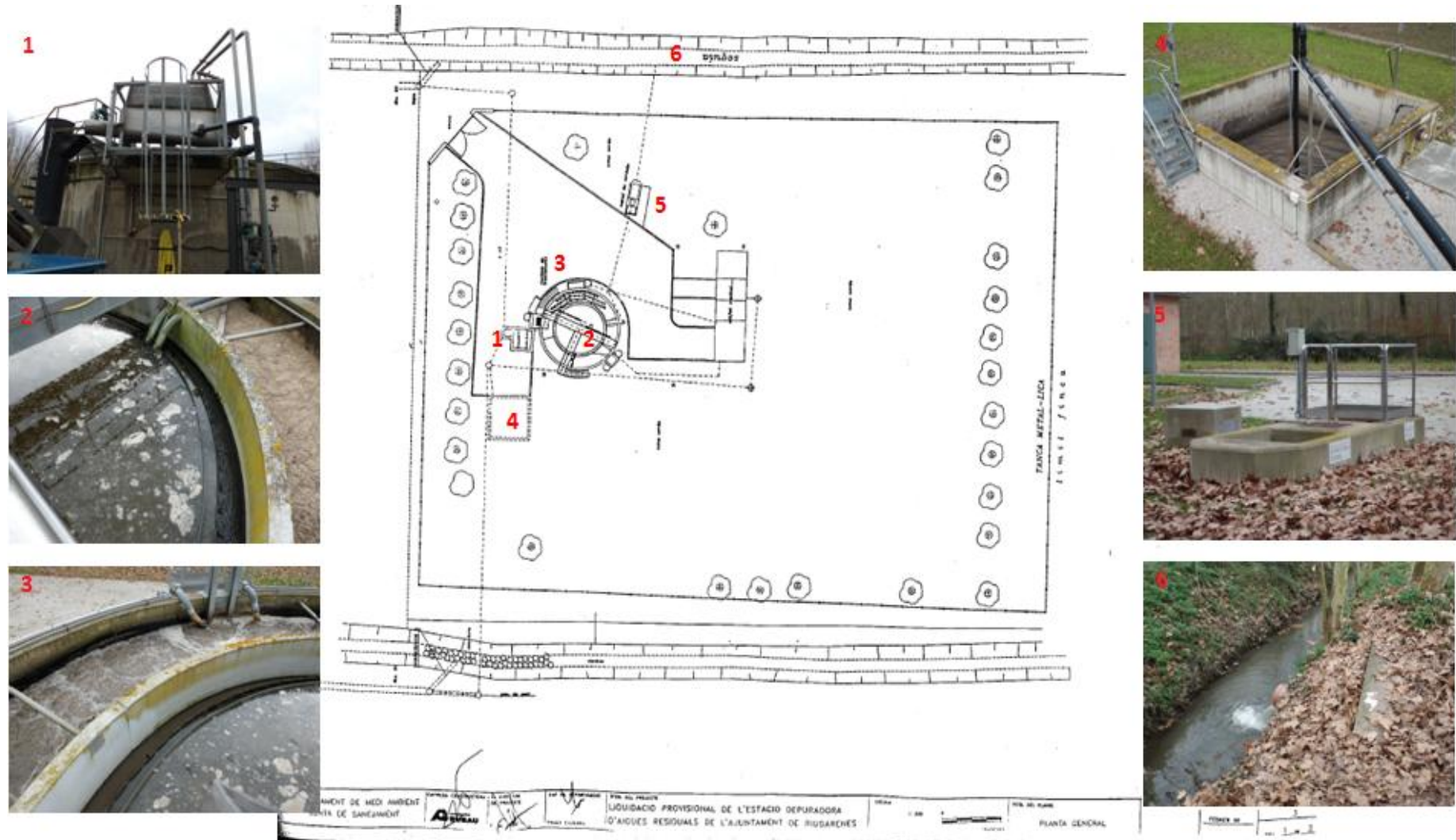


Figura 29. Plànol de la depuradora de Riudarenes: 1) filtre de desbast estàtic, 2) decantador estàtic, 3) reactor biològic, 4) sitja de fangs, 5) arqueta de sortida, 6) canal de reg. Font: Consell Comarcal de la Selva. Imatges d'elaboració pròpia.

Segons els resultats obtinguts en la mosta extreta de l'arqueta de sortida de l'EDAR de Riudarenes (Taula 6), cal destacar que el pH 7,08 es troba dins l'interval de valors de les aigües continentals. La conductivitat 1.283 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es troba dins els nivells normals de les aigües dolces 100-2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la directiva 91/271 només trobem com a paràmetre per complir, la DQO que té una concentració de 71 mg/L i el seu màxim és de 125 mg/L. La resta de valors són força baixos, cal destacar que la concentració de nitrats 6,49 mg/L es considera entre bona (25 mg/L) i molt bona (5 mg/L) la qualitat de l'aigua segons el programa de sanejament d'aigües residuals urbanes (PSARU). Com a resultat negatiu, la concentració de fosfats és de 2,57 mg/L i a partir del PSARU es determina que la qualitat de l'aigua respecte als fosfats és dolenta, ja que supera els 2 mg/L.

Taula 6. Resultats dels paràmetres de l'aigua de sortida de la depuradora de Riudarenes analitzats al laboratori.

| | |
|---|-------|
| pH | 7,08 |
| Conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 1.283 |
| Nitrits (mgN/l) | 0,36 |
| Nitrats (mgN/l) | 6,49 |
| Fosfats (mgP/l) | 2,57 |
| DQO (mgO₂/L) | 71 |
| Amoni (mgN/l) | 16,59 |

A partir dels valors introduïts en la taula 7, facilitats pel Consell Comarcal de la comarca de la Selva, s'ha avaluat la qualitat físico-química de l'aigua efluent de la depuradora. Per a cada paràmetre de contaminació s'explica el seu comportament i s'avalua en comparació amb el que es va observar en anys anteriors i amb els resultats obtinguts al laboratori.

La concentració mitjana de la MES observada durant l'any 2011 (8,9 mg/L) és menor que la dels anys 2009, 2008, 2007 (14, 13, 12 mg/L respectivament) i molt similar a la de 2010 (9 mg/L). La variabilitat de la MES al 2011 ha estat molt baixa degut a que no hi ha hagut valors extrems, els resultats es poden considerar molt adequats ja que, el paràmetre mínim en que poden ser abocades les aigües segons la directiva 91/271, es troba en 35 mg/L.

La mitjana de la DQO en 2011 ha estat lleugerament inferior (26,3 mg/L) en les observades als anys 2010, 2009, 2008, 2007 (28, 31, 43, 41 mg/L respectivament). Segons els resultats obtinguts veiem que cap valor supera els 50 mg/L i són resultats molt estables tot i que el cabal pateix una petita oscil·lació al llarg de l'any. Segons la directiva 91/271 el valor mínim que han d'assolir les aigües per poder ser abocades és de 125 mg/L, es pot considerar que els resultats de DQO de l'efluent de l'EDAR tenen una qualitat elevada.

El valor mitjà de DBO₅ a 2011 es de 6,8 mg/L a la resta d'anys 2010, 2009, 2008, 2007 trobem resultants molt similars (7, 8, 9, 10 mg/L respectivament). Segons el

PSARU es considera aquesta aigua amb una qualitat moderada, però es troba per sota del valor màxim permès a la directiva 91/271 que és de 25 mg/L.

La concentració mitjana del nitrogen Kjeldhal total en 2011 ha estat de les més baixes observades 4,5 mg/L, en els anys anteriors (2010, 2009, 2008, 2007) trobem resultats més elevats (7,1, 6,7, 12,9, 16 mg/L respectivament). S'observa un valor més elevat de nitrogen als mesos freds, aquest és el període més crític per a l'eliminació de nitrogen. Es pot determinar que la qualitat de sortida de l'EDAR és d'una qualitat bona ja que es troba molt per sota del valor mínim per ser abocat de 15 mg/L.

La mitjana de nitrogen amoniacal és de 1,8 mg/L a 2011, en els dos anys anteriors 2010, 2009 és lleugerament inferior (4,5 i 2,5 mg/L respectivament) i la resta 2008, 2007 s'obtenen resultats més elevats (9,6 i 12,3 mg/L respectivament). Com al nitrogen total, també al nitrogen amoniacal es determinen concentracions majors als mesos més freds.

El valor mitjà obtingut en 2011 per determinar els nitrats dona un resultat de 2,3 mg/L, en anys anteriors (2010, 2009, 2008, 2007) els resultats són lleugerament inferiors (1,5, 1,2, 1,2, 1 mg/L respectivament), en aquest cas també s'observa que en els mesos més freds la concentració de nitrats augmenta lleugerament. Segons els resultats obtingut, no es superen els valors de 5 mg/L, que segons els PSARU, es considera que l'aigua de l'efluent té una qualitat molt bona.

La mitjana de fòsfor total en 2011 és més elevada que en anys anteriors, donant un valor de 5,1 mg/L, en 2010, 2009, 2008, 2007 dona concentracions de 1,1, 3,6, 1,7, 3,1 mg/L respectivament. El nivell màxim de fòsfor total que pot contenir les aigües residuals urbanes per ser abocades al medi receptor és de 2 mg/L, establert per la directiva 91/271. Aquesta aigua estaria categoritzada, segons el PSARU com, de molt mala qualitat.

Aiguamoll construït per a la creació d'un nou hàbitat per la tortuga d'estany *Emys orbicularis* a Riudarenes

Taula 7. Resultats dels anàlisis de l'aigua de sortida de la depuradora de Riudarenes, així com els rendiments pels anys del 2010 i 2011. MES: matèria en suspensió, DQO: demanda química d'oxigen, DBO₅: demanda biològica d'oxigen, NKT: nitrogen Kjeldahl total, NH₄⁺: amoni, NO₃⁻: nitrat, P: fòsfor, I: influent, E: efluent, R:rendiment. Font: Consell Comarcal de la Selva.

| MES | CABAL | | MeS | | | DQO | | | DBO ₅ | | | NKT | | | NH ₄ ⁺ | | | NO ₃ ⁻ | P _{total} | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------|-------------|------------------------------|--------------------|------------|-------------|
| | m ³ /mes | m ³ /dia | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R | I | E | R | E | I | E | R |
| | mg/L | mg/L | % | mg/L | mg/L | % | mg/L | mg/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg N/L | mg N/L | % | mg N/L | mg P/L | mg P/L | % | | |
| 2011 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gener | 7.453 | 240 | 165 | 17 | 89,7 | 541 | 37 | 93,2 | 228 | 11 | 95,4 | 78,5 | 4,6 | 94,1 | 77,8 | 2,5 | 96,8 | 5,9 | 12,2 | 7,4 | 39,3 |
| Febrer | 6.508 | 232 | 557 | 7 | 98,7 | 1.070 | 20 | 98,1 | 330 | 5 | 98,5 | | | | | | | | | | |
| Març | 13.809 | 445 | 264 | 17 | 93,7 | 505 | 26 | 94,9 | 207 | 7 | 96,5 | | | | | | | | | | |
| Abril | 11.928 | 398 | 61 | 10 | 83,6 | 336 | 33 | 90,2 | 175 | 6 | 96,6 | 43,2 | 5,8 | 86,6 | 31,1 | 1,8 | 94,2 | 0,2 | 4,8 | 1,3 | 72,9 |
| Maig | 8.604 | 278 | 99 | 8 | 92,4 | 480 | 25 | 94,9 | 223 | 6 | 97,5 | | | | | | | | | | |
| Juny | 9.739 | 325 | 72 | 4 | 95,1 | 358 | 18 | 95,1 | 143 | 5 | 96,5 | | | | | | | | | | |
| Juliol | 6.913 | 223 | 109 | 4 | 96,8 | 552 | 28 | 94,9 | 248 | 7 | 97,2 | 79,7 | 3,0 | 96,2 | 49,2 | 1,1 | 97,8 | 0,9 | 12,6 | 6,7 | 46,8 |
| Agost | 7.004 | 226 | 96 | 6 | 93,4 | 407 | 25 | 93,9 | 175 | 8 | 95,4 | | | | | | | | | | |
| MITJANA | 8.995 | 296 | 177,8 | 8,9 | 92,9 | 531,0 | 26,3 | 94,4 | 215,8 | 6,8 | 96,7 | 67,1 | 4,5 | 92,3 | 52,7 | 1,8 | 96,3 | 2,3 | 9,9 | 5,1 | 53,0 |
| MÀXIM | 13.809 | 445,5 | 556,5 | 17,0 | 98,7 | 1.069,7 | 37,0 | 98,1 | 330,0 | 10,5 | 98,5 | 79,7 | 5,8 | 96,2 | 77,8 | 2,5 | 97,8 | 5,9 | 12,6 | 7,4 | 72,9 |
| MÍNIM | 6.508 | 223,0 | 61,0 | 3,5 | 83,6 | 336,0 | 17,5 | 90,2 | 142,5 | 5,0 | 95,4 | 43,2 | 3,0 | 86,6 | 31,1 | 1,1 | 94,2 | 0,2 | 4,8 | 1,3 | 39,3 |
| 2007 - 2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITJANA 2010 | 8.673 | 285 | 462 | 9 | 95,9 | 1151 | 28 | 95,4 | 453 | 7 | 97,3 | 32,4 | 7,1 | 67,6 | 19,6 | 4,5 | 96,9 | 1,5 | 5,4 | 1,1 | 74,5 |
| MITJANA 2009 | 8.279 | 272 | 224 | 14 | 90,3 | 639 | 31 | 94,2 | 290 | 8 | 96,8 | 67,3 | 6,7 | 88,3 | 42,9 | 2,5 | 93,4 | 1,2 | 10,3 | 3,6 | 66,6 |
| MITJANA 2008 | 12.071 | 396 | 195 | 13 | 92,8 | 598 | 43 | 92,7 | 308 | 9 | 97,1 | 72,4 | 12,9 | 81,8 | 58,2 | 9,6 | 80,9 | 1,2 | 8,8 | 1,7 | 81,4 |
| MITJANA 2007 | 8.070 | 265 | 375 | 12 | 92,8 | 831 | 41 | 91,0 | 399 | 10 | 95,8 | 97,9 | 16,0 | 75,8 | 51,9 | 12,3 | 71,4 | 1,0 | 17,4 | 3,1 | 78,2 |

8. ANÀLISI DE LES DADES

A continuació es fa un resum i comentari de totes les dades recopilades de les característiques i necessitats d'*E. orbicularis*, del terreny de la zona d'estudi i de la informació extreta durant les visites als SAC's d'Empuriabrava i Can Cabanyes.

8.1 NECESSITATS E. ORBICULARIS

La presència de la tortuga en l'aiguamoll, afectarà principalment al manteniment, el qual s'haurà d'ajustar a les èpoques en les que (es minimitzi l'efecte sobre la reproducció i la hibernació) s'afecti el menys possible a la reproducció i la hibernació. Durant el disseny s'haurà de tenir en compte el baix corrent i, per tant, l'elevat temps de residència hidràulic que haurà de tenir l'aiguamoll per tal que la tortuga s'hi pugui adaptar. També s'haurà de projectar terreny lliure al voltant de l'aiguamoll per a la construcció dels nius.

A la Taula 8 es fa un resum de les necessitats d'*E. orbicularis* abans comentades:

Taula 8. Taula resum de les característiques i necessitats d'hàbitat d'*E. orbicularis*.

| | |
|--------------------|---|
| Aigua | corrent baix o nul |
| Vegetació | abundant cobertura tant perimetral com aquàtica |
| Alimentació | Macroinvertebrats |
| Nius | 3 – 15 metres de l'aigua |
| Hibernació | fons de l'aigua |
| Reproducció | mitjans de gener – maig |
| Postes | mitjans abril – juliol |
| Incubació | 81 – 88 dies |
| Nounats | agost – setembre |

8.2 CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY

El pendent de la zona és d'entre el 0 i el 2% amb direcció sud-est. Aquest pendent fa que la zona sigui apta per la construcció d'un aiguamoll de flux superficial, ja que aquests requereixen de pendents molt petits. Els primers metres del terreny que seran excavats estan constituïts per sorres i argiles amb capes de còdols. En principi es tracta de materials fàcilment excavables.

La profunditat del nivell freàtic es situa entre els 2 i 3 m respecte la superfície del terreny. Amb la construcció de l'aiguamoll aquest no es veurà afectat, ja que els aiguamolls solen tenir profunditats de l'ordre de 0,4 m (Salas et al. 2007). Degut a l'elevada permeabilitat del terreny, i el fet que l'aquífer sigui protegit, la base de l'aiguamoll haurà de ser compactada i impermeabilitzada.

El risc d'inundacions és molt baix, per tant, l'aiguamoll no presentarà problemes en aquest sentit de que les seves aigües es desbordin.

A la Taula 9 es fa un resum de les característiques de la zona d'estudi abans comentades:

Taula 9. Taula resum de les característiques de la zona d'actuació a Riudarenes.

| | |
|--|---|
| Pendent del terreny | 0 – 2%, direcció sud – est |
| Material excavable | Matriu sorrenca amb argila vermellova i petites capes de còdols de geologia granítica |
| Profunditat del nivell freàtic respecte la superfície del terreny | 2 – 3 m |
| Permeabilitat del terreny | Elevada |
| Risc d'inundacions | Baix (període de retorn de 100 anys) |

8.3 INFORMACIÓ DE LES VISITES

A la Taula 10 es fa un resum de les dades obtingudes d'Empuriabrava i Can Cabanyes que a continuació es comenten:

En els dos casos de sistemes d'aiguamolls construïts, a Empuriabrava i Can Cabanyes, les formes que s'han donat a l'aiguamoll han estat irregulars. És un fet important, ja que aquests han d'actuar com a sistemes naturals, i de forma natural difícilment són geomètriques.

Pel que fa al mètode de càlcul, en cadascun dels casos se n'ha utilitzat un de diferent. El mètode proposat per Kadlec i Knight, (2000) seria més aplicable en el nostre cas, ja que és molt més actual.

Els valors fixats de N de l'efluent dels aiguamoll fixats per el disseny, són molt semblants, i s'ajusten bastant bé als límits imposats per la legislació (Directiva 91/271/CEE) de 2 mgN/l per les zones sensibles. En tots dos casos es pot observar com aquesta concentració de sortida és inferior.

Les dimensions dels SAC són bastant diferents, degut principalment a la disponibilitat del terreny, que en el cas de Can Cabanyes aquest era limitat. Pel que fa al cabal que tracta cada SAC, és variable degut a la superfície de cadascun. En el cas d'Empuriabrava, el SAC tracta el 100% de l'efluent de la depuradora, mentre que a Can Cabanyes el tractament és només del 2%. El temps de residència per a Empuriabrava no ha estat mesurat directament, els càlculs donen un temps de 3,5 dies, i a Can Cabanyes és d'entre 20 i 50 dies, aquest temps és bastant elevat donat

que pels sistemes de flux superficial els temps de residència es situen entre els 10 i 15 dies (García 2004).

Les profunditats de disseny es troben compreses entre 0,3m i 0,4m a Empuriabrava, i entre 0,4m i 1,5m a Can Cabanyes. En el cas de Can Cabanyes, la profunditat és tan elevada per què es pretenia crear zones de llacuna sense vegetació. En general, les profunditats per a sistemes de flux superficial es situen al voltant dels 0,4m (García 2004).

La base dels aiguamolls ha de tenir un cert pendent per a que l'aigua circuli amb facilitat, en el cas d'Empuriabrava és de 0,002 m/m (0,02%). En tots dos casos la compactació de la base de l'aiguamoll s'ha fet mitjançant argiles compactades, ja que per les característiques del terreny no era necessari posar una làmina plàstica o un altre material aïllant. El gruix de la terra vegetal en el cas de Can Cabanyes és de 0,3m, suficient per al creixement de la vegetació. A Empuriabrava, les plantes es van plantar amb el seu panot que els servia de substrat. Els talussos del aiguamoll naturals són suaus, i així és com s'han fet en tots dos casos.

Les espècies vegetals plantades en tots dos sistemes han estat el canyís i la boga, i en el cas d'Empuriabrava el lliri groc. Es tracta d'espècies que es poden trobar de forma natural en espais humits i, en el cas del lliri groc, a Empuriabrava s'ha plantat per a que absorbeixi fòsfor.

Taula 10. Taula resum de les característiques dels aiguamolls d'Empuriabrava i Can Cabanyes (N/D : no hi ha dades).

| CARACTERÍSTICA | EMPURIABRAVA | | CAN CABANYES |
|--|------------------------------|--------------------------|--|
| | Cel·les petites | Estany Europa | |
| Forma | Irregular | Irregular | Irregular |
| Mètode de càlcul | Reed et al. | Reed et al. | Kadlec & Knight |
| Nivells N de l'efluent fixats pel disseny | 3 mg/L | 3 mg/L | 2 mg/L |
| Nivells mitjans N efluent | N/D | 0,9 mg/L | 1,6 mg/L |
| Dimensions | 8000 m ² | 20000 m ² | 10000 m ² |
| Amplada | 160 m | 200 m | 160 m |
| Llargada | 50 m | 100 m | 50 m |
| Cabal mitjà tractat | 3835 m ³ /dia | 3835 m ³ /dia | 200 m ³ /dia |
| Porositat | 0,65 | N/D | N/D |
| Temps residència hidràulic | 3,5 dies | | 20 – 50 dies |
| Profunditat làmina d'aigua zona somera | 0,4 | 0,1 m | 0,4 m |
| Profunditat làmina d'aigua zona profunda | 0,5 m | 0,2 m | 1,5 m |
| Pendent | 0,002 m/m | 0,002 m/m | N/D |
| Impermeabilització | Argila compactada | Argila compactada | Argila compactada |
| Gruix capa d'argila | N/D | N/D | 0,2 m |
| Gruix terra vegetal | 0,3 m | 0,3 m | 0,3 m |
| Talussos | Verticals | Suaus i variables | Suaus i variables |
| Vegetació plantada | Canyís Boga Lliri groc | N/D | 1125 unitats de canyís 1125 unitats de boga |

9. DISSENY

El disseny de l'aiguamoll s'ha fet a partir de tota la informació recopilada durant les visites als SAC's d'Empuriabrava i Can Cabanyes, així com de les necessitats de la tortuga *E. orbicularis* i les característiques del terreny.

A l'Annex III es poden trobar tres plànols del disseny de l'aiguamoll. El plànol 1 és un vista en planta general de tot el sistema, inclou l'aiguamoll i l'entrada i la sortida de l'aigua. El plànol 2 és una vista en planta de detall, s'indiquen les mides i el tipus de vegetació així com la seva distribució dins l'aiguamoll. El plànol 3 mostra les seccions de l'aiguamoll amb el detall de cadascuna de les parts.

9.1 INTERIOR DE L'AIGUAMOLL

Les dimensions totals de l'aiguamoll, s'han definit a partir de la disponibilitat de terreny. En aquest cas no es podien utilitzar les fórmules de dimensionament que existeixen, ja que segurament hagués sortit una superfície necessària de la que no es disposava.

La superfície total del terreny disponible era de 2.557,8 m² (63mX40,6m). D'aquesta superfície s'ha establert que 2.030 m² (58mX35m) formin l'aiguamoll. Entre l'aiguamoll i la caseta de la depuradora, s'ha deixat una distància de 3,1 m i entre els altres costats de l'aiguamoll i la tanca una distància de 2,5 m per a la mobilitat i la construcció de caus de la tortuga i facilitar les tasques de manteniment (Annex III, plànol 2).

La forma de l'aiguamoll és irregular, amb la finalitat de que s'apropi el màxim possible a un sistema natural, a més de crear una bona circulació de l'aigua sense zones estancades. Per evitar filtracions de l'aigua de l'aiguamoll cap a els aqüífers de la zona, la base estarà impermeabilitzada amb una làmina plàstica de polietilè d'alta densitat d'1,5 mm i per reduir fractures o perforacions es posarà una capa de sorra de 10 cm abans de la làmina. Sobre la làmina plàstica s'introduirà una capa de terra vegetal de 30 cm de gruix per aconseguir una correcta fixació de la vegetació (Annex III, plànol 3, detall 3).

Al centre de l'aiguamoll s'ha dissenyat una illa a la mateixa alçada del terreny de 50 m² (10mX5m), aquesta illa ajudarà a la distribució de l'aigua dins l'aiguamoll evitant la creació de corrents preferencials i augmentant el temps de residència hidràulic, així com també serà una zona d'insolació per a la tortuga (Annex III, plànol2).

Els talussos de l'illa s'han definit amb un pendent del 20%, per tal d'ajustar-los el més possible a un aiguamoll natural, on els pendents són molt petits, i per facilitar la sortida de l'aiguamoll a la tortuga. Els talussos del perímetre de l'aiguamoll s'han fixat en 30 %, per obtenir un millor confinament de l'aigua i dificultar el desbordament de l'aiguamoll (Annex III, plànol 3, seccions A-A' i B-B').

La profunditat de l'aiguamoll en el centre és de 0,3 m i 0,5 m en els laterals, amb aquesta variació del gruix d'aigua es pretén crear diferents ambients, per afavorir la depuració mitjançant diferents mecanismes (nitrificació–desnitrificació) i l'aparició de diferents organismes per tal d'augmentar la biodiversitat (Annex III, plànol 3, seccions A-A' i B-B').

S'ha establert un temps de residència hidràulic de 15 dies (en els sistemes de flux superficial es situa entre 10 i 15) i una profunditat mitjana de la làmina d'aigua de 0,4 m. El volum total de la massa d'aigua dins l'aiguamoll serà de 792 m³, amb un àrea de pas de 1.980 m² (Annex II).

Per tal de complir amb el temps de residència establert, s'ha fixat un cabal de 52,8 m³/dia, el qual circularia a una velocitat de 0,027 m/dia (Annex II). Aquesta velocitat és suficientment baixa com per a que la tortuga hi pugui viure.

A partir de les dades de disseny, s'han calculat els rendiments d'eliminació a l'aiguamoll de la matèria en suspensió (MeS), la demanda biològica d'oxigen (DBO₅), el nitrogen kjedahl total (NKT), l'amoni (NH₄⁺), els nitrats (NO₃⁻) i el fòsfor total (P_{TOTAL}). La Taula 11 mostra els resultats obtinguts mitjançant el mètode de Kadlec (2000) (Annex II):

$$S = \frac{365 * Q}{K_T} \ln \left(\frac{C_i - C^*}{C_e - C^*} \right)$$

$$C_e = \frac{C_i - C^*}{\frac{S * K_T}{e^{365 * Q}}} + C^*$$

- S = superfície de la làmina d'aigua (m²)
- Q = cabal a tractar(m³/dia)
- K_T = constant de cinètica de primer ordre d'eliminació dels contaminants (m/dia)
- C_i = concentració del contaminant en l'influent (mg/L)
- C* = concentració de fons dels contaminants (mg/L)
- C_e = concentració del contaminant en l'efluent (mg/L)

Taula 11. Resultats d'eliminació i rendiments dins l'aiguamoll construït per la matèria en suspensió (MeS), la demanda biològica d'oxigen (DBO₅), el nitrogen kjedahl total (NKT), l'amoni (NH₄⁺), els nitrats (NO₃⁻) i fòsfor total (P_{TOTAL}).

| | CONCENTRACIÓ INFLUENT (mg/L) | CONCENTRACIÓ EFLUENT (mg/L) | RENDIMENT (%) |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|
| MeS | 8,91 | 8,77 | 6,6 |
| DBO₅ | 6,79 | 6,77 | 0,4 |
| NKT | 4,52 | 4,48 | 0,4 |
| NH₄⁺ | 1,83 | 1,79 | 0,5 |
| NO₃⁻ | 2,27 | 2,28 | 1 |
| P_{TOTAL} | 5,12 | 5,08 | 0,3 |

En general, els rendiments d'eliminació de contaminants mitjançant aquest sistema, són bastant baixos. Això és degut, probablement, a la petita mida de l'aiguamoll, ja que aquest no ha estat dimensionat per aconseguir uns rendiments determinats perquè no es disposava de més terreny per a la construcció.

9.2 DISTRIBUCIÓ DE LA VEGETACIÓ

Les espècies d'helòfits seleccionades han estat el jonc, la boga i el lliri groc, les quals es poden trobar típicament en zones humides. La funció primària dels helòfits en els aiguamolls artificials és la d'actuar de filtre per millorar els processos de sedimentació, així com servir de suport de microorganismes, oxigenar l'aigua circumdant en la rizosfera, extreure nutrients, ombrejar l'aigua, actuar de paravent facilitant l'estabilització de l'aigua i aïllar tèrmicament l'aigua.



Figura 30. *Scirpus holoschoenus*. Font: Web del parc natural de l'Albufera.

El **jonc** (*Scirpus holoschoenus*) és una planta hidròfita, es desenvolupen sobre sòls saturats d'aigua (Figura 30). Tot i no ser aquàtiques, mostra un cert grau d'adaptació morfològica i fisiològica a les condicions de saturació d'aigua en el sòl o substrat en el qual es desenvolupa el sistema radicular. Poden suportar condicions d'humitat baixa però per temps no perllongats, tot i que no sobreviuen en ambients secs. És tolerant a la contaminació de l'aigua, i per aquest motiu poden ser utilitzades en aiguamolls artificials. Creix en grups amb separacions entre ells de només 0,3m i pot arribar fins a dos metres d'alçada.

Encara que té un desenvolupament moderat, pot arribar a fer un bon recobriment en un sol any. La seva principal funció és la de contribuir als processos físics de separació de l'aigua, actuant com a filtre.



Figura 31. *Typha latifolia*. Font: Wikipedia.

La **boga** (*Typha latifolia*), és una planta amfíbia i helòfita, que arrela en el sòl submergit i apunta part del seu cos vegetatiu per sobre de la làmina de l'aigua (Figura 31). És capaç de créixer en ambients adversos i es propaga fàcilment. Pot arribar a fer una coberta molt densa en menys d'un any, per això és ideal per a zones humides. També és capaç de produir una biomassa anual molt gran, però té un potencial petit de remoció de N i P per la poda o per cultiu. Sol ser plantada en intervals de 0,6m (Lara 1999).



Figura 32. *Iris pseudacorus*. Font: Wikipedia.

El **lliri groc** (*Iris pseudacorus*), és una planta perenne amb tiges rectes de 40-150 cm que creixen d'un rizoma vigorós (Figura 32). Les fulles tenen forma d'espasa i són de color groc brillant. Creix bé en condicions molt humides, és fàcil trobar-la a pantans, ja que tolera la immersió, pH's baixos, sòls anòxics i necessita zones ombrívols. La planta prospera ràpidament, per rizoma i per llavors dispersades per l'aigua. Té un nínxol ecològic similar al de la boga i de vegades creixen juntes. Encara que és primàriament una aquàtica, els rizomes sobreviuen perllongats períodes secs. Aquest Iris és utilitzat en la bioremediació d'aigües, perquè té la capacitat d'absorbir metalls pesats per les seves arrels i el fòsfor de l'aigua. Alhora és indicadora de riquesa de nutrients.

El canyís (*Phragmites australis*), tot i ser una planta típica de zones humides i que ha estat utilitzada tant a Empuriabrava com a Can Cabanyes, s'ha decidit no plantar-la. Es tracta d'una espècie capaç de colonitzar ràpidament i per sí mateixa ambients aquàtics i que, un cop arriba, ràpidament es desenvolupa i cobreix tot l'espai, arribant a dominar sobre les altres espècies vegetals.

La distribució de la vegetació s'ha establert per tal de complir cinc objectius principals: afavorir la bona circulació de l'aigua per tot l'aiguamoll, augmentar el temps de residència, afavorir l'afinament de la qualitat de l'aigua absorbint nitrogen i fòsfor i filtrant els sòlids en suspensió, apropar l'aiguamoll a un sistema natural i actuar de refugi per a la tortuga.

La distribució de la vegetació dins l'aiguamoll s'ha fet de manera asimètrica, per tal d'apropar-lo el més possible a un sistema natural. A l'entrada de l'aiguamoll s'ha establert una superfície de 45 m² (15mX3m) plantada amb les tres espècies a parts iguals per tal de començar a reduir una mica la velocitat de l'aigua i fer una primera filtració. Una mica més endavant, on l'aigua començaria a agafar més velocitat, s'han plantat joncs i balques, ja que són les plantes més resistents i es pretén que

disminueixin la velocitat de l'aigua i afavoreixin la circulació. A banda i banda de la illa, s'ha disposat balca i liri groc per afavorir la circulació. Davant de la sortida de l'aiguamoll, s'ha fixat una superfície com la de l'entrada (45 m²) amb les tres espècies a parts iguals, per tal de fer una última filtració de l'aigua abans que aquesta surti de l'aiguamoll (Annex III, plànol 2).

La superfície total plantada serà de 549 m². Els peus es plantaran amb una separació de 0,45 m (Annex III, plànol 2).

9.3 ENTRADA I SORTIDA DE L'AIGUAMOLL

A l'arqueta de sortida de la depuradora es farà una modificació, on s'instal·larà una bomba peristàltica model Bredel SPX-25, per tal de treure el cabal fixat de 52,8 m³/dia per tal de tenir un temps de residència de 15 dies.

L'aigua que surti per la canonada de sortida de l'arqueta, es farà passar per un canal obert de 40 m de llargada, 0,5 m d'amplada i 0,3 m de profunditat. Les parets del canal tindran una inclinació de 45 graus. S'ha considerat que l'alçada de l'aigua dins el canal serà de 0,15 m, per tal de que no estigui ple i vessi si en algun moment augmenta el cabal (Annex III, plànol 3, detall 4). La velocitat de l'aigua dins el canal serà de 0,0063 m/s (Annex II), la qual es veurà reduïda quan aquesta entri en l'aiguamoll (Annex II). Aquest canal connectarà l'arqueta amb l'aiguamoll i tindrà la inclinació natural del terreny (Annex III, plànol 1). S'impermeabilitzarà amb làmina plàstica de PEAD d'1,5 mm.

A l'entrada de l'aiguamoll s'instal·larà un canal sobreeixidor de formigó armat de 35 m de llargada per 0,4 m d'amplada. El costat que toca l'aiguamoll serà de 0,25 m d'alçada mentre que l'altre serà de 0,4 m, per tal de que l'aigua vessi en l'aiguamoll en tota l'amplada per igual quan el canal estigui ple. El gruix de les parets d'aquest canal serà de 0,1 m. sota el canal es posarà una base de formigó en tota la llargada d'aquest, de 0,4 m d'amplada per 0,3 metres d'alçada (Annex III, plànol 3, detall 1).

La sortida de l'aiguamoll també s'ha dissenyat amb un sobreeixidor de formigó armat, com els decantadors de les estacions depuradores o com en el cas de Empuriabrava. Aquest sobreeixidor estarà disposat en tota l'amplada, per tal que l'aigua surti de manera constant i homogènia i no es creïn zones d'aigües estancades. La profunditat d'aquest canal sobreeixidor serà de 0,65 m, per tal d'evitar que s'empleni si el nivell de l'aiguamoll puja i l'aigua no pugui sortir de l'interior d'aquest. La llargada serà l'ample de l'aiguamoll de 35 m i l'amplada serà de 0,4 m. L'alçada de la paret que toca a l'aiguamoll serà de 0,55 m i l'altra de 0,75. El gruix de les parets serà de 0,10 m. Sota, es posarà una base de formigó de les mateixes característiques que en el canal d'entrada (Annex III, plànol 3, detall 2).

El fons d'aquest canal estarà lleugerament inclinat cap a una canonada de sortida situada en el centre del mateix, a l'entrada de la canonada s'instal·larà una reixa per evitar el pas de elements que puguin obstruir-la.

La canonada de sortida s'ha dissenyat mitjançant el mètode de Manning (Entrevista L. Montoro) (Annex II):

$$Q_u = \frac{1}{n} * s^{\frac{1}{2}} * Rh_u^{\frac{2}{3}} * A_u$$

- n = rugositat del material. (Canonades llises de PVC → 0,01 / Canonades de formigó → 0,012)
- S = pendent (m)
- Rh = radi hidràulic
- A = àrea de pas de la canonada

S'ha calculat la secció de canonada de PVC necessària per a evacuar el cabal constant de 52,8 m³/dia, establint que l'àrea de canonada ocupada per aigua sigui del 75% i l'altre 25 % ocupada per aire (s'ha pres un terme mig entre l'aigua pluvial i la residual), per tal de que no hi hagi massa aire que oxigeni més l'aigua ni massa poc ja que es donarien condicions d'anòxia. També s'ha tingut en compte que la velocitat de l'aigua dins la canonada no fos inferior a 0,5 m/s, ja que en aquest cas es formarien dipòsits de partícules en suspensió i sals que obstruirien la secció de pas, ni superior a 3 m/s, ja que s'erosionaria la canonada.

El resultat a partir de les formules de Manning són de un diàmetre de canonada de 2,6 cm i una velocitat de l'aigua dins la canonada de 1,26 m/s (Annex II).

És molt probable que aquest diàmetre de canonada no es trobi disponible al mercat, per tant, s'agafarà un diàmetre una mica més gran, el que alhora ens permetrà evitar problemes d'obstrucció de la mateixa.

La sortida de la canonada estarà situada a 1,5 m per sobre del fons del canal de reg, tindrà un pendent de 0,13 m/m (13%) i una llargada de 7,5 m (distància entre la sortida de l'aiguamoll i el canal de reg) (Annex III, plànol 3, detall 5).

(Annex III, plànol 1)

9.4 ACCESSOS PER LA FAUNA

Un dels punts importants del disseny del projecte és assegurar-se de que la tortuga (i la resta de fauna) pugui arribar a l'ecosistema creat. Per això, el major impediment que s'ha trobat, és la tanca que delimita la parcel·la de la depuradora.

Una de les propostes per a que la tortuga i la diversa fauna pugui arribar-hi és moure la tanca que envolta la part on aniria l'aiguamoll, fins darrera de la caseta de la depuradora, a uns 40 metres. L'aiguamoll s'envoltaria amb una tanca de fusta com a Can Cabanyes, de manera que la tortuga i els altres animals puguin accedir-hi però que l'accés a les persones es vegi dificultat. Aquesta tanca seria de fusta tractada de manera que el seu deteriorament sigui a llarg termini.

Una altra proposta, si no es poguessin moure les tanques, seria la creació de passos de fauna. S'hauria de tallar la part inferior de la tanca fins a uns 15 cm d'alçada, de manera que s'afavorís l'accés a la petita fauna. Només es tallaria la zona que envolta l'aiguamoll, de manera que, quan la fauna hi accedís, es trobés a prop de l'aiguamoll.

A la taula 12, es fa un resum de les característiques del sistema dissenyat:

Taula 12. Taula resum de les característiques de disseny de sistema.

| | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|
| Aiguamoll | Superfície total | 2.030 m ² |
| | Pendent dels talussos | 30% |
| | Profunditat màxima | 0,5 m |
| | Profunditat mínima | 0,3 m |
| | Cabal | 52,8 m ³ /dia |
| | Volum | 792 m ³ |
| | Àrea de pas de l'aigua | 1.980 m ² |
| | Velocitat de l'aigua | 0,027 m/dia |
| | Temps de residència hidràulic | 15 dies |
| | Espècies plantades | Jonc, balca, lliri groc |
| | Superfície plantada | 549 m ² |
| Illa | Superfície | 50 m ² |
| | Pendent dels talussos | 20% |
| Canal de distribució | Llargada | 40 m |
| | Amplada | 0,5 m |
| | Profunditat | 0,3 m |
| | Àrea de pas de l'aigua | 0,0975 m ² |
| | Velocitat de l'aigua | 0,0063 m/s |
| Canal sobreexidor d'entrada | Llargada | 35 m |
| | Amplada | 0,1 m |
| | Alçada | 0,1 - 0,2 m |
| Canal sobreexidor de sortida | Llargada | 35 m |
| | Amplada | 0,1 m |
| | Profunditat | 0,5 m |
| Canonada de sortida de l'arqueta | Diàmetre | 1,27 cm |
| | Llargada | 0,3 m |
| Canonada de sortida de l'aiguamoll | Diàmetre | 2,6 - 3 cm |
| | Llargada | 7,5 m |
| | Velocitat de l'aigua | 1,26 m/s |
| | Pendent | 13 % |

10. CONSTRUCCIÓ I MANTENIMENT

10.1 FASES DE CONSTRUCCIÓ

10.1.1 Confinament

El primer pas és el desbrossament de la zona d'obres, on es retirarà la totalitat de la vegetació existent de 2.557,8 m² de terreny. A partir dels plànols confeccionats, es senyalitzaran els punts de la distribució del disseny mitjançant guix o esprai, de manera que no hi hagi cap error de localització dels diversos elements.

La següent etapa és el moviment de terres, 780 m³ corresponents a l'aiguamoll i el canal, on es donarà la morfologia adequada. La primera capa de terra vegetal, de 0,3 m, s'emmagatzemarà en una zona d'ocupació temporal dins el recinte de la depuradora, per a la seva reutilització posterior dins l'aiguamoll. El pendent dels talussos s'han de controlar i donar una inclinació definitiva per assegurar la seva estabilitat.

Posteriorment, es procedeix a la compactació del sòl, tant en el fons com en els laterals. Aquesta fase és una de les més importants, ja que un error en la construcció de la base del aiguamoll, dels pendents o en la compactació pot tenir conseqüències molt difícils de solucionar després d'haver finalitzat el projecte.

10.1.2 Instal·lació dels sistemes d'entrada i sortida de l'aigua

La següent etapa és la preparació de l'aiguamoll per la correcta entrada i sortida de l'aigua, en aquest cas s'ha de tenir en compte el desnivell de l'aiguamoll per a que l'aigua es mogui per gravetat. L'entrada d'aigua al sistema es farà en la part més elevada de l'aiguamoll, mitjançant un canal sobreeixidor de forma homogènia. La sortida de l'aigua és farà de la mateixa manera a la part més baixa.

En aquesta fase es farà la construcció dels canals d'entrada i de sortida amb formigó armat, sobre uns ciments de 0,3 m d'espessor. Prèviament s'haurà instal·lat la canonada de sortida.

Al mateix temps, es farà la modificació de l'arqueta de sortida de la depuradora, on s'instal·larà la canonada de sortida i una bomba, la qual donarà el cabal necessari.

10.1.3 Impermeabilització

Per tal de que no hi hagi contaminació del subsòl, s'impermeabilitza tota la base i els laterals de l'aiguamoll i del canal de distribució procedent de l'arqueta. El material utilitzat serà una làmina plàstica de polietilè d'alta densitat (PEAD) d'1,5 mm de gruix. Les làmines plàstiques ofereixen una major flexibilitat en les formes a impermeabilitzar, a més, en aquest cas com el terreny és molt permeable, és més fiable fer la impermeabilització amb làmina plàstica que amb argiles. Sota la làmina

s'estendrà una capa de sorra de 0,1 m per tal d'evitar el trencament d'aquesta amb pedres i altres irregularitats que puguin quedar en el terreny.

10.1.4 Extensió de la terra vegetal i la grava

A continuació, s'estendrà una capa de 0,3 m de terra vegetal, la qual s'aprofitarà de la que es va reservar durant el moviment de terres. A l'entrada i la sortida, a més, es posarà una capa de 0,1 m de grava en tota la inclinació fins a 2 m endins de l'aiguamoll.

10.1.5 Plantació de macròfits i instal·lació de la tanca

L'última fase de la construcció és la plantació dels macròfits, a partir dels plànols, en les zones on han d'anar. La plantació es farà per peus deixant una distància entre ells de 0,3 m.

Un cop feta la construcció de l'aiguamoll i la plantació de macròfits, es procedirà a la instal·lació de la tanca de fusta a tot el voltant de l'aiguamoll. En total seran 186 m de tanca.

A la taula 13 es fa un resum de les accions i els elements que s'han de dur a terme durant la construcció de l'aiguamoll, així com les quantitats que es necessitaran de cadascun d'ells:

Taula 13. Taula resum dels elements i accions que s'han de dur a terme durant la construcció de l'aiguamoll i les quantitats de cadascun.

| Element | Quantitat |
|--|------------------------|
| Desbrossada | 2.557,8 m ² |
| Moviment de terres | 780 m ³ |
| Compactació del sòl | 2.000 m ² |
| Capa de sorra 10 cm | 200 m ³ |
| Capa de terra vegetal 30 cm | 594 m ³ |
| Làmina plàstica PEAD d'1,5 mm | 2.000 m ² |
| Capa de grava 10 cm | 14 m ³ |
| Bomba de 52,8 m³/dia | 1 |
| Canonada de sortida de l'arqueta de 1,27 cm de diàmetre | 0,3 m |
| Canonada de sortida de l'aiguamoll de 3 cm de diàmetre | 7,5 m |
| Canal sobreeixidor de formigó armat d'entrada | 7,875 m ³ |
| Canal sobreeixidor de formigó armat de sortida | 10,15 m ³ |
| Reixa de la canonada de sortida | 9 m ² |
| Macròfits | 860 peus |
| Tanca de fusta | 186 m |

Per tal d'establir el temps necessari per la construcció del sistema dissenyat, s'han estimat les hores que destinades a cada acció de la construcció. La taula 14 mostra aquest temps:

Taula 14. Temps necessari en hores per a la realització de cada acció de la construcció.

| Acció | Temps (h) |
|--|------------|
| Moviment de terres | 30 |
| Instal·lació de canonades i reixes | 4 |
| Impermeabilització | 8 |
| Extensió de sorres, terra vegetal i grava | 19 |
| Instal·lació del canal sobreexidor | 8 |
| Modificació de l'arqueta de sortida de la EDAR | 5 |
| TOTAL | 74 |
| TOTAL +50% imprevistos | 111 |

10.2 PRESSUPOST DE LA CONSTRUCCIÓ

Per a l'elaboració del pressupost s'ha hagut de consultar diverses pàgines de preus. Moltes de les dades no s'han trobat a les webs oficials habituals i, per poder obtenir un valor aproximat, s'ha procedit a la cerca de preus a pàgines amb una finalitat més comercial que no pas informativa.

El preu definit per la desbrossada és un preu per metre quadrat i per una desbrossada manual, aquest acaba obtenint un valor final de 281,36 € (dos-cents vuitanta-un euros). El moviment de terres és de caràcter mecànic i el preu és per metre cúbic extret, termina amb un valor final de 399 € (tres-cents noranta-nou euros). En quant a la compactació del sòl, és un procés que es durà a terme amb maquinària, aquesta compactació està considerant el sòl de l'aiguamoll i també el sòl de l'arqueta, el seu preu és per metre quadrat i obté un valor total de 7.100 € (set mil cent euros).

Per la capa de sorra, el desplegament del seu preu contempla la compra d'aquesta i la seva aplicació amb 10 centímetres de gruix, les unitats del preu són per metre cúbic i es comptabilitzen 4.090 € (quatre mil noranta euros). El preu del ciment s'ha obtingut per metre cúbic, el seu valor final és de 1.552,5 € (mil cinc-cents cinquanta-dos amb cinquanta euros).

La impermeabilització es dona amb polietilè d'alta densitat (gruix d'1,5 mm), el seu valor ha estat calculat a partir del metre quadrat, i s'obté un valor de 11.280 € (onze-mil dos-cent vuitanta euros).

Per la terra vegetal només s'ha tingut en compte la mà d'obra de la seva aplicació, ja que l'aprofitament de la terra vegetal extreta durant el moviment de terres serà

essencial, per tant, només s'ha considerat la seva aplicació, obtenint un preu per metre cúbic traduït a un total de 47,52 € (quaranta-set amb cinquanta-dos euros).

Tant pel preu de modificació de l'arqueta com pel preu de la bomba peristàtica els preus obtinguts són de caràcter unitari on, respectivament, són de 97,03 € (noranta-set amb tres euros) i de 3.089,85 € (tres mil vuitanta-nou amb vuitanta-cinc euros).

Per la construcció dels sobreeixidors s'ha tingut en compte el preu del material i el seu encofrat, s'ha comptabilitzat ambdós sobreeixidors i el preu és per metre quadrat, obtenint un valor final de 5.765,84 € (dos-mil cinc-cents cinquanta-cinc euros).

La canonada de sortida de l'aiguamoll és del preu per metre i acaba tenint un valor final de 41,18 € (quaranta-un amb divuit euros). La reixa de sortida prevista per l'entrada a aquesta canonada és un filtre de cuina amb dos pales per enganxar-se a la canonada, les característiques d'aquesta peça afavoriran la seva manipulació i la seva neteja, el seu preu és unitari i s'obté un valor de 3,02 € (tres amb dos euros).

El preu de les graves ve definit per metre cúbic, i té un valor total de 272,48 € (dos-cents setanta-dos amb quaranta-vuit euros).

En quant a la plantació dels macròfits, s'ha establert un preu unitari de 0,70 € (setanta cèntims d'euro), que dóna un preu total de 602 € (sis-cents dos euros). Aquest preu s'ha obtingut gràcies a Vivers Carex.

La tanca de fusta ha estat escollida per les seves característiques físiques, que permeten el pas de la tortuga a l'interior del recinte; el seu preu és per metre i s'obté un valor final de 10.659,66 € (deu-mil sis-cents cinquanta-nou amb seixanta-sis euros).

Després de la suma de tots els valors normalitzats amb un subtotal de 43.728,94 € (quaranta-tres mil set-cents vint-i-vuit amb noranta-quatre euros) s'ha calculat un 19% d'imprevistos sobre el subtotal, que ha dóna un valor de 8.308,50 € (vuit mil tres-cents vuit amb cinquanta euros); un 18% d'I.V.A. sobre la suma de d'imprevistos i el subtotal, amb un valor de 9.366,74 € (nou mil tres-cents seixanta-sis amb setanta-quatre euros); i finalment la suma de tots els valors que confereix un preu definitiu de construcció de l'aiguamoll de 61.404,18 € (seixanta-un mil quatre-cents quatre amb divuit euros).

Taula 15. Pressupost de la construcció del sistema. Preus compostos, inclouen el material i la instal·lació.

| Concepte | Quantitat | Preu unitari | Preu total |
|--|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| Desbrossada | 2557,8 m ² | 0,11 €/m ² | 281,36 € |
| Moviments de terres | 798 m ³ | 0,50 €/m ³ | 399 € |
| Compactació sòl | 2.000 m ² | 3,55 €/m ² | 7.100 € |
| Aplicació capa de sorra 10 cm | 200 m ³ | 20,45 €/m ³ | 4090 € |
| Impermeabilització amb polietilè d'alta densitat | 2.000 m ² | 5,64 €/m ² | 11.280 € |
| Aplicació capa de terra vegetal 0,30 m | 594 m ³ | 0,08 €/m ³ | 47,52 € |
| Modificació arqueta | 1 | 97,03 €/u | 97,03 € |
| Instal·lació bomba peristàtica | 1 unitat | 3.089,85 €/u | 3.089,85 € |
| Construcció dels canals sobreexidors | 18,025 m ³ | 319,88 €/m ³ | 5.765,84 € |
| Instal·lació canonada sortida aiguamoll | 32 mm x 7,5 m | 5,49 €/m | 41,18 € |
| Instal·lació reixa sortida | 1 unitat | 3,02 €/u | 3,02 € |
| Aplicació graves | 14 m ³ | 19,47 €/m ³ | 272,48 € |
| Plantació macròfits | 860 unitats | 0,70 €/u | 602 € |
| Instal·lació tanca de fusta | 186 m | 57,31 €/m | 10.659,66 € |
| Subtotal | | | 43.728,94 € |
| Imprevistos | | | 8.308,50 € |
| IVA | | | 9.366,74 € |
| TOTAL | | | 61.404,18 € |

10.3 PROTOCOL DE MANTENIMENT

Els treballs de manteniment tenen com a objectiu garantir el bon funcionament del sistema i la potenciació de la tortuga d'estany, així com d'altres espècies. Degut a les característiques de disseny de l'aiguamoll, aquest necessita un manteniment mínim per assegurar que el sistema i els seus factors funcionen correctament. S'ha definit un cronograma anual de les accions que s'han de dur a terme (Taula 15), aquestes són:

10.3.1 Revisió del circuit hidràulic. Aquesta tasca es realitzarà un cop al mes i es comprovarà que tot el circuit hidràulic del sistema funciona correctament i que es mantenen els nivells de cabal i volum.

10.3.2 Neteja del circuit hidràulic. Inclou els canals de distribució d'entrada i sortida de l'aigua de l'aiguamoll, així com les canonades i l'arqueta, de manera que no hi hagi elements que obstrueixin el sistema i no permetin un correcte funcionament. Aquests treballs es duran a terme un cop al mes.

10.3.3 Retirada de la vegetació. Es duran a terme tasques de desbrossament, principalment dels macròfits de l'aiguamoll i ruderals que puguin obstruir l'entrada a l'aiguamoll a la tortuga, per tal de garantir el manteniment de les làmines d'aigua d'entrada, centre i sortida de l'aiguamoll. Alhora, es disminuiria la càrrega de matèria orgànica i es millorarien les condicions lumíniques i de ventilació de la làmina d'aigua lliure.

Aquestes tasques es realitzaran dues vegades a l'any durant els mesos de febrer i octubre, ja que el cicle de reproducció de la tortuga és entre els mesos de març a setembre i, per tant, si la desbrossada es realitzés durant aquests mesos hi hauria el perill de fer malbé els ous. Tot i així, si pel gran increment de la biomassa fos necessària una retirada de vegetació abans, aquesta hauria de dur-se a terme, ja que sinó l'increment dels sòlids en suspensió, i la càrrega de matèria orgànica, nitrogen i/o fòsfor es podrien veure afectats, modificant significativament les característiques de l'aigua.

10.3.4 Anàlisi de l'aigua. Per conèixer la qualitat de l'aigua de l'aiguamoll, es faran dues analítiques a l'any, una a l'hivern i l'altra a l'estiu. Els paràmetres físico-químics que s'analitzaran seran: pH, conductivitat, MeS, NO₃⁻, NKT, P_{TOTAL} i DQO. A partir dels resultats obtinguts i els de sortida de l'EDAR de Riudarenes es determinarà el rendiment d'eliminació d'aquests paràmetres.

10.3.5 Estudi de biodiversitat. Es farà un seguiment de les espècies vegetals i de la fauna, tant al·lòctones com autòctones, per tal d'avaluar l'evolució de l'aiguamoll com a hàbitat natural. Aquest informe preliminar es farà un cop cada tres mesos, per

tal que el seguiment sigui el més acurat possible, permetent controlar l'arribada d'*E. orbicularis*.

10.3.6 Informe anual de l'ecosistema. Per fer una bona avaluació del sistema implantat es realitzarà un informe anual, en el qual s'avaluaran totes les accions dutes a terme durant l'any. En aquest informe haurà de decidir-se, en el cas que *E. orbicularis* no hagi arribat a l'aiguamoll, si es fa la introducció d'aquesta en el sistema o bé s'esperarà un temps a que per sí sola colonitzi l'espai (Protocol d'alliberament a l'Annex IV).

Taula 16. Cronograma de les accions de manteniment que s'han de dur a terme cada any.

| | Gener | Febrer | Març | Abril | Maig | Juny | Juliol | Agost | Setembre | Octubre | Novembre | Desembre |
|--------------------------------------|-------|--------|------|-------|------|------|--------|-------|----------|---------|----------|----------|
| Revisió del circuit hidràulic | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Neteja del circuit hidràulic | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Retirada de la vegetació | | ■ | | | | | | | ■ | | | |
| Anàlisi de l'aigua | | | | | | ■ | | | | | | ■ |
| Estudi de biodiversitat | | | ■ | | | ■ | | | ■ | | | ■ |
| Informe anual | | | | | | | | | | | | ■ |

10.4 PRESSUPOST DEL MANTENIMENT

Per l'elaboració del pressupost de manteniment s'han tingut en compte les diferents tasques que han de dur-se a terme amb el temps que s'ha estimat oportú. La Taula 17 recull els costos de manteniment.

Per a la revisió del circuit hidràulic s'ha comptat necessària una hora al mes, amb un preu aproximat per hora de 17 € (disset euros), que ofereix un valor anual de 205 € (dos-cents cinc euros). De la mateixa manera, per a la neteja del circuit hidràulic s'ha estimat un temps de dues hores al mes, amb un preu hora de 17 € (disset euros) i un cost anual de 410 € (quatre-cents deu euros).

Per la retirada de la vegetació, s'ha estimat un total de 5 hores en dues sessions anuals (febrer i setembre), que suma un total de 10 hores l'any a un valor per hora de 17 € (disset euros) i un valor total anual de 170 € (cent setanta euros).

L'anàlisi de l'aigua no té un temps estipulat, tot i que el preu unitari per totes les variables que s'han d'analitzar estableix un preu de laboratori de 440 € (quatre-cents quaranta euros) a l'any.

L'estudi de biodiversitat es fa 4 cops l'any, amb 10 hores per cada campanya i un preu unitari de 20 € (vint euros) l'hora. En total s'han calculat 40 hores l'any, donat un valor anual de 800 € (vuit-cents euros).

Finalment ha de de fer-se un informe anual, que determinarà la presència o absència d'espècies, per a aquest s'estableixen un total de 20 hores amb un preu horari de 20 € (vint euros), el que dona un preu anual de 400 € (quatre-cents euros).

Després de la suma de tots els valors calculats, s'ha establert un preu total de manteniment anual de 2.425 € (dos-mil quatre-cents vint-i-cinc euros).

Taula 17. Pressupost de les accions de manteniment que s'han de dur a terme cada any per mesos.

| Concepte | Temps (h) | Preu (€/hora) | Preu total (€) |
|-------------------------------|-----------|---------------|--------------------|
| Revisió del circuit hidràulic | 12 | 17 | 205 |
| Neteja del circuit hidràulic | 24 | 17 | 410 |
| Retirada de la vegetació | 10 | 17 | 170 |
| Anàlisi de l'aigua | - | - | 440 |
| Estudi de biodiversitat | 40 | 20 | 800 |
| Informe anual | 20 | 20 | 400 |
| TOTAL | | | 2.425 €/any |

11. CONCLUSIONS

S'ha dissenyat un aiguamoll amb les característiques idònies per servir d'hàbitat a la tortuga d'estany europea *Emys orbicularis*. Les característiques de disseny de l'aiguamoll com poden ser la forma o la distribució de la vegetació, s'han establert per tal d'apropar aquest el més possible a un sistema natural i augmentar la biodiversitat.

- L'aiguamoll es troba en un lloc estratègic entre diferents zones humides, aquest actuaria de connector biològic i ecològic. La presència de tortuga a menys de 2 km de l'aiguamoll fa que sigui molt probable que aquesta colonitzi el nou hàbitat per sí mateixa.
- En general, el terreny objecte d'estudi és apte per a la construcció de l'aiguamoll donades les seves característiques de pendent, geologia i profunditat del nivell freàtic. D'altra banda, la seva gran permeabilitat, fa que la impermeabilització de la base de l'aiguamoll no es pugui fer amb compactació d'argila, sinó amb làmina plàstica.
- L'estudi de casos d'aiguamolls construïts, han demostrat que s'ha augmentat molt la seva biodiversitat i el valor ecològic de la zona on es troben. A més, s'han obtingut els rendiments d'eliminació de contaminants esperats segons el disseny previ.
- Tot i que en un principi un dels objectius del present projecte era l'afinament de les aigües de l'efluent de la depuradora, les restriccions pel que fa a la disponibilitat de terreny han fet que aquest objectiu no s'assolís en la mesura que es volia. Les petites dimensions de l'aiguamoll fan que els rendiments d'eliminació siguin molt petits, en les condicions actuals aquest afinament és suficient, ja que l'aigua surt de bona qualitat. Si en un futur es necessités fer un afinament molt més acurat, s'hauria d'augmentar la superfície de l'aiguamoll a partir d'acords de custòdia del territori dels terrenys adjacents. Per tal d'arribar a rendiments del 50 %, la superfície necessària seria de 10 vegades més.
- El cost de construcció pot ser afrontat per a un Ajuntament, el qual pot obtenir els diners de subvencions o patrocinadors. Es tracta d'un preu raonable donat els beneficis ecològics i ambientals que l'aiguamoll aportaria al municipi de Riudarenes. El manteniment que s'ha de dur a terme a l'aiguamoll és mínim, ja que es deixarà actuar com un sistema natural. Les tasques es veuran afectades pel cicle biològic de la tortuga, on hi haurà èpoques que no es podrà fer cap actuació.

12. BIBLIOGRAFIA

- AJUNTAMENT DE GRANOLLERS. (2008). Ecological and social recovery of the Can Cabanyes area. *Landscape project*
- ALARCOS, G., MADRIGAL, J., ORTIZ-SANTALIESTRA, M., FERNÁNDEZ, M. J., LIZANA, M. (2007). Localización de nidos depredados de *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) en la provincia de Zamora, España. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 18: 83-86.
- APHA (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition. *American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. Washington, D.C., USA.*
- ARESCO, M. J. (2005). The effect of sex-specific terrestrial movements and roads on the sex ratio of freshwater turtles. *Biological conservation* 123(1): 34-44.
- AYRES, C. (2009). Ayres, C. (2009). Galápago europeo – *Emys orbicularis*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- AYRES, C., CORDERO, A. (2004). The incidence of asymmetries and accessory plates in *Emys orbicularis* from NW Spain. *Biología*, 59/Suppl. 14: 85-88.
- BÉCARES, E. (2004). Función de la vegetación y procesos de diseño de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y flujo superficial. En: *Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos*. Barcelona. 51-62.
- CADI, A., JOLY, P. (2004). Impact of the introduction of the slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of european pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and conservation*, 13: 2511-2518.
- CORZO, A., GARCÍA, J. (2008). Depuración con humedales construidos: guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial.
- DIEGO, F., FONTBOTÉ, J., GRAU, S., LLADÓ, F., PUJOLRIU, L. (1998). Pla especial de protecció del medi natural i del paisatge de l'Estany de Sils, la Riera de Santa Coloma i els Turons de Maçanet. *Direcció general de patrimoni natural*.
- FICETOLA, G. F., PADOA-SCHIOPPA, E., MONTI, A., MASSA, R., DE BERNARDI, F., BOTTONI, L. (2004). The importance of aquatic and terrestrial habitat for the

- European pond turtle (*Emys orbicularis*): implications for conservation planning and management. *Can. J. Zool.* 82:1704-1712.
- FOWLER, CYNTHIA (2003), Construction of a wetland to accept tertiary treated wastewater at the University of California, Davis Experimental Ecosystem
- FRANCH, M., BRAVO, X., LLORENTE, G. A., MONTORI, A., SAN SEBASTIÁN, O. (2008). Estudio de la conectividad entre núcleos poblacionales de galápagos europeo en Girona: una herramienta de conservación de especies amenazadas. *Fundación Emys y Caja Madrid*.
- FRITZ, U. (2003). *Die Europäische Sumpfschildkröte*. Laurenti, Bielefeld.
- FRITZ, U. (2001). *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) – Europäische Sumpfschildkröte. Pp. 343-515. En: Fritz, U. (Ed.). *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*. Band 3/IIIA. Schildkröten (Testudines) I (Bataguridae, Testudinidae, Emydidae). Aula Verlag, Wiebelsheim.
- GARCÍA, J., DOMINGO, V. (2006). Reutilización planificada de aguas depuradas para usos ambientales en Granollers. *Tecnología del agua* n^o 273. 62 – 68.
- GARCÍA, J. (2004). Humedales contruidos para controlar la contaminación: perspectiva sobre una tecnología en expansión. En: *Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales contruidos*. Barcelona. 8-16.
- GARCÍA, J., BOURROUET A., MUJERIEGO, R., FREIXES, A., PEÑUELAS, G. (2001). Wastewater treatment by pond systems: experiences in Catalonia, Spain. *Wat. Sci. Tech.* 42(10-11). 35-42.
- GARCÍA, J., MUJERIEGO, R. (1997b). Dimensionament de l'aiguamoll construït (AC) de tractament terciari dels efluents de l'EDAR d'Empuriabrava.
- GARCÍA, J., RUÍZ, A., JUNQUERAS, X. (1997a). Depuración de aguas residuales mediante humedales contruidos. *Tecnología del agua*. 165pp. 58-65.
- GÓMEZ-MESTRE, I., KELLER, C. (2003). Experimental Assessment of Turtle Predation on Larval Anurans. *Copeia*, 2003 (2): 349-356.
- GOYENOLA, G. (2007). Guía para la utilización de las valijas viajeras. *Red MAPSA*.

- KADLEC R. H., KNIGHT, R. L., VYMAZAL, J., BRIX, H., COOPER, P., HABERL, R. (2000). Constructed wetlands for pollution control: processes, performance, design and operation. IWA Specialist group on use of macrophytes in water pollution control. IWA Publishing. 156pp.
- KADLEC, R. H., KNIGHT, R. L. (1996). Treatment wetlands. CRC Press, Florida. 893pp.
- KELLER, C., ANDREU, A. C. (2004). Ficha *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). Galápagos europeo. *Libro rojo de anfibios y reptiles de España*. 137-142.
- LANSZKI, J., MOLNÁR, M., MOLNÁR, T. (2006). Factors affecting the predation of otter (*Lutra lutra*) on European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Journal of zoology* 270(2) 215-226.
- LARA, J. A. (1999). Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. *Instituto catalán de tecnología, UPC*.
- LEBBORONI, M., CHELAZZI, G. (1991). Activity patterns of *Emys orbicularis* L. (Chelonia Emydidae) in central Italy. *Ethol. Ecol. Evol.* 3:257.
- LLORENTE, G. A., MONTORI, A., SANTOS, X., CARRETERO M. A. (1995). Atlas dels amfibis i rèptils de Catalunya i Andorra. Ed. *El Brau*. Figueres 122pp
- MASCORT, R. (1998). Distribution and status of the European pond turtle, *Emys orbicularis*, in Catalonia. *Mertiensella* 10: 177-186.
- PÉREZ-SANTIGOSA, N. (2007). Ecología del galápagos exótico, *Trachemys scripta elegans*, en la Península Ibérica. Efectos sobre las poblaciones autóctonas de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- PHRAGMITES S.L. (2011). Treballs de manteniment de l'aiguamoll, la bassa d'amfibis, les bassetes temporals i la planta d'aigües regenerades de Can Cabanyes. *Informe anual*.
- RAMOS, S., LLORENTE, G. A., FRANCH, M., MONTORI, A. (2002). Actividad y ciclo biológico de una población de galápagos europeo (*Emys orbicularis*) en el nordeste ibérico, Girona (Cataluña). Libro de resúmenes del VII congreso Hispano-Luso de herpetología, Evora, 76.
- REED, S. C., CRITES, R. W., MIDDLEBROOKS, E. J. (1995). Natural systems for waste management and treatment. 2nd edition. McGraw-Hill, New York. 431pp.

SALA, L., SERRA, M., HUGUET, A., COLOM, J., CARRÉ, M., ROMERO DE TEJADA, S., MARQUÈS, E. (2004). Multiple benefits of the environmental reuse project at the Aiguamolls de l'Empordà Natural Reserve (Costa Brava, Girona, Spain). *9th International conference on wetland systems for water pollution control, Avignon (France)*. Vol. 2 481 – 489.

SALA, L., ROMERO DE TEJADA, S., HUGUET, A., MARQUÈS, E. (2001). El proyecto de reutilización de aguas para usos ambientales en la laguna del Cortalet, Empuriabrava. *Segunda reunión internacional en la regeneración hídrica de Doñana, Huelva*.

SALAS, J. J., PIDRE, J. R., SÁNCHEZ, L. (2007). Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales. CENTA. 111pp.

SÁNCHEZ, D. (2011). Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales. *UPC*.

SEGURADO, P., KUNIN, W. E. (2005). Complementary use of microhabitat by *Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa* along a Mediterranean stream. *Abstracts 4th International Symposium on Emys orbicularis, Valencia, 28 – 29*.

SELWA. (2012). Els espais naturals aquàtics de la comarca de la Selva: experiències de millora ambiental i social. *Consell Comarcal de la Selva*.

STEEN, D. A., GIBBS, J. P. (2004). Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conservation biology* 18(4): 1143-1148

WILLIAMSON, M. (1996). Biological invasion. Chapman & Hall, New York. 256p

12.1 URL-GRAFIA

- Consorci de la Costa Brava
<http://www.ccbgi.org/>
- Blog del SAC d'Empuriabrava
<http://www.sacempuriabrava.blogspot.com.es/>
- SAC Can Cabanyes
<http://www.museugranollersciencies.org/cabanyes/>
- ACA (Agència Catalana de l'Aigua)
<http://aca-web.gencat.cat>

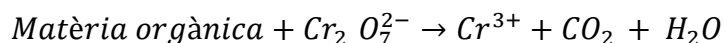
- ITeC
www.itec.es
- Generador de preus de la construcció
www.generadordepreus.info
- Universitat de Navarra
www.unavarra.es
- Kaiser + Kraf
www.kaiserkraft.es
- Foncamo
www.foncamo.es
- Leroy Merlin
www.leroymerlin.es

ANNEX I

METODOLOGIA ANALÍTICA

Determinació de la Demanda Química d'Oxigen (DQO)

La DQO es determina mitjançant una modificació del mètode del dicromat i per reflux obert, on es mesura la quantitat de matèria orgànica en la mostra que era susceptible de ser oxidada per un oxidant fort, en aquest cas el dicromat.



Procediment experimental

En un tub de DQO s'afegeixen, en aquest ordre, 10 mL de mostra (o aigua destil·lada, en el cas del blanc), 5 mL de la solució de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.04M i 15 mL de la solució de Ag_2SO_4 amb H_2SO_4 . A continuació s'introdueix el condensador en la part superior del tub i es deixa que reaccioni en el digestor durant 2 hores a 130°C . Un cop s'ha fet la digestió de la mostra, es deixa refredar i s'afegeixen 40 mL d'aigua destil·lada a través del condensador per arrossegar la fracció de matèria orgànica continguda en les parets del tub. Seguidament, aquesta solució es deixa refredar i es fa una valoració amb SAF (Sulfat d'Amoni Ferrós o Sal de Mohr), prèviament estandarditzat, utilitzant com indicador la ferroïna. La DQO es calcula mitjançant la següent equació:

$$DQO_{mostra} = \frac{N_{SAF} * (V_{blanc} - V_{val.mostra}) * 8.000}{V_{mostra}}$$

On la DQO s'expressa en $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, N_{SAF} =Normalitat del SAF, V_{Blanc} =Volum de SAF que es consumeix durant la valoració del blanc (mL), $V_{volmostra}$ =Volum de SAF consumit durant la valoració de la mostra (mL) i V_{mostra} =Volum de mostra (mL) tenint en compte la dilució realitzada.

Determinació de la concentració d'amoni (N-NH_4^+)

La concentració de nitrogen en forma d'amoni es determina mitjançant la destil·lació d'amoni (destil·lador BÜCHI B-324) i es valora (Titrimetria) amb àcid sulfúric. El principi bàsic del procés de destil·lació, es basa en la conversió de l'amoni en amoníac lliure, mitjançant una reacció de desplaçament. Posteriorment, per arrossegament amb vapor, la mostra és recollida mitjançant la solubilització en medi àcid (H_3BO_3). Abans de començar la destil·lació és necessari l'adició d'una base forta (NaOH) per elevar el pH per sobre de 11.

Procediment experimental

En un tub de destil·lació s'afegeixen 25 mL de mostra o aigua destil·lada (per al blanc). El tub s'introdueix en el destil·lador i es procedeix a efectuar la reacció de desplaçament formant amoníac lliure. A continuació, es recupera el NH_3 per arrossegament amb vapor i es solubilitza en un medi àcid (H_3BO_3). Finalment, la

mostra recollida es valora automàticament amb àcid sulfúric mitjançant una valoració amb un punt final (pH=4,65). La concentració de nitrogen en forma d'amoni (mg N-NH₄⁺/L) es calcula mitjançant l'equació:

$$N - NH_4^+ = \frac{(V_{H_2SO_4} - V_{blanco}) * 1000 * 14}{V_{muestra}} * N_{H_2SO_4}$$

On NH₂SO₄=Normalitat del H₂SO₄, V_{H₂SO₄}=Volum de H₂SO₄ consumit durant la valoració de la mostra (mL), V_{blanc}=Volum de H₂SO₄ consumit durant la valoració del blanc (mL) i V_{mostra}=Volum de mostra analitzat (mL) tenint en compte la dilució realitzada.

Determinació de la concentració de nitrit i nitrat

La determinació de la concentració de nitrit (N-NO₂⁻) i nitrat (N-NO₃⁻) es realitza mitjançant cromatografia iònica (761 Compact IC Metrohm). Les mostres s'injectaven automàticament a través de l'injector automàtic 831 Compact Autosampler. La columna utilitzada per la separació dels ions a determinar és d'intercanvi aniónic (Metrosep A Supp 5-250). A més, s'utilitza una pre-columna (Metrosep A Supp 5 Guard) per minimitzar l'entrada de substàncies no desitjables a la columna. A la Figura 33 es presenta un cromatograma complet de l'anàlisi realitzat mitjançant la tècnica de cromatografia iònica.

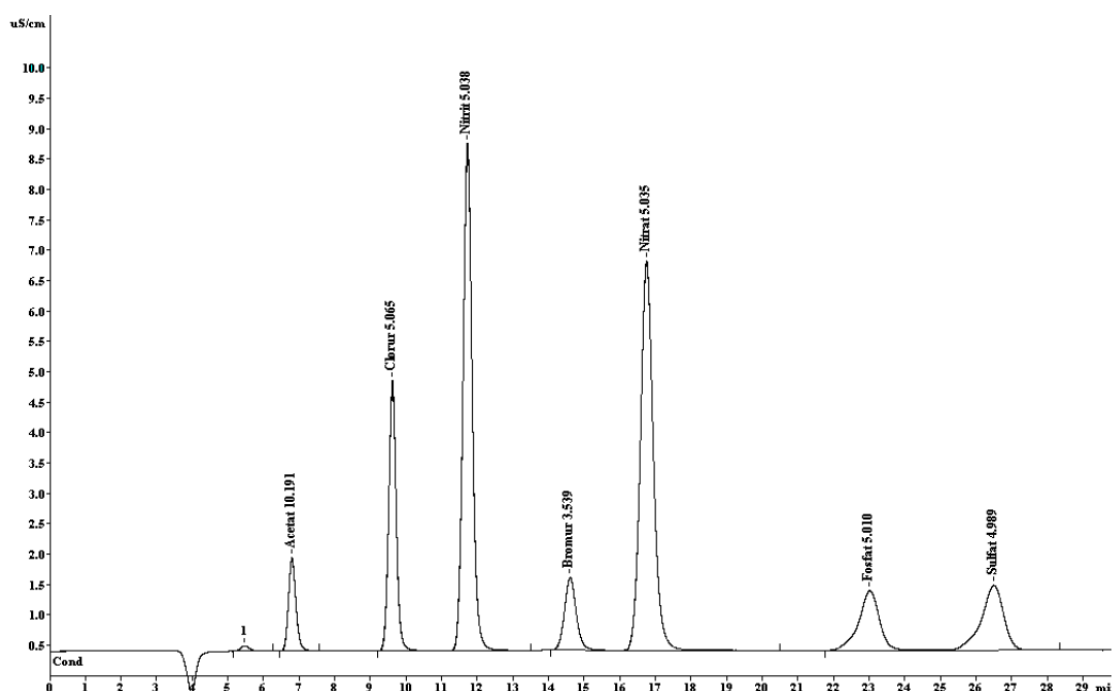


Figura 33. Cromatograma d'una mostra patró.

El mètode utilitzat requereix un flux isocràtic constant. La fase mòbil utilitzada conté una solució tampó de carbonat: bicarbonat (H_2CO_3 1 mM: HCO_3^- 3,2 mM). El flux de treball és de 0,7 mL/min i la pressió màxima i mínima es de 14,6 i 0,3 MPa, respectivament. El volum injectat de mostra a través del loop d'injecció és de 20 μm i la conductivitat de treball de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Amb aquestes condicions de treball, el temps de retenció de l'anió nitrit és de 12 minuts i l'anió nitrat de 17 minuts, aproximadament.

Procediment experimental

En primer lloc, es deixa circular la fase mòbil durant 30 minuts per estabilitzar i adaptar el cromatògraf i la columna a les condicions de treball. Una vegada estabilitzat l'equip, s'injecten els patrons de calibratge i seguidament les mostres a analitzar. Abans d'injectar les mostres es necessari filtrar-les a través d'un filtre de niló de 0,2 μm de diàmetre de porus. El càlcul de la concentració de nitrogen en forma de nitrit (mg N- NO_2^-/L) i de nitrat (mg N- NO_3^-/L) es realitza automàticament a partir de la interpolació de l'àrea obtinguda a la recta de calibratge.

ANNEX II

CÀLCULS DEL DISSENY

Àrea de pas

Àrea de pas = àrea de l'aiguamoll – àrea de l'illa

$$\text{Àrea de pas} = 2.030 \text{ m}^2 - 50 \text{ m}^2 = \mathbf{1.980 \text{ m}^2}$$

Volum

Volum = àrea de pas * profunditat mitjana

$$\text{Volum} = 1.980 \text{ m}^2 * 0,4 \text{ m} = \mathbf{792 \text{ m}^3}$$

Cabal

$$\text{Cabal} = \frac{\text{Volum}}{\text{Temps de residència hidràulica}}$$

$$\text{Cabal} = \frac{792 \text{ m}^3}{15 \text{ dies}} = \mathbf{52,8 \text{ m}^3 / \text{dia}}$$

Velocitat dins l'aiguamoll

$$\text{Velocitat} = \frac{\text{Cabal}}{\text{Àrea de pas}}$$

$$\text{Velocitat} = \frac{52,8 \text{ m}^3 / \text{dia}}{1.980 \text{ m}^2} = \mathbf{0,027 \text{ m} / \text{dia}}$$

Velocitat dins el canal

$$\text{Velocitat} = \frac{\text{Cabal}}{\text{Àrea de pas}}$$

$$\text{Velocitat} = \frac{2,2 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,0975 \text{ m}^2} = \mathbf{0,0063 \text{ m} / \text{s}}$$

Concentració de contaminants en l'efluent de l'aiguamoll

Mètode de Kadlec i Knight

$$S = \frac{365 * Q}{K_T} \ln \left(\frac{C_i - C^*}{C_e - C^*} \right)$$

$$C_e = \frac{C_i - C^*}{e^{\frac{S * K_T}{365 * Q}}} + C^*$$

- S = superfície de la làmina d'aigua (m²)
- Q = cabal a tractar(m³/dia)
- K_T = constant de cinètica de primer ordre d'eliminació dels contaminants (m/dia)
- C_i = concentració del contaminant en l'influent (mg/L)
- C* = concentració de fons dels contaminants (mg/L)
- C_e = concentració del contaminant en l'efluent (mg/L)

Taula 18. Valors dels paràmetres K_T i C* per als diferents contaminants.

| | K_T (m/dia) | C* |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------|
| MeS | 2,74 | 6,52 |
| DBO₅ | 0,09 | 3,86 |
| NKT | 0,06 | 1,5 |
| NH₄⁺ | 0,05 | 0 |
| NO₃⁻ | 0,10 | 0 |
| P_{TOTAL} | 0,03 | 0,02 |

MeS

$$C_e = \frac{8,9 \text{ mg/l} - 8,36 \text{ mg/l}}{e^{\frac{1.980 \text{ m}^2 * 2,74 \text{ m/dia}}{365 * 52,8 \text{ m}^3 \text{/dia}}}} + \frac{8,36 \text{ mg}}{l} = 8,77 \text{ mg/l MeS}$$

DBO₅

$$C_e = \frac{6,8 \text{ mg/l} - 3,86 \text{ mg/l}}{e^{\frac{1.980 \text{ m}^2 * 0,09 \text{ m/dia}}{365 * 52,8 \text{ m}^3 \text{/dia}}}} + 3,86 \text{ mg/l} = 6,77 \text{ mg/l DBO}_5$$

NKT

$$C_e = \frac{4,5 \text{ mg/l} - 1,5 \text{ mg/l}}{\frac{1.980 \text{ m}^2 * 0,06 \text{ m/dia}}{e \cdot 365 * 52,8 \text{ m}^3/\text{dia}}} + 1,5 \text{ mg/l} = 4,48 \text{ mg/l NKT}$$

NH₄⁺

$$C_e = \frac{1,8 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l}}{\frac{1.980 \text{ m}^2 * 0,05 \text{ m/dia}}{e \cdot 365 * 52,8 \text{ m}^3/\text{dia}}} + \frac{0 \text{ mg}}{l} = 1,79 \text{ mg/l NH}_4^+$$

NO₃⁻

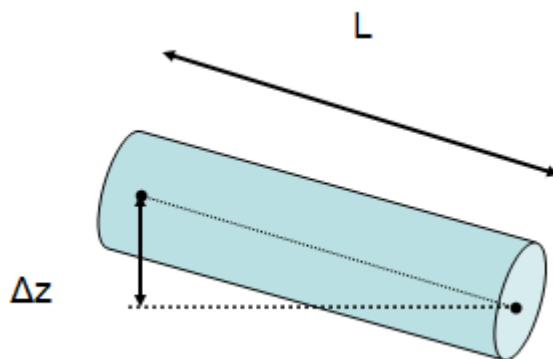
$$C_e = \frac{2,3 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l}}{\frac{1.980 \text{ m}^2 * 0,1 \text{ m/dia}}{e \cdot 365 * 52,8 \text{ m}^3/\text{dia}}} + 0 \text{ mg/l} = 2,28 \text{ mg/l NO}_3^-$$

P_{TOTAL}

$$C_e = \frac{5,1 \text{ mg/l} - 0,02 \text{ mg/l}}{\frac{1.980 \text{ m}^2 * 0,03 \text{ m/dia}}{e \cdot 365 * 52,8 \text{ m}^3/\text{dia}}} + 0,02 \text{ mg/l} = 5,08 \text{ mg/l P}_{TOTAL}$$

Diàmetre de la canonada de sortida mitjançant el mètode de Manning

Pendent



$$S = \frac{\Delta z}{L}$$

$$S = \frac{1}{7,5} = 0,13 \rightarrow 13\%$$

Relació entre calat i diàmetre

La relació entre calat i diàmetre de la conducció ha d'estar entre uns valors:

$$\frac{y}{D} < 0,9 \rightarrow \text{Aigües pluvials}$$

$\frac{y}{D} < 0,5 \rightarrow \text{Aigües residuals}$, necessiten un major espai per permetre una aportació d'oxigen als processos biològics i evitar reaccions anaeròbies.

En aquest cas s'ha fet servir un factor promig 0,75 entre el valor de les aigües pluvials i les residuals, ja que les aigües de l'influent tenen una qualitat intermèdia.

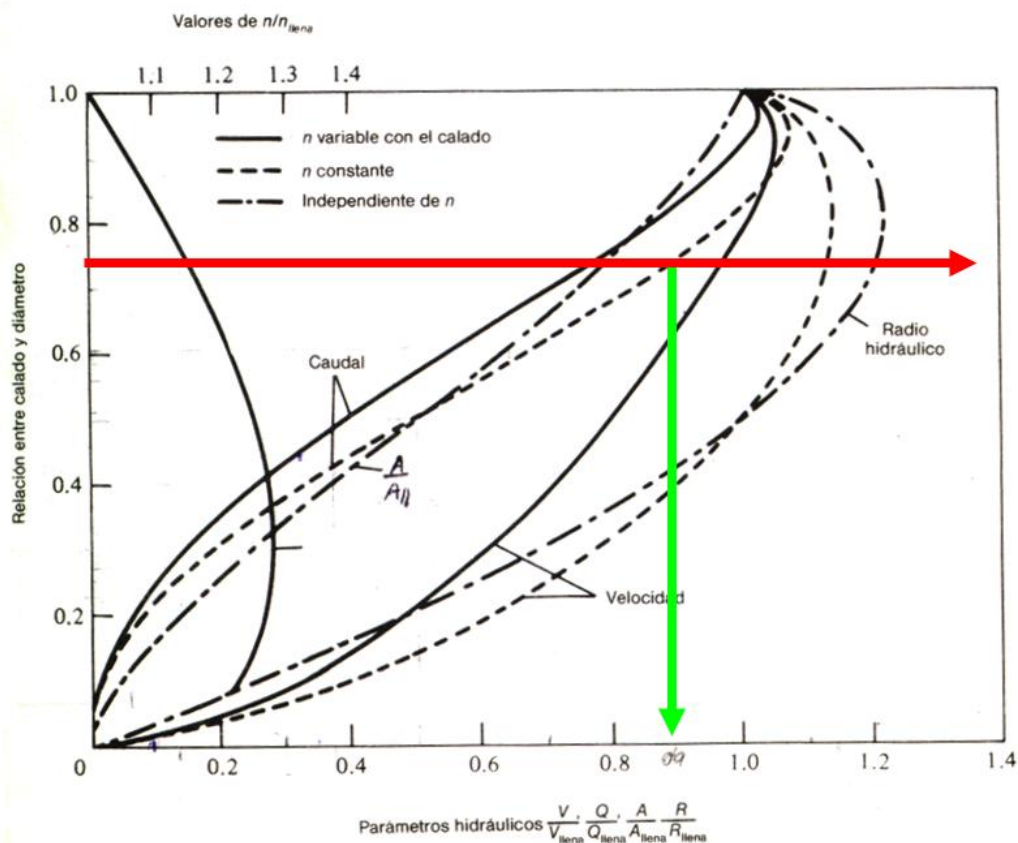
Càlcul de conductes circulars

Per determinar el diàmetre de la canonada de sortida de l'aiguamoll al canal necessitem emprar la fórmula de Manning:

$$Q_{II} = \frac{1}{n} * s^{\frac{1}{2}} * Rh_{II}^{\frac{2}{3}} * A_{II} \rightarrow Q_{II} = \frac{1}{n} * s^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Q_{II} = es calcula a partir de la gràfica, el factor de la relació entre el calat i el diàmetre és de 0,75. Mirant en l'eix de les Y el valor 0,75 es traça una línia horitzontal (vermella) i es talla fins on trobem la línia discontinua de cabal (verda), el resultat que ens indica en aquest cas concret és 0,9. Aquest valor és la relació entre el cabal que ha de passar amb el cabal de la canonada plena.

- n = rugositat del material. (Canonades llises de PVC $\rightarrow 0,01$ /Canonades de formigó $\rightarrow 0,012$)
- S = pendent (m)
- Rh = radi hidràulic
- A = secció
- D = diàmetre (m)



$$\frac{Q}{Q_u} = 0,9 \rightarrow Q_u = \frac{6,11 * 10^{-4}}{0,9} = 6,789 * 10^{-4} m^3/s$$

$$6,789 * 10^{-4} m^3/s = \frac{1}{0,01} * 0,132^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = 0,026m = 2,6 \text{ cm de diàmetre}$$

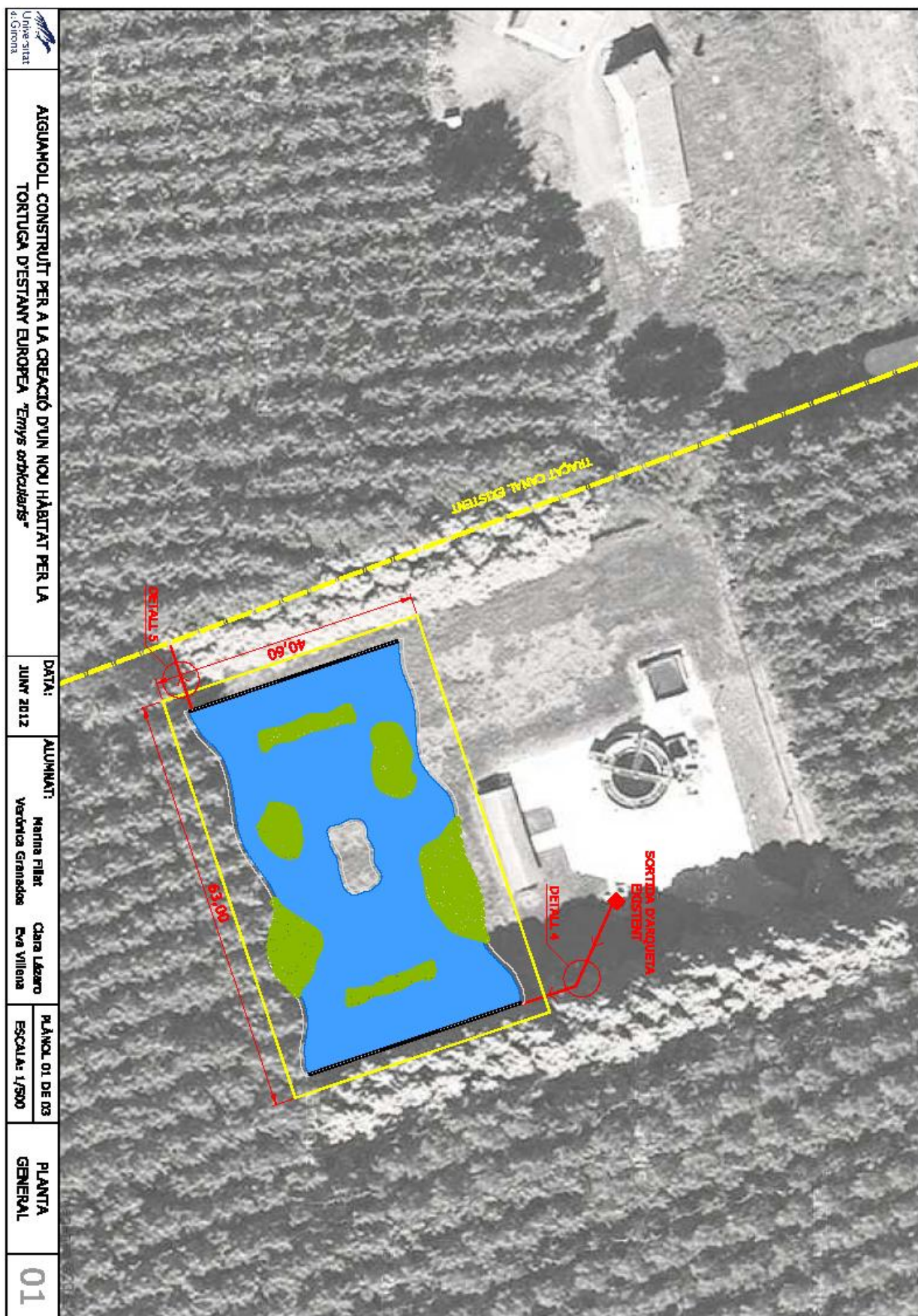
Velocitat de l'aigua en la canonada

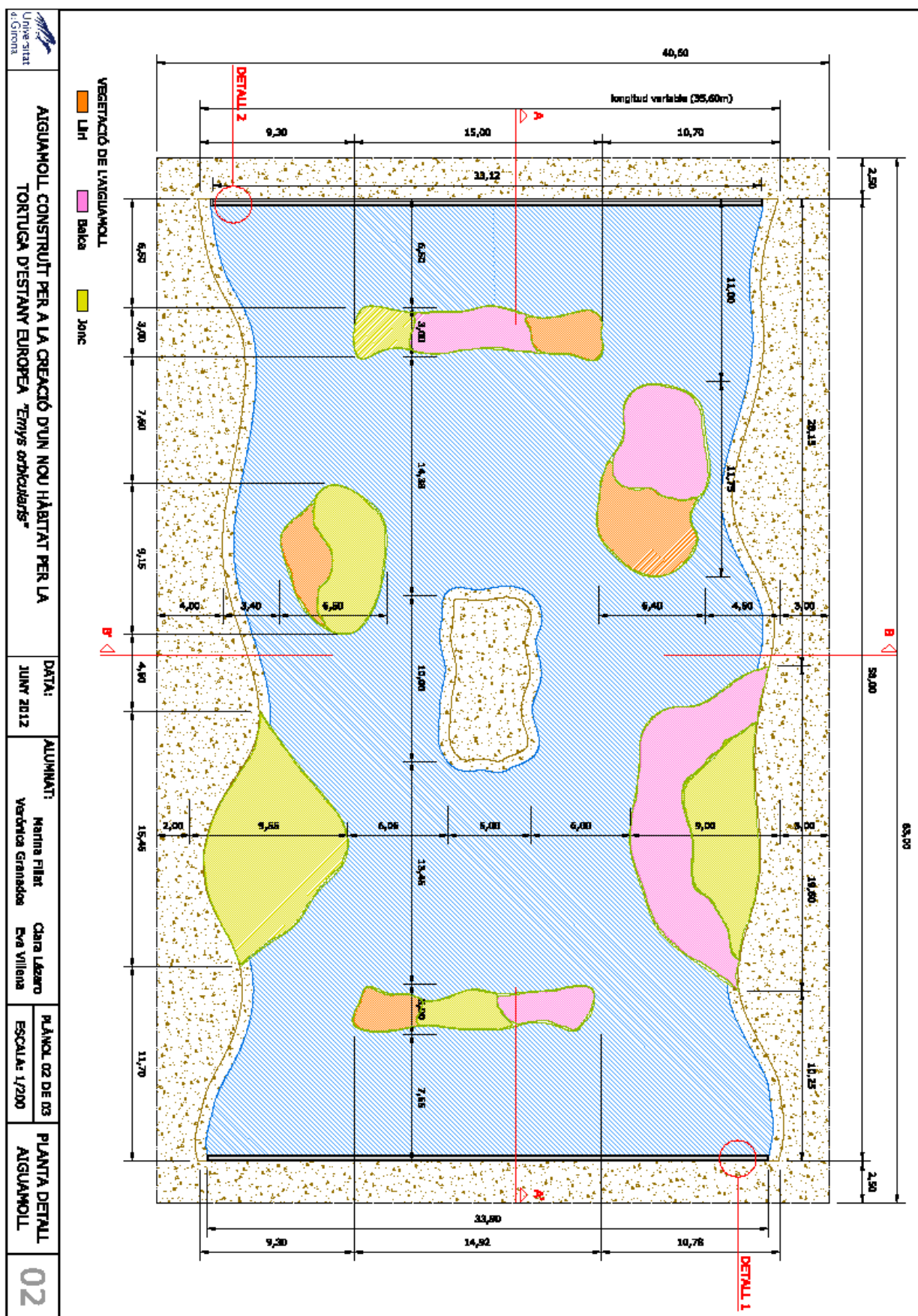
$$V_u = \frac{1}{n} * s^{\frac{1}{2}} * R h_u^{\frac{2}{3}} \rightarrow V_u = \frac{1}{n} * s^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}}$$

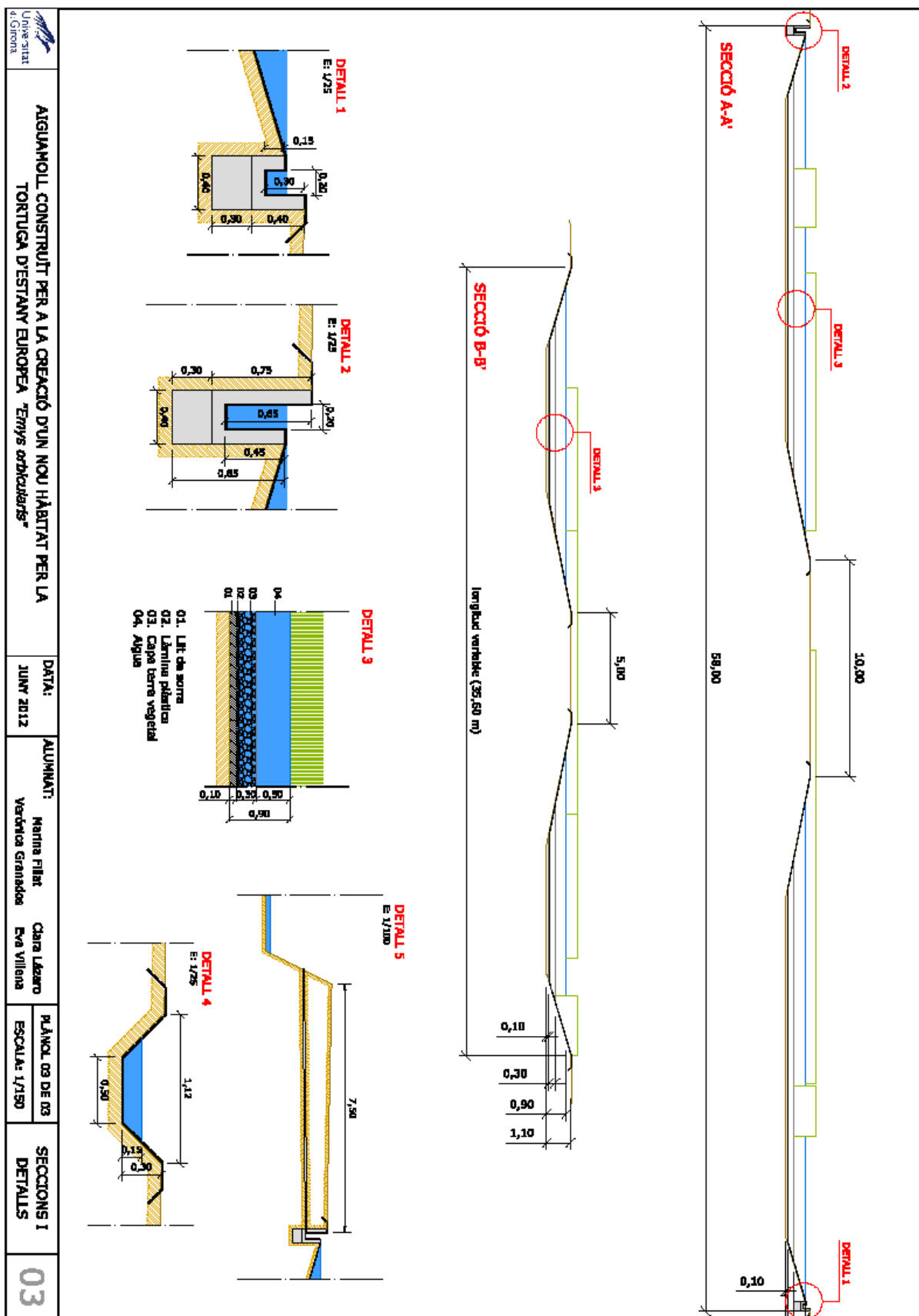
$$V = \frac{1}{0,01} * 0,132^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{0,026}{4}\right)^{\frac{2}{3}} = 1,23 \text{ m/s}$$

La velocitat obtinguda és adequada, ja que si l'aigua circula a velocitats superiors a 3m/s pot produir erosió en les canonades, i si són inferiors a 0,5 m/s pot produir sedimentació en el fons.

ANNEX III







ANNEX IV

PROTOCOL D'ALLIBERAMENT D'*EMYS ORBICULARIS*

Per a l'alliberació de l'*Emys orbicularis* primer haurà de fer-se un estudi genètic dels individus per tal d'evitar en la mesura del possible la consanguinitat. Per altra banda, també han de tenir-se en compte els haplotips (conjunt de gens que determinen els aspectes morfològics i fins i tot de comportament d'una espècie), ja que a la Península Ibèrica existeixen fins a 3 llinatges diferents i, preferiblement, ha de potenciar-se aquell que es trobi de manera natural a la zona on pretén fer-se la introducció.

Un cop seleccionat el llinatge, ha de veure's quin tipus d'alliberament dur a terme. Aquest pot ser dur o bé tou:

- **Alliberament dur:** els animals són alliberats directament a la natura sense cap tipus d'ajuda.
- **Alliberament tou:** els animals reben suport per facilitar la seva adaptació al nou lloc (aliment o construcció de tanques d'aclimatació).

Es considera que els animals alliberats de forma tova tenen més oportunitats de fixar-se i sobreviure, però també és cert que algunes espècies, tal com la tortuga mediterrània (*Testuda hermani*), no precisa d'un protocol d'alliberament tou.

Per l'*Emys orbicularis* la recomanació és dur a terme un protocol d'alliberament tou amb un tancat d'aclimatació.

Establiment de les condicions d'alliberament

Les tortugues emprades per dur a terme la introducció haurien de provenir d'un programa de cria en captivitat o bé de les poblacions properes a la zona. En cas de ser tortugues provinents de centres de cria, ha de tenir-se en compte que l'edat mínima per a ser introduïdes al medi ha de ser de quatre anys.

Durant el primer any han de fer-se diferents proves per determinar quin és el protocol idoni per fer alliberaments, per tant serà necessari disposar de quatre tancats d'alliberament construïts amb reixa del tipus electrosoldat amb una llum de malla de fins a 40 x 40 mm (o resistència similar)(Figura 34). Les dimensions de cadascun dels tancats seria de 3x3m de base i 1 m d'alçada.

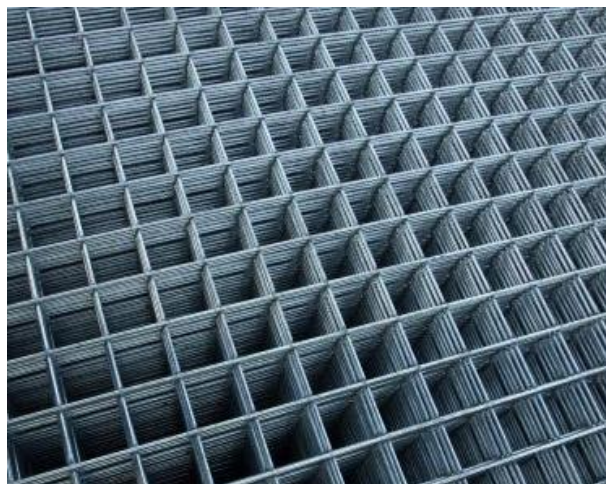


Figura 34. Reixa de tipus electrosoldat. Font: Solo Stocks.

Cadascun dels tancats ha d'albergar una zona ombrívola, especialment durant els mesos d'estiu. Aquests han de disposar de terra i un sostre de reixa, i ha de preveure's una porta per poder ficar i treure els animals. Cadascun d'aquests albergarien entre 5 i 8 tortugues.

Aquesta estructura facilita que pugui dur-se a terme un control mensual de les tortugues i fer un seguiment de l'evolució dels individus, tant del seu pes com de la seva mida.

La col·locació dels tancats ha de preveure una zona que estigui submergida dins de l'aigua i una altra totalment en sec (figura 35). Aquestes zones han de tenir la previsió de mantenir-se tot i haver-hi fluctuacions del nivell de la massa d'aigua.

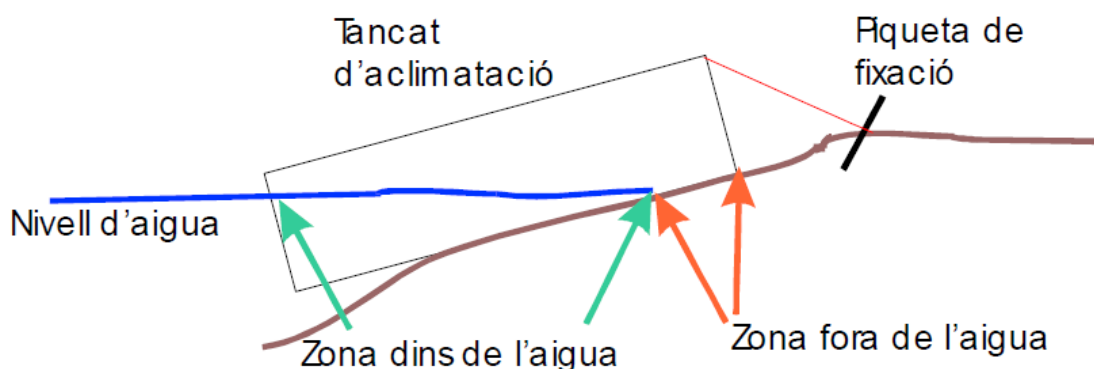


Figura 35. Esquema de la col·locació dels tancats d'acimatació. Font: Gestió de les poblacions naturals, reintroduïdes i captiva de la tortuga d'estany al Parc Natural del Delta de l'Ebre. Fomt: Albert Bertolero (2004)

D'altra banda, durant el primer any també es provaran tres protocols de permanència:

1. **Tres mesos de permanència i alliberació a l'estiu:** 2 tancats en què les tortugues seran introduïdes a principis de març i s'alliberaran a principis de juny.
2. **Tres mesos de permanència i alliberació a la tardor:** 2 tancats en què les tortugues seran introduïdes a principis de juny (ocuparan els tancats del protocol 1) i s'alliberaran a finals de setembre.
3. **Sis mesos de permanència i alliberació a la tardor:** 2 tancats en què les tortugues seran introduïdes a principis de març i s'alliberaran a finals de setembre.

A les vores dels tancats han d'evitar els pendent forts per afavorir que les tortugues puguin entrar i sortir de l'aigua amb facilitat.

En el moment de dur a terme les alliberacions hauran de mantenir-se les portes dels tancats obertes per tal que els individus abandonin per si mateixes les instal·lacions d'aclimatació. També haurà de tenir-se en compte que tots els tancats comptin amb una reixa al sostre per evitar l'entrada d'ocells potencialment predadors de les tortugues.