

# DESENVOLUPAMENT D'UN SSIDA PER A LA GESTIÓ DE LES INFRAESTRUCTURES HIDRÀULIQUES AMB L'OBJECTIU DE GARANTIR LA QUALITAT DE L'AIGUA EN LA CONCA DEL BESÒS

*Francesc Devesa*

Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA). Universitat de Girona  
(francesc@lequia.udg.es)

*Peter De Letter*

Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA). Universitat de Girona  
(peter@lequia.udg.es)

*Manel Poch*

Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA). Universitat de Girona  
(manel@lequia.udg.es)

*Carles Rubén Díez*

Consorci per a la Defensa de la Conca del Riu Besòs (CDCRB) (cr@cdcbesos.org)

*Àngel Freixó*

Consorci per a la Defensa de la Conca del Riu Besòs (CDCRB) (afreixo@cdcbesos.org)

*Josep Arráez*

Consorci per a la Defensa de la Conca del Riu Besòs (CDCRB) (arraezej@diba.es)

## RESUM

En aquest article es presenta el treball realitzat durant el desenvolupament d'un sistema de suport a la decisió ambiental (SSDA) per a la gestió de les infraestructures hidràuliques, amb l'objectiu de garantir la qualitat de l'aigua en la conca del Besòs. La conca del Besòs (1.038 km<sup>2</sup>) està situada a Catalunya, al nord-est d'Espanya. Com a estudi pilot, el projecte considera dos sistemes de col·lectors, les seves EDAR i un tram (17 km) del riu Congost. Els tres elements principals de l'àrea d'estudi (sistemes de col·lectors, EDAR i riu) s'han modelitzat amb els programes InfoWorks CS, GPS-X i InfoWorks RS. S'ha utilitzat un sistema expert basat en regles, que representa les possibilitats d'operació per resoldre problemes típics (cabals puntuals, increments de càrrega, etc.), amb la finalitat d'oferir alternatives a la persona encarregada de prendre decisions. Les alternatives són simulades amb diferents models i es representen gràficament amb un GIS (programa ArcView), el qual forma part de la interfície de l'SSDA-Besòs.

## 1. INTRODUCCIÓ

Les conques fluvials són unitats importants des d'un punt de vista social, econòmic i ambiental. Formen ecosistemes i són la principal font d'aigua per al consum humà, per a l'agricultura i per a la indústria. Actualment, a causa del creixement de la població, la indústria i la sobreexplotació, la demanda continua creixent, mentre que la capacitat de la conca per satisfer-la decreix.

La recent Directiva marc de l'aigua del desembre del 2000 (Directiva 2000/60/CE) ha imposat una nova aproximació a la gestió de l'aigua. Alguns dels elements clau de la directiva són: assegurar la protecció de totes les aigües superficials i subterrànies, respecte a la seva qualitat i quantitat i amb una dimensió ecològica; considerar una aproximació integrada del control de les emissions i els abocaments, i assegurar una gestió de l'aigua adequada amb un sistema integrat de gestió organitzat al voltant de la conca fluvial, com a unitat natural geogràfica i hidrològica. A més a més, s'ha vist que la integració de tots els problemes relacionats amb l'aigua, a escala de conca fluvial, és essencial per a la Unió Europea. Conseqüentment, es produeix la necessitat d'una modelització integrada a aquest nivell.

La gestió integrada d'una conca fluvial sempre és una qüestió delicada i difícil. El terme *integració* fa referència a diferents aspectes que s'han de considerar per apropar-se al concepte de desenvolupament sostenible d'una conca fluvial. Entre aquests aspectes cal destacar: demanda, abastament, tractament i abocament d'aigües, efectes transfronterers, derivacions, aspectes aigua-medi i medi-desenvolupament, i aspectes d'organització institucional a diferents escales (ajuntaments, organismes supramunicipals, associacions industrials, grups ecologistes, etc.). Per tal de processar tota la informació disponible, per integrar i involucrar tots els «actors» i per ajudar els gestors a prendre decisions adequades per a cada situació, les eines clàssiques de gestió no donen resultats satisfactoris. És per això que hi ha la necessitat de desenvolupar noves eines. Una d'aquestes eines són els sistemes de suport a la decisió ambiental (SSDA). Alguns exemples de SSDA aplicats a la gestió de problemes en diferents dominis ambientals han donat resultats satisfactoris (POCH *et al.*, 2004; FEDRA, 2000); LUAY, 2001; CHENG *et al.*, 2003; COMAS *et al.*, 2003; FROUKH, 2001; RICHARDS, 2003) i, també, específicament en el camp de la gestió de conques fluvials (BONDELID *et al.*, 1997; CHANG I CHANG, 2002; DEMISSIE *et al.*, 1999; HALLS, 2003; MATTHIES *et al.*, 2003; QUINN I HANNA, 2003; SCHLAEGER *et al.*, 2003).

L'objectiu d'aquest article és presentar una metodologia de construcció i operació d'un SSDA aplicat a la gestió de la conca del riu Besòs.

### 1.1. Àrea d'estudi

La conca del Besòs (1.038 km<sup>2</sup>) es troba a Catalunya (figura 1). La conca té un patró hidrològic típicament mediterrani, amb cabals molt baixos a les èpoques seques (al voltant de 2 m<sup>3</sup>/s a la desembocadura), però que es poden arribar a incrementar fàcilment fins a unes 1.000 vegades en els períodes de pluges de la tardor.

Aquesta és una de les conques més poblades de Catalunya, amb més de 2 milions de persones connectades. Actualment hi ha una potent activitat industrial, que cobreix els principals sectors de la indústria: químic, metal·lúrgic, tèxtil, de la construcció, alimentari, paperer, etc.

El projecte es localitza al voltant del tram final del riu Congost (un afluent del riu Besòs). El riu rep, en una àrea de 70 km<sup>2</sup>, els abocaments de quatre ciutats (la Garriga, les Franqueses del Vallès, Canovelles i Granollers), les quals estan connectades a dues estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR). La població connectada arriba als 100.000 habitants.

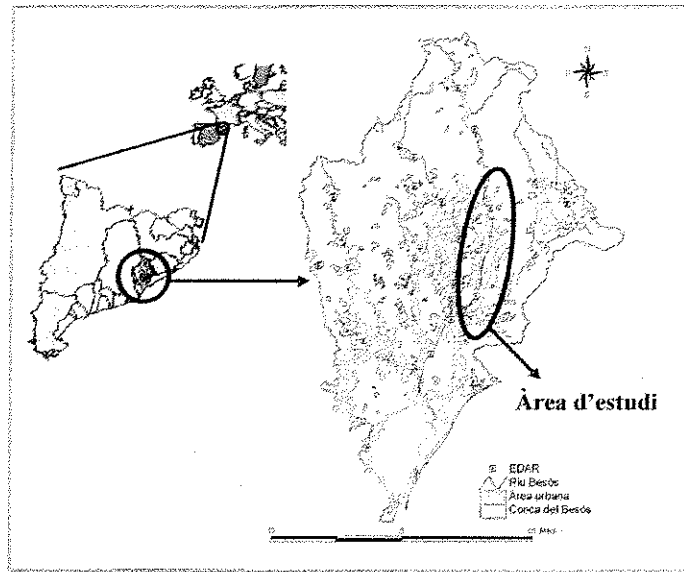


Figura 1. Localització de l'àrea d'estudi.

## 1.2. Principals elements del sistema

El sistema real es divideix en tres elements principals: els sistemes de col·lectors, les EDAR i el riu. Cadascun dels elements és modelitzat amb un programari específic, i se subdivideix, pel que fa a la modelització, en unitats de càlcul. Exemples típics d'aquestes unitats són els sobreexidors en el sistema de clavegueram, un tram d'un riu i el decantador primari en l'EDAR. Es considera que cada unitat de càlcul té les mateixes característiques hidrodinàmiques (figura 2).

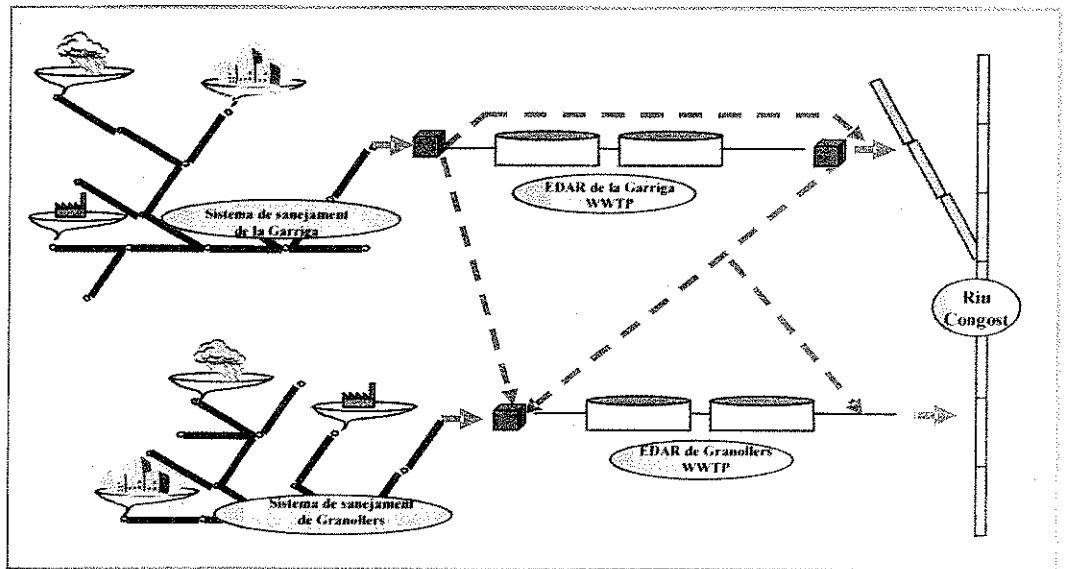


Figura 2. Principals elements del sistema.

**Sistema de col·lectors.** Hi ha dos sistemes, un que drena l'àrea de la població de la Garriga i un altre que drena l'àrea de Granollers i algunes ciutats petites del seu voltant. L'àrea total drenada està al voltant de les 2.100 hectàrees, de les quals 750 són impermeables. Durant períodes de pluges intenses, alguns dels sobreexidors aboquen aigua residual diluïda directament al riu Congost.

**EDAR.** Hi ha dues EDAR, una per a cada sistema de col·lectors. Les dues plantes tenen un tractament biològic. El cabal mitjà és d'uns 6.000 m<sup>3</sup>/d per a la planta de la Garriga i d'uns 26.000 m<sup>3</sup>/d per a la de Granollers.

**Riu.** El tram estudiat del riu Congost té una llargada de 17 km. El Congost és un riu típicament mediterrani amb variacions de cabal estacionals. Abans de l'abocament de les dues EDAR, el cabal mitjà està al voltant dels 0,5 m<sup>3</sup>/s, però pot arribar fàcilment a un cabal màxim puntual de 200 m<sup>3</sup>/s.

A més a més, a banda d'aquests tres elements, també se n'han considerat altres (estacions de control de pluja, estacions de control de la qualitat de l'aigua, dipòsits de retenció i emmagatzematge d'aigua, etc.), però el més essencial és una canalització que uneix totes dues EDAR. Aquesta canalització permet derivar cabal de l'EDAR de la Garriga a la de Granollers, cosa que implica augmentar considerablement la quantitat de possibilitats de gestió en el sistema global (figura 2).

## 2. CONSTRUCCIÓ DE L'SSDA-BESÒS

Es defineix un SSDA com un sistema integrat d'eines que milloren el procés de presa de decisions en el camp ambiental: «Un SSDA és un sistema informàtic que ajuda una persona a prendre decisions en un domini determinat, mitjançant la selecció justificada d'una o més alternatives» [1, 2, 3 i 15]. Aquesta definició de SSDA, amb petites variacions, és àmpliament utilitzada per diferents autors.

### 2.1. Arquitectura general

El mètode de construcció d'un SSDA varia segons el tipus de problema ambiental i el tipus d'informació i coneixement que es pot adquirir. Tenint en compte aquestes restriccions i després d'una anàlisi de la informació disponible, s'elegeixen un conjunt d'eines per formar l'SSDA. Els models numèrics s'utilitzen per simular problemes reals i les alternatives de solució. Les metodologies d'intel·ligència artificial (IA) s'inclouen per representar el coneixement expert. Els models triats són implantats i integrats en l'SSDA (figura 3).

### 2.2. Anàlisi del problema

El Consorci per a la Defensa de la Conca del Riu Besòs (CDCRB) és l'entitat que gestiona els sistemes de col·lectors i les EDAR. Com a gestor, el CDCRB ha de tractar l'aigua residual d'acord amb la legislació. Ha de garantir que aigües no tractades no siguin abocades al riu, però, al mateix temps, ha d'optimitzar els costos econòmics del tractament. La major part del sistema de col·lectors és combinat (rep l'aigua residual i l'aigua d'escorrentia de la pluja). A més a més, moltes indústries estan connectades al sistema, cosa que implica que un perfil irregular de cabal i de càrregues arribi a l'EDAR. Tots aquests factors dificulten el compliment de les obligacions del CDCRB. Per afrontar aquests problemes, el CDCRB i la Universitat de Girona estan implantant l'SSDA-Besòs, una eina que ha de facilitar la gestió de les infraestructures i garantir la qualitat de l'aigua del riu. El CDCRB gestiona catorze EDAR i els seus sistemes de col·lectors en la conca del Besòs, però el projecte se centra en el tram final del riu Congost, com a prova pilot.

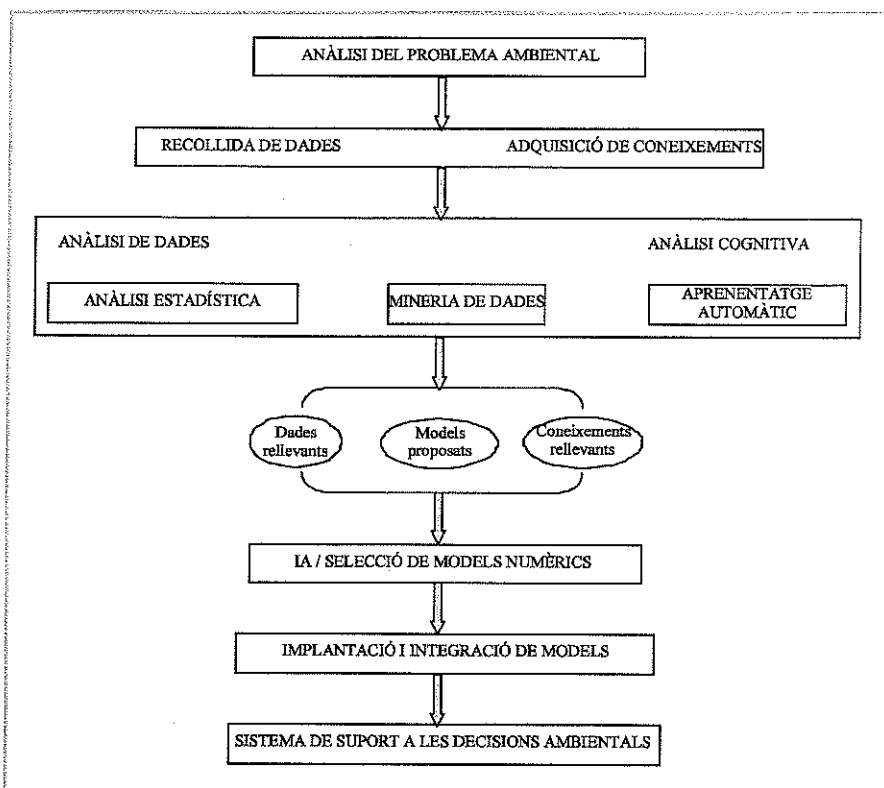


Figura 3. Diagrama de flux per desenvolupar un SSDA. Modificat a partir de (Poch et al., 2004).

**Objectius.** El projecte SSDA-Besòs va ser ideat per resoldre els típics problemes que es produeixen en gestionar les infraestructures hidràuliques d'una conca. A partir d'aquesta idea, i tenint en compte les capacitats d'un SSDA, es van afegir altres reptes.

Els principals objectius de l'SSDA-Besòs són:

- \* Dimensionar les derivacions de cabal entre sistemes.
- \* Ubicar i dimensionar dipòsits de retenció, que seran usats per regular cabals i càrregues, episodis crítics de contaminació i precipitacions intenses.
- \* Situar i dimensionar increments futurs de la capacitat dels sistemes (hidràulics, de tractament o de conduccions).
- \* Ubicar les seccions de control a la xarxa de col·lectors.
- \* Fer operatiu el conjunt de sistemes.
- \* Gestionar situacions de crisi.

Aquests objectius s'han de portar a terme considerant algunes limitacions, que són:

- \* Mantenir uns cabals determinats, que garanteixin un estat ecològic acceptable en el riu.
- \* Minimitzar el risc d'abocaments d'aigües insuficientment depurades al medi.
- \* Maximitzar l'aprofitament de les capacitats de depuració de les instal·lacions.
- \* Minimitzar els costos econòmics de la gestió diària i de les noves instal·lacions.

### 2.3. Recollida de dades i adquisició de coneixements

Per construir els models dels dos sistemes de col·lectors es requereixen diferents tipus de dades. A través de la base de dades d'un sistema d'informació geogràfica (GIS) s'han introduït les dades físiques (pendents, alçades, volums dels conductes, pous, etc.). S'han introduït manualment altres tipus d'informació (dades meteorològiques, localització d'abocaments industrials i les seves característiques de qualitat d'aigua, etc.), que ha proporcionat el CDCRB, i altres dades com ara el consum d'aigua o la generació de contaminació per habitant s'han extret de la literatura.

Les dades físiques i operacionals de les EDAR també les ha facilitat el CDCRB, i els paràmetres cinètics i estequiomètrics s'han extret de la bibliografia. Periòdicament es fan controls de la qualitat de l'aigua en els efluent i els influent de les EDAR, i aquestes dades també han estat considerades i analitzades.

Per al riu s'han utilitzat dades físiques, hidrodinàmiques i meteorològiques, que han facilitat l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) i el CDCRB. Les dades de cabal i de qualitat de l'aigua també les ha facilitat l'ACA, que ha instal·lat diverses estacions de control al llarg del riu.

Experts de diferents àrees (EDAR i sistemes de col·lectors, controladors de la qualitat de l'aigua del riu, etc.) han contribuït amb coneixements generals (per mitjà d'entrevistes personals), sobretot dels problemes més comuns que poden aparèixer en l'àrea d'estudi.

### 2.4. Selecció de models

**Sistema expert (SE).** Una vegada s'ha detectat un problema, l'SSDA ha de proporcionar una alternativa per resoldre la situació de la millor manera possible. Per construir un conjunt d'alternatives d'actuació s'ha de desenvolupar una base de coneixement. Revisions de bibliografia, entrevistes amb experts i simulacions amb els models són les fonts per concretar els problemes més comuns i les seves solucions. S'ha elegit un sistema basat en regles per representar i transmetre el coneixement compilat a l'SSDA.

Els sistemes basats en regles ofereixen un nombre d'avantatges que permeten resoldre algunes de les limitacions d'altres tècniques d'intel·ligència artificial. Faciliten la inclusió de coneixement heurístic d'experts i permeten el processament d'informació qualitativa, i el coneixement es representa en una forma fàcil d'entendre (regles). A més a més, un SE ben validat ofereix, potencialment, respostes òptimes, ja que les actuacions estan sistematitzades per a cada problemàtica. Finalment, els SE permeten adquirir bases de coneixement molt grans (Poch *et al.*, 2004). En canvi, els sistemes basats en regles no tenen la capacitat per aprendre de l'experiència. Solament els experts humans, els quals coneixen com s'han construït les regles, poden modificar la base de coneixement.

**Models matemàtics.** El pas següent és la selecció dels programes de simulació. Cada alternativa que proporciona l'SE s'ha de validar amb una simulació que avaluï les possibles conseqüències de l'acció. A més a més, es necessiten models que representin d'una manera aproximada els tres elements del sistema real (xarxa de col·lectors, EDAR i riu).

El procés de selecció del model ha seguit un protocol estàndard (figura 4).

El primer pas fou definir els objectius i les restriccions del projecte. D'aquesta manera, es va elegir un grup de programes capaços de modelitzar com a mínim l'armoni, la demanda biològica d'oxigen (DBO), l'oxigen dissolt (OD) i la temperatura. D'aquest grup preliminar es van descartar els models que no modelaven algun dels processos crítics per a la conca (per exemple, l'escorrentia). A més a més,

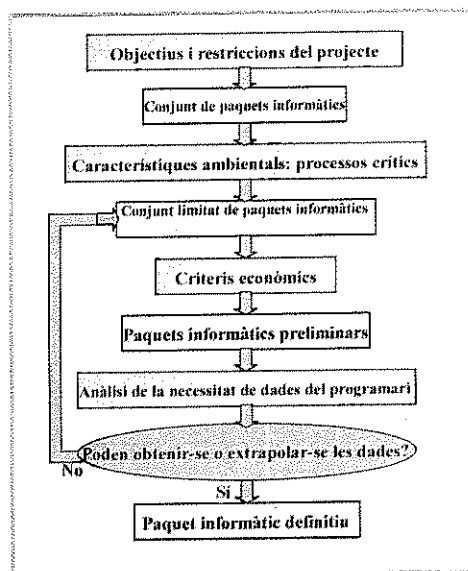


Figura 4. Protocol de selecció de models.

també es van considerar dos elements clau durant el procés de selecció: les bones comunicacions entre models i els nostres coneixements previs sobre modelització. S'ha considerat el temps com una altra restricció per desenvolupar el projecte, i es va optar per elegir models coneguts per reduir-ne el temps d'aprenentatge. Com a conseqüència d'això, InfoWorks Collections Systems (CS), GPS-X i InfoWorks River Simulation (RS) van ser les tres eleccions.

Si es comparen diferents tipus de models amb diferents nivells de detall, els models més apropiats per complir els objectius del projecte són els que tenen un balanç òptim entre les incerteses resultants de les assumpcions i les incerteses inherents a les dades. El balanç, a més a més, depèn de la disponibilitat de dades, així com del nivell de detall òptim del model. La fiabilitat del model és més gran quan augmenta la quantitat de dades, malgrat que els costos d'implantació també s'incrementen (WILLEMS, 2003). Considerant aquestes valoracions, com a pas final els programes elegits es van comparar amb la disponibilitat de dades per confirmar la seva adquisició.

**Sistema de col·lectors.** Els dos sistemes s'han modelitzat amb InfoWorks CS, de Wallingford Software Ltd. InfoWorks CS gestiona xarxes de col·lectors, a partir de dades físiques de la mateixa xarxa i dades hidràuliques. La modelització de contaminants és conservativa. No hi ha interacció entre els contaminants i l'ambient, ni entre els mateixos contaminants. No obstant això, el mòdul de qualitat d'aigua d'InfoWorks CS permet simular l'acumulació i el moviment de sediments i contaminants associats als sediments en la xarxa durant episodis de pluja. Els contaminants poden entrar al sistema a partir de diverses fonts (figura 5) (INFOWORKS, 1997-2004).

**EDAR.** Les dues EDAR s'han modelitzat amb el programa GPS-X d'Hydromantis, Inc. (figura 6). GPS-X és un potent simulador per a simulacions dinàmiques de tractaments d'aigües residuals i disposa d'un gran nombre de models que cobreixen virtualment tots els processos que es produeixen en les EDAR, incloent-hi models avançats de reducció de nutrients, operacions amb biofilm, reactors anaeròbics, models de decantadors primaris i secundaris i algunes unitats per al tractament de fangs. GPS-X està construït a partir del simulador ACSL i permet actualitzar dades d'un sistema SCADA automàticament (OLSSON i NEWELL, 1999).

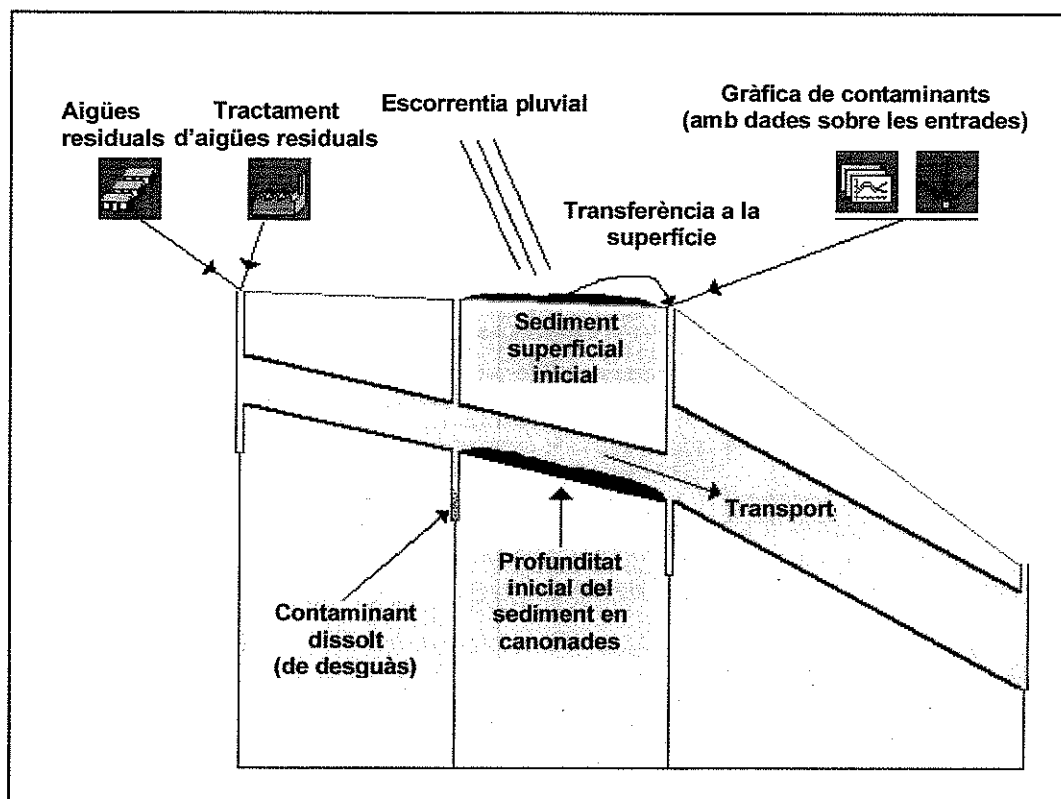


Figura 5. Components del mòdul de qualitat de l'aigua.

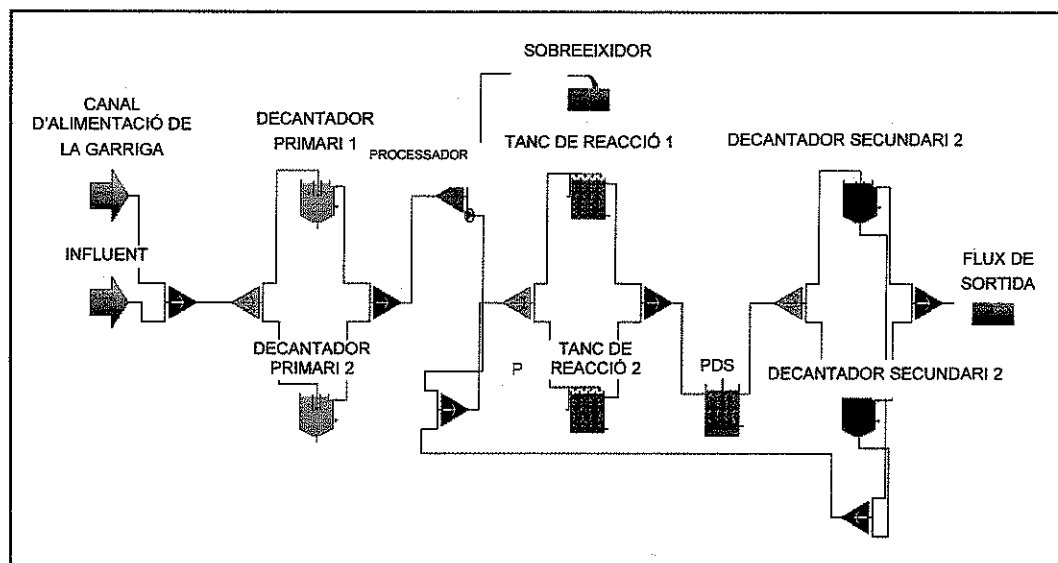


Figura 6. Esquema de l'EDAR de Granollers en GPS-X.

*Riu.* El riu s'ha modelitzat amb el programa InfoWorks RS. InfoWorks RS modelitza hidrodinàmicament els elements clau del riu. El programa conté un mòdul de qualitat de l'aigua, el qual està separat del mòdul hidràulic. El mòdul de qualitat d'aigua calcula concentracions a partir d'una aproximació diferencial finita de l'equació d'advecció-difusió. Malgrat que aquest model dona resultats mitjans respecte a la profunditat de l'aigua, per al transport de fang i per a la qualitat de l'aigua cada element es divideix en quatre subcomponents verticals (figura 7):

- Columna d'aigua: part principal en la qual es transporten les substàncies dissoltes i suspeses.
- Llit: representa el fang consolidat que ha sedimentat de la columna d'aigua i que pot tornar a ser suspès.
- Capa esponjosa: és una capa de fang menys densa situada a sobre del llit. Té una amplada limitada, a partir de la qual cada vegada que rep sediments de la columna d'aigua una part proporcional de sediments passa al llit.
- Aigua porosa: quan el fang es consolida en el llit, l'aigua queda atrapada en porus. La taxa de transferència de substàncies dissoltes en l'aigua porosa és proporcional a la taxa de deposició (INFOWORKS, 1997-2004).

*Sistema d'informació geogràfica (SIG).* Tota la informació geogràfica està georeferenciada i es pot analitzar en el SIG de l'SSDA-Besòs. La unió entre el model de clavegueram, el de rius i el SIG (programa ArcView) no és problemàtica, i es pot utilitzar per representar els resultats de les simulacions gràficament. D'aquesta manera, el SIG es pot formar en una part de la interfície entre l'usuari i l'SSDA.

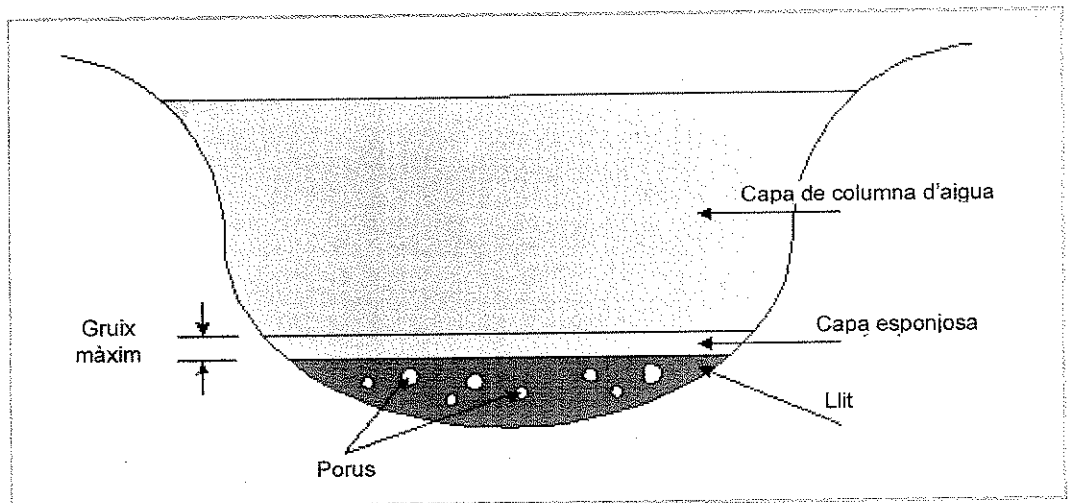


Figura 7. Estructura vertical del model.

## 2.5. Integració de models

Quan es desenvolupa un model que s'ha de fer servir per construir un sistema de control integrat es poden trobar diferents problemes. Primer, els models utilitzen variables diferents per descriure el sistema aquàtic. Segon, aquests models se solen dissenyar en diferents tipologies de programari, fent que les simulacions simultànies siguin més difícils, ja que les comunicacions entre si requereixen traspassos de fitxers d'aigües amunt a aigües avall. A més a més, el flux d'informació de l'estat aigües avall cap als models d'aigües amunt acostuma a ser molt més complicat o fins i tot impossible (MEIRLAEN *et al.*, 2003).

Avaluant aquestes consideracions i tenint en compte que una connexió adequada entre els models és difícil però essencial, es necessita un sistema operacional de l'SSDA molt robust per poder connectar automàticament tots tres models.

La integració de models que es presenta en aquest projecte no implica un funcionament paral·lel dels models, sinó que s'utilitza un funcionament en sèrie. Cada model d'aigües avall fa la seva simulació després d'haver rebut els fitxers de sortida dels models d'aigües amunt. D'aquesta manera, el model de l'EDAR rep els fitxers de sortida del model de clavegueram i pot rebre també el fitxer de sortida d'una altra EDAR. El model del riu rep els fitxers de sortida de les EDAR i els dels sistemes de clavegueram (quan els sobreexidors comencen a funcionar en episodis de pluja). En una fase preliminar, s'ha dissenyat un programa extern amb el llenguatge de programació Delphi, per transferir els fitxers entre els diferents programes.

Un dels problemes principals de la integració de models és que tenen moltes incerteses i que inclouen errors en els mostreigs, en els mesuraments, quan s'introdueixen dades, quan s'usen altres dades per al calibratge, en les assumpcions de constants, etc. Alguns d'aquests errors es poden acumular quan la simulació progressa seqüencialment, a mesura que els models van rebent els fitxers de sortida dels altres models (JAKEMAN i LETCHER, 2003). En el nostre cas, aquest efecte cascada es pot donar al llarg de la conca a través de les unitats de càlcul.

## 2.6. Validació

Una vegada els models s'han calibrat i validat basant-se en dades reals, es poden fer simulacions amb aquests models per tal de generar dades virtuals extra [19]. Després d'haver validat el model hidràulic, també s'ha de comprovar el mòdul de qualitat de l'aigua, contrastant les dades simulades i les reals. En aquest cas, el nivell de calibratge dependrà de la quantitat i la fiabilitat de les anàlisis històriques de qualitat de l'aigua. Amb els tres models calibrats, les estacions de control de la conca han d'actualitzar les dades dels models abans de començar cada simulació.

## 3. OPERACIÓ DE L'SSDA

En el nostre cas, necessitem actualitzar dades del sistema real contínuament. Per aquesta raó, s'implanten diferents mòduls d'adquisició de dades (cabal del riu, abocaments del sistema de col·lectors, abocaments de les EDAR, pluja, etc.) per mantenir les simulacions més en condicions (figura 8). Aquestes dades, juntament amb altra informació (hidràulica, física, climatològica, etc.) sobre els diferents elements del sistema, s'utilitzen per als models per simular la majoria de les situacions que es poden esdevenir en la conca. Una vegada s'ha obtingut la simulació de la situació actual o futura, el sistema proporciona informació sobre les possibles conseqüències a diferents nivells (qualitat de l'aigua, cabal, infraestructures, etc.). Aleshores, el sistema requereix el sistema expert (SE) per produir alternatives d'actuació vàlides. Després d'haver avaluat les alternatives amb diferents simulacions, l'usuari decideix finalment la més adequada. Al final del procés, el sistema donarà la seqüència d'accions específiques necessàries per desenvolupar l'alternativa.

L'SSDA-Besòs pot operar a dos nivells. El primer, «nivell de simulació d'escenaris», s'utilitza per predir canvis futurs en la qualitat de l'aigua del sistema, el cabal, les càrregues, etc. En aquest nivell, un ús típic del sistema és valorar la millor localització d'una nova infraestructura (per exemple, un dipòsit de retenció) o estimar quin serà l'impacte en la qualitat de l'aigua del riu d'un nou abocament. El segon nivell, «operació general del sistema», se sol utilitzar per controlar decisions més freqüents que ha de prendre el gestor de l'SSDA. Exemples d'aquest nivell són el manteniment d'un cert cabal als dipòsits

de retenció quan plou o la desviació de cabal d'una EDAR a una altra per millorar l'eficiència del tractament.

Conseqüentment, la seqüència d'accions que cal dur a terme serà diferent depenent del nivell d'operació al qual es treballi.

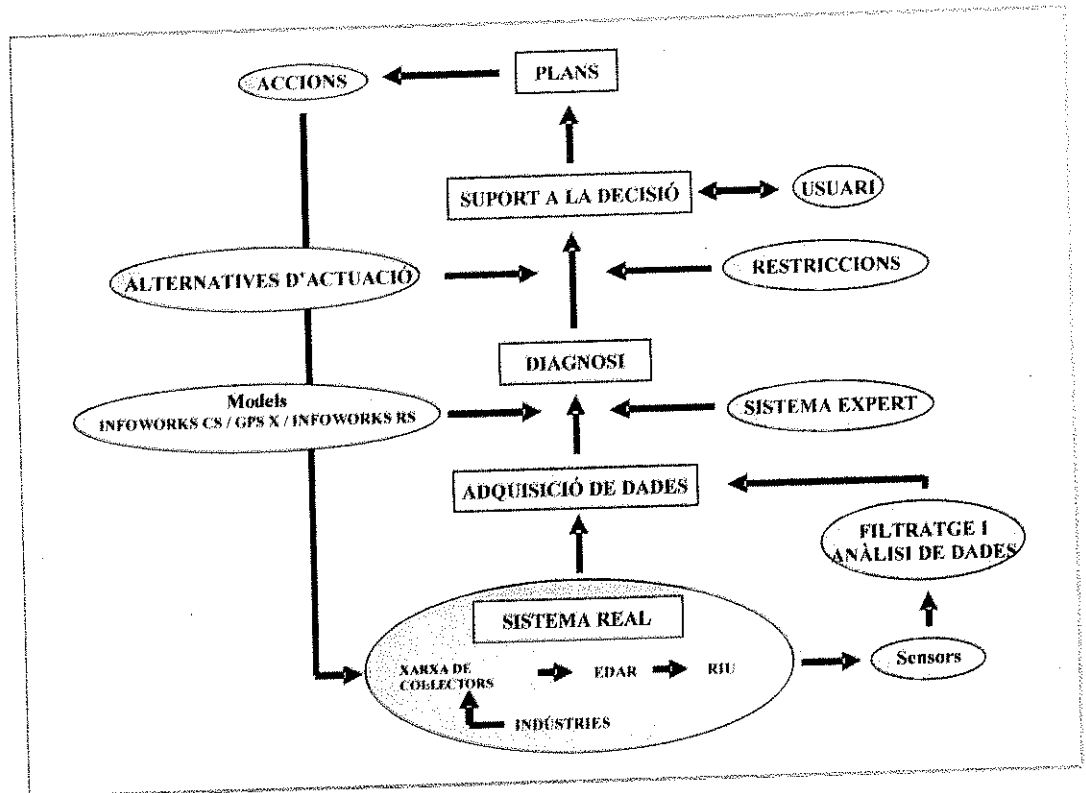


Fig. 8. Operació del SSDA-Besòs.

### 3.1. Nivell de simulació d'escenaris

Aquest nivell es pot entendre com un nivell de planejament on l'usuari investiga les futures conseqüències que produiran noves infraestructures o canvis en les infraestructures existents. Utilitzant l'exemple de construir dipòsits de retenció per assegurar un cabal laminat a l'entrada de l'EDAR, la seqüència d'accions que ha de dur a terme l'SSDA és la següent:

- Valorar les característiques de les alternatives d'actuació (volum dels dipòsits, millor emplaçament, control del temps de reabocament al sistema, etc.).
- Implantar les alternatives d'actuació en el sistema de models. Les característiques físiques dels tancs de retenció s'introdueixen en el model de col·lectors.
- Simular les diferents alternatives avaluades. Cada alternativa se simula i es recullen els resultats hidrodinàmics i de qualitat de l'aigua (figures 9 i 10).
- Interpretar els resultats considerant criteris establerts (mínim cost econòmic, màxima utilització de les infraestructures, mínim impacte ecològic al riu, compliment de la legislació, etc.).
- Seleccionar la decisió més apropiada.

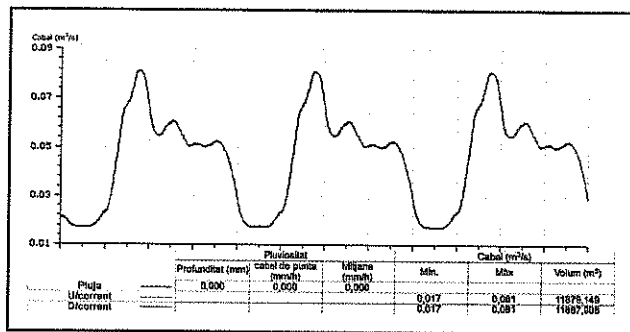


Figura 9. Perfil de tres dies d'un cabal no laminat a l'entrada de l'EDAR de la Garriga.

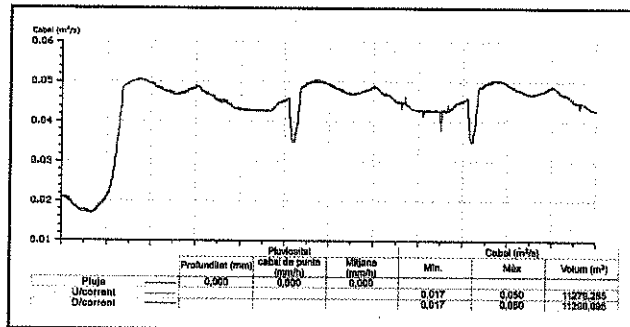


Figura 10. Perfil de tres dies d'un cabal laminat a l'entrada de l'EDAR de la Garriga.

### 3.2. Operació general del sistema

La seqüència d'accions gestionada per l'SSDA en una situació típica (per exemple, cabal de punta produït per pluges intenses) és la següent:

1. Detectar el problema. Una estació de control de pluja envia un senyal d'alarma.
2. Valorar si la intensitat de pluja és crítica. L'SE avalua la intensitat de pluja i proporciona alternatives d'actuació vàlides: no-actuació, desviament parcial de cabal a una altra EDAR, emmagatzematge temporal en dipòsits de retenció, etc.
3. Simular les alternatives d'actuació amb el sistema de models.
4. Avaluar el cost econòmic de cada alternativa, la seva influència en la qualitat de l'aigua (figura 11) i l'aprofitament de les infraestructures.
5. Proposar les millors alternatives tenint en compte les restriccions i la legislació.
6. Interactuar amb l'usuari, el qual haurà de prendre la decisió final.
7. Proporcionar una llista d'accions específiques per dur a terme l'alternativa elegida.

### 4. DISCUSSIÓ

Tradicionalment, els problemes de qualitat de l'aigua s'han afrontat individualment, sense tenir en compte les causes aigües amunt o les conseqüències aigües avall. A més a més, l'organisme gestor de l'aigua sol ser diferent per a cada sistema (col·lectors, EDAR o riu) i per a cada municipi, un fet que en complica la gestió integrada. L'existència d'una eina que possibiliti la interacció entre aquests elements i els gestors de l'aigua, agrupats sota un únic poder decisor, facilitarà la gestió de la qualitat de l'aigua. D'aquesta manera, si una solució a un problema de qualitat de l'aigua sembla senzill a escala

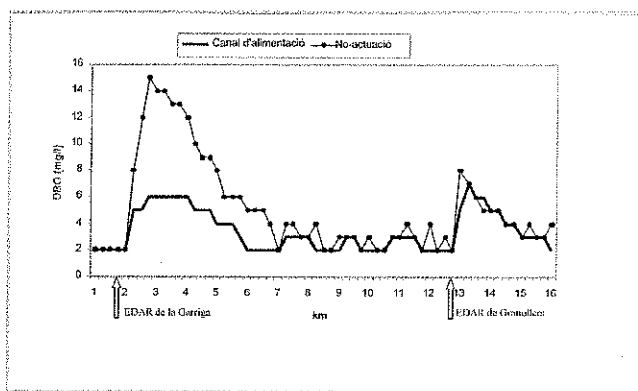


Figura 11. Concentració de la DBO al Congost, depenent de l'alternativa.

local, dins d'un element del sistema, però afecta negativament un altre element, no serà considerada com a solució vàlida per a l'SSDA. Tanmateix, això no significa que l'SSDA-Besòs serà prou automàtic i independent per reemplaçar la figura de l'encarregat de prendre decisions. L'SSDA-Besòs assisteix el gestor de l'aigua proporcionant-li un conjunt de possibles actuacions per resoldre el problema de qualitat de l'aigua. Tenint en compte que l'SSDA pot considerar el cost econòmic de cada situació, es pot fer una anàlisi cost-benefici de cada actuació i afegir el paràmetre resultant com a criteri limitant. Altra vegada això només serà possible si el poder de decisió el té el gestor de tot el sistema.

Durant el procés de selecció s'ha detectat una alta variabilitat de models, que han anat des dels més detallats fins als més conceptuals i empírics. Els programes elegits en aquest projecte tenen la capacitat de construir models hidrodinàmics complets i detallats. Models més simplificats són més apropiats per a simulacions a llarg termini o per a escales més elevades (conques més grans). No obstant això, els objectius de l'estudi, a nivell d'«operació general dels sistema», es poden complir en simulacions a curt termini i a petita escala.

La selecció de models adequats, la seva integració i la generació de regles que representen els possibles problemes de qualitat de l'aigua i les seves solucions són el cor del procés de construcció de l'SSDA-Besòs. Aquestes fases determinaran la subsegüent aplicabilitat de l'SSDA a altres conques. Els programes elegits en aquest projecte en general són aplicables a qualsevol conca. A més a més, la feina que s'ha fet en la integració de models pot ser fàcil d'exportar a altres àrees. Això no obstant, probablement l'SE s'haurà de modificar per adaptar les característiques típiques i els problemes de cada conca. D'aquesta manera, tot i que l'SSDA-Besòs no és del tot exportable a altres conques, nosaltres esperem que el procés de construcció de l'SSDA i les eines utilitzades seran útils per desenvolupar qualsevol SSDA per a la gestió de la qualitat de l'aigua a escala de conca.

## BIBLIOGRAFIA

- BONDELID, T.; ILIEV, P. i MCCARTHY, M. (1997) RTI's River Management Decision Support System (RIM-DESS). Research Triangle Institute
- CHANG, Y. C. i CHANG, N. B. (2002) The Design of a Web-Based Decision Support System for the Sustainable Management of an Urban River System. *Water Science and Technology*, 46 (6-7): 131-139.
- CHENG, H.; YANG, Z. i CHAN, C. W. (2003) An Expert System for Decision Support of Municipal Water Pollution Control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16: 159-166.

- COMAS, J.; ALEMANY, J.; POCH, M.; TORRENS, A.; SALGOT, A. i BOU, J. (2003) Development of a Knowledge-based Decision Support System for Identifying Adequate Wastewater Treatment for Small Communities. *Water Science and Technology*, 48 (11-12): 393-400.
- DEMISSIE, M.; GUO, Y.; KNAPP, H. V. i BHOWMIK, N. G. (1999) The Illinois River Decision Support Management (ILRDSS). Illinois Department of Natural Resources.
- DENZER, R. (2002) Generic Integration in Environmental Information and Decision Support Systems. *International Environmental Modelling and Software Society. Proceedings*, 3: 53-60.
- FEDRA, K. (2000) Environmental Decision Support Systems: A Conceptual Framework and Application Examples. [Tesi].
- FROUKH, M. L. (2001) Decision Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management. *Water Resources Management*, 15: 363-382.
- HALLS, J. N. (2003) River Run: an Interactive GIS and Dynamic Graphing Website for Decision Support and Exploratory Data Analysis of Water Quality Parameters of the Lower Cape Fear River. *Environmental Modelling and Software*, 18: 513-520.
- INFOWORKS v5.5 copyright © 1997-2004 Wallingford Software Ltd.
- JAKEMAN, A. J. i LETCHER, R. A. (2003) Integrated Assessment and Modeling: Features, Principles and Examples for Catchment Management. *Environmental Modelling and Software*, 18: 491-501.
- LUAY, M. (2001) Decision-Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management. *Water Resources Management*, 15: 363-382.
- MATTHIES, M.; BERLEKAMP, J.; LAUTENBACH, S.; GRAF, N. i REIMER, S. (2003) Decision Support System for the Elbe River Water Quality Management. *International Congress on Modelling and Simulation. Integrative modelling of biophysical, social and economic systems for resource management solutions. Modelling and simulation society of Australia and New Zealand Inc.*
- MEIRLAEN, J.; VAN ASSEL, J. i VANROLLEGHEM, P. A. (2002) Real Time Control of the Integrated Urban Wastewater System Using Simultaneously Simulating Surrogate Models. *Waste Water and Technology*, 45 (3): 109-116.
- OLSSON, G. i NEWELL, B. (1999) Wastewater Treatment Systems. *Modelling, Diagnosis and Control*. IWA Publishing. Londres.
- POCH, M.; COMAS, J.; RODRÍGUEZ-RODA, I.; SÁNCHEZ-MARRÉ, M. i CORTÉS, U. (2004) Designing and Building Real Environmental Decision Support Systems. *Environmental Modelling and Software*, 19 (9): 857-873.
- QUINN, N. W. T. i HANNA, W. M. (2003) A Decision Support System for Adaptive Real-time Management of Seasonal Wetlands in California. *Environmental Modelling and Software*, 18: 503-511.
- RICHARDS, J. S. (2003) A new era for SSDA? Water Ignites: a Fear of Farming. *Environmental Modelling and Software*, 18: 487-490.
- SCHLAEGER, F.; SCHONLAU, H. i KÖNGETER, J. (2003) An integrated Water Resources Management Approach for the River Spee and its Catchment. *Water Science and Technology*, 47 (7-8): 191-199.
- WILLEMS, P. (2003) Methodology for Integrated Catchment Modeling. *IMUG Conference, Tilburg*, 23-25 d'abril de 2003.