

II.2.2. Hidrologia

Aquest punt se centra en els límits del municipi de Banyeres del Penedès quant a la xarxa hidrogràfica superficial, per bé que, en els aspectes relacionats amb la hidrologia subterrània cal considerar una regió més àmplia que comprèn els altres municipis situats damunt l'anomenat aqüífer de sorres de Santa Oliva, principal unitat hidrogeològica del seu entorn immediat; aquests municipis són Llorenç del Penedès (4,6 km²), Sant Jaume dels Domenys (24,5 km²), La Bisbal (32,6 km²) i Santa Oliva (9,71 km²).

Cal afegir que la denominació d'*aqüífer de sorres de Santa Oliva* normalment té una concepció més àmplia que la indicada pel mateix nom. Així, no ens referim només a les sorres, sinó també a les calcarenites del mesozoic infrajacentes (de sota). L'aqüífer en qüestió pertany a la conca hidrogràfica del Pirineu Oriental (Garraf-Foix).

Hidrologia superficial: la xarxa d'escolament superficial

La zona estudiada, conjuntament amb bona part del Baix Penedès, comprèn la conca de la Riera de la Bisbal. Aquesta té el seu naixement al municipi del Montmell, el més septentrional del Baix Penedès, situat a la serralada prelitoral.

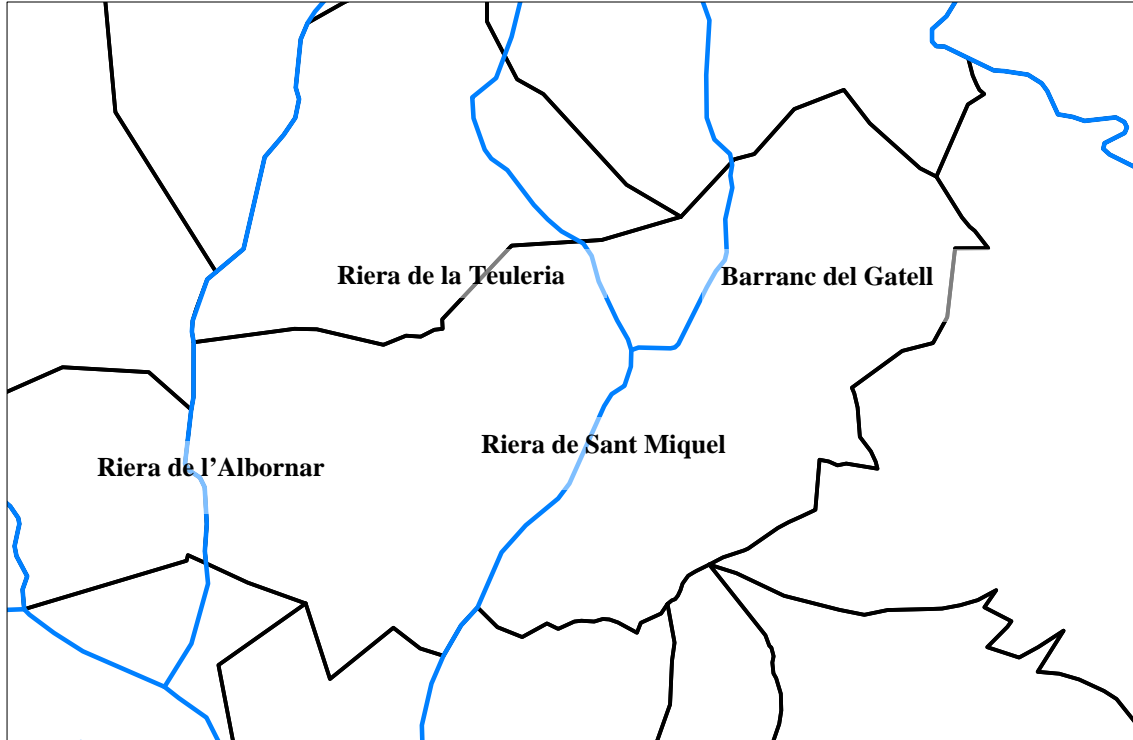
El Montmell reparteix les aigües en tres conques principals. A llevant, dona sortida a la riera de Marmellar, que entra i surt del límit comarcal, i va a abocar al riu Foix, al terme de Castellet i la Gornal. A la part central del terme del Montmell té la seva capçalera l'esmentada riera de la Bisbal -el principal drenatge de la comarca -, mitjançant els seus nombrosos brancals. D'est a oest, els cursos més importants són: el torrent de Cornudella, el torrent de Mas Gomila (que s'ajunta amb l'anterior a la Carronya de Baix), torrent de Llobets i torrent del Lluc, entre d'altres.

La conca receptora és d'uns 186 km² i la longitud del seu recorregut és de 13 km. El règim és torrencial. Se sap que antigament passava aigua per la riera, però actualment no hi passa aigua de forma regular.

A la zona de Banyeres del Penedès, la Riera de Sant Miquel - o torrent de Banyeres - formada per la confluència de la Riera de la Teuleria i el barranc del Gatell a la zona de la Casa Roja, drena la part central del terme, i el límit occidental del terme a la zona de la IDIADA ho marca la Riera de l'Albornar. Aquestes rieres, igual que totes les anteriors, tenen en la seva major part un cabal nul al llarg del seu recorregut, a excepció d'episodis d'avingudes, on la circulació és ràpida i arrossega grans blocs (típiques torrentades). En aquests curts períodes en què hi

circula l'aigua, les rieres actuen com a influents o entrades de l'aquífer de les Sorres de Santa Oliva. O sigui, el recarreguen.

Figura nº12. Distribució de la xarxa hidrològica superficial de Banyeres del Penedès



Font: elaboració pròpia

Val a dir, però, que alguns trams baixos de la riera de Sant Miquel, prop ja del límit amb Santa Oliva, afloren aigües que hi circulen. D'aquí l'existència de la resclosa de Banyeres – veure punt d'elements etnològics– i també d'algunes comunitats pròpies d'ambients aigualosos – veure punt sobre medi natural.



Foto nº19. Creixenar al torrent de Sant Miquel, al creuament del camí de Saifores

La comarca del Baix Penedès està gairebé tota inclosa en el servei territorial de les conques del Sud segons l'Agència Catalana de l'Aigua, i Banyeres del Penedès és un dels municipis que hi està inclòs totalment.

Hidrologia subterrània

Per comprendre el marc hidrogeològic, a continuació es defineix el concepte d'àrea hidrogeològica. Aquesta es pot definir com la unitat de gestió i control de les aigües subterrànies d'una zona. Dins cada àrea es distingeixen diversos aqüífers. No es pot parlar d'unitats perquè totes les àrees són interdependents i, en règim natural no influenciat⁹, unes desguassen en les altres i en la direcció muntanya-mar.

El municipi de Banyeres del Penedès està inclòs en la unitat hidrogeològica 307 "Depressió del Penedès" segons l'Agència Catalana de l'Aigua, que consta dels següents aqüífers:

- A-10: Aqüífers superficials quaternaris.
- I-30: Aqüífers de les sorres i calcarenites Pliocenes.
- I-31: Sorres de Santa Oliva.
- C-30: Calcàries del sòcol mesozoiques.

⁹ És a dir, en el cas que no s'extinguís aigua dels pous i la piezometria no quedés alterada.

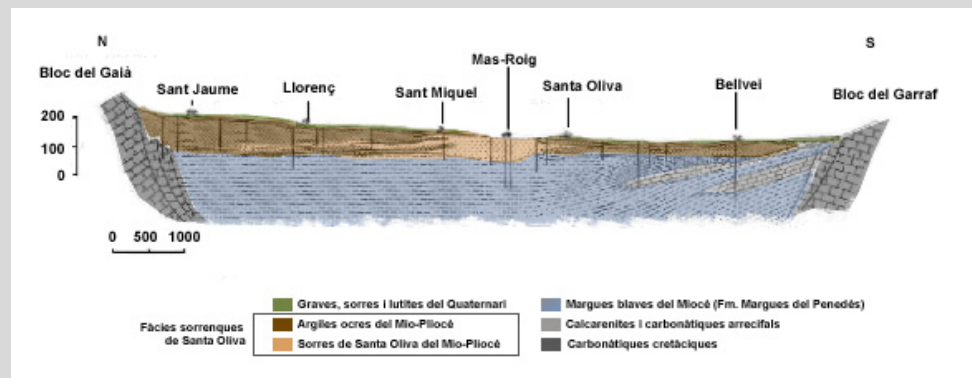
Descripció hidrogeològica de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva.

Imaginant la secció de la plana penedesenca des de la morfologia del relleu actual:

Banyeres del Penedès es troba en la plana del Penedès, però propera als estreps de la Serralada Litoral (a Bellvei, tal i com podem comprovar en imaginar-nos una mirada cap a La Muga).

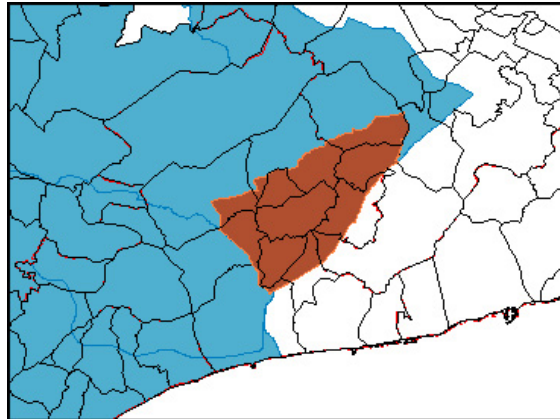
La Serralada Litoral està composta, essencialment, per calcàries (formació carbonàtiques del mesozoic). Però al peu de la seva falda també hi trobem la formació de calcarenites arrecifals (cenozoiques), formades a partir d'antics esculls coral·lins. Cal recordar que tota la Depressió Pre-Litoral havia estat ocupada pel mar, i que aquest anà retrocedint. Mentre el mar anava retrocedint, la Depressió havia anat rebent i aollint sediments argilosos erosionats de les serralades veïnes: les margues del Penedès primer.

Baixant de la Serralada cap a la plana, i anant cap al Nord-Oest -cap al Montmell-, veiem que Banyeres i Llorenç coincideixen gairebé al mig de la Depressió. A finals de l'era terciària (cenozoic), aquesta zona era un estuari i s'hi acumulaven molts sediments erosionats de les serralades i aportats pel mar: les argiles, però també les sorres. Aquestes últimes s'hi acumularen de forma gairebé circular, amb el seu màxim espessor a la zona de Banyeres.



El municipi de Banyeres del Penedès se situa sobre l'aqüífer sorrenc de Santa Oliva. Aquesta és la formació aquífera més important del cenozoic (Mio-Pliocè) de tota la Depressió Pre-Litoral.

Figura nº13 . Representació superficial de l'espai ocupat per l'aqüífer de sorres de Santa Oliva



Font: web del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.

És representatiu d'ambient de platja i estuari.

Com s'esmenta en l'apartat de geologia, es formà durant la darrera etapa de la regressió marina (el mar havia ocupat tota la Depressió), moment en què hi havia un estuari i els sediments s'hi acumularen massivament formant un ventall al·luvial circular.

Està format per un cos central predominantment sorrenc, essent el sector més representatiu el format pel triangle Santa Oliva, Banyeres del Penedès i Llorenç del Penedès, on l'aqüífer és lliure, però de forma discontinua.

L'aqüífer forma un aflorament circular de 3 km de diàmetre i una àrea de 48 km². En aquesta zona, la part superior de l'aqüífer està formada per graves i sorres, passant a margues argiloses en la part inferior. Això és fins els 80-100 m aproximadament.

Lateralment, el cos arenós passa a ser semicaptiu. És a dir, les arenes es troben intercalades amb nivells lutítics que augmenten en profunditat -passant a les margues del Penedès-, perdent entitat (gruix) des de la zona central fins als borells del límit de l'aqüífer, tal i com s'observa en el tall geològic.

Originalment, fa uns 40 anys, les captacions eren sorgents (el nivell de l'aqüífer quedava per sobre de la cota topogràfica i l'aigua brollava cap a fora) i la xarxa de drenatge era efluent en relació amb l'aqüífer. És a dir, les rieres portaven l'aigua que circulava per l'aqüífer per la seva llera; per tant, el nivell de l'aigua subterrània estava per sobre de la cota topogràfica de la llera de la riera. Avui dia, però, aquest aqüífer és susceptible de sobreexplotació i vulnerable a la contaminació per nitrats.

De fet, la totalitat del municipi de Banyeres del Penedès, com es comenta també posteriorment, forma part de zona declarada per la Generalitat de Catalunya com a vulnerable per contaminació de nitrats.

Relacions entre els diferents aqüífers de la zona

Primerament, cal dir que l'aqüífer de sorres de Santa Oliva i el de calcarenites immediatament inferiors (el qual es troba prop del bloc del Garraf) són aqüífers molt desconeguts científicament. No existeix cap estudi hidrogeològic complet i, consegüentment, **es desconeix la seva dinàmica interna.**

En aquest context doncs, es troben hipòtesis que afirmen una petita connexió i relació de l'aqüífer de sorres amb els altres aqüífers i hipòtesis que n'afirmen la seva pràctica desconexió. Així, les dades d'estudis de l'O¹⁸ (isòtop de l'oxigen) presentades en el *Plan hidrológico del Pirineo Oriental* (1984) -P.H.P.O.- indiquen una desconexió entre ells i una recàrrega local. Però les dades de l'Instituto Geológico Minero de España (IGME), de 1986, n'estableixen alguna interrelació.

Es poden definir, doncs, les relacions entre els aqüífers més importants:

- Les *sorres-margues blaves-calcarenites arrecifals*.
- Les *calcarenites arrecifals carbonàtiques mesozoiques (calcàries)*

□ Sorres de Santa Oliva - margues blaves - calcarenites arrecifals.

En la franja de Bellvei-Vendrell-Albinyana, els aqüitards de les margues blaves del Miocè, conjuntament amb els trams argilosos de la Formació Sorres de Santa Oliva, són la causa de la creació de la discontinuïtat hidrogeològica denominada "Llindar del Vendrell", entre les depressions del Penedès i de Tarragona-El Vendrell. Discontinuïtat que separaria les sorres de Santa Oliva de les calcarenites arrecifals miocenes.

L'Instituto Geológico Minero de España (IGME) va plantejar, l'any 1986, la **possible interconnexió entre l'aqüífer de les sorres de Santa Oliva i les calcàries arrecifals neògenes** (miocenes), i que **les extraccions en aquestes últimes** (2,1 hm³/any, amb una recàrrega màxima de 0,4 hm³/any) **contribuïen al buidat de les sorres.**

Amb tot, **l'aqüífer de Sorres de Santa Oliva s'autorregula** (BAYÓ, 1992), de forma que, a mesura que augmenta el descens en l'emmagatzematge, disminueix l'aigua cedida per l'aqüífer, ja que, en profunditat, la permeabilitat és menor a causa de la presència de les margues blaves.

- Calcarenites arrecifals del Miocè - calcàries mesozoiques.

Els conglomerats vermells de la base dels sediments neògens actuen com base impermeable, aïllant l'aqüífer de les calcarenites miocenes de les calcàries mesozoiques infrajacentes, encara que a la zona de Bellvei els conglomerats basals desapareixen. No obstant, no existeix una clara opinió respecte si aquesta impermeabilització és total o existeix certa connexió. Aparentment sembla que no, ja que en les calcarenites i sorres **no s'hi detecten problemes d'intrusió salina**, mentre que sí n'hi ha en les calcàries mesozoiques del Garraf. Malgrat tot, es considera probable una certa connexió i que, conseqüentment, la intrusió salina arribarà amb el temps.

Paràmetres hidrogeològics de les Sorres de Santa Oliva.

La informació disponible respecte els paràmetres hidrogeològics és molt limitada.

- Transmissivitat.

La transmissivitat és una mesura de la facilitat i rapidesa amb què l'aigua circula en una superfície. És el resultat de multiplicar la permeabilitat o conductivitat hidràulica (k , en m/dia) per l'espessor de l'aqüífer (en metres).

Les transmissivitats obtingudes a partir dels assaigs de bombeig dels anys 1970 (R.E.P.O)¹⁰ i 1983 (P.H.P.O)¹¹ donen uns valors entre 90 i 360 m²/dia. Les dades obtingudes d'un assaig de bombeig en un pou d'abastament urbà de Banyeres del Penedès donen uns valors de transmissivitat de 177 m²/dia. Segons Coromies i Blanch, 1997, les transmissivitats obtingudes a partir de dades d'altres pous oscil·len entre 5 i 30 m²/dia.

No són valors alts de transmissivitat, és a dir que es tracta d'un medi poc transmissiu (l'aigua hi circula amb baixa facilitat i rapidesa). Això suposa que, en fer un pou en aquest aquífer, i considerant-lo lliure, el con de descens provocat en bombejar serà gran, i el radi d'influència serà petit. Això és important tenir-ho en compte en el moment de col·locar la bomba dins del pou (per sota del nivell màxim de descens). A més, si el radi d'influència és petit, no s'afectarà a d'altres perforacions properes.

¹⁰ R.E.P.O: *Estudio de los recursos hidràulicos totales del Pirineo Oriental: Zona sur. S-1*. Informe Garraf-Penedès-Gaià.

¹¹ P.H.P.O: *Plan Hidrológico del Pirineo Oriental*.

Segons Pascual (1985), la transmissivitat dels nivells superiors (30 m a la zona de Santa Oliva) oscil·la entre 100 i 200 m²/dia i la del nivell fins als 80 m oscil·la entre els 5 i 17 m²/dia. Per tant, **com més profunditat de l'aqüífer, menys transmissivitat té** i això constata la hipòtesi que **aquest aqüífer s'autoregula** (en baixar el nivell piezomètric, l'aqüífer dóna menys aigua).

Cabal específic

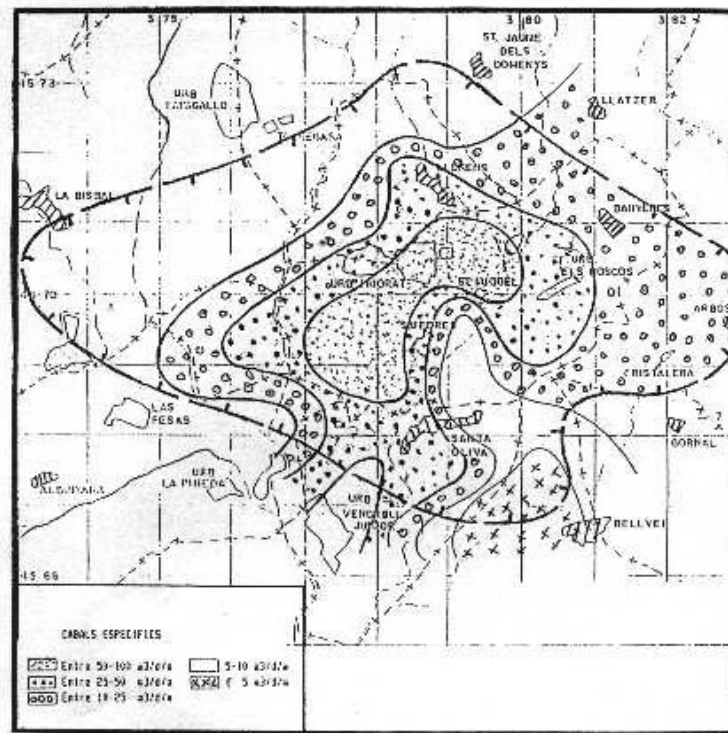
El cabal específic ("q", en m³/dia/m) és el cabal extret ("Q") per metre de descens en el pou ("sp"):

$$q = Q/sp$$

És la mesura que permet comparar pous, és a dir, determinar quin és més productiu.

Els cabals específics més importants es troben en la zona central sorrenca. Així, segons dades proporcionades per l'antiga Junta d'aigües de Catalunya al 1995, els valors oscil·len des de 50-100 m³/dia/m, en la zona central més permeable (on l'aqüífer queda intercalat amb les marges i passa de semicaptiu a captiu), fins a 5-10 m³/dia/m en les zones perifèriques, on els nivells sorrenca perdent entitat.

Figura n^o14: Cabals específics de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva.



Font: Estudi preliminar de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva (MAÑÉ, R. I ROVIRA, N., 2001).

□ Porositat i gradient hidràulic.

La porositat és la mesura de la quantitat de porus que hi ha en una roca o material i és adimensional. Quan es parla de porositat eficaç, es refereix a la quantitat de porus interconnectats que hi ha en el material (i, per tant, per on l'aigua pot circular a través d'ells).

La porositat eficaç és d'aproximadament 0,05 en conjunt i el gradient hidràulic és de 0,03, segons el traçat de les isopiezes.

El gradient hidràulic es refereix a la inclinació que té la superfície piezomètrica. El nivell de l'aigua se situa per damunt dels 45 m de profunditat desde la superfície topogràfica (nivell dinàmic¹²).

¹² Nivell dinàmic: Nivell piezomètric mesurat mentre el bombeig del pou funciona, de forma que la làmina d'aigua es troba influïda per aquest bombeig i baixa més que en règim de condicions normals.

Caracterització de l'aqüífer segons els paràmetres hidrogeològics.

En definitiva, es tracta d'un **aqüífer superficial** i la seva conducta hidràulica és **de tipus freàtica (lliure) o localment semiconfinada**. La permeabilitat relativament alta d'aquesta formació provoca una **notable infiltració dels cabals circulants per les rieres**, alimentades pels abocaments urbans (pèrdues de la xarxa de clavegueram, abocaments urbans i industrials directes a llera) i pels excedents de reg. Aquests factors constitueixen els principals vectors de contaminació de l'aqüífer, el qual manifesta una vulnerabilitat que s'ha fet palesa en diversos episodis enregistrats al llarg del temps.

L'explotació de l'aqüífer ha provocat un fort descens piezomètric, de manera que, com ja s'ha dit, les rieres antigament efluentes han passat a ser completament influents. És a dir, antigament les rieres rebien l'aigua que hi circulava de l'aqüífer i la drenaven per la llera; per tant, el nivell de l'aigua subterrània estava per sobre de la cota topogràfica de la seva llera. Actualment, les rieres són influents (donen aigua a l'aqüífer), però només en èpoques de pluja, quan hi passa aigua.

El descens piezomètric pot arribar a 25 m als sectors centrals de la cubeta, i superar els 50 m al con del seu sector sud, damunt dels camps d'explotació de les calcarenites neògenes del Mas Perdut i dels Masets al terme municipal de Santa Oliva.

- Balanç hídric

Per poder entendre com s'interpreten les entrades i les sortides d'aigua de l'aqüífer en el municipi de Banyeres del Penedès, es defineix el model conceptual de tot l'aqüífer (ja que, en realitat, no es pot separar la unitat aqüífera per municipis) i es presenta el balanç hídric general de l'aqüífer, el qual, posteriorment, s'aplica al municipi en concret.

El model conceptual descrit serà determinant en la definició de les entrades i sortides d'aigua del sistema.

Cal esmentar que el balanç hídric és dinàmic i varia molt segons el ritme de les extraccions i les precipitacions. Per aquest motiu se'n presenten tres de diferents que en mostren la seva evolució.

Model conceptual de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva.

LES ENTRADES:

Es tracta d'un aqüífer que, com s'ha dit anteriorment, sembla poc connectat amb les altres unitats hidrogeològiques (aquíferes). Per tant, la recàrrega es produeix preferentment a través de l'aigua infiltrada directament de la pluja i altres infiltracions (abocaments, excedent de reg...).

En el vorell NE de l'aqüífer, massís del Montmell, els nivells piezomètrics estan deprimits per sota de les Sorres de Santa Oliva i connectats directament amb les Margues del Penedès, cosa que fa pensar que les aportacions laterals, en cas d'existir, deuen ser poc importants. Per tant es podria interpretar com un límit impermeable (amb aportacions d'aigua nul·les o gairebé negligibles cap a les Sorres).

LES SORTIDES:

El cos central de les Sorres està, en els seus extrems, interdigitat amb la formació argilosa miopliocena (margues del Penedès); s'hi observa una continuïtat lateral en els nivells piezomètrics. Aquest fet induïx a considerar el límit de les sorres en profunditat com un vorell no impermeable (és a dir, que es considera una sortida d'aigua).

Tampoc es té clara la connexió entre l'aqüífer i les calcàries mesozoïques del Garraf. Però la sortida d'aigua per aquest límit es considera nula o gairebé nula.

EL MODEL CONCEPTUAL:

En general, l'aqüífer de les Sorres de Santa Oliva està considerat com un dipòsit d'emmagatzematge.

És un aqüífer superficial i en general lliure. Per tant, existeix molta superfície d'infiltració (entrada d'aigua). Les lleres de les rieres també són molt permeables i una de les zones més favorables per a la infiltració és la situada en el límit dels termes municipals de Banyeres i Santa Oliva¹³.

¹³ Font: *Anàlisi de la qualitat de les aigües de la Riera de Banyeres i dels seus abocaments, en el tram de la desembocadura del Torrent de Llorenç fins al terme municipal de Santa Oliva*. Departament de Sanitat i Seguretat Social. Generalitat de Catalunya. 1986.

També cal dir que, en règim natural (és a dir, no influenciat per les captacions d'aigües subterrànies), el fluxe regional de l'aigua s'orienta en direcció NW-SE. No obstant, en les condicions reals d'explotació actual, aquest fluxe es veu alterat i és convergent cap a les zones de màxima extracció. Principalment això succeeix a la zona del municipi de Santa Oliva.

Balanç hídric de l'aqüífer de Sorres de Santa Oliva.

Existeixen diversos estudis que han aplicat balanços a aquest aquífer per conèixer-ne la seva evolució i punts febles. Amb tot, els valors obtinguts varien molt per diversos motius: per les incògnites existents en les relacions entre aquífers; per les hipòtesis aplicades en les entrades i sortides d'aigua al sistema; i perquè les entrades i sortides són variables segons les precipitacions i el ritme d'extracció. A l'estudi del Plan hidrológico del Pirineo Oriental (1984) s'apuntava un descens anual mitjà del nivell piezomètric d'1,7 m, atribuït a l'excés de les extraccions. Les principals bases de càlcul del balanç establert en ell, algunes d'elles emprades també en aquest apartat, són les que s'exposen a la taula següent.

Taula nº7. Bases de càlcul del balanç de l'aqüífer de Santa Oliva segons el Plan Hidrológico del Pirineo Oriental.

BASES DE CàLCUL DEL BALANÇ		
Superfície	48	km ²
Gruix mitjà	40-50	m
Gruix mitjà saturat	30-40	m
Transmissivitat mitjana	15	m ² /dia
Volum útil d'aigua emmagatzemada	40-50	hm ³
Infiltració d'aigua per pluja	2,2	hm ³ /any
Bombaments	4,9	hm ³ /any
Descàrrega al mar	0,5	hm ³ /any
Utilització de les reserves	32	hm ³ /any

Font: P.H.P.O

D'altra banda, a l'estudi de l'Instituto geológico minero d'Espanya (1986) es posava de manifest una capacitat de recàrrega més elevada que en el PHPO (s'hi considerava la precipitació, però també els excedents de reg i de la infiltració d'abocaments), capacitat que gairebé podria igualar la magnitud de les extraccions, sensiblement superiors a les establertes pel PHPO. Basant-se en aquest balanç, s'apuntava un possible buidat de les sorres per efecte del bombament a les calcarenites arrecifals neógenes, subjacents en els seu extrem meridional i probablement connectades. És a dir, les extraccions en les calcarenites farien descendir el nivell de l'aigua en les sorres per la seva interconnexió.

En aquest apartat es presenten dos balanços realitzats pel Curso Internacional de Hidrología Subterránea (CIHS): un de l'any 1998 i l'altre del 1995. **Els dos donen resultats contraris**, ja que el primer indica que les reserves de l'aquífer augmenten i l'altre indica que disminueixen. Aquests balanços consideren que les sorres de Santa Oliva estan lleugerament interconnectades amb les calcàries mesozoiques del bloc del Gaià (Montmell) i del Garraf -tal i com proposa l'IGME-. I per aquest motiu es consideren, les primeres com a entrada i les segones com a sortida, perquè la direcció del fluxe de l'aigua és NW-SE.

Seria convenient realitzar i disposar d'un balanç actual, amb les màximes dades possibles sobre extraccions a tota la superfície del mateix. Aquest valor és molt difícil d'aconseguir i pot canviar el balanç considerablement.

Taula n°8. Balanç del 1995 (període 1988-1994)

- Entrades: 3,72 a 3,42 hm³/any
- Sortides: 4,68 a 5,18 hm³/any

ENTRADES		SORTIDES	
	hm ³ /any		hm ³ /any
Pèrdues Calcàries Montmell	0-0,3	Pèrdues Calcàries Garraf	0-0,5
Recàrrega pluja (infiltració mitjana anual))	2,77	Agricultura	1
Retorn abocaments i reg	0,65	Subministrament urbà	0,48
Total Entrades	3,72-3,42	Indústria	0,123
		Exportacions de l'aqüífer	3,071
		Total Sortides	4,68-5,18

Font: C.I.H.S (1995).

- **Emmagatzematge (R)** = Entrades - Sortides; com que és un rang, prenem:
R màxim = Entrada màxima - Sortida mínima = 3,72 - 4,68 = -0,96 hm³/any;
R mínim = Entrada mínima - Sortida màxima = 3,42 - 5,18 = -1,75 hm³/any;
ΔR = -0,96 a -1,75 hm³/any.

La **variació mitjana de l'emmagatzematge (ΔR)** respon a la mitjana d'ambdós extrems:

$$\Delta R = -1,35 \text{ hm}^3/\text{any}.$$

Per tant, podem fixar un dèficit d'1,35 hm³/any que seria extret de les reserves de l'aqüífer. Si s'estima una porositat eficaç del 5%, la variació de l'alçada piezomètrica serà:

ΔH: Variació de l'alçada piezomètrica.

ΔR: Variació de l'emmagatzematge.

$$\Delta H = \Delta R / (\text{extensió x porositat eficaç})$$

$$\Delta H = -1,35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{any} / (48 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,05) = -0,56 \text{ m/any}$$

És a dir, l'any 1995 existí un descens en l'emmagatzematge d'aproximadament mig metre. Això justificaria un descens de 15 m en els 30 anys anteriors. És clar que les condicions de cada any poden variar molt. Per tant no és una dada a aplicar per als anys següents.

Taula n°9. Balanç del 1998 (període 1995-98)

- Entrades: 6,56 a 6,26 hm³/any;

- Sortides: 2,77 a 3,27 hm³/any

ENTRADES		SORTIDES	
	hm ³ /any		hm ³ /any
Pèrdues Calcàries Montmell	0-0,3	Pèrdues Calcàries Mesozoic	0-0,5
Recàrrega pluja	5,31	Agricultura	0,86
Retorn abocaments	0,35	Ramaderia	0,11
Retorn reg	0,60	Subministrament urbà	0,5
Total Entrades	6,56-6,26	Indústria	0,5
		Retorn abocaments	0,8
		Total Sortides	2,77-3,27

Font: C.I.H.S (1995).

De l'esquema del balanç veiem que l'emmagatzematge varia dins la següent forquilla:

$$R \text{ màxima} = (E - S) \text{ màxim} = 6,56 - 2,77 = 3,79 \text{ hm}^3/\text{any};$$

$$R \text{ mínima} = (E - S) \text{ mínim} = 6,26 - 3,27 = 2,99 \text{ hm}^3/\text{any}.$$

La mitjana en la variació d'emmagatzematge (ΔR) = **3,39 hm³/any**.

- **Variació de l'emmagatzematge:** 3,79 a 2,99 hm³/any \approx **3,4 hm³/any**.

Aquesta variació de l'emmagatzematge ve donada per l'augment dels nivells piezomètrics, ja que el 1997 arribà el minitransvassament que garantí aigua a les platges. Aquest augment es pot quantificar aproximadament de la següent forma:

ΔH : Variació de l'alçada piezomètrica.

ΔR : Variació de l'emmagatzematge.

$$\Delta H = \Delta R / (\text{extensió} \times \text{porositat efectiva})$$

$$\Delta H = 3,39 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{any} / (48 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,05) = \mathbf{+1,41 \text{ m/any}}.$$

És a dir, que la variació piezomètrica ens dóna un augment d'1,4 m per any.

L'evolució piezomètrica dels limnògrafs de l'antiga Junta d'Aigües enclavats en les Sorres de Santa Oliva¹⁴ mostra uns ascensos de 0,6 a 5 m/any des de 1994 fins a 1998. Aquests ascensos són coherents amb el càlcul obtingut anteriorment ($\Delta H = d'1,41 \text{ m/any}$).

Caldria realitzar un estudi actualitzat per veure si en aquest moment estan augmentant els nivells de l'aquífer o no.

¹⁴ Sector de Mas Roig, Banyeres 1 i 2, Santa Oliva. Veure evolució en l'annex 2.

- Balanç hídric de l'aqüífer de les Sorres de Santa Oliva estrictament pel municipi de Banyeres del Penedès.

Aquest apartat no pretén fer un estudi hidrològic real de l'aqüífer en el municipi de Banyeres del Penedès, fet que requeriria un projecte propi i amb una dedicació molt més intensiva, però sí que pretén fer-hi una aproximació a partir de referències bibliogràfiques, de la informació obtinguda en el treball de camp i de la informació municipal disponible.

Balanç hidro-meteorològic:

En aquest apartat es presenten les dades que han servit de base per a l'elaboració dels balanços de 1995 i 1998 abans descrits, ja que cal exposar les estimacions preses per al càlcul.

Primerament, per la solució del balanç, són necessàries les dades d'evapotranspiració i precipitació. S'han utilitzat les dades d'ETP de REIG I GIRALT (CIHS, 1998), mentre que les dades pluviomètriques utilitzades són les de l'estació meteorològica del Pantà de Foix, ja que és la presa en els càlculs dels estudis aquí referenciats.

A continuació, es mostra la taula d'Evapotranspiració mitjana mensual (ETP) pel període 1974-1992 i l'ETP del període afegit 1995-1998, ambdues calculades pel mètode de Thornwaite. S'han contemplat ambdós períodes, per bé que de diferents fonts, per tal de tenir una sèrie més llarga i una mitjana més representativa.

En la taula següent també es mostren els valors obtinguts per tancs d'evaporació per tal de mostrar que per ambdós mètodes la tendència d'ETP és similar.

Taula n°10: Valors d'evapotranspiració mitjana mensual.

MÈTODE	ANY/ PERÍODE	Evapotranspiració-EIP(mm)												Total
		GE	FE	MÇ	AB	MG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	
Mètode de Thornthwaite	1974-92	16,17	17,30	33,60	48,60	79,50	115,10	154,10	141,80	98,40	62,80	30,90	19,90	818,10
Tanc d'evaporació	1992	37,80	45,80	72,40	120,10	143,50	197,40	228,60	185,40	132,30	79,50	50,20	28,80	1321,80
Tanc d'evaporació	1994	-	-	-	-	-	217,50	253,90	212,80	132,60	54,10	41,20	34,30	946,40
Mètode de Thornthwaite	1995	16,60	20,68	28,30	43,45	85,34	106,10	154,70	143,70	78,12	198,50	61,43	22,20	959,12
Mètode de Thornthwaite	1996	17,88	16,09	33,55	51,80	65,95	123,20	144,80	134,50	81,25	59,52	32,07	22,20	782,81
Mètode de Thornthwaite	1997	19,16	26,43	33,55	53,47	95,03	121,30	136,90	147,40	103,10	80,35	34,54	22,20	873,43
Mètode de Thornthwaite	1998	23	20,68	38,34	48,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Font: Reig i Giralt, 1998.

Pel que fa a dades pluviomètriques, s'ha emprat la sèrie disponible: 1988-98. Com que el càlcul de la infiltració parteix de mitjanes, és indiferent que l'ETP i la precipitació es tinguin per períodes lleugerament no coincidents.

Taula n°11: Pluviometria mitjana mensual i total 1988-98.

ANY	Pluviometria (mm)												Total
	GE	FE	MÇ	AB	MG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	
1988	97,10	0,00	5,00	75,20	35,00	29,80	4,00	1,50	31,20	44,70	97,00	0,00	420,50
1989	5,60	12,00	37,00	36,30	24,00	0,70	1,50	80,70	157,70	95,00	68,20	27,30	546,00
1990	14,70	6,20	7,40	36,20	99,60	53,10	9,00	115,00	72,60	289,90	41,80	13,60	759,10
1991	59,10	58,60	89,90	23,20	73,80	1,90	3,60	66,60	94,30	43,50	63,00	49,70	627,20
1992	49,90	9,20	22,60	68,50	90,50	78,20	10,80	3,70	39,40	83,50	0,00	22,50	478,80
1993	0,00	36,10	71,20	80,30	30,80	10,10	49,80	76,70	144,90	55,80	16,10	0,00	571,80
1994	12,80	38,90	0,00	60,40	41,40	9,00	13,00	21,00	148,10	157,70	32,80	0,00	535,10
1995	5,30	16,00	5,30	47,40	9,70	33,90	1,80	310,40	171,30	41,00	86,50	87,60	816,20
1996	17,88	16,09	33,55	51,80	65,95	123,20	144,80	134,50	81,25	59,52	32,07	22,20	782,81
1997	19,16	26,43	33,55	53,47	95,03	121,30	136,90	147,40	103,10	80,35	34,54	22,20	873,40
1998	23,00	20,68	38,34	48,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Font: Estació meteorològica del Pantà de Foix.

Posteriorment, s'obté el valor d'infiltració d'aigua de pluja a partir dels valors d'ETP (períodes 1974-94 i 1995-98), dels valors de precipitació (1988-1994) i del programa informàtic *BALCIHS* de GURGUI i PASCUAL (1983).

Els resultats són els següents:

- Pel període 1988-94, una infiltració total de 403,40 mm¹⁵.
- Pel període 1995-98, una infiltració total de 364,84 mm¹⁶
- TOTAL d'infiltració 1988-98: 768,34 mm.

Taula n°12: Infiltració mitjana. Balanç diari en mm. 1988-94.

ANY	Infiltració (mm)												Total
	GE	FE	MÇ	AB	MG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	
1988	24,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,90
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,70	11,70	0,00	98,40
1991	13,30	41,30	62,80	0,00	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	134,20
1992	0,70	0,00	0,00	30,40	37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,60
1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,30	3,00	0,00	77,30
TOTAL 1988-94													403,40

Font: Reig i Giralt, 1998, utilitzant el programa BALCIHS de Gurgí i Pascual.

Calculem la **infiltració mitjana anual de Banyeres del Penedès (mm o l/m²):**

$I = \text{Infiltració del període} \times \text{Superfície terme} / \text{n}^{\circ} \text{ anys del període}$

$I = 768,34 \text{ mm} \times 1210 \text{ ha} / 10,3 \text{ anys};$

$I = (768,34 \text{ l/m}^2 \times 1 \text{ hm}^3 / 10^9 \text{ l}) \times (1210 \text{ ha} \times 10.000 \text{ m}^2 / 1 \text{ ha}) / 10,3 \text{ anys};$

$I_{m \text{ anual}} \text{ de Banyeres del Penedès} = 0,90 \text{ hm}^3/\text{any}$

És un valor d'infiltració força bo pel clima on estem (tenint en compte que la infiltració es calcula a partir de dades meteorològiques i tipus de vegetació existent, entre d'altres). Aquest és el valor d'infiltració per precipitació només en el municipi de Banyeres del Penedès. La infiltració mitjana anual a tot l'aqüífer (amb superfície total de 48 km²) seria:

¹⁵ Aquesta infiltració es correspon amb la recàrrega de pluja referenciada com a entrada en el balanç de 1995, i calculada segons: 403,4 mm * 48 km² / 7 anys (període 1988-1994). El mateix succeeix amb la infiltració de 1995-98.

¹⁶ Donat que la font de les dades és bibliogràfica, i que no es tenien disponibles els valors d'infiltració mitjana mensual i totals pel període 1995-98 desglossats, a la figura 20 únicament es mostren els valors del període 1988-94.

$$I = 768,34 \text{ mm} * 48 \text{ km}^2 / 10,3 \text{ anys};$$

$$I = (768,34 \text{ l/m}^2 * 1 \text{ hm}^3/10^9 \text{ l}) * (48 \text{ km}^2 * 10^6 \text{ m}^2/1 \text{ km}^2) / 10,3 \text{ anys};$$

$$I_{m \text{ anual}} \text{ de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva} = 3,58 \text{ hm}^3/\text{any}.$$

L'escorrentia superficial (aigua que drena i no s'infiltra) únicament es produeix durant pluges intenses i torrencials per barrancs i rieres normalment secs. S'ha determinat considerant que aquesta es produeix quan se superen els 50 mm diaris de precipitació i que la fracció de pluja per sobre dels 50 mm/dia és la que correspon a l'escorrentia superficial (Pascual, 1990).

Com que no es tenen les dades de precipitació diària no es dona aquesta dada anual segons l'estació meteorològica. Però el càlcul del programa BALCIHS d'infiltració també dona els resultats d'escorrentia superficial que, considerant la mitjana del període 1988-1998 i per al terme de Banyeres del Penedès, és de:

ES de Banyeres del Penedès = 175,6 mm

ENTRADES D'AIGUA:

- Infiltració: **0,90 hm³/any**
- Retorn de reg agrícola: **0,041 hm³/any**

Segons l'Agència Catalana de l'Aigua, el retorn del reg a l'aqüífer es fixa habitualment en el 30% de la dotació consumida per al reg.

D'altra banda, per conèixer l'aigua consumida de reg s'ha partit de dues fonts possibles, ja que ambdues són fidedignes. Així, a continuació es presenten ambdós resultats. El balanç es calcula per la mitjana d'ambdues fonts.

$$\text{retorn del reg} = 30\% * 0,134 \text{ hm}^3/\text{any} = 0,041 \text{ hm}^3/\text{any}$$

- Retorn de reg de parcs i jardins: No es tenen dades

L'Ajuntament no disposa dels consums de reg de parcs i jardins, però en tot cas ha de ser petit. Pel municipi de Santa Oliva va ser estimat en només 0,009 hm³/any.

- Infiltració per abocaments urbans i industrials: **0,07 hm³/any**

Segons BAYO (1992), la infiltració per abocaments urbans i industrials a tot l'aqüífer de sorres de Santa Oliva és de $0,35 \text{ hm}^3/\text{any}$ en tot l'aqüífer.

En el municipi de Banyeres del Penedès podria estimar-se com a $0,09 \text{ hm}^3/\text{any}$ (valor trobat multiplicant el valor per la superfície de Banyeres del Penedès, i dividint-ho per la superfície de tot l'aqüífer = $0,35 \text{ hm}^3/\text{any} \times 12,1 \text{ km}^2 / 48 \text{ km}^2$).

Aquesta infiltració es té en compte perquè la xarxa de clavegueram encara no està totalment reformada i la majoria de nuclis tenen la xarxa de formigó.

- Aports laterals: **$0 \text{ hm}^3/\text{any}$** ,

ja que hem descrit l'aqüífer com a no connectat (o, aparentment, poc connectat) amb els aqüífers limítrofes i considerem inapreciables les possibles aportacions existents.

- Minitransvassament de l'Ebre: **$0 \text{ hm}^3/\text{any}$**

De moment no es porta aigua, però aquesta situació pot variar en el futur.

SORTIDES D'AIGUA

- Agricultura: **$0,134 \text{ hm}^3/\text{any}$**

Per a estimar la quantitat d'aigua que s'utilitza per reg, es parteix de les hectàrees conreades de cada de cultiu de regadiu, les quals es ponderen pel volum d'aigua estimat com a necessari per cada tipus de cultiu.

Donat que tenim ambdues fonts, i totes dues de qualitat contrastada i poc diferenciades (fig. 21 i 22), prenem la mitjana d'ambdós valors per a comptabilitzar les sortides per agricultura en el balanç.

$$\text{- Extracció per a reg agrícola} = 0,134 \text{ hm}^3/\text{any} = (0,145_{\text{(fig. 21)}} + 0,122_{\text{(fig. 22)}})/2$$

Taula nº13: Consums d'aigua estimats per reg segons criteris de l'Agència Catalana de l'Aigua.

Cultiu	Regadiu	Dotació reg (m3/ha*any)	Consum per reg (hm3/any)
Horta	7	9000	0.063
Olivera	4	5564	0.022
Vinya	20	3000	0.060
			0.145

Font: Elaboració pròpia a partir dels criteris de l'Agència Catalana de l'Aigua i Cens Agrari de 1999.

Taula nº14: Consums d'aigua estimats per reg segons criteris de l'IRTA.

Cultiu	Superfície en regadiu	Dosis de rec recomanada (m3/ha*any)	Consum d'aigua total (hm3/any)
Olivera	4	2500	0.010
Vinya	20	3000	0.060
Hortalisses	7	7500	0.052
			0.122

Font: Elaboració pròpia a partir dels criteris de l'Institut de Recerca Tecnològica Agroalimentària i Cens Agrari de 1999.

- Parcs i jardins: Sense dades

L'Ajuntament no disposa dels consums de reg de parcs i jardins. No obstant, ha de tractar-se d'una superfície menuda. Per Santa Oliva¹⁷ es va estimar un consum de 0,031 hm³/any

- Ramaderia: **0,0725 hm³/any.**

Es desconeix el nombre exacte actual de caps de bestiar al municipi. Les dades més recents són del cens ramader de 1999.

Per als càlculs hem emprat les dades del 99, ja que aquestes divergeixen molt del nombre de caps potencials -segons la capacitat de les granges- i considerem que el més probable és que

¹⁷ Agenda 21 de Santa Oliva

l'ocupació sigui similar a la d'aquell any. El resultat ens dona un consum d'uns 30 m³/dia, segons les dades de 1999. Amb un total de 0,072 hm³/any.

Quant a les quantitats d'aigua necessàries per a la ramaderia, s'estima:

Taula nº15: Consum d'aigua potencial amb les instal·lacions al 100% de capacitat. 2001.

Tipus de bestiar	Nº de caps	Consum diari (l/dia)	Consum diari (l/dia) a Banyeres	Consum diari(m3/dia) a Banyeres	Consum anual (Hm3/any) a Banyeres
Oví	230	30	6.900	6.9	0.0025
Aviram	49000	1.5	73.500	73.5	0.026
Porcí	2000	60	120.000	120	0.044
					0.0725

Font: Elaboració pròpia a partir dels criteris de l'Agència Catalana de l'Aigua i les dades del DARP, cens agrari (1999).

➤ **Abastament urbà: 0,205 hm³/any.**

El municipi s'abasteix actualment de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva. Prenent les dades de consums d'aigua facturats¹⁸ en nuclis urbans residencials, per 31 de desembre de 2005, obtenim el següent consum total anual (facturat): 0,205 hm³/any.

➤ **Abastament industrial:** Sense dades

Segons ha comentat l'ajuntament, la major part de les poques indústries existents al terme s'abasteixen des de la xarxa municipal, exceptuant Defiber, que té pou propi i de la qual no es tenen dades.

➤ **Exportacions fora del municipi: 0,398 hm³/any.**

Les exportacions es produeixen en general en tot l'aqüífer de sorres de Santa Oliva, per poder proveir les poblacions i algunes indústries de la zona costanera, amb una important demanda durant els mesos d'estiu. A partir del 1989 es materialitzà el transvassament d'aigües provinents del riu Ebre cap a la zona costanera del Baix Penedès, però no va servir per disminuir les exportacions d'aigua de l'aqüífer de Santa Oliva. El minitransvassament només va substituir el volum d'aigua subterrània extret de l'aqüífer costaner, amb problemes de qualitat degut a la intrusió marina.

¹⁸ No es tenen dades de l'aigua total proveïda amb distinció de nuclis (es disposa de les dades totals i de l'aigua proveïda al casc històric, a l'ampliació del poble i al polígon de l'Albornar).

Aquest valor d'extraccions varia segons l'any i l'època i prové, sobretot, dels camps de bombeig del Mas Roig (Banyeres del Penedès), els Masets (Bellvei) i del Mas Perdut (Santa Oliva), i va cap a la mina de Santa Oliva (SAUR, que actualment és SOREA¹⁹).

El valor de les extraccions en tot l'aqüífer de sorres de Santa Oliva al 1998 era de 0,8 hm³/any cap a Cubelles, Vilanova i Sitges. Actualment, l'extracció de tot l'aqüífer és de 0,738 hm³/any. Però estimem que l'extracció aplicable al balanç estricte del terme de Banyeres només inclou els pous del Mas-Roig, ja força endins.



Foto nº20. Instal·lació de SOREA del pou del mas Roig

Havent contactat amb SOREA per a l'elaboració d'aquest treball, s'ha obtingut la informació que es reproduïx a continuació (de data 31/05/02) i que procedeix de l'Agenda 21 de Santa Oliva, confirmada posteriorment per SOREA en data 11-1-07:

L'explotació dels pous d'aquesta zona es remunta a l'època de l'empresa GRAN ACUEDUCTO, S.A. Per aquelles dates, s'explotaven 19 pous de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva, per tal de subministrar aigua als municipis del Vendrell, Calafell, Cunit, Cubelles, Vilanova i la Geltrú i Sitges.

En els anys 70 i 80, els pous s'explotaven tots, extraient un cabal d'1,3 hm³/any, ja que la demanda a la costa era molt elevada i no existien alternatives de subministrament.

¹⁹ Inicialment era GRAN ACUEDUCTO, S.A. Ara SOREA, del grup AGBAR.

L'any 1986, l'empresa GRAN ACUEDUCTO, S.A. va ser adquirida per l'empresa SAPAIGUA, anomenada SOREA des de 1997, empresa del Grup Aigües de Barcelona.

L'any 1997 es produeix l'arribada d'aigües del Consorci d'Aigües de Tarragona al Baix Penedès. Aquest fet provoca que no sigui necessària una explotació de les reserves hídriques subterrànies de Santa Oliva, reduint-se aquesta a 0,8 hm³/any. Ja no se subministra aigua en alta al Vendrell, Calafell ni Cunit.

L'any 1999 es produeix l'arribada d'Aigües del Ter-Llobregat al Garraf, concretament arriba a Sitges i Vilanova. Des d'aquestes dates, el fet que existeixin subministres alternatius provoca un nou descens de l'extracció d'aigües de l'aqüífer de sorres Santa Oliva fins a la data actual, en què l'explotació és de 0,4 hm³/any.

Aquesta reducció de l'extracció es produeix, doncs, per la disponibilitat d'altres recursos i pel fet que les diferents empreses del grup AGBAR consideren a l'aigua subterrània no com un recurs mineral (explotació minera), sinó com un recurs que s'ha d'anar renovant per les seves pròpies aportacions.

Actualment SOREA explota 4 pous de les sorres de Santa Oliva corresponents a Banyeres del Penedès i 4 de les calcarenites del miocè i calcàries mesozoiques corresponents a Santa Oliva.

Aquestes dades han estat confirmades per SOREA a data gener de 2007.

Així, el total d'exportacions considerat en el balanç és de

- *Exportacions = 0,398 hm³/any (SOREA)*

Taula n°16: Exportacions d'aigua de SOREA. 2002.

POU	Cabal extret (l/h)	Cabal extret (hm ³ /any)	Nivells piezomètrics (m)	Any de referència	nº pou segons Annex 2
SORRES DE SANTA OLIVA (Mas-Roig)			0,398 hm³/any		aqüífer superficial
P-1	17.100	0,150	84	2001	24
P-4	6.200	0,054	78	2002	25
P-17	7.100	0,062	79	2001	26
P-18	15.000	0,131	86	2002	27
CALCARENITES DEL MIOCÈ I CALCÀRIES MESOZOIQUES (Mas Perdut)			0,340 hm³/any		aqüífer profund
Mas Perdut 3	5.000	0,044	-42	2001	28
Mas Perdut 4	14.300	0,125	-37	2001	29
Mas Perdut 6	13.500	0,118	-33	2001	30
Mas Perdut 7	6.000	0,053	-29	2000	31
Total aqüífers de Santa Oliva			0,738 hm³/any		

Font: SOREA-Cubelles (Sr. Joan Campos, cap de Producció).

Tabla n°17. Extraccions d'aigua des dels pous de SOREA al municipi de Banyeres del Penedès. 2006

	Cabals que s'extreuen (l/h)	Nivells piezomètrics (cota terreny)
POU 1:	17.100	-30 m (2006)
POU 4:	6.200	-29 m (2006)
POU 17:	7.100	-28 m (2006)
POU 18:	15.000	-25 m (2006)

Font: Josep Mestre (SOREA)

BALANÇ HÍDRIC:

Taula n°18: Balanç hídric de Banyeres del Penedès. 2005.

ENTRADES			SORTIDES		
Concepte	Hm3/any	%	Concepte	Hm3/any	%
Infiltració per precipitació	0,90	89	Agricultura	0,134	17
Retorn per reg agrícola	0,041	4	Parcs i jardins	S.D.	---
Retorn per a reg parcs i jardins	S.D.	--	Ramaderia	0,0725	9
Infiltració per abocaments industrials i pèrdues xarxa urbana	0,07	7	Abastament urbà	0,205	25
Aports laterals d'altres aqüífers	0	0	Abastament industrial	s.d.	--
Ministrasvassament de l'Ebre	0	0	Exportacions	0,398	49
Total entrades	1,011	100,00	Total sortides	0,8095	100,00

Font: elaboració pròpia

NOTA: En les exportacions només comptem els pous de SOREA del Mas Roig, dins el terme (dades 2002).

Entrades - Sortides = Variació de l'emmagatzematge = ΔR

$$\Delta R = 1,011 - 08095 = \mathbf{0,2015 \text{ hm}^3/\text{any.}}$$

Veiem, doncs, que, en el terme de Banyeres del Penedès, **la recàrrega és molt lleugerament superior al consum.**

Aquesta afirmació hauria de ser matissada especialment quan les entrades i les sortides estan tan properes. Les dades sobre consum ramader i agrari fan referència al darrer cens agrari (1999). En el període fins l'actualitat, de ben segur hi hauran hagut canvis; unes poques hectàrees més d'horta intensiva poden perfectament convertir el balanç en negatiu. Els consums específics d'alguna indústria no controlada o no incorporada aquí també poden fer variar el balanç.

En aquest balanç no es calcula la variació de l'alçada piezomètrica perquè, en ser només dins els límits municipals, que no els límits de l'aqüífer, no té sentit.

Sobreexplotació dels pous.

Per poder observar la sobreexplotació que amenaça l'aqüífer es presenten els gràfics d'evolució piezomètrica de diversos pous que exploten l'aqüífer de les Sorres de Santa Oliva. Les dades de nivells es tenen, en algun cas, des del 1984 i en d'altres, des de més endavant. Aquests valors s'han obtingut de les mesures de control que realitza l'Agència Catalana de l'Aigua en l'aqüífer.

Si s'estudia l'evolució des del 1985 al 2001 dels pous següents: Banyeres S-2, Castellví, Sant Jaume-1, Santa Oliva-1, Santa Oliva-2, Sant Jaume-2, Banyeres S-1, P-10 exterior, Vendrell P-14, Sorea pou 5 Mas Perdut, Sorea pou 12, Sorea pou 13, Sorea pou 3 bis, Sorea pou 6 i Noguera Cremada, observarem el següent, que el nivell de l'aigua augmenta molt l'any 1997, però a partir d'aquell any fins a l'actualitat, la tendència general és a la baixada dels nivells de l'aigua.

Resulta curiós el fort ascens de 1997 registrat pels piezòmetres de l'Agència Catalana de l'Aigua: les dades de precipitacions de l'Estació del Pantà de Foix denoten un any força plujós, però no només pel 1997, sinó també pel 1995, però aquest no resta reflectit en un increment dels nivells piezomètrics. En canvi, les dades del Vendrell indiquen que els anys fortament plujosos foren el 1995 i 1996, mentre que el 1997 fou força sec. En realitat, doncs, no podem atribuir aquest increment a la climatologia.

Les dades facilitades per SOREA segurament n'aclareixen l'entrellat: **l'any 1997 arribà l'aigua del minitransvassament de l'Ebre al Baix Penedès i es deixa de subministrar aigua al Vendrell, Calafell i Cunit**, que són les zones costaneres i de fortíssima demanda. Per aquest motiu, l'aqüífer sofreix una molt forta recuperació que podria continuar si no es produeixen grans creixements urbanístics.

Tenint en compte que l'aqüífer de les Sorres de Santa Oliva està catalogat d'**aqüífer protegit** pel *decret 328/1988* per la importància de les seves aigües i explotació permanent i intensa que suporta, caldria portar un control de les aigües subterrànies a través de la intercomunicació dels diferents municipis que la integren. Seria idoni **constituir una comunitat d'usuaris** amb els grans explotadors de les aigües (els Ajuntaments afectats, SOREA i els pagesos d'horta intensiva).

HIDRODINÀMICA

Com ja s'ha dit, no pertany a aquest estudi la realització de la piezometria de l'aqüífer. Tot i així, es fa un comentari de la direcció i sentit del flux subterrani d'aigua, ja que es coneix per diversos estudis ja realitzats.

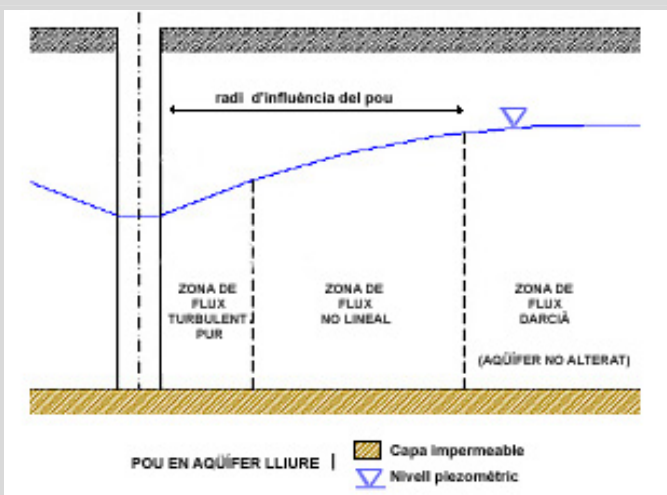
Descripció general.

Les isopiezes (línies que uneixen punts d'igual nivell piezomètric, pres com a cota absoluta d'aigua) mostren una disposició longitudinal a la fossa tectònica (depressió del Penedès), amb cota decreixent cap a l'extrem S, direcció a mar. És a dir, **la piezometria indica una direcció del fluxe cap a mar, però amb distorsions introduïdes pels camp de bombeig de Mas Roig i els pous de l'Albornar.**

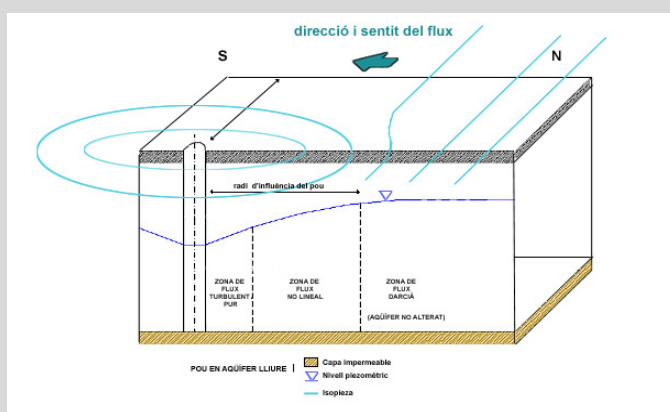
Figura nº15: Funcionament d'un mapa piezomètric.

Un mapa piezomètric s'interpreta d'igual forma que un de topogràfic. Les isopiezes (línies amb igual nivell piezomètric) indiquen la cota de l'aigua respecte el nivell del mar i, en la comparació exposada, es correspondrien amb les corbes de nivell.

De la mateixa forma que en el relleu, normalment són longitudinals i paral·leles. Però



en alguns punts es manifesten com circulars i concèntriques. En aquests punts, el nivell piezomètric no és el corresponent al seu règim natural, sinó que ve influenciat per un punt d'extracció o bombeig. Són punts que es troben dins el radi d'influència de l'extracció (el con de descens del pou):



Font: Elaboració pròpia a partir de Manual para la interpretación de los ensayos de bombeo. Web de la UNESCO.

Així, les aigües subterrànies es dirigeixen cap a la zona meridional de la depressió, amb inflexions de les línies de fluxe en les zones de major bombeig.

Evolució piezomètrica segons els diferents estudis de la zona.

En la primera piezometria realitzada a la zona -R.E.P.O (1970)- només s'hi observa una **convergència cap a les zones de bombeig molt influenciada per la topografia**, ja que els pous eren, en general, molt superficials i només reflectien fluxes locals.

Ja més endavant, en el P.H.P.O (1983) i en PIFARRÉ i PALACIOS (1987), els nivells es van prendre de pous més profunds i **la piezometria mostrava ja el fluxe regional**, amb temps de trànsit més grans i aigües més salines²⁰, a més de les **influències per les extraccions**.

En comparar dues piezometries de l'aqüífer realitzades en el CIHS (Curso Internacional de Hidrología Subterránea) els anys 1995 i 1998, veiem que en la del 1998 caldria observar ascensos de 4,25 m (1,41 m/any)²¹ en el sector de Mas Roig (centre de les sorres de Santa Oliva). No obstant això, **els nivells piezomètrics del 1998 van descendir**; eren d'uns 60 m (quan al 1995 eren de 85 m). Teòricament, haurien d'haver augmentat fins als 90 m²². Aquest fet s'explica per **l'efecte de bombeig en els pous de Mas Roig**, especialment per SOREA i l'horta intensiva que es practica a la zona, provocant uns descensos en la zona de fins a 30 m. Conseqüentment, els nivells en els mapa piezomètric sembla que descendeixin.

Amb tot, aquest descens únicament es registra en aquest camp de bombeig i el de l'Albornar, ja que els piezòmetres de tot l'aqüífer van indicar forts ascensos **en els període 1996-1998**, per l'arribada d'aigua del Consorci d'Aigües de Tarragona, l'any 1997, i la conjunció amb un període força plujós. És a dir, **el nivell piezomètric de l'aqüífer va augmentar**, tot i que l'efecte de bombeig del Mas Roig faci pensar el contrari. Pot comprovar-se en els gràfics de l'annex 3.

En la piezometria realitzada a partir de les dades de la web del Departament de Medi Ambient de **2001** (MAÑÉ, R; ROVIRA, N. 2001), s'observa el mateix que en els treballs anteriors: **una direcció de fluxe cap al mar, amb línies preferents cap al centre de les Sorres de Santa Oliva**.

A la zona de Mas Roig hi ha un con de depressió dels nivells pel camp de bombeig que hi ha en aquella zona -per les extraccions de SOREA-, on els nivells són d'uns 60 m, semblants als de 1998.

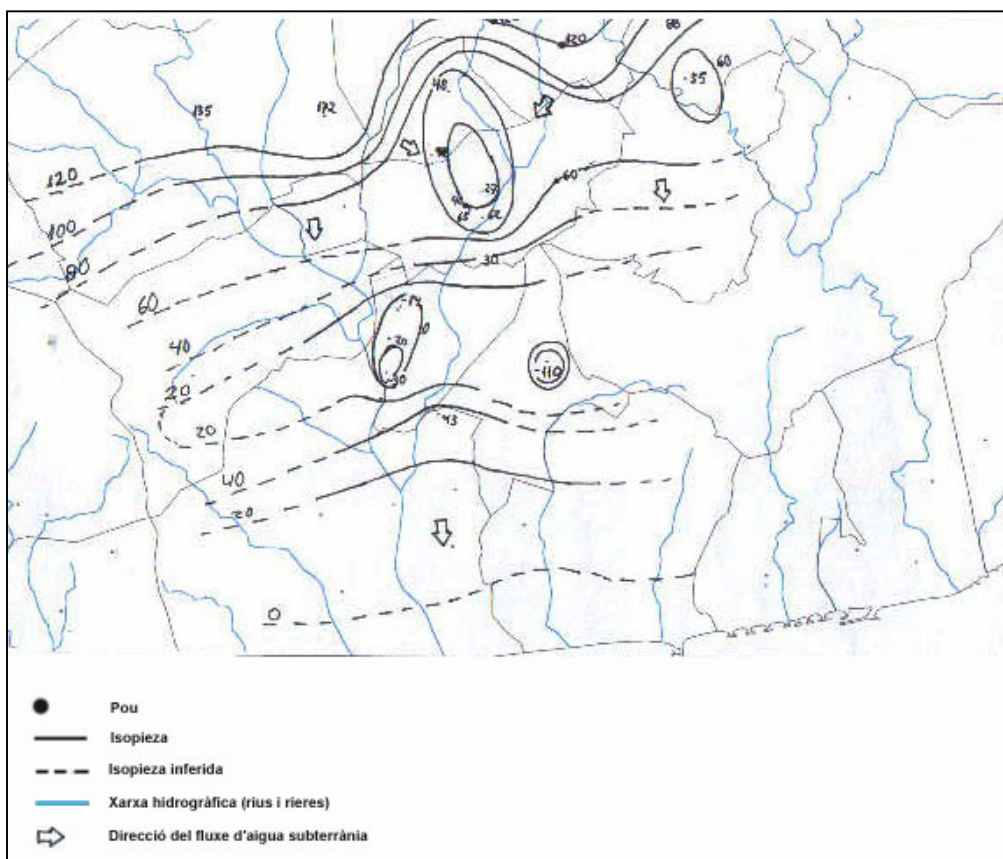
²⁰ Un temps de trànsit més gran significa més temps de pas dins l'aqüífer. Conseqüentment, l'acumulació de les sals en aquest temps comporta una major salinitat.

²¹ En l'apartat III.5.4, balanç hídric de 1998, veiem que la variació de l'alçada piezomètrica respon a aquest valor entre 1895 i 1998: $1,41 * 3$ anys.

²² Segons l'increment teòric del nivell piezomètric, passaria de 85 m a uns 90 m ($85 + 4,23$ m)

Els pous situats al límit sud entre el terme municipal de Santa Oliva i el NW de Bellvei (Mas Perdut i Els Masets) exploten les calcarenites neògenes -calcarenites arrecifals i calcàries mesozoiques-, que són adjacents a les sorres de Santa Oliva. Originen profunds camps de bombeig (en una piezometria realitzada el juny del 2001 s'observaren cotes de fins a -100 m -a la piscina municipal de Bellvei-).

Figura nº16 : Mapa piezomètric de l'aquífer de sorres de Santa Oliva, 2001.



Font: *Estudi preliminar de l'aquífer de sorres de Santa Oliva (MAÑÉ, R. I ROVIRA, N., 2001). A partir cotes absolutes d'aigua de l'annex 2.*

Igualment, és possible que els pous de Les Pedreres i G. Plaza explotin les calcarenites i per això el valors siguin tan baixos respecte els del voltant. Per una banda, perquè les extraccions en les calcarenites són molt més profundes, però també perquè podrien estar afectats pels camps de bombeig dels Masets i el Mas Perdut (vegeu fig. A2.2 i A2.3 de l'annex 2).

En definitiva, **els nivells de l'any 2000 són semblants als del 1998.**

HIDROQUÍMICA

En aquest apartat, es mostra una evolució temporal de la hidroquímica general de l'aqüífer de les Sorres de Santa Oliva. Les dades s'han extret de la web del Departament de Medi Ambient.

Taula n°19: Evolució hidroquímica de l'aqüífer de sorres de Santa Oliva.

	1994	1995 abr	1995 nov	1996 abr	1996 nov	1997 abr	1998 març	1999
Fe (mcg/l)	56,8	266,7	359,6	904,2	32,9	1214,9	1679,7	624,1
Ca (mg/l)	88,2	90,8	94,5	88,5	88,1	84,2	88,1	84,7
CE (mcS/cm)	753,5	907,9	909,8	750,8	837,5	795,4	863,9	867,1
Cl (mg/l)	68,0	68,2	75,3	71,5	64,5	69,5	75,6	72,2
HCO3 (mg/l)	344,1	345,7	376,0	366,3	348,6	348,9	327,4	347,4
K (mg/l)	2,6	2,2	2,8	2,5	3,4	3,1	3,0	2,6
Na (mg/l)	41,8	41,0	41,4	44,0	36,1	50,2	46,0	46,7
Mg (mcg/l)	46,2	46,8	50,0	48,5	46,4	45,0	45,8	46,4
NO3 (mg/l)	33,5	49,2	9,9	30,3	39,7	39,0	58,9	51,5
pH (unit.de ph)	7,8	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6	7,8	7,8
SO4 (mg/l)	93,7	84,2	95,1	71,9	76,3	72,4	79,5	97,3
TOC	2,0	0,1	0,7	<0,5	<0,5	0,8	2,4	<0,5
Mn (mcg/l)	2,7	16,7	17,5	22,3	21,8	38,0	38,0	18,5

Font: web del Departament de Medi Ambient.

Com es pot observar, la concentració de **nitrats** ha anat augmentant en el últims any. Les característiques molt solubles d'aquest ió fan que sigui difícilment precipitable. Les concentracions normals són entre 0,1 i 10 ppm, però en aigües polucionades pot arribar a 200 ppm. El valor màxim permès és de 50 ppm i, en les últimes analítiques de la taula, aquest valor és superat. Les seves concentracions elevades en aigua beguda poden provocar cianosi en nens. La ingestió d'aigua amb una concentració de nitrats superior a 10 ppm (com a Nitrogen) s'associa també a una alteració temporal de la sang en infants de menys de tres mesos (metahemoglobinèmia infantil). I també s'han descrit avortaments espontanis en bestiar que ha consumit aigua de beguda amb concentracions superiors a 45 ppm (Direcció General de Salut Pública, 1994). A més, els nitrats confereixen corrosivitat a l'aigua i interferències en les fermentacions.

La **conductivitat elèctrica** (CE) pertany al rang de les aigües dolces sense problemes de salinitat. L'augment lleuger de la CE en certs anys pot ser degut a un període més plujós, en què es rentin les sals acumulades al sòl en períodes més secs. El clorur segueix, com era d'esperar, la mateixa tendència.

El **sulfat** també està dins del rang d'aigües dolces. Només l'**ió potassi** supera el rang de les aigües dolces, però no presenta problemes de toxicitat.

De la relació d'ions i cations fonamentals (Na^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), es conclou que **les aigües són bicarbonatades càlciques**.

Quant a la **duresa de l'aigua** (presència d'ió bicarbonat, carbonat i calci), els valors que presenten els pous són molt elevats (coherent també amb un pH forç bàsic de tots els pous), però no són tòxics. L'ió HCO_3^- varia entre 50 i 350 ppm en aigües dolces. L'únic problema que presenten les aigües bicarbonatades sòdiques és que són molt perjudicials per al reg, a causa de la fixació del Na^+ en el terreny i la creació d'un medi alcalí. La concentració màxima acceptada per l'ió Ca^{2+} és de 100 ppm.

Els **sulfats** tenen com a màxim permès 250 ppm (o mg/l). Des que es tenen els registres, cap dels pous ha sofert episodis de contaminació per sulfats. S'observa, però, una lleugera tendència cap a una concentració creixent, probablement originada per les ensulfatades a l'agricultura. A més, cal esmentar la curiosa i forta davallada de sulfats en el pou Vendrell-1 l'any 98.

Conclusions hidroquímiques.

Cal remarcar:

- La tendència creixent de nitrats.
- Els elevats i sorprenents valors de tots els paràmetres per al 1994 amb la seva immediata davallada des de l'any 1995, sense cap explicació aparent.
- La tendència lleugerament creixent de gairebé tots els paràmetres des de 1995 fins al 2000.
- Les contaminacions puntuals de diferents elements possiblement hagudes.
- L'estrany comportament del pou Vendrell-1 respecte la resta. Habitualment, aquest pou destaca per la seva disparitat respecte els mateixos paràmetres dels altres pous: Una molt baixa duresa (i també una alta concentració de calci), però un alt pH; una molt elevada conductivitat elèctrica i molt elevats els clorurs, el sodi i el potassi; uns nitrats elevats l'any 98 i uns sulfats i TOC molt baixos el mateix any; una concentració de nitrats molt baixa; pics alts de ferro el 1997 i 98 i molt alts de manganès l'any 1997 i 2000.

Podria ser que aquest pou estigués explotant les calcarenites miocèniques més profundes en comptes de les sorres de Santa Oliva, però en tot cas, desconeixem el nivell piezomètric i, per tant, no es pot assegurar. Amb tot, si superposem el pou en el mapa 6 (cartografia

geològica), veiem que coincideix amb una zona d'aflorament de les calcàries arrecifals -Les Pedreres-.

- No apareixen en els materials indicis d'intrusió salina mercès a la presència d'un límit impermeable entre les sorres-calcarenites i les calcàries mesozoiques del Garraf (que sí que presenten problemes de salinització). Malgrat tot, no es coneix bé si l'aqüífer de sorres de Santa Oliva és completament estanc i, consegüentment, cal actuar amb cautela.

Taula nº20: Valors llindar tècnico-sanitaris dels paràmetres químics en aigües subterrànies.

VALORS LLINDAR		RD 1138/1990	Unitats
Contaminació per compostos inorgànics			
Calci	(duresa)	100	mg/l
Magnesi	(Mg)	50	mg/l
Sodi	(Na)	150	mg/l
Potassi	(K)	12	mg/l
Conductivitat elèctrica	(CE)	1000	mcS/cm
Residu sec (180°C)		1500	mg/l
Clorurs	(Cl)	200	mg/l
Sulfats	(SO4)	250	mg/l
Ferro	(Fe)	200	mcg/l
Manganès	(Mn)	50	mcg/l
Contaminació per metalls pesants			
Coure	(Cu)	100	mcg/l
Zinc	(Zn)	100	mcg/l
Arsènic	(As)	50	mcg/l
Cianurs	(CN)	50	mcg/l
Crom total	(Cr)	50	mcg/l
Níquel	(Ni)	50	mcg/l
Plom	(Pb)	50	mcg/l
Antimoni	(Sb)	10	mcg/l
Cadmi	(Cd)	5	mcg/l
Mercuri	(Hg)	1	mcg/l
Contaminació per compostos orgànics			
Derivats del petroli			
	Olis minerals	10	mcg/l
	Hydrocarburs dissolts en aigua	10	mcg/l
	Hydrocarburs policíclics aromàtics (PAH)	0,2	mcg/l
Fenols	(C6H5OH)	0,5	mcg/l
Detergents (fósfor)	(P203)	5000	mcg/l
Components tensioactius	(lauril sulfat)	200	mcg/l
Pesticides i similars totals			
	órganoclorats	0,1	mcg/l
	òrganofosforats	0,1	mcg/l
	PCBs	0,1	mcg/l
Contaminació per compostos nitrogenats			
Nitrats	(NO3)	50	mg/l
Nitrits	(NO2)	0,1	mg/l
Amoni	(NH4)	0,5	mg/l
Contaminació microbiològica			
Coliformes fecals		NMP < 1 en 100	ml
Coliformes totals		NMP < 1 en 100	ml
Estreptococs fecals		NMP < 1 en 100	ml
Clostridium sulfitoreductors		NMP <= 1 en 20	ml

Font: RD 1138/1990, de 14 de setembre, d'aprovació de la Reglamentació Tècnico-sanitària per a abastament i control de la qualitat de les aigües potables.

Marc legal regulació aigües

Clourem aquest apartat amb una breu referència al marc legal regulador de les aigües.

Marc general

- **Directiva Marc de l'Aigua.** *Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell, per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de les polítiques d'aigües.* Preveu una gestió integrada de totes les masses hídriques integrades en el cicle hidrològic i mesures concretes d'actuació i control pel que fa a les reserves subterrànies.

Sobreexplotació.

- **DECRET 328/1988, d'11 d'octubre, pel qual s'estableixen normes de protecció i addicionals en matèria de procediment en relació amb diversos aquífers de Catalunya** (DOGC Núm. 1074 - 28/11/1988).

Delimita l'aquífer del Baix Penedès (sorres de Santa Oliva) i en determina les normes de protecció per tal d'evitar-ne la sobreexplotació. Es refereix no només estrictament a les sorres de Santa Oliva, sinó també a les extraccions ubicades en el seu perímetre, però que exploten altres aquífers (calcarenites del mesozoic).

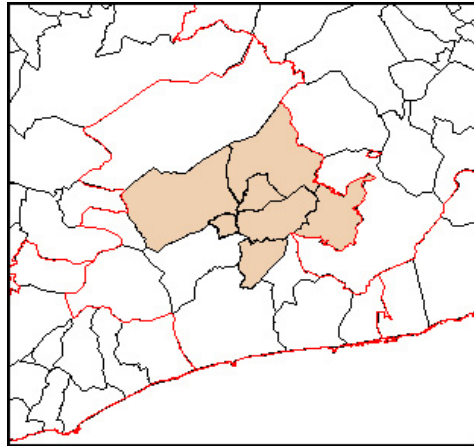
Contaminació per nitrats

- **REIAL DECRET 261/1996, de 16 de febrer, sobre protecció de les aigües contra la contaminació produïda pels nitrats procedents de fonts agràries** (BOE núm. 61 - 11/03/1996).

Estableix les mesures per prevenir i corregir la contaminació de les aigües causada pels nitrats de fonts agràries, i atribueix a les comunitats autònomes la designació de zones vulnerables, enteses com aquelles superfícies territorials l'escorrentia i filtració de les quals afecti o pugui afectar la contaminació per nitrats dels cossos hídrics anteriorment esmentats. El decret que designa aquestes àrees és:

- **DECRET 283/1998, de 21 d'octubre, de designació de les zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats procedents de fonts agràries** (DOGC núm. 2760 - 06/11/1998). Inclou l'aquífer en l'Annex I, el de més risc.

Figura nº17: Zones vulnerables per la contaminació de nitrats.



Font:Elaboració pròpia a partir de la cartografia digital del Departament de Medi Ambient

- *DECRET 119/2001, de 2 de maig, pel qual s'aproven mesures ambientals de prevenció i correcció de la contaminació de les aigües per nitrats (DOGC núm. 3390 - 17/05/2001).*
- *DECRET 220/2001, d'1 d'agost, de gestió de les dejeccions ramaderes (DOGC núm. 3447 - 7/08/2001).*
- *DECRET 205/2000, de 13 de juny, d'aprovació del programa de mesures agronòmiques aplicables a les zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats procedents de fonts agràries (DOGC núm. 3168 - 26/06/2000).*
- *DECRET 476/2004, de 28 de desembre, pel qual es designen noves zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats procedents de fonts agràries (DOGC núm. 4292 – 31/12/2004)*