

Implantació de la Digestió Anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Projecte de Ciències Ambientals

Facultat de Ciències



Universitat de Girona

Teresa Martí Rosselló

Marta Rovira Riera

Imma Vila Miarons



DIMTA

Índex

0. Preàmbul	1
1. Resum	2
2. Justificació	3
3. Objectius	5
4. Metodologia general	6
4.1. Esquema	6
4.2. Descripció	7
5. Antecedents	10
5.1. Introducció de la EDAR de Castell-Platja d'Aro	10
5.1.1. Situació geogràfica	12
5.1.2. Factors condicionants de l'influent	13
5.1.3. Estat demogràfic i socioeconòmic	15
5.1.3.1. Castell-Platja d'Aro	15
5.1.3.2. Santa Cristina d'Aro	17
5.1.3.3. Sant Feliu de Guixols	19
5.1.3.4. Conclusions sobre l'estat socioeconòmic	21
5.2. Normativa	23
5.2.1. Aigües residuals	24
5.2.2. Fangs de depuradora	28
5.2.3. Energia	29
5.3. Sistemes de tractament	33
5.3.1. Línia d'aigües	33
5.3.2. Línia de fangs	33
6. Descripció de la EDAR i anàlisi	34
6.1. Sistemes de tractament: Línia d'aigües	34
6.1.1. Pretractament	35
6.1.2. Tractament primari	37
6.1.3. Tractament secundari	39
6.1.4. Tractament terciari	44
6.2. Sistemes de tractament: Línia de fangs	49
6.2.1. Estabilització	50
6.2.2. Espessiment	52
6.2.3. Deshidratació	53
6.2.4. Disposició final	54
6.3. Volums totals i qualitat	56
6.4. Dades de les aigües i els fangs	58
6.4.1. Anàlisi al laboratori	58
6.4.1.1. Anàlisi dels sòlids en suspensió totals (SST)	58
6.4.1.2. Anàlisi dels sòlids en suspensió volàtils (SSV)	60
6.4.1.3. Anàlisi de la demanda química d'oxigen (DQO)	61
6.4.2. Balanç de matèria	62
6.4.3. Balanç d'energia	63
6.5. Altres punts febles de la EDAR	64
7. Proposta de millora	68

7.1. Digestió anaeròbia de fangs	68
7.1.1. Fases de la digestió anaeròbia	69
7.1.2. Factors del procés	72
7.1.3. Biogàs	75
7.1.3.1 Cogeneració	77
7.2. Digestió aeròbia vs. Anaeròbia	78
7.3. Disseny EDAR	81
7.3.1. Descripció dels equips i processos a implantar	83
7.3.1.1 Espessidor Gravitatori	83
7.3.1.2 Digestor anaerobi	84
7.3.1.3 Gasòmetre	87
7.3.1.4 Torxa	88
7.3.1.5 Motor de cogeneració	88
7.4. Balanç de matèria	91
7.4.1. Generació de biogàs	92
7.5. Balanç d'energia	93
7.5.1. Energia produïda	94
7.5.2. Necessitats energètiques	94
7.5.2.1 Energia elèctrica	94
7.5.2.2 Energia tèrmica	95
7.6. Dimensionament	97
7.6.1. Espessidor gravitatori	97
7.6.2. Digestor anaerobi	99
7.6.3. Gasòmetre	101
7.6.4. Motor de cogeneració	102
7.7. Necessitats de terreny	102
7.8. Avaluació econòmica	105
8. Conclusions	108
9. Agraïments	109
10. Informació consultada	110
11. Glossari	111

0. Preàmbul

Un dels motius que ens han portat a la realització d'aquest projecte ha estat el comú interès en els temes ambientals, en concret en la bona gestió i en el tractament adequat dels recursos naturals, que són vitals per a tots i per aquest motiu no ens podem permetre un ús irracional d'aquests.

Aquesta motivació pot semblar molt ambiciosa, però tal com diuen, mica en mica s'omple la pica. Es en petites aportacions que es pot ser cada vegada més respectuós amb el medi alhora que s'aconsegueix més eficiència ambiental i econòmica en els processos, sense renunciar a la nostra qualitat de vida i fent un ús sostenible dels recursos, invertint així en qualitat de vida per a generacions futures.

Així doncs, després d'aquesta declaració d'intencions un tant "idealista" ens complau presentar la nostra feina, basada en el tractament d'un dels recursos naturals més preuats de que disposem, no només nosaltres, sinó tots els éssers vius: l'aigua.

L'aigua, composta per senzilles molècules que permeten l'existència de vida a la terra, necessita un tractament adequat perquè es pugui reutilitzar amb la millor qualitat possible. D'aquesta necessitat sorgeix la de tractar els fangs residuals del procés de depuració de l'aigua.

És aquí on s'enfoca el nostre projecte; en millorar l'eficiència del tractament de fangs d'una EDAR (estació depuradora d'aigües residuals) ja existent, tot introduint algunes modificacions per tal de que aquesta sigui més sostenible.



1. Resum

El present projecte consisteix en calcular i valorar la implantació de la digestió anaeròbia en la línia de fangs a la EDAR de Castell-Platja d'Aro per tal de guanyar en qualitat dels fangs resultants i estalviar energia.

Per poder-lo realitzar, prèviament s'ha fet un anàlisi acurat del funcionament actual de la EDAR i una posterior diagnosi. Així com també s'ha tingut en compte l'estat demogràfic i socioeconòmic de la zona i la legislació sobre el tema.

Un cop haver conclòs que amb el canvi es guanyaria amb qualitat de l'efluent del fang i de que seria factible econòmicament, s'ha estudiat la possible organització en el terreny disponible determinant les instal·lacions necessàries a implantar per dur a terme el nou tractament així com l'espai que ocuparien.

Finalment s'ha arribat a la conclusió de que era viable i suposava avantatges tant energètica, econòmica i ambientalment.



2. Justificació

La crisi energètica i el canvi climàtic ens porta a ser enginyosos i a buscar noves alternatives més eficients alhora d'utilitzar i gestionar els recursos. És per això que qualsevol iniciativa per aconseguir-ho ha d'ésser avaluada i estudiada en deteniment.

Per aquest motiu es vol estudiar la viabilitat d'instaurar la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro per tal d'aconseguir millores tan ambientals com econòmiques.

Es creu necessari portar a terme aquest projecte precisament en aquesta EDAR perquè la gran quantitat de fangs que genera són adequats per a ser aprofitats energèticament, tant per a generar energia elèctrica com calorífica i d'aquesta manera la EDAR podria arribar a cobrir part dels seus requeriments energètics. A més, l'energia elèctrica produïda si es decideix vendre a la xarxa de distribució d'electricitat es podria beneficiar de la prima establerta en el RD 661/2007 (veure apartat 5.1.2.).

Aquest canvi comportaria el disseny i construcció de noves instal·lacions a la planta, ja que per implementar aquest nou tractament es precisa de digestors anaerobis, espessidors, gasoductes, a més d'un motor de cogeneració per a la generació d'energia elèctrica i una torxa cremar l'excedent de gas. És per això que la inversió inicial seria elevada, no obstant, a llarg termini s'obtidrien beneficis que amortitzarien la despesa inicial.

El tractament aerobi utilitzat actualment a la EDAR de Castell-Platja d'Aro consisteix en la degradació de la matèria orgànica degut a microorganismes que consumeixen oxigen.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Per aportar l'oxigen necessari s'utilitza un sistema mecànic d'agitació que fa penetrar l'aire en el digester, i per fer-lo funcionar es necessita energia la qual generalment és obtinguda a partir de combustibles fòssils, procés que genera diòxid de carboni (CO_2) de cicle llarg, és a dir, que s'ha produït a través de la combustió de combustibles fòssils. Cal remarcar que el CO_2 és el principal gas causant de l'efecte hivernacle.

En canvi, en la digestió anaeròbia que es vol implantar, els microorganismes no necessiten oxigen i a més generen biogàs que està format bàsicament per CO_2 i metà (CH_4).

El CH_4 és també causant d'efecte hivernacle, no obstant aquest no s'allibera a l'atmosfera ja que es pot valoritzar energèticament i el CO_2 produït en aquest procés és de cicle curt, per això no és comptabilitza com una emissió contributiva al canvi climàtic ja que forma part del cicle natural del CO_2 en que hi intervé el metabolisme dels microorganismes.

A part de la millora ambiental que la implantació del nou tractament aportarà, es tindrà un punt a favor alhora d'optar a ajuts i subvencions de la Unió Europea, pel fet d'estar en concordança amb el protocol de Kyoto.



3. Objectius

Amb aquest projecte es pretén estudiar la viabilitat d'implantar el sistema de digestió anaeròbia de fangs de la EDAR de Castell-Platja d'Aro, que tal com s'ha dit, actualment funciona amb un tractament aerobi.

Per dur a terme aquest estudi s'han establert els següents objectius concrets:

- Analitzar el diagrama de flux actual de la EDAR.
- Redissenyar la línia de fangs tot dimensionant els diferents equips a implantar.
- Analitzar el potencial de producció de biogàs de la futura digestió anaeròbia de fangs de manera teòrica.
- Valorar el possible estalvi energètic amb aquest canvi.
- Pressupostar la implantació de la digestió anaeròbia .
- Estudiar la viabilitat econòmica del projecte.



4. Metodologia general

4.1. Esquema

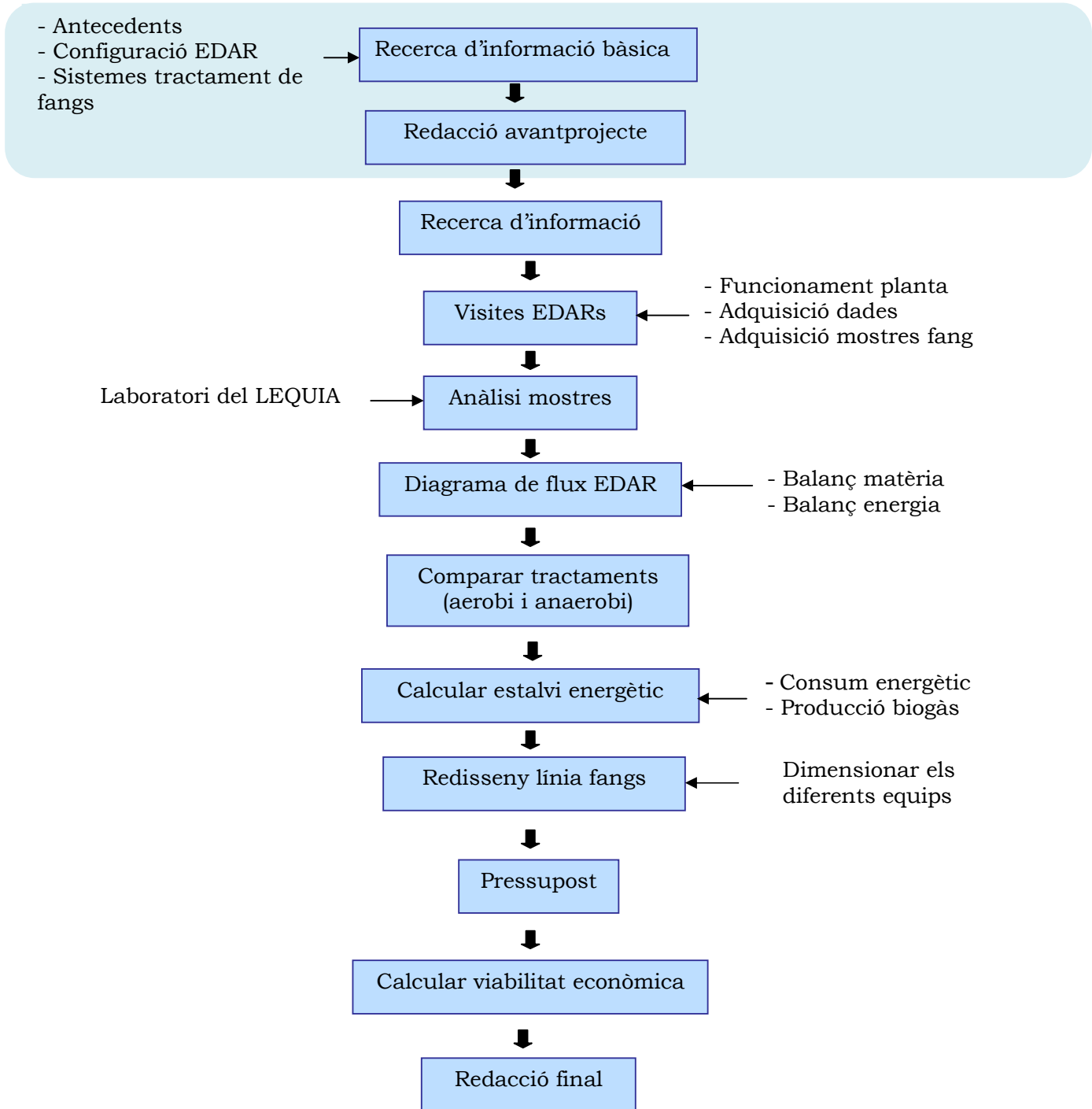


Fig. 1. Esquema metodològic. Font: Elaboració pròpia.

4.2. Descripció

En aquest punt es descriurà pas per pas cadascun dels passos de l'esquema metodològic anterior.

Avantprojecte:

- **Recerca d'informació bàsica:** Per tal de poder realitzar l'avantprojecte s'ha hagut de buscar informació bibliogràfica bàsica sobre la depuració d'aigües residuals, els tractaments que s'utilitzen i la legislació sobre el tema.
- **Redacció avantprojecte:** Aquest s'ha realitzat per tal de poder transmetre una idea concisa del que es vol fer. A partir d'aquest document l'empresa interessada decideix si tirar endavant o no amb el projecte. S'ha presentat el 15 de Gener de 2009 al tutor docent per tal de que l'autoritessin.

Projecte:

- **Recerca informació:** Per a realitzar el projecte s'ha buscat informació en llibres, pàgines web i en treballs i projectes.
- **Visites EDARs:** S'han realitzat visites a la EDAR de Castell-Platja d'Aro on el cap de EDAR ens ha facilitat informació de primera mà. Ha servit per conèixer bé el seu funcionament, agafar mostres i obtenir dades d'aquesta.
També s'ha tingut la oportunitat de visitar i d'obtenir dades de la EDAR de Palamós. Aquesta està dirigida pel mateix cap de la EDAR que la EDAR estudiada i té un sistema de digestió de fangs com el que es vol implantar.



- **Anàlisi de mostres:** S'han agafat mostres de l'entrada i de la sortida del digester aerobi de la EDAR de Castell-Platja d'Aro per tal de determinar-ne els SST (sòlids en suspensió totals), SSV (sòlids en suspensió volàtils) i la DQO (demanda química d'oxigen). Aquest anàlisi s'ha fet el mateix dia d'agafar les mostres, en un dels laboratoris que el LEQUIA (laboratoris d'enginyeria química ambiental) té al Parc Científic i Tecnològic de Girona.
- **Diagrama de flux EDAR:** Per al millor enteniment dels processos que es donen a la EDAR i per a la millor realització dels balanços de matèria i energia, s'ha fet un diagrama de flux de la EDAR. Es a dir, un esquema del recorregut que segueixen els fluxos d'aigua i de fang per les diferents etapes. Amb el diagrama i totes les dades obtingudes tant de la EDAR com de l'anàlisi de les mostres s'han fet els balanços tant de matèria com d'energia.
- **Comparació de tractaments (aerobi i anaerobi):** A partir de la informació bibliogràfica consultada i les visites a les dues EDARs, s'han descrit els avantatges i inconvenients dels dos tractaments.
- **Càlcul de l'estalvi energètic:** Després d'haver calculat el consum energètic de la EDAR i la quantitat teòrica de biogàs que es produiria amb la implantació de la digestió anaeròbia, s'ha determinat l'estalvi en energia que tindria la EDAR.
- **Redisseny de la línia de fangs:** Després de calcular les dimensions dels diferents equips que s'haurien d'instal·lar a la línia de fangs degut al canvi de tractament, s'ha modificat la configuració de la línia de fangs i s'ha fet el nou diagrama de la EDAR.
- **Pressupost:** S'ha calculat de forma aproximada el cost d'implantació de la digestió anaeròbia.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

- **Càlcul de la viabilitat econòmica:** A partir de l'estalvi energètic i la inversió inicial s'ha calculat de forma aproximada la viabilitat econòmica del projecte.
- **Redacció final:** Un cop reunida tota la informació i els càlculs realitzats, s'ha procedit a la redacció del projecte.



5. Antecedents

5.1. Introducció de la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Abans de l'existència de les depuradores, a finals del s.XIX, les aigües residuals s'abocaven directament al riu o al mar, fet que comportava l'aparició de moltes malalties. Per això a principis del s.XX es van idear i construir les primeres depuradores.

La depuradora de Castell-Platja d'Aro va començar a funcionar l'any 1983, un any després de la creació del Pla de Sanejament de Catalunya. Aquesta EDAR forma part del conjunt de depuradores que hi ha a la Costa Brava i que gestiona el Consorci d'Aigües de la Costa Brava, un organisme autònom, creat l'any 1971 i format per la Diputació de Girona i els 27 ajuntaments del litoral gironí.

Amb la creació de la depuradora es van aconseguir un seguit de beneficis ambientals com ara la recuperació de la qualitat ecològica de l'aqüífer del riu Ridaura i la reducció d'abocaments d'aigua residual al mar i al riu, permetent el reciclatge de nutrients sense contaminar ni eutrofitzar l'aigua.

Una de les modificacions més importants va ser l'any 1999 quan s'hi va instaurar el tractament terciari. Aquest va ser degut a l'avenç tecnològic, al canvi de consciència de la població vers la reutilització de l'aigua residual i a la manca d'una certa garantia d'abastament d'aigua, que havia escassejat degut a diversos períodes de sequera i un augment de la demanda. Aquesta aigua es apta pel reg dels camps de golf i per l'agricultura perquè són usos que no requereixen potabilització però sí un grau més elevat de sanejament.

Aquesta depuradora, com les EDARs de Llançà i Roses de la Costa Brava, té un cabal de disseny que supera els 30.000 m³/dia. Això que fa que sigui una de les depuradores més grans de la Costa Brava.



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

A la Costa Brava n'hi ha moltes de primera construcció anteriors a aquesta però la majoria han estat posteriorment remodelades. En canvi, aquesta conserva moltes de les estructures inicials i aleshores ens trobem davant d'una planta un pèl caòtica a primera vista, ja que l'ordre dels tractaments no queda ben projectat al terreny.

La EDAR té tres línies de funcionament i té un cabal de disseny és de 35.000 m³/dia que correspon a 175.000 HE (habitants equivalents) i el seu destí final és el mar, el riu Riudaura , el Golf d'Aro, el Golf de la Costa Brava o bé el reg agrícola. No obstant, cal dir que la EDAR mai ha arribat a tractar el cabal de disseny. Al 2008 per exemple, només va funcionar un 33,4% de la capacitat total, valor que es correspondria a un cabal mitjà de 11.682 m³/dia i a 58.409 HE.

La figura 2 ens mostra els diferents municipis d'on prové l'aigua que arriba a la depuradora, és a dir, de Castell d'Aro, Platja d'Aro, Sant Feliu i Santa Cristina, transportada a la EDAR a partir de les EBARs (estació de bombament d'aigües residuals) de Platja d'Aro, Castell d'Aro, Santa Cristina, Sant Feliu de Guíxols, S'Agaró-Sant Pol, Sant Elm i Mun-Ber.

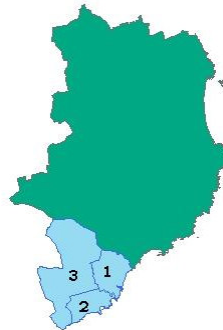


Fig. 2. Mapa de la comarca del Baix Empordà. Font: Elaboració pròpia i DMAH.
1. Castell-Platja d'Aro, 2. Sant Feliu de Guíxols 3. Santa Cristina d'Aro.



5.1.1. Situació geogràfica

La depuradora se situa al terme municipal de Castell d'Aro en la comarca del Baix Empordà, part central de la Costa Brava. Està envoltada de Nord a Sud per les comarques de l'Alt Empordà, el Gironès i la Selva i per les poblacions de Palamós, Calonge, Santa Cristina d'Aro i Sant Feliu de Guíxols.

Castell-Platja d'Aro es troba a la banda esquerra del riu Ridaura i ocupa els contraforts costaners de les Gavarres fins a la platja d'Aro i és travessat per la cubeta tectònica de la Vall d'Aro, que arriba fins al mar. (veure figura 3).

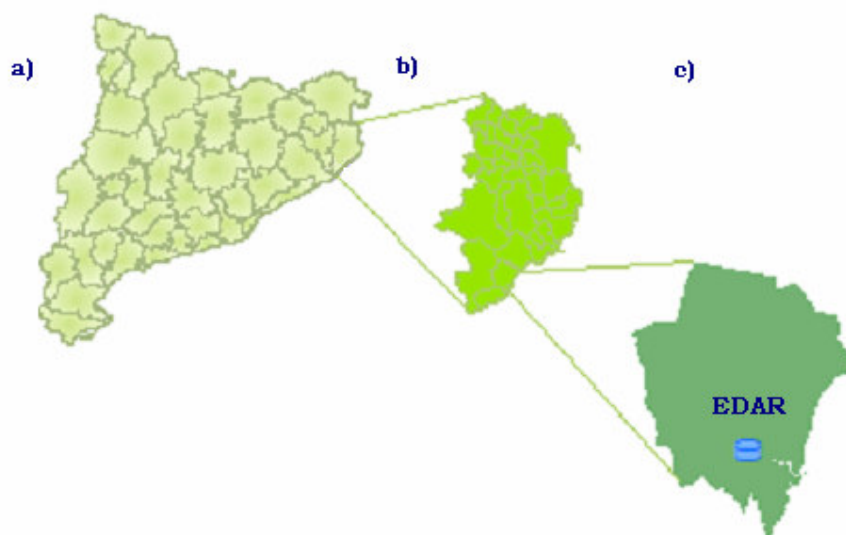


Fig. 3. Situació geogràfica EDAR. a) Catalunya, b) Comarca del Baix Empordà i c) Municipi de Castell-Platja d'Aro. Font: Elaboració pròpia i DMAH.

A la imatge següent es mostra una figura en vista aèria de la EDAR de Castell-Platja d'Aro. Aquesta té una superfície en propietat de 3,5 ha.



Fig. 4. Vista aèria de la EDAR. Font: Gencat.

5.1.2. Factors condicionants de l'influent

Entrada d'aigües de pluja

Les xarxes de clavegueram de la zona, com la majoria, no són separatives, per tant, es recol·lecta conjuntament per als 3 municipis l'aigua de pluja i l'aigua residual. D'aquesta manera, apareixen fluctuacions a la primavera i a la tardor a causa de la pluviometria característica del clima mediterrani.

A la xarxa de clavegueram de Platja d'Aro s'hi addiciona $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ja que els veïns es van queixar de la presència de males olors degut al sulfhídric (H_2S) generat pels bacteris sulfatoreductors. El nitrat càlcic afavoreix l'aparició de bacteris desnitrificants que competeixen amb els sulfatoreductors. Si aquest no es dosifica bé l'aigua que arriba a la depuradora pot tenir un excés de nitrats i a la EDAR no hi ha un tractament específic per a la seva eliminació, encara que el mateix metabolisme dels microorganismes sí que n'elimina una part.

Contaminació d'origen domèstic

La zona de població que aboca l'aigua residual en aquesta depuradora presenta una baixa activitat industrial i per tant, la càrrega contaminant és fàcilment biodegradable.

Estacionalitat

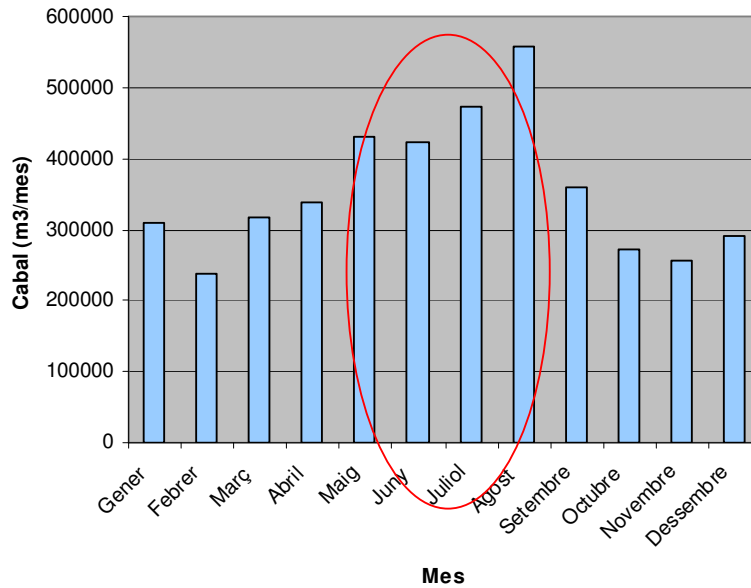


Fig. 5. Mitjana del cabal d'entrada mensual l'any 2008. Font: Consorci de la Costa Brava.

Com es veu en la figura 5, entre els mesos de maig i agost hi ha una forta entrada de cabal. Això es degut a que es tracten de poblacions molt turístiques i per tant, es troben puntes de cabal i de càrrega contaminants durant l'estiu. És per això que durant l'hivern funciona només una de les tres línies de tractament, mentre que a l'estiu en solen funcionar dues.

5.1.3. Estat demogràfic i socioeconòmic

S'ha analitzat l'estat socioeconòmic dels tres municipis als quals abasteix la EDAR de Castell-Platja d'Aro per tal d'entendre les variacions de cabal estacionals i l'augment d'aigua residual generada en els últims anys.

5.1.3.1. Castell-Platja d'Aro

En aquesta població el desenvolupament turístic definitiu es produeix a la dècada dels 60 amb el canvi de nom de Fanals d'Aro per Platja d'Aro.

A més en aquesta dècada també hi va haver la primera gran campanya de promoció turística d'abast internacional "*El amor se cita en Playa de Aro*", que obsequiava a algunes parelles casades a passar una setmana a la població.

L'any 1983 va entrar en vigor el Pla General d'Ordenació Urbana, de vital importància pel desenvolupament urbanístic de la població. En els darrers anys, Platja d'Aro ha consolidat la seva oferta comercial, turística i d'oci degut a la iniciativa privada i a la voluntat pública de destacar els atractius naturals ja existents i oferir noves possibilitats en temes de gastronomia, esport i cultura.

→ **Platja d'Aro en números:**

Taula 1. Dades generals de Castell-Platja d'Aro. Font: Idescat (2008).

Paràmetres	Dades
Població (hab.)	9.239
Superfície (km ²)	21,8
Densitat (hab./km ²)	465,6

Taula 2. Entitats de població de Castell-Platja d'Aro. Font: Idescat (2008).

Entitats	Habitants
S'Agaró	1.237
Castell d'Aro	1.535
Platja d'Aro	6.467
Total	9.239

Tal com s'ha vist en la taula anterior, la població de Platja d'Aro el 2008 era d'uns 9.000 habitants, però durant la temporada estival pot arribar a multiplicar-se per 20 el nombre d'habitants censats, fins arribar als 200.000. En la figura 6, es veu com la població ha crescut durant els últims 12 anys.

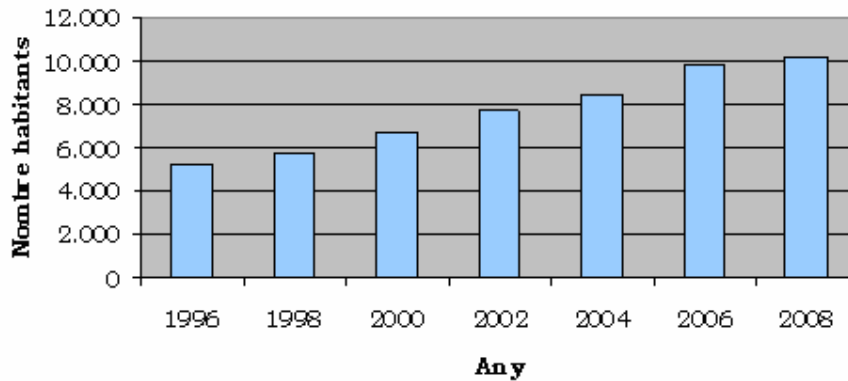


Fig. 6. Evolució demogràfica de Castell-Platja d'Aro. Font: Idescat.

Pel que fa a l'ocupació s'observa en la figura 7 que es tracta d'un municipi dedicat bàsicament als serveis.

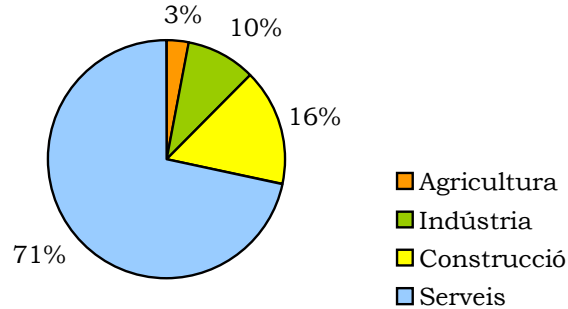


Fig. 7. Ocupació per sectors de Castell-Platja d'Aro. Font: Idescat (2008).

5.1.3.2. Santa Cristina d'Aro

Aquest municipi es va formar l'any 1808 per segregació de Castell d'Aro.

El terme municipal de Santa Cristina d'Aro té una gran superfície forestal amb extensos boscos de pins, roures i sureres. És una zona on l'agricultura hi té un paper important, així com les granges d'aviram i la indústria surera. Ara bé, la principal font d'ingressos del municipi és la indústria relacionada amb el turisme, que va començar a desenvolupar-se als anys 60. Aquesta gran afluència de visitants i de persones que hi tenen segones residències ha propiciat que s'hi hagin desenvolupat tota una sèrie d'infraestructures i serveis.

→ **Santa Cristina en números:**

Taula 3. Dades generals de Santa Cristina d'Aro. Font: Idescat (2008).

Paràmetres	Dades
Població (hab.)	3.983
Superfície (km ²)	67,6
Densitat (hab./km ²)	69,7

Taula 4. Entitats de població de Santa Cristina d'Aro. Font: Idescat (2008).

Entitat de població	Habitants
Bell-lloc	264
Bufaganyes	360
Camps de Santa Maria	13
Canyet de Mar	54
Malvet	333
Romanyà de la Selva	270
Salom	411
Santa Cristina d'Aro	1.834
Solius	93
Vilar, el	351
Total	3.983

Segons la taula 4, la població de Santa Cristina d'Aro es de gairebé 4.000 habitants. A més com es veu en la gràfica següent la població es manté més o menys estable en comparació amb Castell-Platja d'Aro.

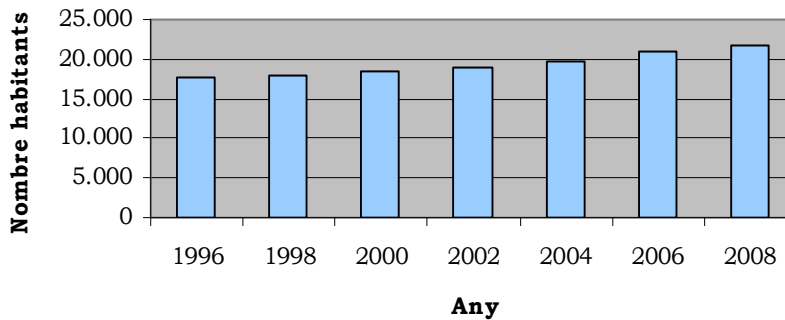


Fig. 8. Evolució demogràfica de Santa Cristina d'Aro. Font: Idescat.

Tal com es veu en la figura 9, l'ocupació en els diferents sectors es pot equiparar amb la de Platja d'Aro. Tot i que, com s'ha dit anteriorment, l'agricultura hi juga un paper més important que en les altres poblacions.

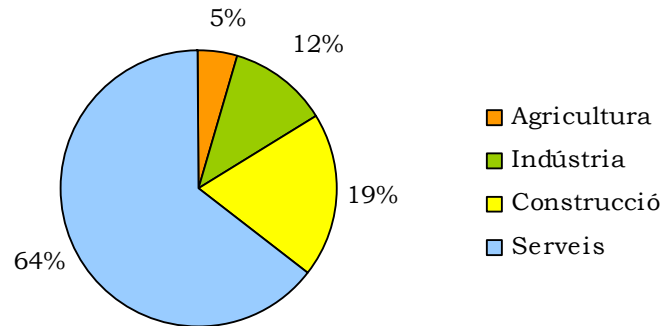


Fig. 9. Ocupació per sectors de Santa Cristina d'Aro. Font: Idescat (2008)

5.1.3.3. Sant Feliu de Guíxols

Durant els segles XVI i XVII el municipi assolí un nivell econòmic i social important degut a la pesca, l'exportació de xarxes i la construcció de vaixells. Sant Feliu de Guíxols va ser fins la crisi dels 30 un dels centres més importants de la indústria del suro del baix Empordà.

A partir dels anys 50, aquesta ciutat es va incorporar de ple al turisme de caràcter familiar i en l'actualitat aquesta és la principal activitat econòmica. No obstant, el sector del suro es manté actiu.

→ **Sant Feliu en números:**

Taula 5. Dades generals de Sant Feliu de Guíxols. Font: Idescat (2008).

Paràmetres	Dades
Població (hab.)	21.726
Superfície (km ²)	16,2
Densitat (hab./km ²)	1.341,11

Taula 6. Entitats de població de Sant Feliu de Guíxols. Font: Idescat (2008).

Entitat de població	Habitants
Les bateries	52
La casa nova	65
El mas trempat	31
Pedralta	37
Puntabrava	8
Sant Amanç	146
Sant Feliu de Guíxols	19.901
Vilar d'Aro, el	78
Total	21.726

Tal com s'observa en les taules anteriors, la població de Sant Feliu de Guíxols va sobrepassar els 21.000 habitants l'any 2008. És el municipi més gran dintre dels estudiats. En la figura 10, es veu que ha crescut lentament durant els últims 12 anys.

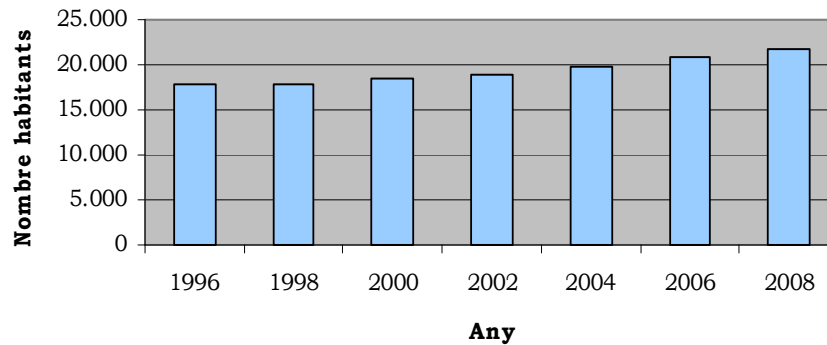


Fig. 10. Evolució demogràfica de Sant Feliu de Guíxols. Font: Idescat.

En la figura 11, s'observa que l'ocupació segueix la mateixa tendència dels municipis anteriors, amb una ocupació majoritària pel que fa als serveis, tot i que amb més percentatge de població dedicada a la construcció.

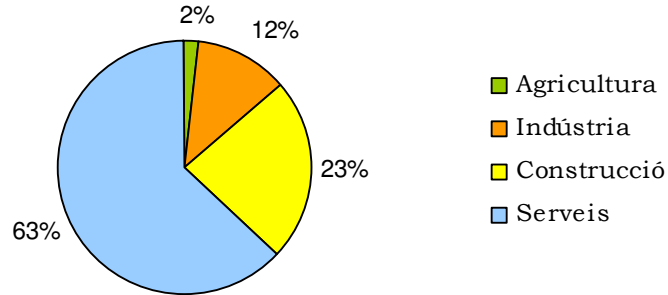


Fig. 11. Ocupació per sectors de Sant Feliu de Guixols. Font: Idescat (2008).

5.1.3.4. Conclusions sobre l'estat socioeconòmic

S'observa un augment de població pel que fa als últims 12 anys en aquests 3 municipis. Aquest augment s'equipara a l'augment generat a Catalunya per aquest mateix període segons la figura següent.

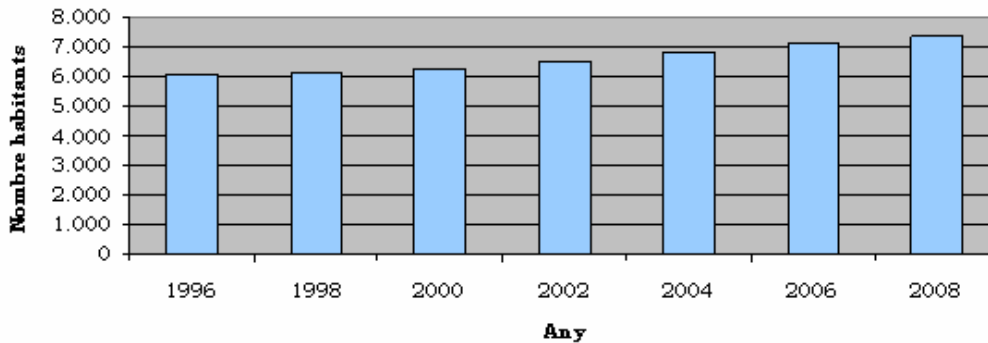


Fig. 12. Evolució demogràfica de Catalunya. Font: Idescat.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Una causa que també s'ha de contemplar és l'arribada d'immigrants a Catalunya en els últims anys. Aquests representen un 14% de la població total i un 18% pel que fa a les comarques Gironines. A més a més, Platja d'Aro es situa d'entre les 25 poblacions catalanes que més percentatge té d'habitants d'origen estranger, aquest arriba al 27,93%. Per tant, una de les causes principals de l'augment de població de la zona estudiada i també de Catalunya encara que amb una mica menys d'influència, és la immigració.

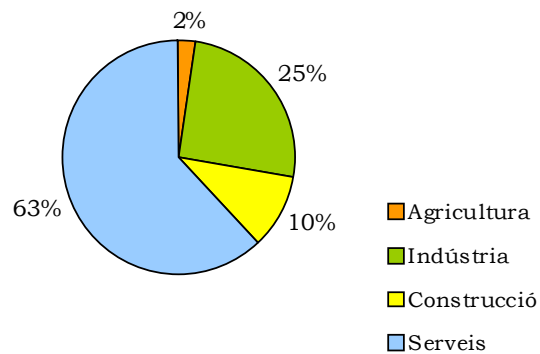


Fig. 13. Ocupació per sectors a Catalunya. Font: Idescat. (2008)

Si s'observa el gràfic de l'ocupació per sectors a les diferents poblacions estudiades, es veuen algunes diferències respecte als percentatges mitjans de Catalunya que ens mostra la figura 13.

Respecte Catalunya, hi ha més percentatge de població dedicada als serveis i a la construcció, mentre que la població dedicada a la indústria és menor i el de la gent dedicada a l'agricultura és manté en valors més o menys semblants, exceptuant la població de Santa Cristina d'Aro.

Les diferències mencionades són generades bàsicament pel turisme, la principal font d'ingressos d'aquests municipis costaners. Aquest ha propiciat l'augment en els serveis així com el número de gent dedicada a la construcció de nous establiments turístics i segones residències.

5.2. Normativa

Les primeres depuradores que es van construir a Catalunya no estaven integrades dins una xarxa d'EDARs planificada. S'havien creat degut a la sensibilitat ambiental d'alguns municipis ja que en aquella època encara no hi havia legislació sobre el tema. Als anys 70-80 van sorgir les primeres depuradores a la Costa Brava com ara la de Begur (1974) o la de Tossa de Mar (1980). Aquestes es van construir amb la idea inicial de mantenir neta la zona recreativa de la costa per tal de potenciar el turisme.

Segons la figura 14, actualment a Catalunya hi ha 346 EDARs en funcionament. A més n'hi han 140 en construcció.

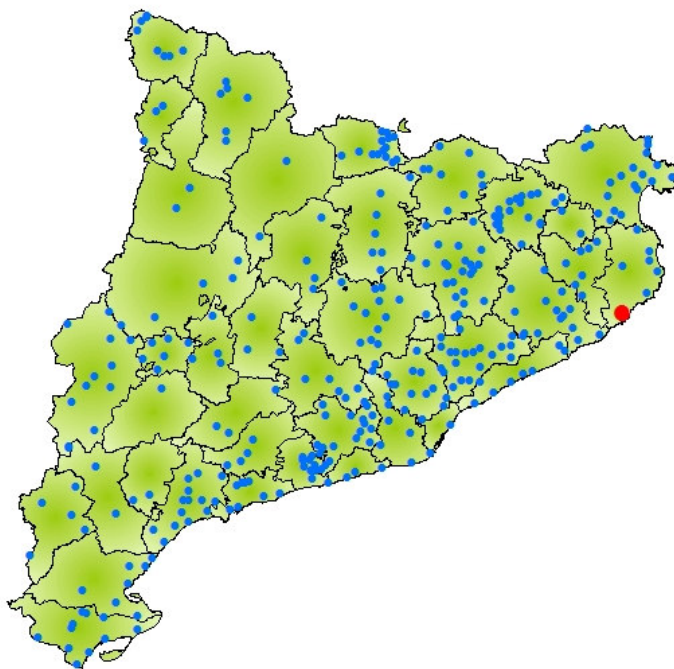


Fig. 14. Situació geogràfica de les EDARs existents a Catalunya l'any 2008.
En vermell la EDAR de Castell-Platja d'Aro. Font: Elaboració pròpia i DMAH.

Al llarg dels últims anys s'han anat creant lleis i normes per a regular els processos de depuració d'aigües residuals. A continuació s'expliquen les lleis més importants.

5.2.1. Aigües residuals

Europea

A nivell europeu cal destacar la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) la qual engloba, entre d'altres, la Directiva 91/271/CE referent al tractament d'aigües residuals i la Directiva 86/278/CE referent als fangs.

→ Directiva Marc de l'Aigua: 2000/60/CE

Es defineixen les diferents masses d'aigua i s'anomenen les seves característiques. També s'adopten programes a mida i plans de gestió de les aigües superficials, continentals, de transició, costaneres i subterrànies amb la finalitat de:

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

→ Directiva 91/271/CE

Aquesta directiva defineix uns valors límit pels abocaments de l'aigua residual urbana i industrial tractada, i així protegir el medi ambient.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Taula 7. Valors límit pels abocament i % de la reducció de l'aigua residual. Font: Directiva 91/271/CE.

Paràmetres	Valors	% mínim de reducció
DBO₅ a 20°C (mg O₂/L)	25	70-90% 40% alta muntanya i zones fredes
DQO (mg O₂/L)	125	75%
MES (mg/L)	35 o 60 per 2.000-10.000 HE	90% o 70% 2.000-10.000 HE
Fòsfor total (mg/L)	2 cada 10.000-100.000 HE 1 més de 100.000 HE	80%
Nitrogen total (mg/L)	15 cada 10.000-100.000 HE 10 més de 100.000 HE	70-80%

Els estats membres estableixen en l'annex II de la directiva una llista de zones sensibles que reben aigües depurades. Així el tractament de les aigües urbanes varia en funció de la sensibilitat de les aigües receptores.

També indica que s'han d'aplicar les MTD (millors tecnologies disponibles) segons un SSD (sistema de suport de la decisió) que ha de tenir en compte, entre d'altres, els següents punts per tal d'escollir el tractament més viable:

- Caracterització de l'aigua residual
- Mida i tipus d'instal·lació
- Normativa vigent
- Tecnologies disponibles
- Integració en el medi

A més, també marca el grau de tractament que s'ha d'aplicar a l'aigua. Si la depuradora no es troba en cap zona sensible i tracta un cabal de més de 15.000 habitants equivalents s'ha de portar a terme un tractament biològic. No obstant, si aquesta és més petita de 2.000 habitants equivalents i l'aigua tractada va a parar al mar, el tractament a seguir no està especificat, tan sols diu que s'utilitzi el més adequat per cada cas.



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Aquesta directiva ha estat modificada per la 98/15/CE del 27 de febrer del 1998, pel qual es canvien alguns dels requisits de l'annex I. Bàsicament es modifiquen els requisits per els abocaments procedents de les instal·lacions de tractament de les aigües residuals urbanes realitzades en zones sensibles propenses a l'eutrofització, on la concentració varia depenent del nombre d'HE.

El cabal tractat l'any 2008 es de 11.682 m³/d que correspon a 58.409 HE. Segons això, la concentració màxima establerta de nitrogen i fòsfor en una zona sensible com a la EDAR de Castell-Platja d'Aro és de 15 i 2 mg/l. Al 2008 com en anys anteriors es duplicava el límit de la concentració màxima permesa ja que per exemple, en l'últim any es van arribar a valors de 34 i 4 mg/l de nitrogen i fòsfor respectivament.

Autonòmica

→ Òrgan oficial encarregat de la gestió de l'aigua a Catalunya

L'ACA (Agència Catalana de l'Aigua) és l'empresa pública de la Generalitat de Catalunya adscrita al DMAH (Departament de Medi Ambient i Habitatge), fundada el 1998 com a Administració Hidràulica de Catalunya, encarregada de la política del Govern en matèria d'aigües fomentada en els principis de la Directiva Marc de l'Aigua.

Abans la competència de l'aigua a Catalunya era de la Confederació Hidrològica de l'Ebre. Aquesta última, actualment ho ha cedit a l'ACA. Al mateix temps també ha cedit una part a administracions actants com ara el Consorci de la Costa Brava o als ajuntaments. Ara bé, la gestió del dia a dia la porten a terme empreses especialitzades triades majoritàriament a partir de concursos públics.



→ **Pla global de sanejament de Catalunya**

La depuració d'aigües residuals s'engegà a Catalunya l'any 1982 juntament amb l'aparició d'aquest pla. Amb aquest, es planificava la construcció de col·lectors i EDARs a tot Catalunya. Va sorgir a partir del Reial Decret Llei 5/1981, el primer en legislar sobre la coordinació, planificació i finançament de l'evacuació i el tractament d'aigües residuals.

En el 2004, fruit d'aquest pla va néixer el PSARU (Pla de Sanejament de les Aigües Residuals Urbanes) que s'emmarca entre la Directiva 91/271 de sanejament d'aigües residuals urbanes i la Directiva Marc sobre política de l'aigua 2000/60. També ha aparegut el PSARU 2002, destinat bàsicament al PSARI (Pla de Sanejament de les Aigües Residuals Industrials) com també el PSARR (Pla de Sanejament per a les Aigües Residuals Ramaderes).

Ara hi ha 344 depuradores en funcionament les quals donen servei a més de 500 municipis, el que suposa servei de sanejament assegura pel 95% de la població catalana. Així mateix, n'hi ha 140 en construcció i 998 en projecte per als municipis de menys de 2.000 habitants.

Quan l'aplicació del PSARU 2005 es porti a terme en la seva totalitat seran 1.544 les instal·lacions de sanejament en funcionament amb una inversió total de 1.526 milions d'euros.



5.2.2. Fangs de depuradora

Europea

→ **Directiva 86/278/CEE**

Es regula la reutilització dels fangs de depuradora en l'agricultura per evitar que el seu ús pugui perjudicar la qualitat del sòl i la producció agrícola. Els estats membres ho fan mitjançant la limitació de nivells de concentració de determinades substàncies dels fangs com per exemple els metalls pesants, prohibint l'ús d'algun d'ells i regulant el seu tractament.

Estatat

→ **RD 1310/1990**

Regula la utilització dels fangs de depuració de les EDARs en el sector agrari tot establint concentracions màximes de metalls pesants que pot tenir un sòl per aplicar-hi fangs de depuradora així com la que pot tenir el fang de depuradora per aplicar-lo a l'agricultura. Prohibeix també la utilització d'aquests fangs en determinades aplicacions.

Autonòmica:

→ **Llei 15/2003**

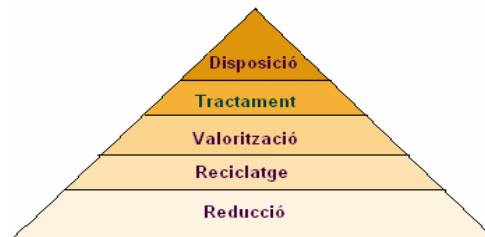


Fig. 15. Jerarquia sobre la gestió dels residus. Font: Elaboració pròpia.

Aquesta llei regula la gestió de residus i estableix una jerarquia de categories, com es veu en la figura anterior.

També es creen els instruments per a executar-la i preveure'n el desenvolupament, tant pel que fa als programes generals d'actuació com pel que fa a la normativa.

5.2.3. Energia

A la Unió Europea, el percentatge de participació de les energies renovables a l'any 2006 era de 6,9%. A Catalunya el percentatge es troba per sota de la mitjana europea, aquest és del 2,4%. No obstant, s'ha de tenir en compte, el grau d'industrialització del país, la densitat de població i els recursos naturals.

Internacional

→ Protocol de Kyoto

El protocol de Kyoto sobre el canvi climàtic és un acord internacional on els països industrialitzats es van comprometre a executar un conjunt de mesures per reduir un 5% els gasos d'efecte hivernacle en el període 2008-2012, prenent com a referència les emissions del 1990.

Amb aquest protocol s'ha promogut un desenvolupament sostenible de manera que s'utilitzen energies no convencionals i d'aquesta manera disminueixi l'esclafament global.

Europea

→ Llibre blanc de les energies renovables

Es fixa com a objectiu que a l'any 2010, el 12% de l'energia primària a la UE sigui d'origen renovable.



→ **Directiva 2001/77/CE**

Estableix per a l'any 2010, l'objectiu de tenir un 22,1% de l'electricitat bruta d'origen renovable per al conjunt de la UE.

Estatal

→ **Ley 54/1997 del 27 de noviembre del Sector Eléctrico**

Regula totes les activitats destinades al subministrament d'energia elèctrica: generació, transport, distribució, comercialització, intercanvis intercomunitaris, etc.

També estableix un nou model de funcionament que compleixi els principis d'objectivitat, transparència i lliure competència pel que fa a la producció d'energia.

→ **RD 436/2004, del 12 de marzo**

Estableix una metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.

Aquest RD (Real Decreto) té per objecte unificar la normativa de desenvolupament de la Ley 54/1997, pel que fa a la producció d'energia elèctrica en règim especial, en particular la part referent al règim econòmic d'aquestes instal·lacions.

Es defineix un sistema basat en la lliure voluntat del titular de la instal·lació per vendre la seva producció d'energia elèctrica o els excedents d'aquesta, a canvi d'una retribució en forma de tarifa regulada. Aquesta tarifa regulada està basada indirectament en el preu de mercat de la producció.



→ **RD 661/2007, del 25 de mayo**

Té per objecte establir un règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció elèctrica en règim especial.

S'hi podran acollir totes les instal·lacions de producció d'energia elèctrica contemplades a l'article 27.1 de la Ley 54/1997.

Aquesta directiva, fomenta l'ús d'energies renovables i per això determina el dret a percebre una retribució especial per a l'energia produïda en les instal·lacions que siguin de cogeneració o utilitzin energies renovables.

Estableix també, que per a l'any 2010, l'electricitat bruta d'origen renovable sigui del 29,4%.

Taula 8. Tipus d'instal·lació de producció d'energia elèctrica. Font: Dintre RD 661/2007.

Grup	Subgrup	Potència elèctrica	Prima regulada c€/kWh
Cogeneració amb biogàs i/o biomassa (min. 90% de la E. primària utilitzada)	Biogàs d'abocador		8,5059
	Biogàs generat en digestors	P<500 kW	13,7945
		P>500 kW	10,2935
	Fems i bio combustibles líquids		5,5396
Instal·lacions que utilitzin com a combustible principal biogàs, fems i bio combustibles líquids	Biogàs d'abocador		8,2597
	Biogàs generat en digestors	P<500 kW	13,5068
		P>500 kW	10,0043
	Fems i bio combustibles líquids		5,5396

La taula anterior ens defineix segons el tipus d'instal·lació el preu de l'electricitat, que és la tarifa regulada i el preu amb la prima inclosa. Aquests valors són vàlids per a als 15 primers anys de funcionament de la instal·lació.

Autonòmica

→ **Pla d'energia de Catalunya**

Aquest pla impulsa les energies renovables i potencia les tecnologies d'estalvi i d'eficiència energètica. A l'any 2006 les energies renovables en el balanç d'energia total representava el 2,4%, aquest valor ha d'augmentar fins a 9,5% en l'any 2015. Pel que fa al biogàs l'objectiu per al 2015 és augmentar un 400% els 205,6 ktep produïts a l'any 2006.

En la figura següent, es veu com creix el consum de biogàs de l'any 2003 fins a l'actualitat. Es preveu que fins el 2015 seguirà creixent.

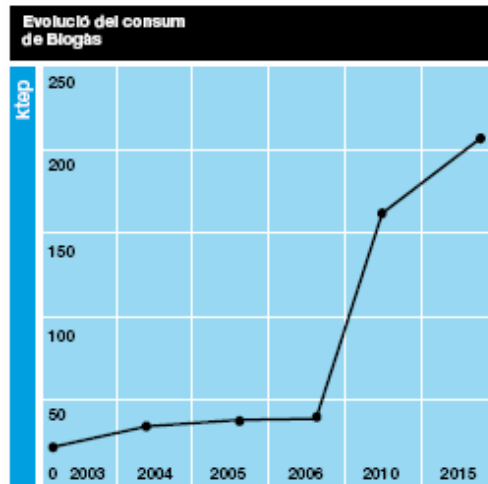


Fig. 16. Evolució del consum de biogàs (any 2006). Font: ICAEN.

5.3. Sistemes de tractament

En les taules següents, s'observen els possibles tractaments que es poden utilitzar en cada etapa d'una EDAR convencional. Els que estan en cursiva són els que s'utilitzen en la EDAR de Castell-Platja d'Aro. (veure Annex II).

5.3.1. Línia d'aigües

Taula 9. Tractaments EDAR. Font: Elaboració pròpia.

Pretractament	Tract.Primari	Tract.Secundari	Tract.Terciari
<i>Pou de gruixuts</i>	<i>Decantació</i>	<i>Aerobi</i>	<i>Desinfecció</i>
<i>Reixes</i>	Neutralització	Anaerobi	Bescanvi iònic
<i>Dessorrador</i>	Precipitació		Òsmosi inversa
<i>Desgreixador</i>	<i>Coagulació/floculació</i>		Adsorció
Homogeneïtzació i laminació de cabals			<i>Filtració per sorres</i>
			Membranes

5.3.2. Línia de fangs

Taula 10. Tractaments EDAR. Font: Elaboració pròpia.

Espessament	Estabilització	Acondicionament	Deshidratació	Disposició final
<i>Espessidor per gravetat</i>	Química	Químic	Filtració	Abocador
Espessidor per flotació	<i>Digestió aeròbia</i>	Tèrmic	<i>Centrifugació</i>	Compostatge
	Digestió anaeròbia			<i>Agricultura</i>
				Incineració

6. Descripció de la EDAR i anàlisi

En la imatge següent es pot veure el diagrama general de la EDAR de Castell-Platja d'Aro, tant la línia d'aigua com la línia de fangs:

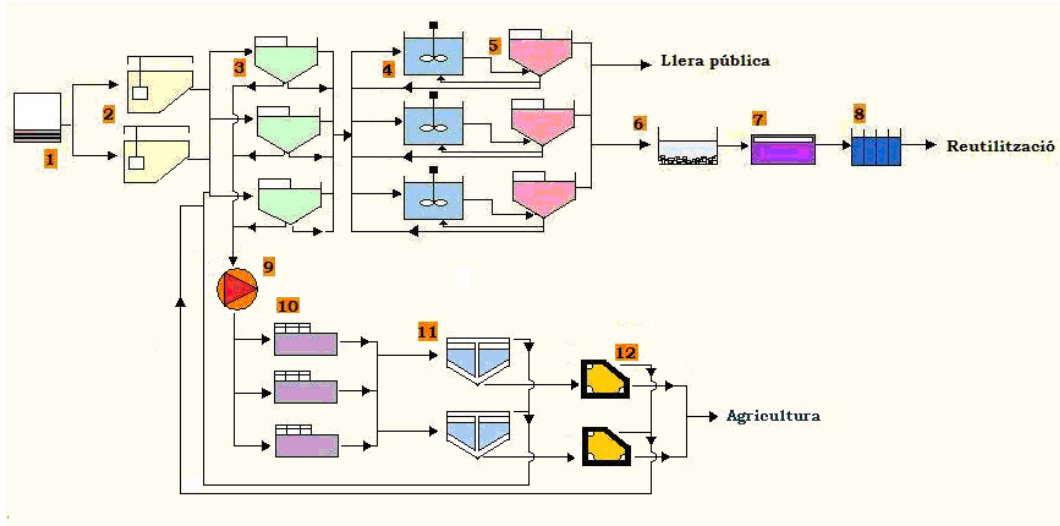


Fig. 17. Diagrama de procés EDAR Castell-Platja d'Aro. Font: Elaboració pròpia.
1. Pou de gruixuts, 2. Dessorbitadors-desgreixadors, 3. Decantadors primaris, 4. Reactors biològics, 5. Decantadors secundaris, 6. Filtre de sorres, 7. Filtració UV, 8. Cloració, 9. Estació de bombament, 10. Digestors aerobis, 11. Espessidors i 12. Centrifugues.

6.1. Sistemes de tractament: Línia d'aigües

La imatge següent representa només la part de la línia d'aigua que forma part del diagrama general de la EDAR de Castell-Platja d'Aro:

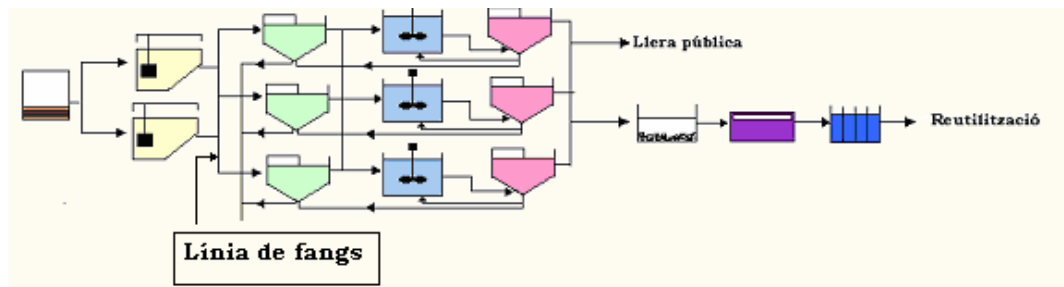


Fig. 18. Diagrama de la línia d'aigües. Font: Elaboració pròpia.

6.1.1. Pretractament



Fig. 19. Línia de pretractament. Font: Elaboració pròpia.

Pou de gruixuts: Etapa on s'extreuen, per mitjans mecànics, els elements de més pes i mida.

Reixes: En aquesta etapa es fa un desbast dels sòlids grossos arrossegats per l'aigua residual després del pou de gruixuts. De no fer-se, es tindrien problemes amb el posterior funcionament de la depuració, ja que disminuiria l'eficiència dels posteriors tractaments. Hi podria haver depòsits que obstruirien les instal·lacions i equips i malmetrien els diferents mecanismes com ara bombes i vàlvules.

Aquests sòlids grollers normalment inorgànics que porta l'aigua son separats mitjançant dos sistemes de reixes d'1 cm de pas de llum i estan disposades verticalment. Els residus retinguts tals com pedres, branques, papers, plàstics, draps, etc. són transportats cap a un dipòsit per posteriorment ser portats a l'abocador de Cruïlles.

Dessorrador-Desgreixador: La seva funció és separar els elements en suspensió o flotació que porta l'aigua residual i que poden perjudicar els tractaments posteriors que generen depòsits en les conduccions hidràuliques. Per retirar aquests sòlids s'utilitzen els dessorradors-desgreixadors que funcionen de forma integrada en un mateix equip.

El principi fonamental del funcionament dels dessorradors es basa en la diferència de densitats entre les sorres, graves, cendres o qualsevol altre material pesat i els sòlids descomposables, és a dir, la matèria orgànica.

Per facilitar el procés de sedimentació es redueix la velocitat de l'aigua tot augmentant la secció de pas, de manera que es permeti la sedimentació dels grans de sorra, però sense donar temps de sedimentar a la matèria orgànica. Si la velocitat no fos prou alta i sedimentés la matèria orgànica, es podrien produir males olors degut a la seva fermentació.

El dessorrador separa les partícules en suspensió més denses que l'aigua. Segons la concentració i la interacció entre les diferents partícules es poden distingir 4 tipus de sedimentació (veure Annex III). En aquest cas es dona el primer tipus, la sedimentació de partícules discretes.

El sistema del dessorrador utilitzat a la EDAR és el de flux horitzontal, on l'aigua circula a través del dessorrador en direcció horitzontal i la seva velocitat està controlada per la pròpia geometria de la unitat. Aquesta és de 0,3 m/s així les partícules més pesants arriben al fons del canal abans de travessar-lo longitudinalment.

La retenció de la sorra es podria fer als tancs de decantació però la barreja entre sorres i fangs complicaria els següents processos desgastant els elements mecànics i alterant els processos de sedimentació posteriors. Aquestes sorres s'acumulen en un contenidor i són portades a un abocador.

El funcionament del desgreixador, al igual que en els dessorradors, es basa en la diferència de densitats entre els greixos i l'aigua residual. La densitat dels greixos és menor que la de l'aigua i això fa que aquests flotin al reduir la velocitat de l'aigua.

Per facilitar la flotació dels greixos, s'introdueix aire al sistema. Així aquests queden envoltats d'aire i el conjunt puja més ràpid que no pas si només hi haguessin els greixos.

El sistema de flotació utilitzat a la EDAR és l'aeració a pressió atmosfèrica. S'aporta un cabal d'aire d'entre 0,2 i 0,5 m³/min que en el trajecte d'elevant-se per tornar a l'atmosfera arrossega els greixos cap a la superfície on són recollits i portats a tractar a un gestor extern.

Els greixos poden crear molts problemes en el procés de depuració d'aigües residuals si passen a les següents etapes, ja que dificulten la transferència d'oxigen al reactor biològic i la seva presència faria que s'hagués d'augmentar el cabal d'aeració.

Els dessorradors i desgreixadors funcionen conjuntament per estalviar espai, tot i que si es portessin a terme en tancs separats es podrien optimitzar millor les condicions de treball de cada un.

6.1.2. Tractament primari

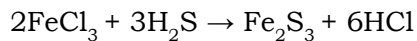
Decantació primària: Serveix per eliminar substàncies en suspensió que tenen una densitat superior a la de l'aigua i que no han pogut ser eliminades en el pretractament degut a la seva mida petita o a la seva baixa densitat. En aquesta operació l'aigua s'està unes hores dins del decantador per permetre la bona sedimentació i eliminar el 50 o 60% del material en suspensió, normalment substàncies orgàniques. A més al descendir les partícules cap al fons del decantador, arrossegueu bacteris i això ajuda a rebaixar la DBO (demanda biològica d'oxigen) de l'aigua residual. Aquestes partícules descendeixen a una velocitat que es proporcional al seu diàmetre i densitat.



El TRH (Temps de Residència Hidràulic) d'aquests decantadors és d'unes 5 hores.

Quan la càrrega de partícules és força elevada o el temps de retenció és insuficient, es pot complementar la decantació natural de la matèria en suspensió amb l'addició de coagulants químics que n'afavoreixin la seva floculació. Si una partícula és més petita de 50 µm de diàmetre ja es pot considerar que és tècnicament impossible d'eliminar sense l'ajut de coagulants, ja que el temps de sedimentació seria altíssim.

En aquesta depuradora, com en moltes d'altres, s'utilitza clorur fèrric per tal de que el sulfhídric present precipiti i d'aquesta manera s'eviten les males olors que aquest genera. Aquest àcid és un gas tòxic i corrosiu. La reacció química que es genera és la següent:



Els tancs de sedimentació solen tenir mides estàndard i utilitzen dispositius mecànics per recollir els fangs. Normalment se'n disposa de més d'un per si algun d'ells es troba fora de servei per raons de reparació o manteniment. Els tancs poden ser rectangulars o circulars.

Els 3 decantadors primaris de la depuradora de Castell-Platja d'Aro són circulars. En aquests, el sistema de flux de l'aigua és radial. L'aigua entra per la zona central i passa per una campana circular dissenyada per distribuir el flux uniformement en totes direccions.

La figura 20 ens mostra la secció d'un decantador. Aquests presenten un pilar central que suporta el pont rascador i que és accessible mitjançant una passarel·la. El fang és arrossegat al fons cònic del tanc. Aquest s'extreu per bombeig juntament amb el fang biològic que s'hi ha bombejat del decantador secundari per espessir-lo una mica més.

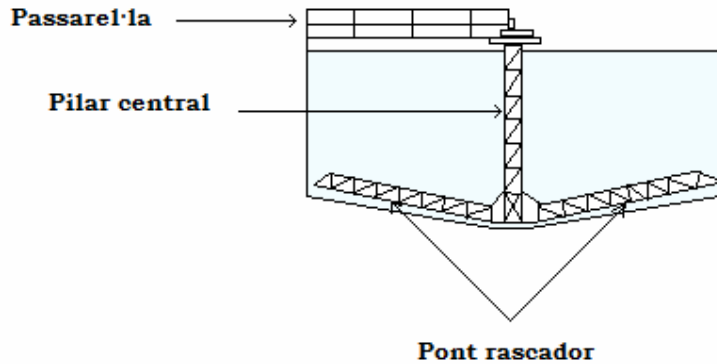


Fig. 20. Secció d'un decantador. Font: Elaboració pròpia.

6.1.3. Tractament secundari

Tractament biològic: El tractament biològic consisteix en utilitzar cultius bacterians per aconseguir una descomposició de la matèria orgànica que pot ser aeròbia o anaeròbia i una oxidació de la matèria orgànica soluble, tot passant a compostos insolubles, és a dir, biomassa.

Les reaccions que es duen a terme si el procés descrit és aerobi com en el cas de la EDAR, són les següents:

Respiració $MO + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + SUBP + E$

Creixement $MO + O_2 + E \rightarrow \text{Noves cèl·lules}$

Hidròlisi i mort $\text{Microorganismes} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + SUBP + E$

MO: Matèria orgànica

E: Energia

SUBP: Subproductes

El tractament biològic utilitzat a la EDAR de Castell-Platja d'Aro és el sistema de fangs activats.

En el procés de fangs activats és primordial tenir en compte l'elecció del tipus de reactor, les necessitats d'oxigen, el control dels microorganismes i les característiques del influent.

Pel que fa als reactors, n'existeixen principalment de dos tipus: El reactor de mescla completa i el de flux pistó, que es diferencien pel sistema d'aeració. A partir d'aquestes dues situacions ideals, hi ha un ventall de situacions que s'apropen més a un tipus o a un altre.

El de la EDAR de Castell-Platja d'Aro es va dissenyar com un flux pistó tot i que funcionalment s'apropa més a un mescla completa. Es diu que es un reactor del tipus flux real, és a dir, barreja entre mescla completa i flux pistó. Aquest té una agitació superficial amb tres bufadors que fan circular l'aigua a través seu. El fet que el requeriment d'oxigen variï al llarg del reactor implica la utilització d'un sistema d'aportació d'oxigen gradual, generalment per difusors.

En el reactor de flux pistó totes les partícules que hi entren resten allí el mateix temps. Ara bé, degut a les recirculacions, algunes partícules poden passar pel reactor en més d'una ocasió, però mentre estiguin al seu interior, hi estaran el mateix període de temps.

Aquesta configuració fa que tota l'aigua que es troba en una línia perpendicular a la base d'aquest tingui iguals característiques, ja que l'oxigenació es produeix en aquesta direcció i l'aigua el travessa longitudinalment. Aquest no pot suportar altes càrregues instantànies.

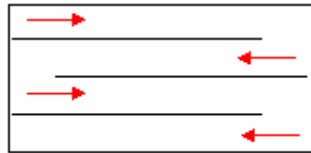


Fig. 21. Reactor flux pistó. Font: Elaboració pròpia.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

En el reactor de mescla completa l'aigua presenta una càrrega orgànica i una demanda d'oxigen igual en qualsevol punt del tanc i per tant les característiques del fang i de l'aigua són homogènies arreu.

El reactor de mescla completa suporta millor altes càrregues orgàniques puntuals i l'aire subministrat s'ajusta o excedeix la demanda d'oxigen.

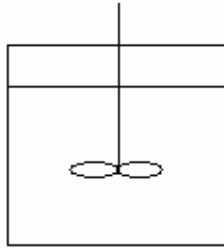


Fig. 22. Reactor mescla completa. Font: Elaboració pròpia.

En el reactor de la EDAR de Castell-Platja d'Aro, en el qual hi ha un cultiu bacterià en suspensió, s'hi introdueix l'aigua residual i s'aporta aire amb uns agitadors mecànics des de la superfície per aconseguir que la matèria orgànica biodegradable continguda en l'aigua residual s'oxidi biològicament a diòxid de carboni i aigua. A partir d'aquesta oxidació els microorganismes aconseguixen mantenir les seves funcions vitals alhora que es generen nous individus i una petita part de la matèria orgànica és oxidada a compostos de baix contingut energètic com ara NO_3 , SO_4 i CO_2 .

La necessitat d'oxigen ve determinada per la DBO de l'aigua residual i la quantitat d'organismes purgats diàriament. No obstant, alhora de calcular-ne el subministrament també s'ha de contemplar la respiració endògena dels microorganismes presents en el fang.

Aquests microorganismes necessiten la presència de nutrients com ara N i P per sobreviure i un excés en metalls pesants o contaminants, pot inhibir el seu metabolisme.

Els bacteris són els microorganismes que realitzen la degradació de la matèria orgànica. La majoria d'aquests són gramnegatius i dels gèneres següents: *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium* i els bacteris nitrificants *Nitrosomas* i *Nitrobacter*.

Per altre banda, els rotífers i els protozous consumeixen bacteris que no han floculat o partícules biològiques que no han sedimentat. A més dels microorganismes que ajuden a la depuració de l'aigua, n'hi ha d'altres que poden resultar molestos per al bon funcionament del procés, creant el que s'anomena *Bulking* (descriu a l'Annex III).

El tractament biològic es pot considerar una autodepuració natural de l'aigua, però accelerada i controlada de forma artificial, ja que el mecanisme és el mateix que en rius i llacs però aquí els organismes es troben en major nombre, en un espai més petit i condicionats pels paràmetres d'operació (descrits a l'annex III).



Fig. 23. Reactor biològic. Font: Elaboració pròpia.

Decantació secundària: És l'etapa que segueix després del tractament biològic. La major part dels fangs separats en el decantador secundari són retornats cap al reactor biològic per tal de mantenir una concentració suficient de fang activat en el tanc. D'aquesta manera es pot arribar al grau de tractament oportú en l'interval de temps establert. La resta del fang és bombejat cap al decantador primari per tal d'aconseguir una major concentració de MS (Matèria Seca) i una millor decantació primària. Els fangs primaris i secundaris llavors, són bombejats conjuntament cap a la línia de fangs i reben el nom de fang mixt.

El volum del corrent de purga correspon al volum de creixement del teixit cel·lular, d'aquesta manera s'evita que la biomassa present al sistema augmenti i envelleixi excessivament. La velocitat de creixement dels microorganismes determina el TRC (temps de residència cel·lular).



Fig. 24. Decantador secundari. Font: Elaboració pròpia.

6.1.4. Tractament terciari

Els estudis ambientals sobre la qualitat de l'aigua han portat a un desenvolupament de permisos més restrictius pel que fa a la utilització dels efluent de la EDAR. D'aquí sorgeix la necessitat d'efectuar un tractament terciari en algunes depuradores, aquest pot variar bastant d'una depuradora a una altra segons les substàncies que es vulguin eliminar.

Moltes EDARs utilitzen aquest tractament per eliminar nutrients, bàsicament nitrogen i fòsfor. Aquest no és el nostre cas, ja que la depuradora estudiada actualment només utilitza el tractament terciari amb la finalitat d'eliminar microorganismes patògens.

En la EDAR de Castell-Platja d'Aro, aquest tractament només es realitza quan l'aigua es reutilitzada per regar els camps de regadiu o el Golf d'Aro i el Golf Costa Brava.

Les taules següents mostren els volums de subministrament a les diferents destinacions esmentades a l'any 2004, durant el període de gener a agost.

Taula 11. Aigua subministrada a les diferents destinacions. (any 2004). Font: EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Usuaris	Volum (m³)
Hortes entorn a la EDAR	73.827
Golf d'Aro	201.701
Golf Costa Brava	117.703
Regants Sta.Cristina	115.550

Taula 12. Dades d'aigua tractada i reutilitzada. (any 2004). Font: EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Aigua	Volum
Total aigua tractada a la EDAR (m³)	508.781
Total aigua reutilitzada (m³)	4.195.000
Proporció de l'aigua reutilitzada respecte l'aigua tractada a la EDAR (%)	12

Filtració: La depuradora de Castell Platja d'Aro utilitza la filtració amb sorra a profunditat. Aquest procés consisteix en fer passar l'aigua per un canal amb 25 cm del fons cobert de sorra de gra fi per tal de retenir els sòlids suspesos. El mecanisme de la filtració és complex i pot resultar de la combinació de diversos factors, entre els que s'inclou l'arrossegament, la intercepció dins del medi filtrant, la sedimentació per gravetat i l'impacte de les partícules que presenten adhesió al medi filtrant.

La filtració se sol portar a terme per eliminar els flocs biològics residuals presents als efluents del tractament secundari abans de l'abocament.



Fig. 25. Filtre de sorra. Font: Elaboració pròpia.

Desinfecció mixta: Seguidament hi ha un tractament de desinfecció mixt amb llum UV (físic) i Clor (químic).

La qualitat de l'aigua millora amb el tractament conjunt ja que si es fes només un tipus de tractament podrien quedar algunes espores de bacteris que són resistents al clor, o bé d'altres que ho són als raigs UV. Per tant, la combinació dels dos fa que s'eliminïn més eficientment totes les espores.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

En la desinfecció per llum UV, l'aigua passa per una canonada amb un cabal de 300 m³/dia on hi ha 8 làmpades de vapor de Hg. Aquestes emeten raigs UV d'una longitud d'ona d'entre 255 i 265 nm que provoquen la destrucció del ADN (àcid desoxiribonucleic) i del ARN (àcid ribonucleic).

Aquest procés de desinfecció consisteix en provocar canvis fotoquímics als components de les cèl·lules presents en l'aigua tot alterant la molècula de l'ADN, de manera que aquesta quedi inhibida i no es pugui reproduir. Aquest impediment provoca la mort dels microorganismes presents com ara els coliforms. És un sistema fàcil i simple d'instaurar, amb un baix cost de manteniment.



Fig. 26. Tub UV. Font: Elaboració pròpia.

Seguidament es realitza la desinfecció amb clor, que per les seves característiques és el desinfectant més utilitzat. Aquest procés es realitza bàsicament per eliminar el nitrogen amoniacal.

En aquesta EDAR el clor s'afegeix en forma d'hipoclorit sòdic (NaClO) ja que tot i que és més car, és més segur que utilitzar el clor en forma de gas.

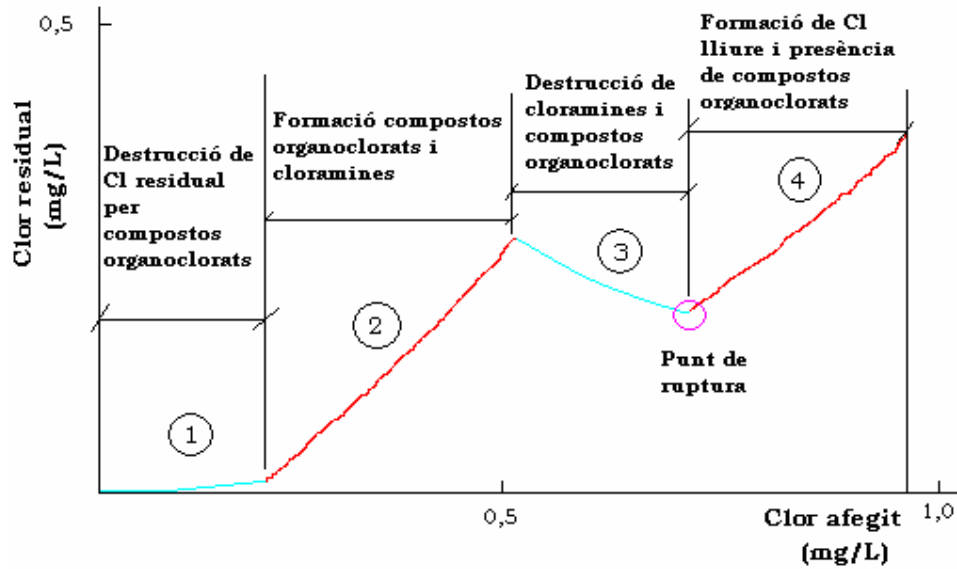




Fig. 27. Laberint. Font: Elaboració pròpia.

El procés que segueix la cloració és el següent:

- 1- Quan s'introdueix Clor a l'aigua, les substàncies fàcilment oxidables com ara el Fe^{++} , Mn^{++} , H_2S i la matèria orgànica reaccionen amb aquest reduint-ne la major part a ió Cl.
- 2- Després de satisfer aquesta demanda, el clor continuarà reaccionant amb l'amoniac per formar cloramines. Si les relacions molars entre clor i amoniac són menors a 1 es formaran monocloramines i dicloramines.
- 3- S'oxiden les cloramines, algunes es convertiran en triclorur de nitrogen mentre que les altres quedaran en NO i N_2 , reduint-se el clor una altre vegada a ió clorur. El punt on totes les cloramines s'han oxidat és el conegut com a *breakpoint* (punt de ruptura).
- 4- El Cl queda lliure perquè ja no pot reaccionar amb res més. Si es continua afegint hipoclorit sòdic, s'anirà augmentant proporcionalment el clor lliure. El moment en que aparegui clor lliure indicarà que la desinfecció s'ha completat.



- Reversible: El Clor pot tornar al medi si canvien les condicions
- Irreversible: El Clor ja no torna al medi

Fig. 28. Etapes cloració. Font: Elaboració pròpia.

Cal anar molt en compte en dosificar bé el clor residual i no generar trihalometà, que pot resultar tòxic per als ecosistemes aquàtics. Es per aquest motiu que posteriorment a la cloració, la EDAR de Castell-Platja d'Aro disposa d'una mena de laberint amb una sonda redox on hi passa l'aigua amb clor. El cap de la EDAR el va instal·lar fa poc per tal que l'aigua tingui més temps de contacte i en cas que la sonda marqui uns valors fora del rang establert, i per tant, es pugui generar trihalometà o bé hi hagi presència de coliforms, se sigui a temps de tancar el circuit. Aleshores l'aigua s'envia a la llera pública enlloc de reutilitzar-la.

6.2. Sistemes de tractament: Línia de fangs

La imatge següent representa només la part de la línia de fangs que forma part del diagrama general de la EDAR de Castell-Platja d'Aro:

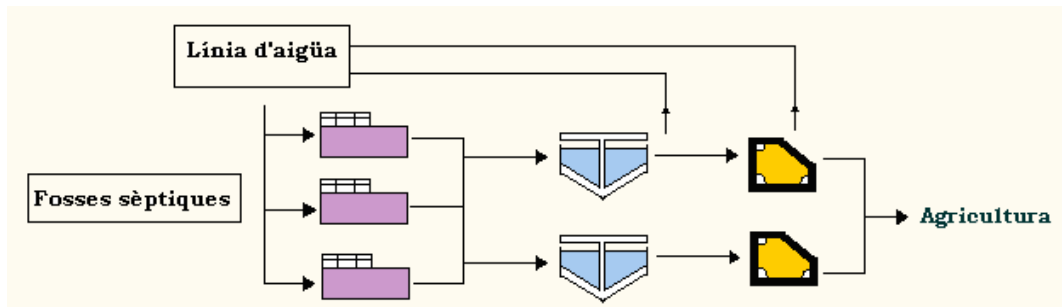


Fig. 29. Diagrama de la línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.

Es tracten els fangs generats en el decurs de la depuració de l'aigua. Aquests procedeixen de:

- **Decantador primari (fangs primaris) i decantador secundari (fangs secundaris):** Abans d'entrar al digestor són emmagatzemats al pou de recepció.
- **Fosses sèptiques:** Els fangs de fosses sèptiques són transportats mitjançant camions sitja i un cop arriben a la EDAR es fan passar per unes reixes de desbast que eliminen els sòlids grollers abans d'entrar al digestor.

Posteriorment són enviats a la línia de fangs que els condiciona per tal de ser utilitzats per a l'agricultura.

6.2.1. Estabilització

Digestió aeròbia: El tractament comença amb la digestió dels fangs, en aquest cas, aeròbia. Aquest tractament s'aplica en depuradores amb capacitat inferior a 20.000 m³/dia tot i que actualment s'apliquen també en les de més capacitat, com és el cas de la EDAR estudiada.

La EDAR duu a terme la digestió convencional mitjançant 3 tancs rectangulars de 2.523 m³ cadascun. Els tancs incorporen aire mitjançant unes turbines per tal d'oxigenar el medi perquè es pugui portar a terme la digestió aeròbia. Per això caldrà tenir en compte diferents paràmetres:

- **Temperatura:** El tanc es troba a l'aire lliure, per tant, la seva temperatura dependrà de les condicions climàtiques que es donin. Així a l'hivern es donaran baixes temperatures que poden arribar fins als 0°C. Aquestes faran que el sistema vagi més lent mentre que les temperatures de l'estiu, més altes, ajudaran al procés de digestió. Els tancs de formigó que hi ha actualment ajuden a que no hi hagin tantes pèrdues de calor en comparació amb els tancs d'acer. Per contra, el sistema d'agitació superficial i la superficialitat del tanc ajuda a que n'hi hagin més. Cal tenir en compte que el període de fred només es dona uns 5 mesos l'any mentre que la resta de l'any les pèrdues de calor són gairebé nul·les.
- **Reducció de sòlids:** Depèn de la temperatura i de l'edat del fang. La reducció de sòlids volàtils varia entre 30-40 %.
- **Volum del tanc:** Els digestors d'aquesta EDAR tenen un volum de 2.523 m³ cadascun (veure annex IV).

- **Necessitats d'oxigen:** La demanda d'oxigen que es necessària satisfer durant el procés de digestió aeròbia és l'associada a la respiració cel·lular. No obstant, la EDAR de Castell-Platja d'Aro no té censor per mesurar-lo, i per tant, és el cap de la EDAR qui decideix en fruit de l'experiència (olor, espumes, etc.) quan el digestor en té prou (veure annex IV).
- **Necessitats energètiques per a la barreja:** És la potència necessària per aconseguir una barreja òptima mitjançant el subministrament d'aire. La potència de cadascuna de les turbines és de 75 CV i cada digestor té tres turbines.
- **Operacions del procés:** Controlar sobretot el pH. Una elevada presència de ions nitrat, per exemple, el pot fer baixar, fet que propiciaria el desenvolupament d'organismes filamentosos.

El sistema de digestió aeròbia consisteix en la degradació biològica de la matèria orgànica que contenen els fangs i d'aquesta manera es redueix el volum total de sòlids. Així, els microorganismes consumeixen el substrat i quan se'ls hi hagi acabat, aquests començaran a consumir-se el seu propi protoplasma a fi d'obtenir energia per les reaccions de manteniment de les cèl·lules. Quan això passa, es diu que hi ha una oxidació directe de la matèria orgànica continguda en el fang primari i una oxidació endògena del teixit cel·lular.

El 80% del teixit cel·lular és oxidat aeròbiament a carbònic anhidrid, aigua i amoníac que posteriorment és oxidat a nitrat. Aquesta oxidació pot produir un descens del pH quan l'alcalinitat de l'aigua no és suficient per tamponar la solució, així que per mantenir el pH caldrà aplicar algun producte químic. El 20% restant és constituït per compostos orgànics i components inerts no biodegradables.

La reacció que segueix és la següent:



Amb la quantitat d'oxigen requerida per al digestor, es pot saber la quantitat d'aire que es necessita introduir al digestor, sabent que l'oxigen correspon a un 21% del total de l'aire (veure annex IV).



Fig. 30. Tanc digestor aerobi. Font: Elaboració pròpia.

6.2.2. Espessiment

Després de la digestió aeròbia els fangs passen a ser espessits. Aquest tractament consisteix en augmentar la concentració de sòlids mitjançant l'eliminació de la fracció líquida i així fer més fàcil la resta del procés de tractament. Això es fa mitjançant procediments físics.

Actualment en la EDAR s'utilitza l'espessiment per gravetat. Aquest es caracteritza per ser un tanc semblant al de la decantació, circular però de mida inferior. El fang entra en el tanc per la càmera d'alimentació central. Allí es sedimenta i es compacta. El fang espessit s'extreu per la part inferior mitjançant rascadors i va cap al procés de deshidratació. El sobrenedant es retorna al decantador primari.

En la EDAR existeixen dos tancs de gravetat d'uns 133 m³ aproximadament cadascun (veure Annex VI).



Fig. 31. Espezzidor. Font: Elaboració pròpia.

6.2.3. Deshidratació

Operació física que s'utilitza per reduir el grau d'humitat del fang. Això ens interessa per estalviar-nos despeses de transport, perquè millori la seva manipulació i per evitar posteriors males olors. La centrifugació és un procés mecànic que es basa en l'acció centrípeta per a la separació de sòlid-líquid a partir de la diferència de densitats. Aquest sistema separa l'aigua capil·lar i la d'adhesió.

En la EDAR s'utilitzen un parell de centrífugues de camisa. En aquesta hi ha una sitja giratòria on s'introdueix el fang a cabal constant. Per una banda l'aigua es recircula a la línia d'aigües, al decantador primari. Per altre banda, el fang, que té un contingut d'humitat del 76%, és descarregat a una cinta transportadora. Durant el seu transport s'aconsegueixen concentracions de sòlids d'entre el 10 i el 35 %.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Per millorar l'eficiència s'utilitzen productes químics, en aquest cas, un polielectròlit sòlid de cadena llarga i així es pot arribar a aconseguir una captura de més del 90% de sòlids. Hi ha dos dosificadors de polielectròlit amb un cabal d'uns 5 L/min cadascun.

Un cop fets aquests tractaments i mentre no es dugui a terme la seva aplicació, el fang s'emmagatzema en una sitja fins que vingui el camió a recollir-lo.



Fig. 32. Centrífugues. Font: Elaboració pròpia.

6.2.4. Disposició final

La política de residus europea estableix que s'ha de prioritzar la minimització dels residus en origen, la seva valorització, incloent-hi la recuperació energètica i en última instància l'eliminació. (veure directiva 86/278/CEE apartat 5.2).

Hi ha diversos usos finals per al fang obtingut en la depuració de l'aigua residual. La depuradora de Castell-Platja d'Aro només l'aplica a l'agricultura.

Aquesta aplicació s'ha realitzat amb èxit des de fa dècades a nivell mundial. La llum solar, els microorganismes que habiten al sòl i la dessecació, es combinen per destruir els organismes patògens i moltes de les substàncies tòxiques presents en els fangs. Els metalls traça es queden retinguts al sòl i els nutrients són consumits per les plantes. Serveix també, com a fertilitzant químic.

El fang obtingut, no ha de contenir una elevada concentració de metalls pesants, per això, cada mig any s'analitza si el fang sortit de la centrífuga conté metalls pesants. A més, ha de tenir un baix contingut en matèria orgànica i una quantitat adequada de nutrients.

Com que la depuradora s'emplaça en una zona pobra en indústries i amb poques granges, els problemes de nutrients i metalls pesants, queda resolt. És per això que no es fa un tractament específic d'eliminació de N i P, ja que es considera que n'hi ha el contingut adequat per a l'agricultura.

Pel que fa a la matèria orgànica s'ha de controlar bé, ja que pot generar problemes d'olors.

Per a l'ús agrícola són necessàries, en mitjana, 11 T/ha de MS. A la depuradora es generen cada any, al voltant, de 1.090 T/ha de MS, per tant, aproximadament, el fang generat serveix per abonar unes 100 ha.





Fig. 33. Sitja de fangs. Font: Elaboració pròpia.

6.3. Volums totals i qualitat

Segons la taula anterior i les dades que s'exposen a continuació es pot observar que la qualitat de les aigües d'entrada de la depuradora de Castell-Platja d'Aro se situa en el rang mitjà de l'interval de concentració teòric que s'esperaria.

Taula 13. Composició de l'aigua residual urbana. Font: Adaptació M. Poch.

Indicadors	Interval de concentració (mg/L)		
	Alt	Mitjà	Baix
MES	350	220	100
DBO5	400	220	110
DQO	1000	500	250
Nitrogen total	85	40	20
Fòsfor total	15	8	4

Taula 14. Característiques de l'aigua residual l'any 2008. Font: Consorci de la Costa Brava.

Indicador	Entrada (mg/L)	Sortida (mg/L)	Rendiments d'eliminació (%)
DBO₅	234	6	98
DQO	540	49	94
MES	237	9	98
pH	7,76	7,54	--
Conductivitat	2,43	1	--
Nitrogen total	59,54	34	50
Fòsfor	6,28	4	64

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Segons la llei 91/271/CE es pot observar que les concentracions de sortida estan molt per sobre de les màximes establertes per la llei. (veure apartat 5.1). La disminució del pH que hi ha en el procés de depuració es deu bàsicament a l'addició de clorur fèrric. Aquest reacciona amb àcid sulfhídric generant sulfur fèrric i àcid clorhídric, dos compostos àcids que ocasionen una petita baixada del pH.

Tot i que aquesta EDAR no presenta eliminació de nutrients, la concentració de nitrogen es veu reduïda al llarg del procés de depuració degut als processos de nitrificació-desnitrificació que es produeixen en algunes zones del reactor biològic on hi ha condicions anòxiques. Pel que fa al fòsfor també hi ha una reducció ja que aquest precipita degut a l'addició del clorur fèrric en el decantador primari.

Pel que fa als altres paràmetres presenten un bon rendiment d'eliminació. Per tant, perquè l'efluent surti amb una qualitat acceptable seria necessari que es reduís la concentració de nitrats i de fosfats.

Taula 15. Característiques de matèria i energia EDAR del 2008. Font: Consorci de la Costa Brava.

Variables	Valors
Cabal total (m³)	4.263.890
Energia consumida (kW)	2.059.977
Producció de fangs (T MS)	1.088
E consumida (kW/m³)	0,48
Producció fangs (kg/m³)	0,26



6.4. Dades de les aigües i els fangs

6.4.1. Anàlisi al laboratori

S'han analitzat dues mostres de la línia de fangs. L'una procedeix de la purga, és a dir, d'abans d'entrar al digestor aerobi i l'altre procedeix de la sortida del digestor, abans d'entrar al tanc d'espessiment.

El dia 29/4/09 es van obtenir un parell de mostres de fang de la línia de fangs de la EDAR d'estudi, preses per un tècnic de manteniment. Les mostres es van dipositar en envasos de plàstic d'un litre fabricats per a aquesta aplicació i facilitats per la EDAR.

S'ha tapat bé l'envàs i de seguida s'ha portat al laboratori que el LEQUIA té al Parc Científic i Tecnològic de Girona. Tot seguit se n'ha analitzat la DQO, els SST i els SSV de les dues mostres.

6.4.1.1. Anàlisi dels sòlids ens suspensió totals (SST)

Per analitzar els sòlids totals presents a la mostra s'ha fet de la següent manera:

S'ha realitzat un banc de 3 dissolucions per cada mostra per tal de poder tenir una concentració apte per poder ser analitzada correctament. Per a realitzar les dissolucions s'ha disposat d'una mostra inicial de 10 ml i s'han fet les següents dilucions: 1/10, 1/100 i 1/1000. Com que les mostres eren molt terroses, s'han agafat les dissolucions 1 /100 i s'ha treballat sobre aquestes.

S'ha col·locat un filtre de fibra de vidre de 47 mm de diàmetre i 0,45 µm d'amplada de porus sobre un petit envàs d'alumini i s'ha pesat a la balança analítica conjuntament per tal de calcular la tara. (veure figura 34 i 35).



Fig. 34. Paper de filtre. Font: Google.



Fig. 35. Balança analítica. Font: Google.

S'ha fet una filtració al buit per tal de quedar-nos amb la fracció sòlida de la mostra i llençar el sobrenedant. La mostra ha quedat retinguda sobre el paper de filtre tarat prèviament i col·locat al *buchner* amb la cara rugosa mirant cap a dalt. (veure figura 36).

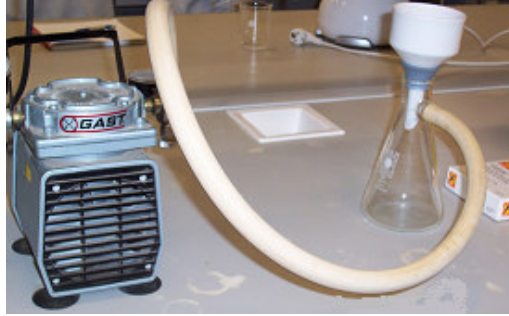


Figura 36. Filtració al buit. Font: Google.

Quan s'ha observat que pràcticament ja no hi havia aigua en la fracció sòlida, s'ha parat la filtració al buit i s'ha col·locat el paper de filtre en l'envàs d'alumini.

Tot seguit s'ha posat a assecat a l'estufa durant una hora a una temperatura d'uns 105°C i s'ha pesat després de deixar-lo refredar durant uns 15 minuts.

Aleshores s'han calculat els SST a partir de la diferència del pes mesurat en la balança analítica i la tara, tenint en compte el volum de mostra filtrat. La formula emprada és la següent:

$$SST = \frac{(B - A) * 10^6}{V}$$

SST (mg/L) = Sòlids en Suspensió Totals

A (g) = Tara

B (g) = Pes al cap d' 1 h

V (ml) = Volum de mostra agafat

La dissolució efectuada ha estat de 1/100 i la quantitat inicial de mostra agafada era de 10 ml. Per tant:

$$SST = 1,826 \text{ mg} \times \frac{100}{1} \times \frac{1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 18.260 \text{ mg}$$

$$SST = 1,652 \text{ mg} \times \frac{100}{1} \times \frac{1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 16.520 \text{ mg}$$

S'obté un valor de 18.260 mg/l per a la mostra d'entrada i 16.520 mg/l de SST per a la mostra de sortida.

6.4.1.2. Anàlisi dels sòlids en suspensió volàtils (SSV)

Un cop s'ha assecat els sòlid on s'hi ha determinat els SST, s'introdueix durant una hora en una mufla a 550°C (veure figura 37). Passat aquest temps, es deixa refredar, primer a l'estufa i després al dessecador.



Fig. 37. Mufla. Font: Web.

Aleshores es pesen aquests sòlids i es calcula la diferència entre aquest pes i el dels SST.

Tot restant el valor de la segona pesada amb el de la primera, s'obté un valor de 15,160 mg de SSV per la mostra de purga i un valor de 12,960 mg per a la mostra del digestor.

La fórmula per a calcular-ho és la següent:

$$SSV = \frac{(B - C) * 10^6}{V}$$

SSV (mg/L) = Sòlids en Suspensió Volàtils

B (g) = Pes al cap de 2 h

C (g) = Pes després de la mufla

V (ml) = Volum de mostra agafat

6.4.1.3. Anàlisi de la demanda química d'oxigen (DQO)

$$DQO_{\text{mostra}} = \frac{N_{\text{SAF}} * (V_{\text{blanc}} - V_{\text{mostra}}) * 8000}{V_{\text{md}}}$$

DQO (mg/L) = Demanda Química d'Oxigen

N_{SAF} = Normalitat trobada en l'estandardització del SAF

V_{blanc} (ml) = Volum de SAF gastat en la valoració del blanc

V_{mostra} (ml) = Volum de SAF gastat en la valoració de la mostra

V_{md} (ml) = Volum de mostra agafat per digerir. En el cas d'haver fet alguna dilució s'ha tingut en compte en aquest terme.

La mesura de la DQO filtrada dona la DQO soluble i la mesura de la DQO sense filtrar dona la DQO total, que és la que s'ha calculat.

Aquesta ha donat un valor de 20.212 mg/L a l'entrada del digester i de 14.864 mg/L a la sortida.

Taula 16. Resultats de l'anàlisi de mostres. Font: Elaboració pròpia.

	Entrada al digester	Sortida del digester	Rendiment (%)
SST (g/L)	18,260	16,520	9,5
SSV(g/L)	15,160	12,960	14,5
DQO (ppm)	20.212	14.864	26,5

6.4.2. Balanç de matèria

A partir de les dades de sequestat en que surt el fang dels diferents processos als quals se sotmet, s'ha realitzat el balanç de matèria per al cabal punta per poder comparar amb el balanç de matèria de la proposta de millora, ja que aquesta es dissenyarà en base a aquest cabal.

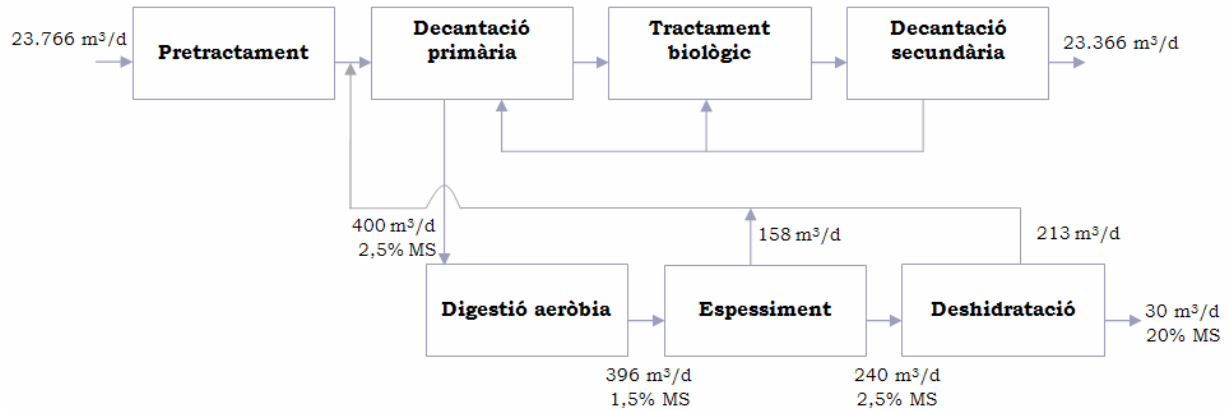


Fig. 38. Diagrama línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.

Tal com s'observa en la figura 38, el cabal punta és de 23.766 m³/d d'aigua residual i al final del procés quedaran 5.997 kg MS/d com a producte residual. Durant la digestió s'elimina un 40% de la MS degut a l'activitat dels microorganismes, així queda un fang més estabilitzat i de menor volum.

En la següent taula es mostren les concentracions de MS i els cabals de sortida corresponents a cada etapa del procés de la línia de fangs. Com es veu, en les etapes d'espessiment i deshidratació una part de l'aigua és separada del fang i tornada a la línia d'aigües per a la seva depuració, així el fang queda més espessit i té un menor volum.

Taula 17. Balanç de matèria de la línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.

	kg MS/L	kg MS/d	Q _{total} (m³/d)	Q _{m total} (kg/d)
Purga	0,025	9.995	400	405.997
Digestió aeròbia	0,015	5.997	396	401.998
Espessiment	0,025	5.997	240	243.598
Deshidratació	0,2	5.997	30	30.450

En la taula 18, es pot veure el cabal d'aigua d'entrada, de sortida i de retorn de les diferents etapes. El 0,10 % de l'aigua que entra a la EDAR acabarà formant part del fang, mentre que un 1,6 % en formarà part però es recuperarà degut als processos d'espessiment i de deshidratació i retornarà a la línia d'aigües. El volum del fang que entra a la línia de fangs es redueix en un 93 % al final del procés.

Taula 18. Aigua dels diferents processos de la línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.

	Aigua (m ³ /d)		
	Entrada	Retorn	Sortida
Digestió aeròbia	396	--	396
Espessiment	396	158	238
Deshidratació	238	213	24

6.4.3. Balanç d'energia

L'energia total consumida a la EDAR en un any, com per exemple el 2008 és de 2.059.977 kWh. Aquest consum es distribueix en les despeses que es mostren en la taula 19:

Taula 19. Distribució dels consums energètics de la EDAR. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Despeses	Percentatge
Personal	25%
Pretractament	15%
Tractament primari	5%
Tractament secundari	15%
Tractament terciari	10%
Digestió aeròbia dels fangs	15%
Resta de la línia de fangs	15%

L'energia que consumeix la part de la digestió aeròbia es correspon aproximadament a un 15% del total, per tant:

$$2.059.977 \text{ kW / any} \times \frac{15}{100} = 308.996 \text{ kW / any consumits en la digestió aeròbia}$$

Aquesta energia és consumida per les turbines del sistema d'aeració dels reactors aerobis.

6.5. Altres punts febles de la EDAR

Després de fer l'anàlisi del funcionament actual de la EDAR de Castell-Platja d'Aro, s'han detectat alguns processos que es podrien millorar a més de l'estudiat fins ara a fi d'incrementar-ne la seva eficiència.

Tot i això, s'ha de tenir en compte que es tracta d'una EDAR molt antiga i els tractaments que hi ha actualment no s'han millorat.

- **Eliminació de nutrients:** La EDAR no té eliminació de nitrogen i fòsfor.

Els principals nutrients que es troben en l'aigua residual són el fòsfor i el nitrogen. Aquests estimulen el creixement d'algues i altres formes de vida fotosintètica que acceleren la eutrofització de l'aigua, redueixen la concentració d'oxigen dissolt i produeixen canvis en les poblacions aquàtiques. Per això seria important aquesta eliminació de nutrients abans que l'aigua arribi al seu destí.

Tot i que abans s'ha dit que no hi ha eliminació de nutrients si que se n'elimina indirectament una part molt petita però no suficient.

Segons dades del Consorci de la Costa Brava, l'any 2008 el nitrogen a l'entrada era de 59,54 mg/L i 34 mg/L en la sortida. Aquesta disminució es deguda a la nitrificació-desnitrificació que hi ha en les zones anòxiques que es creen en el reactor biològic.

Pel que fa al fòsfor, entra amb una concentració de 6,28 mg/L i surt amb una de 4 mg/L degut a la precipitació d'aquest, a causa de l'adició de clorur fèrric.

Si es donés correctament el procés de nitrificació-desnitrificació, l'eliminació del nitrogen s'aconseguiria mitjançant dues etapes. En la nitrificació les bacteries nitrosomones oxiden l'amoníac a nitrit i el nitrobàcter ho transforma de nitrit a nitrat. En la desnitrificació el nitrat es converteix a nitrogen gas i es dona en condicions anòxiques.

Els microbis utilitzen el fòsfor per la síntesis cel·lular i el transport d'energia i, per aquest motiu, es pot arribar a eliminar gairebé un 30% del fòsfor en el tractament biològic.

Per aconseguir millors eliminacions cal un tractament específic que consisteix en crear les condicions ambientals adequades de manera seqüencial en els reactors. Normalment s'aconsegueix mitjançant la incorporació de fòsfor als sòlids en suspensió, fent-lo precipitar a base d'algun agent coagulant mitjançant sistemes biològics específics tot introduint unes condicions específiques als microorganismes dels fangs activats.

Cal dir que l'eliminació d'aquests nutrients té un cost relativament baix. Es pot aconseguir modificant el procés convencional de fangs activats mitjançant la incorporació de zones amb o sense aeració i així es generen zones aeròbies, anaeròbies i anòxiques.

Segons dades del consorci de la Costa Brava, els nivells de nitrogen i fòsfor en la sortida durant els anàlisis del 2008 són de 34 i 4 mg/L respectivament. La EDAR té una capacitat màxima de tractar 35.000 m³/d és a dir, 175.000 HE pel qual obtenim un factor de 0.2. Si durant l'any 2008 se sap que es van tractar 11.682 m³/d, els HE serien 58.409.

Segons la llei 91/271/CEE que ha estat modificada per 98/15/CE en que ens mostren els requisits per als abocaments procedent de les instal·lacions es veu que segons els HE (entre 10.000 i 100.000) la concentració màxima de nitrogen i fòsfor és de 15 i 2 mg/L. És a dir, la concentració de les aigües de la depuradora duplica el límit permès.

- **Aeració:** Aquesta EDAR no té un control de l'oxigen dissolt en cap dels reactors biològics.

A partir de l'experiència, el cap de la EDAR engega el sistema d'aeració el temps que ell considera adequat segons alguns paràmetres com l'olor, presència d'espumes, etc., sense saber la quantitat que n'hi ha en dissolució. Si hi hagués un control de l'aeració s'adequaria l'oxigen subministrat a la demanda i possiblement hi hauria un estalvi energètic i econòmic. Si no es té un bon control del subministrament d'oxigen dissolt i, per exemple falta oxigen, poden aparèixer organismes filamentosos (procés anomenat *bulking*) que empobreixen les característiques de sedimentació i la qualitat del fang activat.

- **Mètode d'aeració:** Actualment es dona mitjançant turbines també anomenats airejadors mecànics superficials que són poc eficients.

Es podria millorar l'eficiència substituint les turbines per un altre mètode com ara difusors, o bé mitjançant d'altres instal·lats en parts del tanc que complementin les turbines que existeixen actualment. D'aquesta manera es milloraria l'eficiència de la barreja. En tot cas, s'hauria de fer un estudi econòmic per veure si surt viable o no aquest canvi, ja que el mètode utilitzat en l'actualitat no permet saber la quantitat d'oxigen que hi ha i, per tant, si fa falta una millora o no.

- **Males olors:** Malgrat l'addició de clorur fèrric, la EDAR encara genera problemes de males olors degut als fangs.

Una solució a aquest problema és canviar la digestió aeròbia per una d'anaeròbia, ja que tot i que la darrera genera més olors, com es tracta d'un dipòsit aïllat, aquestes no sortarien a l'exterior. Anirien directament a les conduccions on aquests poden ser tractats mitjançant filtres o rentat de gasos per eliminar les substàncies tòxiques.

- **Tractament terciari:** Estudiar la possibilitat de canviar el sistema terciari de desinfecció UV/cloració per un sistema de membranes, ja que el sistema actual presenta alguns inconvenients. Pel que fa al clor s'ha de tenir un control estricte de la quantitat que s'hi afegeix ja que aquest fa mala olor i dona mal gust a l'aigua. Això es degut a que reacciona amb substàncies orgàniques que aquesta porta, generant productes que li donen aquestes característiques. A més, poden aparèixer trihalometans que són substàncies nocives per a la salut i de difícil eliminació (veure apartat 6.1.4). Una de les alternatives a la utilització del Clor és l'ús de la radiació UV ja que no presenta agressions a l'aigua, ara bé, té l'inconvenient de no ser tan eficient en l'eliminació d'espores, quists i virus. Per aquest motiu a la EDAR es fa el tractament mixt.

Amb l'addició de membranes el seu consum seria menor. Gastaria de 0,1 a 0,6 kWh/m³, mentre que el consum actual del tractament terciari és de 0,7 kWh/m³.



7. Proposta de millora

7.1. Digestió anaeròbia de fangs

La digestió anaeròbia és un procés biològic de fermentació el qual pot tenir lloc de forma espontània en el medi natural.

Consisteix en la degradació de la matèria orgànica en absència d'oxigen per part d'un conjunt de microorganismes que la transformen en metà i diòxid de carboni.

En la línia de fangs d'una depuradora serveix per a la seva estabilització i es produeix en un reactor completament aïllat durant un període de temps variable.

Aquest tractament també s'utilitza per tractar els residus orgànics com puguin ser els ramaders. Els fangs residuals que queden després del seu tractament són aptes per ser utilitzats com a fertilitzants en l'agricultura.

L'ús de les tecnologies en digestió anaeròbia pot ajudar a reduir les emissions de gasos amb efecte hivernacle:

- Substitució dels combustibles fòssils per biogàs
- Reducció en les emissions de metà si aquest residu no hagués estat tractat. Tot i això, cal emmagatzemar i fer servir convenientment el metà ja que és un dels gasos que contribueix més activament en l'efecte hivernacle
- Substitució del fertilitzants produïts en la indústria
- Reducció en les pèrdues en el transport elèctric si es fa servir l'electricitat produïda per a consum propi o per consumidors propers

Els reactors anaerobis poden treballar a temperatures mesofíliques (20°C a 40°C) o termofíliques (més de 40°C) i estan connectats a equips de cogeneració.



7.1.1. Fases de la digestió anaeròbia

En la fermentació anaeròbia hi estan involucrats diferents tipus de microorganismes i per a que es produeixi el metà en l'última fase s'han d'haver produït necessàriament les anteriors. Els bacteris productors de biogàs són estrictament anaerobis i només poden sobreviure en absència total d'oxigen atmosfèric. A més a més, aquests bacteris són molt sensibles als canvis ambientals i per això és necessari un control i manteniment constant dels paràmetres de funcionament del reactor.

Tal com es pot veure a la figura 39, existeixen quatre etapes en la degradació del substrat en les que intervenen diferents poblacions bacterianes.

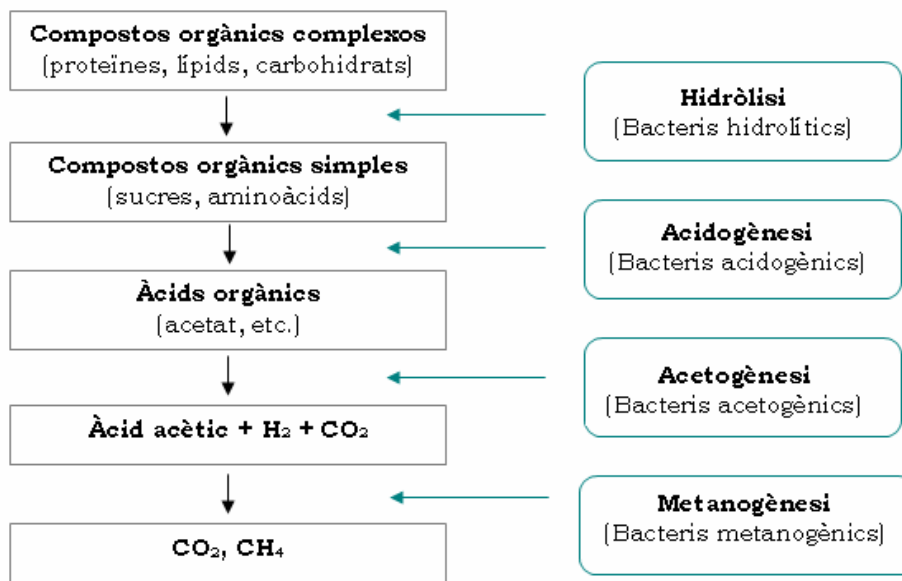


Fig. 39. Fases de la digestió anaeròbia. Font: Elaboració pròpia.

Etapa 1: Hidròlisi

El procés de digestió anaeròbia comença amb una hidròlisi de la matèria orgànica per tal de trencar les molècules dels polímers orgànics insolubles que formen part de la biomassa a digerir, transformant-les en molècules més simples que estaran disponibles per a d'altres bacteris.

Aquestes molècules complexes són hidrolitzades gràcies als enzims extracel·lulars produïts pels microorganismes. Aquests poden ser anaerobis estrictes però la majoria són facultatius i creixen espontàniament quan les condicions són favorables o bé formen part de la flora de les substàncies orgàniques que s'han de digerir.

Qualsevol substrat està compost per tres macromolècules (proteïnes, lípids i hidrocarburs) que els microorganismes s'encarreguen d'hidrolitzar. Els carbohidrats es descomponen en sucres, les proteïnes en pèptids i els aminoàcids i els greixos (lípids) a glicerol i àcids orgànics. Així produeixen aliment per altres bacteris i a més eliminen traces d'oxigen dissolt que puguin quedar en la matèria orgànica.

La velocitat de reacció de la hidròlisi depèn del pH, la temperatura, la concentració de biomassa hidrolítica, el tipus de matèria particulada present i la mida de la partícula.

Etapa 2: Acidogènica o fermentació àcida

Els compostos solubles (sucres i aminoàcids) són fermentats anaeròbiament pels microorganismes acidogènics i són transformats a àcids grassos de cadena curta. Els bacteris encarregats de fer-ho són bàsicament anaerobis facultatius.

Etapa 3: Acetogènica

Els bacteris acetogènics productors d'hidrogen transformen els àcids grassos en H₂, CO₂ i acetat. Els bacteris acetogènics consumidors d'hidrogen regulen el nivell d'H₂ utilitzant-lo conjuntament amb el CO₂ per a formar acetat. Aquests bacteris són anaerobis estrictes.

Etapa 4: Metanogènica

Els bacteris metanogènics constitueixen l'últim pas en el procés de digerir la matèria orgànica i retornar al medi els elements bàsics per a reiniciar el cicle.

Aquí els microorganismes converteixen l'hidrogen i l'àcid acètic a gas metà i diòxid de carboni. Els bacteris responsables són anaerobis estrictes.

El substrat d'aquests microorganismes és: diòxid de carboni, hidrogen, formiat, acetat, metanol, metilamines i monòxid de carboni.

Equació general simplificada per a tot el procés:



Les dues primeres fases són enzimàtiques i les altres dues biològiques. Els bacteris de les dues últimes fases es caracteritzen per tenir taxes de creixement molt lentes, per això es considera que el seu metabolisme es un factor limitant per al tractament anaerobi dels residus orgànics.

La digestió anaeròbia es pot realitzar en *batch* o en continu. En *batch* és la forma més simple i econòmica de fer la digestió, la biomassa és afegida al reactor al principi del procés i és retinguda allà fins que acaba. En continu la matèria orgànica és afegida constantment al reactor que funciona per etapes i es crea biogàs constantment o periòdicament.

La descripció dels següents paràmetres orientatius per a realitzar una digestió anaeròbia satisfactòria es fa en relació a un sistema de digestió anaeròbia en *batch*.

7.1.2. Factors del procés

pH: El pH dins del reactor pot variar depenent de l'equilibri entre el diòxid de carboni, l'hidrogencarbonat i l'àcid carbònic, però una vegada establitzat el procés fermentatiu aquest té la capacitat d'autoregular les diferències de pH.

El rang de pH idoni per a tot el procés pot variar però ha d'estar comprès entre 6,5 i 7,6, degut a que els microorganismes de cada etapa assoleixen una màxima activitat en diferents rangs òptims de pH. (veure taula 20).

Taula 20. PH idoni per a cada grup bacterià. Font: Elaboració pròpia.

Grup bacterià	pH
Hidrolítics	7,2 - 7,4
Acidogènics	6,6 - 7,6
Acetogènics	7,0 - 7,2
Metanogènics	6,5 - 7,5

Una alcalinitat d'entre 2 i 3 g CaCO₃/L és l'adequada per a permetre l'autoregulació del pH en el reactor, però no sempre el substrat la presenta. En el cas dels residus ramaders, per exemple, la seva elevada alcalinitat permet l'autoregulació permanent del pH. Però en algunes aigües residuals pot ser necessari un control del pH.

Potencial redox: Sobretot ha d'afavorir el desenvolupament de poblacions metanogèniques, per això es requereix un potencial redox comprès entre -300 mV i -330 mV.

Nutrients: Els principals nutrients limitants són el nitrogen i el fòsfor. Ara bé, en la digestió anaeròbia no es té una elevada necessitat de nutrients ja que la velocitat de creixement dels microorganismes és petita.

- **Nitrogen: C/N** entre 15/1 i 54/1 amb un valor recomanable de 30/1. Els valors inferiors disminueixen la velocitat de reacció, i els superior creen problemes d'inhibició.
- **Fòsfor:** El valor recomanable de C/P és de 150/1.

Inhibició: En el sistema hi poden ser presents certes substàncies tòxiques que inhibeixen en menor o major grau la digestió anaeròbia.

Segons el seu origen:

- Productes intermedis generats en les reaccions metabòliques dels diferents bacteris que si s'acumulen poden sobrepassar la capacitat tampó del reactor. Per exemple: H₂, H₂S, NH₃, àcids grassos volàtils.
- Substàncies que de forma accidental o puntual s'introdueixen en el sistema.

A partir de determinades concentracions els metalls pesants, els antibiòtics i els detergents poden inhibir o fins i tot interrompre el procés fermentatiu.

També actuen com a inhibidors els àcids grassos volàtils amb una concentració superior a 2.000 ppm en la fermentació mesofílica i de 3.600 ppm en la termofílica.

De tota forma la concentració crítica de les substàncies susceptibles de ser tòxiques i el seu grau de toxicitat depenen en certa mesura de la seva hidrosolubilitat o liposolubilitat. Aquestes característiques varien en relació al pH i també a varis factors que condicionen l'equilibri químic. A més es poden donar efectes sinèrgics o antagònics entre les activitats tòxiques de les diferents substàncies.

Temperatura: La temperatura afecta directament a l'activitat i al temps d'activitat dels microorganismes. La digestió anaeròbia de fangs de depuradora es porta a terme en el rang mesofilic (20°C a 40°C) o termofilic (més de 40°C).

En el rang termofilic les reaccions químiques i biològiques es donen a elevades velocitats, però pot no ser rentable econòmicament degut a la quantitat d'energia a aportar, per això és preferible treballar en rang mesofilic.

Velocitat de càrrega orgànica: És la quantitat de matèria orgànica introduïda cada cert període al reactor. Un augment sobtat d'aquesta podria provocar una sobrecàrrega i que els microorganismes no funcionessin a ple rendiment.

TRC: En un digester varia segons la quantitat, el tipus de material d'entrada, la configuració del digester i la temperatura a la que treballi. És el temps en que el substrat està dins del reactor digerint-se. Si aquest és massa petit la digestió no es completa i com major sigui més producció de biogàs s'obté.

En aquesta EDAR es cas considera que hi ha un reactor de mescla completa i per tant el TRC haurà de ser com a mínim el corresponent segons la velocitat de creixement dels microorganismes.

Contingut en sòlids: Els sòlids dificulten la mobilitat dels bacteris dins del substrat i això pot fer disminuir l'eficiència de producció de biogàs, però el grau en que afecti depèn en gran mesura de la resta de paràmetres.

Inoculant: L'addició d'inoculant fa augmentar l'activitat bacteriana afegint al digester nou material ric en bacteris. Com major sigui la proporció i menor sigui l'edat d'aquest material, major serà l'eficàcia de producció de biogàs.

Barreja: La barreja és necessària per evitar la sedimentació de partícules que disminuiria la taxa de reacció entre el substrat i els enzims produïts pels bacteris. També és essencial perquè hi hagi una uniformització de la població bacteriana, per aconseguir una activitat biològica homogèniament distribuïda.

El fang digerit que queda és la part que els microbis no han pogut aprofitar, normalment consisteix en residus mineralitzats de bacteris morts i material orgànic estable resultant de la digestió acidogènica que consisteix en lignina i cel·lulosa. L'aigua resultant del procés de centrifugació és recirculada cap a la línia de tractament d'aigües.

7.1.3. Biogàs

El biogàs, és un gas combustible incolor, d'olor forta i tòxic que es genera en els medis naturals o en dispositius específics mitjançant reaccions de biodegradació de la matèria orgànica gràcies a l'acció de determinats microorganismes i d'altres factors que afavoreixen que aquest procés es porti a terme en un ambient anaerobi.

El biogàs està format, com s'ha esmentat anteriorment, per metà (CH_4) com a principal component, seguit d'altres com el diòxid de carboni (CO_2) i de nitrogen (N_2), hidrogen (H_2) i àcid sulfhídric (H_2S) en quantitats menors. En la taula següent s'observa la composició típica del biogàs:

Taula 21. Composició típica del biogàs. Font: Wikipedia.

Gasos	CH_4	CO_2	N_2	H_2	H_2S	CO	O_2	H_2O
%	60-80	30-40	1-7	5-10	0-1 (50 a 5000 ppm)	0-0.15	0.1	0.3

Tot i això, aquests valors són orientatius i a la realitat aquesta composició varia depenent del tipus de fang utilitzat i de les condicions en les que es processa.



En la següent taula s'anomenen altres característiques importants del biogàs:

Taula 22. Característiques del biogàs. Font: Wikipedia.

Biogàs	
Característica	Valor
Poder calorífic inferior (kcal/m³)	4.500 a 5.600
Temperatura d'inflamació (°C)	600
Pressió crítica (bar)	82
Densitat (kg/m³)	1,2

El poder calorífic és una de les característiques més importants dels gasos combustibles. Aquest pot ser inferior o superior i és mesurat en unitats d'energia per massa.

El poder calorífic és la calor despresada per la combustió d'una unitat de volum de gas. El poder calorífic superior (PCS) és tota la calor produïda en la reacció de combustió d'una unitat de volum, condensant el vapor d'aigua com a producte de combustió. En canvi el poder calorífic inferior (PCI) és la calor realment aprofitable, el que s'ha produït sense aprofitar l'energia de la condensació del vapor d'aigua i d'altres processos sense importància significativa.

El gas obtingut pot ser utilitzat de diferents maneres:

- Per escalfar els digestors
- Calefacció dels edificis
- Per produir energia elèctrica a la instal·lació

Aquest gas pot arribar a ser molt perillós ja que la barreja de gas/aire és explosiu i pot causar asfíxies per esgotament d'oxigen. Això cal tenir-ho en compte alhora del seu emmagatzemament, s'ha de mantenir allunyat dels llocs on hi pugui haver espurnes.

Espanya es localitza en la 4^a posició en el rànquing de productors de biogàs, bàsicament degut al gas produït en abocadors. En els primers llocs se situen els països que tenen una legislació més estricta que els obliga a produir una major quantitat de biogàs com ara Gran Bretanya o bé per les elevades tarifes aplicades a l'electricitat produïda, com és el cas d'Alemanya.

Es pot aprofitar amb l'objectiu de generar energia tèrmica o bé mitjançant la tecnologia de cogeneració i per tant, produir energia elèctrica i tèrmica al mateix temps.

En la cogeneració el biogàs s'ha de cremar en turbines o motors de cogeneració que permeten produir electricitat i alhora aigua calenta que s'utilitza per la calefacció de la instal·lació.

7.1.3.1. Cogeneració

La cogeneració consisteix en generar conjuntament energia elèctrica i tèrmica a partir d'una font d'energia primària. En el nostre cas, biogàs.

El seu gran avantatge és l'eficiència energètica que es pot obtenir del combustible primari utilitzat, a diferència de les opcions convencionals de generació d'energia tèrmica i elèctrica per separat.

El biogàs pot haver de requerir un tractament per poder utilitzar-lo com a combustible. El sulfat d'hidrogen és un producte tòxic format durant el procés de producció del biogàs i n'és un component traça. Una altra alternativa si es superen els llimdars legals establerts de sulfat d'hidrogen en el biogàs, és afegir clorat fèrric (FeCl_3) en el tanc de digestió per inhibir-ne la seva formació.

7.2. Digestió aeròbia vs. Anaeròbia

En la següent taula s'observen les principals diferències entre la digestió aeròbia i la digestió anaeròbia, on tot seguit s'expliquen cadascuna de les diferències.

Taula 23. Comparació digestió aeròbia/anaeròbia. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	D. aeròbia	D. anaeròbia
1. Productes resultants de la degradació	CO ₂ ,H ₂ S,NO ₃ ⁻	CH ₄ ,H ₂ O,NH ₄
2. Generació de CO₂ o GEIs	+	-
3. Capacitat per tractar altes càrregues de matèria orgànica	-	+
4. Velocitat de degradació	Ràpida	Lenta
5. Síntesi de noves cèl·lules	+	-
6. Fixació de Nitrogen i Fòsfor	Alta	Baixa
7. Estabilització del fang	-	+
8. Temps de retenció	-	+
9. Reducció DQO	-	+
10. DBOs del sobrenedant	-	+
11. DBOs del fang	-	+
12. Reducció de SSV	-	+
13. Qualitat fang	-	+
14. Facilitat deshidratació	-	+
15. Males olors	+	-
16. Recuperació gasos	NO	SI
17. Producció d'energia renovable	NO	SI
18. Rendiment energètic	-	+
19. Àrea necessària i mida del tanc	-	+
20. Neteja i inspecció	-	+
21. Temps de posada en marxa i control del sistema	-	+
22. Complexitat de funcionament	-	+
23. Sensibilitat procés (a la temperatura, emplaçament, carrega, etc.)	-	+
24. Per a poblacions superiors a 25.000 habitants	-	+
25. Inversió	-	+
26. Cost de manteniment	-	+
27. Bulking	SI	NO
28. Necessita altes temperatures	NO	SI
29. Necessitat de subministrament d'oxigen	SI	NO
30. Elimina compostos recalcitrants	NO	SI
31. Elimina compostos contaminants	NO	SI
32. Limitacions	- (O ₂)	+ (pH i O ₂)
33. Rendiment	+	-

1, 2: Un dels productes resultants de la digestió aeròbia és el CO₂. L'excés d'aquest provoca l'escalfament de la Terra, en canvi, en la digestió anaeròbia es genera poc CO₂ i el que hi ha és de cicle curt, és dir, no es comptabilitza com a gas causant de l'efecte hivernacle.

3: Per aigües amb una elevada carrega orgànica (2.000-30.000 mg DBO/L o més) la digestió anaeròbia pot representar la solució més convenient.

4, 5, 6, 7, 8: Els microorganismes que realitzen la digestió anaeròbia tenen uns requeriments nutricionals especials, les bacteries són més específiques que les de la digestió aeròbia, el seu metabolisme és lent (per tant, la velocitat de degradació es lenta) i la producció de noves cèl·lules també es baixa per això la fixació de nitrogen i fòsfor es petita.

El fang sol ser més estabilitzat en la digestió anaeròbia en comparació amb l'aeròbia a causa de la baixa taxa de creixement cel·lular i de la conversió de la matèria orgànica en gas metà i diòxid de carboni.

9, 10, 11, 12, 13: L'eliminació de contaminants en la digestió anaeròbia es molt millor, la DQO es redueix un 50% i la DBO es redueix un 80%, cosa que en la digestió aeròbia gairebé no es redueix.

En els sistemes de digestió anaeròbia, el temps mig de retenció cel·lular coincideix amb el temps de retenció hidràulica del líquid dins del digester tot i que els temps de retenció són menors en la digestió aeròbia.

També hi ha més reducció de SSV a causa del seguit de fases que té el tractament anaerobi.

Com que el fang resultant de la digestió anaeròbia està més estabilitzat i hi ha més mineralització i, la qualitat del fang és molt millor per a la seva finalitat.

14: El fang obtingut amb la digestió anaeròbia ocupa menys volum i es pot assecar més fàcilment, per tant, hi ha una millor deshidratació.

15: Reducció significativa de les males olors en la digestió anaeròbia, ja que el procés de digestió anaeròbia es dona en un tanc completament aïllat.

16, 17, 18: El metà resultant de la digestió anaeròbia pot ser utilitzat com a combustible i així, mantenir la EDAR amb aquest metà sense necessitat d'altres requeriments energètics que els produïts en la pròpia EDAR. Això també suposaria un fort estalvi econòmic. Per tant, es pot dir que té un menor consum d'energia externa. A més, el biogàs produït amb la digestió anaeròbia es una energia renovable.

19, 20, 21, 22: La digestió anaeròbia necessita un dipòsit de mida més gran que l'aerobi i aïllat. A més necessita conduccions tan pels gasos com per escalfar el digester. Per això, es necessària una àrea més gran per a la instal·lació. En la EDAR de Castell-Platja d'Aro la superfície no es cap problema ja que tenim l'espai necessari per tal de col·locar totes les instal·lacions.

A més a més, el digester anaerobi al trobar-se aïllat, és més complicada la seva neteja i la inspecció del seu interior. En canvi, l'aeròbia a l'estar en contacte amb l'exterior és molt més fàcil.

El control del sistema anaerobi i la seva posada en funcionament és més complicada que l'aerobi.

23: La digestió anaeròbia és un procés més sensible ja que cal sobretot portar un control de la temperatura necessària per assolir un tractament adequat, ja que els bacteris anaeròbics són més estrictes amb aquest paràmetre

24, 25, 26: Segons estudis realitzats, per a les poblacions superiors a 25.000 habitants el procés anaerobi és més econòmic mentre que per poblacions inferiors a 15.000 habitants es millor utilitzar el procés aerobi. Si la població estigués en el rang d'entre 15.000-25.000 habitants, llavors s'hauria de fer un estudi més exhaustiu i mirar altres aspectes més enllà de les condicions econòmiques. La inversió i el cost de manteniment és superior en la digestió aeròbia ja que requereix un major nombre d'instal·lacions com pot ser noves conduccions dels gasos, un gasòmetre per emmagatzemar el gas produït...tot i això, aquesta inversió i costos de manteniment s'acaben amortitzant a mitjà-llarg termini.(veure apartat 10).

27. Per tal de que es produeixi *bulking* cal una mínima quantitat d'oxigen i en la digestió anaeròbia no hi ha oxigen, per tant, no es produeix *bulking*.

28, 29: La digestió anaeròbia necessita un subministrament de calor en el digester per tal de mantenir una temperatura constant al voltant dels 36°C. Per altre banda, la digestió aeròbia necessita un subministrament constant d'oxigen per tal de que es doni el procés.

30, 31: El procés anaerobi té una capacitat superior per eliminar compostos contaminants i recalcitrants ja que l'excés de biomassa produït per la digestió aeròbia a vegades ha de ser tractat mitjançant una digestió anaeròbia perquè pot contenir aquests compostos.

32: La digestió anaeròbia és més limitada que l'aeròbia ja que les necessitats d'oxigen d'aquesta es troben en quantitats abundants en l'atmosfera, en canvi, les bacteries anaeròbies són més sensibles, cal dur un control de pH del medi i evitar que hi hagi oxigen.

33: La digestió aeròbia proporciona un major rendiment. Aquesta té una biomassa de 0,4, és a dir, per cada gram de matèria orgànica s'obtenen 0,4 grams de biomassa. La digestió anaeròbia es troba entre 0,04 i 0,1. Tot i això, al final del procés de la digestió anaeròbia s'obté metà que acumula gran quantitat d'energia procedent de la matèria orgànica i, per això l'energia obtinguda al final es menor.

7.3. Disseny EDAR

Tots el càlculs de la proposta de millora s'han fet en relació al cabal punta, que és el cabal màxim que ha tractat la depuradora dintre del període del 1996 al 2008. El cabal mensual màxim ha estat el de l'agost de 1996. Aquests han estat de 713.000 m³/mes, és a dir, 23.766 m³/d.



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Les instal·lacions actuals de la EDAR de Castell-Platja d'Aro estan dissenyades per a un cabal de tractament de 35.000 m³/d, però des que es va construir no s'ha arribat mai a aquest cabal. Per aquest motiu s'ha decidit dissenyar les modificacions de la instal·lació de la línia de fangs en base al cabal punta, ja que s'estalviarien costos d'inversió innecessaris. Alhora s'assegura de que la EDAR pugui donar un servei adequat en el cas d'un possible creixement demogràfic de les poblacions a les que dona servei, ja que el cabal punta no es dona durant la major part de l'any i tampoc s'hi arriba en tots els estius.

El la figura següent, s'ha esquematitzat de manera general el diagrama de flux de la proposta de millora.

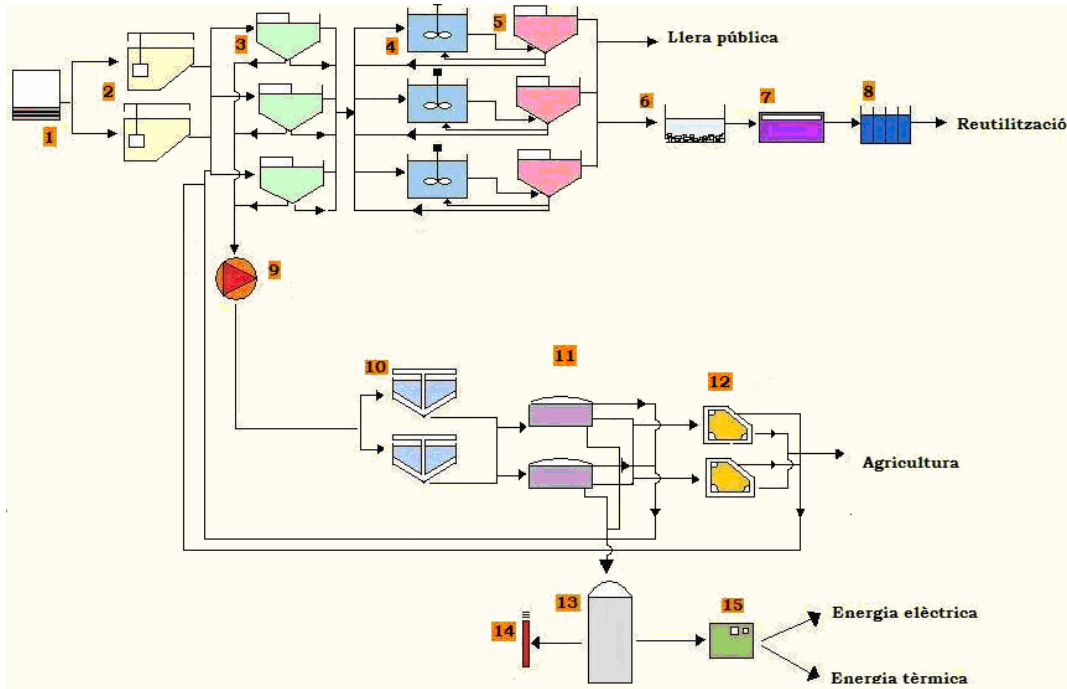


Fig. 40. Diagrama de flux de la proposta de millora. Font: Elaboració pròpia.

1. Pou de gruixuts, 2. Dessoradors-desgreixadors, 3. Decantadors primaris, 4. Reactors biològics, 5. Decantadors secundaris, 6. Filtre de sorres, 7. Filtració UV, 8. Cloració, 9. Estació de bombament, 10. Espessidors, 11. Digestors anaerobis, 12. Centrifugues, 13. Gasòmetre, 14. Torxa i 15. Motor de cogeneració.

7.3.1. Descripció dels equips i processos a implantar

7.3.1.1. Espessidor Gravitatori

L'espessidor gravitatori és un dels més utilitzats i es porta a terme en un tanc de disseny similar al de la sedimentació convencional però més petit. És un tanc circular amb el fons cònic i el fang diluït entra pel pou d'alimentació situat en el centre. El fang es deixa sedimentar i compactar fins que s'extreu pel fons cònic del tanc. Els mecanismes col·lectors de fang tradicionals el recullen només lleugerament, per això no estaria de més incloure canals perquè l'aigua escapi i ajudi a la densificació.

El flux sobrenedant resultant és retirat i retornat al decantador primari o al cabal d'entrada d'aigua de la EDAR. Finalment el fang espessit és bombat al digester anaerobi per a la seva digestió.

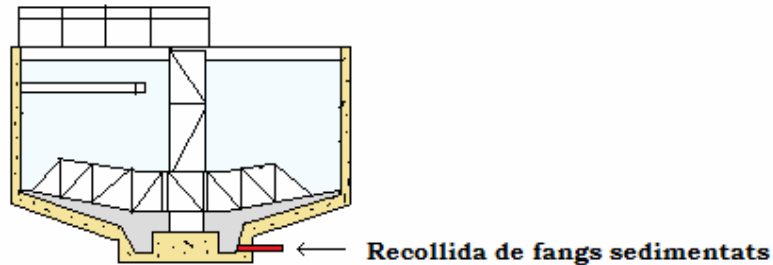


Fig. 41. Secció d'un espessidor gravitatori. Font: Elaboració pròpia.

L'espessidor gravitatori és més efectiu amb els fangs primaris i pot ser un procés olorós sobretot en els climes càlids. Per EDARs petites també s'utilitza per a espessir conjuntament els fangs primaris i secundaris i s'aconsegueix un espessiment d'entre un 4% i un 6% de concentració de sòlids.

7.3.1.2. Digestor anaerobi

Aquest ha de ser un recipient aïllat, normalment cilíndric amb un volum que depèn del temps de retenció de disseny i de les espumes que es creen. Normalment són d'acer o de formigó armat. En la part superior es recull el gas i en la inferior s'extreuen els fangs. El fons acostuma a estar inclinat cap el centre i la profunditat depèn del sistema d'agitació. La coberta del digestor pot ser fixa o flotant. Aquestes últimes permeten variacions del volum de gas ja que s'ajusten a la superfície del contingut del digestor. Són perilloses perquè si hi entra aire, la barreja es explosiva i es pot produir una gran explosió. Tenen uns costos d'operació i de manteniment elevats. En canvi, les fixes proporcionen un espai lliure entre la coberta del digestor i la superfície del líquid. D'aquesta manera es necessari disposar d'un gasòmetre perquè quan variï el volum del digestor no entri aire, sinó gas. No obstant, pot generar una barreja de NaOH explosiva al seu interior si en l'extreure el fang entra aire al tanc. També pot generar crostes a les canonades. Amb aquestes tapes es pot utilitzar qualsevol tipus de barreja.

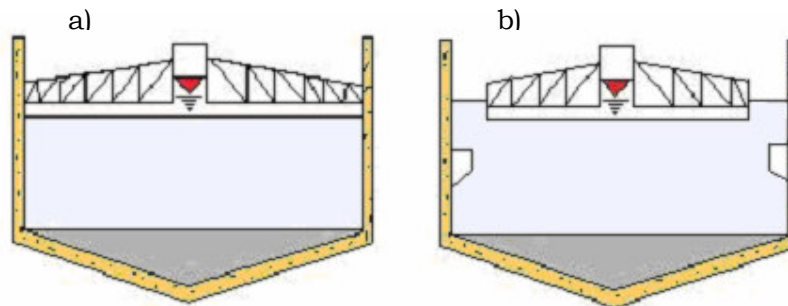


Fig. 42. Secció de dos espessidors. a) Coberta fixa, b) Coberta mòbil. Font: Elaboració pròpia.

En la proposta s'ha escollit un digestor circular de amb formigó armat amb cobertes fixes i de mescla completa amb hèlices mecàniques com a sistema de barreja, amb una turbina de doble hèlix. Té un sistema de purga al fons per poder extreure periòdicament acumulacions de materials.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

La calefacció del digestor es farà a partir d'un bescanviador intern format per un serpentí alimentat amb l'aigua del circuit de calefacció. Tot i que es més car el manteniment que el bescanviador extern, l'intern és més simple.

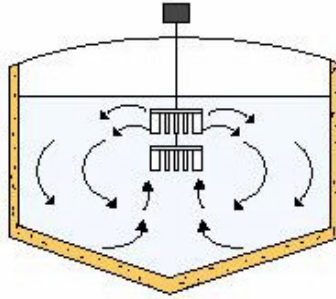


Fig. 43. Secció d'un digestor amb sistema de barreja mecànica. Font: Elaboració pròpia.

Altres components que s'han de tenir en compte per a la implantació de la digestió anaeròbia:

- **Xarxa de canonades:** Per l'entrada de fangs frescs, la sortida del sobrenedant i l'extracció del fang.
- **Circuit de gas:** Des del digestor fins als punts de consum o a la torxa.
El circuit està compost per:
 - **Cúpula de gas:** Es troba en el sostre del digestor des del qual s'extreu el gas del tanc.
 - **Vàlvules de seguretat.**
 - **Apagafocs:** Caixa amb plaques d'alumini amb forats. Quan hi ha alguna flama en la canonada del gas, aquest es refredaria per sota el punt d'ignició i seguiria el seu recorregut amb poca pèrdua de càrrega.
 - **Vàlvules tèrmiques:** Quan la flama genera prou calor la vàlvula tanca el pas del gas.
 - **Separadors de sediment:** Recipient situat sobre el digestor que reté la humitat del gas i els trossos més grans de que queden incrustats al tanc abans d'entrar al sistema de gas.

- **Purgadors de condensat:** Es un sistema que recull l'aigua que es condensada quan el gas del digestor que va des de el tanc fins a temperatures més baixes es molt humit.
 - **Mesuradors de gas.**
 - **Manòmetres:** Indiquen la pressió del gas.
 - **Reguladors de pressió:** Es troben abans i després del cremador de gasos en excés. Controlen la pressió.
 - **Cremador de gasos en excés:** Mitjançant una flama de cremat continu.
 - **Mostrejador:** Canonada que es troba en el tanc de digestió que pren mostres del fang.
- **Accés al digestor:** per el buidatge, neteja i reparació dels elements del interior del digestor.



Fig. 44. Exemple de digestor anaerobi, EDAR de Palamós. Font: Elaboració pròpia.

7.3.1.3. Gasòmetre

Es l'aparell que emmagatzema el biogàs. Aquest es necessari ja que tot i que la producció de biogàs és contínua al llarg del dia, el seu consum pot ser variable. Per tant, el gasòmetre serveix per cobrir la diferència entre producció i consum. Acostuma a ser d'acer inoxidable.

El gasòmetre treballa entre dos nivells. S'omple fins a arribar al nivell 2 i quan l'assoleix, s'encén la torxa situada al seu costat fins que el nivell de biogàs baixa al nivell 1.

En la proposta s'ha escollit un gasòmetre cilíndric d'acer inoxidable acabat en mitja esfera.



Fig. 45. Exemple de gasòmetre. EDAR de Palamós. Font: Elaboració pròpia.

7.3.1.4. Torxa

Aquesta ha d'anar acompanyada d'una vàlvula de seguretat. Si hi ha una acumulació de biogàs al gasòmetre aquest s'evacuarà a l'atmosfera per la vàlvula de seguretat. La sortida es farà de manera controlada, per tal que no s'alliberi CH_4 sinó CH_2 , que té un efecte hivernacle 21 vegades menor.

També porta incorporat un cabalímetre per controlar en tot moment el cabal que es crema.



Fig. 46. Exemple torxa. EDAR de Palamós. Font: Elaboració pròpia.

7.3.1.5. Motor de cogeneració

Els motors de cogeneració converteixen l'energia del biogàs en potència mecànica que gràcies a un generador incorporat s'obté energia elèctrica. També s'obté energia calorífica per mitjà d'una sèrie d'intercanviadors de calor ubicats en els sistemes de refrigeració del motor i de la sortida dels gasos d'escapament, així es recupera l'energia tèrmica alliberada en la combustió interna i s'aprofita eficientment l'energia.

Per altra banda genera també energia tèrmica útil provinent dels gasos d'escapament que estan a uns 500°C i del circuit de refrigeració del motor (camisa) on l'aigua arriba a uns 90°C i pot ser recuperable en un 100%.

L'energia obtinguda de l'aprofitament de l'energia tèrmica procedent del motor es distribueix principalment en forma d'aigua calenta útil per a funcions de calefacció i sanitàries.

Característiques del motor:

- Reducció d'emissions tòxiques amb un catalitzador d'oxidació
- Versatilitat amb el combustible utilitzat ja sigui biogàs o gas natural mentre contingui metà

Parts del sistema de combustió:

- **Regulador de pressió del gas d'entrada:** Manté la pressió d'entrada al carburador segons el poder calorífic del biogàs en concret, ja que aquest pot ser variable.
- **Carburador:** És el precursor de la barreja d'aire i combustible. Té dos vàlvules per a l'entrada d'aire que autoregulen la seva obertura segons la pressió de la línia de biogàs, aconseguint així la barreja més adequada en cada moment.
- **Sistema d'encesa:** Genera l'espurna per cremar la barreja de combustible i comburent (aire).
- **Tren de vàlvules:** Es troba a l'entrada del motor i està compost per una vàlvula d'accionament manual, un manòmetre de gas, i una sèrie de vàlvules que serveixen en cas d'emergència o de parada.
- **Filtratge:** Neteja l'aire que entra al motor per eliminar les impureses abans de que entri al carburador.
- **Circuit de sortida dels gasos d'escapament:** Els gasos de combustió surten dels cilindres a través de les vàlvules d'escapament. El conducte d'escapament està aïllat per evitar les radiacions de calor a la sala de màquines que poden afectar al rendiment del motor i per no perdre calor aprofitable.
- **Sistema de recuperació de calor:** A partir d'un intercanviador de calor tubular es produeix aigua calenta amb el calor de l'aigua de refrigeració de la camisa del motor i amb el dels gasos d'escapament.

- **Sistemes de seguretat:** El funcionament consisteix en la detecció i actuació automàtica davant les anomalies en el sistema mitjançant elements de regulació i control dels elements de parada del motor. Es poden produir parades ,per exemple si la temperatura de l'aigua d'entrada de la refrigeració és elevada, o bé és massa elevada la temperatura dels gasos d'escapament, etc.
- **Sala de màquines:** Degut a la radiació tèrmica i acústica produïda pel motor, aquest ha d'estar confinat en una sala aïllada i exterior, amb el sistema de ventilació adequat per a dissipar la radiació tèrmica acumulada, per a permetre l'entrada d'aire al motor i per a propiciar les condicions més adequades per als operaris.

El motor elegit és de combustió interna d'explosió MEP, en el qual l'aire comburent és introduït en els pistons i comprimit produït l'autoinflamació del combustible degut a l'altra pressió a la qual arriba. Els pistons mouen un cigonyal connectat a un alternador que transforma l'energia mecànica en energia elèctrica.

7.4. Balanç de matèria

A partir de les dades de sequedat de la taula següent en que surt el fang dels diferents processos als quals se sotmet, s'ha realitzat el balanç de matèria per al cabal punta.

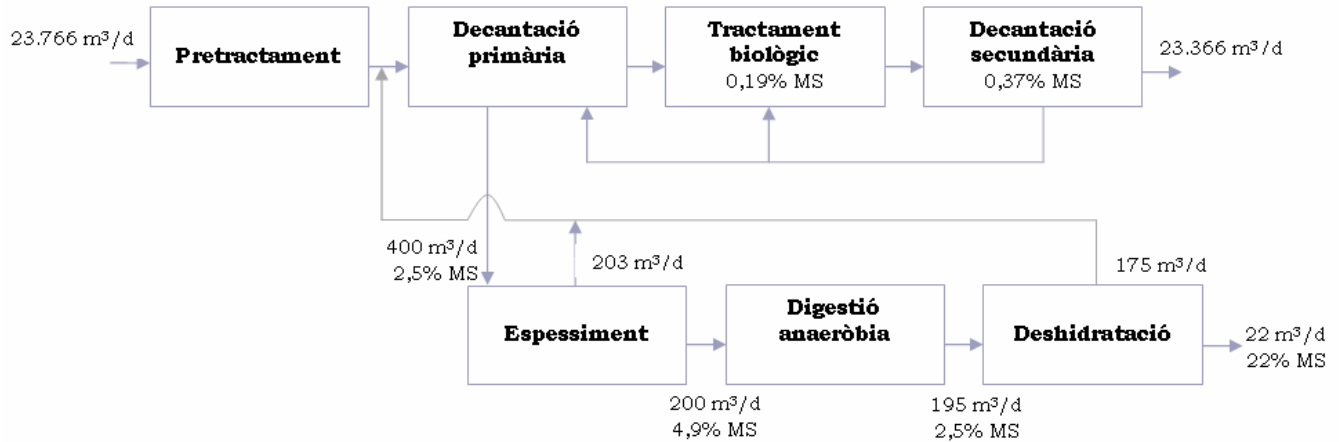


Fig. 47. Diagrama línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.
MS: matèria seca.

El cabal punta és de 23.766 m³/d d'aigua residual i gràcies al balanç de matèria de la situació actual se sap que a l'entrada de la línia de fangs hi ha un cabal de 9.995 kg MS/d. Durant la digestió anaeròbia s'elimina un 50% de la MS degut a l'activitat dels microorganismes, així queda un fang més estabilitzat i de menor volum.

En aquest cas l'etapa d'espessiment es fa abans de la digestió anaeròbia perquè quedi un fang més concentrat, ja que els microorganismes anaerobis treballen millor i produeixen més biogàs amb una elevada concentració de matèria orgànica per a degradar. A més, a major cabal de fangs major hauria de ser el volum del digestor i major serien les necessitats tèrmiques d'aquest.

En la següent taula es mostren les concentracions de MS i els cabals de sortida corresponents a cada etapa del procés de la línia de fangs.

Taula 24. Balanç de matèria de la EDAR. Font: Elaboració pròpia.

	kg MS/L	kg MS/d	Q _{total} (m ³ /d)	Q _{m total} (kg/d)
Purga	0,025	9.995	400	405.997
Espressiment	0,05	9.995	200	202.998
Digestió anaeròbia	0,026	4.998	195	198.001
Deshidratació	0,225	4.998	22	22.555

En les etapes d'essessiment i deshidratació una part de l'aigua és separada del fang i tornada a la línia d'aigües per a la seva depuració, així el fang queda més essessit i en menor volum.

Taula 25. Aigua dels diferents processos de la línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.

	Aigua (m ³ /d)		
	Entrada	Retorn	Sortida
Espressiment	396	203	193
Digestió anaeròbia	193	--	193
Deshidratació	193	175	18

El 0,10 % de l'aigua que entra a la EDAR acabarà formant part del fang, mentre que un 1,6 % en formarà part però es recuperarà degut als processos d'essessiment i de deshidratació i retornarà a la línia d'aigües. El volum del fang que entra a la línia de fangs es redueix en un 94 % al final del procés.

7.4.1. Generació de biogàs

El volum de biogàs s'ha calculat a partir del volum de metà, ja que aquest en suposa un 67% aproximadament del seu volum.

El volum de metà s'ha calculat mitjançant la següent fórmula:

$$V_{METÀ} = F_{CONV} \times Q_F \times (S_0 - S)$$

$F_{CONV} = 0,35 \text{ m}^3 \text{ metà/kg DQO}$

$S_0 = 40.444 \text{ ppm}$ i $S = 18.199 \text{ ppm}$

$Q_F =$ En referència al cabal de fang que entra al digestor



S'ha tingut en compte la densitat del fang (1,0155 kg F/L F) per a fer quadrar les unitats de la DQO a la fórmula.

$$S_0 = 41,065 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \text{ F} \quad \text{i} \quad S = 18,479 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \text{ F}$$

Taula 26. Volum de metà i biogàs generats. Font: Elaboració pròpia.

	V metà (m³/d)	V biogàs (m³/d)
Q_F punta (200 m³/d)	1.581	2.360

La dada de DQO d'abans d'entrar al digester (S₀) s'ha obtingut gràcies a l'anàlisi de la mostra de fang que es va prendre a l'entrada del digester aerobi actual, tot i que en la proposta de millora s'ha hagut de tenir en compte la incorporació d'un espessidor abans d'entrar a la digestió anaeròbia.

També se sap que durant la digestió anaeròbia un 45% de la DQO es redueix.

La DQO d'abans d'entrar a l'espessidor gravitatori de la proposta de millora és de 20.212 ppm, corresponent a un fang amb un 2,5% de MS.

Taula 27. Dades del fang pel cabal punta després d'espessir. Font: Elaboració pròpia.

	Sense espessir	Espessit
Q (m³/d)	400	200
% MS	2,5	5
Q màssic MS (kg/d)	9.995	9.995
DQO (ppm)	20.212	40.444

Tal com s'observa en la taula 27, el cabal màssic no canvia durant l'espessiment, però al estar el fang més concentrat la DQO augmenta.

7.5. Balanç d'energia

Tots els càlculs de generació i necessitats d'energia s'han fet pel període d'un any i a partir del cabal punta. Només s'ha tingut en compte la línia de fangs i de cogeneració, ja que el consum d'electricitat de la resta de la EDAR és el mateix.

7.5.1. Energia produïda

Per calcular l'energia obtinguda gràcies al biogàs generat en la digestió anaeròbia i al gas natural s'ha utilitzat la següent fórmula:

$$E_{total} = V_{gas} \times \% \text{ biogàs} \times PC_{biogàs} + V_{gas} \times \% \text{ GN} \times PC_{GN}$$

PC = Poder calorífic

$$PC \text{ biogàs} = 23.249 \text{ kJ/m}^3$$

$$PC \text{ gas natural} = 32.102 \text{ kJ/m}^3$$

$$Q_{gas} = 2.925 \text{ m}^3/\text{d} \text{ amb un } 76,7\% \text{ de biogàs i un } 23,3\% \text{ de gas natural}$$

El percentatge de l'energia produïda que és susceptible de ser transformada a energia elèctrica és del 34%, i el d'energia tèrmica del 55%.

Taula.28. Generació d'energia. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	Valors
Q_{gas} (m³/d)	2.925
E_{total} obtinguda (kWh)	7.401.196
E_{elèctrica} (kWh)	2.516.407
E_{tèrmica} (kWh)	4.070.658
Potència elèctrica (kW)	287
Potència tèrmica (kW)	465

7.5.2. Necessitats energètiques

7.5.2.1. Energia elèctrica

Per a les turbines de baixa velocitat de l'agitació mecànica, la potència és de 0,00632 kW/m³ per m³ de digestor.

$$V \text{ unitari del digestor} = 2.200 \text{ m}^3 \quad \text{Potència} = 13,9 \text{ kW}$$

$$\text{Potència necessària pels dos digestors} = 27,8 \text{ kW}$$

Agitació mecànica: 243.598 (kWh E elèctrica/any)

7.5.2.2. Energia tèrmica

La necessitat de mantenir els digestors a 36°C determinarà les necessitats d'energia tèrmica, les quals variarien de l'estiu a l'hivern en funció de la T ambient i del sòl i de la capacitat d'aïllament del digestor. Els càlculs següents es fan en base a un digestor i finalment es multipliquen per dos.

$$\text{Calor necessari (J/d)} = Q_F \times (T - T_F) \times C_{sp}$$

Q_F (kg/d) = Cabal màssic de fang que entra al digestor, 101.499

T (°C) = Temperatura desitjada, 36

T_F (°C) = Temperatura del fang d'entrada, 22,5 a l'estiu i 16,7 a l'hivern

C_{sp} (J/kg°C) = Calor específic del fang, 4.200

$$\text{Pèrdues de calor} = P. \text{ Solera} + P. \text{ Paret} + P. \text{ Coberta}$$

$$\text{Pèrdues per una superfície S (W)} = U \times S \times (T - T_a)$$

U (W/m²°C) = Coeficient de transferència de calor (*Metcalf & Eddy*)

U solera de formigó de 30 cm: 0,335

U mur de formigó de 30 cm amb aïllament: 0,705

U coberta fixa de formigó de 10 cm amb impermeabilització: 4,48

S (m²) = Superfície

S solera: 509,3

S paret: 480,7

S coberta: 254,5

T (°C) = Temperatura desitjada, 36

T_a (°C) = Temperatura de l'aire en contacte amb la superfície, 20,2 a l'estiu i 8,5 a l'hivern, en el cas de la solera utilitzar la temperatura del terreny, 23,2 a l'estiu i 11,5 a l'hivern

$$\text{Calor necessari total} = \text{Calor necessari} + \text{Pèrdues de calor}$$



En la següent taula es pot observar com es compleix la fórmula anterior:

Taula.29. Necessitats d'energia tèrmica. Font: Elaboració pròpia.

		Estiu	Hivern
Calor (kWh)	Necessari	583.494	834.180
	Pèrdues	223.822	392.884
	Total	807.316	1.227.064

Total energia tèrmica necessària per digestor = 2.034.380 kWh

Total energia tèrmica necessària pels dos digestors = 4.068.759 kWh

Taula 30. Balanç d'energia. Font: Elaboració pròpia.

Energia	Tipus	Valors (anual)
Generació E (kWh)	Elèctrica	2.516.407
	Tèrmica	4.070.658
Necessitats E (kWh)	Elèctrica	- 243.598
	Tèrmica	- 4.068.759
Balanç (kWh)	Elèctrica	2.272.809
	Tèrmica	1.899

Segons els resultats obtinguts que es mostren en la taula anterior mostra es produeix més energia elèctrica i tèrmica de la que es consumeix amb el digestor. No obstant per veure si la proposta de millora és viable s'ha fet una avaluació econòmica (veure apartat 7.8.).

Contribuint a la xarxa elèctrica amb energia d'origen renovable s'evita l'emissió de CO₂ d'origen fòssil de cicle llarg. En total amb l'energia elèctrica produïda s'evitaria l'emissió de 2.754.738 kg de CO₂.

No obstant també es consumeix gas natural que porta associada una emissió de 307.846 kg de CO₂.

Fent balanç en total s'evitaria l'emissió de 2.446.892 kg de CO₂.

7.6. Dimensionament

Com s'ha dit anteriorment, per tal de treballar sobre segur, totes les instal·lacions s'han dissenyat a partir del cabal punta, que va ser de 23.767 m³/dia pel mes d'Agost del 2006.

7.6.1. Espessidor gravitatori

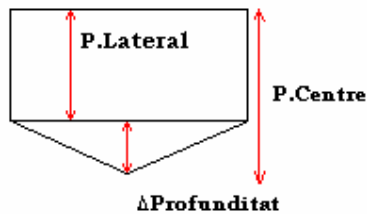


Fig. 48. Representació esquemàtica d'un espessidor. Font: Elaboració pròpia.

S'ha calculat l'àrea circular necessària per a una bona sedimentació segons el cabal de fangs de la següent manera:

$$\text{Àrea} = \frac{Q_{\text{màssic}}}{T_{\text{sòlids}}}$$

$$Q_{\text{màssic}} = 4,998 \text{ Kg MS/d}$$

$$T_{\text{sòlids}} = 50 \text{ kg/m}^2\text{d}$$

La taxa de càrrega de sòlids és un valor teòric (*Metcalf&Eddy*).

L'àrea obtinguda ha estat de 100 m². A partir d'aquesta àrea s'ha aïllat el diàmetre que ha donat un valor de 11,3 m.

L'altura s'ha calculat a partir del volum necessari en el tanc per tal de recollir el cabal de fangs que es produeix de 400 m³/d. Així, l'altura obtinguda és de 1,5 m pel que fa al lateral i 3 m per la profunditat del centre.

Amb les dades del diàmetre i de la profunditat i segons les fórmules del volum del cilindre i del con s'han obtingut la resta de mesures i s'ha pogut calcular el TRH que es mostren en la taula 31:

$$V_{con} = \frac{\pi * r * \Delta Profunditat}{3}$$

$$V_{cilindre} = \pi * r^2 * P.lateral$$

$$V_{total} = V_{cilindre} + V_{con}$$

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Taula 31. Mides de l'espessor gravitatori. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	Valors
Unitats	2
Radi (m)	5,6
Profunditat lateral (m)	1,5
Profunditat centre (m)	3
Volum total (m³)	200
TRH (h)	24
Sup. en planta (m²)	98,52

Pel que fa al volum unitari dels espessidors que es troben actualment a la EDAR és de 597,3 m³, tenen un diàmetre de 13 m. cadascun i el cabal punta d'entrada al espessor és de 396 m³/d. Segons aquestes dades, es veu que n'hi ha prou amb l'utilització d'un sol espessor ja que normalment no s'arriba al volum d'un sol tanc.

Si féssim un sol tanc el volum total necessari es de 800 m³ i un diàmetre de 16 m. Per això, amb la construcció de dos espessidors, es podrien seguir utilitzant els mateixos que hi ha actualment ja que són semblants i així estalviar-nos els costos d'inversió. (veure annex V.).

7.6.2. Digestor anaerobi

En la proposta s'ha escollit un digestor circular de formigó armat amb cobertes fixes i de mescla completa amb hèlices mecàniques com a sistema de barreja, amb una turbina de doble hèlix. Té un sistema de purga al fons per poder extreure periòdicament acumulacions de materials.

La calefacció del digestor es farà a partir d'un bescanviador intern format per un serpentí alimentat amb l'aigua del circuit de calefacció. Tot i que es més car el manteniment que el bescanviador extern, l'intern és més simple.

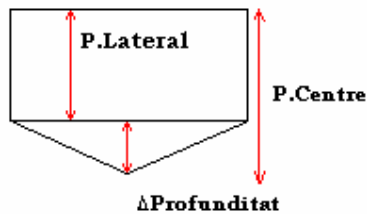


Fig. 49. Representació esquemàtica d'un digestor. Font: Elaboració pròpia.

S'han calculat les mides a partir del volum necessari que hauria de tenir segons el cabal d'entrada de fangs i el TRC (20 dies per a un digestor anaerobi). El TRH és igual al cel·lular ja que no hi ha recirculacions de fangs que tornin al digestor i és mescla completa.

El TRH s'ha triat partint d'un rang de valors teòrics (*Metcalf&Eddy*) que va dels 15 als 30 dies.

$$V = \frac{Q}{TRH}$$

El cabal utilitzat per a dimensionar el digestor és el que correspondria al cabal màxim enregistrat a la EDAR.

$$Q = 200 \text{ m}^3 \text{ F/d}$$

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Per tant, segons la fórmula, el volum obtingut ha estat de 4.000 m³ i s'ha augmentat en un 10% més per deixar espai a les escumes que es puguin formar. Així, s'ha decidit fer dos digestors de 2.200 m³ cadascun.

A partir de les fórmules del volum del cilindre i del con s'han obtingut la resta de mesures que es mostren en la taula següent:

$$V_{con} = \frac{\pi * r * \Delta Profunditat}{3} \qquad V_{cilindre} = \pi * r^2 * P.lateral$$
$$V_{total} = V_{cilindre} + V_{con}$$

Taula 32. Mides del digester anaerobi. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	Valors
Unitats	2
Radi (m)	9
Profunditat lateral (m)	8,5
Profunditat centre (m)	9
Volum total (m³)	2.205
TRH (d)	20
Sup. en planta (m²)	254,45



7.6.3. Gasòmetre

S'ha escollit un gasòmetre cilíndric amb el capdamunt en forma de mitja esfera.

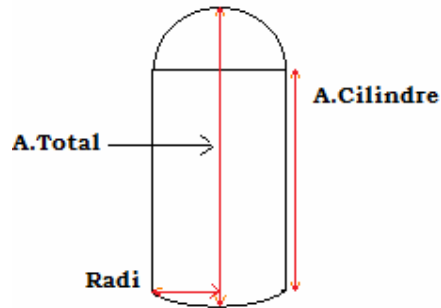


Fig. 50. Representació esquemàtica d'un gasòmetre. Font. Elaboració pròpia.

Per calcular el volum d'un gasòmetre tan sols es necessita la quantitat de biogàs produïda i el temps de residència del biogàs que es vol. El biogàs sobrant es cremarà a la torxa.

El volum de biogàs està calculat a l'apartat 9.3.

$$V = V_{\text{biogàs}} \times Tr$$

$$V_{\text{esfera}} = \frac{3}{4} * \pi * r^3$$

$$V_{\text{cilindre}} = \pi * r^2 * h$$

A la taula 33 s'han calculat les dimensions que tindrà el gasòmetre per tal que tingui el volum i la forma desitjada:

Taula 33. Mides del gasòmetre. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	Valors
Unitats	1
Radi (m)	3,6
Altura cilindre (m)	10,8
Altura total(m)	14,4
Volum (m ³)	491,6
TRH (h)	5
Sup. en planta(m ²)	40.72

7.6.4. Motor de cogeneració

Per a l'elecció del motor s'ha calculat la potència tèrmica i elèctrica necessària segons el cabal de gas. El gas combustible és una barreja d'un 77% de biogàs i un 23% de gas natural. Alhora de generar energia amb el biogàs produït també s'hi afegeix gas natural per a cobrir les necessitats tèrmiques del digestor (veure balanç d'energia de l'apartat 7.5.).

En la taula que ve a continuació es mostren les característiques generals del nostre motor de cogeneració escollit.

Taula 34. Característiques del motor de cogeneració. Font: Jitex Technology & Industry Assessment.

Paràmetres	Valors
Marca i model	ABB Energiesysteme GmbH i Z 300
Rendiment total (%)	89
Rendiment elèctric (%)	34
Rendiment tèrmic (%)	55
Potència elèctrica (kW)	289
Potència tèrmica (kW)	468
Emissió NO_x (mg/Nm³)	250
Emissió CO (mg/Nm³)	325
Soroll a 1 m (dB)	75
Longitud (mm)	4.250
Amplada (mm)	1.529
Altura (mm)	2.000
Pes (kg)	6.800

7.7. Necessitats de terreny

Per tal d'instal·lar els nous equips, s'ha de saber la superfície requerida per aquests i la que disposa la EDAR.

La figura 51 comprèn la superfície que la EDAR té en propietat. Aquesta és de 3,5 ha i comprèn l'àrea ocupada per la EDAR i la ocupada per un petit bosc que hi ha annexat, segurament per a la utilització per a posteriors modificacions o ampliacions.



Fig. 51. Superfície en propietat. Font: Elaboració pròpia i Gencat.

La figura 52 mostra tan sols la superfície ocupada actualment per la EDAR, aquesta és de 2,80 ha:



Fig. 52. Superfície ocupada actualment per la EDAR. Font: Elaboració pròpia i Gencat.

Per tant, la superfície disponible per disposar nous elements és de:

$$3,5\text{ha}-2,8\text{ha}=0,7\text{ha}$$

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Ara bé, la superfície pròpiament ocupada per les instal·lacions, sense tenir en compte les zones de pas, és de:

$$8.522m^2 \times \frac{1 \text{ ha}}{10000 \text{ m}^2} = 0,852 \text{ ha}$$

Veure l'Annex VII per la superfície ocupada per les diferents instal·lacions de la EDAR.



7.8. Avaluació econòmica

A continuació es mostra en primer lloc la taula referent als consums actuals de la EDAR i en segon lloc el consum i generació d'energia referent a la digestió anaeròbia.

Taula 35. Consums actuals. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Consum E.elèctrica	kWh	€/any
Digestió aeròbia	308.996	- 23.947
Resta planta	1.750.981	- 135.701
Total	2.059.977	- 159.648

Taula 36. Consum i generació d'energia de la digestió anaeròbia. Font: Elaboració pròpia.

	kWh	€/any
Generació energia		
Elèctrica	2.516.407	339.886
Tèrmica	4.070.658	--
Consum energia		
Elèctrica		
Resta planta	1.750.981	- 135.701
Agitació	243.598	- 18.879
Tèrmica		
Estiu	1.614.631	--
Hivern	2.454.128	--
Total	4.068.759	--
Gas natural	1.838.977	- 105.689

La generació d'energia tèrmica només amb biogàs no cobreix les necessitats d'escalfar el digester, per això al motor s'hi introdueix una barreja de biogàs i gas natural per a obtenir tota l'energia tèrmica necessària. El gas natural es compra.

La quantitat d'energia elèctrica generada es ven per complet a la xarxa elèctrica i llavors es compra a un preu més barat l'energia elèctrica necessària. No obstant es produeix més energia elèctrica de la que es consumeix.

El consum d'energia elèctrica de la EDAR és menor en la proposta de millora degut a que les necessitats del digester anaerobi són menor que les de l'aerobi.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

En el digester anaerobi els requeriments d'energia elèctrica es deuen al sistema d'agitació mecànica per turbines de baixa velocitat.

Taula 37. Tarifes d'energia i gas natural. Font: Elaboració pròpia.

Energia	Valors
E. Elèctrica (€/kWh):	0,0775
E. Generada (€/kWh):	0,1351
Gas natural (€/m³):	0,5125

La tarifa de l'electricitat i la del Gas natural són a nivell industrial, i la tarifa de l'energia generada es paga segons el RD 661/2007, del 25 de mayo. (veure apartat 5.2.3). En el nostre cas es tractaria d'una instal·lació que utilitza com a combustible principal biogàs generat en digestors amb una potència elèctrica inferior a 500 kW.

Inversió (€): 2.000.000

Per a la inversió s'ha decidit una xifra aproximada basant-se en altres projectes portats a terme.

Taula 38. Costos operatius de la EDAR. Font: Elaboració pròpia.

Equips	(€/any)	
	Actual	Proposta
Resta EDAR	135.701	135.701
Digestor	23.947	
Necessitats		
Agitació		18.879
Escalfament		105.689
Producció		339.886
Total	-159.648	79.617

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

En els costos operatius és on s'aprecia més clarament l'estalvi econòmic gràcies a la producció d'energia. En la situació actual es paguen tots els consums elèctrics. En la situació proposta, venent l'energia produïda i comprant l'energia consumida i el gas natural, queda un benefici anual de l'ordre de 80.000 euros.

Interès del diner (2009) : 4%

Anys de vida de la instal·lació: 35

Taula 39. Resultat càlculs econòmics. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	Valors
PRI (anys)	8,4
VAN (€)	2.644.418
TIR (%)	13,4

El PRI (Període de Retorn de la Inversió) és acceptable tenint en compte les dimensions del projecte, ja que es preveuen 35 anys de vida per a la instal·lació. Per tant, al cap d'una cinquena part de la seva vida, es començaran a generar beneficis nets.

El VAN s'ha calculat a partir dels beneficis que es generen durant la vida de la inversió, per tant, com més alt (positiu) és, millor.

Al igual que el VAN, com més alt sigui el TIR, millor serà la inversió. Com que actualment el valor del diner està per sota d'aquest, el TIR és rentable.

Per interessos del diner superiors al TIR no ens interessaria la inversió.

Com que els 3 avaluadors financers ens donen valors rentables dins la magnitud del projecte, es pot dir que aquest serà econòmicament viable.



8. Conclusions

La implantació de la digestió anaeròbia enlloc de l'aeròbia suposaria una millora en la qualitat dels fangs resultants en quant a menor volum i major estabilització.

També seria viable energèticament ja que fent balanç es produeix més energia de la que es consumeix, a més la major part és d'origen renovable i es contribueix en la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Econòmicament és una inversió atractiva ja que a més dels beneficis ambientals que suposa també surt rentable.



9. Agraïments

Voldríem agrair especialment el suport tècnic que ens han donat els tutors Dr. August Bonmatí i Dr. Manel Poch durant la realització del projecte, així com també l'ajuda rebuda per part del tutor docent Emili Mató.

També volem donar les gràcies a Jordi Muñoz, l'actual cap de la EDAR, per facilitar-nos dades i informació sobre el funcionament de la EDAR.

Per últim, agrair a Héctor Monclús, per ajudar-nos tant a contactar amb el cap de la EDAR com per a la ajuda alhora de realitzar els anàlisis de fangs.

Un sincer agraïment a tots vosaltres.



10. Informació consultada

Bibliografia:

Metcalf & Eddy, *Enginyeria de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*, 3a edició, Mc Graw Hill, 1998.

Metcalf & Eddy, *Wastewater engineering. Treatment, disposal and reuse* 3a edició Nova York, Mc Graw Hill, 1991.

Xavier Flotats, *Producció de biogàs per codigestió anaeròbica*, col·lecció quadern pràctic n°1, generalitat de Catalunya, institut català d'energia Juliol 2008.

Manuel Poch, *Les qualitats de l'aigua*, 1a edició, Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Desembre 1999.

Gestió i tractament d'aigües residuals, 1a edició electrònica, Universitat de Girona, Catalunya, 2007.

Mario Villares Martín, *Cogeneración*, 2a edició, Madrid, Fundación Confemetal, 2003.

Jose Catalán la Fuente, *Depuradoras*, Madrid, Bellisco, 1997.

Aurelio Hernández Muñoz, *Depuración de aguas residuales*, 3a edició Madrid, Paraninfo, S.A., 1994.

Muñoz Camacho, E., Manuel Sanchez López, F., 2005. *Aprovechamiento energético del biogàs producido en la digestión anaerobia de los lodos de EDAR*. Revista Residuos. 82, 124-138.

Enllaços informàtics:

Enciclopèdia lliure: www.wikipedia.org

Institut d'estadística de Catalunya: www.idescat.cat

Consorci de la Costa Brava: www.ccbgi.org

Generalitat de Catalunya: www.gencat.cat

Departament de Medi Ambient i Habitatge:

mediambient.gencat.cat/cat/inici.jsp

Agència Catalana de l'Aigua: www.gencat.cat/aca

Ajuntament de Platja d'Aro: www.platjadaro.com

Ajuntament de Sant Feliu de Guíxols: www.guixols.net

Ajuntament de Santa Cristina d'Aro: www.santacristina.net

Portal de la Unió Europea: www.europa.eu

Ministeri de medi ambient i medi rural i marí: www.mma.es



11. Glossari

ADN: Àcid desoxiribonucleic.

Aminoàcid: Molècula que conté un grup carboxil i un grup amino, alguna d'elles formen part de les proteïnes.

Anaerobi estricte: Només creix en absència d'oxigen.

Anaerobi facultatiu: Bacteri que pot utilitzar l'oxigen quan hi és present.

Anaerobi metanogènic: Bacteri que degut al seu metabolisme és capaç de generar metà.

Antagònic: Interferència mútua entre dues substàncies produint un efecte oposat.

ARN: Àcid ribonucleic.

Bacteris desnitrificadors: Els bacteris que a partir d'una sèrie de reaccions transformen el nitrat en nitrogen gas.

Bacteris sulfatredutors: Els bacteris capaços de transformar el sulfat a sulfhídric.

Balança analítica: És una balança amb vàries funcions i una gran exactitud, molt emprada al laboratori.

Banc de dissolucions: Consisteix en agafar una dissolució i diluir-la a un mateix percentatge les vegades que faci falta per tal de tenir la quantitat desitjada de solut.

Biomassa: Pot tenir dues accepcions, es pot referir a la matèria total dels éssers que viuen en un lloc determinat (expressat en pes per unitat d'àrea o volum), o a la matèria orgànica originada en un procés biològic espontani o provocat que pot ser utilitzat com a font d'energia.

Biomassa hidrolítica: És la biomassa que pot ser utilitzada directament pels microorganismes, o sigui, són compostos solubles, que poden travessar la membrana cel·lular. La hidròlisis es el primer pas per degradar anaeròbiament els substrats orgànics complexos.

Blanc: Preparació igual a la que es vol analitzar però enlloc del reactiu que es vol conèixer, s'addiciona aigua destil·lada.

Buchner: És un embut de porcellana que té petits forats a la base i que s'utilitza per filtrar sòlids. Molt utilitzat també per realitzar la filtració al buit.

Bulking: Aquest fenomen es dona quan tenim una gran quantitat d'organismes filamentosos en un procés de fangs activats. Això provoca que els flocs biològics del reactor siguin voluminosos i poc consistents, i per tant, que no sedimentin bé.

Carbó actiu: El procés d'elaboració es basa en utilitzar materials com ara escorça d'ametlla, nogueres o palmeres i carbó mineral. Aquest carbó s'obté escalfant la barreja de materials per expulsar els hidrocarburs. És un bon adsorbent.

Càrrega hidràulica: És el volum d'aigua que hi ha en una unitat de superfície per un temps determinat.

Càrrega màssica: És la relació entre la càrrega orgànica que entra per dia i la massa de fangs del reactor (g substrat/g biomassa).

Cicle curt del CO₂: Les plantes i els animals són els principals actors que fixen, transformen i alliberen el CO₂, amb interacció amb el sòl i l'atmosfera.

Cicle llarg del CO₂: CO₂ provinent dels grans dipòsits terrestres i marins on es troben els jaciments d'hidrocarburs i dipòsits de materials calcaris.

Coagulant: Substància química que fa que els col·loides interactuïn entre sí formant aglomeracions.



Coliforms: Designa a un grup d'espècies bacterianes que tenen certes característiques bioquímiques en comú i una importància rellevant com a indicadores de contaminació de l'aigua i dels aliments.

COT: Carboni Orgànic Total. És el contingut total de compostos orgànics, i s'obté mesurant el CO₂ produït per la mostra en un forn a alta temperatura.

DBO₅ (mgO₂/l): Demanda Biològica d'Oxigen. És un paràmetre que mesura la quantitat de matèria orgànica susceptible de ser consumida o oxidada per mitjans biològics. En aquest cas s'ha mesurat després d'un període de 5 dies i serveix per a valorar la qualitat de l'aigua.

Desnitricació: És un procés que realitzen certs bacteris durant la respiració, usant el nitrat com a acceptor d'electrons en condicions anòxiques.

Dièsel: També anomenat gasoil és un líquid compost fonamentalment per parafines i utilitzat com a combustible en motors dièsel.

DMAH: Departament de Medi Ambient i Habitatge.

DQO (mgO₂/l): Demanda Química d'Oxigen. És un paràmetre que mesura la quantitat de matèria orgànica susceptible de ser oxidada per mitjans químics. Serveix per a valorar la qualitat de l'aigua.

EBAR: Estació de bombeig d'aigües residuals.

EDAR: Estació depuradora d'aigües residuals.

Efluent: Sortida del flux d'aigua després del tractament.

Erlenmeyer. És un recipient transparent de forma cònica amb un coll cilíndric amb algunes marques per saber aproximadament el volum contingut.

Eutrofitzar: Aportar nutrients inorgànics, sobretot N i P.

Fosses sèptiques: Són unitats de tractament primari d'aigües negres domèstiques; en elles es realitza la separació i la transformació físico-química de la matèria sòlida continguda en l'aigua. Es tracta d'una forma senzilla y barata de tractar les aigües negres y està indicada per zones rurals o residències aïllades.

GEI: Gasos d'efecte hivernacle.

Gramnegatiu: Són bacteris que tenen una paret cel·lular prima i estan envoltats per una membrana externa, a diferència dels grampositius. Aquests no retenen el cristall violeta en la tinció de gram degut a l'estructura de la paret bacteriana, per aquest motiu s'anomenen gramnegatiu.

HE: Habitant equivalent. És una unitat de mesura utilitzada per a determinar la càrrega contaminant orgànica de les aigües residuals. Aquesta unitat equival a la contaminació mitjana generada per una persona.

Hidrocarbur: Compost orgànic format únicament per carboni i hidrogen.

Hidrosolubilitat: substància soluble en aigua.

Influent: Entrada del flux d'aigua abans del tractament.

kcal: La quilocaloria és una unitat d'energia que equival a 4184J.

ktep: Milers de tones equivalents de petroli, 1 ktep = 11.600.000 kWh.

LEQUIA: Laboratoris d'Enginyeria Química Ambiental.

Lípid: Conjunt de molècules orgàniques compostes principalment per carboni, hidrogen i oxigen. És hidrofòbic i col·loquialment s'anomena grassa.

Llum UV: És la radiació electromagnètica amb una longitud d'ona menor a la llum visible i major a la dels raigs X. El nom significa «més enllà del violeta», ja que el violeta és el color visible amb la longitud d'ona més curta. La seva longitud d'ona va aproximadament des dels 400 nanòmetres fins als 15 nanòmetres.



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Manòmetre: Instrument utilitzat per a mesurar la pressió dels fluids, especialment dels gasos.

MES: Matèria En Suspensió. Fa referència a la concentració de sòlids en suspensió de l'aigua.

Microorganismes patògens: Microorganismes amb capacitat de produir una malaltia infecciosa o alteracions més o menys greus. Es troben presents en l'aigua residual.

MS: Matèria Seca.

MTA: Són les Millors Tecnologies a l'Abast que existeixen per a realitzar una operació.

Mufla: Es una espècie de forn amb el que s'aconsegueixen elevades temperatures. És molt utilitzat per carbonitzar matèria orgànica i en queden les cendres.

Nitrificació: Procés que es dona en la digestió pel qual les bacteries nitrosomes oxiden l'amoniac a nitri i el nitrobàcter ho transforma a nitrat.

Oxidació endògena: Es diu quan els microorganismes de la digestió aeròbia han esgotat el substrat disponible o aliment i comencen a consumir el seu propi protoplasma per obtenir l'energia necessària per a les reaccions de manteniment cel·lular.

Pèptid: Molècula formada per la unió de diversos aminoàcids.

Polímer: Compost d'elevada massa molecular.

PRI: El temps que passa des que es fa la inversió inicial del projecte, fins que es recupera aquests diners.

Proteïna: Macromolècula dels sers vius formada per cadenes lineals d'aminoàcids essencials.

Protoplasma: És l'interior de les cèl·lules que no forma part dels orgànuls. És una solució aquosa que conté sals, proteïnes i sucres i serveix de medi de transport dels orgànuls i aquestes substàncies.

RD: Real Decret / Real Decreto.

Rendiment de la biomassa (Y): Massa total de la matèria viva que realment s'aprofita per un organisme, població o ecosistema.

Sinèrgic: L'acció combinada de vàries substàncies químiques les quals produeixen un efecte total més gran que l'efecte de cada substància química per separat.

SSD: Sistemes de Suport de la Decisió, aplicacions que ajuden i milloren la presa de decisions a tots els nivells jeràrquics de l'organització mitjançant les dades i les informacions de les que ja es disposa.

SST: Sòlids en Suspensió Totals. És a dir, els formats pels sòlids volàtils i pels sòlids no volàtils.

SSV: La quantitat de sòlids que es volatilitzen. En el nostre cas, ens indica la biomassa.

Substrat: És la font de carboni cel·lular per als microorganismes compost bàsicament per matèria orgànica i diòxid de carboni i la font d'energia necessària per a la síntesi cel·lular que s'obté de la llum o de les reaccions químiques d'oxidació.

Sucre (sacarosa): Disacàrid format per una molècula de glucosa i una de fructosa, s'obté de la canya de sucre o de la remolatxa.

Tampó: És una solució amortidora del pH.

Temps de residència cel·lular (TRC): El temps mitjà en que els microorganismes són dins del reactor.

Temps de residència hidràulica (TRH): És el temps que l'aigua es troba en el procés. O sigui, el quocient entre el volum del digestor i el cabal de tractament.



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

TIR: És l'interès pel qual s'igualava la inversió inicial amb la diferència de beneficis entre el procés vell i el nou sumats durant els anys útils de la inversió, o sigui, l'interès a partir del qual ja no et surt a compte demanar préstec.

UE: Unió Europea

VAN: És el valor actualitzat dels beneficis diferencials que es generen cada any. Representa els guanys que es produeixen durant la vida útil de la inversió



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

12. Annex

I. Dades generals de la depuradora

Taula 40. Característiques mensuals aigua residual EDAR Castell-Platja d'Aro, 2008. Font: Consorci de la Costa Brava.

Paràmetres	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Entrada												
DBO5 (mg/L)	222	205	196	178	154	190	265	254	339	336	382	384
DQO (mg/L)	497	538	483	577	301	325	590	551	935	695	768	632
MES (mg/L)	214	197	240	323	163	223	301	346	344	345	473	492
pH	7,5	7,5	7,6	7,6	7,4	7,3	7,3	7,4	7,3	7,5	7,5	7,4
Conductivitat (dS/m)	1,3	1,3	1,4	1,1	1,5	1,2	1,4	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4
Nitrogen total (mg /L)	50	53	58	33	30,1	34	58	70	84	64	67	57
Fòsfor total (mg/L)	7,1	9,8	7,6	8,0	5,2	4,8	9,2	9,6	10,4	10,9	9,4	7,4
Sortida												
DBO5 (mg/L)	6	4	6	7	4	6	5	6	7	7	5	6
DQO (mg/L)	42	45	42	46	44	44	55	58	46	69	53	41
MES (mg/L)	7	5	8	10	5	8	8	11	12	16	7	8
pH	7,5	7,4	7,5	7,6	7,5	7,5	7,7	7,7	7,7	7,7	7,3	7,4
Conductivitat (dS/m)	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1,6
Nitrogen total (mg /L)	18,5	11,8	29,2	31,0	25,0	32,6	42,3	48,3	45,9	38,7	40,8	34,3
Fòsfor total (mg/L)	3,3	4,7	2,9	5,1	3,7	4,0	4,4	4,4	3,7	6,0	4,2	2,8
Rendiments d'eliminació												
DBO5 (%)	97	98	97	96	97	97	98	98	98	98	99	98
DQO (%)	91	92	91	92	85	86	91	89	95	90	93	94
MES (%)	97	97	97	97	97	96	98	97	96	95	98	98
Nitrogen total (%)	72	84	57	6	17	4	36	39	55	54	49	50
Fòsfor total (%)	54	52	62	36	29	17	52	54	64	45	55	62



Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Taula 41. Cabals tractats per la EDAR de Castell-Platja d'Aro. Font: Consorci de la Costa Brava.

Any	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.	Total
2000	296,5	280,3	300,7	396,6	385,6	435,0	595,7	708,4	430,0	322,7	272,4	286,8	4.710,8
2001	353,3	298,5	327,3	379,6	365,8	375,0	548,3	607,2	380,0	294,7	264,6	266,8	4.461,1
2002	295,0	264,8	313,0	523,8	575,5	550,9	543,0	637,3	498,0	430,7	395,6	417,7	5.445,4
2003	507,0	359,3	455,7	614,7	471,6	454,8	562,2	680,2	428,6	583,2	409,1	589,3	6.115,7
2004	390,2	340,7	417,5	587,9	696,0	504,0	563,5	695,2	460,9	335,4	289,3	347,7	5.628,4
2005	283,7	327,4	409,6	307,5	434,5	403,	480,9	608,9	441,7	266,7	413,1	364,2	4.741,8
2006	378,1	384,1	317,3	328,3	352,0	341,3	486,0	596,1	397,9	420,8	229,3	289,0	4.519,9
2007	268,9	260,1	268,7	407,9	381,7	370,0	469,8	559,8	339,7	298,2	259,4	284,0	4.168,2
2008	309,9	237,1	318,3	339,1	430,6	422,4	472,5	556,6	358,8	271,0	256,3	291,3	4.263,9



II. Breu descripció dels tractaments d'una EDAR

a) Línia d'aigües

Taula 42. Tractaments de la línia d'aigües. Font: Elaboració pròpia.

Pretractament	Tract Primari	Tract.Secundari	Tract Terciari
Pou de gruixuts	Decantació	Aerobi	Desinfecció
Reixes	Neutralització	Anaerobi	Bescanvi iònic
Dessorrador	Precipitació		Osmosi inversa
Desgreixador	Coagulació/floculació		Adsorció
Homogeneïtzació i laminació de cabals			Membrana
			Filtres de sorra

Pretractament

La primera fase de depuració un cop arriba l'aigua a la depuradora és el pretractament. Aquest fa un primer desbast groller, s'extreuen els sòlids de més pes i de grandària superior com elements metàl·lics i plàstics, llavors l'aigua es bombeja cap al desbast mitjançant reixes de pas més fi. Per últim, es treuen les sorres i els greixos. Amb aquestes operacions els posteriors tractaments funcionen millor ja que es disminueix la concentració de sòlids i s'evita el malmetement de les instal·lacions.

Aquests residus es recullen en contenidors i es porten a un abocador de residus sòlids urbans.

Pou de gruixuts: Fa un desbast groller.

Reixes: Fan un desbast menys groller amb diferents pas de llum.

Desgreixador-dessorrador: Normalment es realitzen les dues operacions alhora. Consisteixen en la separació per la diferència de densitat relativa, així la sorra sedimenta i es treu per sota i els greixos floten i es treuen per sobre.

Homogeneïtzació i laminació de cabals: L'homogeneïtzació consisteix en la barreja de l'aigua amb el propòsit que el volum d'aigua tingui les mateixes característiques en qualsevol punt, tot seguit es lamina el flux d'aigua per obtenir cabals constants i així evitar les fluctuacions al llarg del dia. D'aquesta manera s'evita que es malmetin els tractaments de la resta de la línia.

Tractament primari

El conjunt d'operacions que constitueixen el tractament primari serveixen per separar les partícules en suspensió a través d'operacions físiques i/o químiques.

Decantació: Mitjançant un tanc de sedimentació es decanta la matèria orgànica, les sorres i les partícules inorgàniques. La decantació natural es pot complementar amb altres tractaments (coagulació/floculació) quan hi ha grans entrades de cabal o aquest és de molta contaminació.

Neutralització: Consisteix en addicionar un compost àcid o bàsic per tal de neutralitzar l'efluent d'aigua residual.

Precipitació: Consisteix en addicionar productes químics amb la finalitat d'alterar l'estat físic dels sòlids dissolts i en suspensió.

Coagulació/floculació: Adició de coagulants/floculants químics gràcies als quals les partícules formen agregats per ser decantats més fàcilment.



Tractament Secundari

En aquest tractament s'elimina per mitjans biològics part de la càrrega contaminant que queda en l'aigua després d'haver passat pel tractament primari. Bàsicament elimina la matèria orgànica i nutrients com ara el fòsfor i nitrogen a partir de microorganismes que els converteixen en gasos i teixit cel·lular.

Aquest tractament pot ser aerobi o anaerobi, alhora del tractament aerobi es pot parlar de dues modalitats: biomassa en suspensió i biomassa fixada.

➔ **Tractament aerobi**

Biomassa en suspensió

Fangs activats: Consisteix en la introducció d'aigua residual en un reactor amb microorganismes al qual s'aporta aire i així s'oxida la matèria orgànica a diòxid de carboni i aigua. Després mitjançant un decantador se separen les fases de fangs i d'aigua. Una part dels fangs són retornats al reactor biològic i l'altra enviada a la línia de fangs.

Tipus de reactors:

- **Mescla completa:** En qualsevol punt del reactor hi ha les mateixes característiques de sòlids, consum d'oxigen i concentració de matèria orgànica.
- **Flux pistó:** Reactors llargs i estrets on el substrat es va degradant a mesura que l'aigua circula pel sistema.
- **Alimentació esglaonada:** Com el de flux pistó, però en aquest cas l'aigua residual és introduïda per diferents punts del reactor.
- **Aeració prolongada:** Es com la mescla completa però en aquest cas, l'aigua queda retinguda en el tanc unes divuit hores.
- **Carrousel d'oxidació:** L'aigua circula en un reactor per evitar la sedimentació dels sòlids en suspensió mitjançant l'aportació d'oxigen.



- **Reactor seqüencial per càrregues:** Sistema d'ompliment, reacció i buidatge en un mateix tanc. Modificant les etapes aeròbies, anòxiques i anaeròbies es pot aconseguir l'eliminació fins i tot del nitrogen i fòsfor .

Biomassa fixada

Filtre percolador: Consisteix en un llit format per un medi permeable al que s'adhereixen els microorganismes i a partir del qual entra l'aigua residual i la matèria orgànica és degradada.

Llacunatge: S'utilitzen una sèrie de reactors excavats al terreny plens de grava capaços de funcionar com a dipòsits d'emmagatzematge d'aigua residual durant períodes de temps determinats. La depuració s'efectua només degut a l'energia solar. Es provoca la sedimentació de la matèria en suspensió i la degradació de la matèria orgànica.

Biodiscs: Constituït per discs separats sobre els quals s'ha instaurat una biopel·lícula de microorganismes. Els discs estan parcialment submergits i giren lentament i constant, de manera que es creen períodes en que els microorganismes s'oxigenen i quan es submergeixen degraden la matèria orgànica de l'aigua.

→ Tractament anaerobi

Procés microbiològic de degradació de matèria orgànica en absència d'oxigen en el quals els compostos complexos es degraden a compostos senzills i es produeix biogàs amb un alt contingut en metà.



Tractament terciari

Aquest s'aplica quan l'aigua es vol reutilitzar per a usos industrials, en regs o en l'agricultura.

Desinfecció: Eliminació d'organismes patògens, per l'utilització d'agents químics (amb clor) o físics (UV).

Membranes: Separació de partícules i col·loides per mida de porus.

Bescanvi iònic: Consisteix en una substitució dels electròlits en solució mitjançant unes reaccions químiques entre ions en solució i ions en fase insoluble. En aquest procés hi ha d'haver dues columnes. La primera columna conté una resina d'intercanvi catiònic i en la segona columna la resina es d'intercanvi aniònic, ambdues tenen polímers insolubles de forma granular amb grups funcionals que intercanvien cations o anions amb l'aigua.

Osmosi inversa: Consisteix en forçar a passar l'aigua residual a través d'una membrana semipermeable.

Adsorció: S'utilitza per retenir les substàncies solubles. Aquestes queden adherides a la superfície d'un sòlid dependent de la mida del porus d'aquest. El sòlid utilitzat generalment és carbó actiu.

Filtres de sorra: Retenció de les partícules contaminants de l'aigua al passar entre els espais buits dels grans de sorra.



b) Línia de fangs

L'objectiu principal és eliminar el contingut d'aigua (95%) amb la conseqüent disminució del volum de fangs i l'estabilització de la matèria orgànica.

Taula 43. Tractaments de la línia de fangs. Font: Elaboració pròpia.

Espressament	Estabilització	Acondicionament	Deshidratació	Disposició final
Espressidor per gravetat	Química	Químic	Filtració	Abocador
Espressidor per flotació	Digestió aeròbia	Tèrmic	Centrifugació	Compostatge
	Digestió anaeròbia			Agricultura
				Incineració

Espressiment

Aquest procediment s'utilitza per augmentar la concentració de sòlids en el fang, eliminant una part de la fracció líquida d'aquest. Es porta a terme mitjançant processos físics i s'aconsegueix una reducció de sòlids del 4-6%.

Tipus d'espessidors segons el procés físic:

Gravetat: Els sòlids sedimenten i s'extreuen per la part inferior de l'espessidor. La configuració de l'espessidor és com la de un decantador però més petit.

Flotació: Els sòlids floten gràcies a la injecció d'aire i s'extreuen per la part superior de l'espessidor. La configuració de l'espessidor és com la de un decantador però més petit.

Centrifugació: Té lloc dins un rotor cilíndric-cònic on els sòlids se separen del líquid durant la centrifugació degut a la diferència de densitat, i aleshores són extrets per separat.

Filtres banda: El fang passa entre dues cintes mentre l'aigua és recollida. El fang és comprimit mitjançant un joc de rodets contra una banda filtrant que reté el sòlid i evacua el líquid.

Tambor rotatori: Els sòlids es retenen dintre del tambor rotatiu el qual té les parets permeables a l'aigua.

Estabilització

Es realitza per reduir la presència de patògens, eliminar olors desagradables i reduir el potencial de putrefacció del fang. Aquestes característiques es poden donar si els microorganismes es desenvolupen sobre la fracció orgànica del fang.

Tipus d'estabilitzacions segons la naturalesa d'aquestes:

Química: Per tal de que els microorganismes no sobrevisquin es pot fer afegint calç fins a pH 12 o superior, o bé introduir gas clor que forma àcid clorhídric i provoca la solubilització dels metalls pesants presents en el fang.

Tèrmica: Es pot fer mitjançant assecament tèrmic a temperatures elevades que produeix la hidròlisi dels materials proteics, es destrueixen les cèl·lules i s'alliberen els compostos orgànics solubles i nitrogen normalment en forma d'amoni. També es pot fer mitjançant incineració que esterilitza el fang, en redueix el volum, es destrueixen els patògens, i les cendres no produeixen males olors.

Biològica: Es pot fer mitjançant digestió aeròbia i anaeròbia, en tots dos casos es destrueix la matèria orgànica però en aquest últim es treballa sense oxigen a temperatures elevades i s'obté metà (biogàs) amb un alt contingut energètic. També es pot fer compostatge amb el fang i així utilitzar el producte com a fertilitzant.

Condicionament

El fang es condiona per facilitar la posterior deshidratació. Tipus de condicionament:

Químic: Consisteix en la coagulació dels sòlids i l'alliberació de l'aigua absorbida a partir de productes químics com ara clorur fèrric, calç, alumina o polímers orgànics.

Tèrmic: Consisteix en un escalfament del fang sota pressió durant curts períodes de temps. S'utilitza per a la coagulació dels sòlids i per destruir la seva afinitat a l'aigua.

Deshidratació

Aquesta operació s'utilitza per reduir el contingut d'humitat del fang per tal de reduir costos alhora d'enviar-lo a disposició o a reutilitzar, evitar males olors i millorar l'eficiència de l'ús final que es faci d'aquest.

Sistemes de deshidratació de fangs:

Filtració: Es pot realitzar de diverses maneres, per exemple amb filtres banda i filtres premsa. Consisteix fer passar el fang a través d'un material que reté els sòlids i és permeable a l'aigua.

Centrifugació: Té lloc dins un rotor cilíndric-cònic on els sòlids se separen del líquid durant la centrifugació degut a la diferència de densitat, i aleshores són extrets per separat.

Disposició final

Un cop el fang ha passat per tots els tractaments arriba l'hora de decidir que se n'ha de fer; segons les característiques del fang, l'economia i les necessitats de la població, aquest ús serà un o altre.

Opcions de disposició final dels fangs:

Abocador: És l'opció més simple i econòmica. No obstant, és necessari l'estabilització dels fangs abans i per tal de reduir-ne el seu volum també sol ser necessari deshidratar-los. Aquests fangs es compacten in situ i es cobreixen de varies capes de sòl per a retenir-los bé i per evitar olors desagradables. L'emplaçament ha de ser un lloc poc sensible ambientalment.

Compostatge: En aquest procés la matèria orgànica pateix una degradació biològica normalment aeròbia fins a arribar a un producte final estable. D'un 20% a un 30% dels SSV es converteixen en diòxid de carboni i aigua. El fang ben compostat es pot utilitzar per al sòl o bé pot enviar-se a un abocador.

Incineració: Redueix el volum de fangs i destrueix els compostos orgànics presents. El resultat són cendres estabilitzades. Un dels problemes de la incineració és la contaminació atmosfèrica que aquesta genera ja que es produeixen males olors i emissions.

III. Ampliació de conceptes

Tipus de sedimentació

- **Tipus I, Partícules discretes:** És la sedimentació de les partícules que estan suspeses en una concentració de sòlids baixa. Les partícules sedimenten com entitats individuals i no hi ha interacció amb les partícules veïnes.

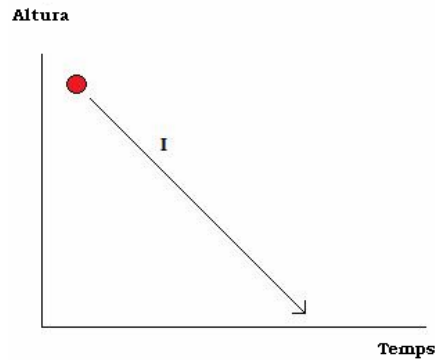


Fig. 53. Sedimentació tipus I. Font: Elaboració pròpia.

- **Tipus II, Floculant:** Es dona per una suspensió bastant diluïda de partícules, en la qual les partícules s'ajunten durant l'operació de sedimentació. Al augmentar de massa, sedimenten a major velocitat.

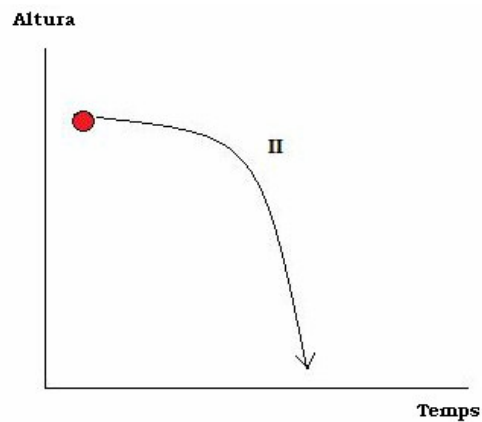


Fig. 54. Sedimentació tipus II. Font: Elaboració pròpia.

- **Tipus III, Retardador zonal:** Es dona en suspensions de concentracions intermèdies on les forces intreparticulars són suficients per destorbar la sedimentació de partícules veïnes. Es desenvolupa una interfase sòlid-líquid a la part superior de la massa que sedimenta.
- **Tipus IV, Compressió:** Les partícules estan concentrades de tal manera que formen una estructura i només es pot donar la sedimentació per compressió de l'estructura. Aquesta té lloc degut al pes de les partícules que es van afegint a la massa per sedimentació des de líquid sobrenedant.

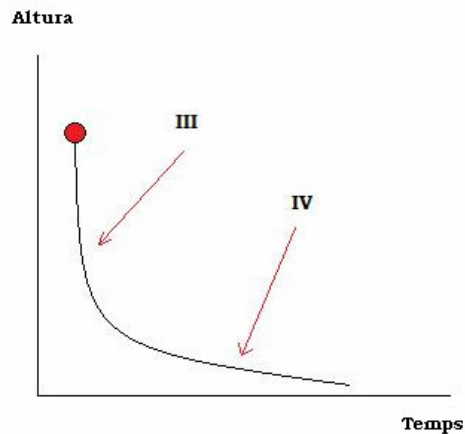


Fig. 55. Sedimentació tipus III i IV. Font: Elaboració pròpia.

Descripció del fenomen *bulking*

El *bulking* pot ser causat pel creixement de diversos organismes filamentosos o bé per l'absorció d'aigua de cèl·lules del flocul que fa que perdin densitat i no pugin sedimentar. Els condicionants de l'aparició del *bulking* poden ser diversos, per exemple les grans variacions de càrrega. Moltes vegades s'utilitza el Clor per a controlar el *bulking*.

A la EDAR de Castell-Platja d'Aro sovint es tenen problemes de *bulking* filamentós. La seva presència provoca escumes. Aquestes són degudes al bacteri filamentós *Microthrix Parvicella*.

IV. Línia d'aigües

Les taules que hi ha a continuació, fan referència a les dades obtingudes de cadascun dels equips de la EDAR de Castell-Platja d'Aro, dintre de la línia d'aigües.

Taula 44. Decantador primari Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Nombre	3
Diàmetre (m)	22
Superfície unitària (m²)	380
TRH (h)	5

Taula 45. Reactor biològic. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Nombre d'unitats	3
Volum unitari (m³)	2.523
Secció (m²)	14,5 x 43,5
Fondària útil (m)	4
Nombre de turbines	9
Potència unitària (CV)	50
TRH (h)	7,7
TRC (d)	2-3

Taula 46. Decantador secundari. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Nombre d'unitats	3
Diàmetre (m)	30
Superfície unitària (m²)	706,8
TRH (h)	11,3

V. Línia de fangs

Les taules que es troben a continuació fan referència a les dades de la línia de fangs de la EDAR estudiada.

Taula 47. Característiques dels fangs de sortida. Font: EDAR de Castell-Platja d'Aro.

	V (m ³ /mes)	DBO (mg/L)	DBO (Kg/d)	MES (mg/L)	MESV (Kg/d)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)
Mínim	855	830	76	1.510	113	100.000	50
Màxim	2.355	14.000	1.365	24.500	1.490	2.500	80
Mitjana	1.606	5.196	430	12.704	8.403	--	--
Total	19.267	--	--	--	700	--	--

Taula 48. Necessitats d'oxigen.

	SSV digerits (Kg/dia)	O₂ (Kg)	Demanda (Kg O₂/dia)
Màxim	4.396,5	2,3	10.112
Mínim	877	2,3	2.017,1

Taula 49. Bombes 1 d'extracció de fangs. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Nombre	3
Tipus	Centrífuga
Cabal unitari (m³/h)	70

Taula 50. Bombes 2 d'extracció de fangs. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Nombre	3
Tipus	Centrífuga submergida
Cabal unitari (m³/h)	345

Taula 51. Digestor aerobi. Font: EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Nombre	3
Volum unitari (m³)	2.523
Volum total (m³)	7.589
Secció (m²)	14,5 x 43,5
Fondària útil (m)	4
Numero de turbines	3
Potència unitària (CV)	75
TRC (d)	15,7

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Taula 52. Bomba del sobrenedant en digestió. Font: EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Nombre	1
Tipus	Centrífuga
Potència (kW)	7,5

Taula 53. Bomba d'alimentació a l'espessidor. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Nombre	2
Tipus	Centrífuga
Potència (kW)	7,5
Cabal unitari (m³/h)	155

Taula 54. Espessidors de fangs digerits. Font: EDAR de Castell d'Aro.

Nombre	2
Diàmetre (m)	13
Superfície unitària (m²)	132,7
Superfície total (m²)	265,46
Volum unitari (m³)	597,3

Taula 55. Dosificació del polielectròlit. Font: EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Nombre	2
Tipus	Discontinuu
Cabal unitari (L/min)	4,5-5



VI. EDAR de Palamós

Es va poder visitar la EDAR de Palamós, per això s'ha cregut convenient posar com un annex un resum del que es va veure ja que es tracta d'una depuradora en la qual duen a terme la digestió anaeròbia en la línia de fangs.



Figura 56. Vista aèria EDAR de Palamós. Font: Gencat.

La EDAR de Palamós està gestionada pel consorci de la Costa Brava i funciona des de l'any 1985. Actualment, el cap és el mateix que el de la EDAR de Castell-Platja d'Aro. L'aigua tractada a la EDAR de Palamós procedeix d'aquesta mateixa ciutat, de Calonge, de Montràs i de Vall-Llobrega.

S'ha intentat comparar, a partir de les dades que tenim d'aquestes dues EDARs, la digestió aeròbia d'una amb l'anaeròbia de l'altre, ja que són plantes amb un funcionament molt semblant. (veure també 8.1).

A la EDAR de Palamós s'utilitza el procés de fangs activats i té un tractament terciari semblant a la de Castell-Platja d'Aro. Aquest es duu a terme si l'aigua s'utilitza per als serveis municipals i per a regar una pollancreda que el mateix Consorci de la Costa Brava ha plantat al costat de la EDAR.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

En la línia de fangs es realitza la digestió anaeròbia, aquesta és la principal diferència amb la EDAR de Castell-Platja d'Aro. No es fa cogeneració i el biogàs s'utilitza tan sols per escalfar el digester anaerobi a uns 37°, la resta es crema a la torxa.

El destí final del fang és l'agricultura, el cabal de disseny és de 33.000 m³/dia i els HE són de 165.450.

La següent taula ens mostra els valors que adquireixen els diferents paràmetres de l'aigua en les dues EDARs i els rendiments obtinguts.

Taula 56. Comparació dels paràmetres de les dues EDARs. Font: EDAR Palamós i EDAR Castell-Platja d'Aro.

Paràmetres	Palamós			Castell-Platja d'Aro		
	Entrada	Sortida	Rendiment (%)	Entrada	Sortida	Rendiment (%)
DBO₅ (mg/L)	259	7	97	234	6	97
DQO (mg/L)	574	72	87	540	49	91
MES (mg/L)	305	13	96	237	9	93
pH (mg/L)	7,4	7,8	--	7,8	7,5	--
Conductivitat (dS/L)	1,33	2,41	--	2,43	1	--
Nitrogen total (mg/L)	54,3	44,7	18	59,5	34	43
Fòsfor total (mg/L)	8,3	4,5	46	6,3	4	36

La càrrega inicial a la EDAR de Palamós és major que a la de Castell-Platja d'Aro, no obstant, els rendiments en la DQO i la DBO són lleugerament superiors a la EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Pel que fa al rendiment d'eliminació de MES, és superior a la EDAR de Palamós. Això s'explica per la digestió anaeròbia que utilitza la EDAR, que tal com s'ha vist, a la taula 24 implica una major eliminació d'aquest paràmetre.

Per tal de poder comparar bé el tema energètic i de producció de fangs en les dues EDARs s'ha treballat sobre el cabal que hi ha a la depuradora de Castell-Platja d'Aro, que tal com s'ha dit anteriorment era de 4.263.890 m³ per a l'any 2008.

$$\frac{4.263.890 m^3}{6.824.693 m^3} \times 100 = 62,5\%$$



Aquest, representa poc més d'un 60% del cabal de Palamós. Per tant, treballant amb aquest cabal, obtenim:

Taula 57. Comparació entre energia i fangs. Font: Elaboració pròpia.

Paràmetres	Platja d'Aro	Palamós
E. consumida (kWh)	2.059.977	1.213.174
Producció de fangs (T MS)	1.088	642

S'observa que en la EDAR de Castell-Platja d'Aro és consumeix gairebé el doble d'energia que en la EDAR de Palamós. Aquest increment es deu bàsicament al consum produït per l'aportament d'oxigen per la digestió aeròbia de la EDAR de Castell-Platja d'Aro.

$$\frac{1.213.174 \text{ kWh}}{2.059.977 \text{ kWh}} \times 100 = 59\%$$

També es comprova que la quantitat de fang generat en la digestió anaeròbia és bastant més baix que els generats en l'aeròbia. Per un mateix cabal, la EDAR de Palamós produeix poc més de la meitat del fang produït a la EDAR de Castell-Platja d'Aro.

$$\frac{642 \text{ T MS}}{1.088 \text{ T MS}} \times 100 = 59\%$$

Taula 58. Eliminació sòlids i DQO. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro i EDAR Palamós.

	Castell- Platja d'Aro			Palamós		
	Entrada	Sortida	% eliminació	Entrada	Sortida	% eliminació
SST (%)	1,8	1,7	9,5	2,7	1,9	29,6
SSV (%)	1,5	1,3	13,9	1,9	1,4	26,3
DQO (%)	2	1,5	26,2	--	--	--

En la taula anterior podem veure alguns dels principals paràmetres per tal de poder fer una comprovació de les dues depuradores amb tractament de fangs diferents. No s'han pogut obtenir les dades de la DQO a la EDAR de Palamós i per tant, no es pot fer la comparativa d'aquest paràmetre.

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Pel que fa als SST i als SSV s'observen uns rendiments d'eliminació majors del 25% a la EDAR de Palamós, mentre que en la de Castell-Platja d'Aro aquests no sobrepassen el 15%. Per tant, s'ha comprovat que la digestió anaeròbia té uns majors rendiments en l'eliminació dels sòlids volàtils.



VII. Ocupació superficial de la instal·lació

Les dues taules que venen a continuació fan referència a les superfícies que ocupen cadascun dels edificis i instal·lacions en la planta actual i en el de la proposta.

Actual:

Taula 59. Mides instal·lació. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Instal·lacions cobertes	Llarg. (m)	Amp. (m)	Diám. (m)	Unitats	Sup (m ²)
Edifici central					
1er Pis. Oficines - Laboratori	–	–	15	1	176,7
P. Baixa. Sala OP + Vestuaris	11,5	6	–	1	69
P. Baixa. Taller + Serv. Aux.	11,5	6	–	1	69
Magatzem	13	5	–	1	65
Edificis de procés					
Pretractament	8	6,5	–	1	52
Deshidratació	13	8	–	1	104
Tract. Terciari	10	10	–	1	100
Total sup. cobertes					635,7
Instal·lacions descobertes					
Pretractament (Dessorrador-desgreixador)	23	6,5	–	1	149,5
Decantador Primari	–	–	23,75	3	1.329
Reactor Biològic + Digestor aerobi	44	14	–	6	3.696
Decantadors Secundaris	–	–	30	3	2.120,6
Terciari (Filtres de sorra)	15	11,5	–	1	172,5
Laberint Cloració	–	–	13,5	1	143,1
Espessidors	–	–	13	2	265,5
Desinfecció UV	10	1			10
Total superfícies descobertes					7.886,2
Total					8.521,9

Implantació de la digestió anaeròbia a la EDAR de Castell-Platja d'Aro

Proposta:

Taula 60. Mides instal·lació. Font: EDAR Castell-Platja d'Aro.

Instal·lacions cobertes	Llarg. (m)	Amp. (m)	Diám. (m)	Unitats	Sup (m²)
Edifici central					
1er Pis. Oficines - Laboratori	–	–	15	1	176,7
P. Baixa. Sala OP + Vestuaris	11,5	6	–	1	69
P. Baixa. Taller + Serv. Aux.	11,5	6	–	1	69
Magatzem	13	5	–	1	65
Edificis de procés					
Pretractament	8	6,5	–	1	52
Deshidratació	13	8	–	1	104
Tract. Terciari	10	10	–	1	100
Motor de cogeneració	8	4	–	1	32
Total sup. cobertes					667,7
Instal·lacions descobertes					
Pretractament (Dessorrador-desgreixador)	23	6,5	–	1	149,5
Decantador Primari	–	–	23,75	3	1.329
Reactor Biològic	44	14	–	3	1846
Digestors Anaerobis	–	–	18	2	508,9
Decantadors Secundaris	–	–	30	3	2.120,6
Terciari (Filtres de sorra)	15	11,5	–	1	172,5
Laberint Cloració	–	–	13,5	1	143,1
Espessidors	–	–	13	2	265,5
Desinfecció UV Gasòmetre	–	–	3,6		40,72
Torxa	–	–	1		1
Total superfícies descobertes					6.576,1
Total					7.244,5

VIII. Densitat del fang

Taula 61. Densitat del fang. Font: Elaboració pròpia.

Densitat (kg F/L F)	
Fang 1ari (70%)	1,02
Fang 2ari (30%)	1,005
Conjuntament	1,0155

IX. Càlculs del balanç econòmic

Taula 62. Càlcul del balanç econòmic. Font: Elaboració pròpia.

Any	FC	VAN	TIR
0	-1.760.735	-1.760.735	-1.760.735
1	239.265	230.062	210.992
2	239.265	221.214	186.060
3	239.265	212.706	164.074
4	239.265	204.525	144.686
5	239.265	196.658	127.589
6	239.265	189.095	112.512
7	239.265	181.822	99.217
8	239.265	174.828	87.493
9	239.265	168.104	77.155
10	239.265	161.639	68.038
11	239.265	155.422	59.998
12	239.265	149.444	52.908
13	239.265	143.696	46.656
14	239.265	138.170	41.143
15	239.265	132.855	36.281
16	239.265	127.745	31.994
17	239.265	122.832	28.214
18	239.265	118.108	24.880
19	239.265	113.565	21.940
20	239.265	109.197	19.347
21	239.265	104.997	17.061
22	239.265	100.959	15.045
23	239.265	97.076	13.267
24	239.265	93.342	11.699
25	239.265	89.752	10.317
26	239.265	86.300	9.098
27	239.265	82.981	8.023
28	239.265	79.789	7.075
29	239.265	76.721	6.239
30	239.265	73.770	5.502
31	239.265	70.933	4.851
32	239.265	68.204	4.278
33	239.265	65.581	3.773
34	239.265	63.059	3.327
Total:	6.374.271	2.644.418	-4