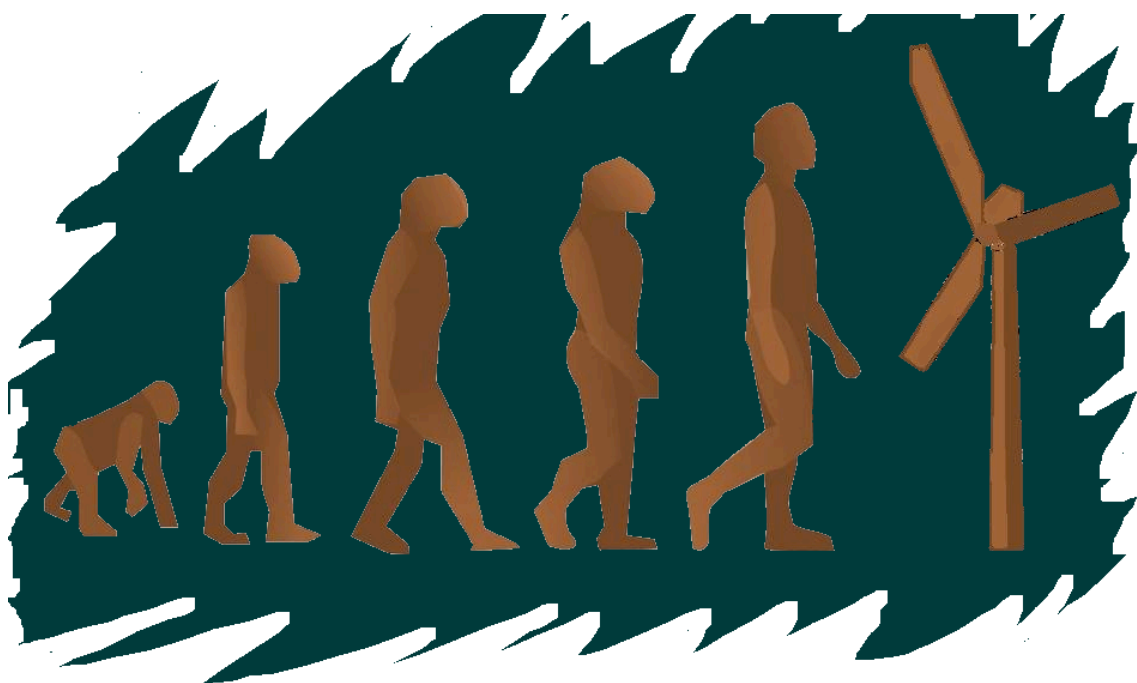


LOCALITZACIÓ DE LES ZONES ÒPTIMES DEL LITORAL CATALÀ PER LA INSTAL·LACIÓ D'UN PARC EÒLIC MARÍ



(Memòria)

Redacció del projecte:

Elisabeth Andreo i Cots

Roger Blanché i Tomàs

Marta Coca i Toledano

Signat i revisat per: **Diego Varga i Linde (tutor tècnic)**

Signatura

Amb la col·laboració de:



PROVENT

Consultoria i Serveis Ambientals
www.provent.cat

Data: Juny 2009

ÍNDEX

1. Agraïments	7
2. Justificació	8
3. Antecedents	11
3.1. Situació energètica actual a Catalunya	
Concepte d'energia	
Història de l'energia	
Situació energètica actual mundial	
Els àmbits escalars: Catalunya, Espanya, Europa, el món	
Futur energètic	
Antecedents de l'energia eòlica a Catalunya	
Futur de l'energia eòlica a Catalunya	
3.2. Descripció dels parcs eòlics marins	
3.3. Situació de l'energia eòlica marina en altres països	
3.4. Marc legislatiu	
4. Caracterització de l'àrea d'estudi	44
4.1. Situació física	
4.2. Situació socioeconòmica	
4.3. El litoral	
5. Objectius	48
6. Metodologia utilitzada	49
6.1. Sistemes d'informació geogràfica	
6.2. Anàlisi multicriterial	
6.3. Anàlisi metodologia específica	
Mètode Rating	
Mètode Ranking	
Mètode de comparació per parells	
Mètode Trade-off	

Valoracions

7. Anàlisi territorial	64
7.1. Variables analitzades	
Recurs eòlic	
Batimetria	
Xarxa Natura 2000	
Subestacions elèctriques vora la costa	
Zona de protecció de les Fanerògames marines	
Instal·lacions d'aqüicultura	
Elements zones prohibides per IHM	
Ports marítims	
Esculls artificials	
7.2. Altres consideracions	
8. Presentació de la localització de les zones òptimes.....	110
9. Discussió	114
10. Conclusions	120
11. Bibliografia	121
12. Glossari	125

ANNEX CARTOGRÀFIC

1. AGRAÏMENTS

Volem agrair especialment el suport, tant tècnic com moral, del nostre tutor tècnic Dr. Diego Varga i Linde, que tot i no haver començat amb nosaltres el projecte i tenir una apretadíssima agenda sempre ens ha trobat un moment per dedicar-nos el seu temps. Ha estat la persona en qui més ens hem recolzat i més suport ens ha donat tant en els bons com en els moments més complicats del projecte. Volem agrair al Dr. Miquel Rigola i Lapeña el seu suport inicial i la seva motivació a l'hora de donar-nos la idea fonamental del projecte. També volem agrair a Emili Mató i Palós la seva tasca desenvolupada com a tutor docent del nostre projecte, ja que gràcies al seu seguiment rutinari ens ha permès anar preparant el camí durant tot el curs.

D'altra banda també hem d'agrair al Dr. Albert Llausàs i Pascual la seva col·laboració en la part dels Sistemes d'Informació Geogràfica, ja que gràcies a la seva ajuda hem pogut solucionar petits problemes que ens hem anat trobant a l'hora de realitzar l'anàlisi territorial.

Donar les gràcies als doctors Carles Barriocanal i Lozano i al Sergio Rossi per la informació aportada referent a les rutes migratòries i a les *Marine Protected Areas* (MPA).

Agrair al Tècnic en Energia Eòlica de l'Àrea d'Energies Renovables de l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) el Sr. Grisha Domakowski per donar-nos la seva opinió en base a l'experiència adquirida al llarg de la seva trajectòria professional.

Reconèixer al Lluís Terradas i Miarnau, Director de l'Àrea d'Indústria i Energia de la Delegació del Govern de Catalunya, per indicar-nos la situació energètica actual en què es troba Catalunya.

I finalment ens cal agrair a l'Àrea de Climatologia del Servei Meteorològic de Catalunya i a Elisa Armengou del Servei de Documentació i Estudis de la Direcció General d'Urbanisme per proporcionar-nos dades molt necessàries per al desenvolupament del nostre projecte.

Així doncs, a tots ells, gràcies per les estones dedicades, sense les quals, el resultat d'aquest projecte no hagués estat el mateix.

2. JUSTIFICACIÓ

Com a conseqüència de l'**augment** progressiu de la **demanda energètica** hem arribat en el punt que s'ha d'apostar cap a noves fonts d'energia renovables. Les energies renovables procedeixen de fonts d'energia que no s'exhaureixen i es regeneren en un període de temps curt. Es basen en els fluxos i cicles naturals del planeta com l'energia solar, l'energia mareomotriu, l'energia eòlica, etc.

Les energies no renovables que utilitzen com a matèria primera el carbó, el petroli, etc. s'estan quedant obsoletes com a conseqüència de l'esgotament progressiu dels recursos, per tant una aposta segura i eficient són les **energies renovables**.

Un d'aquest tipus d'energia renovable és la que ha portat a realitzar el projecte és **l'energia eòlica marina**, que tot i no ser de les més emprades hi ha fortes expectatives dipositades en ella.

L'energia eòlica no contamina, és inesgotable i frena el consum de combustibles fòssils, podent col·laborant a reduir el canvi climàtic. És una de les fonts més econòmiques, pot competir en rendibilitat amb altres fonts energètiques tradicionals com les centrals tèrmiques de carbó, les centrals de combustibles i fins i tot amb les centrals nuclears, si es consideren els costos de reparar els danys mediambientals que aquestes causen.

El fet de generar energia elèctrica sense que existeixi un procés de combustió o una etapa de transformació tèrmica suposa, des del punt de vista mediambiental, **un procediment més net**, és a dir, sense tants problemes de contaminació. Es suprimeixen notablement els impactes originats pels combustibles durant la seva extracció, transformació, transport i combustió, fet que minimitza els impactes que poden rebre l'atmosfera, el sòl, l'aigua, la fauna i la vegetació. Tampoc origina productes secundaris perillosos ni residus contaminants. L'energia eòlica evita la contaminació que comporta el transport dels combustibles, redueix l'intens tràfic marítim i terrestre proper a les centrals i suprimeix els riscos d'accidents durant els transports.

A Catalunya hi ha la possibilitat d'instal·lar 3.000 MW de potència elèctrica basada en aquesta font d'energia, fet que permetria ajudar a cobrir el 22% de la demanda elèctrica projectada pel 2.050 per a Catalunya¹.

Un aerogenerador de 1.000KW evitarà les 2.000 tones de CO₂ que produirien altres fonts d'energia, com pot ser el cas de les centrals tèrmiques².

Cal remarcar que l'energia produïda per un aerogenerador durant els seus primers 20 anys de vida és 80 vegades superior a l'energia utilitzada per la seva construcció, manteniment, explotació i desmantellament³.

La **baixa rugositat** del medi marí suposa una important avantatge per l'aprofitament de l'energia eòlica; en general, com més pronunciada sigui la rugositat del terreny major serà la ralentització que experimenti el vent.

Al mar la **rugositat superficial** és molt baixa en comparació amb el medi terrestre i no existeixen obstacles que puguin reduir la velocitat del vent, afavorint que la circulació del vent vagi a majors velocitats. Per general, els vents van guanyant velocitat al allunyar-nos de la costa.

El recurs eòlic és major i menys turbulent mar endins que en localitzacions pròximes de la línia de la costa sense accidents geogràfics. L'existència d'una **menor turbulència** implica que la velocitat del vent no experimenti grans canvis. En el mar provoca una disminució de la fatiga a la qual es troba sotmès un aerogenerador aïllat i augmenta el període de treball útil d'un aerogenerador.

Les àrees marines disposen d'àrees adequades per a la col·locació d'aerogeneradors, fet que ofereix la possibilitat d'instal·lar parcs molt més grans que en terra. L'amplitud d'aquest medi, juntament amb la llunyania amb els nuclis de població, provoca que l'impacte visual sobre el paisatge es redueixi moltíssim.

¹Dades extretes del Pla de l'Energia 2006 – 2015.

²Dades extretes de la XVI Conferència Catalana per un futur sense nuclears i energèticament sostenible.

³ www.ecoestrategia.com

La seva ubicació allunyada de llocs habitats, permet suavitzar les restriccions imposades per les autoritats ambientals en relació amb l'emissió i la propagació de soroll i incrementa la velocitat de la punta de la pala, amb la corresponent disminució del seu pes i de les estructures que la suporten, aconseguint una reducció significativa del cost en la fabricació de l'aerogenerador en el seu conjunt.

Tot i els avantatges que ofereix aquest tipus d'energia tampoc podem oblidar que és una instal·lació de grans magnituds i com a tal també pot provocar algun que altre impacte sobre el medi com ara que la inversió inicial presenta un elevat cost i que les dificultats de transport i manteniment incrementen degut a la seva localització. També hem de considerar que és una energia molt nova i per tant encara s'han de fer molts avenços tecnològics per tal d'arribar a la seva màxima eficiència.

És pot deduir que en la zona on s'instal·li el parc eòlic possiblement s'haurà de tancar a la pesca per a evitar danys en la infraestructura i possibles accidents de navegació, reduint la zona de pesca pels pescadors. A més a més les conduccions d'energia i el soroll generat pot provocar canvis en l'ambient marí amb conseqüències sobre els organismes vius.

Com a conseqüència de l'augment en la demanda energètica s'està provocant una disminució de la disponibilitat dels recursos fòssils i, per tant, s'hauria de començar a apostar fomentar l'ús de les energies renovables. Un tipus d'aquesta energia és l'Energia Eòlica Marina; està caracteritzada per no contaminar el medi, ser inesgotable, fer disminuir el consum dels combustibles fòssils gràcies al seu ús i també fer disminuir els impactes originats durant l'extracció, transformació, transport i combustió dels combustibles anteriorment esmentats. Però, com tot procés d'on s'obté energia hi ha uns impactes associats, tanmateix si es realitzen els estudis d'avaluació d'impacte ambiental corresponents i es treballa de manera conscient aquests impactes poden ser mínims.

3. ANTECEDENTS

3.1. SITUACIÓ ENERGÈTICA ACTUAL A CATALUNYA

CONCEPTE D'ENERGIA

L'**energia**⁴ és la capacitat de realitzar un treball, es a dir, per fer qualsevol cosa que impliqui un canvi (en el moviment, físic,...), cal la intervenció de l'energia.

L'energia es pot manifestar de maneres molt diverses:

- **Energia cinètica:** Aquella que es genera a partir del moviment de cossos.
- **Energia tèrmica:** Aquella que es produeix per l'alliberament de calor.
- **Energia potencial:** Energia que s'emmagatzema com a resultat de la deformació d'un objecte elàstic. És igual al treball necessari per a estirar l'objecte elàstic. Hom la calcula com la meitat del producte del quadrat de la distància estirada i d'una constant que depèn de la natura de l'objecte elàstic.

La Terra disposa d'energia originada per una única font energètica, la que prové del **Sol** (nuclear), que pren aquesta forma quan les reaccions de fusió tenen lloc al Sol. La resta, són derivacions i canvis d'expressió de l'energia nuclear: l'energia solar i les seves derivades (eòlica, biomassa, hidroelèctrica, etc.) són energia nuclear solar capturada a la Terra, mentre que els hidrocarburs i el carbó són energia nuclear solar fossilitzada al llarg del temps. Així, doncs, les formes d'obtenció i utilització de l'energia es poden classificar de la manera següent:

- Energia alliberada per reacció combustiva
 - Extracció de dipòsits no renovables (fòssils) d'energies del carboni: carbó, petroli, gas natural.

⁴ Gran Enciclopèdia catalana.

- Explotació de fonts biodegradables d'energies del carboni: biomassa.
- Explotació de fonts no biodegradables d'energies del carboni: fracció fòssil dels residus.
- Energia generada per reacció nuclear:
 - Nuclear de fissió
 - Nuclear de fusió (tecnologia no disponible)
- Energia capturada (energies renovables):
 - Captació d'energies lliures i renovables d'origen solar: eòlica, termosolar, fotovoltaica.
 - Transformació cinètica d'energies potencials renovables: hidroelèctrica, mareomotriu.
 - Captació d'energies lliures i renovables d'origen geonuclear: geotèrmica.

HISTÒRIA DE L'ENERGIA

L'ésser humà des dels seus primers passos a la terra, i al llarg de la història, ha estat buscant formes d'obtenció de l'energia que faciliti la vida i la faci més agradable. Gràcies a l'ús i coneixement de les formes d'energia ha estat capaç de cobrir les necessitats bàsiques mitjançant: llum, calor, moviment, força, etc.

L'ésser humà al seus orígens utilitzava l'energia procedent de la seu propi cos, utilitzant la força, durant molt de temps.

Fins al descobriment del **foc**, fa uns 350.000 anys, van observar que per mantenir-lo encès s'havia de llençar llenya, havien descobert la **biomassa**. Aquest avenç va permetre arribar a tenir un control sobre la resta dels animals, ja que el control del foc els va permetre disposar d'energia per estar sempre calents, per escalfar el menjar, fabricar millors armes o espantar les bèsties.

Fa 10.000 anys que van aprendre també a domesticar els animals de granja, per evitar haver d'anar a caçar i tenir **animals de càrrega** perquè els ajudessin en el treball.

Fa uns 2.000 anys es van començar a utilitzar molins que funcionaven a través de la força humana i la d'animals. Posteriorment es va inventar el molí grec, constituït per un eix de fusta vertical, amb unes pales submergides a l'aigua a la part inferior de l'eix, havien descobert **l'energia hidràulica**. Aquest tipus de molí s'utilitzava per moldre grans, l'eix passava a través de la maquinària inferior i feia girar la maquinària superior, on hi estava unit.

La roda hidràulica va donar lloc al molí de farina activat per energia hidràulica. Però sorgeixen les necessitats d'aprofitar altres fonts energètiques provinents de la naturalesa, **l'energia eòlica**. El primer molí de vent servia per moure les aspes i a partir de llavors es van anar desenvolupant passant per molins de torre fins els d'avui en dia, els actuals aerogeneradors.

No és fins el segle XII que daten les primeres explotacions del **carbó** útils pel seu elevat poder calorífic i per la fabricació de metalls de més bona qualitat. Durant la revolució industrial, la **màquina de vapor** i la producció d'acer consoliden el carbó com la principal font d'energia. Amb la II Guerra Mundial comença el desplaçament de carbó com a principal font d'energia sent substituït principalment pel **petroli** i el **gas natural**. No és fins a la dècada dels 70 que la societat basa el seu desenvolupament industrial en els hidrocarburs, i el carbó passa a ser relegat a la fabricació de la indústria del ferro i com a font d'algunes plantes de generació **elèctrica**.

L'any 1859 es perfora el primer pou de **petroli** a Pensilvània. Durant la primera meitat del segle XX es consolida l'ús dels derivats del petroli gràcies a la invenció dels motors Otto i Dièsel. Des de llavors els consums del petroli s'han usat en multitud d'aplicacions com ara: combustibles per vehicles agraris, trens i avions, plàstics, quitrà, calefacció, producció d'electricitat, etc.

L'any 1930 es comencen a descobrir i explotar els jaciments de gas natural, però no és fins el 1960 quan hi ha la gran eclosió del gas natural.

Durant els segles XIX i principis del XX hi ha molt avenços en la física. Es descobreix l'obtenció de l'energia per **fissió nuclear**; al principi es creu que no es podrà aplicar, ja que simplement es un concepte teòric, però l'any 1942 a Chicago es va desenvolupar un prototip del reactor nuclear. A finals de 1950 va començar una aplicació més pràctica d'aquesta energia per a la producció d'electricitat, amb les primeres centrals nuclears de fusió.

L'any 1904 es comença a utilitzar l'energia **geotèrmica**, que permet aprofitar l'energia procedent de la terra. Més tard, l'any 1954 es descobreix l'energia **solar fotovoltaica**, a partir de l'observació que els semiconductors de silici amb certes impureses eren molt sensibles a la llum. L'any 1967 es crea la primera central **mareomotriu**, que es basa en l'aprofitament de l'energia que es produeix en els canvis intermareals.

SITUACIÓ ENERGÈTICA ACTUAL MUNDIAL

L'energia és un element imprescindible per al desenvolupament d'una societat en tots els seus àmbits. Els qui presideixen aquestes societats han de realitzar esforços per atendre les **necessitats energètiques** de la població, optimitzant el consum, minimitzant l'impacte ambiental i anticipant-se a les necessitats i disponibilitats futures.

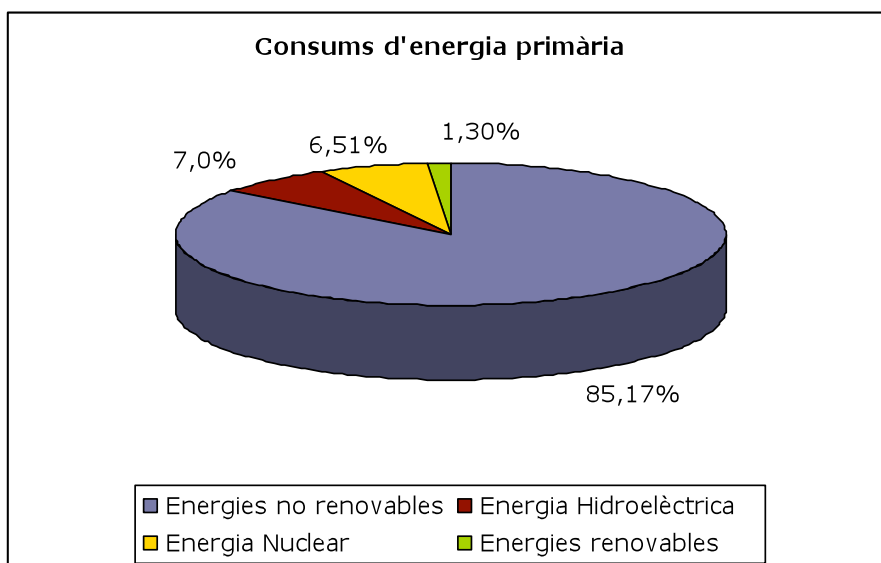
El context energètic està estretament lligat al context internacional, ja que hi ha una gran dependència exterior pel que fa a les fonts de subministrament energètic. Les polítiques i les orientacions energètiques que dicta la Unió Europea afecten els consums i les obtencions energètiques dels països que en formen part.

Els consums energètics mundials actuals s'han vist afectats per **tres grans successos**:

- L'increment exponencial del preu del petroli.
- L'increment en els consums del petroli, degut a la demanda creixent dels Estats Units i dels països emergents com ara la Xina i l'Índia.
- L'entrada en vigor del protocol de Kyoto i la reducció de les seves emissions per tal de complir el protocol.

Es preveu un increment dels consum d'energia mundial del 57%⁵ entre el 2004 i el 2030, aquest increment és degut a que els països amb economies emergents estan elevat el consum com a conseqüència de l'estabilitat experimenten.

En el sistema energètic mundial avui en dia hi predominen les energies no renovables (fòssils), que cobreixen el 85%⁶ del consum d'energia primària; un 6,5% de l'energia es genera per reacció nuclear; un 7% per l'energia hidroelèctrica i un 1,3% per energies renovables.



Gràfic 1. Consums d'energia primària. Font: Elaboració pròpia, dades ICAEN llibre en l'horitzó del 2030.

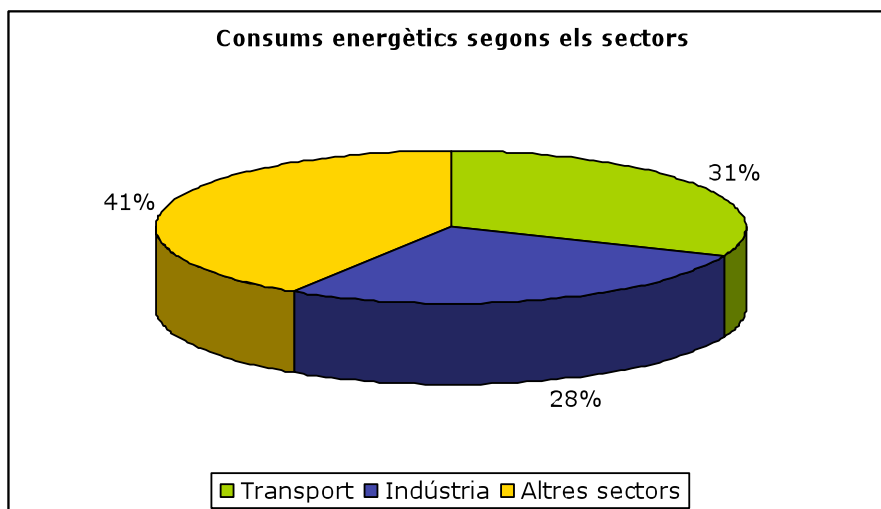
El consum total energètic no és proporcional en tots els sectors, en el següent gràfic⁷ podem observar com el consum energètic en el sector del

⁵ Dades llibre ICAEN En l'horitzó del 2030

⁶ Segons dades del ICAEN

⁷ Dades EUROSTAT any 2004

transport és gairebé la meitat que es consumeix en la resta dels sectors. El segon sector que més consumeix és el de la indústria.



Gràfic 2. Consums energètics segons els sectors. Font: Elaboració pròpia, dades EUROSTAT 2004

La dependència mundial dels combustibles fòssils és molt elevada, un 85%. Es calcula que si es segueix amb aquests ritmes de consums dels combustibles fòssils limitarà les reserves de petroli a 40 anys, el gas natural a 65 anys i el carbó entre 200-230 anys⁸.

Aquest model no sostenible de consum comportarà:

- Esgotament progressiu dels recursos energètics fòssils.
- Impactes ambientals creixents.
- Limitacions d'alternatives que garanteixin la continuïtat del model a llarg termini.

El sistema energètic pot produir diferents impactes depenent de si parlem de zones locals o globals. A nivell local, la majoria estan associats a les emissions contaminants, a l'impacte paisatgístic i a l'afectació dels sistemes naturals. Per altra banda, a nivell global, són els conflictes derivats de l'estructura geopolítica actual, basada en l'accés als recursos fòssils, i els efectes sobre el clima com a conseqüència de la progressiva concentració de

⁸ Document Generalitat Pla Energia 2006-2015

gasos d'efecte hivernacle, aquestes emissions són disperses en llocs puntualitzats, però acaben provocant un impacte global.

Segons les dades de Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 es preveu que en l'horitzó del 2030 es preveu un augment de les emissions mundials dels gasos que increment l'efecte hivernacle del 60% en relació les dades actuals.

ELS ÀMBITS ESCALARS: Catalunya, Espanya, Europa, el món

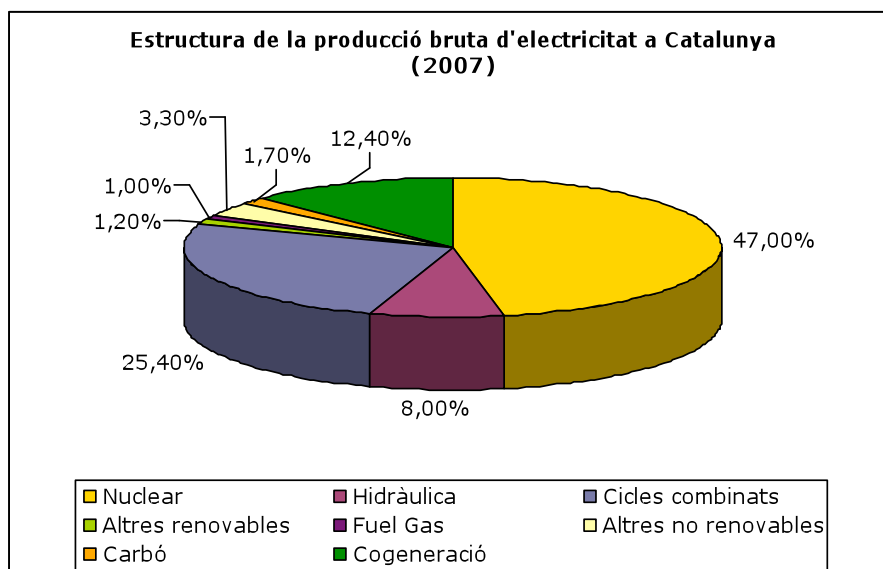
La tecnologia, la capacitat d'intervenció o la pròpia sostenibilitat del sistema energètic es defineixen de forma diferent segons l'àmbit escalar considerat. Segons aquests àmbits podem observar discrepàncies en el tipus de consums segons la font d'on prové l'energia.

Catalunya es mou en un sistema escalar modest, amb menor capacitat per intercedir en els mercats globals en comparació a altres potències mundials. La distribució de competències polítiques i administratives en l'àmbit energètic queden definides en el propi Estatut d'Autonomia i en els dos marcs jurídics de la Unió Europea i l'Estat Espanyol. D'altra banda, Catalunya no està configurada com un sistema energèticament aïllat, sinó que està connectada a la resta de les xarxes elèctriques o de gas que són avui dia l'abast europeu.

Segons les últimes dades que hi ha publicades a l'ICAEN la producció bruta d'energia elèctrica a Catalunya l'any 2007 va ser de 44.448 GWh. Hi ha una petita disminució de la producció nuclear, les centrals tèrmiques de cicle combinat i de les centrals hidràuliques. Aquestes disminucions en el consum va quedar coberta mitjançant els intercanvis elèctrics a través de les interconnexions elèctriques de Catalunya.

En les tecnologies de producció la principal aportació prové de les centrals nuclears i dels cicles combinats, amb un 47% i un 25,4% de la producció total bruta. En segon terme trobem la cogeneració amb un 12,4% mentre que l'energia hidroelèctrica representa un 8% del total.

Les energies renovables representen un 10,3%. Hi ha hagut un augment de les energies produïdes d'origen renovable (eòlica, solar fotovoltaica i biogàs)⁹.



Gràfic 3 Estructura de la producció bruta de l'electricitat a Catalunya (2007). Font: Elaboració pròpia, dades Balanços energètics ICAEN 2007

En relació a Espanya, l'Estat té les competències exclusives en les bases del règim energètic (art.149 de la Constitució Espanyola).

Tot això no vol dir que Catalunya no pugui produir la seva pròpia planificació centrada en el seu àmbit escalar.

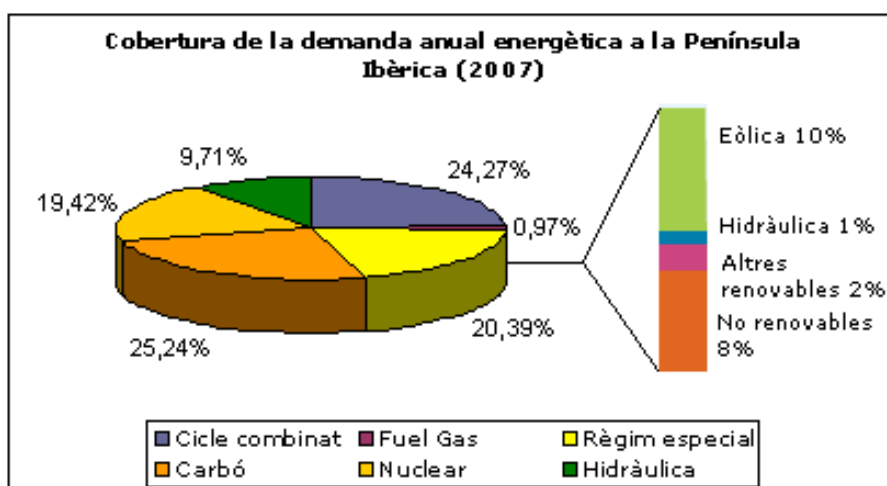
A nivell Europeu, l'energia és una de les competències compartides entre els estats membres.

Espanya en els últims 20 anys a patit un augment del consum energètic molt gran; durant la dècada dels anys 70 hi va haver una moderada tendència a créixer, que a inicis dels anys 80 va patir un estancament al principi de la dècada dels 80, degut a la greu crisi del petroli, produïda per la negativa dels països productors de petroli a subministrar-lo a altres països occidentals aliats a Israel. A la segona meitat dels anys 80 i la

⁹ Dades extretes de l'ICAEN.

primera dels 90, el creixement del consum va ser similar a la dècada dels anys 70. Però va ser a partir de l'any 1995 hi va haver un fort augment del consum, degut fonamentalment al creixement de la població i a l'augment del nivell de vida. Últimament, el nivell de l'Estat espanyol està arribant a una estabilització en el consum, gràcies a la concienciació ciutadana de les limitacions energètiques i als esforços realitzats per reduir la insostenibilitat creixent del consum que hi havia en els anys anteriors.

A continuació podem observar un gràfic que ens mostra la cobertura de la demanda anual energètica a la Península Ibèrica. Podem veure com el carbó és la principal font energètica, amb un 26%, seguida per les de cicle combinat, amb un 25%. L'energia eòlica per la seva banda representa el 2,1% de la cobertura energètica.



Gràfic 4. Cobertura de la demanda energètica anual a la Península Ibèrica (2007). Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Informe del sistema elèctric espanyol, 2007, REE.

FUTUR ENERGÈTIC

D'aquí uns anys les fonts d'energia que estem utilitzant en l'actualitat probablement (majoritàriament energies no renovables) s'esgotaran o bé no seran rentables¹⁰ degut a la dificultat d'extracció; tampoc serà rentable la seva comercialització, ja que la relació cost-benefici serà molt elevada.

¹⁰ Dades excrites del llibre "En l'horitzó del 2030" ICAEN

Podria ser que la oferta no pogués cobrir la demanada produint una gran inestabilitat dels preus, un esgotament de les reserves i molt abans una crisi dels preus.

S'han realitzat estudis sobre la taxa d'esgotament d'aquestes fonts energètiques: s'estima que el petroli trigarà entre 35-45 anys, el gas natural entre 60 i 70 anys, el carbó entre 200 i 230 anys i les reserves d'Urani permeten un ús màxim de 50 anys seguint el ritme de consum actual.

La crisi energètica podria tenir conseqüències socioeconòmiques importants sobre tots els sectors, atesa la gran dependència dels combustibles fòssils convencionals. També pot provocar impactes ambientals severos a causa de la utilització de petrolis no convencionals, de menys qualitat i contingut més gran de sofre, així com d'altres combustibles fòssils, com el carbó.

Cal fomentar una política d'investigació i desenvolupament (I+D) més forta per tal de seguir avançant vers el camí de les energies renovables i d'aquesta manera obtenir una major eficiència energètica.

Segons dades de l'ICAEN¹¹, es creu que cap el 2030, l'increment mundial de consum de l'energia primària es pot situar en un 50-70% per sobre dels nivells actuals.

L'energia d'origen fòssil es creu que continuarà essent consumida de la mateixa manera (77-82% de l'energia primària), amb alguns canvis en la distribució entre les fonts: increment de l'ús del gas natural, una reducció de l'ús del petroli, tot i que continuarà essent el material energètic més usat. D'entre els combustibles fòssils, el gas natural tindrà l'increment més remarcable.

El carbó malgrat el seu impacte ambiental, mantindrà un ús elevat: es farà servir menys en els països occidentals, però s'utilitzarà més en els països

¹¹ Font: L'energia en l'horitzó del 2030.

emergents, ja que encara no disposen d'una tecnologia ni d'uns recursos tan desenvolupats per tal d'utilitzar altres fonts d'energia.

L'energia de fissió nuclear continuarà tenint un pes important, tot i que els consums seran més baixos que els d'avui en dia degut a la seva negativa percepció social, malgrat el desenvolupament de reactor de tercera generació. Cap el 2030 es preveu l'entrada en funcionament de reactors nuclears de quarta generació, que produiran hidrogen com a subproducte complementari a la generació d'electricitat.

La comercialització de l'energia generada a partir de la biomassa i de la fracció fòssil dels residus podria créixer, tot i que a Catalunya aquest tipus d'energia no està gaire desenvolupada i estudiada.

En referència a les energies renovables, l'energia solar tèrmica, l'energia solar fotovoltaica, la hidroelèctrica, la mareomotriu i l'eòlica són les fonts d'energia amb més perspectives de creixement en la propera dècada. Les limitacions de les energies renovables són degudes a diversos factors:

- L'aprofitament comercial de la biomassa forestal i dels residus serà limitat ja que gairebé no existeix una activitat econòmica associada al bosc, capaç de generar residus com a subproducte, i l'impacte ambiental de les seves emissions, la percepció social negativa de les centrals de combustió i les consegüents exigències respectives sobre elles.
- Quant a la captació eòlica la seva implantació serà limitada per l'impacte paisatgístic dels aerogeneradors – de dimensions cada vegada més considerables.
- La captació solar tèrmica es veurà limitada per la lentitud (15-20 anys) en arribar al punt òptim comercial del sistema de generació elèctrica termosolar. La captació solar fotovoltaica estarà limitada per l'elevat impacte ambiental i consum energètic de la purificació i cristallització del silici, els límits físics de rendiment de la transformació energètica, la seva maduresa tecnològica i el seu cost elevat.
- La transformació hidroelèctrica es veurà limitada per l'impacte sobre valls inundades i sobre ecosistemes, en èpoques de sequera es

deixarà d'obtenir aquesta energia. També les construccions de grans blocs per emmagatzemar l'aigua trenca les xarxes i les cadenes tròfiques dels rius.

Actualment s'estan realitzant estudis i nous models que consumeixen fonts energètiques diferents, per exemple en el sector del transport els combustibles no només procediran del petroli, sinó que també podran provenir del gas natural, del carbó, la biomassa (mitjançant biocombustibles) i el gas líquid.

La demanada d'energia final també creixerà significativament (fins a un 60%). Els increments més grans es donaran als sectors transport i serveis, seguits del sector residencial. Les emissions de CO₂ s'intensificaran més d'un 60%, tot i que el creixement serà molt més petit a Europa que la resta del món, aquest augment vindrà produït principalment per l'augment de la demanada de transport de diversos països en vies de desenvolupament¹².

ANTECEDENTS ENERGIA EÒLICA A CATALUNYA¹³

La primera construcció d'un parc eòlic a Catalunya va ser l'any 1984 a Garriguella, aquest va ser connectat a la xarxa de l'Estat Espanyol; estava format per cinc aerogeneradors on cada un aportava 24 kW a la xarxa. Un cop demostrades les expectatives d'aquesta tecnologia es va optar l'any 1988 per desmantellar-lo.

Més tard, l'any 1991, va entrar en funcionament el segon parc, a Roses. Aquest parc formava part, com l'anterior, d'un banc de proves. Aquest disposava de 6 aerogeneradors que donaven una potència total de 590 kW.

L'any 1994 se'n va construir un a Tortosa, el Parc eòlic del Baix Ebre. Aquest parc estava format de 27 aerogeneradors amb una potència total de 4.050 kW, amb 150 kW potència unitària per aerogenerador.

¹² Informe d'energies renovables del 2050.

¹³ Dades extretes de l'ICAEN.

A la segona meitat de la dècada dels noranta l'energia eòlica arriba a un punt en què la remuneració que s'obté per energia generada és suficient perquè sigui viable econòmicament.

L'any 1999 es construeix l'instal·lació del parc eòlic del Trucafort, entre l'Argentera, la Torre de Fontaubella i Colldejou amb 66 aerogeneradors de 225 kW i 25 aerogeneradors més de 600 kW. La potència total d'aquest parc va ser de 29,85 MW.

Els anys 1999 i 2000 es va instal·lar el parc eòlic Colladetes, municipi del Perelló Constava de 54 aerogeneradors i una potència total de 36,63 MW.

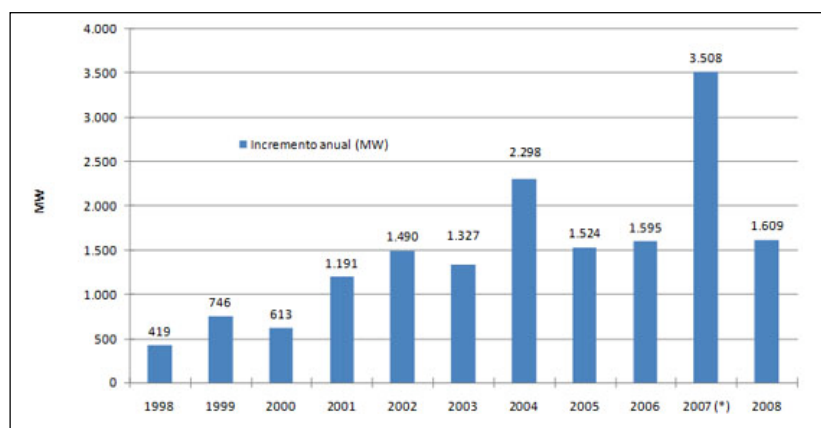
Posteriorment, l'any 2001 va entrar en servei un nou parc eòlic en el municipi del Perelló. És el parc de les Calobres, té 17 aerogeneradors que donen una potència total de 12,75 MW i va fer augmentar la potència instal·lada a Catalunya fins als 83,9 MW.

L'any 2002 es construeix el parc eòlic Mas de la Potra als municipis de Pradell de la Teixeta i Duesaigües, amb dos aerogeneradors amb una potència total de 2,3 MW.

Finalment, l'any 2004 van entrar en funcionament 7,92 MW, corresponents als 6 aerogeneradors de 1.320 kW del parc eòlic Collet dels Feixos, al municipi de Duesaigües. D'aquesta manera, la potència eòlica instal·lada a Catalunya a l'any 2004 es va situar als 94,4 MW.

A l'any 2004 l'energia eòlica representava a Catalunya poc més de l'1% del total de l'energia eòlica d'Espanya. Aquesta poca aportació de l'energia eòlica al total de la resta d'Espanya es deu a una manca de planificació, ja que les altres comunitats autònomes tenien un desenvolupament força major.

A principis dels anys noranta la producció d'electricitat per mitjà de parcs eòlics a Catalunya va augmentar fins a 720 MWh anuals, gràcies a l'aportació del Parc Eòlic de Roses.



Gràfic 5. Potència eòlica mundial 1998-2008. Font: Observatori eòlic AEE. 14

FUTUR DE L'ENERGIA EÒLICA A CATALUNYA

Dins de les diferents alternatives d'energia les renovables són, a Catalunya, les que haurien de tenir un major marge de maniobra, de totes maneres cal tenir en compte les limitacions del nostre territori. Pel que fa a l'aplicació de l'energia eòlica en el nostre país hi ha poques zones ventoses en les que es pugui aprofitar comercialment l'energia eòlica o en què les superfícies del sòl no són les adequades. Cal tenir en compte la morfologia territorial, el règim de vents i la voluntat de conservar certs valors naturals i paisatgístics que no permeten un aprofitament intensiu de l'energia. A Catalunya es podria arribar a instal·lar una potència de 3.500 MW¹⁵.

Per tal d'incentivar i potenciar l'ús d'aquesta energia la Generalitat presenta unes línies d'actuació:

- Agrupació dels promotors per a nusos de connexió a la xarxa per racionalitzar les infraestructures elèctriques d'evacuació necessàries i fer més eficaç la seva tramitació i execució.
- Interlocució amb els gestors de la xarxa elèctrica de transport i de distribució.
- Optimització i actualització tecnològica dels projectes per minimitzar el seu impacte ambiental paisatgístic.
- Disponibilitat de noves eines i bases de coneixement.

¹⁴ * Respecte al total acumulat al 1 de gener de 2008 hi ha una diferència respecte a la xifra facilitada a principis de l'any anterior, quan es va fixar en 15.145,1MW i en les verificacions posteriors va quedar en 15.131,21MW.

¹⁵ Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015.

- Contacte amb les administracions i entitats locals per informar-les i consensuar amb el territori el desenvolupament dels parcs eòlics i les infraestructures elèctriques necessàries.

El Govern de la Generalitat ha fixat objectius de l'energia eòlica, passar de l'any 2007 amb 1.500 MW instal·lats passar a l'any 2010 a 3.000 MW instal·lats, i l'any 2015 es podria arribar a una potència de 3.500 MW. Actualment, la suma de projectes que disposen d'autorització administrativa i que han iniciat el tràmit superen els 1.500 MW¹⁶.

La implantació d'aquest augment en l'obtenció d'aquesta energia ha de seguir les següents línies d'actuació:

- Ubicar els parcs eòlics de forma coherent amb l'existència de recurs eòlic.
- Minimitzar l'impacte sobre el patrimoni natural i cultural del paisatge.
- Preveure la millora i la construcció d'infraestructures elèctriques necessàries per a l'evacuació.
- Comptar amb el recolzament majoritari del territori.
- Definir i complir el procediment administratiu aplicable per l'autorització dels parcs eòlics.

¹⁶ Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015.

3.2. DESCRIPCIÓ DELS PARCS EÒLICS MARINS

Totes les fonts d'energia renovables (excepte la mareomotriu i la geotèrmica), e inclús la energia dels combustibles fòssils, provenen, en últim terme, del sol. El sol irradia 174.423.000.000.000 kWh d'energia per hora cap a la Terra. En altres paraules, la Terra rep $1,74 \times 10^{17}$ W de potència¹⁷.

Aleshores l'atmosfera de la Terra absorbeix la **radiació solar** de forma irregular degut a diversos factors: diferències entre la superfície marina i la continental, l'elevació del sòl, l'alternança entre el dia i la nit, la nuvolositat, etc. Aquesta irregularitat provoca que hi hagi masses d'aire amb diferents temperatures i, com a conseqüència **pressions**. A la vegada, la diferència de pressions provoca que l'aire tendeixi a desplaçar-se des de les zones **d'alta pressió cap a les de baixa pressió**, és a dir, el vent.

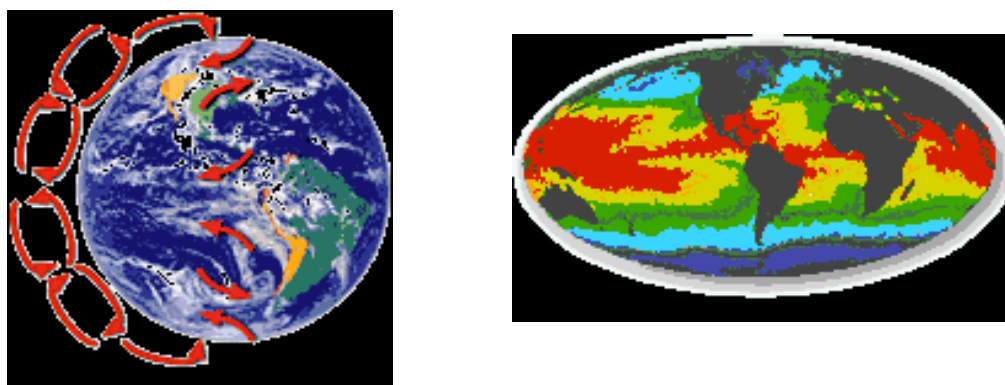


Figura. 1. Moviment masses d'aire. Figura. Temperatura masses d'aire. Font: www.windpower.org

Al voltant de un 1-2% de l'energia provinent del sol es converteix en energia cinètica dels vents atmosfèrics. El 35% d'aquesta energia es dissipa en la capa atmosfèrica a tant sols un quilòmetre per sobre del terra¹⁸. De la resta, s'estima que per la seva aleatorietat i dispersió sols podria ser utilitzada una tercera part, quantitat suficient per abastir deu vegades el consum actual d'energia primària mundial¹⁹. D'aquí el seu enorme potencial e interès. Aquest fet suposa una energia al voltant de 50 a 100 vegades superior a la convertida en biomassa per totes les plantes de la terra.

¹⁷Ocean Circulation, Milton, K. 1993, Oxford.

¹⁸ Dades extretes de la revista *Ambientum*.

¹⁹ Font: Institut Català de l'Energia (ICAEN)

L'energia eòlica marina es, al igual que la terrestre, una aplicació de la força produïda pel vent. Amb la diferència, respecte a l'obtinguda en el terra, que els aerogeneradors s'ubiquen mar endins.

El seu **cost d'instal·lació** és molt superior al dels seus equivalents terrestres, però en canvi, la seva **vida útil és major**. A més a més els costos de les cimentacions i ancoratges han disminuït d'una forma espectacular en els últims anys, amb la qual cosa el preu del MW de potència s'està igualant al d'altres energies renovables.

Els parcs *offshore*, (nomenclatura internacional), es situen en aigües poc profundes, allunyats de les rutes marines comercials, dels emplaçaments militars i dels espais d'interès natural.

L'energia eòlica marina té un **futur prometedor**, sobre tot en els països amb una alta densitat de població que redueix les possibilitats de trobar un emplaçament apropiat en el terra.

En el mar, el vent es troba amb una superfície de **rugositat variable**, les onades, i sense obstacles, cosa que permet que la velocitat del vent no experimenti grans canvis. D'aquesta manera poden instal·lar-se **torres més baixes** que en la superfície terrestre.

A més a més, el vent és, en general, **menys turbulent** que en el terra amb lo que s'amplia el període de treball útil dels aerogeneradors. La baixa turbulència del mar es deu, sobre tot, a que, en el mar, les diferències de temperatura a diferents altituds de la atmosfera són inferiors a les de terra endins. L'ambient marí es ideal per a instal·lar-hi un aerogenerador; el vent en el mar és més fort i sobre tot constant (sense turbulència). El motiu és que la superfície és gairebé plana i la seva rugositat gairebé nul·la.

En principi, els **ancoratges** dels aerogeneradors s'efectuen amb formigó a través de la cimentació per gravetat, és a dir, amb la construcció d'un dic sec de grans estructures que després es fixen en l'emplaçament elegit i es reomple amb grava i sorra. Un disseny posterior, el **monopilot**, consisteix en una perforació del subsòl marí, d'un diàmetre de 3,5 a 4,5 metres i una profunditat de 10 a 20 metres, en la que s'introdueix un gran cilindre

metàl·lic que serveix com a base a la torre; aquest últim mètode és el més utilitzat avui en dia, ja que no malmet tant el fons marí.

Els parcs eòlics es connecten a terra mitjançant uns **cables submarins** enterrats per a reduir el risc de danys ocasionats pels equips de pesca, ancoratges, etc.. En zones estratègiques del parc es col·loquen, entre d'altres instal·lacions de serveis, centres de transformació que transformen la baixa o mitja tensió en alta per afavorir d'aquesta manera el transport cap a la costa. Un cop a terra ferma, tan sols queda connectar la línia elèctrica amb la **xarxa de distribució existent**.

La maquinària utilitzada en els generadors marins és la mateixa que pels generadors clàssics. La única diferència significativa que existeix és la mida de les turbines, ja que és possible instal·lar **turbines gegants** de 120 m de diàmetre i 5 MW, mentre que en terra les potències solen ser de l'ordre de 2 MW²⁰. Una altra diferència significativa és que per a una instal·lació marina la cimentació i el cablejat és molt car, per tant, és més rendible instal·lar turbines de grans potències.

Les parts que formen el generador eòlic són: rotor, caixa d'engranatges, generadors elèctrics, sistemes de regulació de potència i velocitat, sistemes d'orientació, sistemes de connexió a la xarxa, sistemes de seguretat, controladors electrònics locals, elements d'acoblaments mecànic, xassís principal i les torres.

- **Aerogeneradors:** avui en dia la forma habitual d'aprofitar el vent, és mitjançant l'ús aerogeneradors amb eix horitzontal. Són màquines que s'utilitzen per a transformar la força cinètica del vent en electricitat. És col·loquen en la part superior d'una columna o torre degut a que la velocitat del vent augmenta amb l'altura respecte el terra.
- **Torre:** és l'encarregada de suportar la góndola i el rotor. Pot ser tubular o de gelosia (aquestes últimes, tot i que més barates, estan en desús, ja que les tubulars són molt més segures). L'amplada i

²⁰ Dades extretes de l'ICAEN.

l'altura de la torre varia en funció de les característiques de la turbina. Per exemple, una turbina de 2000 KW tindrà una torre amb una alçada entre 60 i 100 metres (l'altura d'un edifici de 20 plantes).

- **Gòndola:** conté els components clau de l'aerogenerador, incloent el multiplicador i el generador elèctric. El personal de manteniment pot entrar a la gòndola des de la torre de la turbina.
- **Rotor:** és el conjunt format per les pales i l'eix al que van unides, a través d'una peça anomenada rodet. Les pales capturen el vent d'una manera perpendicular a la seva direcció, gràcies a un sistema que col·loca automàticament el rotor en aquesta posició, i transmet la seva potència cap al rodet. El rodet està connectat, a la vegada, mitjançant un altre eix al multiplicador, inclòs a l'interior de la gòndola.
- **Pales del rotor:** capturen el vent i transmeten la seva potència cap al rodet.
- **Rodet:** aquest està acoblat a l'eix de baixa velocitat de l'aerogenerador.
- **Multiplicador:** té a la seva esquerra l'eix de baixa velocitat. Permet que l'eix d'alta velocitat que està a la seva dreta giri 50 vegades més ràpid que l'eix de baixa velocitat. L'eix d'alta velocitat gira aproximadament a 1.500 rpm. cosa que permet el funcionament del generador elèctric. Està equipat amb un fre de disc mecànic d'emergència. El fre mecànic s'utilitza en cas de fallada del fre aerodinàmic o durant les tasques de manteniment de la turbina.
- **Eix de baixa velocitat:** connecta el rodet del rotor amb el multiplicador.
- **Controlador electrònic:** és un ordinador que contínuament monitorin-te les condicions del aerogenerador i que controla el mecanisme d'orientació. Si hi hagués alguna anomalia,

automàticament pararia l'aerogenerador i trucaria al ordenador de l'operari encarregat de la turbina a través d'un enllaç telefònic mitjançant un mòdem.

- **Unitat de refrigeració:** conté un ventilador elèctric utilitzat per a refredar el generador elèctric. També conté una unitat refrigerant mitjançant oli, utilitzada per a refredar l'oli del multiplicador. Algunes turbines tenen generadors refrigerats per aigua.

A continuació és pot observar la distribució de les diferents parts d'un aerogenerador en detall.

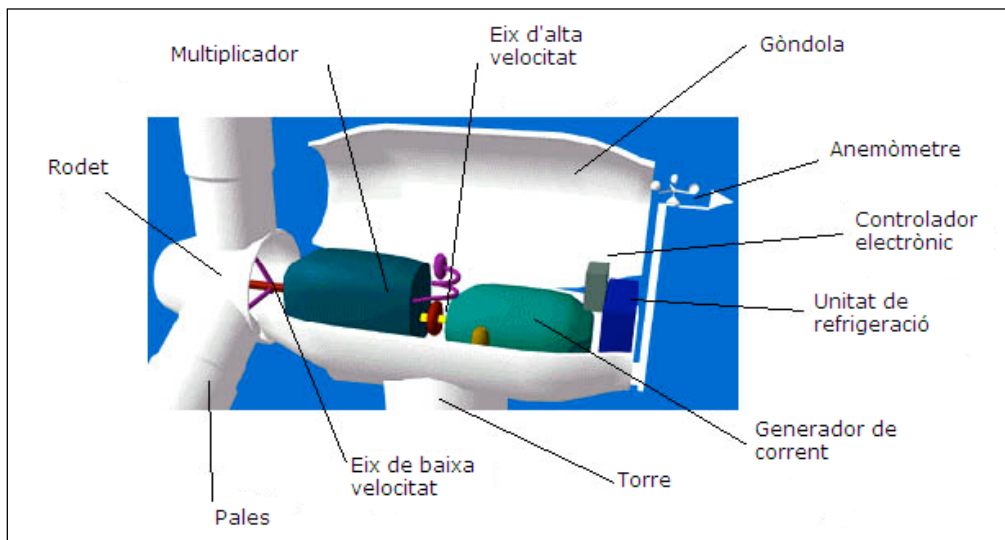
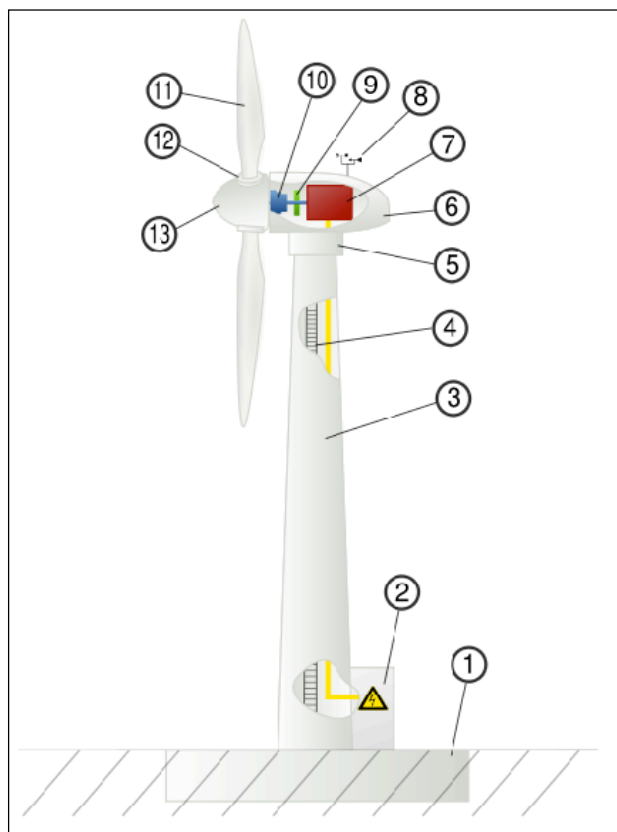


Figura. 2 Distribució de les parts d'un aerogenerador. Font: www.solarpedia.es



1. Cimentació
2. Connexió a la xarxa elèctrica
3. Torre
4. Escala d'accés
5. Sistema d'orientació
6. Gòndola
7. Generador
8. Anemòmetre
9. Fre
10. Multiplicador
11. Pala
12. Inclinarió de la pala
13. Roda del rotor

Figura. 3 Part d'un molí de vent. Font: Educasitios.

Les instal·lacions eòliques marítimes han de ser **resistents a la corrosió** provinent de l'aire del mar, ja que és altament humit i té un alt contingut en sal, per la qual cosa tot el sistema de l'interior de la gòndola ha d'estar hermèticament tancat. També han de tenir un **sistema de refrigeració** per les elevades temperatures que durant l'estiu han de resistir, que afecta la qualitat del lubricant, fent malbé els components elèctrics i les parts mecàniques s'expandeixen.

Com ja hem esmentat anteriorment, la dificultat dels aerogeneradors es troba amb la **cimentació** i el **cablat submarí**, ja que requereixen de tècniques elaborades i força cares fins al moment.

L'electricitat produïda per la turbina té uns paràmetres similars als de les instal·lacions terrestres, i ha de ser entregada a la xarxa elèctrica que es trobi més propera a la costa. La transmissió de l'electricitat és major quant més elevat és el voltatge, per ha **evitar pèrdues de potència**, per aquest fet és ben sabut que en aquests parcs la tensió s'augmenta en les

subestacions marítimes més properes al parc. Per tant, l'electricitat és transmet a la xarxa elèctrica terrestre que sol estar a una major distància.



Figura. 4 Subestació elèctrica en alta mar. Font: www.windpower.org

Els parcs eòlics marins han d'estar altament protegits contra les **tempestes elèctriques**, degut a que mar endins són més sensibles a patir aquests fenòmens, que afecten principalment a les pales i als sistemes electrònic.

Les cimentacions i les torres dels parcs eòlics marins estan sotmesos a fortes càrregues provinents del vent i de les onades, ja sigui per separat o en combinació. Aquestes càrregues depenen de paràmetres tals com la velocitat del vent, la turbulència, la profunditat de les aigües, l'altura de les onades, les formacions geològiques i del tipus de parc eòlic. Per a poder estimar aquestes càrregues, és necessari conèixer diferents dades com: el pes de les pales i la gòndola, que tan sols els fabricants en els poden oferir. Els enginyers han de ser capaços de preveure les vibracions i el desgast a que estaran exposats els parcs eòlics que es dissenyin.

La majoria de **costos de manteniment** són una quantitat anual fixa per al manteniment regular de les turbines, encara que alguns prefereixen utilitzar en els seus càlculs una quantitat fixa per kWh produït, normalment al voltant de **0,01euros/kWh**. El raonament sobre el qual es dona suport a aquest mètode és que el desgast i el trencament en la turbina generalment augmenten amb un increment de la producció. Alguns components de l'aerogenerador estan més subjectes que d'altres al desgast i al trencament. Això és particularment cert per a les pales i per al multiplicador. Una exposició a unes condicions climàtiques molt dures i a llargues distàncies de

la costa fan que s'incrementi els costos de manteniment i disminueixi la disponibilitat del temps de funcionament al aparèixer **reparacions inesperades**.



Figura. 5 Manteniment d'un parc eòlic marí. Font: www.windpower.org

Els propietaris d'aerogeneradors que veuen que el final de la vida de disseny de la seva turbina està a prop, poden trobar avantatjós allargar la vida de la turbina fent una revisió general de la turbina, per exemple reemplaçant les pales del rotor. El preu d'un joc nou de pales, un multiplicador o un generador sol ser de l'ordre de magnitud del 15-20%²¹ del preu de la turbina.

Un dels inconvenients que pot presentar l'energia eòlica és que el vent és intermitent, aquest fet fa que la producció d'energia sigui intermitent, fent que hi puguin haver problemes a l'hora de subministrar la potència a les línies d'alta tensió i les subestacions elèctriques, on es poden produir caigudes de la línia per la variació de la línia d'alta tensió.

Les mesures que es proposen per homogeneïtzar la línia i evitar aquestes variacions de tensió són la instal·lació de bateries o condensadors per emmagatzemar l'electricitat en els dies que tenim un excés de vent i alliberar-la en dies de calma o els dies en que la potència del vent és excessiva per tal de mantenir l'estabilitat del sistema, ocasions en les quals

²¹ La tecnologia incrementa la competitivitat de l'energia eòlica. Revista Eficiència Energètica, nº179.

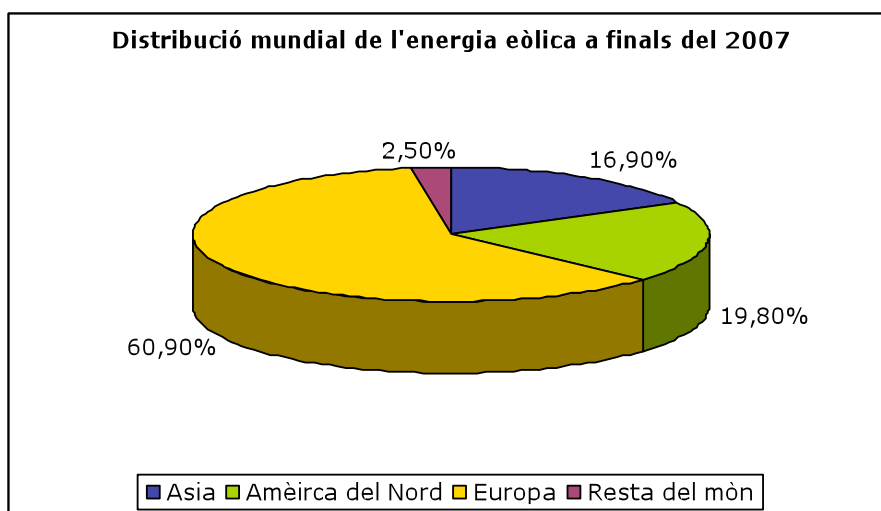
les aspes entren en una posició especial per oferir una menor resistència i la turbina deixa de generar electricitat.

La tecnologia de "l'homogeneïtzació" també és necessària per prevenir els talls del corrent degut als problemes amb els interruptors de seguretat, quan la freqüència de l'electricitat es desvia en excés de la que s'està fent servir en la xarxa, essent aquest un aspecte essencial.

Un aspecte negatiu que s'ha de tenir en compte és el soroll que és transmet a través de l'aigua, que és reflexa en la superfície marina i en el fons del mar. Aquest soroll pot ser causat per les vibracions de la pròpia torre de la turbina i, a més a més, pot alterar l'equilibri ecològic de les espècies marines que conviuen en els contorns del parc.

3.3. SITUACIÓ DE L'ENERGIA EÒLICA MARINA EN ALTRES PAÏSOS

Europa és el continent on més s'utilitza l'energia eòlica, seguit d'Amèrica del Nord i Àsia. Europa és el continent que ha apostat més fort per aquest tipus d'energia i de moment els resultats obtinguts són molt satisfactoris. A continuació podem observar dos gràfics de la repartició de l'energia eòlica mundial on podem veure la gran importància que té Europa en el sector.



Gràfic 6 Repartició de l'energia eòlica mundial l'any 2007. Font: www.energies-renouvelables.org

L'any 1998 Europa ja disposava d'una capacitat de 6.5 GW d'energia eòlica; actualment aquesta capacitat ha augmentat fins als 34 GW; aquest augment demostra la fortlesa de l'energia eòlica a Europa, la qual representa el 74% de la capacitat mundial. Al llarg d'aquest període la mida de les turbines típiques utilitzades per a aquest tipus d'energia també ha augmentat significativament ja que abans sols tenien una potència de 0.8 MW mentre que actualment la majoria de turbines tenen una potència d'1.5MW. Els avanços tècnics en els dissenys de turbines més eficaços i econòmics ha permès un estalvi important en l'ús d'aquesta tecnologia.

L'energia eòlica desenvolupa un paper essencial per tal d'arribar als objectius plantejats per la nova **política energètica Europea**²². Com a objectiu general és refereix a augmentar el percentatge de les energies

²² Política Energètica Europea (4.12.0). www.europarl.europa.eu

renovables dins del consum global de l'energia al 15% per l'any 2010. I com a objectius específics trobem els següents:

- Mantenir la quota dels combustibles sòlids (carbó) en el consum energètic, en particular millorant la competitivitat de les corresponents capacitats de producció.
- Incrementar la quota del gas natural en el balanç energètic.
- Sotmetre a planificació, construcció i explotació de les centrals nuclears a normes de seguretat màximes.
- Augment de la proporció de fonts d'energia renovables.

Tot i que avui en dia la seva aportació al total de la producció elèctrica és substancial en pocs dels Estats membres, la seva importància va en augment: més del 40% del total de la nova capacitat de producció elèctrica afegida a la ret europea l'any 2007 va tenir origen eòlic fet que la converteix en la tecnologia de generació elèctrica de creixement més ràpid després del gas natural.

En un futur immediat continuarà predominant l'energia eòlica terrestre tanmateix les instal·lacions marítimes aniran guanyant importància. La tecnologia de l'energia eòlica marina en concret està desenvolupant-se i és una branca encara molt nova. Països com Dinamarca i el Regne Unit són pioners en el seu ús i desenvolupament.

A continuació podem observar una taula de la situació de l'energia eòlica marina a la Unió Europea l'any 2007. Es preveu que en un futur aquestes xifres augmentin significativament.

L'energia eòlica marina instal·lada a la Unió Europea a finals de 2007		
País	2006	2007
Dinamarca	426,4	426,4
Regne Unit	303,8	403,8
Suècia	23,5	133,5
Països Baixos	126,8	126,8
Irlanda	25,0	25,0
Alemanya	7,0	7,0
Total UE	912,5	1122,5

Taula. 1 Situació de l'energia eòlica Europea els anys 2006 i 2007. Font: www.energies-enouvelables.org

En l'actualitat existeixen 33 parcs eòlics marins en funcionament, tots ells a Europa (majoritàriament al Regne Unit i Dinamarca). En total sumen una potència de 1.500MW. El **primer parc eòlic** marí es va construir a Dinamarca l'any 1991, Aquest parc està situat al mar Bàltic i està format per 11 aerogeneradors. Actualment el 50% del consum elèctric familiar danès prové d'aquest tipus d'energia

Dinamarca és pionera en el camp de l'energia eòlica marina i en el desenvolupament comercial del "poder del vent" durant els anys 70, encara ara la meitat de les turbines comercialitzades arreu del món són produïdes per empreses Daneses com ara "Vestas".

L'any 2005 a Dinamarca Wind power produïa el 18.2% de la producció elèctrica total. L'any 2006 la capacitat elèctrica instal·lada va créixer fins a 3.136MW.

CAPACITAT I PRODUCCIÓ

L'any 2005 Dinamarca tenia instal·lada una capacitat eòlica de 3,129 MW, que produïa 23,810 TJ d'energia. *Wind power* proveïa 18.2% del total de producció energètica. L'any 2006 la capacitat instal·lada va augmentar a 3,136 MW.

Capacitat eòlica instal·lada a Dinamarca per anys							
Any	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Capacitat instal·lada (MW)	2,49	2,89	3,12	3,12	3,13	3,14	3,13
Taxa d'eòlica a la (%)	12,1	13,8	15,8	18,5	18,5	16,8	19,7

Taula. 2 Capacitat eòlica instal·lada a Dinamarca des de l'any 2001 al 2007. Font: www.hornsrev.dk

Mentre que l'energia eòlica representa casi un 20% del poder generat a Dinamarca aquest sols cobreix el 10-14% de la demanda del país²³. L'excés

²³ www.hornsrev.dk

d'energia que no pot abastir la demanda immediata és exportada a països com Alemanya, Noruega i Suècia.

Noruega i Suècia tenen moltes fonts d'energia hidroelèctrica, que poden reduir ràpidament la seva producció quan les fonts d'energia eòlica estan generant sobreproducció. Aquest fet és molt avantatjós per al nord d'Europa per tal d'emmagatzemar l'energia eòlica fins que és necessària (la qual cosa sol representar un problema per als parcs eòlics ja que l'energia no es pot emmagatzemar)

La indústria Danesa de turbines produeix al voltant del 90% de la producció nacional és exportada. L'any 2003 les empreses daneses formaven el 38% del mercat de turbines mundial²⁴. Els fabricants de turbines eòliques més grans amb instal·lacions de producció a Dinamarca són Vestas i Siemens.

El desenvolupament de l'energia eòlica a Dinamarca ha estat caracteritzat per una estreta col·laboració entre la investigació finançada públicament i l'indústria en àrees claus com investigació i desenvolupament, certificació, proves i la preparació de normes. Als anys 1980 gran nombre de petites empreses daneses desenvolupava turbines de vent per vendre a Califòrnia i el laboratori Ris Danés va produir moltes facilitats en la creació de proves i procediments de certificació. Aquests fets van concloure en productes de confiança i la ràpida expansió de la indústria Danesa en la producció de turbines.

Dinamarca compta amb el "Pla d'acció sobre energia, Energia 21" segons el qual 4.000MW d'energia eòlica s'instal·laran en emplaçaments marins abans de l'any 2030, que sumats als 1.500 instal·lats a terra aconseguiran cobrir més del 50% del consum energètic del país, tot amb una inversió prevista de 7.000 milions d'euros.

Després dels resultats obtinguts en aquest país s'ha pogut concloure que tot i que la instal·lació al mar d'aquest tipus d'instal·lacions precisa d'una inversió inicial de cost molt més elevat que si es fes al terra, la producció

²⁴ www.windpower.org

d'electricitat és més estable i un 20% superior, a la vegada que la vida útil del parc si es segueix un bon manteniment també pot ser el doble que la dels parcs terrestres.

L'any 2002 després de la instal·lació de varis parcs més es va inaugurar el parc de Horns Rev, el més gran del món amb 80 aerogeneradors Vestas de 2MW, amb una potència de 160MW. Està situat a uns 14-20 km de la costa de Jutlàndia. Aquest parc subministra l'electricitat equivalent al consum de 150.000 llars daneses.

El projecte d'aquest parc va començar l'any 1998 quan el Ministeri Danés de Medi Ambient i energia va exigir als proveïdors d'electricitat la construcció de 5 parcs eòlics marins de demostració, amb una sortida combinada de 750MW. L'any 2002, amb el canvi de govern Danés es va obligar el Pla d'Acció per a la energia eòlica per tal d'incloure només 2 parcs eòlics marins de demostració: els de Horns Rev (160MW) i el de Rodsand (158MW).

A la resta d'Europa destaquen alguns projectes, entre els quals la instal·lació al Regne Unit de 3.000 aerogeneradors, a les costes est i oest, amb capacitat per a abastir el 15% de la població britànica.

En el Regne Unit s'acaba de llançar un concurs públic (abril 2009) per tal d'instal·lar 25.000MW d'energia eòlica marina a les seves costes abans de l'any 2020. Aquesta potència equival a la que tindrien 25 centrals nuclears com la de Trillo (Guadalajara), la més potent d'Espanya en funcionament.

La proposta inclou nou zones susceptibles de ser transformades en parcs eòlics marins i ha estat llançada per "Crown State".

A Alemanya es preveu la instal·lació de 60.000MW abans del 2025 i Irlanda ha aprovat la construcció d'un gran parc eòlic, amb una producció de 520MW, equivalent al 10% de les necessitats energètiques del país.

Segons l'associació Europea de l'Energia eòlica, en el seu informe "Wind at work" l'any 2025 l'energia eòlica marina ja generarà més llocs de treball que la terrestre i situarà la xifra de treballadors dels 154.000 registrats l'any 2007 fins als 370.000.

Irlanda ha aprovat la construcció d'un gran parc eòlic, amb una producció de 520 MW, equivalent al 10% de les necessitats energètiques del país.

Tot i que Espanya destaca en el seu ús d'energia eòlica terrestre encara no ha desenvolupat cap parc eòlic marí. Des de l'any 2007 es permet la instal·lació de parcs eòlics marins tot i que encara no s'han desenvolupat les sol·licituds que empreses com Acciona, IBERDROLA o Capital Energy han realitzat per tal d'impulsar aquesta font d'energia en les costes de Galícia, Càdiz, Tarragona, Huelva o Castelló.

Segons un estudi recent del Greenpeace a Espanya es podrien instal·lar 164.760 MW de potència elèctrica basada en l'energia eòlica marina. Es podrien generar 334TWh a l'any, la qual cosa permetria cobrir un 119,3% de la demanda elèctrica peninsular projectada per al 2050.

Encara està pendent de firmar el document que regularà els indrets on es podran instal·lar aquest tipus de parcs i que hauria d'haver estat firmant de forma conjunta els ministeris d'indústria i medi Ambient a principis de 2008.

3.4. MARC LEGISLATIU

Legislació Internacional i Europea

- **Directiva 2004/101/CE** del Parlament Europeu i del Consell, de 27 d'octubre, per la que s'estableix un règim per al comerç de drets d'emissió de gasos de l'efecte hivernacle a la Comunitat, en relació als mecanismes de projectes del Protocol de Kioto.
- **Directiva 2001/77/CE** del Parlament Europeu i del Consell, de 27 de Setembre, relativa a la promoció de la electricitat generada a partir de fonts d'energia renovables en el mercat interior de la electricitat, de manera que almenys el 29,4% del consum brut d'electricitat l'any 2010 provingui de fonts d'energia renovables.
- **COM (97) 599 final**, novembre de 1997. "*Energia per al futur: fonts d'energia renovables. Llibre Blanc per a una estratègia i un pla d'acció comunitaris*".
- **Protocol de Kioto** de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic, de l'11 de Desembre de 1999.

Legislació Estatal

- **Reial Decret 1028/2007**, de 20 de Juliol, pel que s'estableix el procediment administratiu per a la tramitació de les sol·licituds d'autorització d'instal·lacions de generació elèctrica en el mar territorial.
Aquest Decret exigeix una **potència mínima de 50MW** per a cada una de les instal·lacions de generació eòlica marina.
- **Reial Decret 661/2007**, de 25 de Maig, pel que **es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial**. Aquest Real Decret substitueix al Reial Decret 436/2004, de 12 de Març, pel que s'estableix la metodologia per la actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció

d'energia elèctrica en règim especial, mantenint l'estructura bàsica de la seva regulació.

- **Reial Decret Llei 7/2006**, de 23 de Juny pel que s'adopten **mesures urgents en el sector energètic**, que introdueix modificacions importants en referència al règim jurídic de l'activitat de cogeneració.
- **Reial Decret – Llei 3/2006**, de 24 de Febrer, pel que es modifica el mecanisme de cassació de les ofertes de venda i adquisició d'energia presentades simultàniament al mercat diari i intradiari de producció per subjectes del sector elèctric relatives al mateix grup empresarial (BOE nº 59, 19/03/05).
- **Real Decret 2392/2004**, de 30 de Desembre, pel que s'estableix la tarifa elèctrica per al 2005 (BOE nº 315, 31/12/04).
- **Real Decret 1432/2002**, de 27 de Desembre, pel que s'estableix la metodologia per la aprovació o modificació de la tarifa elèctrica mitjana o de referència (BOE nº 313, 31/12/02).

Legislació Autonòmica

- **Decret 174/2002**, de l'11 de Juny, **regulador de la implantació de la energia eòlica a Catalunya**. (DOGC nº 3.664, 26/06/02).
Aquesta norma integra l'autorització a què els parcs eòlics estan sotmesos en la seva condició d'instal·lacions energètiques que atorga el Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, amb l'autorització i les actuacions que cal portar a terme en matèria ambiental que corresponen al Departament de Medi Ambient.

Els objectius del Decret són:

- Integrar i simplificar els diversos tràmits sectorials en un **procediment comú**.
- Definir els **criteris ambientals i energètics** que han de regir en la instal·lació dels parcs eòlics.
- Harmonitzar la instal·lació de parcs eòlics amb la **protecció del patrimoni natural** i cultural per a la seva autorització.

- **Llei 3/1998**, de 27 de febrer, d'intervenció integral de l'Administració ambiental. Modificat/ada per Llei 12/2006.

Té per objectiu establir el sistema d'establir el sistema d'intervenció administrativa de les activitats susceptibles d'afectar el medi ambient, la seguretat i la salut de les persones, en l'àmbit territorial de Catalunya.

Les finalitats d'aquesta Llei són:

- Assolir un **nivell alt de protecció** de les persones i del medi ambient en conjunt, per a garantir la qualitat de vida, mitjançant la utilització dels instruments necessaris que permetin prevenir, minimitzar, corregir i controlar els impactes que les activitats sotmeses a aquesta Llei originen.
- Afavorir un **desenvolupament sostenible** mitjançant un sistema d'intervenció administrativa ambiental que harmonitzi el desenvolupament econòmic amb la protecció del medi ambient.
- **Reduir les càrregues administratives** dels particulars i **agilitzar els procediments** administratius garantint la col·laboració i la coordinació de les administracions que han d'intervenir.

- **Llei 54/1997**, de 27 de novembre del sector elèctric. Regula les activitats destinades al **subministrament d'energia elèctrica** consistents en la seva generació, transport, distribució, comercialització i intercanvis intracomunitaris i internacionals, així com al gestió econòmica i tècnica del sistema energètic.

La regulació de les activitats esmentades té per objectiu:

- La **adequació del subministrament** d'energia elèctrica a les necessitats dels consumidors.
- La racionalització, eficiència i optimització de les mateixes.

4. CARACTERÍSTIQUES TERRITORIALS

SITUACIÓ FÍSICA²⁵

Catalunya és una comunitat autònoma dins de l'estat espanyol situada al nord-est de la Península Ibèrica. Presenta una **diversitat geogràfica** molt marcada en un **territori** relativament **reduït**, d'uns 32.000 Km² amb una franja marítima d'uns 580 Km.

Limita al nord amb França i Andorra, a l'est amb el Mar Mediterrani, al sud amb la Comunitat Valenciana (Castelló), i al oest amb Aragó (Saragossa, Terol i Osca). Aquesta situació estratègica ha afavorit una relació molt intensa amb els territoris de la conca mediterrània i amb l'Europa continental.

En el territori català habiten actualment uns **7 milions de persones** en un total de 946 municipis dels que 63 superen els 20.000 habitants (en els que hi viu el 70 % de la població catalana). Dos terços de la població viu en la Regió Metropolitana de Barcelona. Constitueix un territori **molt dens** i **altament industrialitzat**, liderant el sector en Espanya des del segle XIX i la seva economia és la més important d'entre les comunitats autònomes, al generar el 18'7% del PIB espanyol, sent la quarta en PIB per càpita, darrera del País Basc, Navarra i la Comunitat de Madrid.

A grans trets, el relleu de Catalunya és sol categoritzar el territori en **tres unitats morfoestructurals generals** : una unitat muntanyosa formada pels Pirineus i el Prepirineu, una formació muntanyosa que connecta la Península Ibèrica amb el territori continental europeu i queda situat al nord de Catalunya; una altra unitat formada per l'alternança entre planes i subunitats muntanyoses en paral·lel a la costa mediterrània, anomenada Sistema Mediterrani Català i una tercera unitat situada en l'interior que constitueix un espai més pla, anomenat Depressió Central Catalana que configura el sector oriental de la Vall de l'Ebre.

²⁵ Dades extretes de la Generalitat de Catalunya. www.gencat.cat

El **clima** es caracteritza per ser de **tipus mediterrani**, amb moltes hores de sol, suau durant l'hivern i calorós a l'estiu. A la costa, es gaudeix d'un clima suau i temperat, amb temperatures que augmenten de nord a sud, inversament a la pluviometria. En els Pirineus i zones afins tenen un clima d'alta muntanya, amb mínimes sota 0°C, precipitacions anuals per sobre de 1.000 mm i neu abundant durant l'hivern. En l'interior, allunyat del mar, té un clima continental mediterrani, amb hiverns freds i estius molt calorosos.

En quant a la **hidrografia** podem dir que Catalunya pertany a la conca mediterrània. La xarxa hidrogràfica catalana presenta dos grans conques hidrogràfiques majors, la conca hidrogràfica de l'Ebre i les conques internes de Catalunya d'una mida semblant sobre el territori [5.038 Km² (46'84%) i 16.513 Km² (51'43%) respectivament] amb la desembocadura d'ambdues al Mediterrani, a les que acompanya la conca del Garona que vessa les aigües sobre l'Atlàntic i s'estén per 554 Km², el 1'73% del territori català.

La conca de l'Ebre s'alimenta principalment del riu Segre amb una conca en solitari de 7.455Km², i a la que se li sumen com a afluents les conques de la Noguera Pallaresa (2.811Km²) i Noguera Ribagorçana (1.013Km²). tots els rius segueixen un eix Pirineus-Ebre. Darrera la influència del Segre, l'Ebre es dirigeix cap el Delta irrigant mitjançant altres afluents un territori de 3.757Km², en bona mesura enclavat a l'àrea de les Terres del Ebre.

Les conques internes es divideixen habitualment a partir d'aquells rius que neixen en els Pirineus i aquells que ho fan en les Serralades Costaneres Catalanes. Les conques que conformen l'eix Pirineu-Mediterrani les conformen els rius Llobregat, Ter, Fluvià; Muga i Tec (que transcorre cap al Rosselló). Aquestes conques transcorren per una àrea de 9.622 Km². Les conques restants, segueixen l'anomenat eix Mediterrani, hi neixen tant a la Serralada Litoral, Prelitoral com a la Plana de l'Empordà i les seves aigües reguen uns 6.890 Km². Els rius més importants són (de nord a sud) el Daró, el Tordera, el Besòs, el Foix, el Gaià, el Francolí i el Cenja. La conca catalana més petita és la del riu Garona i transcorre majoritàriament pel Vall d'Aràn.

SITUACIÓ SOCIOECONÒMICA

Catalunya és un país que compta amb uns **recursos naturals limitats** i deu la seva prosperitat a la seva **situació estratègica**. El sector primari és casi testimonial (només reuneix el 3% de la força laboral), però dotat de subsectors molt potents que competeixen en tot el món, com per exemple el cava, el vi, el bestiar porcí, la fruita dolça o els derivats càrnics.

L'economia catalana ha estat una base industrial molt important fonamentada en la **indústria de transformació**, inicialment tèxtil, però que ha evolucionat cap a altres sectors, com el de l'automobilisme i els accessoris, la indústria química, l'alimentació, les construccions navals, etc. Cada vegada és més important la fabricació d'electrodomèstics i de material informàtic i telemàtic d'última generació. Les arts gràfiques i la indústria editorial constitueixen un sector decisiu dins de la indústria catalana, així com la construcció associat al desenvolupament turístic.

A aquesta indústria, se li ha afegit i a la vegada desenvolupat, un ampli i diversificat **sector terciari**, el principal en quant a la configuració del PIB i a la ocupació, amb serveis que suposen quantitat i qualitat. Destaquen el turisme i els serveis que s'associen a ell, així com el gran nombre d'empreses vinculades a la publicitat, la explotació de les noves tecnologies i la creació de contingut per a Internet.

Per lo que es refereix al **sistema financer**, destaquen la centralitat i el poder de les grans caixes d'estalvi, que constitueix el nucli del sistema financer de Catalunya i han estat i són decisives en l'estructura d'estalvi e inversió en el país. Conjuntament, reuneixen gairebé el 70% dels dipòsits privats catalans. Tenen una influència decisiva en les grans empreses catalanes i espanyoles.

En la **Borsa de Barcelona**, plenament integrada en el sistema borsàtil mundial, juntament amb el mercat de valors tradicionals, destaquen el mercat de futurs i les transaccions en accions de companyies petites mitjanes, en una posició molt semblant a la del *United Securities Market* britànic i el *Second Marché* francès.

EL LITORAL

El litoral de Catalunya és característic per la seva **gran diversitat** en la seva morfologia i paisatge. La costa catalana té una llargada de 826,5 km, 613,9 Km corresponen a zona no urbanitzada, 1,2 Km ocupen les zones on desemboquen el riu i uns 211,4 Km els ocupen les línies urbanitzades en molls, dics i espigons.

Al nord-est, a la zona de la **costa brava**, les platges no ocupen més d'un terç de la longitud de la costa. Aquesta zona es caracteritza per tenir una costa rocosa, retallada per cingleres, amb nombrosos entrants i sortints i per tenir molts penya-segats separats per petites cales on hi domina una forta pressió dinàmica de la mar. En aquesta zona desemboquen el Ter, Fluvià i el Muga. La **part central** de Catalunya, el Maresme i la zona de Barcelona, tenen poca superfície de platja degut a l'alta construcció, a les zones portuàries, les obres de defensa i per la forta pressió sedimentària a causa de les aportacions episòdiques de les torrenteres locals i també per la deriva del litoral, condicionades ambdues pels treballs dels temporals. Pel que fa a la zona sud-est, formada per la **Costa Daurada** fins arribar al delta de l'Ebre és la zona on és presenten més platges de tot el territori, ja que la morfologia del litoral es més planera, no hi ha afloraments rocosos i no hi ha presència de construccions. Aquesta costa està reguda per dos factors: el fluvial (cabal, avingudes, acció antròpica, etc.) i el marí (corrents, temporals, etc.). Són sectors altament influenciats o modificats per l'acció humana, amb importants variacions del perfil original de la façana litoral.

Al litoral de Catalunya hi desemboquen **un total de 11 rius** que són el Muga, Fluvià; Ter, Tordera; Besòs, Llobregat, Gaià, Francolí, l'Ebre i la Sénia. També desemboquen grans quantitats en les rieres de les zones de la Costa Brava, Maresme, Garraf, Bisbal i la Meridionals.

5. OBJECTIUS

L'objectiu principal del nostre projecte és cercar quines zones del nostre litoral marí són viables i compleixen els requisits necessaris per tal de poder instal·lar-hi un parc eòlic marí. Per tal de trobar totes aquestes condicions necessàries per la implantació del parc necessitem determinar quines variables hem d'analitzar, valorar i considerar.

Com a objectius específics hem proposat els següents:

- Determinar les variables i la corresponent ponderació.
- Disseny de l'anàlisi multicriteri.
- Avaluació àrees viables.
- Detecció dels possibles impactes.
- Realitzar campanyes de sensibilització per a la població.

6. METODOLOGIA UTILITZADA

Per tal de trobar les localitzacions òptimes del parc eòlic marí al litoral català hem decidit fer ús d'un sistema d'anàlisi territorial, el SIG. Aquest sistema ens permetrà relacionar els diferents paràmetres estudiats, veure les limitacions que condicionaran la localització del parc i localitzar les àrees més viables al llarg de tota la costa catalana.

Per a desenvolupar el nostre projecte, la primera tasca que hem dut a terme ha estat la definició de les diverses variables com el recurs eòlic, xarxa Natura 2000, rutes migratòries de les aus, etc. Un cop han estat definides s'ha passat a la ponderació de cada una d'elles depenen de la importància que han rebut en l'anàlisi multicriteri. I finalment mitjançant un sistema d'informació geogràfica s'ha creat una relació entre totes les variables per tal de superposar-les i obtenir com a resultat un mapa on es pot observar les zones aptes i no aptes per la localització del parc. Per a tractar tot el volum d'informació cercat s'ha utilitzat la metodologia del SIG perquè és una eina que ens permet creuar, analitzar, gestionar, manipular i representar les dades, mitjançant l'assignació de criteris específics de viabilitat (criteris que han estat consensuats pel grup de treball) d'una manera fàcil, clara i entenedora per la delimitació d'àrees del litoral adients per a ubicar-hi parcs eòlics marins.

6.1. SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA

Els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) són una nova tecnologia que forma part de l'àmbit més extens dels Sistemes d'Informació. El context general en què sorgeixen és el de la "**societat de la informació**", en la que resulta essencial la disponibilitat ràpida d'informació, per tal de resoldre problemes i contestar a les preguntes de forma immediata. Els SIG permeten **gestionar i analitzar** la informació espacial, pel que s'han convertit en l'alta tecnologia dels geògrafs i altres professionals que treballen sobre el territori. Es tracta d'eines sofisticades, multivariables i amb aplicacions en varietat de camps.

Els Sistemes d'Informació no són més que programes o conjunts de programes dissenyats per a representar i gestionar **grans volums de dades** sobre certs aspectes del món real. Anteriorment aquestes operacions es desenvolupaven manualment de forma complexa i **generant nombrosos errors**; avui dia aquests sistemes permeten realitzar-ho de forma automàtica.

QUÈ ÉS EL SIG?

El SIG es pot definir de moltes maneres degut a la seva gran versatilitat. Una de les definicions més emprades és que és un sistema de hardware, software i procediments elaborats per tal de facilitar la obtenció, gestió, manipulació, anàlisi, representació i sortida de dades especialment referenciades per tal de resoldre problemes de gestió i planificació²⁶. També es pot definir com un conjunt de mapes de la mateixa zona del territori on un mateix indret té les mateixes coordenades en tots els mapes inclosos en el sistema d'informació; d'aquesta manera es pot realitzar l'anàlisi de les seves característiques espacials i temàtiques per obtenir el màxim coneixement de la zona.²⁷

Els sistemes informàtics d'anàlisi geogràfics es van començar a desenvolupar a finals dels anys 60. Tomlinson, del Servei Forestal del

²⁶ Font: Manual redactat pel National Center for Geographic Information and Analysis, 1990, volum I.

²⁷ Font: *Sistemas de Información Geográfica*, Joaquín Bosque Sendra, ed. Rialp, 1997, 420 pags.

Canadà va posar en funcionament el CGIS (Canadian Geographic Information System) utilitzant la tècnica de quadrícula amb un programa de Base de Dades. Aquest va ser el primer exemple de Sistema d'Informació Geogràfica i des d'aquest punt de partida els sistemes han anat evolucionant i millorant, tenint programes més complexes i de major qualitat.

La tecnologia del SIG pot ser **utilitzada en gran varietat de camps** com per a investigacions científiques, la gestió de recursos, la cartografia, la planificació i gestió urbana, l'avaluació d'impacte ambiental i el *marketing* geogràfic entre molts d'altres.

Combinant les diferents informacions de què disposem podem realitzar preguntes complexes que ens permetin: localitzar un element o conjunt d'elements en funció de criteris complexes, verificar el compliment d'una condició espacial per als elements, simular tendències futures i condicionals d'evolució espacial i temporal, calcular rutes òptimes, detectar patrons espacials que no eren evidents, etc..

FUNCIONS DEL SIG

Podem classificar les funcions d'un sistema d'informació geogràfica en:

- **Funcions per a l'entrada d'informació:** són tota la sèrie de procediments que permeten la conversió del format analògic a format digital (apte per a la manipulació informàtica).
- **Funcions per a la sortida i representació de la informació:** obtenció de mapes, gràfics, taules, sèries estadístiques...en format paper o pantalla gràfica.
- **Funcions de gestió de la informació espacial:** possibiliten l'extracció de la base de dades de les parts requerides en cada moment, permet reorganitzar els elements que integra la base de dades de diferents maneres segons interressi.
- **Funcions analítiques:** faciliten el processament de les dades integrades en el SIG permetent obtenir el màxim d'informació

possible aconseguint d'aquesta manera un major coneixement de la zona d'estudi.

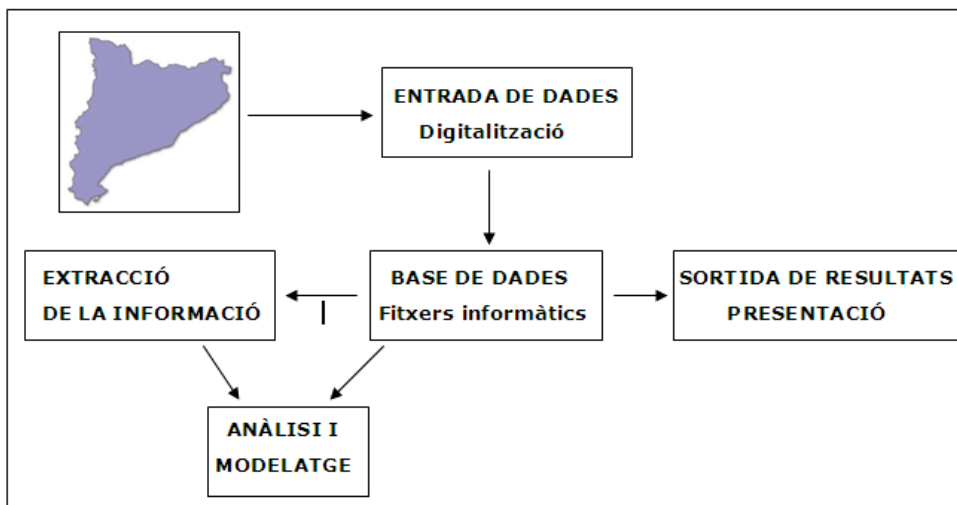


Figura. 6 Esquema de funcions d'un SIG. Font: elaboració pròpia.

Segons el tipus d'informació amb què treballem s'utilitza SIG vectorial o SIG en format ràster.

SIG vectorial

Està basat en la representació vectorial de la **component espacial** de les dades geogràfiques, els objectes espacials es representen de forma explícita i porten associada la descripció digital de les característiques espacials i tot un conjunt d'aspectes temàtics. Els límits dels objectes estan representats de forma explícita. L'estructura que predomina és **l'arc-node**.

És una forma d'emmagatzematge de dades en el que les diferents unitats temàtiques es defineixen per les coordenades dels seus límits. Una descripció topològica associada a aquesta informació gràfica permet reconstruir posteriorment les variables temàtiques associades a aquests polígons²⁸.

²⁸ Font: *Fundamentos de teledetección espacial*, Chuvieco, E. Madrid 1997, Ed. Rialp.

En aquests models cada entitat geogràfica és representada a partir de **tres elements bàsics**: punts, vectors (línies) i polígons. A aquests elements se'ls poden associar les diferents capes d'informació que es relacionen amb el model espacial generat a través de punts i línies.

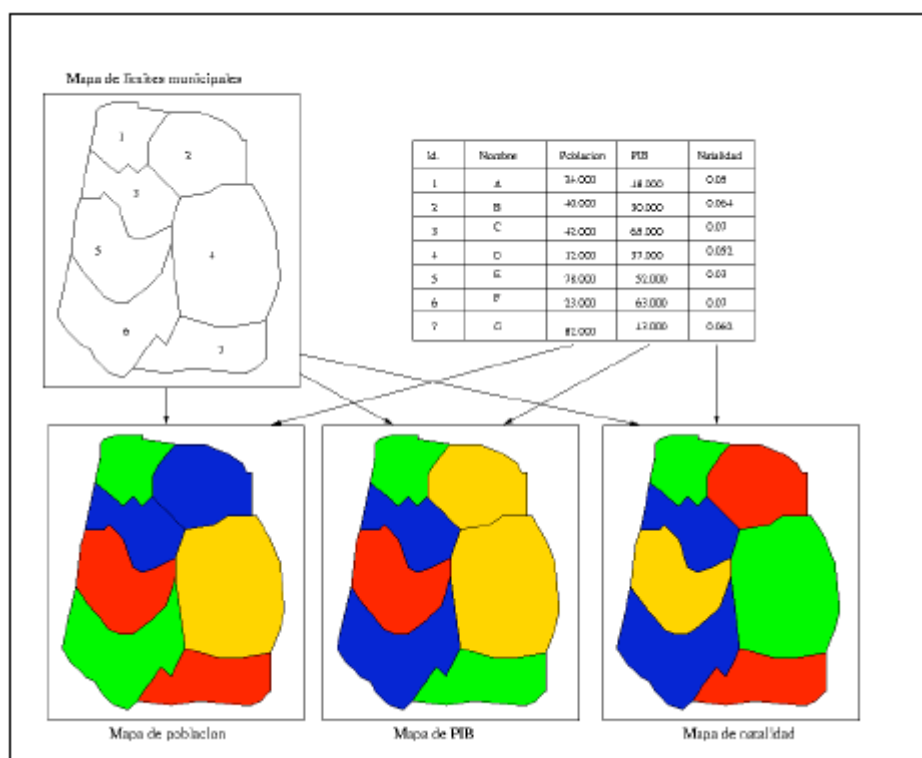


Figura. 7 Elements que componen una capa Vectorial. Font: Fotheringham, A.S; Brunson, C. & Charlton, M. (2000) Quantitative Geography. Perspectives on Spatial Data Analysis SAGE Publications, 270 pp.

SIG Ràster

Consisteix en un conjunt de mapes individuals referents a la mateixa zona espacial, representats en format ràster, és a dir, utilitzant una **mall de rectangles regulars i d'igual mida**.

La **cel·la** és l'element bàsic d'aquest model; generalment pren forma quadrada o rectangular i són d'igual mida, formant un **entramat regular**.

La mida de les cel·les determina l'escala de la imatge que s'introdueix; com més petita sigui la mida major serà la **resolució** obtinguda.

Aquesta representació no es consideren explícitament els objectes geogràfics sinó que sorgeixen de forma implícita de la ordenació espacial

dels valors a la malla. És més important la propietat espacial que no els límits exactes.

Aquest model és útil quan hem de descriure objectes geogràfics amb límits difusos com ara els nivells de contaminació d'un aqüífer, la tipologia d'un bosc o la velocitat del vent.

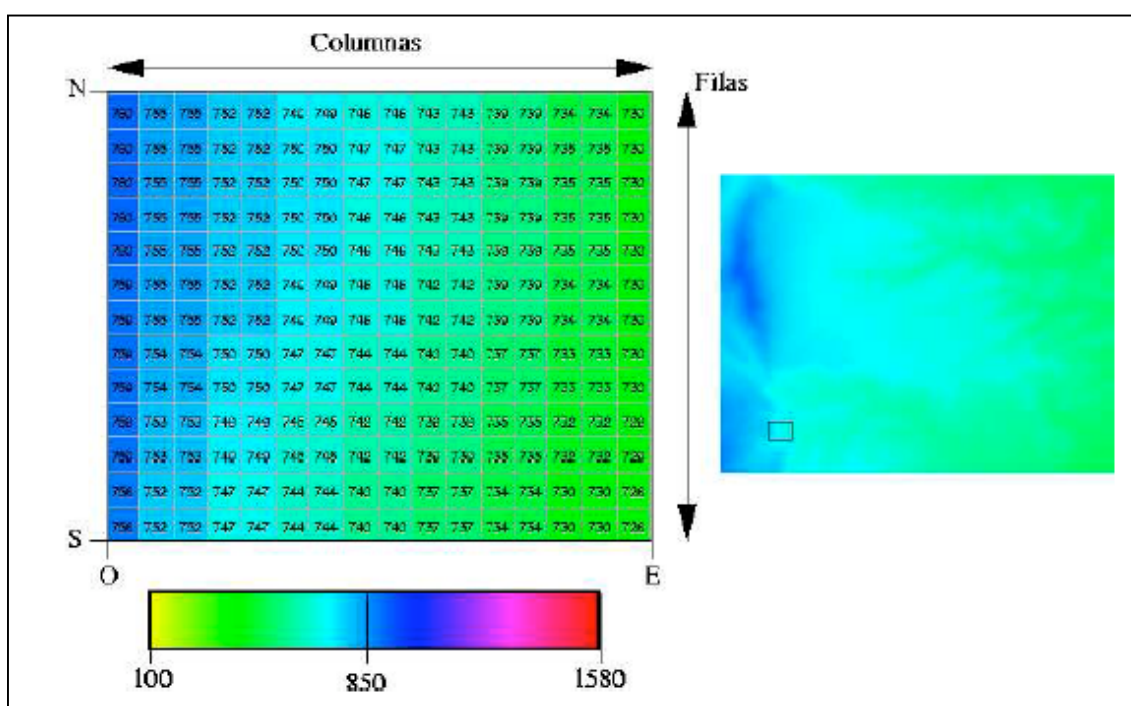


Figura. 8 Elements que componen una capa Ràster. Font: De Meers, M.N. (2002) *GIS Modeling in Raster* John Wiley & sons, Chichester 203 pp.

6.2. ANÀLISI MULTICRITERIAL

L'anàlisi multicriteri és un **mètode** que permet orientar la presa de decisions a partir de varis criteris comuns. Aquest mètode es destina essencialment a la **comprensió** i a la **resolució de problemes de decisió**, de manera que permet obtenir ràpidament mapes continus d'aptitud. S'utilitza per a emetre un judici comparatiu entre projectes o mesures heterogènies, pel que es pot utilitzar en una avaluació. La finalitat principal de l'anàlisi multicriteri és ajudar a decidir a l'hora de descriure, avaluar, ordenar, etc. objectes basats en una ponderació íntimament lligada amb els diferents atributs o criteris.

D'aquesta manera, prenent com a base diversos criteris, els centres decisors poden integrar, en un context prospectiu o retrospectiu, la diversitat de les opinions relatives als projectes per a emetre un judici.

Aquest mètode implica la **participació** dels diferents actors (determinants, tècnics, beneficiaris, etc.) i condueix a l'obtenció dels diferents processos de decisió, els quals entren en joc: una decisió que ha de ser presa; les variables conegudes i en alguns casos desconegudes o impredecibles que faciliten el procés de decisió; els possibles escenaris que donen resposta a la decisió que ha de ser presa, i els resultats finals.

L'anàlisi multicriteri té com a objectiu arribar a aconseguir una solució mitjançant la simplificació del problema, respectant en tot moment les preferències dels actors.

Les principals aplicacions d'aquest instrument han evolucionat de forma paral·lela al seu propi desenvolupament. Avui en dia, s'utilitzen principalment per a proporcionar als decisors una sèrie d'eines que els hi faciliten el camí en la resolució de problemes relacionats amb la presa de decisions, de manera que aquestes intervinguin en diferents punts de vista, encara que siguin contradictoris.

Per a poder encaminar l'anàlisi multicriteri es necessari de classificar els atributs en **tres grups**: els de **benefici**, en els quals l'aptitud creix amb el valor del mateix atribut; els de **costos**, en què com més grans és la puntuació, menor és l'aptitud, i, finalment, **els monòtons**, en què la utilitat màxima és obtinguda en un valor intermedi dintre del rang possible. També podem trobar restriccions, que corresponen a mapes binaris (0,1) en què les zones excloses de l'anàlisi (màscara gràfica) de valor 0 poden correspondre al fons no útil de la imatge.

L'avaluació multicriteri, a més d'integrar aquests factors, els pondera i compensa, i finalment en fa la sumatòria lineal i ofereix com a resultat una sèrie de mapes que expressen la capacitat d'escollida d'un territori.

En la següent figura podem observar l'esquema general de d'un anàlisi multicriteri:

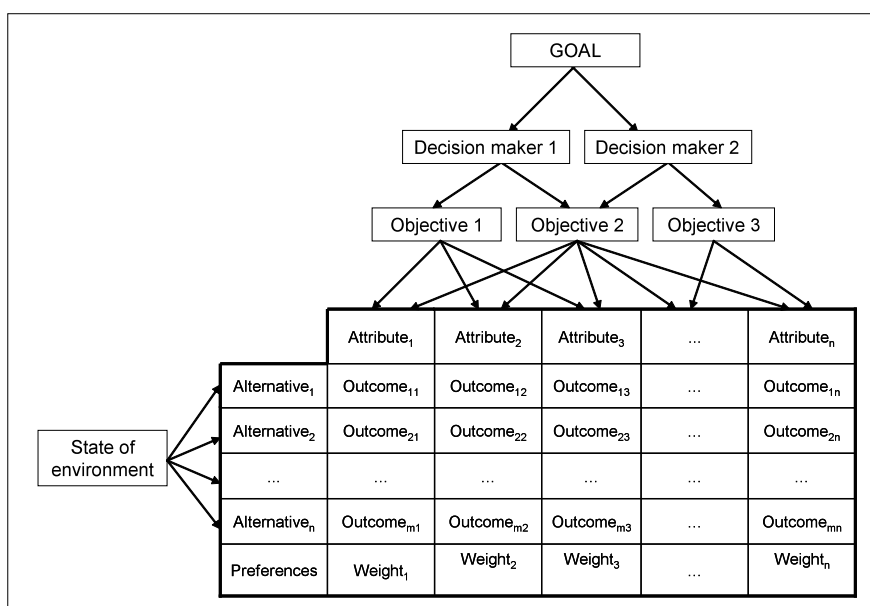


Figura. 9 Esquema anàlisi multicriteri. Font: Malczewski, 1999.

L'anàlisi multicriteri pot dur-se a terme mitjançant diversos mètodes, que poden agrupar-se en quatre categories diferents:

1. Sense compensació:

Els mètodes sense compensació inclouen una **jerarquització de criteris** i una definició d'índex binaris per a cada criteri. Mitjançant l'examen

sistemàtic de les accions en relació amb cada criteri, s'arriba a l'eliminació o a la selecció d'aquestes; les opcions que segueixen estan en la llista s'analitzen segons el criteri següent, i així successivament.

2. Agregació complerta:

En aquests mètodes per agregació complerta, es procedeix per la **síntesis** a determinar un valor que permet representar l'agregació de tots els criteris. Aquest fet implica que tots ells siguin mesurables i, que les preferències siguin matemàticament racionals.

En aquesta categoria de l'anàlisi multicriteri es permeten realitzar compensacions i totes les **alternatives són comparables**. S'aplica en situacions senzilles i delimitades.

Alguns mètodes que pertanyen a aquesta categoria són: suma lineal ponderada (*simple additive weighting*) és la més coneguda i utilitzada per la seva simplicitat en l'aplicació. Amb aquest mètode s'obté una puntuació global per la suma senzilla de les contribucions obtingudes de cada atribut. Una altra tècnica d'avaluació multicriteri més acceptada i que, a més, ha estat àmpliament incorporada en diferents aplicacions SIG per a l'anàlisi d'aptitud és el procés de les jerarquies analítiques (Analytic Hierarchy Process, AHP), desenvolupat per Thomas Saaty (1977).

El propòsit d'AHP se centra en tres procediments: la descomposició, el judici comparatiu i la síntesi de les prioritats del problema de la presa de decisions. Això permet que el decisor pugui estructurar de manera senzilla i visual el problema multicriteri, donant-hi la forma d'una jerarquia d'atributs, la qual contindria mínimament tres nivells: l'objectiu general, a la part superior; els criteris que defineixen les alternatives, en el nivell mitjà, i les alternatives concurrents, a la part inferior. El problema de la presa de decisió ha de ser desintegrat en una jerarquia que capti els elements essencials del problema i després estableixi les prioritats de les alternatives basant-se en el judici de l'usuari.

En la següent figura podem observar el procés de jerarquies analítiques (AHP):

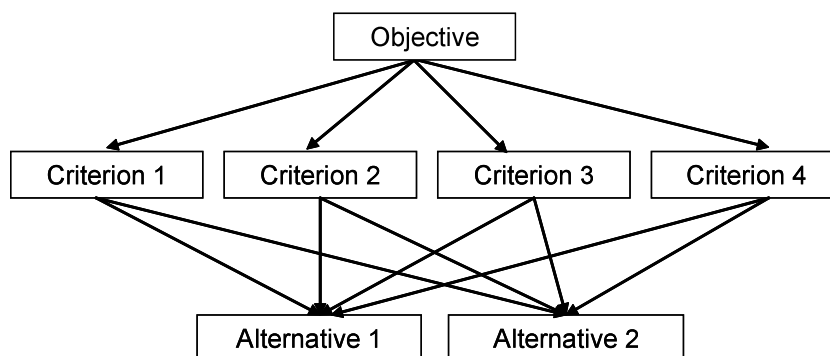


Figura. 10 Procés de jerarquies analítiques. Font: Malczewski, 1999

Altres metodologies que es poden utilitzar en l'anàlisi multicriteri, però menys utilitzades són: *Goal Programming* (programació per metes), *Multi Attribute Utility Theory* (teoria de la utilitat multiatribut, MAUT), etc.

3. Agregació parcial:

Els mètodes per agregació parcial es caracteritzen per a la consideració de situacions no comparatives, per a les que s'adapta un sistema de preferències. L'anàlisi es centra en la comparació d'accions classificades per parts, i agafa com a base un índex de superació.

Aquest tipus de mètodes presenten l'avantatge de permetre la comparació entre **situacions complexes**, originalment incompatibles, incloent criteris de caràcter molt divers (objectius i subjectius).

Aquesta categoria engloba uns mètodes bastant coneguts com *Electre*, *Prométhée*, *Oreste*, *Macbeth*, etc..

4. Agregació local:

La particularitat dels mètodes per agregació local radica en el seu **caràcter iteratiu**, basat en les preferències del decisor.

En aquest tipus de mètodes es **selecciona una opció**, s'elabora una **proposta** amb algunes alternatives i posteriorment es **repreu l'anàlisi** en cicle. Aquests enfocaments sols permeten abarcar un nombre reduït d'accions i requereixen una **gran implicació** per part dels decisors.

Entre aquests mètodes es troben: la programació lineal múltiple, PREFCALC, UTA interactiu, etc..

6.3. ANÀLISI METODOLOGIA ESPECÍFICA

El procés de donar pesos a les diferents variables amb les que hem treballat és un dels punts més delicats a l'hora d'analitzar les dades. Dels pesos dependrà les decisions que prenguem i determinaran la localització òptima del nostre parc eòlic. Necessitem informació sobre la importància relativa que té cada un dels paràmetres que estudiarem. Aquesta informació queda definida per mitjà de l'assignació de pesos.

Un **pes** es pot definir com un valor assignat a un paràmetre d'avaluació que indica la seva **importància relativa** vers els altres paràmetres que estem considerant. **Com més alt sigui el pes més important és el paràmetre en el conjunt.**

El valor del pes depèn del rang de valors que prenen els paràmetres que estudiem, que és la diferència entre el màxim i el mínim valor donat a un paràmetre. El pes d'un paràmetre es pot fer major o menor si augmentem o disminuïm el rang.

Per norma general s'acostuma a tenir que la suma de pesos sigui **igual a 1** (o bé a 100 si és més adequat per als nostres càlculs).

Definim un conjunt de pesos com a:

$$\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n) \text{ i } \sum w_j = 1.^{29}$$

Tenim la possibilitat d'escollir entre **4 mètodes diferents** per tal d'assignar pesos als nostres paràmetres. Els mètodes són: *Ranking*, *Rating*, *Pairwise Comparison* i *Trade-off Analysis*. Els mètodes difereixen en molts aspectes. La selecció d'un mètode o altre dependrà de la relació que vulguem tenir entre facilitat d'ús, la precisió, la facilitat d'enteniment dels resultats, etc. A continuació definirem cadascun dels mètodes i explicarem quin hem seleccionat per al nostre projecte i per quins motius.

²⁹ GIS and multicriteria decision analysis, Jacek Malczewski, 1999 editorial John Wiley & sons, inc. 392

MÈTODE RÀNKING

Aquest és el mètode **més simple** per valorar la importància dels diferents paràmetres. Consisteix en ordenar els diferents criteris per **ordre d'importància** segons el criteri de l'autor de l'estudi. Es pot fer ordenant els paràmetres del més important al menys o bé per ordre invers.

Una vegada tenim establert l'ordre dels paràmetres podem utilitzar diferents procediments per tal de generar els pesos numèrics. Els mètodes més coneguts són el *rank sum*, *rank reciprocal* i el *rank exponent*.

Les fórmules per calcular els pesos segons els diferents mètodes són les següents:

$$\text{Rank sum: } w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum (n - r_k + 1)}$$

$$\text{Rank reciprocal: } w_j = \frac{1/r_j}{\sum (1/r_k)}$$

$$\text{Rank exponent: } w_j = \frac{(n - r_j + 1)^p}{\sum (n - r_k + 1)^p}$$

On n és el nombre de paràmetres que valorem, w_j és el pes per al criteri estudiat, r_j és la posició del paràmetre dins la classificació, r_k és la posició que ocupa l'últim paràmetre. P és un valor a determinar.

MÈTODE RATING

Aquests mètodes de classificació requereixen que el qui pren les decisions estimi els pesos en base a una **escala predeterminada**, com per exemple una escala que vagi de 1 al 100.

Un dels mètodes més simples de classificació és l'aproximació *point allocation*. Aquest mètode requereix que l'autor **reparteixi 100 punts** a través del paràmetre d'interès. Específicament, es basa en repartir punts de

0 a 100, on 0 indica que el paràmetre pot ser ignorat i 100 representa la situació on només un criteri ha de ser considerat en una situació de decisió donada. Com més punts rep un paràmetre més gran és la seva importància relativa.

Una alternativa al mètode *point allocation* és el *ratio estimation procedure*. Aquest comença assignant un pes arbitrari al paràmetre més important, identificat pel mètode de ranking. Una puntuació de 100 és assignada al paràmetre més important.

Posteriorment s'assignen pesos proporcionalment més petits als paràmetres d'ordre menor. Es segueix amb aquest procediment fins que s'assigna una puntuació al paràmetre de menor importància. Llavors el valor assignat en aquest paràmetre és utilitzat per calcular les proporcions.

Concretament, la puntuació per al paràmetre menys important es divideix per la puntuació de cada paràmetre, així doncs, la proporció és igual a w_j/w^* , on w^* és la puntuació més baixa i w_j és la puntuació pel paràmetre j . Aquesta proporció expressa la conveniència relativa d'un canvi del pitjor nivell d'aquell paràmetre vers al millor nivell del primer paràmetre. Aquest procediment es repeteix per al següent paràmetre més important i fins que s'han assignat pesos a tots els paràmetres.

Finalment, els pesos són normalitzats dividint cada pes pel total.

MÈTODE DE COMPARACIÓ PER PARELLS

Aquest mètode va ser desenvolupat l'any 1980 en el context del procés analític jeràrquic. Aquest mètode **involucra comparacions** dos a dos per tal de crear matrius de proporcions. La comparació dels parells es fa en termes de raons d'importància sobre la base d'una escala numèrica (Saaty 1980).

Intensitat d'importància	Definició
1	D'equivalent importància
2	D'equivalent a moderada importància
3	Importància moderada
4	De moderada a forta importància
5	Importància Forta
6	Importància de forta a molt forta
7	Importància molt forta
8	De molt forta a extrema importància
9	Importància extrema

Taula. 3 Mètode de comparació per parells. Font: GIS and multicriteria decision analysis, Jacek Malczewski, 1999.

Pren com a dades d'entrada les comparacions dos a dos i produeix els seus pesos relatius com a sortida.

Aquest mètode ha estat **criticat pel poc sentit dels resultats de les preguntes**. Les preguntes senzillament són respostes per la importància relativa del paràmetre d'avaluació sense fer referència a les escales amb què els paràmetres han estat mesurats.

MÈTODE TRADE-OFF

Aquest mètode d'anàlisi utilitza de forma directa els càlculs de compensació que l'autor desitja realitzar per les parelles d'alternatives.

Les compensacions defineixen una única sèrie de pesos que permetran que totes les variables d'igual preferència tinguin el mateix valor. L'aproximació requereix que l'autor compari dues alternatives respecte a dos criteris a la vegada i avalua quina alternativa és millor.

L'autor ha de decidir si és millor una alternativa o l'altra o bé si les dues alternatives són equivalents.

Una crítica que rep aquest mètode és que les compensacions que l'autor desitja fer entre dos criteris no depenen dels nivells dels altres criteris.

S'aconsella utilitzar aquest mètode només quan els **criteris d'avaluació siguin objectivament quantificats**. Si per contra són criteris subjectius el mètode és molt més complex d'utilitzar.

VALORACIÓ

Per al nostre projecte hem decidit utilitzar **el mètode *Rating*** ja que és un mètode d'alta fiabilitat, fàcil d'utilitzar, l'escala de desposta es dona en intervals, és possible donar els resultats de forma jeràrquica, i quan treballem amb el GIS permet importar els pesos des d'una fulla de càlcul.

A continuació podem veure una taula comparativa dels 4 mètodes, la qual ens ha ajudat a decidir-nos pel mètode *Rating* ja que és el que més s'adequa a les nostres necessitats i a les característiques del nostre projecte.

MÈTODE				
Característica	Ranking	Rating	Comparació per parells	Anàlisis Trade-off
Nombre de paràmetres	N	n	$n(n-1)/2$	<n
Escala de resposta	Ordinal	Interval	Rang	Interval
Jerarquia	Possible	Possible	Si	Si
Teoria de fons	No n'hi ha	No n'hi ha	Estadística Heurística	Axiomàtica Deductiva
Facilitat d'ús	Molt fàcil	Molt fàcil	Fàcil	Diffícil
Fiabilitat	Baixa	Alta	Alta	Mitja
Precisió	Aproximacions	No precisa	Bastant precisa	Bastant precisa
Disponibilitat de software	Fulls de càlcul	Fulls de càlcul	SELECCIÓ EXPERTA	DECISIONS LÒGIQUES (DL)
Ús en un entorn de GIS	Els pesos poden ser importats d'una fulla de càlcul	Els pesos poden ser importats d'una fulla de càlcul	Component de l'IDRISI	Els pesos poden ser importats de les DL

Taula. 4 Taula comparativa dels diferent mètodes. Font: GIS and multicriteria decision analysis, Jacek Malczewski, 1999 .

7. ANÀLISI TERRITORIAL

7.1. VARIABLES UTILITZADES

Per a poder realitzar l'anàlisi multicriteri prèviament s'han de definir una llista de 10 variables, les quals ens proporcionen informació detallada sobre la presència o absència de certs elements que demanen la nostra atenció i valoració. Les variables han estat les següents: recurs eòlic, batimetria, Xarxa Natura 2000, subestacions elèctriques vora la costa, elements i zones prohibides segons les cartes nàutiques del IHN, instal·lacions d'aqüicultura, zones de protecció de les praderies de fanerògames marines. Per a cada una de les variables seleccionades s'ha realitzat una descripció detallada, s'ha otorgat una ponderació segons la importància i finalment es presenta el mapa on hi ha la distribució.

RECURS EÒLIC

El mapa utilitzat per l'estudi del recurs eòlic de Catalunya s'ha elaborat a partir de **models meteorològics** de diferents escales. Per tant, les dades emprades de velocitat i de direcció del vent no corresponen a mesures d'estacions meteorològiques de superfície, sinó que corresponen a els valors del vector vent obtinguts a partir de **simulacions** de la seva evolució horària al llarg d'un any segons un model meteorològic, eina matemàtica que **simula l'estat de l'atmosfera tridimensionalment** en cada instant de temps.

La **metodologia** que s'ha seguit per a l'elaboració del mapa de recursos eòlics de Catalunya a estat la següent:

- I. Definir les situacions meteorològiques a tractar amb aquests models meteorològics per a obtenir una simulació horària del vector vent representativa de tot un any. Per això s'ha processat la informació del període 1980-2000, triant aleatòriament els 365 dies de l'any dins d'aquest període, per tal de definir un any tipus. Posteriorment s'ha

introduït, aquestes 365 situacions meteorològiques, a un model meteorològic **MASS** (Sistema de Simulació Atmosfèrica Mesoescalar), obtenint com a resultat simulacions de l'evolució horària del vector vent per a una àrea que inclou Catalunya i per a una resolució espacial de **30 Km**. Amb aquest primer resultat, es redueix l'àrea d'estudi i es torna a executar el model meteorològic MASS, per obtenir els resultats a una resolució espacial de **10 Km**. I finalment, es repeteix el procés per tercera vegada, obtenint el vector vent a una resolució espacial d'uns **2 Km**.

- II. Un cop disposem dels resultats a una resolució espacial d'uns 2 Km, s'aplica un **model de flux de vent de microescala**, on es considera **l'orografia** del territori (a partir d'un model digital d'elevacions) i els diferents **usos del sòl** (per calcular el paràmetre de la rugositat). El resultat final és l'obtenció del vent a una resolució espacial de **200 metres**.
- III. El **resultat** és el **mapa preliminar de recursos eòlics**, o apareix informació del vector vent (velocitat i direcció) amb una malla d'alta resolució a dues altures: **60 metres i 80 metres** per damunt del terra, que són dues altures representatives dels eixos dels generadors d'energia eòlica.
- IV. El darrer pas en aquesta metodologia és la **validació dels resultats**. S'ha considerat el mapa obtingut a **60 metres** com a referència per fer aquesta validació perquè la majoria de les dades emprades per fer aquesta validació provenen de les torres meteorològiques distribuïdes per tot el territori català que mesuren la velocitat i la direcció del vent a una altura d'entre 20 i 40 metres. A partir d'aquestes dades mesurades, i emprant el perfil logarítmic del vent, s'han calculat el vent a 60 metres a la posició (coordenades) de les diferents torres meteorològiques, podent comparar aquest càlcul amb el valor del vent del mapa de recursos eòlics a 60 metres d'altura. Un cop analitzades totes les dades, s'estima que **l'error estàndard comès al mapa és de 0'4 m/s** o del 6%, de manera que no s'ha considerat necessari modificar cap resultat.

El mapa de recursos eòlics és el primer pas per a l'avaluació del potencial energètic del territori, i és una **nova eina de planificació** d'entre les més avançades en aquest sector. Gràcies a l'obtenció del mapa de recursos eòlics de Catalunya a 60 metres, podem considerar-lo un paràmetre fonamental, a tenir en compte, pel nostre estudi per a poder obtenir les **zones òptimes** per a la implantació d'un parc eòlic marí, segons la potencialitat que ens ofereix el nostre territori.

A continuació s'adjunta el mapa de recursos eòlics a 60 metres. Cal esmentar l'escala de la velocitat del vent, destacant que només apareixen acolorides les zones on la velocitat del vent és superior a 4 m/s (llindar considerat per determinar si una zona és apta per a la generació d'energia eòlica), i la resta de zones apareixen en blanc. Aquest fet no implica que en aquestes zones en blanc no es conegui la velocitat del vent, sinó que el seu valor és inferior a 4 m/s.

La ponderació que s'ha donat als diferents valors de velocitat del vent depenent de la seva **capacitat de generació** d'energia eòlica, per a poder tractar tota la informació recollida de tots els paràmetres a tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Velocitat vent (m/s)	Categoria
< 4 m/s	No apte
4 m/s ≤ X ≤ 11 m/s	Apte
12 m/s ≤ X ≤ 15 m/s	Òptim
16 m/s ≤ X < 24 m/s	Apte
≥ 25 m/s	No apte

Taula. 5 Diferents categories del recurs eòlic. Font: www.aee.com

En el mapa de recursos eòlics analitzat l'escala de mesura de la velocitat del vent va de <5,5 m/s fins a >9.5 m/s. Per tal d'establir una bona relació amb la nostra ponderació i que ens sigui d'utilitat per a la posterior anàlisi territorial realitzarem una subdivisió de la **categoria d'apte** observada anteriorment ($4 \text{ m/s} \leq X \leq 11 \text{ m/s}$):

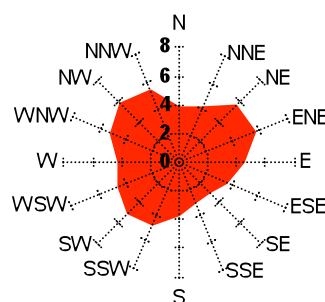
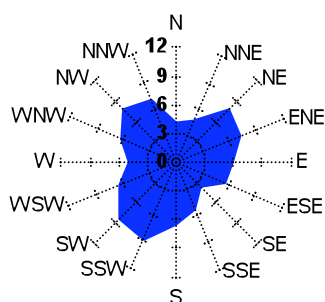
Velocitat vent (m/s)	Categoria	Ponderació
$4 \text{ m/s} \leq x \leq 6,5 \text{ m/s}$	Baix	25
$6,5 \text{ m/s} \leq x \leq 8,0 \text{ m/s}$	Mig	50
$8,0 \text{ m/s} \leq x \leq 11,0 \text{ m/s}$	Alt	100

Taula. 6 Diferents categories del recurs eòlic. Font:Elaboració pròpia a partir de dades de www.aee.com

A continuació podem observar diferents gràfics realitzats a partir de les dades obtingudes a través del model meteorològic MASS, de definir un any tipus partint d'una informació d'un període de 20 anys (1980-2000):

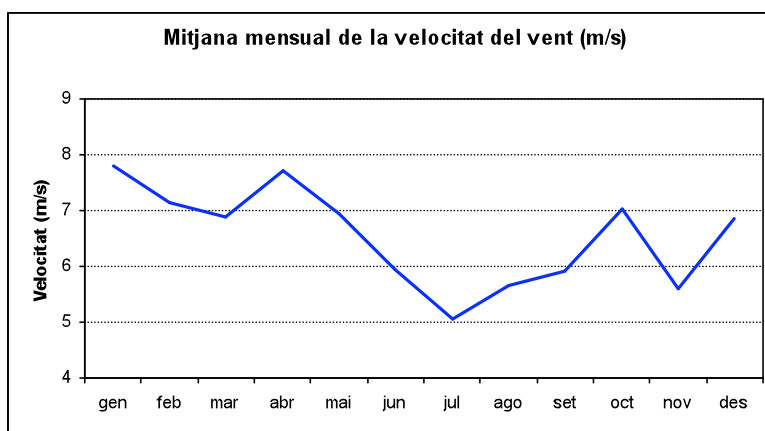
Direcció dominant: SSW

Velocitat mitjana: 4,6 m/s



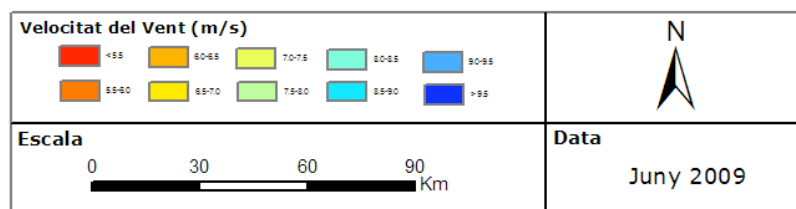
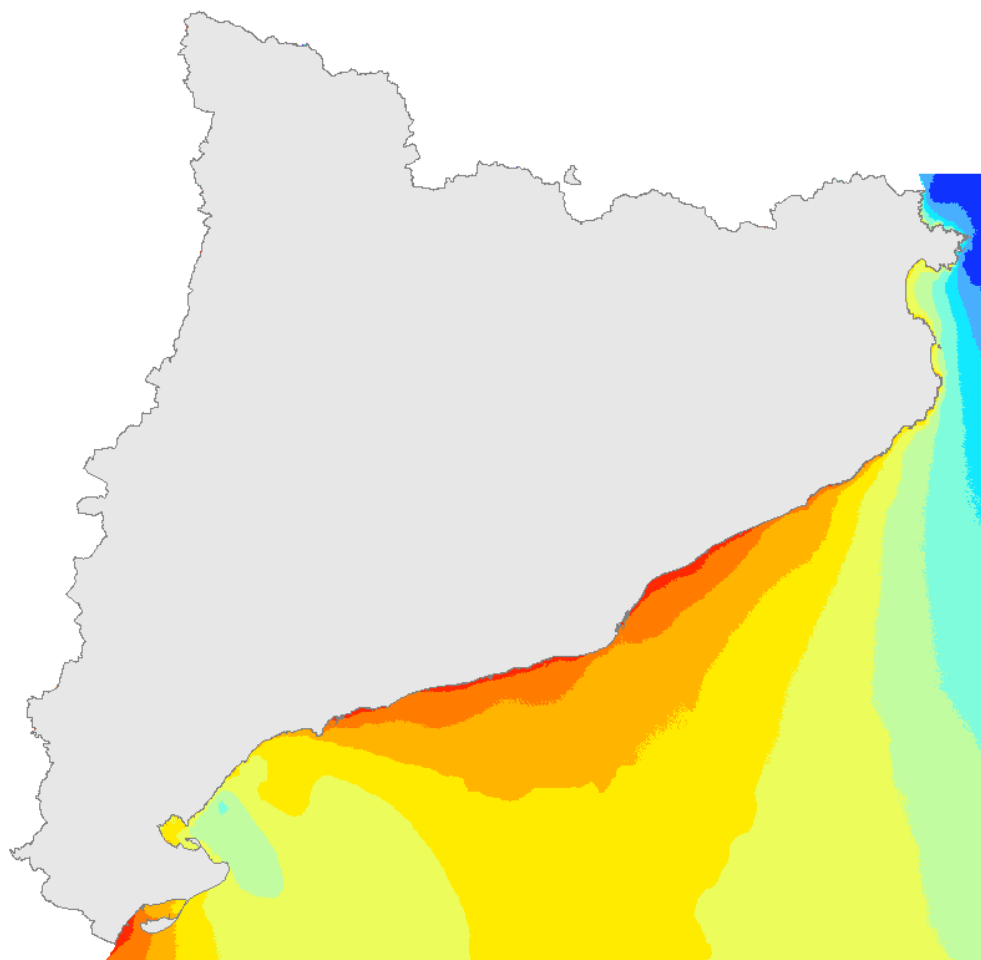
■ Rosa de vents (%)

■ Rosa de velocitats (m/s)

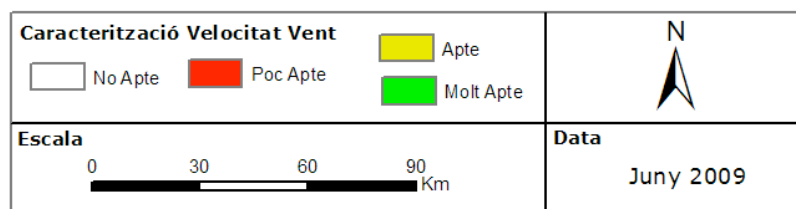
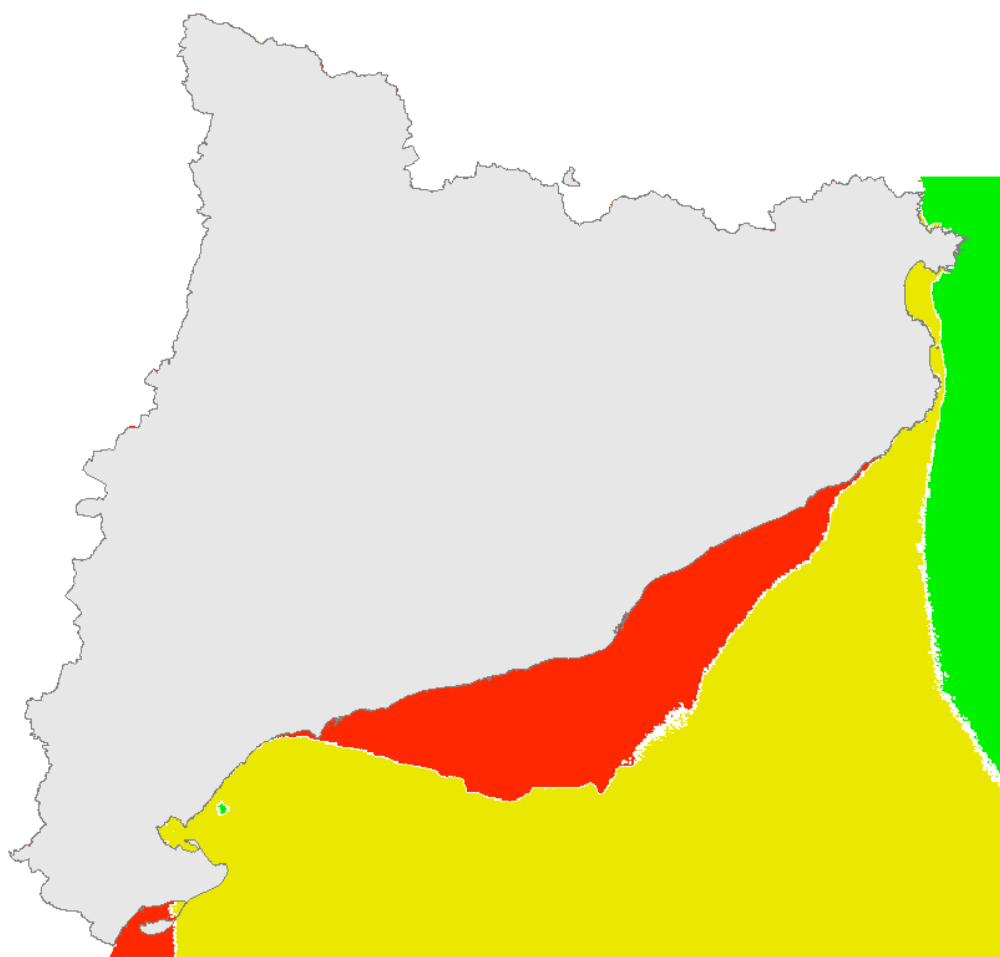


Gràfic 7. Mitjana mensual de la velocitat del vent (m/s). Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

Recurs Eòlic



Recurs Eòlic



BATIMETRIA

La batimetria és la mesura i l'estudi de la **profunditat del mar**, seria al equivalent a l'altimetria terrestre. Ens permet veure quin és el relleu submarí. Un mapa o carta batimètrica normalment ens mostra **el relleu** del fons submarí mitjançant **isolínies** i també ens pot donar informació addicional per la navegació per la superfície del mar.

Els mapes batimètrics avui en dia es mesuren amb **sonar** o bé amb **sísmica de reflacció**. En el cas del sonar és posa sota la quilla o al costat del vaixell, on llença una ona de so cap al fons marí. El temps que tarda el so a través de l'aigua a rebotar i tornar al receptor ens informa la profunditat real. Existeix un **sistema de correcció** per calcular els errors que es poden cometre a l'hora de fer la mesura, perquè una ona no va a la mateixa velocitat quan varia la temperatura, la conductivitat i la pressió de l'aigua, per això cal aplicar un sistema de correcció per tal de no generar aquests errors i poder obtenir unes **dades molt més precises i concises**.

El **rang d'angles** que s'usa actualment per l'emissió de les ones va entre 90 i 180 graus, com és ampli sigui aquest rang d'ones permetrà una millor resolució i més bona precisió. A vegades s'instal·len sensors addicionals perquè així corregeixen errors, depenen de **la inclinació i moviment del vaixell** provocat per l'onatge. Finalment amb un GPS es determina la zona exacta d'on s'ha fet la mesura, fent així un sistema molt complet i precís. Un sistema informàtic processa totes les dades, corregint cada un dels factors, com l'angle, inclinació del vaixell, etc. d'on s'obté, gairebé, de forma automàtica **el mapa batimètric**.

Pel que fa a la **sísmica de reflexió** el que fem es utilitzar un so que allibera unes **ones** i aquestes reboten a la roca i surten reflexades cap als geòfons, que són els que **mesuren el temps** que triga una ona en anar i tornar des de el punt de dispar fins el geòfon. **La posició i distància** dels geòfons depenen de la distància i profunditat a la qual nosaltres volem arribar, també ens dependrà de **la freqüència** del nostre impuls d'ones. Les dades es recullen en **un sismògraf** on ens realitza un **mapa d'ones**, després cal un procés d'interpretació i caracterització de les dades. Aquest

tipus d'estudi ens permet saber a quina profunditat trobem les roques que formen el fons marí. També ens permet saber el seu gruix i la forma del fons.

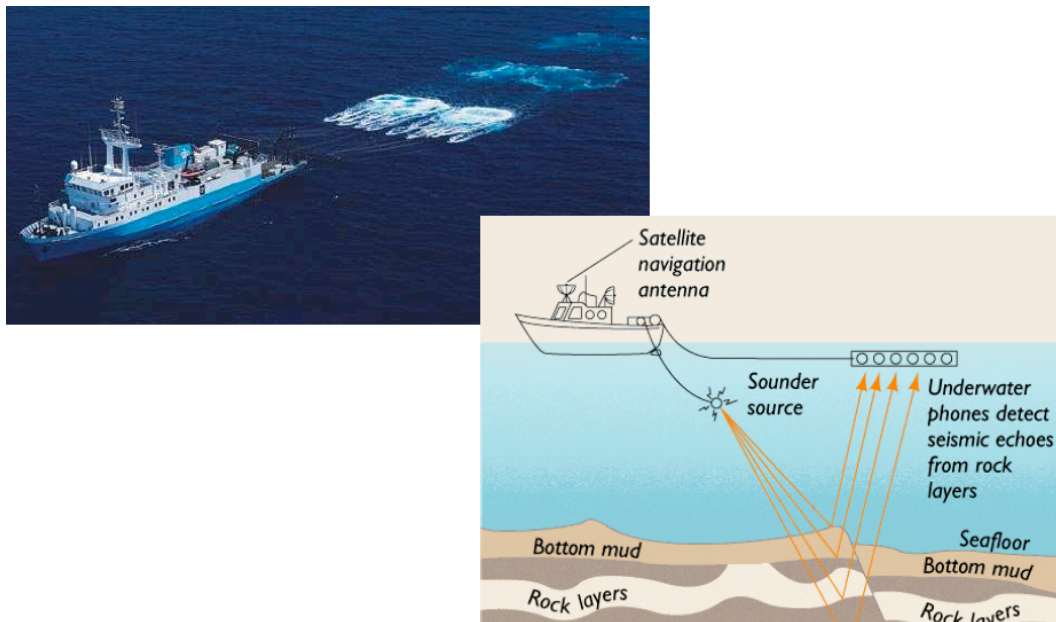


Figura. 11 Metodologia mitjançant sísmica de reflexió. Font: www.topografiaglobal.com

El perfil batimètric de Catalunya es caracteritza per tenir una **morfologia molt abrupta i molt inclinada**. Els desnivells són força pronunciats això fa que en pocs quilòmetres allunyats de la costa ja ens trobem a una gran profunditat. El pendent i la profunditat dificulten la construcció de les bases per subjectar els parcs eòlics.

Aquests factors ens limiten la construcció del parc. En els parcs eòlics es poden instal·lar **tres tipus de ancoratges** depenent de la profunditat del fons marí:

- Aigües poc profundes (<20 metres)
- Aigües intermitges (20 – 50 metres)
- Aigües profundes (>50 metres)

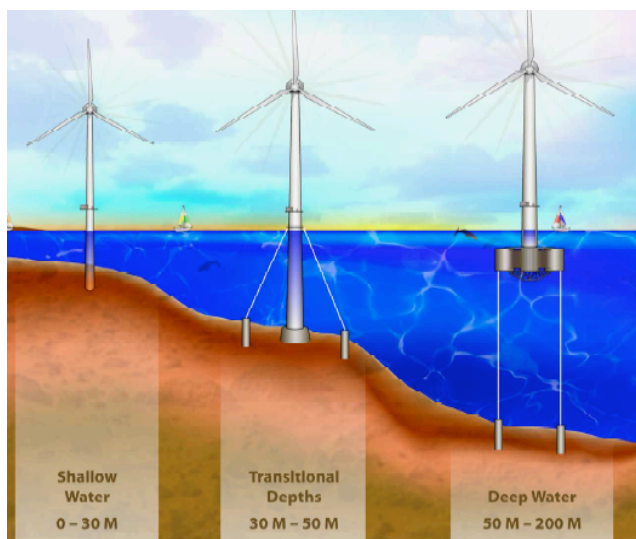


Figura. 12. Tipologia de peus. Font:www.cener.com

Depenen del **tipus de peu** que s'instal·la té un cost més barat o més car. Els ancoratges més econòmics són els que trobem en les **aigües poc profundes** (<20 metres), tenen una fàcil instal·lació i el manteniment és més senzill, ja que no calen equips tan especialitzats i cars. Dins d'aquests ancoratges trobem els de **base per gravetat** i el **monopeu**.

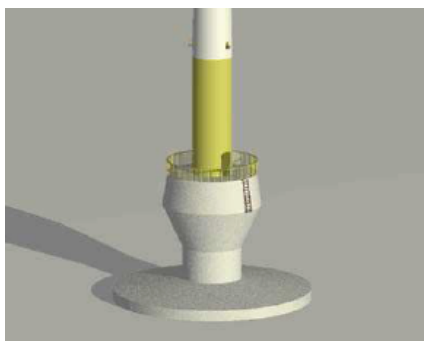


Figura. 13 Base per gravetat
Font: www.cener.com



Figura. 14. Monopeu
Font: www.cener.com

També trobem que les instal·lacions que és posen en les **aigües intermitges** (20 – 50 metres) estan força estudiades i no presenten tantes dificultats, com en el cas de les aigües profundes. La instal·lació necessita d'unes especificitats tècniques majors que en el cas de les aigües poc profundes, però la seva instal·lació continua essent viable. En aquests tipus d'aigües trobem dos tipus de peus: el **trípode** i el **trípode alternatiu**

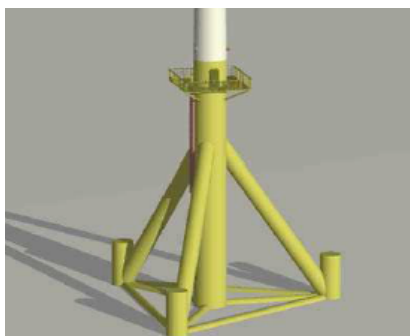


Figura. 15 Trípod.
Font: www.cener.com

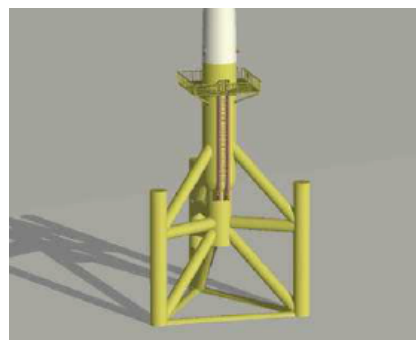


Figura. 16 Trípod Alternatiu.
Font: www.cener.com

Pel que fa a les **aigües profundes** (> 50 metres) no les tindrem en comte, ja que aquesta tecnologia no està gens desenvolupada, té uns costos molt elevats i s'avaríen molt fàcilment, i el cost de reparació són molt elevats. Seria més costos arreglar la maquinària malmesa que no pas els guanys que obtindríem de l'energia que es vendria. En la següent imatge es pot observar alguns dels tipus de suport flotants que existeixen actualment:

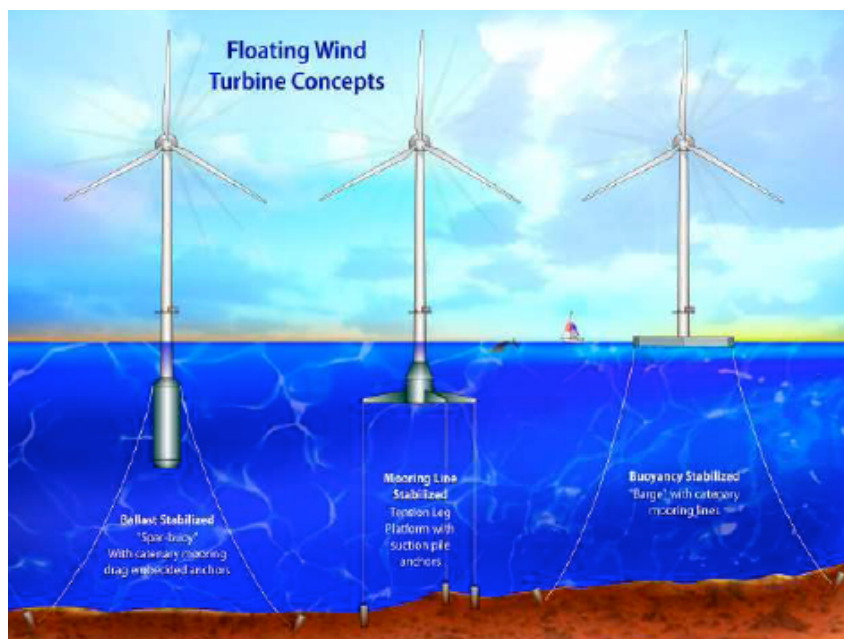


Figura. 17 Tipologia de suports. Font: www.cener.com

Per el nostre estudi em utilitzar les corbes de batimetria del litoral català, fins a una profunditat de **1000 metres**. Les dades s'han extret del departament d'agricultura, alimentació i acció rural. La base de referència són les cartes nàutiques del Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) de la sèrie 1:50.000, les dates de les cartes nàutiques utilitzades es troben entre el 1999 i el 2000. La digitalització de les dades s'han fet sobre l'escaneja't

de les cartes nàutiques del IHM a 300ppp en color. Les isolínies estan en una escala de 100 metres en 100 metres.

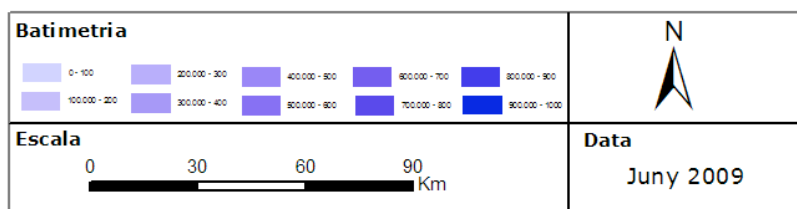
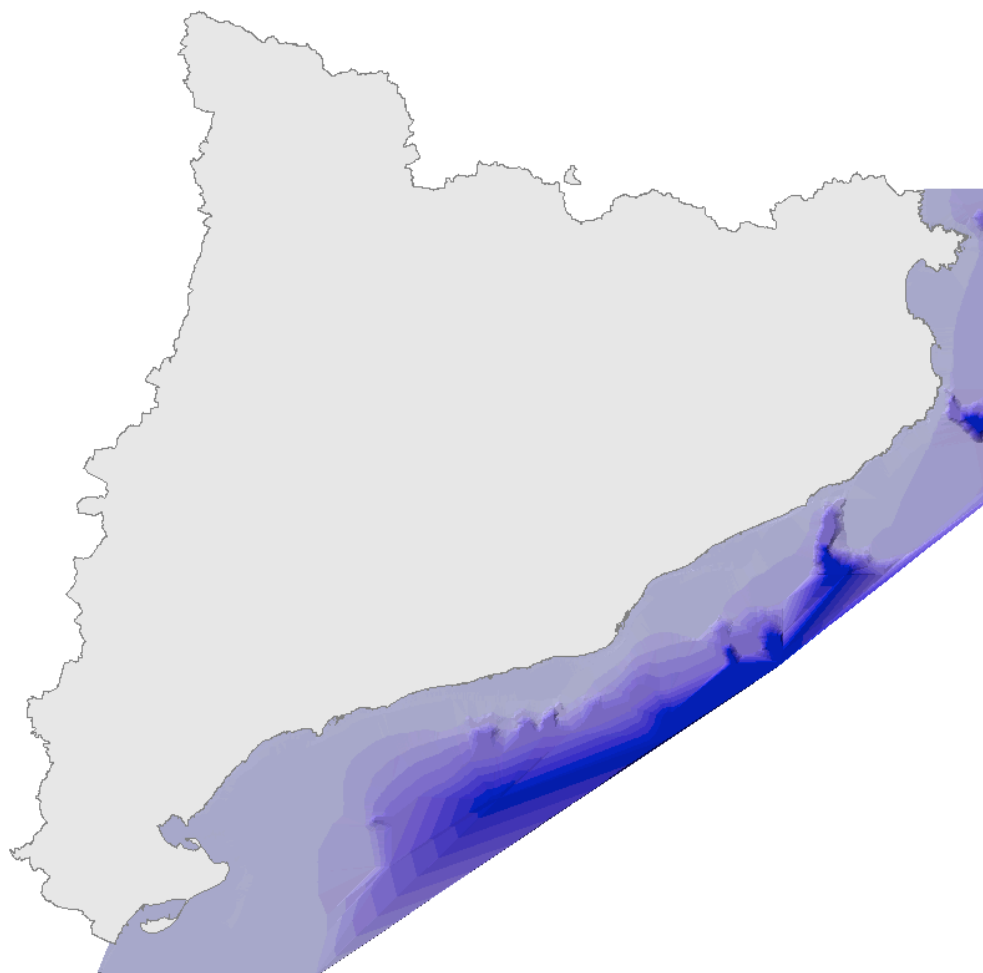
A continuació s'adjunta un mapa amb les isolínies del perfil batimètric del litoral català i també un altre mapa que on caracteritzem amb 3 graus la dificultat de construcció del parc.

La ponderació que s'ha donat als diferents valors del perfil batimètric, per a poder tractar tota la informació recollida de tots els paràmetres a tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Situació	Distància	Categoria	Ponderació
Aigües poc profundes	< 20 metres	Òptim	100
Aigües intermitges	20 - 50 metres	Apte	50
Aigües profundes	> 50 metres	No Apte	0

Taula. 7 Ponderació de la variable batimetria. Font: www.cener.com

Batimetria



XARXA NATURA 2000

La Xarxa Natura 2000 és una **xarxa ecològica europea** d'àrees naturals protegides per assegurar **la supervivència** a llarg plaç de les espècies i dels hàbitats més amenaçats d'Europa, contribuint a garantir **la conservació** de la **biodiversitat** del territori. És el **principal instrument** per a la conservació de la natura a la Unió Europea.

Aquesta xarxa europea va ser creada per la Directiva d'hàbitats (Directiva 92/43/CEE) com a mesura per complir amb l'objectiu de **contribuir a garantir la biodiversitat mitjançant la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestre en el territori europeu dels estats membres**, de 21 de maig de 1992. Aquesta ha de permetre complir els objectius establerts pel Conveni sobre la Diversitat Biològica, aprovat en la *Cumbre de la Tierra*, de Río de Janeiro al 1992.

La formació de la xarxa estava, en principi, prevista per al juny de 2004. Els Estats membres havien de seleccionar els llocs naturals del seu territori que havien de formar la xarxa, i tenir al juny del 1995 una llista nacional de llocs previstos per a la formació de la Xarxa Natura 2000. Al juny de 1998 haurien de completar la segona fase de l'establiment de Natura 2000, la selecció final dels llocs d'interès comunitari (LIC), que posteriorment s'integraran a la Xarxa Natura 2000 sota la designació definitiva de Zona d'Espècial Conservació (ZEC).

Un hàbitat es considera que es troba en un **estat de conservació favorable** quan conflueixen els tres aspectes següents (article 1):

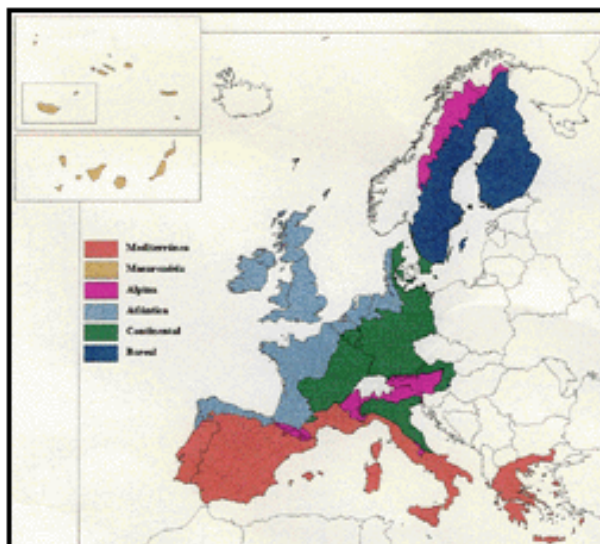
1. Que la seva àrea de distribució natural i les superfícies de l'hàbitat compreses dins d'aquesta àrea siguin estables o estiguin augmentant.
2. Que l'estructura i les funcions específiques necessàries per al seu manteniment a llarg termini existeixin i puguin seguir existint en un futur previsible.
3. Que l'estat de conservació de les seves espècies característiques sigui favorable.

4. Una espècie es considera que es troba en el seu estat de conservació favorable quan conflueixen els tres aspectes següents (article 1):
- i. Que les dades sobre la dinàmica de les poblacions de l'espècie en qüestió indiquin que aquesta segueix i pot seguir constituint a llarg termini un element vital dels hàbitats a que pertany.
 - ii. Que l'àrea de distribució natural de l'espècie no s'estigui reduint ni estigui amenaçada de ser reduïda en un futur previsible.
 - iii. Que existeixi i probablement segueixi existint un hàbitat d'extensió suficient per mantenir les seves poblacions a llarg termini.

Aquesta iniciativa europea impulsa la **creació d'una xarxa d'àrees d'especial protecció:**

- **ZEPA:** Zona d'Espacial Protecció per a les Aus. Designades pels estats membres segons la Directiva de les Aus.
- **ZEC:** Zona d'Espacial Conservació. Designades pels estats membres d'acord amb la Directiva d'hàbitats. Prèviament a aquesta designació cal que la comissió europea, amb els estats membres, els classifiqui com a LIC.
- **LIC :** Lloc d'Interès Comunitari.

El territori de la UE és pot dividir en **6 regions biogeogràfiques:** la macaronèsica, la mediterrània, l'atlàntica, l'alpina, la continental i la boreal. L'objectiu de garantir el manteniment (o el restabliment) de l'estat de conservació favorable dels hàbitats i les espècies en la seva àrea de distribució natural dins el territori de la UE s'ha d'aplicar per a cada regió biogeogràfica i, dins de cada una d'aquestes, per a tots els hàbitats i les espècies que hi són presents.



Gràfic 8. Distribució regions biogeogràfiques.
 Font: Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

La Xarxa Natura 2000 està fonamentada en :

- La Directiva 79/409/CEE (**Directiva Aus**).
- La Directiva 92/43/CEE (**Directiva Hàbitat**).
- La Directiva 2000/60/CE (**Directiva Marc de l'Aigua**)

Catalunya alberga una important quantitat d'hàbitats i espècies d'interès comunitari³⁰:

	Núm Hàbitats	Núm Espècies
Catalunya	89	124
Espanya	120	240
França	134	139
Itàlia	132	186
Portugal	94	204
Suècia	90	103
Alemanya	68	93
Gran Bretanya	41	77



Figura. 18 Nombre d'hàbitats i espècies d'interès. Font: www.xarxanatura2000.com

³⁰ Dades extretes de la web oficial de Xarxa Natura 2000.

La proposta final aprovada per l'Acord de Govern del 5 de setembre de 2006 va ser de: **957.051 ha terrestres + 83.104 ha marines**, això suposa un 30% del territori de Catalunya.

Si ara ens centrem en la protecció de l'ambient marí podem dir que la implantació de la Xarxa Natura 2000 en el medi marí i coster es molt **inferior** a la terrestre.

Ara per ara, la Xarxa Natura 2000, es presenta com a una nova oportunitat de dur a terme una **bona gestió i ampliar les zones de protecció** en la costa, i pot arribar a ser una eina molt útil per a l'adequada aplicació de la Llei de Costes. Però, tot i ser la major iniciativa creada a nivell comunitari (CE) per a la conservació de la costa i del mar; per al moment, la seva implantació en aquest medi és molt inferior al terrestre i per tant, necessita tenir-se més en compte per part dels Estats Membres.

En primer lloc convindria senyalar la **absència d'una delimitació adequada** dels conceptes *mar* i *costa* . Si ens basem en criteris tècnico-jurídics podríem dir que la costa es l'àrea en la que el mar i la terra interactuen amb un límit per la part de la terra definit per la influència del mar en la terra i amb un límit per la part del mar definit per la influència de la terra i l'aigua dolça en el mar. En definitiva, en la zona costera, tenim una part terrestre, una marina i una zona intermareal que reuneix unes característiques pròpies.

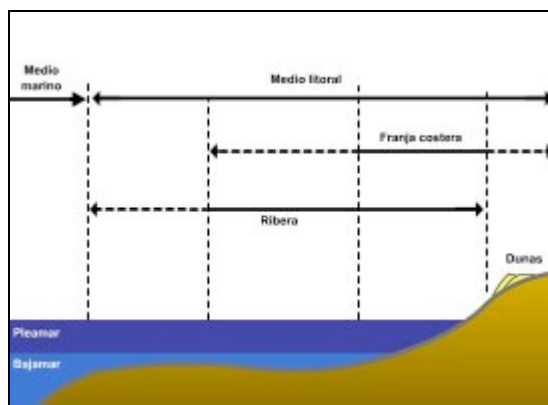


Figura. 19 Delimitació de la costa. Font: www.xarxanatura2000.com

A continuació s'adjunta el mapa de la localització de les zones incloses dins de la xarxa Natura 2000.

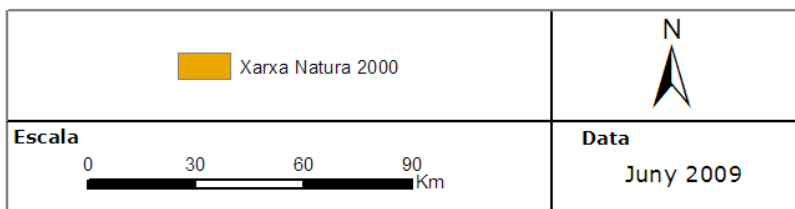
Per tal de **ponderar** aquest paràmetre hem considerat que la zona que va dels 0 als 8 km de distància de la Xarxa Natura 2000 rebi una puntuació de 25, d'aquesta manera afavorim la instal·lació del parc a una distància de seguretat de 8km de les zones incloses dins la Xarxa Natura 2000, ja que tot i que es podria construir just al límit de les zones definides dins d'aquesta xarxa, nosaltres considerem oportú deixar una **zona tampó** més gran, per tal que la incidència amb el parc no es produeixi d'una manera tan brusca. Així doncs dels 8 Km als 15 km la puntuació que hem donat a aquest paràmetre és de 100, perquè les zones protegides ja no es veurien afectades directament, ja que ja s'hauria considerat una zona tampó. No hem establert un valor per distàncies majors de 15 km, ja que considerem que no es pugui instal·lar el parc a distàncies tan allunyades de la costa.

La ponderació que s'ha donat a la localització de les diferents tipologies de ports per a poder tractar tota la informació per tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Situació	Distància	Ponderació
Molt pròxim	0 – 8.000 metres	25
Mitja distància	8.000 – 15.000 metres	100
Lluny	> 15.000 metres	Sense valor

Taula. 8 Font: Elaboració pròpia.

Xarxa Natura 2000



SUBESTACIONS ELÈCTRIQUES VORA LA COSTA

Des d'un punt de vista elèctric, Catalunya es caracteritza per tenir unes zones de generació d'energia que no coincideixen geogràficament amb les zones de consum.

Les grans **zones de consum** elèctric a Catalunya se centren bàsicament a l'àrea de Barcelona i la seva perifèria, els polígons industrials de la zona del Baix Camp de Tarragona i altres zones puntuals amb activitats econòmiques importants (Costa Brava o Costa Daurada per la seva activitat turística, zones específiques del sector terciari, industrial, etc.).

Els principals **punts de generació** d'energia elèctrica de Catalunya se centren en la zona de les nuclears de Tarragona (Ascó-Vandellòs, amb una potència de l'ordre de 3.000 MW), la zona litoral central de Catalunya (on es centren la major part de centrals tèrmiques convencionals, amb una potència de l'ordre de 2.000 MW) i la zona de producció hidràulica del Pirineu lleidatà (amb una potència de l'ordre de 1.600 MW)³¹. I també altres punts de generació de potències menys significatives.

La separació entre les grans zones productores d'energia elèctrica i les zones on es concentra el seu consum fa necessària l'existència d'una **xarxa de línies elèctriques** que concentra el seu consum fa necessària l'existència d'una xarxa de línies elèctriques que connecti els centres generadors amb les zones de demanda.

A diferència del que passa amb altres energies, l'energia elèctrica té la singularitat que **no es pot emmagatzemar**, perquè la seva generació, transport, distribució i consum funcionen en temps real. Per tant, aquesta xarxa de línies elèctriques ha de poder garantir les connexions necessàries entre la generació i els consums i, a més, les interconnexions a escala nacional i internacional que permeten l'intercanvi d'energia i regulació òptima del conjunt del sistema elèctric.

³¹ Informe de les línies elèctriques aèries i subterrànies a Catalunya.

En la següent taula podem observar la longitud de les línies existents a Catalunya per províncies:

PROVÍNCIA	Baixa tensió (<1kV)		Alta tensió (>1kV)		TOTAL	
	Aeri	Subterrani	Aeri	Subterrani	Aeri	Subterrani
Barcelona	20.390,0	9.983,0	15.145,9	8.913,5	35.535,9	18.896,5
Tarragona	6.096,0	1.477,0	6.297,1	781,5	12.393,1	2.258,5
Lleida	5.041,1	2.385,2	7.774,8	375,9	12.815,9	2.761,1
Girona	4.616,8	1.794,8	5.190,1	1.038,8	9.806,9	2.832,8
Catalunya	36.143,9	15.640,0	34.407,9	11.108,9	70.551,7	26.748,9
Percentatges en relació amb el total	69,8%	30,2%	75,6%	24,4%	72,5%	27,5%

Taula. 9 Longitud de les línies elèctriques existents a Catalunya (km). Any 2004. Font: Informe Línies elèctriques aèries i subterrànies a Catalunya.

Una **estació transformadora** és una instal·lació industrial emprada per a la transformació del voltatge del corrent elèctric. Aquestes s'ubiquen en les immediacions de les centrals elèctriques per pujar el voltatge a la sortida dels generadors i als afores de les poblacions i consumidors, per tornar-la a baixar.

La raó per fer aquesta elevada de tensió i després baixada, és el transport de la electricitat a llarga distància, si es puja el voltatge es redueixen les pèrdues de resistència que depenen de la intensitat de la electricitat.



Figura. 20 Subestació elèctrica. Font: www.viquipèdia.com

La nostra finalitat amb l'estudi de les diverses subestacions en la costa catalana és trobar la distància mínima entre una subestació elèctrica i el parc eòlic marí, per tal de reduir costos i impactes.

A continuació s'adjunta el mapa de la localització, en la costa catalana, de les subestacions elèctriques.

La **ponderació** que s'ha donat a la localització de les diferents subestacions elèctriques està en relació al cost. Com més distància hi ha entre la subestació elèctrica i el parc eòlic major és la despesa econòmica que representa. Per tant, per una distància de 0 a 1000 km la puntuació ha estat màxima, de 100, i a mesura que ens anem allunyant de la costa la puntuació va disminuint, fins als 15 km que li hem donat una puntuació de 0 ja que a aquesta distància no seria viable la instal·lació del parc eòlic.

La ponderació per a poder tractar tota la informació a tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Distància (metres)	Ponderació
0 - 5.000	100
5.000 - 10.000	50
10.000 - 15.000	25
> 15.000	0

Taula. 10 Ponderació variable subestacions elèctriques vora la costa. Font: Elaboració pròpia.

Subestacions elèctriques vora la costa



Subestacions elèctriques Tensió (MV) ⚡ 150 ⚡ 151 - 220 ⚡ 221 - 400	N
Escala 0 30 60 90 Km 	Data Juny 2009

ZONES DE PROTECCIÓ DE LES PRADERIES DE FANERÒGAMES MARINES

Les fanerògames marines són **plantes marines, superiors, herbàcies, amb rel, tija, fulles, produeixen flors i fruits**. S'han adaptat a la vida al mar i formen extensions anomenades **praderies**, de fins a un metre d'alçada.

Composen sistemes complexos, amb **funcions vitals** dins dels cicles biològics marins i gran ventall de funcions ecològiques. Especialitzades en la **colonització** de fons sorrencs, entre 0 i 25 metres de fondària.

Procedeixen de plantes terrestres, que es **van readaptar al medi marí** i van colonitzar amb èxit alguns hàbitats com els d'aigües someres.

La **Posidònia oceànica** (*Posidonia oceànica*) és la representant més notable de les fanerògames al mediterrani, d'on és autòctona, per la seva mida i abundància, és la que forma praderies més denses. Es distribueix per les costes de la Regió Mediterrània i, localment, a la costa atlàntica del Sud-oest d'Europa. També a Portugal i costes cantàbriques i mediterrànies de l'Espanya peninsular i les Illes Balears³².

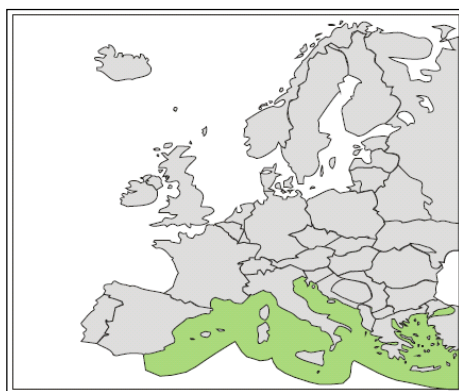


Figura. 21 Distribució geogràfica de la *Posidonia oceànica* en aigües de la costa Europea. Font: European seagrasses: an introduction to monitoring and Management editat per Jens Borum, Carlos M. Duarte, Dorte Krause-Jensen and Tina M. Greve

³² DEVESA, J.; ORTEGA, A. Especies vegetales protegidas en España: plantas vasculares. Edita Ministerio de Medio Ambiente Organismo autonómico parques nacionales. 2004

En la realització de l'estudi en SIG hem determinat una distància mínima entre el parc i aquestes zones de protecció d'un quilòmetre. A aquesta distància d'un quilòmetre les vibracions de soroll provocades pel parc ja no afectarien al desenvolupament normal de les diferents espècies. A continuació podem observar un quadre amb dades generals sobre la **presència de praderies al litoral de Catalunya** (595km totals de costa catalana). D'aquesta manera ens fem una idea de l'extensió que ocupa aquesta planta en el nostre litoral.

Província	Km de costa	Àrea ocupada per Posidònia (ha)	Superfície ocupada (%)
Tarragona	222	2483	62
Barcelona	112	1275	31
Girona	261	302	7
Total	595	4060	

Taula. 11 Presència de praderies de Fanerògames al litoral català. Font: elaboració pròpia a partir de dades extretes del gencat.cat

D'acord amb les seves característiques ecològiques la Posidònia comparteix espai amb altres 4 espècies de Fanerògames: *Halophila stipulacea* (únicament present a la part oriental de la Mediterrània), *Cymodocea nodosa*, *Zostera nolit* i *Zostera marina*.

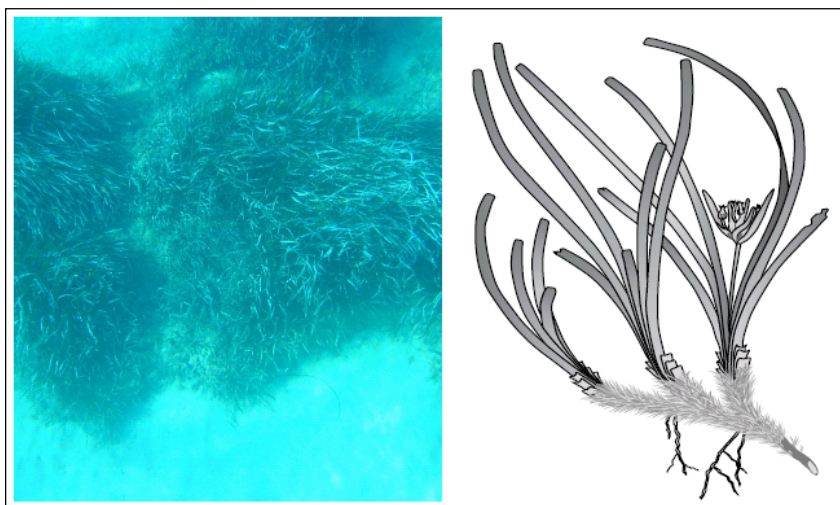


Figura. 22 Praderia de *Posidonia oceànica*. Dibuix que ens permet veure l'estructura de la *Posidonia oceànica*. Font: European seagrasses: an introduction to monitoring and Management editat per Jens Borum, Carlos M. Duarte, Dorte Krause-Jensen and Tina M. Greve

La Posidònia oceànica **és regulada** per les següents figures autonòmiques: Estrictament protegida (Catalunya, Decret 328/1992, DOGC d'1 de març de 1993: cap de Creus) i protegida (Catalunya, Ordre de 31 de juliol de 1991, DOGC del 12 d'agost).

El Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya va iniciar l'any 1982 un **projecte de protecció i potenciació de la plataforma continental**. En el projecte s'inclou la instal·lació d'esculls artificials per tal de recrear nous caladors artificials. Aquests esculls **permeten la recuperació de fauna i flora pròpia de les zones de substrat sorrenc o fangós**³³.



Figura. 23 Esculls artificials amb les zones de producció i les de protecció que les envolten. Font: www.gencat.cat

És per la seva elevada importància en les nostres costes i per la **forta regressió** que estan patint que hem decidit valorar la presència de les zones de protecció de praderies de Fanerògames a l'hora d'ubicar el parc eòlic marí. Així doncs serà un altre paràmetre restrictiu per a la localització del parc ja que desenvolupament tècnic i conservació biològica no tenen perquè ser conceptes oposats.

A continuació s'adjunta el mapa de la localització, en la costa catalana, de les zones de protecció de les Fanerògames marines.

La **ponderació** que s'ha donat a la localització de les diferents zones de protecció de les Fanerògames marines ha estat major a partir de 500

³³ Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya.

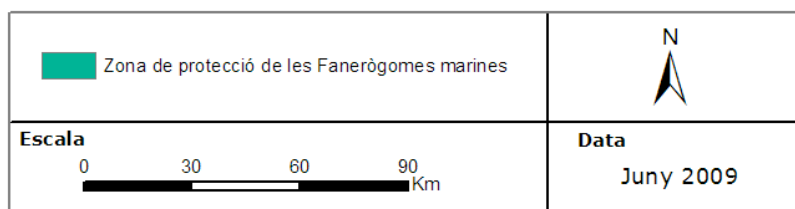
metres de les praderies de fanerògames. Aquesta puntuació s'ha efectuat d'aquesta manera per tal d'afavorir una zona tampó al voltant de les praderies de fanerògames. Així doncs a una distància d'entre 0 i 500 metres la puntuació ha estat de 0 per tal de no afavorir la construcció del parc tan aprop d'aquests ecosistemes i així afavorir la seva conservació.

La ponderació per a poder tractar tota la informació recollida de tots els paràmetres a tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, ha estat la següent:

Distància (metres)	Ponderació
0 - 500	0
> 500	100

Taula. 12 Ponderació variable zona de protecció Fanerògames marines. Font: Elaboració pròpia.

***Zones de protecció de les
Fanerògomes marines***



INSTAL·LACIONS D'AQÜICULTURA

L'aqüicultura és la **cria i cultiu d'espècies aquàtiques, animals i vegetals amb una finalitat comercial**. Es realitzen en medis naturals o bé en instal·lacions especialment adaptades, en el nostre cas es troba en el medi natural al mar. Per tal de que el creixement i la cria estiguin en unes **situacions òptimes** i hagi una bona producció s'exerceixen uns **controls** sobre **les espècies** (selecció, reproducció, aspectes sanitaris, aspectes de nutrició, ...) i també sobre **les condicions** a les quals es troba **el medi** (control variables fisiològiques de l'aigua, sobre les instal·lacions, ...).

Depenen dels organismes que es cultiven es distingeix entre piscicultura (peixos), mitilicultura (musclos), astacicultura (crustacis), ostreïcultura (ostes), aquicultura (algues), etc. .

Mostra de la importància de l'aqüicultura a Catalunya és que la producció aquícola del nostre país ocupa el **tercer lloc** en el conjunt de l'Estat espanyol per darrera de Galícia i de la Comunitat Murciana. Durant l'any 2001, el valor de la producció en primera venda ha estat de 13,24 M€, dels quals 9,25 M€ corresponent a la producció piscícola i 3,99 M€ a la producció de mol·luscs i la producció ha estat de 5.128 tones³⁴.

Catalunya és la tercera comunitat autònoma que més peix i marisc produeix amb aquest sistema. En l'actualitat les instal·lacions al nostre país que és dediquen a l'aqüicultura són: **24 piscifactories**, que produeixen bàsicament orades i llobarros; i **7 polígons** dedicats al cultiu de mol·luscs com els musclos, els ostrons i les cloïsses. La majoria d'aquestes instal·lacions estan situades al litoral de les Terres de l'Ebre, ja que es tracta d'una de les **zones més idònies** a causa de la presència del Delta.

L'elaboració del mapa d'emplaçaments d'instal·lacions d'aqüicultura de Catalunya respon a l'objectiu de delimitar zones aptes per al cultiu de peixos a mar en gàbies surants, i d'aquesta manera, facilitar als interessats la informació necessària en relació a quines són les zones aptes en tant que

³⁴ Dades extretes de la Generalitat de Catalunya.

acompleixen determinats requisits i que alhora han estat contrastades amb els ajuntaments, les cofraries de pescadors i els organismes amb competències en el litoral.



Figura. 24 Instal·lació de l'aqüicultura. Font: www.panoramaacuicola.com

En el següent mapa de les instal·lacions d'aqüicultura es pot veure com estan disposades en el territori. El mapa està extret del Departament d'Agricultura, Alimentació i acció rural. S'ha realitzat a partir de diverses fonts de la DGPAM, dels projectes d'instal·lació de les infraestructures i de les concessions administratives. Localització de les instal·lacions per coordenades i per fotointerpretació. Les bases per a digitalitzar han estat la línia de costa i les corbes batimètriques a una escala aproximada 1:50.000 i ortofotomapes 1:25.000 en color.

En el mapa és poden distingir **tres tipus de cultiu**:

- Muscleres.
- Cultius Long-Lines, que són cultius tradicionals en basses flotants.
- Instal·lacions d'Aqüicultura.

A continuació s'adjunta el mapa de la localització de les instal·lacions d'aqüicultura presents en la costa catalana.

La **ponderació** que s'ha donat a la localització de les instal·lacions ha estat la següent, com que la distància a la que s'haurien de construir els parcs

d'aquest tipus d'instal·lacions no està determinada per cap legislació no farem cap restricció sinó que realitzarem una ponderació.

Els parcs eòlics marins s'haurien de construir a una distància mínima d'aquestes estructures ja que la producció es podria veure afectada. Per tant hem determinat que s'ubiquin a un mínim d'un quilòmetre d'aquestes per tal d'evitar possibles impactes. Ens hem basat en l'impacte que generen les instal·lacions d'aqüicultura al seu voltant, aquest impacte és d'un quilòmetre.

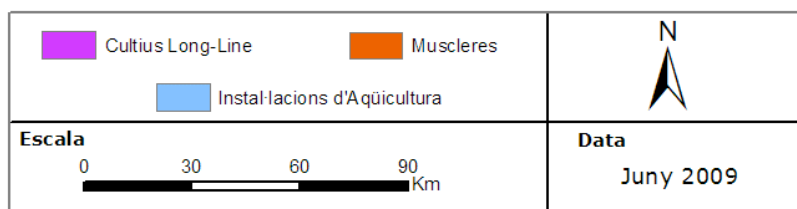
Així doncs hem decidit que a una distància de 0 a 1.000 metres la puntuació sigui de 0 per tal d'afavorir que la possible instal·lació d'un parc eòlic marí estigui a més d'1km de les instal·lacions d'aqüicultura.

La ponderació per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Distància (metres)	Ponderació
0 - 1.000	0
> 1.000	100

Taula. 13 Ponderació de la variable instal·lacions d'aqüicultura. Font: Elaboració pròpia.

Instal·lacions d'Aqüicultura



ELEMENTS I ZONES PROHIBIDES PER L'IHN

Els emissaris submarins són **conduccions** de canonades o cables elèctrics que van per sota al mar, des de la zona terrestre fins el sòl marí. Aquests emissaris és troben a una **profunditat d'entre 1 i 2 metres** per sota el sòl marí, estan enterrats.

Hi ha **molta diversificació** d'emissaris submarins on hi trobem:

- Ancoratge prohibit.
- Col·lectors d'aigües residuals.
- Límits d'ancoratge.
- Límits d'ancoratge Mercaderies No Perilloses.
- Límit d'ancoratge Mercaderies Perilloses.
- Zona prohibida o restringida.
- Zona de cables submarins.
- Cables submarins abandonats.
- Cables Submarins Elèctric.
- Cables submarins Telefònic.
- Canalització Submarina Petroli.
- Canalització Submarina de Gas.
- Zona de prohibició d'ancoratge i pesca.
- Canal dragat.

Les **zones d'ancoratge prohibit** o zones prohibides amb limitacions de navegació són zones que estan ocupades per platges, penya-segats i reserves naturals. Solen ser zones protegides, amb perill d'esfondrament de roques, que provenen dels penya-segats, o zones freqüentades per banyistes, on hi ha perill de col·lisió. Per això aquestes zones són prohibides, per tant no es podrà considerar per la construcció del parc.

Els **cables submarins** són les base de la xarxa de telecomunicacions internacionals, ja que s'utilitzen de manera majoritària per les comunicacions telefòniques i per la xarxa d'Internet, això permet que l'informació viatgi molt ràpidament.

Els **cables submarins** estan dissenyats per suportar les condicions ambientals en les aigües profundes. Estan recoberts amb un material impermeable que impedeix l'entrada d'aigua i la d'humitat. Els cables submarins són molt forts i alguns estan blindats, poques vegades s'arriben a malmetre i quan passa es per culpa de les ancores dels vaixells. Per això en aquestes zones es prohibeix l'ancoratge de les embarcacions.

Els canals dragats són zones excavades per sota el nivell de l'aigua. Aquestes excavacions són realitzades mitjançant unes embarcacions anomenades "dragues" on excaven el material i l'eleven fins a la superfície. Aquestes operacions es poden realitzar en canals navegables i en zones portuàries

Els emissaris submarins estan **gestionats** per les **administracions públiques**.

En el següent mapa observem els emissaris submarins del litoral català. S'han extret de la base cartogràfica numèrica a escala 1:50.000 de l'ICC, hi ha estat digitalitzats segons la cartografia a escala 1:50.000 de referència per els punts situats a terra i el punt situat al mar (situats perpendicularment)

Tots aquests elements ens dificulten la situació del nostre parc, ja que no podem fer la construcció del parc a sobre un d'aquests emissaris perquè malmetríem el que ja està instal·lat.

Per tal de realitzar l'anàlisi territorial amb aquest paràmetre hem definit que la instal·lació del parc serà a una distància mínima d'un quilòmetre dels emissaris submarins. Aquesta distància evita que es puguin malmetre aquests emissaris a la vegada que impedeix que es creïn interferències.

A continuació s'adjunta el mapa de la localització dels diferents tipus d'emissaris submarins distribuïts el llarg de la costa catalana.

La **ponderació** que s'ha donat a la localització dels diferents emissaris submarins ha estat la següent, s'ha considerat un valor de 0 per a una

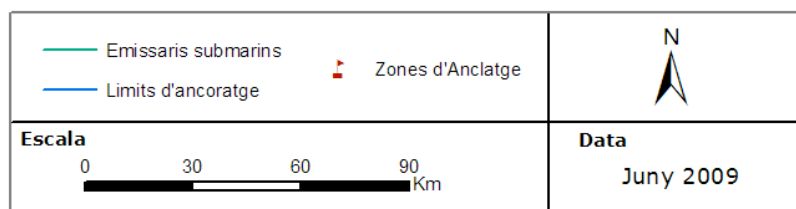
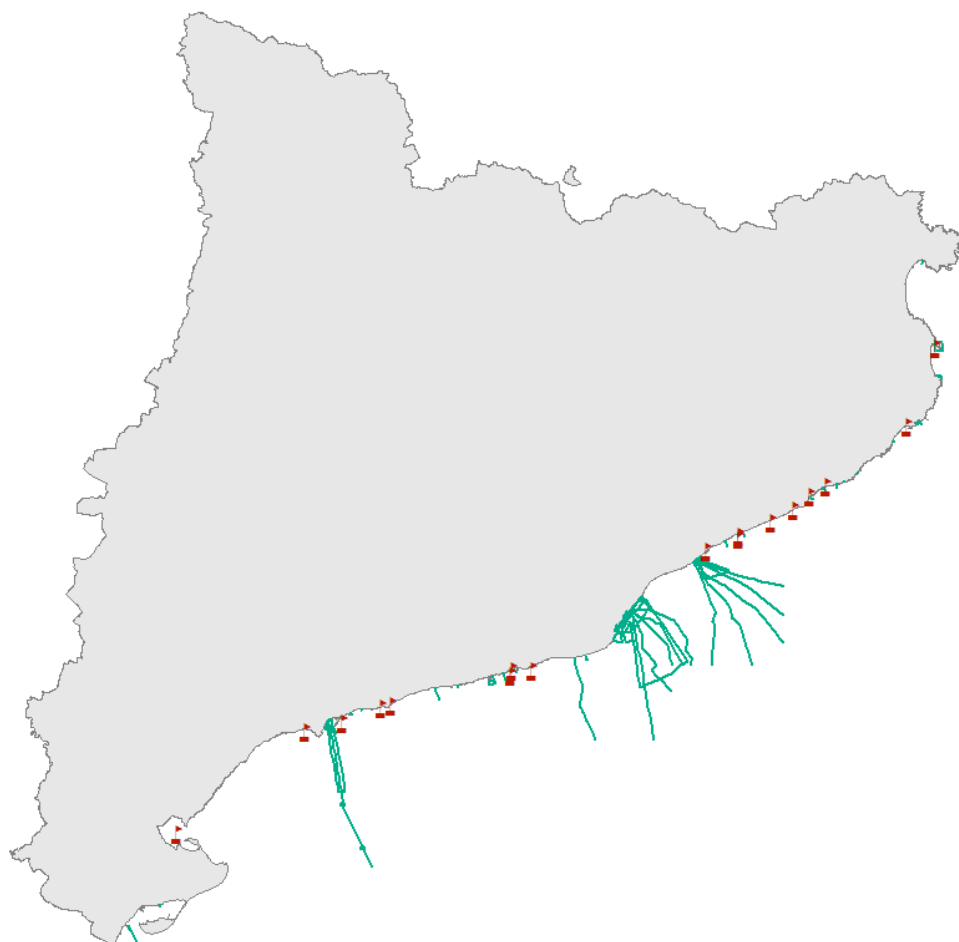
distància de fins a 100 metres d'aquestes instal·lacions per tal d'assegurar que no hi haurà interferències entre el parc eòlic i tot aquest seguit d'elements. A partir de la distància de 100 metres el valor otorgat és de 100 ja que d'aquesta manera s'afavoreix la localització del parc a una distància prudencial dels elements anteriorment definits. Així s'eviten interferències i possibles accidents.

La ponderació per a poder tractar tota la informació recollida a tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Distància (metres)	Ponderació
0 - 100	0
> 100	100

Taula. Ponderació de la variable elements i zones prohibides per l'IHN. Font: Elaboració pròpia.

*Elements i Zones Prohibides segons
les cartes nàutiques de l'IHM*



PORTS MARITÍMS

En els últims anys i ha hagut un **augment de densitat poblacional** a la costa catalana, un fort creixement de l'activitat nàutica i pesquera i un gran increment del turisme. Tots aquests canvis han suposat una **pressió sobre les zones litorals**, generant degradació urbanística i la destrucció irreversible d'ecosistemes naturals. Per això és **necessari regular** l'activitat de ports per tal de poder garantir el desenvolupament.

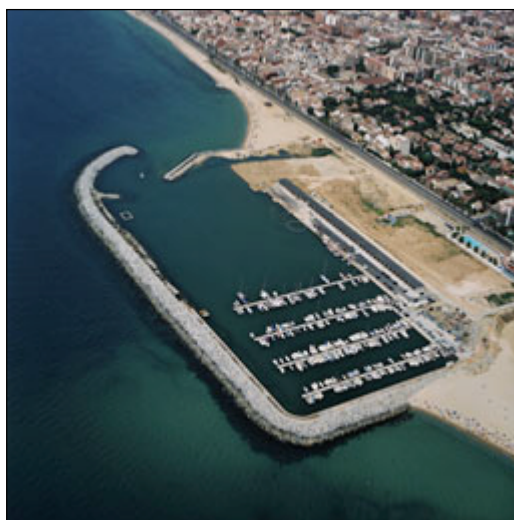


Figura. 25 Vista aèria del Port de Premià de Mar. Font: www.gencat.cat

La Generalitat de Catalunya és qui té **competències exclusives** en matèria de ports, a excepció dels d'interès general, així com en matèria d'adequació del litoral, la Llei 22/1988, de 28 de juliol, de Costes, va donar un pas enrere, limitant les competències de la Generalitat. En aquest sentit el seu article 110 b), atribueix a l'Estat l'atorgament de concessions i autoritzacions per a la construcció d'instal·lacions marítimes menors (embarcadors, pantans, varadors i altres anàlegs que no formin part d'un port o n'estiguin adscrites).

Ara bé, la Generalitat és competent sobre determinades instal·lacions que li van ser transferides per R.D. 2876/1980, de 12 de desembre, de traspassos en matèria de ports.

Les instal·lacions nàutiques que són competència de la Generalitat de Catalunya es poden classificar, segons les seves característiques físiques i legals, en quatre tipologies d'acord amb la Llei 5/1998, de 17 d'abril, de ports de Catalunya: port marítim, dàrsena, instal·lació marítima i marina interior.

El sistema portuari català es regula per mitjà de la Llei 5/1998, de 17 d'abril, de ports de Catalunya. En aquesta llei es determina que les competències que en matèria de ports corresponen a la Generalitat s'exerceixen per mitjà del Departament de Política Territorial i Obres Públiques i per l'entitat de dret públic Ports de la Generalitat d'acord amb el que estableixin aquesta llei i les normes reglamentàries que la desenvolupin.

A continuació s'adjunta el mapa de la localització, en la costa catalana, de la distribució de port marítim, dàrsena, instal·lació marítima i marina interior.

En l'anàlisi territorial hem determinat una distància mínima del parc als ports de 3 quilòmetres³⁵ per tal que l'activitat pesquera i naval no es vegi influenciada pels molins. Així doncs en la ponderació hem otorgat un pes de 0 a la distància que va de 0 a 3.000 metres. A partir d'una distància de 3.000metres en endavant la puntuació és de 100 ja que a aquesta distància ja no hi haurien interferències entre el parc i el tràfic marí.

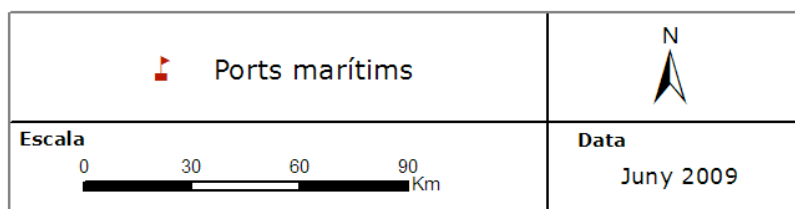
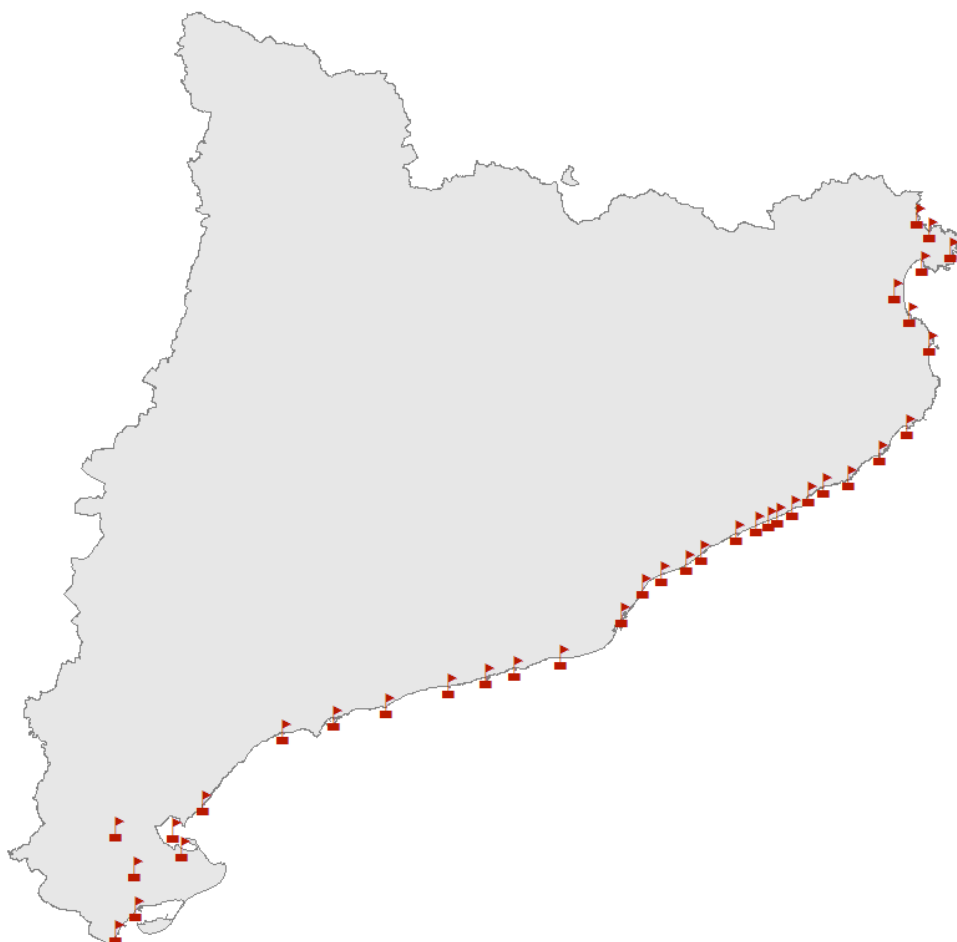
La ponderació mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Distància (metres)	Ponderació
0 - 3.000	0
>3.000	100

Taula. 14 Ponderació de la variable ports marítims. Font: elaboració pròpia.

³⁵ Dades extretes del Servei Català de Ports.

Ports marítims



ESCALLS ARTIFICIALS

Catalunya sols té 4.080 ha de litoral poblades per alguers i aquestes estan patint una continua degradació a causa de les activitats de pesca il·legal, ancoratges, abocament, pressió turística, etc.

És per aquest motiu que l'any 1984, amb la creació de la Direcció General de Pesca Marítima, es comença un programa d'instal·lacions d'esculls artificials a la costa catalana.

L'any 1987 es va instal·lar el primer escull. L'objectiu inicial de la instal·lació d'esculls artificials era la obtenció de millores de la producció piscícola. Amb el pas dels anys aquesta primera concepció dels esculls ha anat evolucionant. Els objectius actuals dels esculls són de tipus:

- **Biològic:** es pretén augmentar la biodiversitat tant en els esculls com en els espais i substrats que delimiten aquestes estructures.
- **Pesquer:** preservar les espècies d'interès pesquer i protegir el creixement de les espècies sobreexplotades.
- **Socioeconòmic:** la presència d'aquests esculls ha de permetre millores en les condicions de treball i seguretat dels pescadors artesanals.

Els esculls artificials són estructures de formigó reforçades amb ferro i instal·lades en el fons marí. El pes i la forma varien si es tracta **d'esculls de protecció o esculls de producció**.

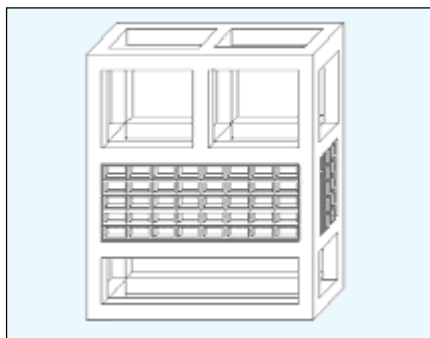


Figura. 26 Estructura d'un escull artificial. Font: www.gencat.cat

Els esculls de protecció són estructures formades per mòduls de formigó i barres de ferro. Al col·locar-les una al costat de l'altre formen barreres, actuant com a mètodes dissuasoris enfront la pesca il·legal d'arrossegament, protegint d'aquesta manera la zona més poblada pels alguers.

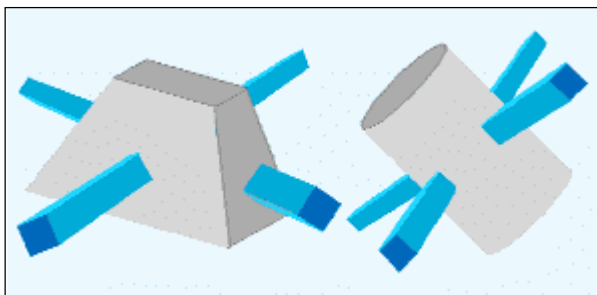


Figura. 27 Esculls de protecció Font: www.gencat.cat

Els esculls de **producció** són estructures formades per mòduls de forma cúbica, fetes de formigó, d'un pes aproximat de 4 tones i 3 metres d'alçada cadascun i amb obertures que faciliten el màxim filtratge de les aigües i un gran desenvolupament de superfícies aptes per al desenvolupament d'organismes.

Aquest tipus d'esculls **potencien i milloren la pesca artesanal** i generen caladors artificials en zones degradades.

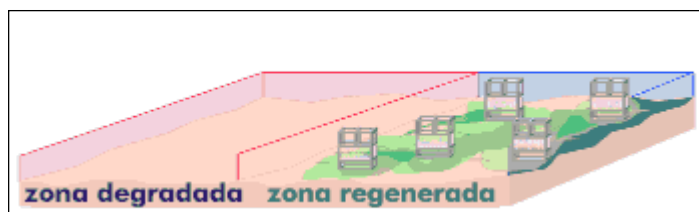


Figura. 28 Evolució d'una zona degradada amb la instal·lació d'esculls. Font: www.gencat.cat

L'autorització i instal·lació d'esculls artificials està regulada pel **Real Decret 798/1995**, modificat pel Real Decret 2287/1998, de 23 d'octubre, pel que es defineixen els criteris i condicions de les intervencions amb finalitat estructural en el sector de la pesca, l'aqüicultura i de la comercialització, la transformació i la producció dels seus productes.

Prèviament a la instal·lació dels esculls es realitzen estudis biològics, oceanogràfics i socioeconòmics.

La resolució favorable dels informes vinculants permet la construcció i el fondeig de les estructures. Durant els següents **tres anys** es realitzen els corresponents **estudis de seguiment** per tal de comprovar la viabilitat de les hipòtesis/objectius inicials.

A continuació s'adjunta el mapa de la localització, en la costa catalana, de les zones d'esculls artificials.

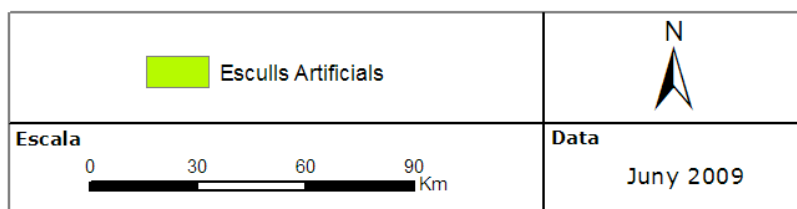
Els parcs eòlics marins els instal·laríem a una distància mínima dels esculls artificials. Hem determinat que s'ubiquin a un mínim de 500 metres d'aquestes per tal d'evitar possibles accidents o perjudicis als esculls, tot i que tècnics en ecologia marina ens han indicat que no es veurien perjudicats si la instal·lació fos a 0 metres d'aquests esculls. Així doncs a una distància d'entre 0 i 500 metres la puntuació donada ha estat de 0 i a partir de 500 metres la puntuació és de 100.

La ponderació per a poder tractar tota la informació recollida de tots els paràmetres a tenir en compte per a la localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, depenent de la influència (o importància) de cada un dels paràmetres analitzats, ha estat la següent:

Distància (metres)	Ponderació
0 - 500	0
> 500	100

Taula. 15 Ponderació variable zona d'esculls artificials. Font: Elaboració pròpia.

Esculls Artificials



7.2. ALTRES CONSIDERACIONS

A banda dels paràmetres descrits en els punts anteriors també hem tingut en compte altres factors, tot i que no els hem inclòs en el model SIG.

Un d'aquests paràmetres és l'impacte visual. Avui dia hi ha una preocupació creixent pel paisatge i l'entorn natural i un parc eòlic marí transforma el territori. Així doncs s'ha d'intentar que el parc generi el menor impacte visual possible.

La conca visual determina els punts des d'on és potencialment visible l'estructura. Es troba condicionada per la distància a la qual es troba del punt d'observació de l'estructura i l'angle d'incidència.

El fet que el parc eòlic es localitzi en el mar fa que no hi hagi barreres visuals i, per tant, no hem considerat aquest paràmetre en el resultat final del mapa de localització de la zona òptima de la localització del parc eòlic marí.

Tot i això si s'apliqués aquest paràmetre el definiríem a una distància mínima de 8 km de la costa per tal de reduir la visibilitat del parc des dels punts de costa.

El grau de percepció des de la costa serà diferent en funció del número d'aerogeneradors que conformaran el parc, la seva distribució, el tipus d'aerogeneradors instal·lats, etc.

Per tal de minimitzar la visibilitat del parc des de la costa el que si que es poden realitzar són estudis de disseny previs a la instal·lació del parc per tal de definir com es distribuiran els diferents aerogeneradors.

A l'hora de definir paràmetres també és varen considerar les rutes migratòries per tal de saber si la construcció del parc al litoral català tindria influència sobre l'avifauna de la zona. Després de recollir la informació corresponent varen arribar a la conclusió que aquest paràmetre no és un paràmetre limitant a la localització de la zona òptima d'instal·lació del parc.

RUTES MIGRATÒRIES

En els darrers anys s'ha donat un **elevat desenvolupament tecnològic**, una alta massificació de la construcció i un gran augment de les xarxes de comunicació. Tota aquesta sèrie de característiques ha produït **impactes** i molèsties en les **poblacions d'ocells**. Les poblacions d'aus també s'han vist afectades per l'activitat de caça il·legal, vessaments incontrolats de contaminants, etc..

L'augment de la mortalitat de les poblacions d'aus ha portat al desenvolupament i aplicació de **mesures preventives** i a una major preocupació vers els efectes causants d'aquests impactes sobre les aus.

Els parcs eòlics marins, per la seva magnitud i degut a que són una tecnologia bastant recent han despertat certs dubtes respecte l'impacte que poden tenir sobre les poblacions d'aus.

Així doncs a l'hora de seleccionar els paràmetres a estudiar per la viabilitat del nostre parc eòlic marí hem volgut saber fins a quin punt els parcs eòlics marins afecten la vida de les aus. Ens hem centrat en els estudis que s'han realitzat fins ara i hem arribat a la conclusió que no és un paràmetre que pugui ser limitant per tal de localitzar el parc eòlic al litoral català tot i que si que valorarem que el parc estigui **allunyat de les zones humides** per tal d'evitar molèsties a la fauna de la zona.

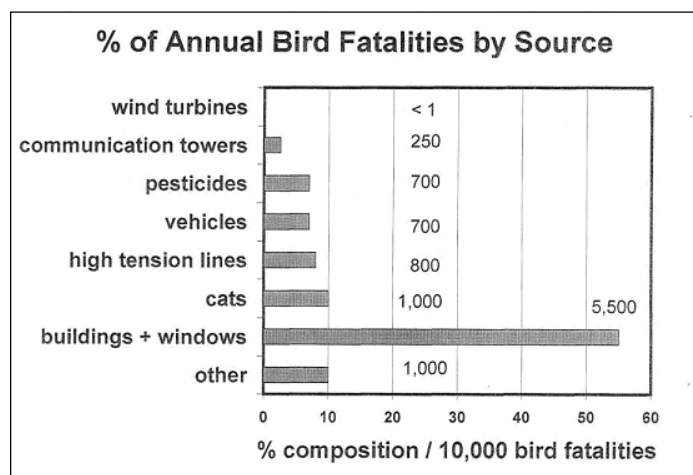
La **migració** dels ocells té lloc a altituds molt elevades³⁶ (de 400m a 11.300m depenent de l'espècie i de la zona on tingui lloc la migració), que no comporten cap problema amb els molins de vent. Ara bé, els ocells en migració necessiten zones on descansar i la costa és un bon indret per a

³⁶ *Bird Migration, a General Survey*, Peter Berthold, Oxford University Press, 1993.

aquest objectiu. Així doncs evitarem localitzar el parc eòlic marí en zones properes a **zones d'aiguamolls** com ara els aiguamolls de l'Empordà, del Baix Ter, del Tordera, del Llobregat o del Delta de l'Ebre.

Els estudis que hem analitzat demostren que els ocells poden detectar la presència de les turbines i que aquestes no representen un problema per a les poblacions d'aus. Les aus poden detectar aquestes turbines, sobretot quan estan en funcionament. Amb el temps les aus s'acostumen a la presència de les turbines i poden volar molt a prop d'elles evitant xocar-hi mitjançant canvis en la seva direcció de vol. Les morts d'aus causades per accidents amb turbines eòliques són molt inferiors a les causades per l'impacte amb línies elèctriques. En l'estudi de l'any 2001 de Erickson et.al. les turbines constituïen entre un **0,01 i un 0,02%** de les col·lisions de les aus, percentatge molt inferior al que representaven altres fonts de col·lisió mortal per a les aus com poden ser els vehicles, edificis, finestres o torres de comunicació.

A continuació podem observar un gràfic que ens mostra el percentatge anual d'ocells morts en funció de la causa que provoca aquesta mortalitat. Com hem dit anteriorment, la principal causa de mortalitat és el xoc amb edificis i finestres, també és important l'efecte de les línies d'alta tensió i els pesticides. Les turbines eòliques són responsables de menys d'un 1% d'aquesta mortalitat d'aus.



Gràfic 9. Percentatge de mortalitat anual d'aus. . Font: Wallace P. Erickson; Western Ecosystems Technology. Inc.

Ara bé hi ha altres paràmetres que s'haurien de considerar per tal d'afavorir la vida de les aus. Els parcs eòlics estan associats a línies elèctriques, i aquestes si que influeixen altament en la mortalitat de les aus, sobretot per l'extensió de la xarxa elèctrica. Erickson et al.(2001) van estimar que entre 750.000 i 1.000.000 d'aus eren mortes anualment per col·lisions amb línies elèctriques a Noruega i de 130 a 170 milions per any als Estats Units. Per tant quan el parc eòlic està en fase de pre-construcció s'han d'estudiar els efectes de les línies elèctriques que hi aniran associades per tal de reduir el seu impacte sobre els ocells³⁷.

També cal afegir que tot i que els ocells són capaços de detectar les turbines, **llargues fileres de turbines** poden produir un potencial efecte barrera. Fileres més curtes de turbines permeten reduir aquest **efecte barrera**, permetent que les aus els esquivin de forma més fàcil.

³⁷ Font: The effects of a wind farm on birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. Manuela de Lucas et. Al. Biodiversity and Conservation 13: 395-407, 2004.

8. PRESENTACIÓ PROPOSTA DISTRIBUCIÓ PARC EÒLIC MARÍ

A continuació podem observar el resultat de la nostra proposta de localització de les zones òptimes d'instal·lació del parc.

Per fer aquesta anàlisi territorial hem tingut en compte una sèrie de paràmetres que han estat estudiats d'una manera detallada per a poder predir el possible impacte que podrien rebre si hi hagués una instal·lació d'un parc eòlic marí (mirar apartat 7.1.). Cal tenir en compte que cada paràmetre té una importància relativa dins de la nostra escala de valors on s'han relacionat tots els paràmetres. A més a més cada una de les variables s'han reclassificat dins d'una escala de 100 punts, de tal manera que les zones més aptes reben una puntuació major (100) i les zones amb menor aptitud una menor puntuació (0). [Veure ponderació a l'interior de l'explicació de cada variable].

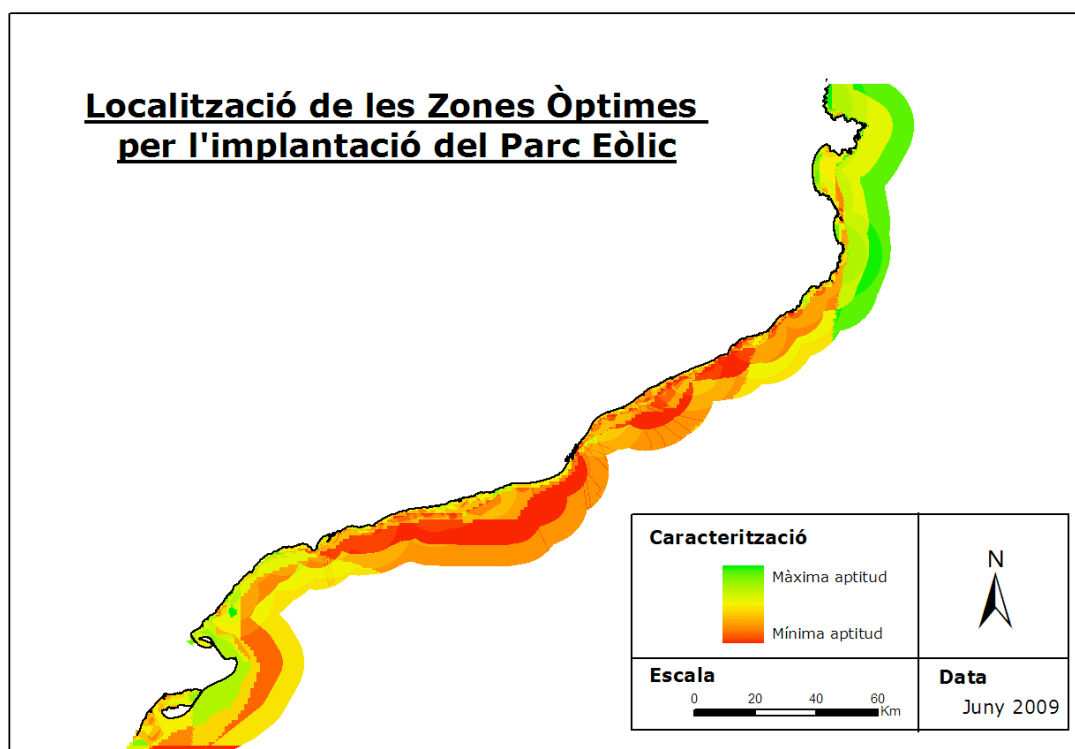


Figura. 29 Mapa final de la localització de zones òptimes. Font: elaboració pròpia.

El primer paràmetre que s'ha analitzat ha estat el recurs eòlic; dins de l'escala general és el paràmetre amb més pes, un 30%. El segon paràmetre que s'ha tingut en compte ha estat el perfil batimètric; aquesta és la segona variable amb més pes, un 20%. El tercer paràmetre, amb una puntuació del 15% ha estat la Xarxa Natura 2000. A continuació trobem les subestacions elèctriques vora la costa amb una puntuació del 10%. Seguidament trobem les variables referents a instal·lacions d'aqüicultura, elements i zones prohibides per les cartes de navegació segons l'IHN, esculls artificials, zones de protecció de les fanerògames marines i, per últim els ports marítims; aquest conjunt de variables han rebut una puntuació del 5%, ja que no podem considerar-ne una més important que una altra, per aquest motiu se'ls ha donat el mateix pes.

Un cop realitzada la ponderació de cada variable, segons la seva importància, s'ha obtingut el mapa resultant on podem veure al llarg de tota la costa catalana les zones amb menys aptitud i més aptitud.

A continuació trobem el mapa resultant on podem dividir-lo en quatre zones més o menys homogènies.

La part que es troba situada al nord-est del mapa, que correspon a les comarques de l'Alt Empordà i el Baix Empordà, observem que són zones on l'aptitud és màxima (corresponent a colors verdosos/grogosos), ja que han obtingut una puntuació d'entre 55-70. Aquesta zona es caracteritza per tenir velocitats de vent bastant elevades i es per aquest motiu que la puntuació ha estat major, ja que el recurs eòlic és caracteritza per tenir una major importància. També trobem molt poques subestacions elèctriques, aquest fet implica un aspecte negatiu a l'hora de puntuar.

La zona que es troba situada en la part est del mapa, que correspon a les comarques de la Selva, el Maresme i el Barcelonès, ha obtingut una coloració més vermellosa/taronjosa corresponent a una aptitud més baixa (d'entre 33-46). Aquest fet és degut a que en aquesta zona hi ha una velocitat del vent massa baixa, hi ha poques subestacions vora la costa que puguin interconnectar la xarxa elèctrica amb la instal·lació del parc i la costa és molt abrupta. També hi ha presència de zones protegides per la Xarxa

Natura 2000 i presència de molts emissaris submarins. Tots aquests factors fan que l'aptitud sigui menor.

La tercera zona que esta formada per les comarques del Baix Llobregat, el Garraf, el Baix Penedès i el Tarragonès. En aquesta zona s'ha obtingut una puntuació d'entre 35-45, corresponent a una coloració més taronjosa/vermellosa degut a que en aquesta zona la pràctica de l'aqüicultura és molt intensa, hi ha molta presència d'esculls artificials i zones de protecció de les comunitats de les fanerògames marines. També s'observa molta presència d'emissaris submarins molt separats entre si, fet que comporta un sumatori de les distàncies de seguretat de cada emissari, reduint així les zones òptimes. Però, el que es troba en aquesta zona, és que hi ha molta presència de subestacions, que és un requisit favorable.

En la última zona, la zona sud, la que compren les comarques del Baix Camp, el Baix Ebre i el Montsià, és on s'observa una major aptitud, amb una coloració groguenca/verdosa. Aquesta zona a obtingut una puntuació d'entre 53-70, dins del rang de 90 punts màxims. La seva caracterització es conforma per tenir unes velocitats del vent bastant elevades i un perfil batimètric bastant apte, ja que el desnivell de la plataforma continental no és molt acusat. Però, d'altra banda s'observa moltes instal·lacions d'aqüicultura, com a conseqüència de les bones condicions de la costa i per la presència del Delta i també s'observa la presència de moltes zones de protecció de les fanerògames marines. Cal recordar que aquestes dues variables tenen un pes d'un 5% cada una i, per tant, no influeixen gaire en la caracterització de la zona òptima

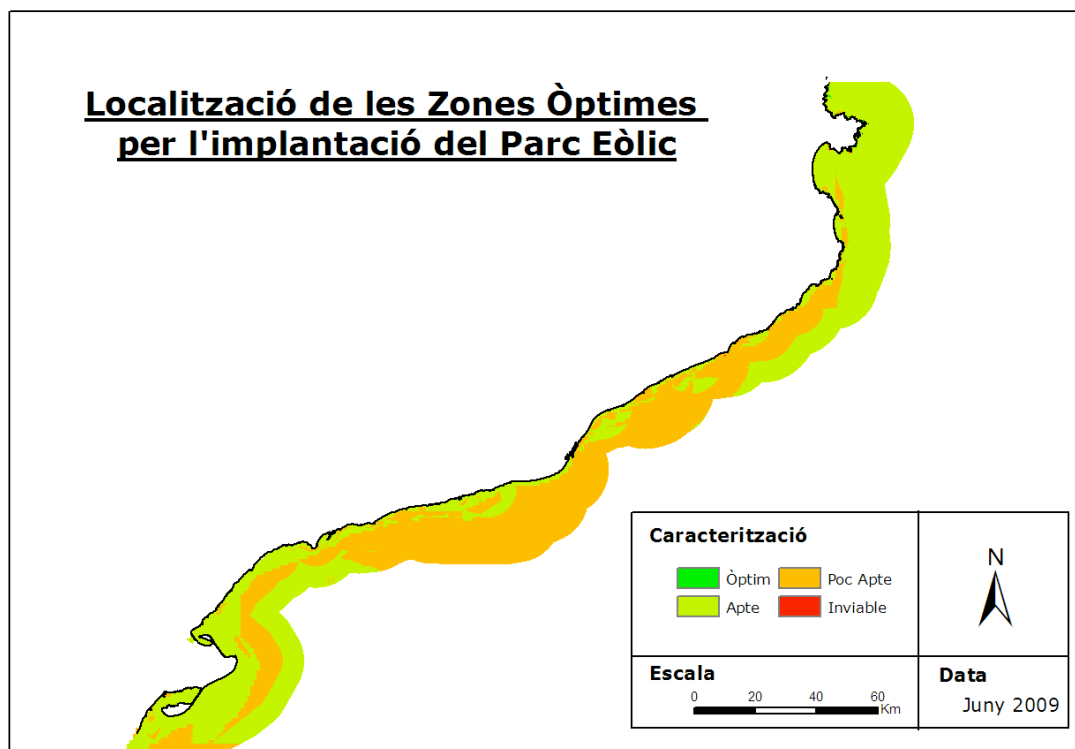


Figura. 30 Mapa final de la localització de zones òptimes. Font: elaboració pròpia.

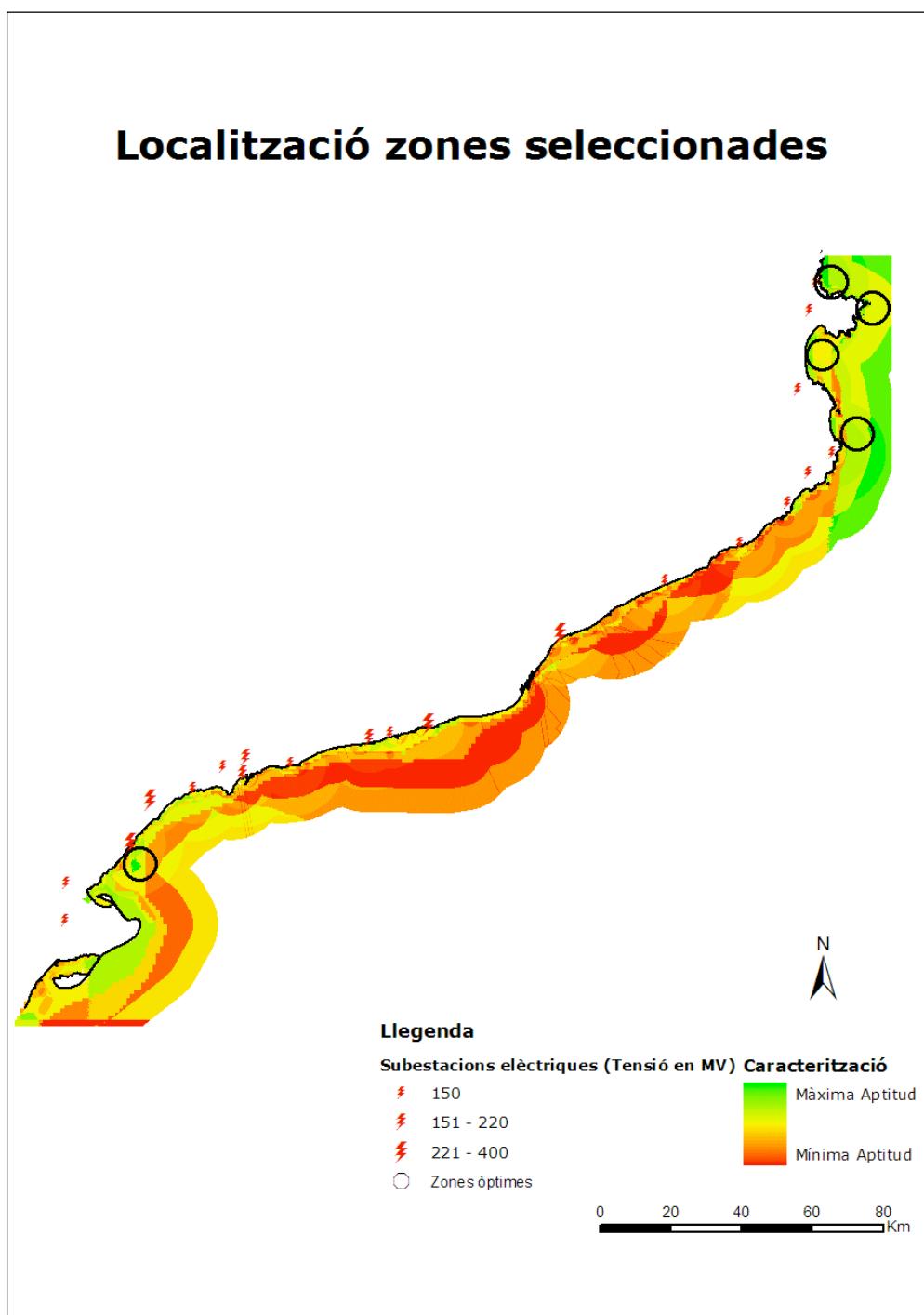
En aquest mapa es pot veure el resultat final, el qual hem subdividit els valors resultants de la ponderació amb:

Caracterització	Rang de valors
Inviabile	0 - 25
Poc Apte	25 - 50
Apte	50 - 75
Òptim	75 - 90

Les diferències entre aquest mapa i l'anterior és deuen a que l'amplitud dels rangs és menor i, per tant, i abarquen menys possibles zones.

9. DISCUSSIÓ

Amb els mapes resultants referents a la localització de les zones òptimes per a la implantació del parc eòlic es pot concloure que hi ha diverses zones que compleixen els requisits necessaris per la possible ubicació del parc *offshore*. De les zones viables per a la construcció del parc nosaltres n'hem seleccionat tres que en base als estudis realitzats considerem les més oportunes.



A continuació procedirem a explicar quins paràmetres han determinat l'alta aptitud per a cada una d'aquestes tres zones. L'anàlisi territorial es realitzarà en direcció nord - sud.

La primera zona òptima present en el litoral català on es podria localitzar el parc és davant de la **costa de Portbou**, a una distància de **2.250 metres** de la costa. Aquesta zona està caracteritzada per tenir uns alts valors del paràmetre eòlic, viable molt important per a la determinació de la zona òptima de localització del parc (30% de pes).

En aquesta zona la profunditat és d'entre 20 i 50 metres, adequada per a la instal·lació del parc. A aquesta profunditat el tipus de peu que s'hauria d'emprar seria trípede o trípede alternatiu.

A 3.500 metres del parc eòlic trobariem la subestació elèctrica de Llançà, de 150 Kilovolts, que permetria la connexió mar-terra. També hem de destacar l'absència d'emissaris submarins en aquesta regió, fet que també ens afavoreix la localització del parc en aquest emplaçament.

Pel que fa als paràmetres que es poden veure afectats per la instal·lació del parc són: la proximitat de les zones d'esculls artificials, zones de protecció de les comunitats de fanerògames marines i la proximitat a menys de vuit mil metres d'un espai inclòs en la Xarxa Natura 2000.

El parc estaria pròxim al port de Llançà i al del Port de la Selva.

Pel que fa a les zones de protecció d'esculls i de comunitats de fanerògames marines es veuen afectats pels canvis que pot patir el medi, com per exemple possibles canvis de direcció de corrents i diferents distribucions sobre els transports dels sediments on si es donen aquestes circumstàncies poden acabar alterant els ecosistemes. Aquests canvis són deguts a que el corrent circula per la costa té una component nord cap al sud això fa que les comunitats presents en al sud del parc puguin tenir variacions en el corrent, i per tant una nova redistribució dels sediments.

La segona zona òptima present en el litoral català es troba al **Cap de Creus**, a una distància de la costa de 1.500 metres. La velocitat dels vents en aquesta regió és molt elevada, **de 7 a 9 m/s**, fet que potenciarà un bon rendiment del parc.

En aquesta zona la profunditat és d'entre 20 i 50 metres, adequada per a la instal·lació del parc. A aquesta profunditat el tipus de peu que s'hauria d'emprar seria trípod o trípod alternatiu.

Un aspecte negatiu podria ser l'elevada distància entre el parc i la subestació elèctrica més pròxima, la subestació de la Torre del Vent, de 150 KV, ubicada a una distància de **15.000 metres**

En aquesta regió no hi ha presència de zones de praderies de fanerògames protegides ni esculls artificials. L'absència d'aquestes dues variables també ha fet pujar la puntuació per aquesta zona. A la regió sud del Cap de Creus trobem instal·lacions d'aqüicultura però no es veurien afectades per la instal·lació del parc eòlic. Tampoc trobem emissaris submarins.

Com a aspecte negatiu ens trobem amb la presència de 3 ports que podrien veure afectada la seva activitat com a conseqüència de la instal·lació del parc. El port principal és el port de Cadaqués, en menor mesura també es veuria afectat pel port de Roses i pel de Port de la Selva. Tot i això aquests ports no són de grans dimensions i per tant el seu tràfic no és molt elevat.

El parc es trobaria a menys de 8km de l'àrea inclosa dins la Xarxa Natura 2000. Hem considerat oportú que els parcs es construeixin a més de 8km de la Xarxa Natura 2000 per tal de tenir una zona tampó al voltant d'aquesta zona però no és un caràcter restrictiu ja que els límits de la Xarxa Natura 2000 no es veuen pas sobrepassats.

El **Golf de Roses** també seria un emplaçament adequat per a la ubicació d'un parc eòlic marí. Aquest es trobaria a una distància de 3.000 metres de

la costa, i a una distància de 10.000 metres de les subestacions elèctriques de la Torre del Vent i Bellcaire, ambdues de 150 KV.

En aquest punt de la costa el vent no és d'una magnitud tan alta com en els dos emplaçaments anteriors, però tanmateix presenta velocitats prou elevades per a donar l'energia necessària per al correcte funcionament del parc.

La ubicació del parc en aquest punt podria comportar certs problemes ja que aquesta zona presenta una batimetria amb una profunditat variable de 0 a 50 metres, per tant el perfil és molt inclinat i les tasques de construcció i manteniment es podrien complicar.

No trobem zones de protecció de praderies de Fanerògames marines ni presència d'esculls artificials. Tampoc hi ha emissaris submarins. Tanmateix si que hi ha instal·lacions d'aqüicultura que es podrien veure afectades si s'instal·lés el parc eòlic.

La localització d'aquest parc estaria molt pròxima a 3 ports que són el Port de Roses, el de Sant Pere Pescador i el de l'Escala. El parc es trobaria a menys de 8km de l'àrea inclosa dins la Xarxa Natura 2000. Hem considerat oportú que els parcs es construeixin a més de 8km de la Xarxa Natura 2000 per tal de tenir una zona tampó al voltant d'aquesta zona però no és un caràcter restrictiu ja que els límits de la Xarxa Natura 2000 no es veuen pas sobrepassats.

El **Cap de Begur** ha resultat ser una zona òptima per a la instal·lació del parc eòlic marí, a 5.000 metres de la costa.

El vent seria adequat per a la construcció del parc ja que ens trobem amb velocitats de 7 a 8,5 m/s.

No hi ha emissaris submarins ni esculls artificials. Trobem instal·lacions d'aqüicultura que es podrien veure afectades per la instal·lació del parc eòlic marí.

Les zones de protecció de les praderies de Fanerògames es trobarien a 4km del parc però la seva activitat no es trobaria afectada per la ubicació del parc eòlic.

La distància del parc a la zona ubicada dins la Xarxa Natura 2000 és menor dels 8 km que nosaltres hem determinat adequats per tal de deixar una zona tampó però no tindria cap influència negativa sobre els espais inclosos dins la Xarxa Natura 2000.

Aquest es trobaria a una distància de 7.000 metres de la subestació elèctrica de Palafrugell, de 150 kV. Aquesta distància és molt elevada i implicaria un augment dels costos de construcció de la instal·lació.

En l'actualitat un parc eòlic marí en aquesta zona no seria viable ja que encara no es desposa de la tecnologia adequada per tal d'instal·lar-los a tanta profunditat, en aquesta zona hi ha punts de fins a 600 metres de profunditat. La tecnologia necessària per a la construcció dels parcs eòlics flotants, que són els únics que es podrien instal·lar amb aquestes condicions, està molt endarrerida i és molt cara. El manteniment a aquestes profunditats hauria de ser més freqüent i faria augmentar de forma significativa els costos. Per tant destaquem aquest punt com a bona zona per a la instal·lació d'aquest parc però de moment el descartem tècnicament.

Finalment al Sud de Catalunya podriem ubicar el parc eòlic a **l'Atmetlla de Mar**. Aquest parc s'instal·laria uns 5.600 metres mar endins.

La velocitat dels vents va de 7 a 9 m/s, fet que potenciaria el bon rendiment del parc.

La profunditat es troba entre els 20 i 50 metres. El tipus de peu que s'hauria d'utilitzar en aquestes profunditats és el tríode o tríode alternatiu.

El cost de construcció d'aquesta instal·lació es podria veure incrementat per la distància de 18 km que hi hauria entre el parc eòlic i la subestacions elèctriques més pròximes, que són les de la Plana del Vent, de 400kV, i la de l'Ampolla, de 150kV. Es podria instal·lar una altra subestació elèctrica a una zona més propera a l'àrea d'ubicació del parc eòlic marí.

No hi ha presència d'esculls artificials ni d'emissaris submarins. A la zona sud del parc trobariem instal·lacions d'aqüicultura però la seva activitat no es veuria afectada per la presència del parc eòlic marí.

Trobem presència de praderies de Fanerògames a la costa tot i que estan a una distància suficient com perquè no s'alteri el seu ecosistema. S'hauria de controlar molt bé la connexió elèctrica entre el parc eòlic i el terra per tal que el cablejat no repercutís en aquests ecosistemes.

10. CONCLUSIONS

Amb el ritme de consum energètic actual l'opció d'apostar cap a fons d'energies renovables és necessària per a poder complir amb els objectius del establerts pel *Protocol de Kioto* i per la *Política Energètica Europea*.

Abans d'introduir en el nostre territori l'energia eòlica marina s'haurien de realitzar estudis exhaustius per a evitar possibles errors i aplicar-la de la millor manera possible.

S'ha de realitzar una forta inversió econòmica per a l'investigació i desenvolupament (I+D) vers l'energia eòlica marina, ja que presenta fortes mancances en la tecnologia actual.

Les zones resultants de l'anàlisi territorial presenten certs inconvenients per a la instal·lació del parc degut a les limitacions de la tecnologia disponible actualment.

Zones amb profunditats superiors a 50 metres, que compleixen amb la majoria dels requisits necessaris per a la instal·lació del parc queden temporalment excloses fins que no hi hagi un avenç tecnològic adequat vers a aquest tipus d'energia per les zones determinades.

Un cop dut a terme l'anàlisi territorial podem afirmar que la plataforma continental té un perfil batimètric amb un fort pendent i per tant, les zones òptimes queden molt restringides aprop del litoral i en aquestes distàncies la percepció visual des del litoral serà major.

Un cop localitzades les zones òptimes per la instal·lació del parc s'haurien de realitzar estudis més detallats i focalitzats, per tal de conèixer a fons les característiques de l'àrea seleccionada.

11. BIBLIOGRAFIA

FONTS D'INFORMACIÓ

ALERSTAM T. (1990) *Bird Migration*, Cambridge University press.

ARCILA GARRIDO, M. (2003). *Sistemas de Información Geográfica y Medio Ambiente*, Servicio de publicaciones Universidad de Cádiz.

BERTHOLD P. (1993) *Bird Migration, a General Survey*, Oxford University press.

BOSQUE SENDRA, J. (1997). *Sistemas de Información Geográfica*, Ediciones Rialp

CHUVIECO, E. (1997) *Fundamentos de teledetección espacial*, Ediciones Rialp.

FOLCH I GUILLÈN, R. (2005) *L'energia en l'horitzó del 2030*. Generalitat de Catalunya, departament de treball i indústria

LAÍN HUERTA, L. (1999) *Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente*, Ministerio de Medio Ambiente.

MALCZEWSKI, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*, John Wiley & Sons, inc.

VVAA. (1992) *El Pla d'Espais d'Interès Natural a Catalunya*, societat catalana d'ordenació del Territori, Institut d'Estudis Catalans.

ARTICLES I INFORMES

The effects of a wind farm on birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. Manuela de Lucas et. Al. Biodiversity and conservation 13; 2004.

European seagrasses: an introduction to monitoring and management
Edited by Jens Borum, et. Al. Publicat per EU project Monitoring and
Managing of European Seagrasses (M&MS).

El sistema eléctrico español 2007. VVAA Publicat per Red Eléctrica de
España, 2008.

Energía 2008, VVAA. Foro de la Industria nuclear española, 2008.

*Els ecosistemes marins a Catalunya: valoració, impactes i actuacions per a
la seva conservació.* Enric Ballesteros Centre d'Estudis Avançats de Blanes.
Revista L'Atzavara 14, 2007.

Study for the installation of offshore wind farms in Canary Islands. M.
Martinez et. Al. Department of Electrical Engineering. E.T.S.I.I. Las Palmas
de Gran Canaria, 2009.

URLGRAFIA

SOCIETAT ESPANYOLA D'ORNITOLOGIA. Disponible a internet: www.seo.org
Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

GENERALITAT DE CATALUNYA. Disponible a internet: www.gencat.net. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

AGÈNCIA ALEMANYA DE L'ENERGIA. Disponible a internet: www.offshore-wind.de. Data de consulta:

ASSOCIACIÓ EÒLICA DE CATALUNYA. Disponible a internet: www.eoliccat.net. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

INSTITUT CATALÀ DE L'ENERGIA. Disponible a internet: www.icaen.net. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

PROJECTE PILOT DEL PARC EÒLIC MARÍ A ESCÒCIA. Disponible a internet: www.beatricewind.co.uk. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

MINISTERI DE MEDI AMBIENT I MEDI RURAL I MARÍ. Disponible a Internet: www.marm.es. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

ASSOCIACIÓ D'INDÚSTRIES EÒLIQUES DANESA. Disponible a Internet: www.windpower.org. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

ASOCIACION EMPRESARIAL EOLICA. Disponible a internet: www.aeolica.es. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. Disponible a internet: www.demanda.ree.es. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

ENCICLOPEDIA LLIURE DE L'ENERGIA SOLAR. Disponible a internet: www.solarpedia.es . Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

INSTITUT PER LA DIVERSIFICACIÓ I ESTALVI DE L'ENERGIA. Disponible a internet: www.idae.es. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

XARXA NATURA 2000. Disponible a internet: www.xarxanatura2000.com. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

REVISTA INTERNACIONAL DE CIÈNCIES DE LA TERRA. Disponible a internet: www.mappinginteractivo.com. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

XARXA DE CUSTÒDIA DEL TERRITORI. Disponible a internet: www.custodiaterritori.org. Data de consulta: de febrer a juny de 2009.

PERSONES ENTREVISTADES

Sr. Grisha Domakowski, tècnic en Energia Eòlica de l'Àrea d'Energies Renovables de l'Institut Català de l'Energia (ICAEN).

Dr. Carles Barriocanal, doctor en Geografia Física. Professor associat a temps parcial a la Universitat de Girona.

Dr. Sergio Rossi, doctor en Biologia. Especialitzat en recursos naturals marins i oceanografia biològica.

Dr. Josep Ma. Vilanova, arquitecte especialitzat amb urbanisme. Tècnic d'urbanisme a l'ajuntament de Sant Carles de la Ràpita.

12. GLOSSARI

AEROGENERADOR	Tipus d'aeromotor capaç d'aprofitar l'energia eòlica per a generar electricitat.
ANEMÒMETRE	Instrument per a mesurar la velocitat d'un fluid gasós, en particular de l'aire
AQUÍCULTURA	Cria, multiplicació i cultiu d'espècies aquàtiques, animals i vegetals, amb finalitats comercial, alimentària, medicinal, domèstica o d'esbarjo.
ASTACICULTURA	Cria de crancs de riu amb finalitats comercials o de repoblació
CULTIUS LONG-LINES	Cultius tradicionals en basses flotants.
ENERGIA MAREMOTRIU	Font d'energia que aprofita el moviment d'un gran flux d'aigua durant les mareas.
GÒNDOLA	Part del molí eòlic que conté els components clau de l'aerogenerador, incloent el multiplicador i el generador elèctric
ISOLÍNIA	Nom genèric donat a cadascuna de les línies que uneixen en un mapa punts on el valor d'un element determinat és el mateix
KW	Kilowats. Magnitud de potència.
LIC	Llocs d'interès comunitari.
MITICULTURA	Cria industrial de musclos i d'espècies afins
MASS	Sistema de Simulació Atmosfèrica Mesoescalar.
MW	Megawatt
MWh	Megawatt per hora
ORTOFOTOMAPA	Document cartogràfic que consisteix en una fotografia aèria vertical o una imatge de satèl·lit que ha estat rectificada geomètricament. Es manté una escala uniforme a tota la superfície de la imatge.
OSTREÏCULTURA	Art del cultiu i la cria d'ostres, especialment a gran escala.

PISCICULTURA	Cria i desenvolupament de peixos a fi de comercialitzar-los o d'emprar-los en repoblaments.
ROTOR	Part mòbil d'un aparell, d'una màquina o d'un dispositiu giratori, com és ara una màquina elèctrica, un condensador variable, etc.
RUGOSITAT SUPERFICIAL	Conjunt d'irregularitats de la superfície real, definides convencionalment en una secció on els errors de forma i les ondulacions han estat eliminats.
SISMÒGRAF	Instrument destinat a enregistrar les ones sísmiques, les quals es manifesten en forma de vibracions del terra.
SONAR	Aparell de radiolocalització submarina desenvolupat als EUA i usat des de la Segona Guerra Mundial.
TURBINA	Motor rotatiu que transforma l'energia cinètica, potencial, interna o de pressió d'un fluid en energia mecànica
TURBULÈNCIA	Moviment desordenat de les partícules d'un fluid en el qual, en lloc de seguir trajectòries paral·leles, com en el règim laminar, descriuen trajectòries sinuoses i formen remolins.
VIDA ÚTIL	Duració estimada que pot tenir un objecte complint correctament amb la funció per la que ha estat creat.
ZEC	Zona d'Espècial Conservació. Designades pels estats membres d'acord amb la Directiva d'hàbitats. Prèviament a aquesta designació cal que la comissió europea, amb els estats membres, els classifiqui com a LIC.
ZEPA	Zona d'Espècial Protecció per a les Aus. Designades pels estats membres segons la Directiva de les Aus

ANNEX CARTOGRÀFIC