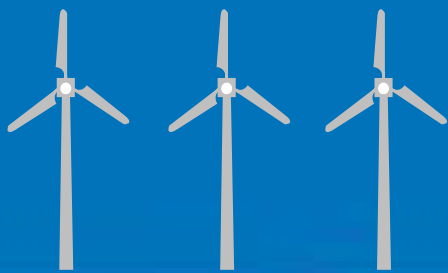


ENERGIA EÒLICA

EL RECORREGUT DE L'ENERGIA



Generalitat
de Catalunya



Generalitat de Catalunya
Departament d'Indústria,
Comerç i Turisme
Institut Català d'Energia



Generalitat de Catalunya
**Departament
d'Ensenyament**



contingut

El vent

Descripció de la tecnologia

Aplicacions de l'energia eòlica

Situació de l'energia eòlica
a Catalunya

Aspectes ambientals, econòmics
i legals

Projectes d'energia eòlica
a Catalunya

DIRECCIÓ: Albert Mitjà

EQUIP DE TREBALL: Joan Josep Escobar
Núria Reol
Cristina Castells
Xavier Martí
Yolanda Larruy

PRIMERA EDICIÓ: Desembre 1999

TIRATGE: 1000

Generalitat de Catalunya
Departament d'Indústria, Comerç i Turisme
Institut Català d'Energia

Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament

EDITOR: Edicions i Serveis Escolars Domènech, S.A.

DISSENY: Vicenç Cegarra

MAQUETACIÓ: Victòria Comunicació

PREIMPRESSIÓ: Estudi Copitrama

IMPRESSIÓ: Tallers Gràfics Soler

DIPOSIT LEGAL:

Entre les anomenades energies renovables, l'energia eòlica és una de les que ha estat més emprada en el transcurs de la història. Des de fa segles l'home ha sabut aprofitar l'energia del vent per desplaçar-se pel mar, moldre blat o bombar aigua. En canvi, no és fins al segle XX que comença l'aprofitament comercial de l'energia eòlica per a la producció d'electricitat.



EL VENT

L'escalfament de la Terra, causat per la radiació del Sol, provoca diferències de temperatura i pressió entre les masses d'aire atmosfèriques de diferents punts del planeta.

És quan aquestes masses d'aire es reorganitzen i es mouen buscant estar totes a la mateixa temperatura i pressió que apareix el vent (aire en moviment). A escala global, són la rotació de la Terra sobre ella mateixa i la diferència de temperatures que hi ha entre les zones equatorial i polars les causes que originen els corrents d'aire; mentre que a escala local, són les particularitats en l'orografia del terreny les que determinen la presència i les característiques del vent.

Les possibilitats d'aprofitament del vent com a recurs energètic estan condicionades per la variabilitat pròpia d'aquest fenomen atmosfèric i pels requeriments tècnics mínims necessaris per al funcionament de les instal·lacions.

Les condicions de vent canvien de manera permanent tant en intensitat com en direcció, per això cal conèixer detalladament aquestes variacions. Els aparells que permeten mesurar la velocitat i la direcció predominant del vent són l'anemòmetre i el penell, respectivament.

Respecte del funcionament d'instal·lacions eòliques, amb la tecnologia actual exigeixen vents amb velocitats com a mínim de 6 m/s i unes 2.500 hores equivalents a l'any per garantir-ne un bon rendiment.

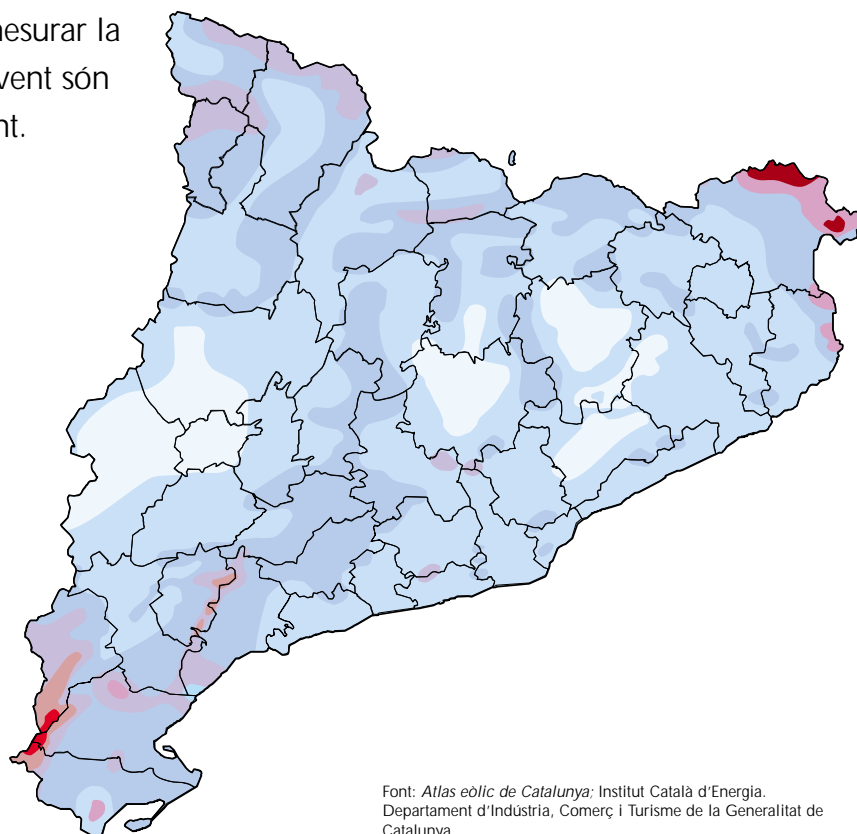
L'any 1982 la Generalitat de Catalunya va iniciar els treballs de realització de l'*Atlas Eòlic de Catalunya*, amb la finalitat de determinar el potencial d'aquesta font d'energia i avaluar-ne les possibilitats d'aprofitament.

La realització del treball és fruit d'un conveni de col·laboració entre el Departament d'Indústria, Comerç i Turisme i l'empresa elèctrica Enher i es va centrar en la confecció d'un atlas eòlic a partir del tractament de les dades recollides a 83 emplaçaments durant un període de tres anys.

Les conclusions obtingudes en aquesta primera fase de l'atles van conduir a una segona fase, amb una durada de quatre anys més, encaminada a determinar les possibilitats d'explotar comercialment l'energia del vent en 6 àrees i un total de 55 emplaçaments.

ATLAS EÒLIC DE CATALUNYA

Velocitat mitjana del vent

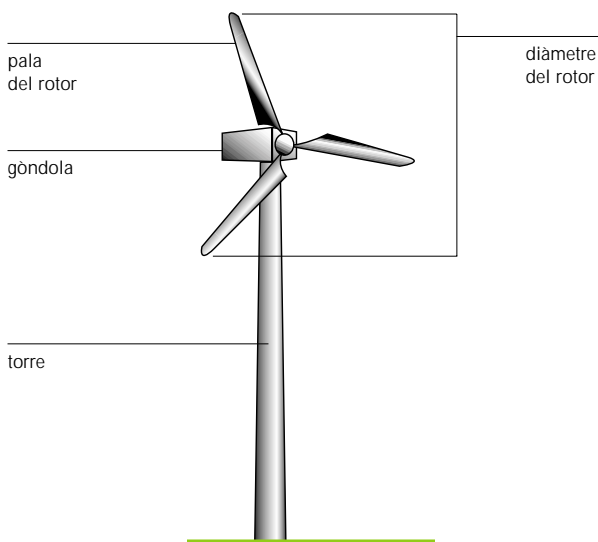


Font: *Atlas eòlic de Catalunya*; Institut Català d'Energia. Departament d'Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya.

DESCRIPCIÓ DE LA TECNOLOGIA

En l'aprofitament energètic del vent, les màquines eòliques permeten resoldre des d'aplicacions de petita potència per a bombejament d'aigua o electrificació rural (màquines de petita potència) fins a parcs eòlics (instal·lacions de gran potència) connectats a la xarxa elèctrica, amb aerogeneradors de potències nominals entre 150 kW i 1 MW.

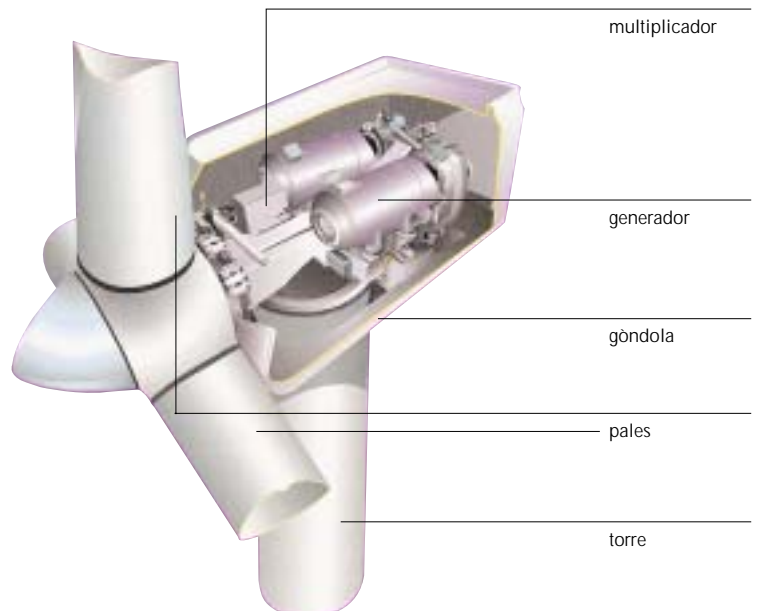
En tots els casos, aquestes màquines estan constituïdes pels mateixos elements bàsics; un element mòbil de captació de l'energia cinètica del vent, anomenat rotor, que s'acobla a un eix que es connecta a una bomba o a un generador elèctric, segons l'ús que es faci de l'aparell.



Aerogenerador d'eix vertical.



Els dispositius més usats en l'actualitat, els aerogeneradors, són màquines d'eix horitzontal que consten d'un rotor que capta l'energia del vent i un sistema de conversió d'energia que s'uneix al rotor. Mitjançant un generador elèctric transforma l'energia mecànica en energia elèctrica. El conjunt es completa amb un bastidor i una carcassa que allotja els mecanismes, i també una torre sobre la qual es fa el muntatge de tot el sistema i que també inclou els corresponents subsistemes hidràulics, electrònics de control i la infraestructura elèctrica. Vegem-ne els components amb més detall.



El rotor

És la part de la màquina que transforma l'energia del vent en energia mecànica.

Augmentant el diàmetre de les pales es pot augmentar la superfície de captació de vent i la potència proporcionada per la màquina. La potència que subministra el vent per unitat de superfície escombrada es coneix com a densitat de potència del vent. Per sobre d'una densitat de potència de 200 W/m^2 ja pot ser rendible generar energia elèctrica a partir d'aerogeneradors.

Multiplicador

El multiplicador és un conjunt d'engranatges que transformen la baixa velocitat a què gira l'eix del rotor (entre 20 i 30 voltes per minut) a una velocitat més elevada, que és comunicada a l'eix que fa girar el generador.



El generador

L'objectiu del generador és transformar l'energia mecànica procedent del rotor de la màquina en energia elèctrica. Aquesta energia serà abocada a la xarxa elèctrica o utilitzada per algun centre de consum annex a la instal·lació.

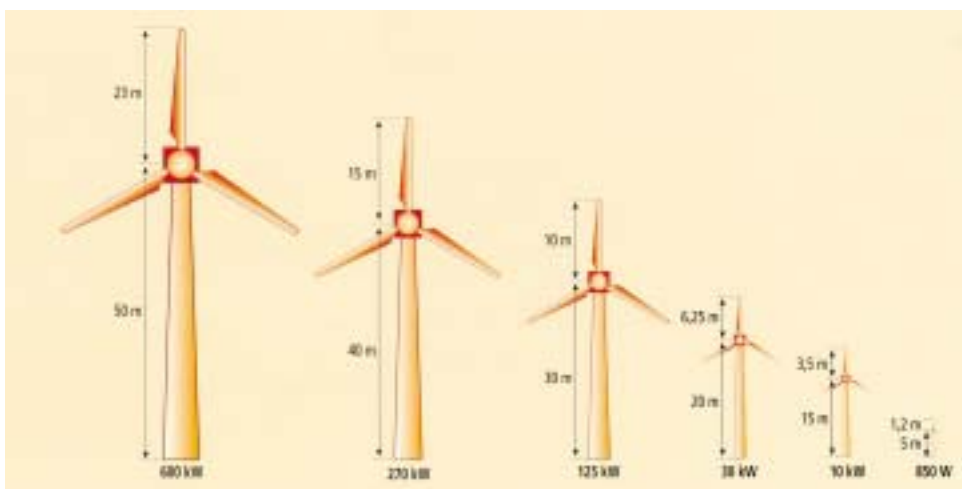


La gòndola

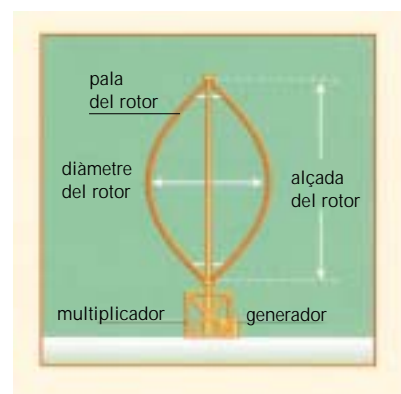
La gòndola és el conjunt de bastidor i carcassa de l'aerogenerador. El bastidor és la peça sobre la qual s'acoblen els elements mecànics principals (el rotor, el multiplicador, el generador) de l'aerogenerador i està situat damunt la torre. Aquest bastidor està protegit per una carcassa, generalment de fibra de vidre i polièster, reforçada amb perfils d'acer inoxidable.

Les pales

Són els elements de l'aerogenerador encarregats de captar l'energia cinètica del vent. És un dels components més crítics de la màquina, ja que en pales de gran longitud, que permeten un millor aprofitament de l'energia, les altes velocitats que s'assoleixen als extrems porten al límit la resistència dels materials amb què estan fabricades (usualment fibra de vidre i polièster).



Comparació d'aerogeneradors.



Esquema d'un aerogenerador d'eix horitzontal.

Hi ha una àmplia gamma d'aerogeneradors, però els que demostren millors característiques de funcionament i millor rendiment són els aerogeneradors tripala, amb potències unitàries que oscil·len entre els 600 kW i els 1.000 kW, tot i que és un mercat creixent, amb novetats freqüents.

Respecte dels altres tipus de màquines d'eix horitzontal, cal destacar els molins multipala, de 12 a 24 pales al rotor, que permeten aprofitar vents de més baixa velocitat. Se solen usar per a bombejament d'aigua. Pel que fa a les màquines d'eix vertical, actualment estan en desús.

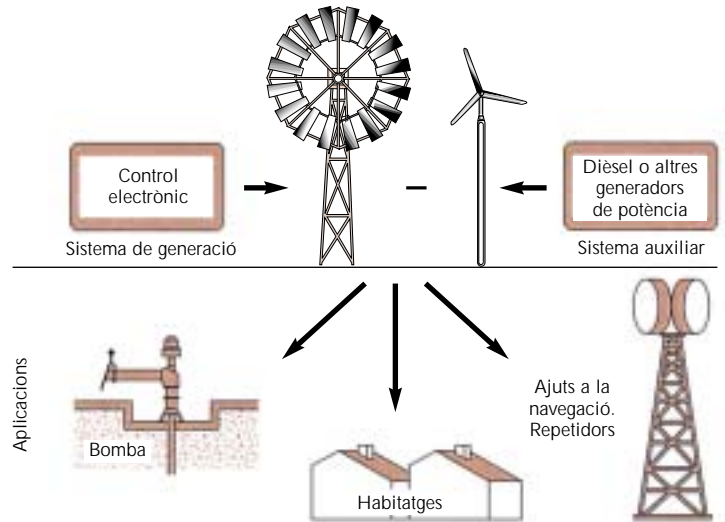
APLICACIONS DE L'ENERGIA EÒLICA

L'energia eòlica fa referència a aquella tecnologia i aplicacions que aprofita l'energia cinètica del vent per convertir-la en energia elèctrica o mecànica.

Així, es poden distingir dos tipus d'instal·lacions:

- Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica
 - Parcs eòlics
- Instal·lacions aïllades (no connectades a la xarxa elèctrica)
 - bombejament d'aigua
 - subministrament elèctric a l'habitatge
 - altres centres de consum

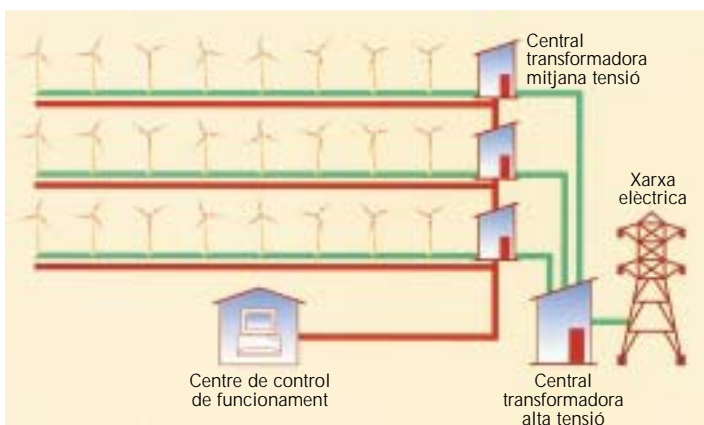
INSTAL·LACIONS AÏLLADES



Parcs eòlics

Un parc eòlic és un conjunt d'aerogeneradors connectats entre si a baixa tensió que, mitjançant l'acció del vent, transformen l'energia cinètica en energia elèctrica que, després de ser transformada en alta tensió, es connectarà a la xarxa elèctrica. Aquest tipus d'instal·lacions estan produint electricitat que venen a les companyies elèctriques. La realització de parcs eòlics exigeix emplaçaments on les característiques del vent compleixin una sèrie de condicions pel que fa a la velocitat, la continuïtat i l'estabilitat.

Normalment calen velocitats mitjanes anuals del vent superiors als 6 m/s. La distribució i disposició dels aerogeneradors en un parc eòlic depèn de l'orografia del terreny i de les direccions predominants del vent a la zona. Normalment, els aerogeneradors se situen linealment, seguint el perfil de la carena i s'orienten segons les condicions del vent. La distància entre aerogeneradors, tot i que és funció de les direccions del vent, es manté entre 1,5 i 3 vegades el diàmetre de les pales.

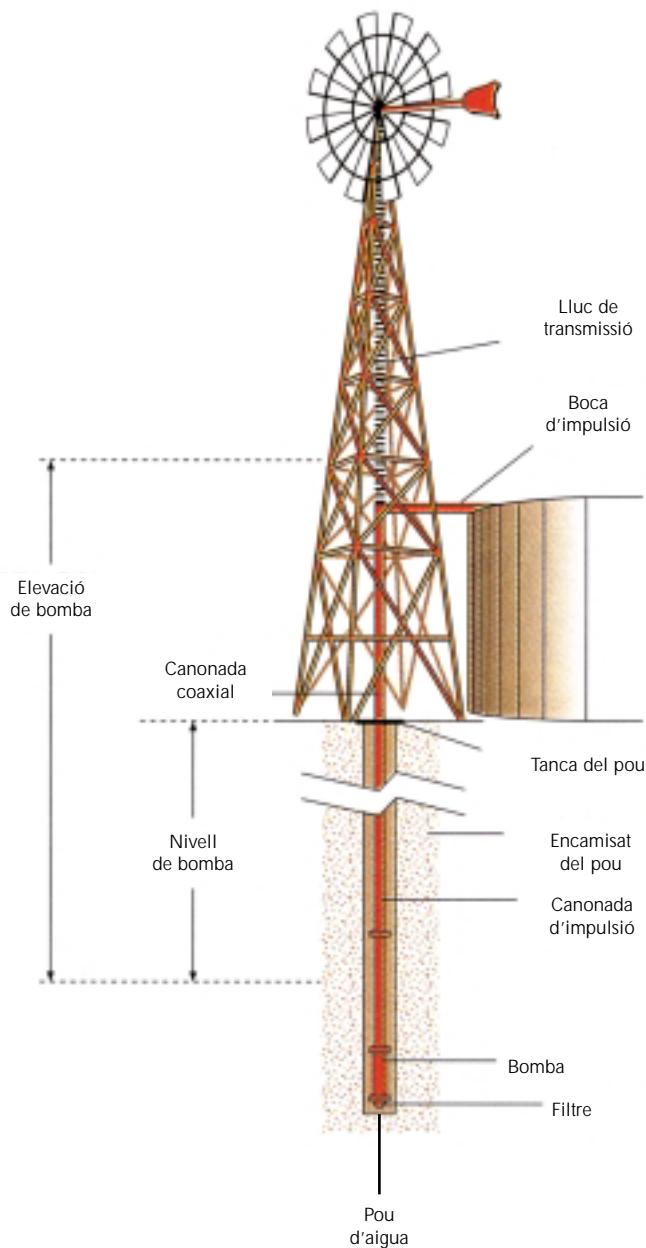


Esquema de funcionament d'un parc eòlic.



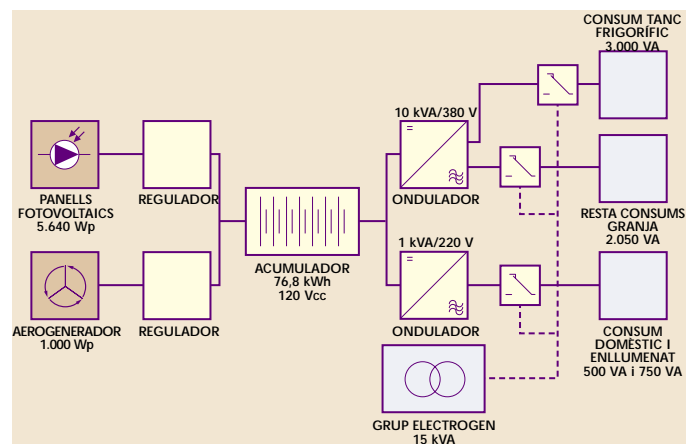
Bombejament d'aigua

En les instal·lacions de bombejament d'aigua és habitual utilitzar les aerobombes multipales. A partir del vent es genera una energia mecànica que acciona la bomba de la instal·lació que permetrà fer ascendir l'aigua fins al dipòsit. Aquestes aerobombes funcionen a baixa velocitat, la qual cosa demana comptar amb el màxim nombre de pales possible, normalment entre 12 i 24. Aquestes instal·lacions són habituals en zones rurals i per a consums propis.



Subministrament elèctric a habitatges i altres centres de consum

Per a aquest tipus d'instal·lacions s'utilitzen aerogeneradors de petita potència i amb una tecnologia molt fiable que reclamen un manteniment molt bàsic. Normalment, aquestes instal·lacions solen ser híbrides, eòlica-solar fotovoltaica, ja que aprofiten els dos recursos, el vent i el sol.



Esquema de funcionament d'una instal·lació eòlica-fotovoltaica.

◆ SITUACIÓ DE L'ENERGIA EÒLICA A CATALUNYA

Actualment la potència eòlica instal·lada a Catalunya se situa al voltant dels 73 MW, amb una producció anual d'energia d'uns 183.000 MWh, corresponent al consum elèctric anual de 70.000 famílies.

La major part d'aquesta potència correspon a cinc parcs eòlics en funcionament: Parc Eòlic de Roses, Parc Eòlic del Baix Ebre, Parc Eòlic de Trucafort, Parc Eòlic de les Colladetes i l'ampliació de Colladetes II.

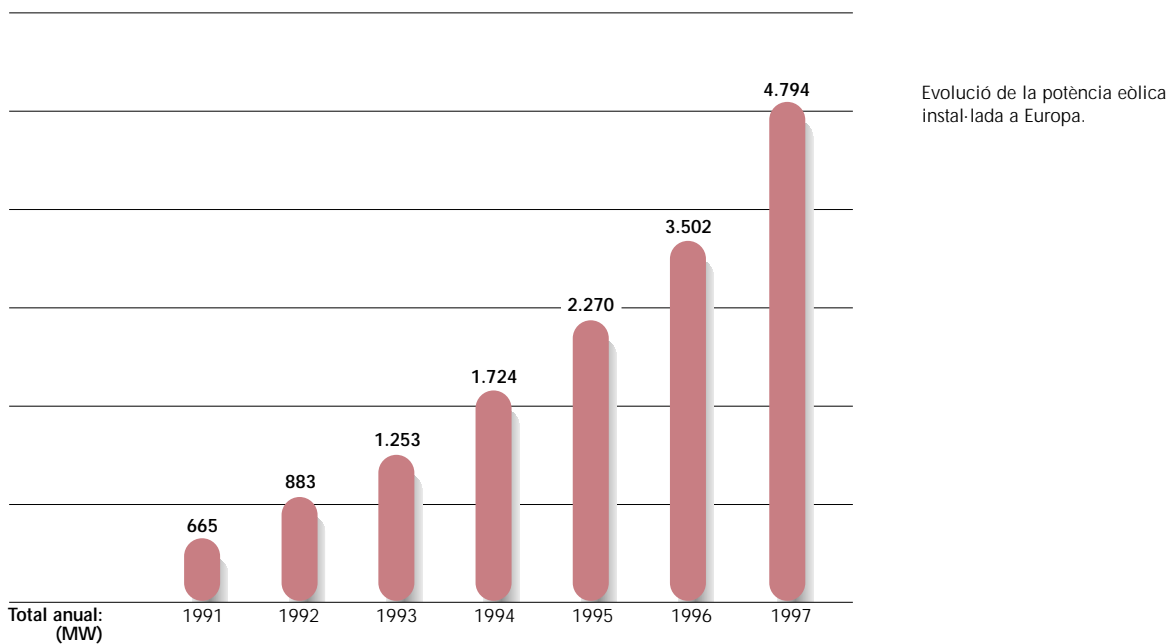
Actualment hi ha diverses empreses catalanes que es dediquen a la comercialització i instal·lació d'aerogeneradors, amb un ampli ventall de models d'aerogeneradors de petita, mitjana i alta potència i d'aerobombes per a una

gran part de la gamma d'aplicacions existents. Tot i que el percentatge de l'energia eòlica en el balanç energètic de Catalunya està entorn de l'1%, el seu potencial de creixement és gran.

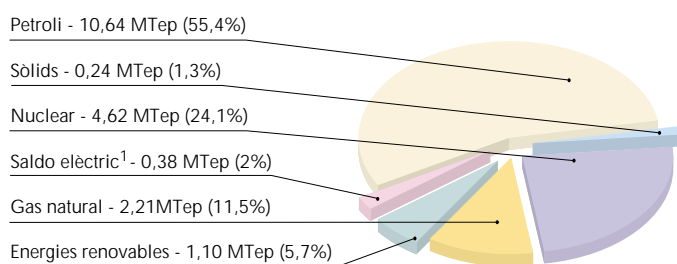
Per fomentar aquest creixement d'una manera racional, s'ha elaborat el Pla Director de Parcs Eòlics de Catalunya per al període 1997-2010, en el qual es proposa arribar a una potència instal·lada de 1.000 MW l'any 2010.

A la Unió Europea, l'energia eòlica ha assolit un nivell de desenvolupament notable.

A final de 1997, hi ha instal·lada una potència eòlica entorn dels 4.800 MW, cosa que equival a subministrar energia elèctrica a quatre milions d'habitats, aproximadament.



DISTRIBUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA A CATALUNYA (1999)



1. El saldo elèctric és el balanç de l'energia elèctrica que es compra i es ven a altres països fronterers.

◆ ASPECTES AMBIENTALS, ECONÒMICS I LEGALS

El desenvolupament de l'energia eòlica i la seva implantació ha de contribuir molt significativament a la millora del medi ambient i la qualitat de vida, atès que:

- Les instal·lacions eòliques produeixen energia a partir d'un recurs renovable i àmpliament disponible i, per tant, eviten l'exhauriment de les reserves de combustibles fòssils.
- No generen emissions contaminants de CO₂, SO₂ i NO₂, que es produeixen a les centrals de producció d'energia convencional, i per tant, contribueixen a assolir els objectius marcats a la Cimera de Kyoto sobre la reducció de les emissions contaminants.
- El funcionament dels parcs eòlics produirà també com a benefici per a les zones rurals la millora en l'abastament i la infraestructura elèctrica.

Cal no oblidar, però, que la implantació de qualsevol instal·lació, i per tant la d'un parc eòlic, produeix impactes ambientals que cal minimitzar, tant de manera individualitzada en els estudis d'impacte ambiental, com globalment al territori.

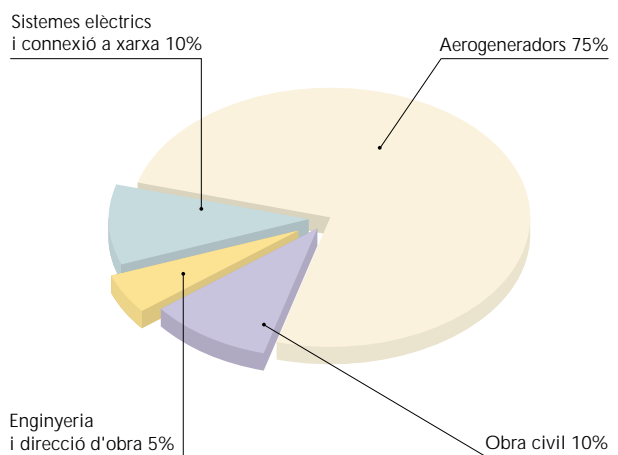
A Europa, aproximadament un terç de les emissions de CO₂ provenen de la generació d'energia elèctrica. Amb 1 kWh d'electricitat generada en una central eòlica s'evita l'emissió 1 Kg de diòxid de carboni a l'atmosfera. Així, amb la potència instal·lada actualment a Europa, 4.800 MW, s'evita l'emissió anual a l'atmosfera d'uns 9,6 milions de tones de CO₂, 38.400 tones de SO₂ i 9.200 tones de NO_x.

Entre les energies renovables, l'energia eòlica és una de les més competitives. La millora tecnològica, màquines amb potències unitàries superiors a 1 MW, la disminució dels preus dels aerogeneradors i la millora de les condicions de venda de l'energia generada a les companyies elèctriques han afavorit fortament el creixement del sector els darrers anys.

A gran trets, la rendibilitat econòmica d'una instal·lació eòlica depèn de:

- La inversió que cal fer-hi (aerogeneradors, infraestructura elèctrica, accessos, connexió a la xarxa, sistemes de control de la instal·lació...). Com a mitjana, la inversió d'un parc eòlic oscil·la al voltant de les 150.000 PTA/KW instal·lat.
- Els costos d'explotació (terrenys, operació i manteniment, gestió i administració...).
- Quantitat d'energia produïda (funció de les condicions de velocitat, disponibilitat i densitat de potència del vent).
- El preu de venda de l'energia elèctrica generada.

DISTRIBUCIÓ DELS COSTOS D'INVERSIÓ D'UN PARC EÒLIC



Tal com mostra la figura, la partida més important en els costos d'inversió d'un parc eòlic són els aerogeneradors, que normalment representen al voltant d'un 75% del cost global de la inversió.

Pel que fa a aspectes legislatius i administratius, les instal·lacions eòliques que generen electricitat estan sotmeses, d'una banda, a la normativa pròpia de les fonts d'energia renovables, i, d'una altra, a la mateixa reglamentació que afecta d'altres equips i sistemes d'autogeneració d'energia elèctrica. A Catalunya, la instal·lació d'un parc eòlic està regulat pel decret d'implantació d'energia eòlica, publicat al DOGC nº 3280 del 5 de desembre de 2000.

PROJECTES D'ENERGIA EÒLICA A CATALUNYA

Actualment a Catalunya la potència eòlica instal·lada està entorn dels 73 MW, amb una producció d'energia elèctrica anual d'uns 183.000 MWh, equivalent al consum elèctric anual de 70.000 famílies. La major part d'aquesta potència correspon als cinc parcs eòlics instal·lats, mentre que la contribució de les instal·lacions no connectades a la xarxa, les de bombejament d'aigua i les d'electricitat de petita potència, és molt menor.



GLOSSARI

Anemòmetre Instrument que mesura la velocitat del vent. Tot i que n'hi ha de diversos tipus, els més coneguts són els de rotació o de cassoletes. Estan formats per dues varetes encreuades que duen una cassoleta en cadascun dels seus quatre extrems. Aquest dispositiu pot girar al voltant del punt on es creuen les varetes i ho fa tant més ràpid com més gran sigui la velocitat del vent.

Hores equivalents Nombre d'hores que funciona la màquina a potència nominal. Es calcula dividint la producció del parc per la potència nominal.

Orografia Forma que pren el relleu d'una regió terrestre.

Penell Instrument que mesura la direcció del vent. Normalment està format per una placa metàl·lica lleugera de forma variable (fletxa, ocell...), que indica l'orientació del vent.

Potència nominal Potència que desenvolupa una màquina funcionant al ritme que el fabricant considera el més adequat.



Amb col·laboració:



Generalitat de Catalunya
Departament d'Indústria,
Comerç i Turisme
Institut Català d'Energia



Generalitat de Catalunya
**Departament
d'Ensenyament**