

L'ENERGIA DEL VENT

Èol fa de les seves



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





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

La força del vent ha estat una de les fonts d'energia més emprada durant la major part de la història de la humanitat. Totes les cultures l'han sabuda aprofitar d'antuvi per desplaçar-se pel mar, moldre blat, bombar aigua o, senzillament, eixugar la roba.

Gairebé arraconada arran de la utilització generalitzada dels combustibles fòssils com a principal font d'energia de les activitats humanes, l'energia eòlica ha estat recuperada progressivament amb l'objectiu de treure partit d'un recurs energètic «net» que molts països tenen al seu abast —el vent— i, alhora, reduir la dependència del petroli i apaivagar els efectes ambientals que la seva combustió té sobre l'atmosfera.

Aquesta aposta ha fet que, a hores d'ara, l'eòlica sigui la font renovable que més està creixent arreu del món pel que fa a la producció d'electricitat, gràcies sobretot als avantatges ambientals que presenta davant dels sistemes de generació d'energia convencionals. Així, en diversos punts del nostre país —com també a molts altres països—, s'han començat a construir parcs eòlics que treuen partit de l'energia que l'aire en moviment ens proporciona de franc.

Us presentem aquesta publicació per tal d'explicar-vos de forma clara i entenedora com els humans aprofitem l'energia del vent, quins són els principis de funcionament de la tecnologia eòlica i els beneficis de la seva utilització.

Albert Mitjà i Sarvisé

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

Primera edició: març de 2002

© Text: Antoni París

© Il·lustració: Pere Virgili

© Editorial Mediterrània, S.L.

Guillem Tell, 15, entl. 1a

08006 Barcelona

Tel. 93 218 34 58 – Fax 93 237 22 10

edit.med@retemail.es

ISBN: 84-8334-325-8

DL: B-16201-2002

Fotomecànica i impressió: PUBLYGRAF, Barcelona

Impres a Catalunya - Printed in Catalonia



Editorial Mediterrània

CONTINGUTS

El déu Èol desperta

La força de l'aire en moviment:

- El sol, el motor dels vents
- Depèn de com bufa
- La mesura del vent

Una font d'energia mil·lenària...

- ... que impulsa la vela dels vaixells...
- ... mol cereals, bomba aigua...
- ... i produeix electricitat

El vent esdevé electricitat:

- Els parcs eòlics: el segrest del vent
- No bufa igual a tot arreu
- Energia sense fums
- Com s'aprofita al món l'energia del vent?

Un exercici senzill per calcular l'energia del vent



El déu Èol desperta

El gall de ferro que hi ha al capdamunt del campanar de l'església fa un petit moviment i la fletxa que té sota les potes canvia de direcció i assenyalava al sud. De seguida, el penell torna a fer un gir i apunta al nord. La roba que hi ha estesa als patis i balcons comença a bellugar-se i dansar endavant i endarrere talment com si volgués prendre vida i deslliurar-se de la pinça que la reté als fils. Un molinet de juguina que hi ha clavat a la façana blanca d'una casa comença a voltar ràpidament i reflecteix el sol amb el paper daurat de les seves aspes. La quietud que fins fa un moment ho envaïa tot ha desaparegut sobtadament amb l'aparició d'una força invisible i misteriosa que ho belluga tot: el vent.

Els antics grecs, com altres cultures i civilitzacions que van viure fa centenars d'anys, creien que tots els fenòmens de la natura i els successos quotidians es produïen per la voluntat dels déus. Els humans els temien i feien tot el possible per evitar que descarreguessin la seva còlera contra ells. Una d'aquestes divinitats era Èol, el guardià dels vents, que tenia el poder d'amansar o provocar els vents quan ho desitjava.

Segons la mitologia grega, Èol vivia en una illa flotant anomenada Eòlia amb els seus dotze fills. L'heroi Odisseu va visitar una vegada Èol i el déu el va rebre amb tots els honors. Quan Odisseu va haver de marxar amb la seva nau, el déu li va donar un vent favorable i un sarró amb tots els vents perquè en fes quan li calgués. Tanmateix, els mariners que acompanyaven l'heroi grec, en creure que el sarró contenia or, van obrir-lo. Fou aleshores quan tots els vents van sortir de la bossa i van empènyer el vaixell novament fins a les costes de l'illa on vivia Èol. El déu es va enutjar tant que es va negar a ajudar una altra vegada Odisseu a tornar a casa.

La força de l'aire en moviment

▪ El Sol, el motor dels vents

El vent no és altra cosa que aire en moviment. Però, per quina raó l'aire comença a moure's de cop i volta sense causa aparent? La resposta és molt senzilla: per efecte del Sol.

L'atmosfera que ens envolta, tot i que és transparent i invisible als nostres ulls, no és un espai buit. Està constituït per una barreja de gasos com ara l'oxigen, el nitrogen o l'hidrogen, que es troba a una temperatura i pressió determinades.



La pressió és la força que el pes de l'aire de l'atmosfera que ens envolta exerceix sobre la superfície de la Terra.

Com que l'energia procedent del Sol no arriba igual a tots els indrets del planeta (les zones tropicals, per exemple, reben més radiació solar que els pols; per això hi fa més calor) l'atmosfera no s'escalfa de forma homogènia, és a dir, l'aire de totes aquestes zones no té la mateixa temperatura. Aquestes diferències de temperatura entre un lloc i un altre produeixen canvis de pressió atmosfèrica, ja que l'aire pesa més o menys en funció de la quantitat de calor que conté. L'aire calent, per exemple, tendeix a pujar, mentre que l'aire fred, més pesant, tendeix a baixar. Són precisament aquests moviments ascendants i descendents de l'aire, i altres moviments horitzontals de compensació de la temperatura entre masses d'aire el que posa en marxa la màquina dels vents.

L'aigua del mar i la superfície de la terra no s'escalfen tampoc de la mateixa manera. L'aigua triga més a escalfar-se que la terra, però també triga més a refredar-se. Aquests contrastos de temperatura fan que en zones costaneres o properes a grans masses d'aigua apareguin altres vents més locals que, sovint, estan carregats d'humitat.



▪ Depèn de com bufa

Hi ha molts tipus de vents. Des de la brisa marina que mou lleugerament les fulles dels arbres fins a l'huracà que s'enduu tot el que troba al seu pas. Hi ha vents que bufen arran de terra o de mar durant pocs quilòmetres (són els vents locals) fins a vents que bufen a gran alçada i recorren centenars de quilòmetres al voltant del planeta (són els vents constants, com ara els alisis que bufen a les zones tropicals). Els vents constants tenen molta influència sobre el clima de la Terra, ja que són capaços de transportar fred o calor entre regions molts allunyades.

En el cas dels vents que percebem més directament perquè bufen a poca alçada, el relleu té una gran influència sobre les seves característiques i el seu comportament. Les valls, les muntanyes i les planes, o la proximitat de la costa, poden modificar la seva direcció, la seva velocitat, el seu grau d'humitat i la seva temperatura.

Els humans hem observat i hem provat d'explicar d'antuvi l'entorn que ens envolta, bé sigui per gaudir dels seus beneficis, bé per protegir-nos dels seus perjudicis. En el cas dels vents, els antics ja es van adonar que no sempre bufaven de la mateixa manera ni produïen sempre els mateixos efectes. Per aquesta raó els van posar nom.

Imagineu-vos un cercle en què hi ha representats els quatre punts cardinals: el nord, el sud, l'est i l'oest. Afegim-hi després els altres quatre punts que hi ha entre aquests quatre punts principals: el nord-est, el sud-est, el sud-oest i el nord-oest. Cada cultura ha posat nom als vents que bufen en el seu territori en funció del punt d'on provenen. Així, per exemple, el vent que ve del nord s'anomena, a casa

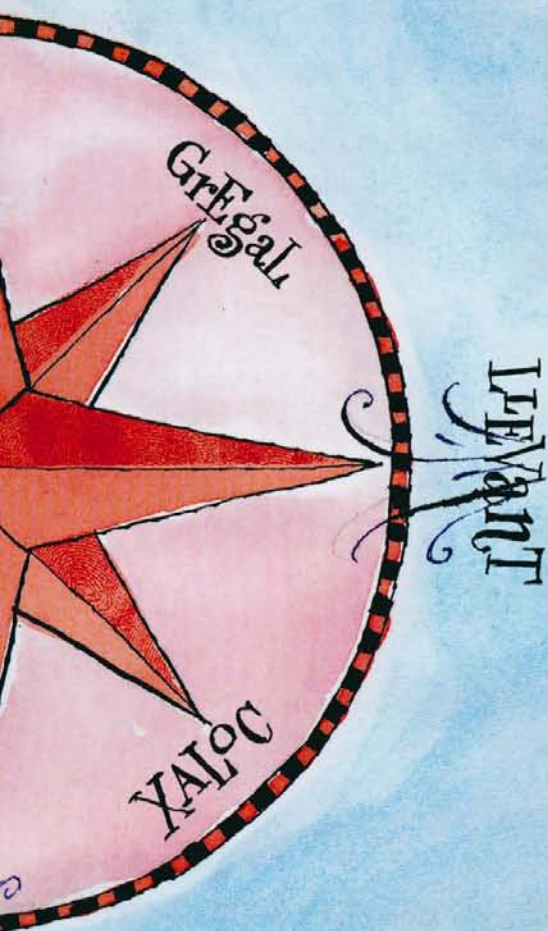


PONENT



Mig

NTANA



nostra, tramuntana, el que ve de l'est, llevant, el que ve de l'oest, ponent, i el que ve del sud, migjorn. Els altres quatre vents principals són el gregal, el xaloc, el llebeig o garbí i el mestral. La representació de tots els vents dins d'aquest cercle es coneix amb el nom de *rosa dels vents*.

▪ La mesura del vent

Les lleis de la física diuen que qualsevol objecte en moviment porta energia. El vent —l'aire en moviment— també. Per esbrinar quina capacitat energètica té un vent cal mesurar primer de tot la seva direcció i la seva velocitat.

La direcció es pot determinar fàcilment mitjançant un penell, el qual assenyala des de quin punt cardinal bufa. Si el penell apunta al sud això vol dir que el vent ve del nord, per exemple. Per mesurar la velocitat del vent cal, en canvi, un aparell: l'anemòmetre, un estri format habitualment per un conjunt de cassoles muntades en un eix que giren a major o menor velocitat segons la força del vent.

Una vegada s'han aplegat totes les dades sobre la direcció i la velocitat dels vents durant un temps prou perllongat, hom pot representar-les en un gràfic que reflecteixi quin és el comportament habitual dels vents de l'indret en qüestió. Mitjançant línies més o menys llargues que surten d'un punt central s'indica la direcció des de la qual bufen els vents i amb quina intensitat ho fan.

Cada indret té, per tant, el seu gràfic característic, el qual aporta molta informació a l'hora de conèixer les particularitats meteorològiques i, fins i tot, biològiques i geològiques d'un cert lloc, ja que el tipus de plantes que creixen o l'erosió de les roques vénen molt determinats per la presència d'uns determinats vents. El vent ha influït, fins i tot, en la



forma com els humans hem construït les nostres cases i ciutats, ja que tradicionalment s'han orientat les finestres, portes i cambres perquè aprofitin la bonança que determinats vents aporten o per evitar l'efecte de vents fred i humits.

El primer intent per mesurar el vent el va fer, a començaments del segle XIX (any 1806) un almirall de la Marina Britànica, sir Francis Beaufort. Beaufort va desenvolupar una escala de classificació dels vents en la qual cada número de l'1 al 12 estava associat a uns efectes determinats del vent sobre els objectes. Així, per exemple, mentre que

el 0 correspon a una situació de calma en què el fum puja verticalment, el 12 correspon a l'huracà que provoca grans destrosses sobre el paisatge i les construccions humanes. Entremig, el 3 correspon a un vent fluix que mou les branques i les fulles dels arbres i aixeca la pols, i el 8 a un vent dur que trenca els branquillons i impedeix de caminar contra el vent.

Per bé que aquesta escala encara s'utilitza, avui dia la intensitat del vent es mesura amb aparells més sofisticats que donen la velocitat en quilòmetres per hora o metres per segon de forma instantània.



Una font d'energia mil·lenària...

▪ ... que impulsa la vela dels vaixells...

L'energia ha estat sempre un bé escàs, raó per la qual la humanitat ha hagut d'aprofitar tota la que la natura li ha ofert de franc, com ara la del vent. Quan els humans vam començar a navegar, el vent va esdevenir la primera font d'energia dels vaixells. Així, durant segles, cultures com l'egípcia, la fenícia, la grega, la romana o la xinesa, es feien a la mar en naus militars o comercials equipades amb grans trossos de tela que s'inflaven i empenyien els vaixells quan rebien l'impuls del vent. Malauradament, quan el vent es feia fonedís, calia fer servir els remes i esperar la seva tornada.

Encara que les grans embarcacions actuals que transporten persones i mercaderies ja no depenen de la voluntat d'Èol per navegar perquè disposen de potents motors, el vent continua sent l'energia que mou alguns tipus d'embarcacions, sobretot les esportives i algunes de les que s'utilitzen per fer turisme. La vela, per exemple, és un esport en el qual vaixells impulsats per la força del vent competeixen entre ells en curses al mar.

▪ ... mol cereals, bomba aigua...

La capacitat energètica dels vents ha estat també aprofitada d'antuvi per a altres usos. Nombroses civilitzacions han desenvolupat al llarg de la història enginyers mecànics diversos que han tingut com a energia impulsora la força del vent. Un d'aquests ginyers ha estat el molí, un eix que dóna voltes per l'acció de l'aire en moviment sobre unes pales giratòries. En girar, les pales transmeten la seva energia a l'eix i aquest a màquines que molen cereals o transporten aigua dels cursos d'aigua més propers fins als camps de conreu.



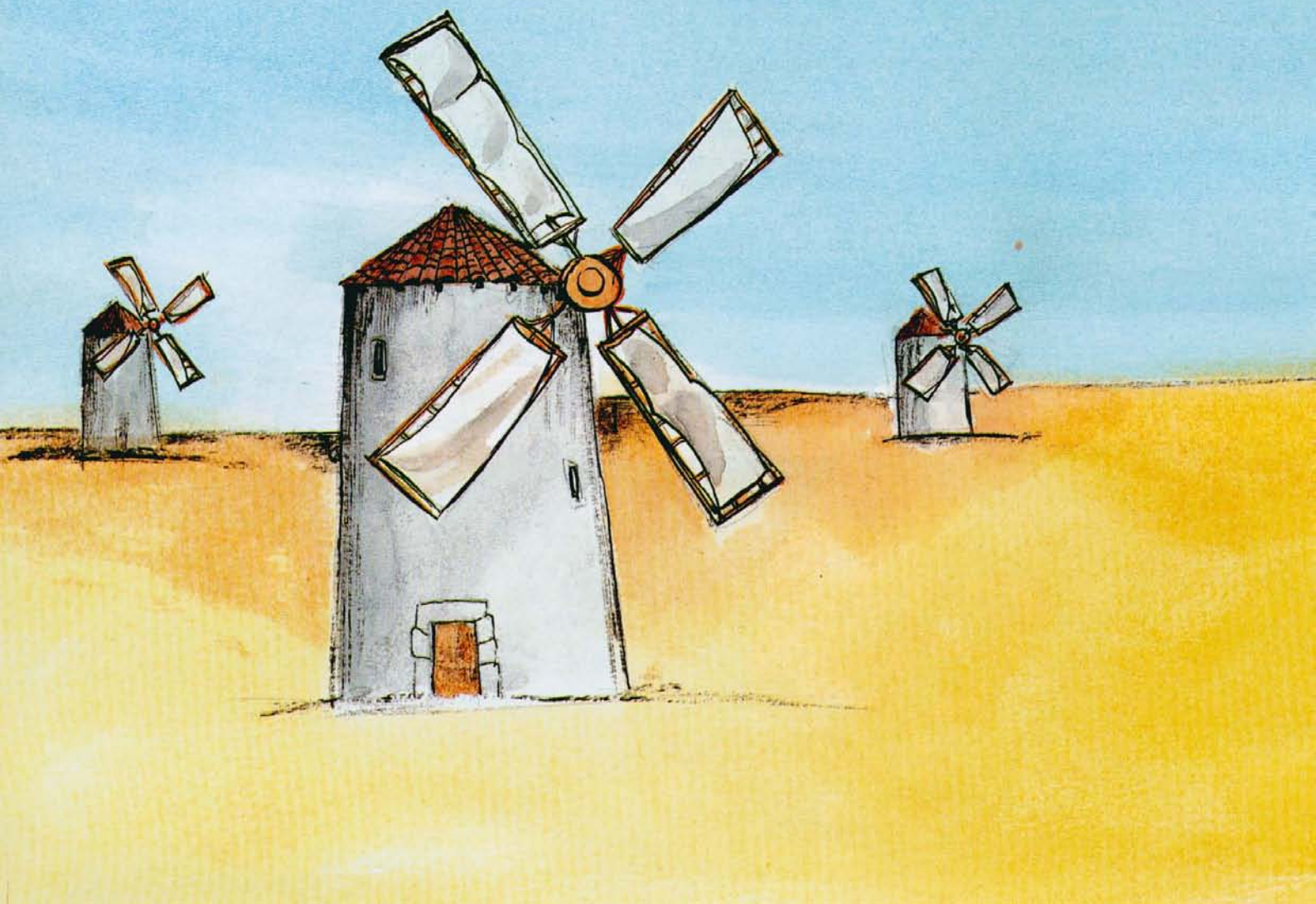
Aquests primers molins van donar pas a unes construccions més modernes en forma de torre que es van estendre durant l'edat mitjana arreu del continent europeu. Els molins que hi ha a Holanda, a França o a Andalusia i Castella a Espanya en són alguns exemples. Aquestes estructures, avui convertides en atracció turística, no només aprofitaven el vent per moldre cereals o regar, sinó que també ho podien fer per bombar aigua de sota terra, per premsar llavors i produir oli, per serrar fusta o per fabricar paper.

Avui dia encara podem trobar a molts llocs del món molins que tenen com a funció extreure aigua del sòl allà on l'aigua és escassa i no es disposa d'un altre recurs energètic més constant. Es tracta

de torres metàl·liques senzilles de pocs metres d'alçada i que tenen entre 12 i 24 pales, de manera que poden aprofitar vents de poca velocitat (de 2 a 3 metres per segon).

▪ ... i produeix electricitat.

Tanmateix, un dels avenços més importants amb relació a l'aprofitament de l'energia eòlica va ser la construcció de molins capaços de convertir la força del vent en electricitat. A finals del segle XIX i principis de segle XX, Dinamarca i els Estats Units van ser els primers països que van utilitzar aquest tipus de molins per proveir d'electricitat petits pobles rurals sense accés a la xarxa elèctrica.

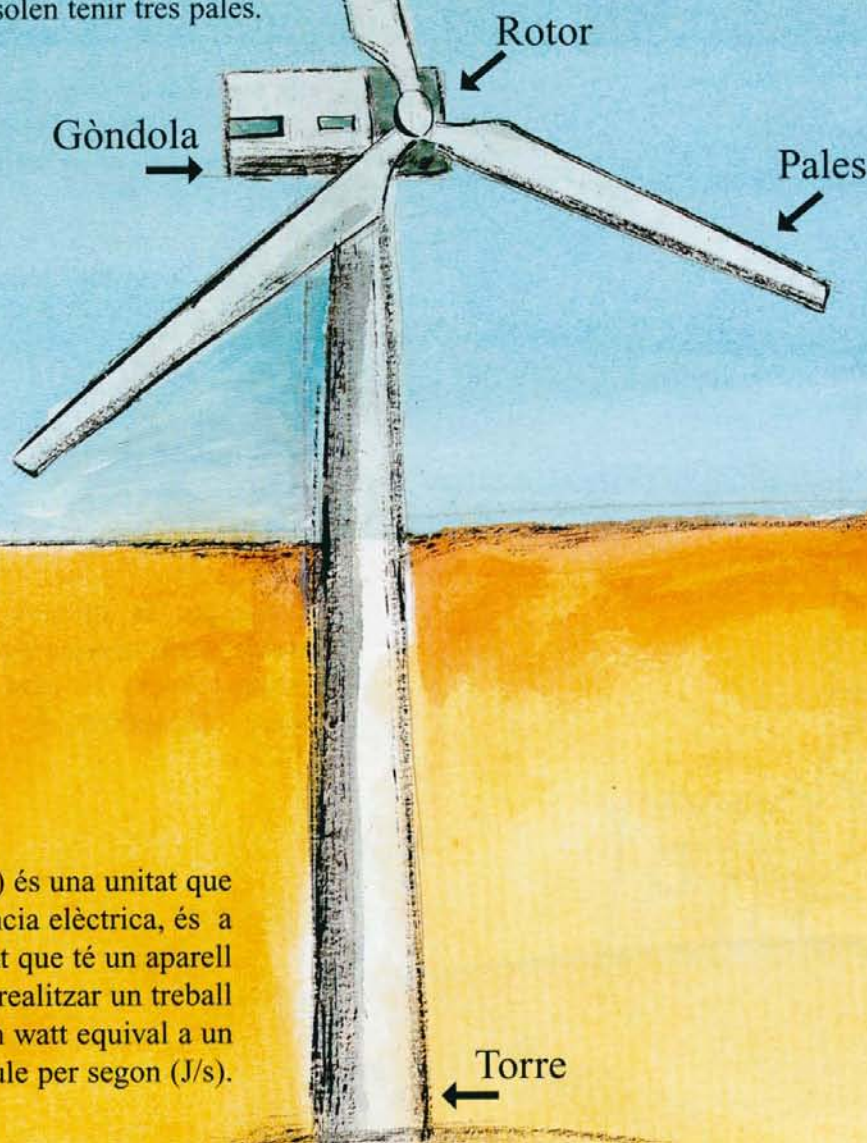


De tota manera, el desenvolupament modern dels molins de vent amb finalitats energètiques va començar seriosament durant els anys setanta del passat segle XX, quan països amb molt de vent es van adonar de la riquesa energètica que tenien al seu abast.

Les màquines modernes que transformen la força del vent en electricitat reben el nom d'aerogeneradors o turbines eòliques. Un aerogenerador està format per tres elements bàsics: el rotor, la gòndola i la torre.

- El rotor inclou les pales amb les quals es capta l'energia del vent i la boixa, la peça que les uneix a la gòndola. Segons el nombre de pales del rotor els aerogeneradors es poden classificar en monopala, bipala, tripala o multipala. Els models més utilitzats solen tenir tres pales.

- La gòndola consisteix en una caixa on hi ha els equips mecànic i elèctric que controlen el moviment de les pales i el transformen en electricitat, i que són el multiplicador de velocitat, el generador i un sistema de seguretat que bloqueja les pales o el rotor en cas necessari. Alguns aerogeneradors incorporen un microprocessador que regula l'angle d'inclinació de les pales i la seva posició amb respecte al vent, cosa que millora el rendiment de les turbines eòliques.
- La torre és l'estructura que suporta el rotor i la gòndola, i que està fixada a terra. Pot ser metàl·lica o de formigó.



Un watt (W) és una unitat que mesura la potència elèctrica, és a dir, la capacitat que té un aparell elèctric de realitzar un treball determinat. Un watt equival a un Joule per segon (J/s).



D'aerogeneradors, n'hi ha de diferents tipus. L'alçada de la torre, el nombre i la llargada de les pales i la potència dels molins canvia segons les característiques geogràfiques de l'indret, de la velocitat del vent que hi bufa i de l'altura a què ho fa. Hi ha des de turbines eòliques que tenen poc més de 5 metres d'alçada amb pales d'1 metre de llargada, fins a molins que superen els 70 metres amb pales de 25 metres.

Els aerogeneradors moderns es posen en moviment quan la velocitat del vent arriba, aproximadament, als 18 quilòmetres per hora (5/7 metres per segon), i són frenats per raons de seguretat quan la velocitat màxima supera els 100 quilòmetres per hora (25/28 metres per segon). La velocitat mitjana ideal perquè el molí funcioni a ple rendiment és d'uns 20 quilòmetres per hora. Tanmateix, gràcies als avenços tecnològics, cada vegada és possible aprofitar vents de menor velocitat.

El vent esdevé electricitat

▪ Els parcs eòlics: el segrest del vent

L'energia és present en totes les activitats humanes. Amb energia ens il·luminem, cuinem els aliments, rentem la roba, conservem en fred el menjar, climatitzem la nostra casa, engegarem

l'ordinador o escalfem aigua. Tota o bona part d'aquesta energia ens arriba en forma d'electricitat, que transformem en calor, fred, llum o moviment gràcies als aparells domèstics que tenim al nostre abast.

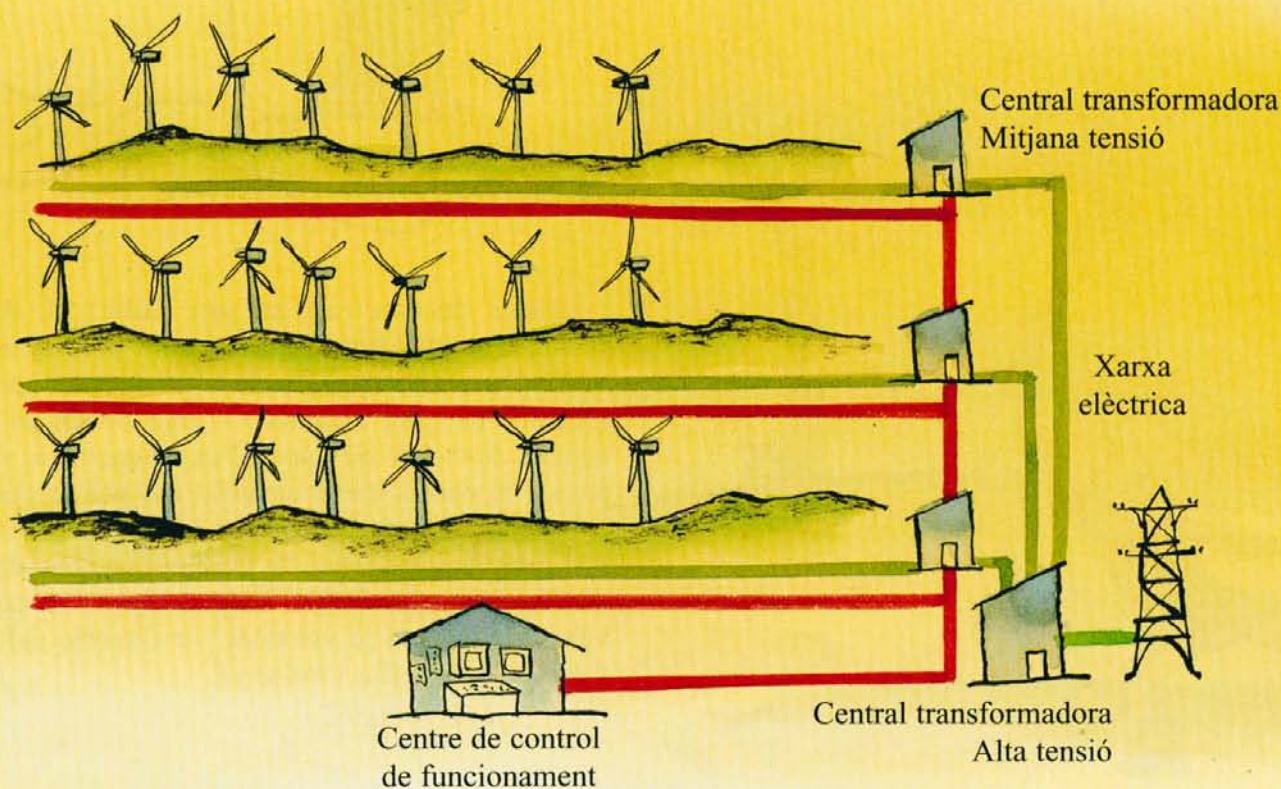
Cada vegada ens cal més energia per cobrir les nostres necessitats. A l'estiu, per exemple, el consum d'electricitat augmenta de manera molt important per a subministrar energia a tots els aparells d'aire condicionat que es posen en marxa alhora quan fa molta calor. Aquesta energia de més es pot obtenir de diverses maneres: en centrals nuclears, on es produeix electricitat a partir del trencament dels àtoms d'urani, o en centrals tèrmiques, cremant combustibles fòssils —gas-oil, fuel-oil, gas natural— o residus.

Hi ha, com ara ja sabem, una altra manera de produir energia elèctrica: mitjançant els aerogeneradors. En calen uns quants per obtenir una quantitat important d'energia, raó per la qual s'agrupen en instal·lacions que reben el nom de parcs eòlics. En un parc eòlic els molins estan interconnectats entre ells i disposen d'una estació central de control que regula el seu funcionament.

Aquesta central permet aturar o posar en marxa els aerogeneradors, controlar l'energia produïda en cada moment per cada molí, i atendre les possibles avaries o mal funcionament que pugui patir algun dels elements del parc.

L'energia que produeix cada parc és diferent, ja que no tots els parcs tenen la mateixa potència elèctrica instal·lada. Aquesta potència depèn de les característiques de cada molí i del nombre total de molins que hi hagi en el parc. Així, la potència instal·lada pot variar des d'uns pocs quilowatts fins a 60 o més megawatts. Kilo i mega són dos mots d'origen grec que signifiquen mil i gran, respectivament, i que equivalen a multiplicar la unitat de mesura —en aquest cas, el watt— per 1.000 i per 1.000.000. Un quilowatt equival, doncs, a 1.000 watts, i un megawatt a 1.000.000 de watts.

Per tal que l'electricitat que produeixen els aerogeneradors pugui arribar fins a les llars, les indústries o les instal·lacions on es consumeix, els parcs eòlics estan connectats a la xarxa elèctrica, de la mateixa manera que ho estan els altres tipus de centrals. Les característiques de l'energia elèctrica són les mateixes; només canvia la forma de produir-la.



▪ No bufa igual a tot arreu

El vent no bufa igual a tot arreu, ni ho fa sempre de la mateixa manera. Per tant, no tots els indrets tenen les mateixes possibilitats d'aprofitament energètic de la força de l'aire en moviment. No n'hi ha prou que faci molt de vent algunes vegades. Cal que el vent bufi regularment durant tot l'any perquè sigui rendible la construcció d'un parc eòlic. Això no vol pas dir que no s'hi puguin instal·lar, per exemple, molins per al bombejament d'aigua, atès que a aquest tipus de molins els cal una velocitat de vent molt menor per realitzar la seva funció.



Abans de construir un parc eòlic cal, doncs, realitzar un gran nombre de mesures per esbrinar si fa prou vent i si serà possible la producció d'energia elèctrica en gran quantitat. Primer de tot es trien aquells llocs en els quals l'experiència de molts anys i el coneixement científic fan pensar que les característiques del vent seran les idònies. Després s'hi instal·len estacions de mesura que consisteixen en un torres metàl·liques de gran alçada en què un aparell enregistra la velocitat i la direcció del vent durant mesos o, fins i tot, anys.



Una vegada es té prou informació sobre les característiques dels vents locals, els especialistes l'estudien i decideixen si és convenient procedir a la construcció del parc. En cas que la resposta sigui afirmativa es realitza el projecte en què s'especifica el tipus de molins que s'hi instal·laran, el nombre, l'orientació i la situació sobre el terreny perquè treguin profit de la màxima quantitat de vent possible. Finalment, es demanen els permisos a l'administració i es procedeix a la construcció de les instal·lacions i dels camins d'accés.

Les carenes o els pics de les muntanyes són els indrets escollits habitualment per instal·lar-hi els parcs eòlics, ja que el vent hi bufa amb més intensitat que a d'altres llocs. S'està estudiant també la possibilitat de construir parcs eòlics en el mar, en aquells llocs on el vent bufa amb més força que a terra —ja que no hi ha obstacles geogràfics que afectin la seva velocitat— i on la profunditat del mar ho permet.

▪ Energia sense fums

Un dels principals avantatges de l'energia eòlica és que es tracta d'una energia neta i renovable, com ho són també l'energia fotovoltaica, la que s'obté del sol, o la hidroelèctrica, la que s'obté de la força

de l'aigua. Quan es parla d'una **energia neta** es vol dir que durant la producció de l'electricitat no s'alliberen a l'atmosfera ni fums, ni gasos contaminants, ni es produeixen residus que puguin afectar l'entorn.

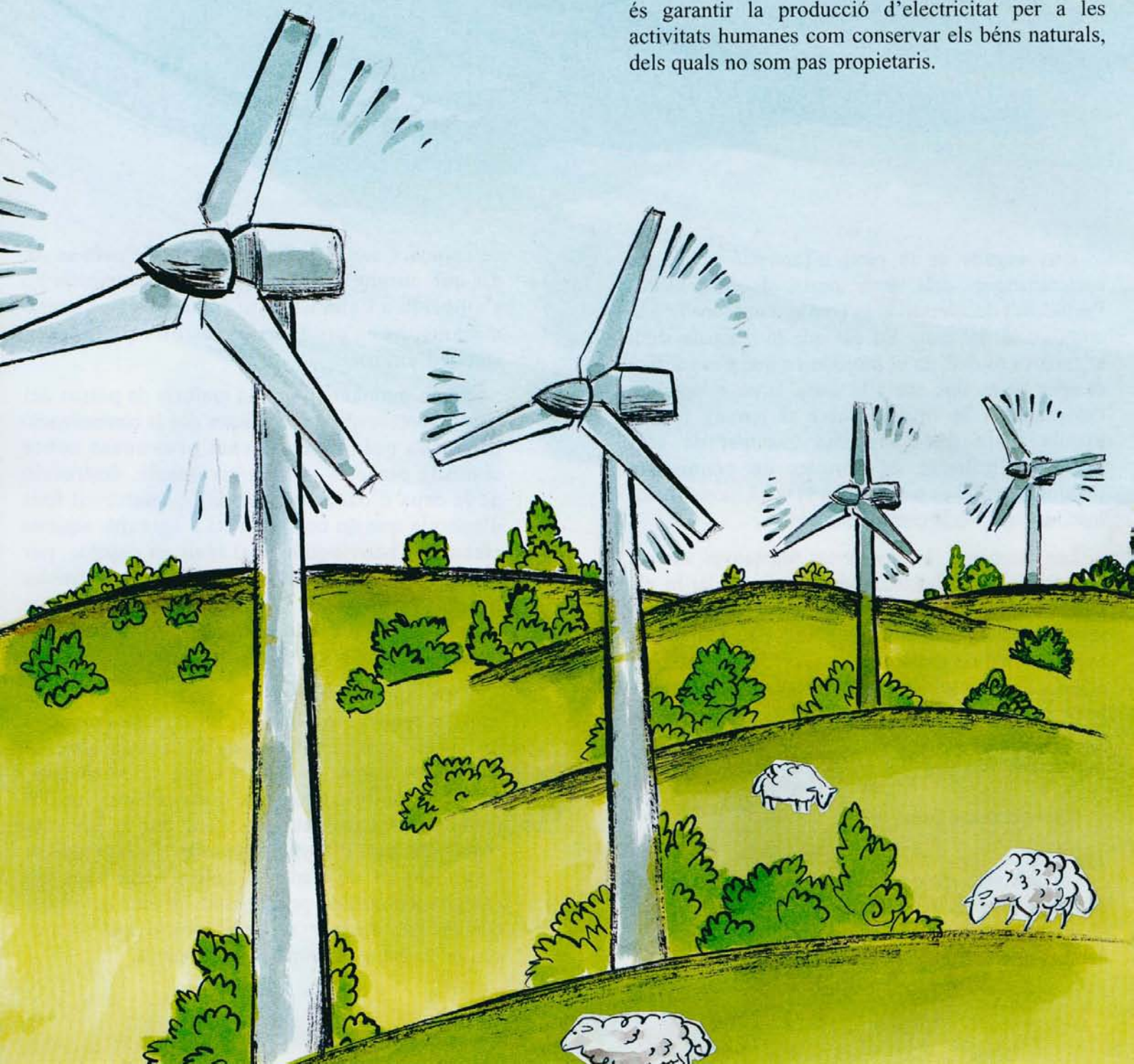
En un moment en què la majoria de països del món està preocupada pels efectes que la contaminació produïda pels humans està provocant sobre el nostre planeta —efecte hivernacle, destrucció de la capa d'ozó, pluja àcida—, qualsevol font d'energia que no contribueixi a agreujar aquests efectes és benvinguda. Cal tenir en compte, per exemple, que en cremar petroli o altres combustibles fòssils s'alliberen a l'atmosfera compostos que causen un perjudici a la qualitat de vida de les persones i a la resta d'éssers vius.

Hem dit també que l'energia eòlica és una **energia renovable**. Això vol dir que no s'esgotarà mai, ja que sempre farà vent en un lloc o un altre. El petroli, en canvi, és una energia no renovable, perquè quan s'esgotin els pous s'haurà perdut definitivament un recurs energètic que la Terra ha trigat milions d'anys en formar. Així, doncs, l'aprofitament de l'energia eòlica, i de totes les energies renovables, permet estalviar molt de petroli que es pot destinar a altres usos o que es pot conservar per a les properes generacions.

La construcció de parcs eòlics, de tota manera, no està exempta d'afectacions sobre l'entorn. La instal·lació inadequada de torres de gran alçada a les carenes de les muntanyes o en indrets molt visibles des dels voltants pot alterar la bella paisatgística d'un espai. Les pales de les turbines eòliques poden afectar també les aus que hi viuen, ja que són molt llargues i giren a gran velocitat. Finalment, el propi gir de les pales i el funcionament dels rotors produeix sovint un soroll que pot ocasionar molèsties a les persones que viuen a prop.

Mitjançant els *estudis d'impacte ambiental* es determina, abans de la construcció del parc, quins efectes tindrà la presència de les instal·lacions eòliques sobre els valors naturals de la zona. En funció de quines siguin les conclusions de l'estudi, es pot arribar a desestimar la construcció, malgrat que la possibilitat d'obtenir energia elèctrica sigui molt alta.

Convé, doncs, trobar l'equilibri entre les creixents necessitats energètiques actuals dels països i el respecte pel territori, ja que tan important és garantir la producció d'electricitat per a les activitats humanes com conservar els béns naturals, dels quals no som pas propietaris.



▪ Com s'aprofita al món l'energia del vent?

Els experts en temes energètics creuen que dintre d'uns anys una desena part de l'electricitat del món (10%) es podrà obtenir mitjançant els aerogeneradors dels parcs eòlics.

Al conjunt dels països que formen la Unió Europea —Espanya n'és un— la potència total dels parcs era d'uns 9.500 MW (megawatts) l'any 2000, gairebé un 70% de la instal·lada a tot el món. L'objectiu de les autoritats europees és que l'any 2010 hi hagi instal·lats uns 36.000 MW, l'equivalent a més de 30 centrals nuclears.

A Europa, els països que més electricitat produeixen en parcs eòlics són Dinamarca, Holanda (on una part de l'energia s'utilitza per bombejar aigua i assecar els terrenys guanyats al mar), el Regne Unit, Itàlia, Alemanya i Suècia. Els Estats Units, el Japó, la Xina i l'Índia són altres països que estan apostant per l'aprofitament de l'energia del vent.

A Catalunya, la potència instal·lada actualment és de 73 MW en quatre parcs eòlics: el del Baix Ebre, el de Roses, el de Trucafort i el de Colladetes, ampliat recentment. Aquests quatre parcs produeixen cada any uns 180.000 MW d'energia elèctrica, electricitat equivalent al consum anual d'uns 70.000 famílies.

Al marge, però, de quina sigui la quantitat global d'energia que produeixin els parcs eòlics, el més important és que les energies renovables guanyin pes en la nostra societat. Això voldrà dir que els humans som cada vegada més respectuosos amb el nostre entorn. Al capdavant, hi vivim i en depenem completament.



Un exercici senzill per calcular l'energia del vent

Per calcular l'energia que un aerogenerador produeix en un any podem fer servir la fórmula següent:

$$E = 2,5 (V)^3 \times A$$

on

E = energia total, en kWh/any.

V = velocitat mitjana anual del vent, en metres per segon (m/s).

A = superfície de captació del molí, en metres quadrats (m²).

La superfície de captació o àrea escombrada per les pales de l'aerogenerador s'obté mitjançant la fórmula:

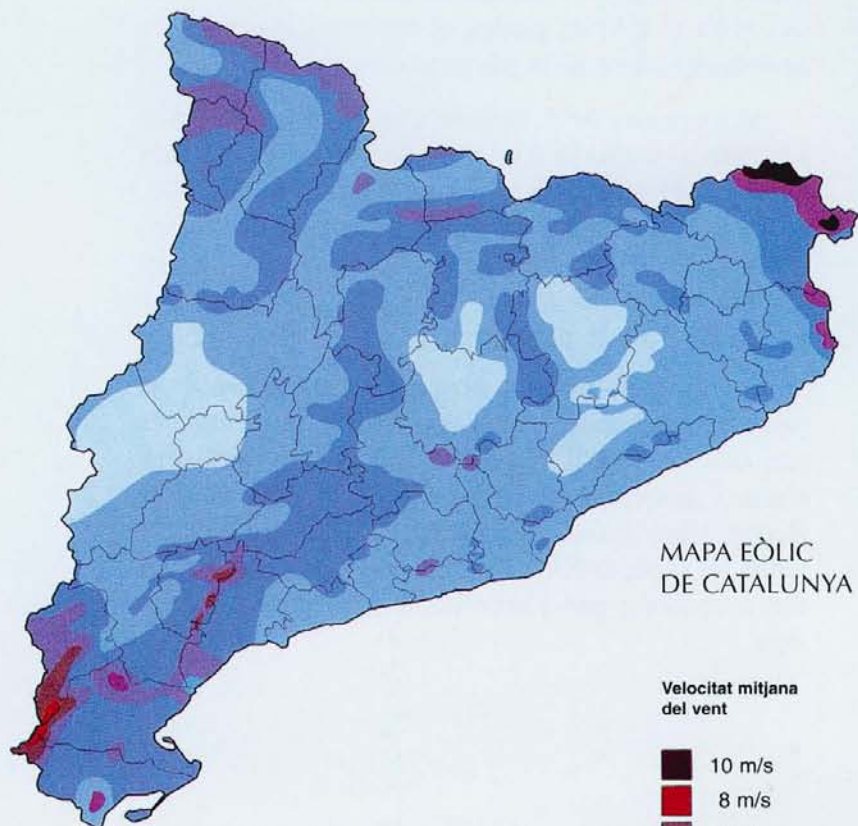
$$A = 3,1416 \times r^2$$

r = longitud de les pales (o, el que és el mateix, radi del cercle que dibuixen les pales).

Amb les dades següents podeu practicar una mica:

- Un aerogenerador de 500 kW de potència amb un rotor d'entre 37 i 43 m de diàmetre.
- Un aerogenerador de 600 kW amb un rotor d'entre 41 i 48 m de diàmetre.
- Un aerogenerador d'1 MW amb un rotor de 60 m de diàmetre.
- Un aerogenerador d'1,5 MW amb un rotor d'entre 60 i 70 m de diàmetre.

Podeu fer els càlculs utilitzant les dades de velocitat del vent del *Mapa Eòlic de Catalunya*.



MAPA EÒLIC DE CATALUNYA

Velocitat mitjana del vent



Ciutat i Natura

1. *Un noi de Barcelona*
2. *Parcs i Jardins de Barcelona*
3. *El Parc de Collserola*
4. *Així és el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac*
5. *Aquelles vacances al delta de l'Ebre*
6. *Un bon començament.*
Una ciutat més habitable
en un món més sostenible
7. *Així és el Parc Natural del Garraf*
8. *Vilanova i la Geltrú, m'agrades maca*
9. *Castelldefels: una ciutat sostenible*
10. *Així és l'Espai Natural La Conreria-Sant Mateu-Céllecs*
11. *El medi ambient dels barcelonins*
12. *El clavegueram de Barcelona*
13. *Recollida Selectiva, un tema que sona bé*
14. *Fem Olot millor*
15. *Entre tots cuidem Esplugues*
16. *El dia sense cotxes de l'Yksi*
17. *Així és el Parc Natural del Montseny*
18. *Així és el Parc Natural del Montnegre i el Corredor*
19. *Una aposta mediambiental per Cornellà*
20. *Igualada sostenible: un entorn a la teva mida*
21. *El Melquíades, l'inspector i el club*
3R. Una història sobre deixalleries
22. *Isaac Brossa a la masia dels avis.*
Un viatge al compostatge
23. *Sant Adrià, entre tots l'hem de cuidar*
24. *La Garriga Verda*
25. *Una Teulada Fotovoltaica a l'Ajuntament de Barcelona*
26. *Els animalons de l'Enric Moix*
27. *Així és el Parc de la Serralada de Marina*
28. *Calafell, per una ciutat millor*
29. *Així és l'Agenda 21*
30. *L'Energia del vent, Èol fa de les seves*
31. *Sant Quirze del Vallès, amb els ulls ben oberts*



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



Editorial Mediterrània



ISBN 84-8334-325-8



9 788483 342671