

## **VENTS DEL MÓN, 69-70, gen. - jun. 2015**

**Butlletí d'informació eòlica, editat pel GCTPFNN**

S'encoratja la seva reproducció, però sempre citant la font de procedència

### **EDITORIAL**

#### **L'aerogenerador de Tvind celebra 40 anys!**

El 2015 fa 40 anys que un grup de professors i estudiants de les escoles Tvind decidiren construir el que va ser, durant molt temps, l'aerogenerador més gran del món.

Va començar a produir electricitat el 26 de març de 1978. Avui encara funciona, produint energia, simbolitzant el coratge, la determinació, la unitat, la capacitat de treball, simbolitzant la lluita contra l'energia nuclear i la lluita a favor de la simbiosi de la humanitat amb la natura.

Era l'any 1975. La idea de construir l'aerogenerador més gran del món va començar a gestar-se entre el professorat de les escoles Tvind. L'objectiu era controlar els desbocats costos de la calefacció (cremaven gasoli) i subministrar les escoles amb energia renovable i neta, sense contaminar l'atmosfera i com un argument concret en el debat energètic (havia passat la primer crisi del petroli de l'any 1973 i Dinamarca n'havia estat molt afectada), doncs hi havia plans de construir reactors nuclears.

Com que gran part de la població danesa estava en contra de l'energia nuclear (mercès a l'activitat antinuclear de l'OOA: <http://www.ooa.dk/eng/engelsk.htm>), que s'havia fundat l'any 1974, decidiren demostrar que era possible construir un gran aerogenerador per disposar de l'energia (tèrmica i elèctrica) que les escoles necessitaven.

A llarg del procés de construcció, que va allargar-se 3 anys, més de 100.000 persones s'acostaren a Tvind per veure com s'anava materialitzant allò que molts 'experts' de l'època havien pronosticat que seria un estrepitós fracàs, ja que la primera ventada hivernal se l'emportaria.

No solament no va ser un fracàs, sinó que l'aerogenerador de Tvind ha significat molt per a totes les persones que estàvem convençudes que no cal contaminar per disposar d'energia. L'aerogenerador de Tvind va representar (i continua representant) un símbol en la lluita contra l'energia nuclear, demostrant que l'energia de la gent és capaç de materialitzar projectes que, de bon començament, semblen esbojarrats.

A finals de l'any 2014 havia fet 116.000.000 de voltes, i havia generat milions de kWh.

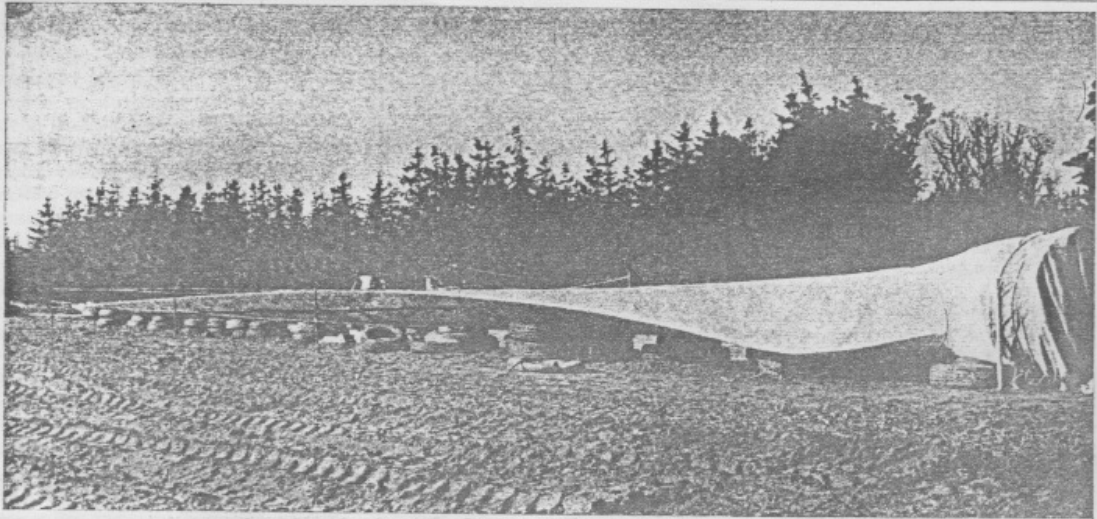
Per conèixer tota l'experiència de l'aerogenerador de Tvind, solament cal anar al seu [web](#), on es pot llegir i veure, amb tota mena de detalls, com es va fer, per què es va fer i que ha significat.

Reproduïm en aquest número de Vents del món, els primers escrits que es van publicar a casa nostra entorn d'aquest emblemàtic projecte.

Des de les pàgines de Vents del món desitgem una llarga vida a l'aerogenerador de Tvind!

## EL PODER DEL VIENTO (facsímil)

### EXPERIENCIAS



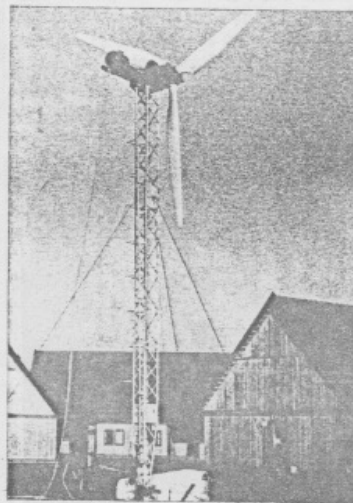
Se tardaron seis meses en la construcción de una pala

### ENERGIA ALTERNATIVA

## El poder del viento

Como dice Dylan, la respuesta está en el viento... y el viento sopla fuerte y constante en Dinamarca. Casi 300 días al año. Y en Tvind yo diría que más. Tvind está situado en la costa Oeste de Jutlandia, cerca de Ulfborg. Es un conjunto de 3 escuelas: una para maestros, otra para chicos de 14 a 18 años y la escuela viajera de 18 en adelante, donde profesores y alumnos viven, trabajan, enseñan y aprenden cooperativamente. Combinan lo intelectual con lo manual en un sistema de enseñanza práctica, no sólo en un montón de cosas útiles, como cultivar la tierra, pescar, imprimir, cocinar, construir barcos, casas, molinos de viento, colectores solares..., sino que aprenden prácticamente qué significan cosas como imperialismo, multinacionales, tercer mundo, economía política, energía, producción, historia, industria, explotación, geografía, problema agrícola, desarrollo, explosión demográfica, ecología, recursos, etc. Para ello salen fuera de la escuela, viajan y entran en contacto directo y cotidiano con lo que hay detrás de estas palabras.

Cada curso gestiona su propio presupuesto, planifica y decide su propio programa y el modo de desarrollarlo en asamblea. Toda una experiencia de enseñanza



Molino de tamaño medio para tres viviendas

directa que lleva más de 8 años en funcionamiento, y va extendiéndose. Actualmente existen varias escuelas asociadas

repartidas por toda Dinamarca (para más información sobre el funcionamiento de las escuelas ver el artículo Tvind, la escuela viajera o la enseñanza directa. Ajoblanco número 35 del mes de Julio).

### JAMAS HABIAN CONSTRUIDO UN MOLINO

En 1974, al año siguiente de la "crisis" energética y de la subida de precios del petróleo, los profesores de las escuelas de Tvind deciden hacer algo constructivo para mejorar su propio suministro de energía y, a su modo, colaborar con un argumento práctico en el debate antinuclear. La escuela gastaba en petróleo y electricidad medio millón de coronas al año —unos 7 millones de pesetas— y consideraron que podrían reducir mucho este gasto con la construcción de un molino.

Dicho y hecho. Los trabajos de construcción empiezan en Mayo del 75. Se creó un grupo de voluntarios entre profesores, estudiantes y gente diversa de toda Dinamarca: carpinteros, ingenieros, paletas...; 30 de ellos formaban el grupo permanente de viento. Además, llegaron voluntarios de varios países extranjeros.

28 ajoblanco noviembre 1978

## EXPERIENCIAS

interesados en el proyecto. Todos ellos tenían algo en común: jamás habían construido un molino.

Como en cualquiera de los trabajos que se llevan a cabo en la escuela, deciden trabajar cooperativamente y con responsabilidad mutua. El plan original, decidido después de discutir varias ideas, consistía en un gran molino con un depósito en la base. El eje, al girar, accionaba un agitador que calentaba el agua mediante fricción mecánica. Y, así, empezaron a construir los cimientos de la base de 24 m. de diámetro. Se buscó consejo y asistencia de ingenieros, compañías electrónicas, hidráulicas, de construcción, profesores de universidad...etc.

La armadura de hormigón de la base pesa 40 Tm. La torre se empezó a construir antes de que los planos del aerogenerador estuvieran terminados en detalle. Primero se compraba hormigón, ya mezclado, y, al poco, se vio que era mucho más barato hacer la mezcla en el sitio. La torre tiene 53 m. de alta. Se usaron grúas y un elevador para su construcción. El elevador lo encontraron en una empresa de construcción por un precio inicial de 35.000 coronas, pero regateando llegaron a comprarlo por 100. ¡Hasta en Dinamarca hay crisis en la construcción!

Trabajaron duro día y noche por turnos, y la terminaron en diciembre del mismo año. Al mismo tiempo el plan se modificó, pues se vio que era más productivo y eficiente usar el molino para generar electricidad. Se dividieron entonces en dos grupos; el de la cabeza y el de las palas. Y se buscaron más voluntarios.

Cada semana todo el grupo se reunía asambleariamente para planificar el trabajo, y se discutían los planes generales: cuánto tiempo, cuánta gente se necesitaba para construir la primera pala. O los planes semanales: modificar los métodos de trabajo en alguna cosa para terminarla antes...

Las decisiones y el plan de trabajo diario se discutían en los distintos grupos. Durante todo el tiempo que duró la realización del proyecto discutieron, buscaron y probaron soluciones acerca de cómo difundir conocimientos... Cuando alguien tenía suficiente experiencia en alguno de los diferentes aspectos del trabajo, enseñaba a otros compañeros y pasaba a otro grupo de trabajo, de modo más o menos rotativo. Se idearon sistemas para que todo el mundo que usara herramientas o equipo potencialmente peligroso, siguiera unas normas de seguridad que forzaban a tener cuidado unos de otros.



Trabajo colectivo y responsabilidad mutua

## Y VAMOS POR LAS PALAS

La cabeza (15 m. por 5m.) se terminó en 4 meses. Los principios de construcción son similares a los de la construcción de barcos. El morro fue muy difícil de construir. Tenía que ser extremadamente fuerte, pues es la parte del molino que tiene que resistir mayores tensiones. Se realizó en chapa de acero de 5 cm. Su función es sostener las palas, y contiene el cilindro y los ejes del sistema hidráulico de variación del ángulo de las palas. En esta parte del trabajo el grupo reci-



Igualdad en el trabajo

bió asesoramiento de un constructor de puentes.

En principio estimaron que podían construir cada una de las palas en tres semanas. En la primera tardaron seis meses y las otras dos se hicieron en dos. Diseñaron las palas con ayuda técnica de expertos en aerodinámica de Riso, agencia danesa de energía atómica. El profesor Hüter, de la universidad de Stuttgart, jefe del departamento de viento, fue el que dio la idea de usar fibra de vidrio armada de poliéster y costillas de madera.

Como no conocían el material, para adquirir la experiencia necesaria con fibra de vidrio, construyeron tres pequeños barcos de pesca de 10 m. que ahora permiten a los alumnos de la escuela comer pescado fresco. La primera pala, observaron, tenía poca resistencia longitudinal. Entonces deciden reforzar la fibra de vidrio con epoxy poliéster esponjoso para darle más resistencia, ligereza y flexibilidad. Fueron construidas a mano, sin maquinaria pesada o automatización alguna. Para construirlas usaron un molde de 27 m., en un hangar portátil que les prestó el ejército. Los trabajadores voluntarios contribuyeron con ideas, como cambiar el punto de balance central que originalmente estaba equivocado...

Las costillas y los nervios se construyeron aparte, y se colocaron sobre la parte superior de la pala que descansa sobre el molde durante la construcción. Las costillas, de madera, están separadas 1,2 m. y el espacio entre ellas y los nervios se

## EXPERIENCIAS

rellenó con paneles de poliestereno. Para obtener el perfil preciso se usó un cable de acero caliente. El final se recubrió de fibra de vidrio y epoxy de modo convencional.

Cada pala pesa 5 Tm. y tiene 27 m. de larga. La primera se colocó en Noviembre del año pasado y se montaron las tres en dos días de poco viento.

## ALGUNOS DATOS TECNICOS

El ángulo de las palas varía por unos cilindros que actúan hidráulicamente en el eje principal del molino, actuando en las balancas de giro. El rotor se diseñó para girar a 40 r.p.m. Para velocidades por encima de los 44 Km/h, el grado de inclinación de las palas se mantiene constante en la posición que da la máxima potencia. Cuando la velocidad del viento está por encima de los 44 Km/h, el ángulo va variando gradualmente hasta que la velocidad es superior a 72 Km/h. Entonces se para. La velocidad angular nominal de 40 r.p.m. representa una velocidad lineal en las puntas de las palas de 400 Km/h.

El molino está pensado para que gire a la velocidad que dé la máxima potencia en cada velocidad del viento. Esto se consigue controlando la carga eléctrica del generador por debajo de la velocidad nominal. El rotor del molino acciona el generador a través de una caja de engranajes que pasan las 40 r.p.m. a 760.

El eje es de 800 mm. de diámetro, y había servido para accionar la hélice de un barco desguzado. El eje está acoplado a un limitador de par para proteger los engranajes y el generador.

La caja de engranajes, con un peso de 25 Tm., la compraron en una mina del Norte de Suecia donde la tenían de recambio. Les costó 50.000 coronas, la décima parte del costo de una nueva. Esta caja aumenta la velocidad de 19 a 1 y tiene una potencia nominal de 1.100 Kw.

El generador es de 2 Mw. de corriente alterna y de frecuencia variable, y fue construido como motor sincrónico de 760 r.p.m., usándose como generador trifásico. Lo compraron de segunda mano en Suecia a un coste inferior al valor de su peso en cobre.

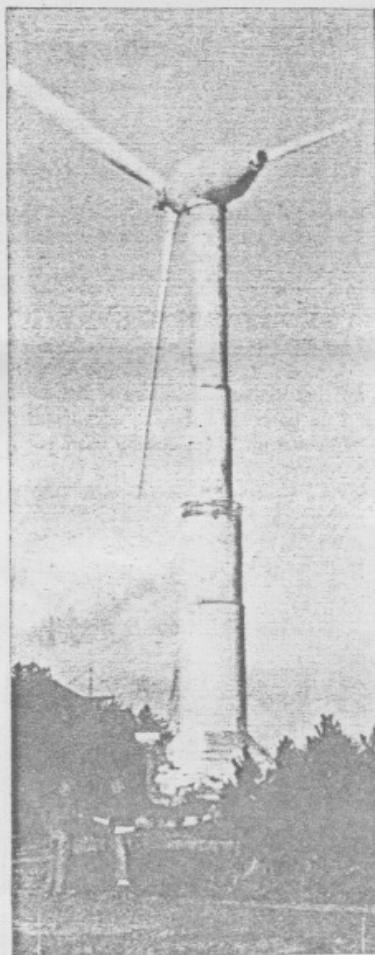
Todo el conjunto de la cabeza pesa 100 Tm.

## Y YA EL MONTAJE Y LA ELECTRICIDAD

En Octubre del 77 se completó el trabajo. Fue necesario montar las principales partes en tierra, para probarlas, antes de colocarlas en la cima de la torre. El eleva-

dor usado durante la construcción de la torre se modificó para usarlo como ascensor.

La electricidad es conducida desde el generador por un cable que es suficientemente largo como para dar varias vueltas alrededor del eje de giro del molino. Así se ahorran los anillos de conexión que, además de caros, plantean muchos problemas. Se cree que, como máximo, hará falta desenroscar el cable una vez al año.



El mayor molino de viento  
construido ahora en el mundo

La conducción de cables va enterrada por el suelo hasta la estación transformadora a 440 volts. Parte de la corriente es rectificada a continua, y usada para calentar agua. El resto se equilibra a 50 Hz de forma sincrónica, con la red para el consumo de alumbrado. La carga resistiva y

otros elementos de control, están en una construcción aparte entre el generador y el transformador. El conversor del alumbrado es de 500 Kv.

La instalación tiene varias instalaciones de seguridad: un freno del eje de rotación, control variable del ángulo de ataque de las palas, etc. Y todo el sistema está controlado por ordenador. Como medida independiente de los otros sistemas de seguridad, llevan en la punta unos paracaídas similares a los de freno de avión. Estos actúan en caso de emergencia, cuando la velocidad es excesiva y la fuerza centrífuga supera unos embragues magnéticos. Un solo paracaídas puede reducir, suficientemente, la velocidad.

El molino produce 3,6 millones de Kv/h al año, o sea, el equivalente a 400 Tn. de petróleo!!!

El sistema eléctrico además, está conectado a la red de la compañía eléctrica local, de modo que cuando no hay viento se compra la electricidad pero cuando no se consume toda la energía que produce el molino, la energía sobrante se vende a dicha compañía. Actualmente existe un excedente de energía.

El molino se terminó en abril del 78, y durante el resto del año estará en periodo de prueba y verificación.

Cuando esté funcionando a máximo rendimiento, producirá suficiente electricidad para 800 casas. El costo total del molino se estima en unos 5 millones de coronas que calculan amortizar en 13 años, contando con el incremento del precio de la energía y la inflación. La vida de trabajo del molino está calculada en 30 años. Con él, cubren todas las necesidades de electricidad del conjunto de escuelas con un total de 1.000 personas y 40 edificios. El agua caliente está en un depósito de 25 metros de diámetro y 6 de fondo, que contiene 5.000 metros cúbicos de agua y permite acumular suficiente calor para 7 días seguidos sin viento, que es más de lo que se ha observado como media en la zona.

En fin, que como piensan ellos, es muy importante que gente normal tome parte en el desarrollo y control de nuestro sistema de aprovisionamiento energético, porque es la única manera de garantizar que será usado en beneficio de la gente y será entendido y controlado por la colectividad.

Ah! Y se me olvidaba: es el mayor molino de viento construido hasta la fecha en el mundo!!!

Jordi Alemany

## EL MOLÍ MÉS GRAN DEL MÓN (facsimil)

FULLS INFORMATIUS

Octubre 1979

### El molí més gran del món

#### Comissió Tècnica de l'Energia

Tvind és un complex educacional danès, situat a la costa oest de Jutlàndia —a 4 Km d'Ulfborg—, amb idees radicals tant pel que fa a l'organització social com per les fonts d'energia. Practica els principis del cooperativisme i l'ajuda mútua i ha construït el molí més gran del món, que va començar a produir electricitat el mes d'abril de l'any passat.

L'any 1974, motivats per la crisi de l'energia i l'augment del preu del petroli, decidiren fer quelcom d'útil per a millorar el seu subministre d'energia elèctrica i col·laborar amb un argument pràctic en el debat energètic. Consumien molt petroli i electricitat (per valor de mig milió de corones daneses a l'any) i decidiren construir un molí.

El pla original era fer un gran molí amb un dipòsit a la base: l'eix del qual, en girar per l'acció del vent, accionaria un agitador que escalfaria aigua per fricció.

Els treballs de construcció s'iniciaren el maig de 1975. Fou creat un grup de 30 voluntaris, que l'única cosa que tenien en comú era que mai no havien fet un molí.

Els fonaments de la base eren de 24 m de diàmetre i l'armadura del formigó pesava 40 Tm.

Per fer la torre de 53 m d'alçada empraren una grua i un elevator, que fou comprat a una empresa de construcció per un preu de 100 corones.

Els plans originals foren canviats, després de discutir-ho: era més eficient el molí per a generar electricitat.

Hom creà més grups de voluntaris per a desenrotllar les pales i el cap del molí. El pla de treball era discutit cada dia, ja que treballaven cooperativament i amb responsabilitat mútua. Buscaren l'assessorament d'enginyers, tècnics, experts, d'empreses de la construcció, d'electrònica, etc.

El cap del molí va ser realitzat en 4 mesos. Tenia unes dimensions de 15 X 5 m. El morro que aguantava les pales i contenia l'eix i els mecanismes hidràulics de variació de l'angle de les pales, va ser construït amb xapa d'acer de 5 cm.

En la construcció de la primera pala varen tardar 6 mesos. Les altres dues comportaren dos mesos cadascuna. Foren assessorats per experts en aerodinàmica i en aerogeneradors (el professor V. Hutter de la Universitat de Stuttgart). Empraren fibra de vidre armada amb polièster i costelles de fusta. Varen ser construïdes a mà, en

un motllo de fusta de 27 m, en un hangar portàtil cedit per l'exèrcit. Cala pala pesa 5 Tm i té una llargada de 27 m.

El molí treballa amb una velocitat de rotació variable per tal de maximitzar l'eficiència: això vol dir que quant més elevada és la velocitat del vent, més de pressa gira, fins a arribar a 42 r.p.m., amb vents de 15 m/s. Per dessota d'aquesta velocitat, hom controla les revolucions per mitjà de la càrrega del generador. Quan arriba a la velocitat nominal, s'empra un control hidràulic d'inclinació de les pales per a mantenir la velocitat de rotació constant. Per a velocitats del vent entre 15 i 20 m/s gira a velocitat constant. Per damunt de 20 m/s el molí es para.

L'eix del molí és de 800 mm de diàmetre i havia servit per a accionar l'hèlice d'un vaixell desmuntat. L'eix està acoblat a un limitador de parell per a la protecció dels engranatges i del generador.

La caixa d'engranatges pesa 25 TM i va ser comprada a una mina del nord de Suècia. No havia servit mai i el seu preu va ser de 50.000 corones (10 vegades menys que el seu preu de mercat). Té una relació de multiplicació de 1:19 amb una potència nominal de 1.100 Kw.

El sistema elèctric reflecteix la utilització que hom fa de la màquina: per a generar electricitat i per a escalfar aigua.

El generador (2.000 Kw, 3.000 V) dona corrent de freqüència variable, que és transformada a 440 V, rectificada a c.c. i invertida a c.a. de 50 cicles, per poder-la introduir a la xarxa de distribució. Va ser comprat de segona mà a Suècia per un cost més petit que el seu valor en pes de coure. Entre el molí i el transformador hi ha càrregues recidives, l'emmagatzematge tèrmic (escalfat amb resistències), desconnectadors i altres controls. L'excés de potència per sobre de 500 Kw és emprat per a escalfament.

El cap del molí pesa en total unes 100 Tm.

El molí disposa de diversos sistemes de seguretat: un fre de l'eix de rotació, el control variable de l'angle d'atac de les pales. A més a més d'aquests mètodes convencionals empra paracaigudes a la punta de les pales —semblants als utilitzats per alguns avions quan aterren—. Actuen en cas d'emergència, quan la velocitat de rotació és massa gran i la força centrífuga supera els embragatges magnètics.

L'aigua calenta és en un dipòsit de 25 m de diàmetre i 6 m de fons, que conté 5.000 m<sup>3</sup> i permet

acumular l'aigua calenta necessària per a 7 dies seguits en què no hi hagi vent.

El molí és controlat per un ordinador.

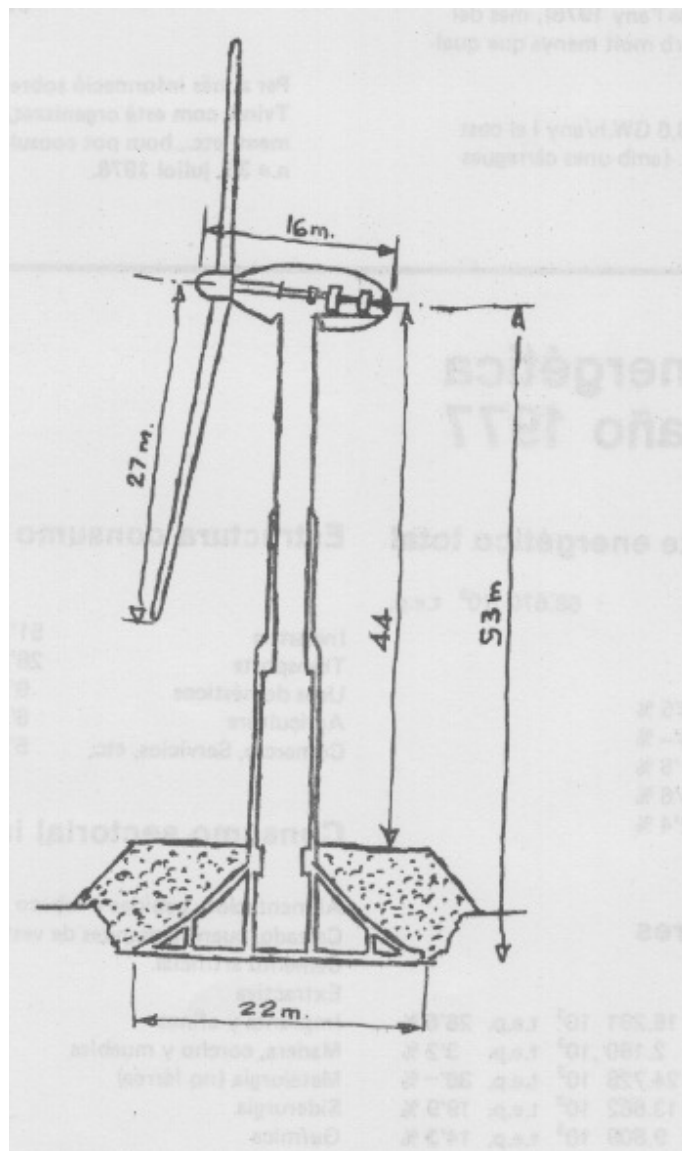
La seva construcció i muntatge finalitzaren l'abril de 1978. El cost total va ser de 6 milions de corones (uns 83,40 milions de pessetes de l'any 1978), més del doble del previst inicialment, però molt menys que qual-sevol altre comparable.

La producció del molí és de 3,6 GW.h/any i el cost del Kw-h produït és de 1,97 pts. (amb unes càrregues anuals del 8,5 %).

Està connectat a la xarxa elèctrica local, de manera que quan no hi ha vent, compren l'energia elèctrica i quan hom no consumeix tota l'energia produïda, aquesta és venuda a la companyia. En l'actualitat tenen excedents.

Josep Puig i Boix  
Sots-comissió d'energia eòlica

Per a més informació sobre el complex educacional de Tvind, com està organitzat, finançat, el seu funcionament, etc., hom pot consultar la revista AJOBLANCO, n.º 35, juliol 1978.



Font: Comissió Tècnica de l'Energia (1979) Fulls Informatius, octubre

## EL AEROGENERADOR DE TVIND O LA FUERZA DEL TRABAJO COMUNITARIO (facsimilar)



suministro de energía y colaborar a su vez con un argumento práctico y contundente en el debate antinuclear.

Las escuelas Tvind son un grupo de escuelas de iniciativa privada que reciben fondos públicos para subvencionar el trabajo del equipo de profesores al igual que el resto del sistema educativo danés, sólo que los utilizan y gestionan de distinta forma como veremos. Tienen tres tipos de escuelas: una de magisterio, la After School para alumnos de 14 y 18 y la que ellos llaman la Escuela viajera para alumnos de 18 en adelante. Estudiantes y profesores viven y trabajan de modo cooperativo combinando perfectamente las tareas intelectuales con las manuales en un sistema de enseñanza eminentemente práctico. No sólo se abastecen de buena parte de su alimento cultivando tierra y criando animales, construyendo o acondicionando por sí mismos los edificios donde se alojan, construyen barcos, pescan, cocinan, imprimen, reparan o acondicionan los vehículos que utilizan en sus viajes, sino que además aprenden prácticamente lo que significa imperialismo, multinacionales, tercer mundo, economía, energía, recursos, producción, historia geográfica, desarrollo, ecología... y para ello se mueven, salen fuera de la escuela, viajan más de la mitad del tiempo que dura el curso y conocen directamente lo que hay tras la letra impresa y las grandes palabras.

Cada curso gestiona su propio presupuesto, planifica y decide su propio programa de trabajo y el modo de desarrollarlo en asamblea de profesores y alumnos. Las decisiones que afectan al conjunto se toman siempre después de discusiones a fondo hasta llegar a un común acuerdo, sin votaciones puesto que no son partidarios del sistema parlamentario como expresión de la democracia directa que defienden.

Toda una experiencia de enseñanza diferente, directa, que lleva ya más de 10 años de existencia y que ha ido extendiéndose a otros lugares. Actualmente son ya varias las escuelas asociadas que se rigen por los mismos principios repartidas por toda Dinamarca e incluso hay intentos en Suecia, Alemania y Holanda.

En un principio el factor motivante para la construcción del molino, fue reducir su enorme gasto de fuel en calefacción: 300.000 coronas

al año. Para ello se buscó una forma ecológica de hacerlo y una fuente de energía barata y limpia.

Antes de poner en marcha el proyecto, Tvind consultó con sus vecinos. Muchos de los viejos granjeros podían recordar aún el tiempo en que tenían sus propios molinos. Así, el soporte a la idea fue abrumador.

El plan original decidido después de discutir varias ideas consistía en un gran molino con un depósito de agua en la base. El eje, al girar, accionaba un agitador que calentaba el agua mediante fricción mecánica.

Los trabajos empezaron en mayo de 1975 y el grupo de energía eólica, curiosa mezcla de estudiantes, profesores, científicos, carpinteros, ingenieros y albañiles, comenzó los trabajos de cimentación de los 24 m de diámetro de la base de la torre.

El común denominador de todos ellos era que ninguno antes había construido un aerogenerador. Vinieron jóvenes voluntarios de otros países.

Las decisiones se tomaban colectivamente en los distintos grupos de trabajo. Los treinta y tantos miembros que formaban el grupo central permanente, han obtenido una valiosa experiencia y son capaces ahora de exportar sus conocimientos a otros países.

Se buscó consejo y asistencia de ingenieros, compañías electrónicas, hidráulicas, de construcción, profesores de universidad...

Sólo la armadura del hormigón de la base pesa 40 Tm y se empezó a levantar la torre aún antes de que los planos del aerogenerador estuvieran terminados en detalle.

Al principio se utilizó hormigón ya mezclado, y al poco se vio que era mucho más barato hacer la mezcla en el lugar.

La torre tiene 53 m de altura, se construyó mediante un encofrado deslizante con la ayuda de gruesas y un elevador usado que se compró por 100 kr. tras regatear el precio inicial de 35.000 kr. Posteriormente fue utilizado como ascensor, convenientemente modificado en el interior de la torre. Se trabajó duro día y noche por turnos y se terminó la torre en diciembre del mismo año. Al mismo tiempo que se terminaba, el plan fue modificado y se vio que era más productivo y eficiente usar el molino para generar electricidad. Se dividió

en dos subgrupos; el de la cabeza y el de las palas y se buscaron más voluntarios.

Cada semana todo el grupo se reunía para planificar el trabajo asambleariamente. Se discutían los planes generales o semanales, mientras las decisiones y el plan de trabajo cotidiano se discutían en los distintos grupos.

Durante todo el tiempo que duró la realización del proyecto discutieron, buscaron y probaron soluciones acerca de como difundir el conocimiento de modo que cuando alguien tenía suficiente experiencia en alguno de los aspectos del trabajo enseñaba a otros compañeros y pasaba a otro grupo de trabajo de un modo más o menos rotativo.

Se idearon sistemas de seguridad que forzaban a tener cuidado unos de otros.

Terminaron la construcción de la cabeza (15 m por 5 m) en cuatro meses, utilizando técnicas similares a las de construcción de barcos.

El morro tenía que ser extremadamente fuerte, pues es la parte del molino que tiene que resistir mayor esfuerzo. Es de chapa de acero de 5 cm, sostiene las palas y contiene el cilindro y los ejes del sistema hidráulico de variación el ángulo de las palas. En esta parte del trabajo el grupo recibió ideas de un constructor de puentes.

Se diseñaron las palas con la ayuda técnica de expertos en aerodinámica de Ris, la agencia danesa de la energía.

El profesor Hütter de la universidad de Stuttgart, jefe del departamento de viento, sugirió usar fibra de vidrio armada con poliéster y costillas de madera.

Como no conocían el material, para adquirir la experiencia necesaria construyeron tres pequeños barcos de fibra de vidrio de 10 m de longitud, que ahora les permiten comer el pescado fresco que ellos mismos recogen.

En un principio estimaron que podían construir cada una de las palas en tres semanas. En realidad, para la primera tardaron seis meses, aunque pudieron terminar las otras dos en sólo dos.

Como la primera pala tenía poca resistencia longitudinal decidieron construirlas con malla continua de fibra de vidrio empapada en resina epoxy y poliéster esponjoso para darle más resistencia, ligereza y flexibilidad.

Fueron enteramente construidas a mano sin maquinaria pesada o automatización alguna en un hangar portátil que el ejército danés les prestó y en el que previamente hicieron un molde apropiado. Cada una pesa 5 Tm y tiene 27 m de longitud. El perfil está basado en la serie NACA 23.000; en la base el perfil es de 23021, y en el extremo de 23012.

El ángulo de las palas se varia mediante unos cilindros hidráulicos.

El rotor se diseñó para girar a 40 r.p.m. Para velocidades de viento inferiores a 44 km/h, el ángulo de inclinación de las palas se mantiene constante en la posición que da la máxima potencia. Cuando la velocidad del viento está por encima de 44 Km/h, el ángulo va variando gradualmente hasta que la velocidad es superior a 72 Km/h y entonces se para.

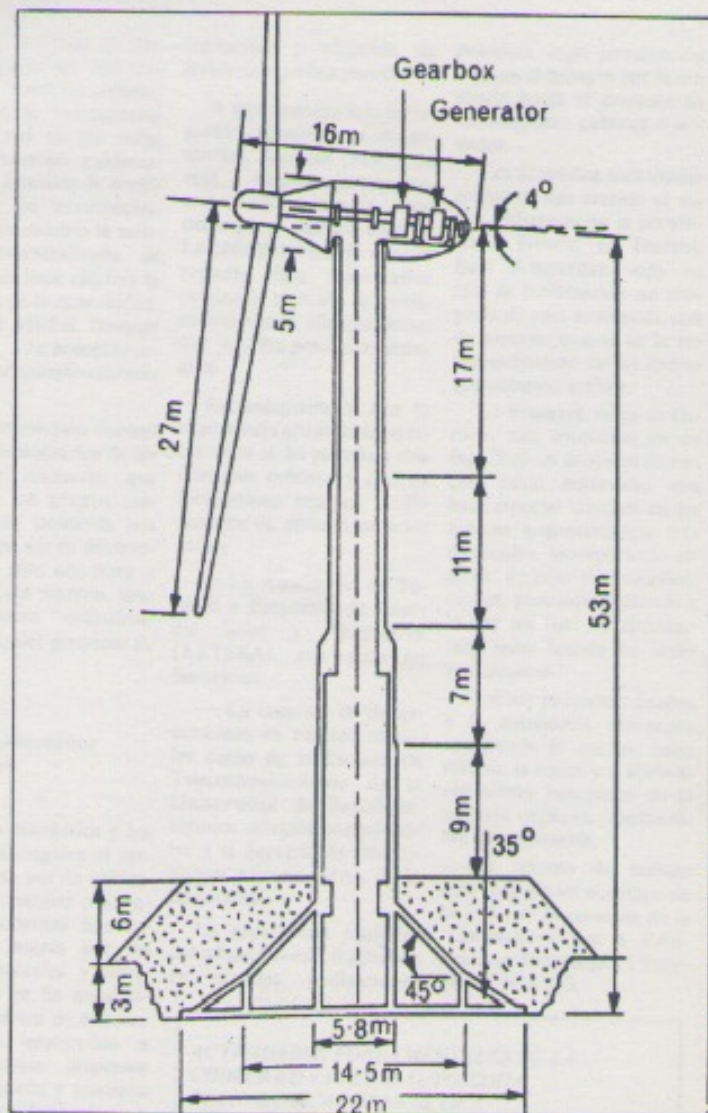
La velocidad angular nominal es de 40 r.p.m. para una velocidad de 44 Km/h, lo que representa una velocidad lineal en el extremo de las palas de 400 Km/h.

El sistema está pensado para que gire dando la máxima potencia para cada velocidad del viento. Esto se consigue controlando la carga eléctrica del generador por debajo de la velocidad nominal y variando hidráulicamente el ángulo de inclinación de las palas para mantener la velocidad nominal.

El sistema de control de emergencia de la velocidad, asunto de gran importancia en una máquina grande, tiene aspectos nuevos: además de los más o menos convencionales de freno de eje y control de inclinación de las palas, tiene paracaídas del tipo usado por los aviones para frenarlas en condiciones de emergencia por velocidad excesiva. Uno sólo de los tres paracaídas puede reducir suficientemente la velocidad.

El rotor del molino acciona el generador a través de una caja de engranajes que pasan las 40 r.p.m. a 760 r.p.m.

El eje es de 800 mm de diámetro y había servido para accionar la hélice de un viejo barco desguazado; está acoplado a un limitador de par para proteger los engranajes y el generador. La caja de engranajes de 25 tn la compraron en una mina al norte de Suecia a la décima parte del costo de una nueva. La relación de multiplica-



Esquema del aerogenerador de Tvind

ción es 1:9 y tiene una potencia nominal de 1100 KW.

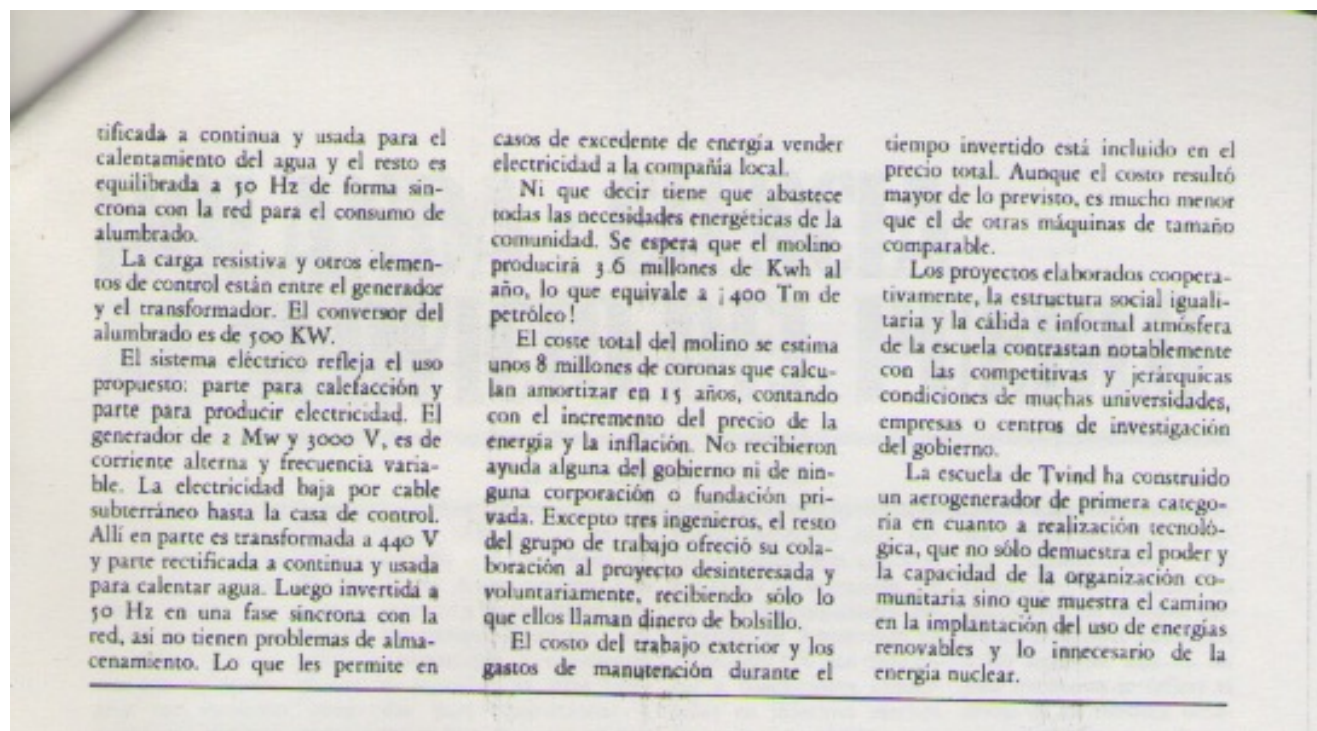
El generador es de 2 MW corriente alterna, 3000 W de frecuencia variable, que fue construido como motor sincrónico de 760 r.p.m. y se usa como generador trifásico. Lo compraron de segunda mano en Suecia a un coste inferior al valor de su peso en cobre (12 Tn). El conjunto de toda la maquinaria de la cabeza pesa 100 Tn.

En octubre del 77 se completó el trabajo. Para ello fue necesario montar las principales partes en tierra

para probarlas, antes de colocarlas en la cima de la torre por partes separadas.

La electricidad se transmite desde el generador por cable que permite dar varias vueltas por dentro de la torre. Así se aborran los anillos ya que en Dinamarca las variaciones de dirección del viento son mínimas. Se cree que como máximo hará falta desensroscar el cable una vez al año.

Los cables bajan a tierra y van enterrados hasta una estación transformadora a 440 V. Parte de ella es rec-



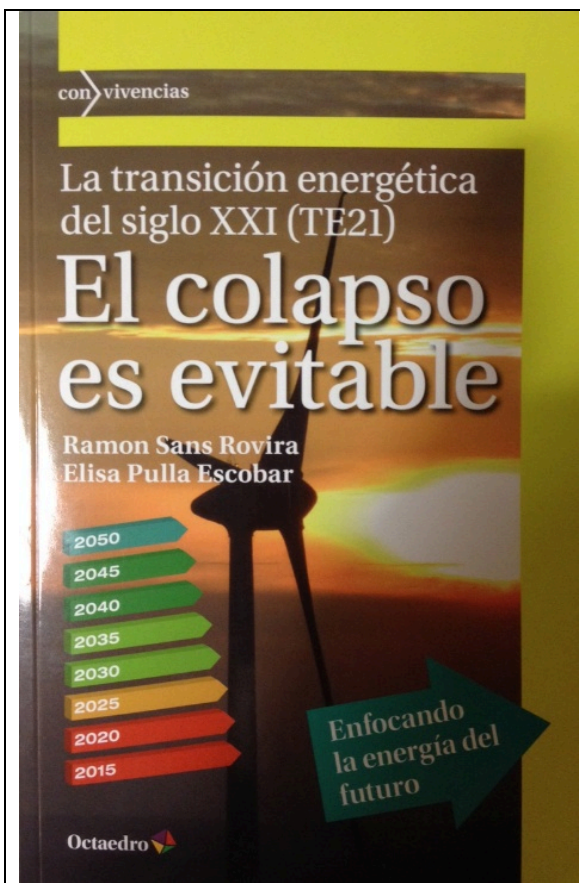
## Botiga / Llibreria

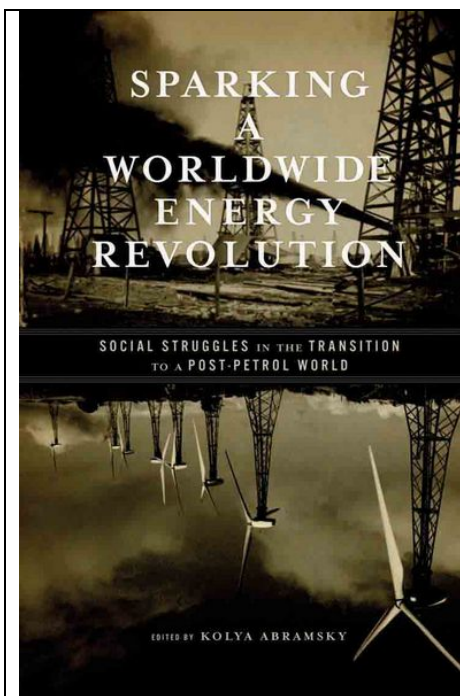
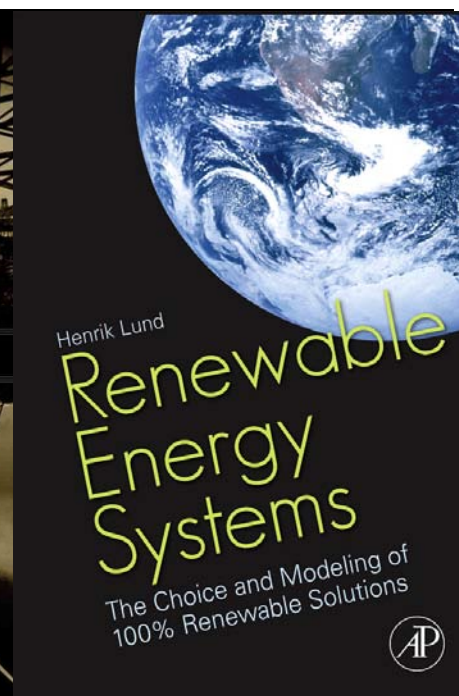
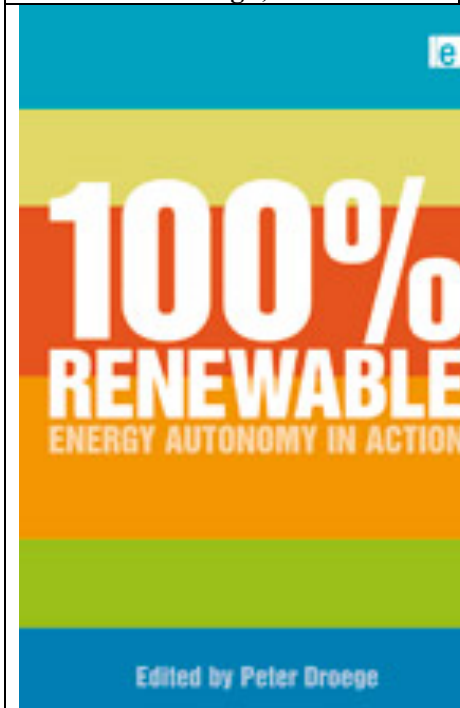
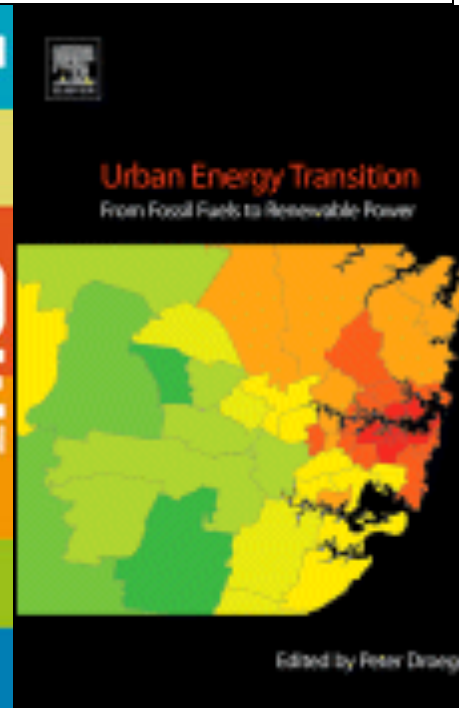
Pels lectors/lectores de Vents del Món es disposa d'un estoc de publicacions referents a energies renovables. El preu de venda és:

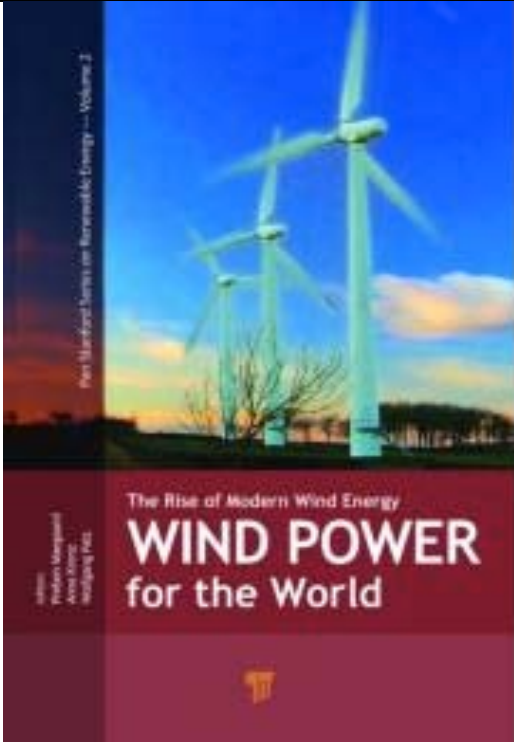
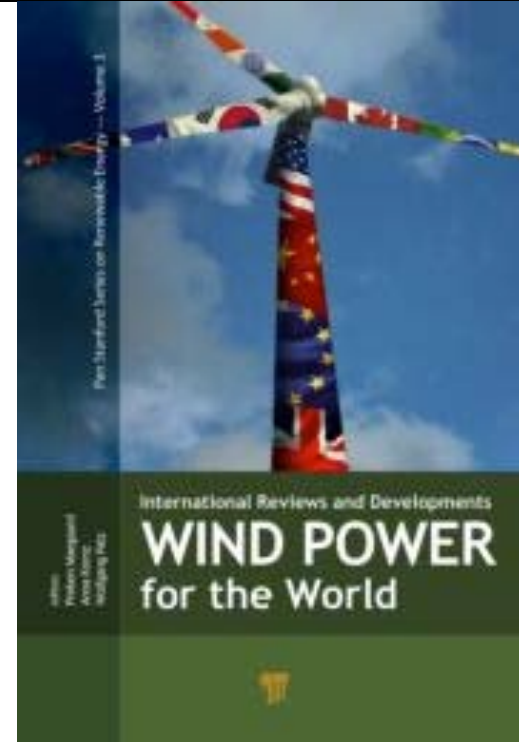
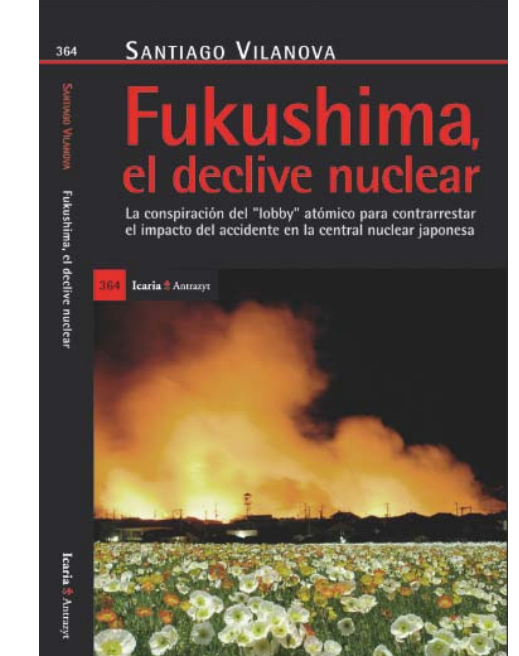
- *Urban Energy Transition* (Elsevier): 90 €
- *100% Renewable* (Earthscan): 35 €
- *Autonomía energética* (Icaria): 20 €
- *Imperativo Energético* (Icaria): 20 €
- *Radiating Posters* (WISE/Laka Foundation): 25 €
- *Wind Energy International 2007/2008* (WWEA): 40 €
- *Wind Energy International 2009/2010* (WWEA): 50 €
- *Wind Energy International 2011/2012* (WWEA): 60 €
- *La transición energética del siglo XXI (TE21). El colapso es evitable*: 21€
- *La transició energètica del segle XXI (TE21). El col·lapse és evitable*: 21€
- *Alta Tensión: Por un nuevo modelo energético sostenible, democrático y ciudadano*: 15 €

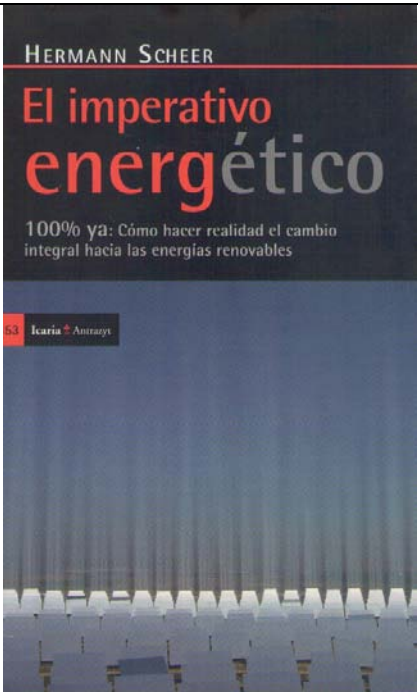
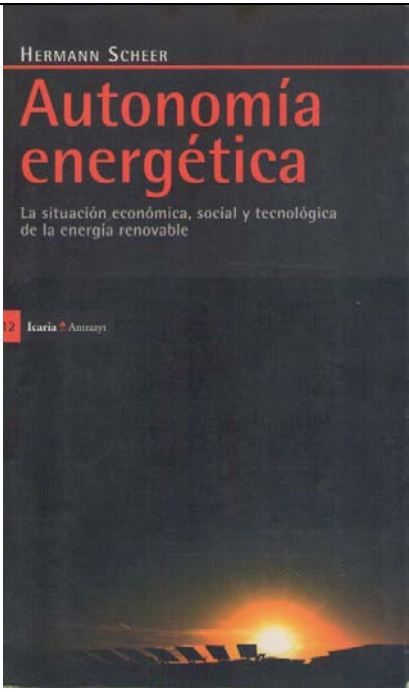
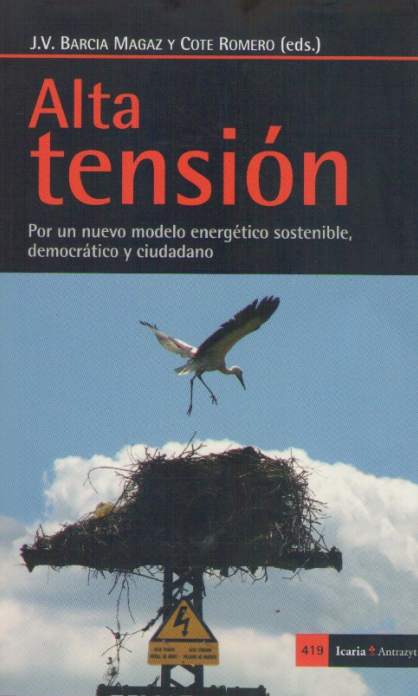
Es poden fer comandes a: [ecoserveis@energiasostenible.org](mailto:ecoserveis@energiasostenible.org)

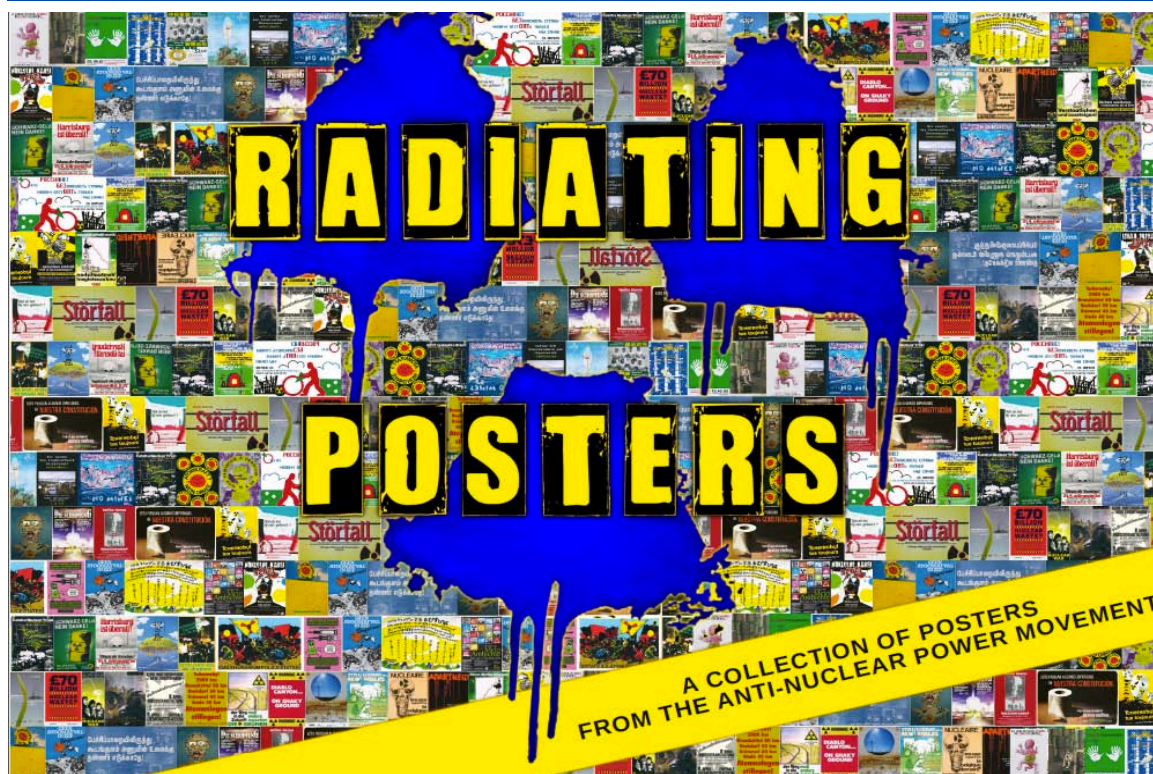
Lloc de lliurament (horari a convenir): Ecoserveis, Diputació 251, 5è., 08007 Bcn.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>con vivencias</p> <p>La transición energética del siglo XXI (TE21)</p> <h1>El colapso es evitable</h1> <p>Ramon Sans Rovira<br/>Elisa Pulla Escobar</p> <p>2050<br/>2045<br/>2040<br/>2035<br/>2030<br/>2025<br/>2020<br/>2015</p> <p>Enfocando la energía del futuro</p> <p>Octaedro</p> |  <p>Ramon Sans Rovira<br/>Elisa Pulla Escobar</p> <p>La transició energètica del segle XXI (TE21)</p> <h1>El col·lapse és evitable</h1> <p>2050<br/>2045<br/>2040<br/>2035<br/>2030<br/>2025<br/>2020<br/>2015</p> <p>Enfocant l'energia del futur</p> <p>Octaedro</p> |
| <p><b>Sans Rovira, R., E. Pulla Escobar</b><br/> <b>La transición energética del siglo XXI (TE21): El colapso es evitable</b><br/> <b>Octaedro, Barcelona, 2013</b></p>                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Sans Rovira, R., E. Pulla Escobar</b><br/> <b>La transició energètica del segle XXI (TE21): El col·lapse és evitable</b><br/> <b>Octaedro, Barcelona, 2014</b></p> <p><b>NOVETAT</b></p>                                                                                                                                                            |

|                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                           |                                             |
| <p><b>Abramsky, K., editor (2010) Sparking a Worldwide Energy Revolution: Social Struggles in the Transition to a Post-Petrol World, AK Press, Oakland, CA and Edinburgh, Scotland</b></p> | <p><b>Lund, H. (2009) Renewable Energy Systems: The Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions, Elsevier, London</b></p> |
|                                                                                                         |                                           |
| <p><b>Droege, P. (2009) 100% Renewable: Energy Autonomy in Action, Earthscan, London</b></p>                                                                                               | <p><b>Droege, P. (2009) Urban Energy Transition: From Fossil Fuels to Renewable Power, Elsevier, London</b></p>               |

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                                              |
| <p><b>Maegard, P. Et alii (2013) Wind Power for the World: The Rise of Modern Wind Energy, Pan Stanford, Singapore</b></p> | <p><b>Maegard, P. Et alii (2013) Wind Power for the World: International Reviews and Developments, Pan Stanford, Singapore</b></p>                                             |
|                                         |                                                                                            |
| <p><b>Vilanova, S. (2011) La bomba atòmica de Franco, Llibres de l'Index, Barcelona</b></p>                                | <p><b>Vilanova, S. (2012) Fukushima: La conspiración del 'lobby' atómico para contrarrestar el impacto del accidente en la central nuclear japonesa, Icaria, Barcelona</b></p> |

|                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                   |                                                             |
| <p><b>Scheer, H. (2011) El imperativo energÉTICO. 100% ya: Cómo hacer realidad el cambio integral hacia las energies renovables, Icaria Antrazyt, Barcelona, Catalunya</b></p>                     | <p><b>Scheer, H. (2009) Autonomía energética: la situación económica, social y tecnológica de la energía renovable, Icaria, Barcelona</b></p> |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                               |
| <p><b>Barcia Magaz, J.V. y C. Romero (2014), Alta Tensión: Por un nuevo modelo energético sostenible, democrático y ciudadano, Icaria Antrazyt, Barcelona, Catalunya</b></p> <p><b>NOVETAT</b></p> |                                                                                                                                               |



**Dirk Bannink (2011) Radiating Posters: A collection of posters from the global movement against nuclear power, WISE / Laka Foundation (traducció castellana del text original realitzada pel GCTPFNN), WISE / Laka Foundation / GCTPFNN**