

Sumari

SUMARI	1
A. MAPES DEL LITORAL CATALÀ I SUBESTACIONS	3
A.1. Potència eòlica instal·lada per comunitat Autònoma.....	4
A.2. Mapa de distribució “transporte ibérico 2009” de REE	5
A.2.1. Zona Nord	5
A.2.2. Zona sud	6
A.2.3. Zona Barcelona	7
A.2.4. Planificació xarxa elèctrica fins 2016	8
A.3. Mapa de proteccions de zones marines del litoral català	9
A.4. Mapa del recurs eòlic del litoral català.....	10
A.5. Subestacions.....	11
B. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DELS FABRICANTS I RECURS EÒLIC	12
B.1. Corbes de potencia segons fabricant	12
B.2. Característiques tècniques del Model V112-3.0MW	15
B.2.1. Valor Ct (coeficient de la veritat) i soroll emès per l'aerogenerador.....	15
B.2.2. Característiques transformador intern.....	17
B.3. Recurs eòlic segons emplaçament seleccionat.....	18
C. ZONES MARINES PROTEGIDES A TARRAGONA	19
C.1. Zona de construcció del parc offshore.....	19
D. DOCUMENTACIÓ ASSOCIADA A L'ANÀLISI DE SENSIBILITAT	21
D.1. Augment del cost en funció de la profunditat (m) i de la distància a la costa (km).....	22
D.2. Previsió mercat elèctric.....	23
D.3. Exemple de càlcul energètic i financer pel vèrtex 1 amb el model Vestas-3.0 sense contemplar el factor estela.....	24
E. ROSES DELS VENTS I MAPES D'UBICACIÓ DEL PARC EÒLIC MARÍ A TARRAGONA	28
E.1. Roses dels Vents	28
E.2. Distribució del vent segons direccions principals.....	30
E.3. Distribució final aerogeneradors	31



E.3.1.	Ubicació geogràfica parc offshore amb isoclines.....	31
E.3.2.	Ampliació visual de la zona del parc amb isoclines	32
E.3.3.	Ubicació del parc per zones marines protegides	33
E.3.4.	Ubicació dels molins mostrant el recurs eòlic.....	34



A. Mapes del litoral català i subestacions

A continuació es mostren els mapes de potència eòlica instal·lada per comunitat autònoma, així com els de distribució de xarxa elèctrica, per l'any 2009 i pel període 2008-2016. En aquests darrers s'exposa l'actual estat de la xarxa de distribució elèctrica, i dins de la "Planificación de los sectores de electricidad y gas 2008-2016" es mostren les noves subestacions ha construir, així com les noves línees de distribució planificades.

Tots aquests mapes es fan servir com s'esmenta a la memòria del present projecte per determinar l'emplaçament del parc eòlic marí, per aquest motiu dins d'aquest mateix annex també s'adjuntaran els mapes proporcionats per l'Atlas Eólico de España, que determinen aquelles zones més ventoses propícies per a albergar el parc i les zones protegides o reservades com a espai natural. Tanmateix es creu propici donar els recursos eòlics que estableix l'Atlas Eólico de España, per a cadascuna de les zones seleccionades.

Finalment s'adjunta una taula on s'exposen totes les subestacions (extretes dels mapes de REE) candidates a albergar l'evacuació elèctrica del parc a construir. En aquesta taula es mostren certs paràmetres com la distància mínima entre una zona apte i la subestació estudiada. S'han ombrejat aquelles subestacions que tenen la zona apte a una profunditat inferior a 100 metres de profunditat respecte el nivell del mar.



A.2. Mapa de distribució “transporte ibérico 2009” de REE

A continuació es mostren els mapes de la zona nord i sud de Catalunya i de Barcelona, es recorda que aquests s'han utilitzat per veure aquelles subestacions més properes a la costa, i que per tant eren candidates a albergar la evacuació del parc offshore.

A.2.1. Zona Nord



Fig. A.2. Mapa distribució xarxa elèctrica, zona: nord de Catalunya [Font:REE]



A.2.2. Zona sud



Fig. A.3. Mapa distribució xarxa elèctrica, zona: sud de Catalunya [Font:REE]



A.2.3. Zona Barcelona



Fig. A.4. Mapa distribució xarxa elèctrica, zona: Barcelona [Font:REE]



A.2.4. Planificació xarxa elèctrica fins 2016

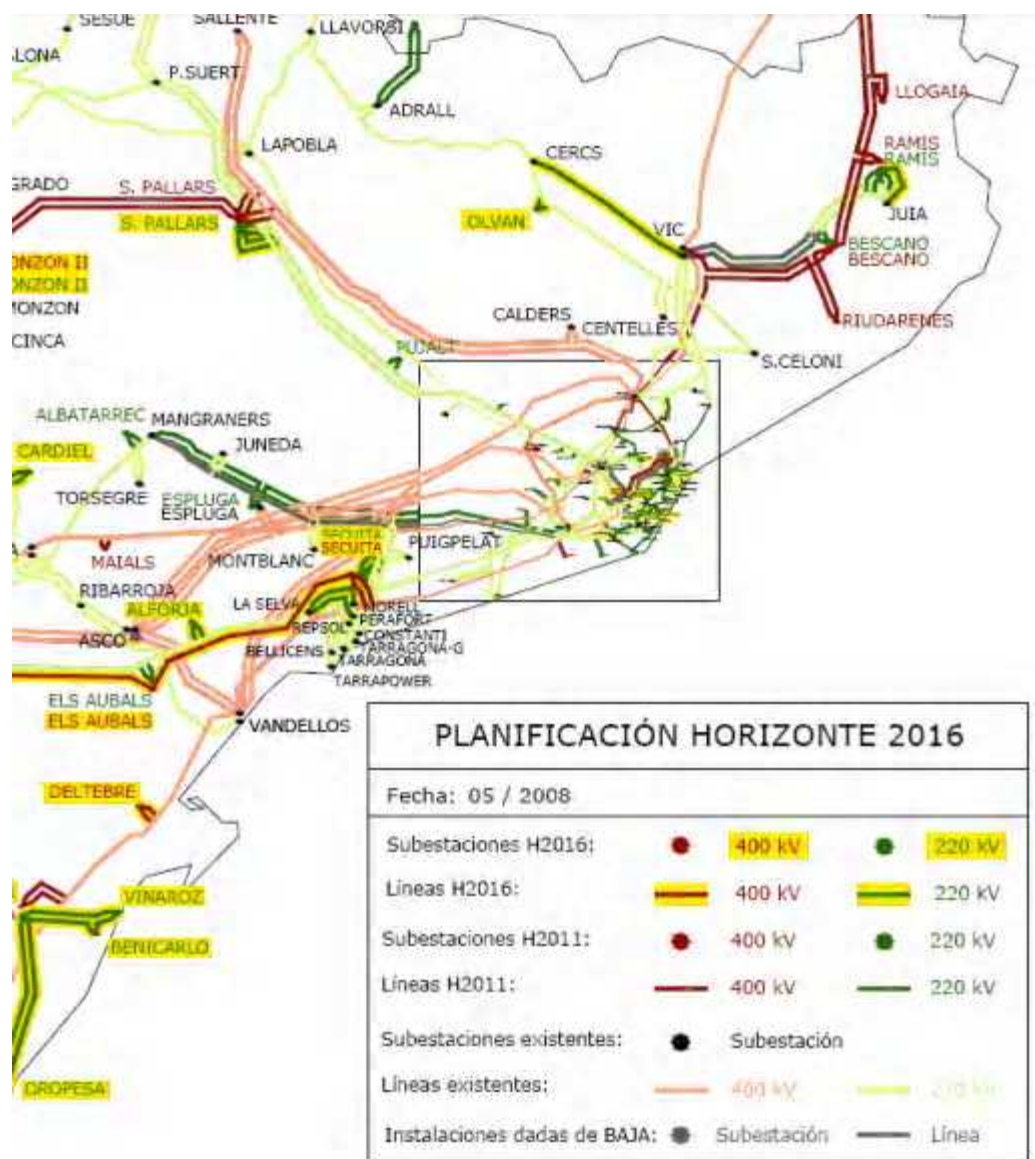


Fig. A.5. Mapa xarxa elèctrica, horitzó 2016. S'observa com a la zona de Tarragona es construirà una nova línia de 220 kV així com una de 400 kV, a part de la construcció de la nova subestació de Deltebre.



A.3. Mapa de proteccions de zones marines del litoral català

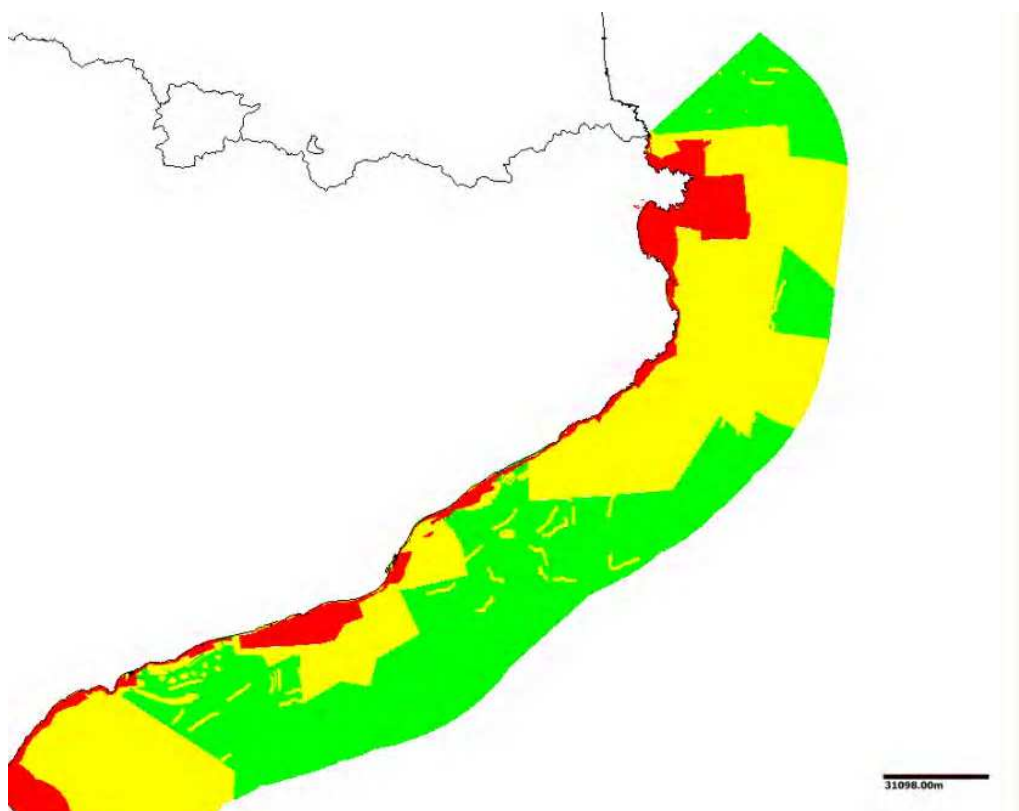


Fig. A.6. Mapa del litoral català, on s'exposen les zones aptes per a la construcció d'un parc eòlic offshore (zona verda), les zones aptes però amb condicionants (zona groga) i les zones no aptes (zona vermella). S'observa una forta protecció del litoral català, sobretot en el Cap de Creus i en el Delta de l'Ebre.

A.4. Mapa del recurs eòlic del litoral català



Fig. A.7. Mapa del recurs eòlic del litoral català mostrat per l'Atlas Eólico de España, les zones de color vermell són aquelles que posseeixen un gran recurs eòlic, mentre que les verd i blau clares són aquelles amb un menor recurs eòlic. S'observa clarament com la zona del Cap de Creus juntament amb la del Delta de l'Ebre serien aquelles amb un major recurs eòlic, però per altra banda aquestes estan fortament protegides.

La combinació o solapament del mapes del "transporte ibérico 2009" de REE, el de la planificació de la xarxa elèctrica fins al 2016, juntament amb el mapa de proteccions marines del litoral català i del recurs eòlic, permeten reduir el llistat de subestacions proposades inicialment, agafant com a criteri de preferència, aquelles subestacions que tenen una zona verda situada a menys de 100 metres de profunditat seguit del recurs eòlic.



A.5. Subestacions

Llistat de les subestacions candidates a albergar un parc offshore. Es mostra les coordenades UTM de la possible situació d'un parc dins de la zona verda o zona apte i la distància que hi hauria entre el parc i la subestació.

Localitats subestacions	Velocitat h=80m Vent (m/s)	Distància a la zona verda més propera (Km)	X (UTM)	Y (UTM)
Llança	9,46	11,37	1010951	4718267
Torre del Vent	9,46	20,3	1010951	4718267
Palafrugell	9,63	35,2	1053452	4703267
Lloret	9,47	42	1060952	4668267
Calella	6,21	10,1	1005951	4653267
Lluro	5,31	5,9	950951	4603266
Sta coloma de Gramanet	5,29	20,4	985951	4645767
Prat	5,79	8,1	935950	4583266
Foix la Geltrú	5,6	10,2	923450	4603266
Altafulla	5,83	7,8	868450	4558266
Tarragona	5,46	5,8	858450	4558266
Cambrils	5,46	13	858450	4558266
Plana del vent	5,46	22,7	858450	4558266
Vandellòs	5,46	33	858450	4558266

Taula. A.1. Llistat de subestacions candidates a l'evacuació del parc eòlic

Degut a la alta protecció marítima als voltants del delta de l'Ebre s'ha desestimat l'opció de que el parc a construir pogués evacuar l'electricitat en alguna de les subestacions properes al delta, ja que aquest s'ha de construir a una distància més que considerable de qualsevol subestació d'aquella zona tal i com mostra la Fig. A.6, fent d'aquesta manera més econòmic l'opció d'evacuar a alguna altre subestació del camp de Tarragona.



B. Característiques tècniques dels fabricants i recurs eòlic

En aquest apartat s'han volgut adjuntar tots aquells paràmetres necessaris per a la realització dels càlculs de producció d'energia. Per aquest motiu s'adjunten les característiques tècniques dels fabricants amb les dades dels recursos eòlics presentats per l'Atlas Eólico de España.

B.1. Corbes de potencia segons fabricant

RE Power 5	
Velocitat vent	Potencia Elèctrica
v [m/s]	P [kW]
3.5	53
4.0	126
5.0	352
6.0	648
7.0	1081
8.0	1638
9.0	2335
10.0	3170
11.0	4017
12.0	4755
13.0	5000
14.0 – 30.0	5000

V112-3.0 MW Vestas	
Velocitat vent	Potencia Elèctrica
v [m/s]	P [kW]
3	50
4	120
5	270
6	550
7	910
8	1350
9	1970
10	2540
11	2870
12	3000
13	3000
14.0 – 25	3000

SWT-3,6-107 Siemens	
Velocitat vent	Potencia Elèctrica
v [m/s]	P [kW]
3	0
4	131
5	276
6	507
7	824
8	1243
9	1778
10	2432
11	3082
12	3488
13	3591
14.0 – 25	3600

Taula. B.1. Corbes de potència per cadascun del models seleccionats



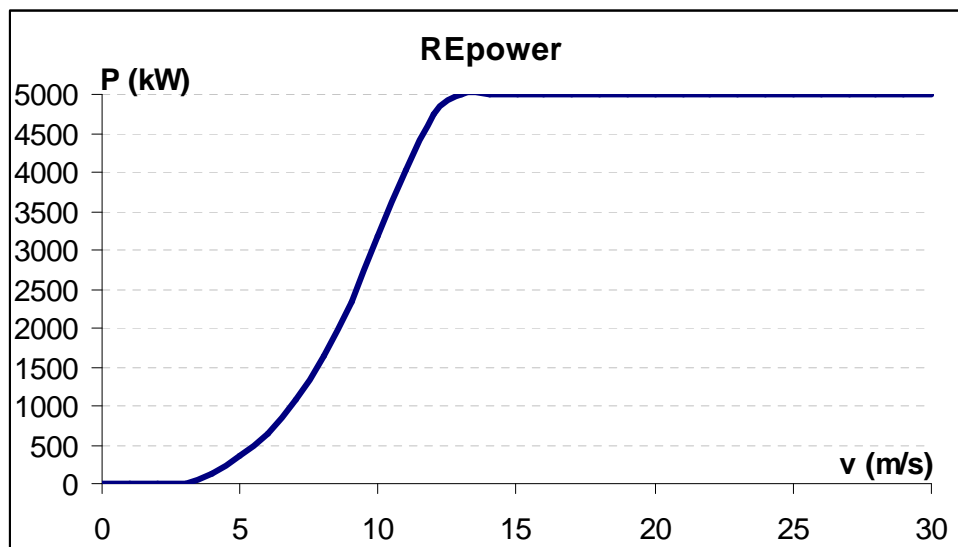


Fig. B.1. Corba de potència REpower 5M [Font: REpower]

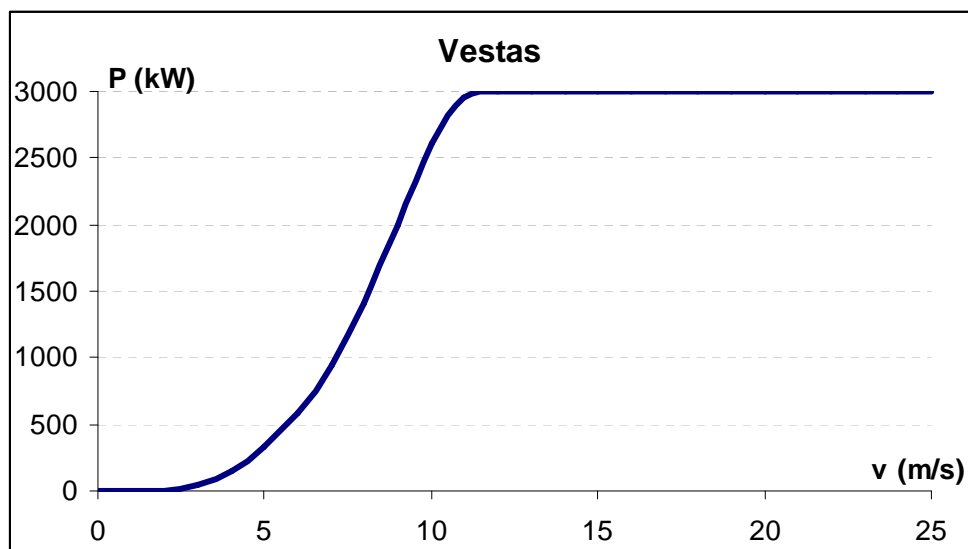


Fig. B.2. Corba de potència V112-3.0 [Font: Vestas]



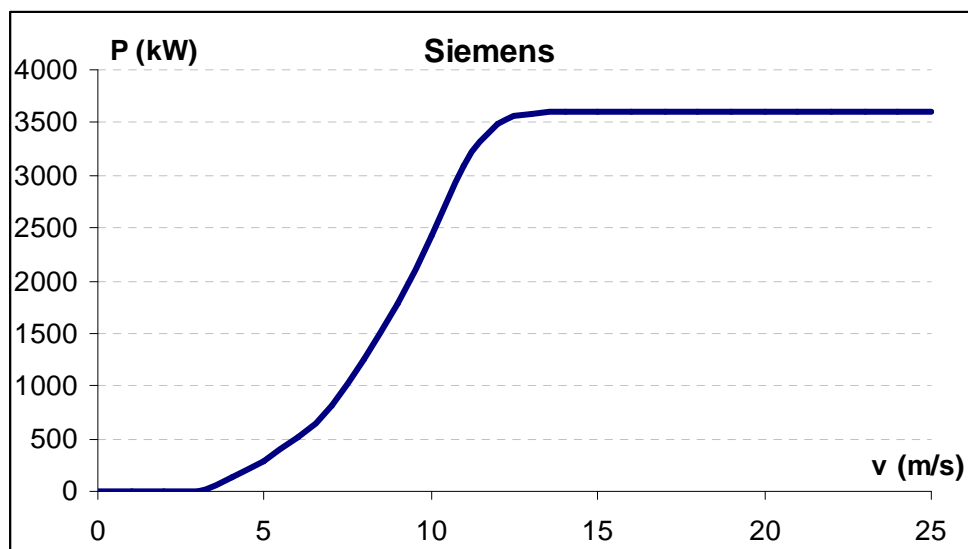


Fig. B.3. Corba de potència SWT-3.6-107 [Font:Siemens]



B.2. Característiques tècniques del Model V112-3.0MW

En aquest apartat s'exposen les característiques tècniques concretes del model de Vestas, ja que es l'aerogenerador que s'ha seleccionat per a la construcció del parc.

B.2.1. Valor Ct (coeficient de la veritat) i soroll emès per l'aerogenerador

Velocitat vent (m/s)	Ct
3,0	0,916
3,5	0,885
4,0	0,854
4,5	0,841
5,0	0,838
5,5	0,837
6,0	0,838
6,5	0,839
7,0	0,840
7,5	0,839
8,0	0,833
8,5	0,820
9,0	0,799
9,5	0,763
10,0	0,707

Taula. B.2. Valor de Ct (coeficient de la veritat) segons la velocitat del vent. En negreta es mostra el valor seleccionat per realitzar el càlcul del factor estela explicat a l'apartat 7.2.2 de la memòria. [Font: General Specification V112-3.0MW IEC IIIA]



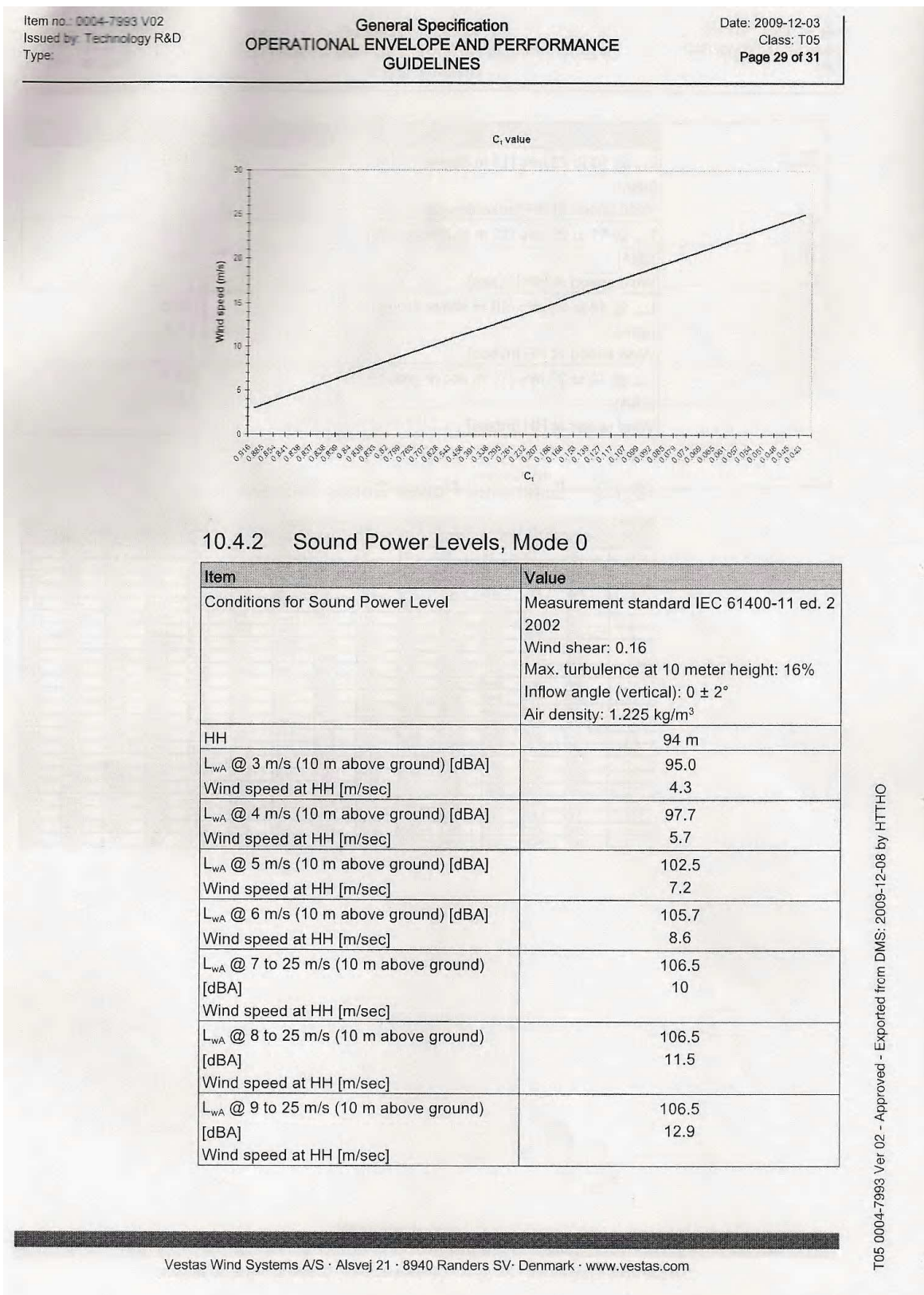


Fig. B.4. Nivell de soroll previst per l'aerogenerador V112-3.0MW [Font: General Specification V112-3.0MW IEC IIIA]



B.2.2. Característiques transformador intern

4.2 Transformer Description

The Transformer is a two winding, three-phase dry-type transformer, which is self-extinguishing. The windings are delta-connected on the high voltage side unless otherwise specified.

The low voltage winding is star connected. The low voltage system from the generator via the converter is a TN-S system, the star point of the transformer is therefore directly connected to earth.

The Nacelle auxiliary power supply is supplied from a separate 650/400V transformer.

The Transformer is located in a separate locked room in the Nacelle with surge arresters mounted on the high voltage side of the Transformer.

4.3 Transformer Data

Item	Data
Type	Dry type
Primary Voltage	Various voltages from 10 to 35 kV
Rated Apparent Power	3350 kVA
Secondary Voltage 1	650 V
Rated Power 1 at 1000 V	3350 kVA
Vector Group	Dyn5 (Dyn11 or YNyn0)
Frequency	50 Hz (60 Hz)
HV-Tappings	+/-2*2.5%
Short Circuit Impedance	8%
Insulation Class	F (155°C)
Climate Class	C2
Environmental Class	E2
Fire Behaviour Class	F1

193 Ver 02 - Approved - Exported from DMS: 2009-12-08 by HTTHO

Fig. B.5. Característiques del transformador de l'aerogenerador V112-3.0MW
[Font: General Specification V112-3.0MW IEC IIIA]



B.3. Recurs eòlic segons emplaçament seleccionat

Llançà	30m.	60m.	80m.	100m.
Velocitat (m/s)	8,64	9,19	9,46	9,68
Weibull C (m/s)	9,72	10,33	10,64	10,9
Weibull K	1,862	1,875	1,869	1,846

Iluro	30m.	60m.	80m.	100m.
Velocitat (m/s)	4,87	5,17	5,31	5,39
Weibull C (m/s)	5,5	5,83	5,97	6,02
Weibull K	1,831	1,832	1,828	1,815

El Prat	30m.	60m.	80m.	100m.
Velocitat (m/s)	5,31	5,63	5,79	5,88
Weibull C (m/s)	6,01	6,4	6,55	6,63
Weibull K	1,770	1,791	1,797	1,779

Altafulla	30m.	60m.	80m.	100m.
Velocitat (m/s)	5,35	5,67	5,83	5,92
Weibull C (m/s)	6,07	6,43	6,59	6,65
Weibull K	1,708	1,691	1,672	1,621

Tarragona	30m.	60m.	80m.	100m.
Velocitat (m/s)	4,96	5,3	5,46	5,58
Weibull C (m/s)	5,63	6	6,14	6,22
Weibull K	1,728	1,700	1,666	1,605

Taula. B.2. Recurs eòlic associat a cada un dels emplaçaments candidats.

Font: Atlas Eòlico de España



C. Zones marines protegides a Tarragona

A continuació s'adjunten aquells mapes que fan referència a l'emplaçament seleccionat de Tarragona i que puguin clarificar certs aspectes exposats a la memòria, en aquest apartat només s'exposen aspectes generals, com la àrea màxima que pot tenir el parc. La ubicació exacta dels aerogeneradors corresponen a l'annex E.

C.1. Zona de construcció del parc offshore



Fig. C.1. Marcada de forma discontinua la línia que marca els 50 metres de profunditat. L'extensió del parc podria anar d'aquesta línia cap a la costa sempre que no s'envaeixi cap altre zona que no sigui la verda

La Fig. C.1 mostra la màxima zona disponible per a la construcció del parc, aquest només es podria construir dins de la zona verda i limitat per la isoclima de 50 metres representada per una línia discontinua. Inicialment s'ha establert un límit màxim de profunditat de 50 metres,



encara que posteriorment tal i com s'explica a la memòria s'imposarà una profunditat màxima de 40 metres.



Fig. C.2. Marcada de forma discontinua la línia que marca la limitació del possible parc sense superar els 50 metres de profunditat. S'adjunta la numeració dels vèrtexs usada a la taula 5.2 de la memòria.



D.Documentació associada a l'anàlisi de sensibilitat

En aquest annex s'adjuntarà tota aquella informació rellevant que ajudi a la comprensió de l'estudi de sensibilitat. Com el sobrecost ocasionat per la profunditat així com tots els detalls dels càlculs financers.

S'ha cregut oportú incorporar un exemple concret per calcular el VAN i el TIR, ja que d'aquesta manera es creu que s'ajudarà a la comprensió del càlcul.



D.1. Augment del cost en funció de la profunditat (m) i de la distància a la costa (km).

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18
11	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18
12	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19
13	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19
14	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
15	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
16	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
17	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21
18	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21
19	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22
20	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22
21	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23
22	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
23	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
24	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24
25	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24
26	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,24	1,25
27	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
28	1,06	1,07	1,08	1,09	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
29	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26
30	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26
31	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39
32	1,18	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,40
33	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,41
34	1,20	1,21	1,22	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,42
35	1,21	1,22	1,23	1,24	1,26	1,27	1,28	1,29	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,43
36	1,22	1,23	1,24	1,25	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	1,41	1,42	1,44
37	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,32	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,43	1,45
38	1,23	1,25	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36	1,37	1,38	1,39	1,41	1,42	1,43	1,44	1,46
39	1,24	1,25	1,27	1,28	1,29	1,30	1,32	1,33	1,34	1,35	1,37	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,44	1,45	1,47
40	1,25	1,26	1,28	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,35	1,36	1,38	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44	1,45	1,46	1,48
41	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	1,54
42	1,32	1,33	1,34	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,47	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,55
43	1,33	1,34	1,35	1,37	1,38	1,39	1,41	1,42	1,43	1,45	1,46	1,47	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,55	1,57
44	1,34	1,35	1,36	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,44	1,46	1,47	1,48	1,50	1,51	1,52	1,54	1,55	1,56	1,58
45	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44	1,45	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,56	1,58	1,59
46	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,53	1,55	1,56	1,57	1,59	1,60
47	1,37	1,38	1,39	1,41	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	1,54	1,56	1,57	1,58	1,60	1,61
48	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,47	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,56	1,57	1,58	1,60	1,61	1,62
49	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44	1,46	1,47	1,48	1,50	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64
50	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,63	1,65

Taula. D.1. Cost d'inversió en funció de la profunditat (ordenades en metres) i de la distància a la costa (absises en km). Font: European Environmental Agency.



En la taula D.1 s'exposa una matriu que s'ha realitzat a través de les dades proporcionades per la European Environmental Agency. Aquesta donava per una distància a la costa determinada el sobrecost ocasionat per l'augment de la profunditat, i viceversa, per una profunditat determinada l'augment del cost d'inversió en funció de la distància a la costa. Fent un escombrat des d'una distància a la costa de 10 m fins a 100 metres el que s'obté és la matriu anterior i el gràfic següent:

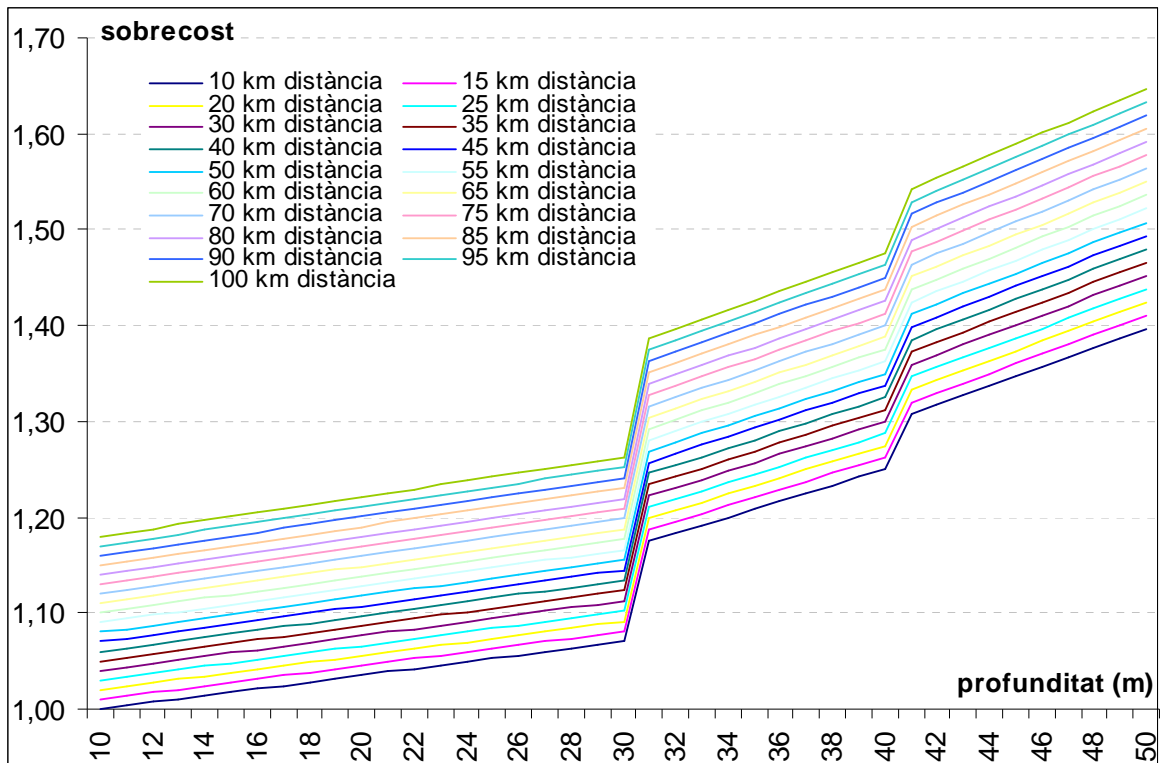


Fig. D.1. Representació del cost d'inversió en funció de l'augment de profunditat i la distància a la costa. Font: European Environmental Agency

D.2. Previsió mercat elèctric

Any	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
€/MWh	39,52	43,66	48,56	53,64	56,14	59,64	63,14	66,64	70,14	73,64	78,34
Any	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
€/MWh	83,34	84,54	86,34	88,54	89,44	91,74	95,14	95,84	98,34	100,3	

Taula. D.2. Previsió de la evolució del preu del mercat elèctric. Font: UNESA



D.3. Exemple de càlcul energètic i financer pel vèrtex 1 amb el model Vestas-3.0 sense contemplar el factor estela

Vestas		×	Weibull	×	8760 h	=	Energia
Wind speed v [m/s]	Electrical power P [kW]		p(v)				kWh
0	0		0,000E+00				0
1	0		8,040E-02				0
2	0		1,122E-01				0
3	48		1,249E-01				52518
4	151		1,243E-01				164460
5	325		1,149E-01				327213
6	580		1,004E-01				510241
7	939		8,378E-02				689134
8	1412		6,716E-02				830650
9	2001		5,195E-02				910609
10	2606		3,891E-02				888180
11	2952		2,828E-02				731277
12	2998		1,999E-02				524885
13	3000		1,376E-02				361514
14	3000		9,233E-03				242639
15	3000		6,049E-03				158976
16	3000		3,873E-03				101776
17	3000		2,425E-03				63718
18	3000		1,485E-03				39037
19	3000		8,912E-04				23420
20	3000		5,238E-04				13766
21	3000		3,018E-04				7933
22	3000		1,706E-04				4483
23	3000		9,459E-05				2486
24	3000		5,148E-05				1353
25	3000		2,751E-05				723
			Total				6.650.990

Taula. D.3. Producte matricial per l'obtenció de l'energia de l'aerogenerador

Com s'ha indicat a la memòria, primerament s'ha de determinar l'energia produïda per aquest aerogenerador, que es el producte de la funció de Weibull (el vèrtex 1 té a 90 metres d'alçada segons el Atlas Eólico de España els següents valors: c=6,1 k=1,6385 i v= 5,445 m/s) per la corba de potència del aerogenerador i per 8760 hores que té un any de no



traspàs. D'aquesta manera s'obté l'energia associada a cada interval de velocitat de vent. Sumant aquests s'obté l'energia total produïda per l'aerogenerador en un any.

Un cop s'ha calculat l'energia mitjana produïda en un any (6.651 MWh). Per determinar la retribució associada a aquesta energia hi ha dos casos possibles. El primer on la suma del preu del mercat més la prima de referència no excedeix del valor màxim (sostre). En aquest cas la retribució serà el producte de l'energia per la suma del preu del mercat més la prima de referència. El cas en el que el preu del mercat més la prima de referència excedeix del valor sostre, la retribució associada es precisament aquest valor màxim.

Per exemple, sabent que la prima màxima (sostre) es de 173,502 €/MWh i que la prima de referència es de 89,184 €/MWh si agafem el preu previst per l'any 2011 (43,66 €/MWh) veiem que:

$43,66 + 89,184 \leq 173,502$ Per tant la retribució associada serà:

$6.651\text{MWh} * (43,66 + 89,184)\text{€/MWh} = 883.545\text{€}$ Aquest exemple correspondria al primer cas plantejat.

En canvi si agafem el preu previst de mercat pel 2028 (95,84 €/MWh):

$95,84 + 89,184 \geq 173,502$ En aquest cas la retribució associada serà de:

$6.651\text{MWh} * (173,502)\text{€/MWh} = 1.153.962\text{€}$

Aquest càlcul s'ha realitzat per cada any, obtenint la següent taula de retribucions. S'ha de dir que a diferència de la eòlica onshore, la offshore no té límit inferior i que a partir del 2020 la retribució ja queda fixada pel límit superior.

Any	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Preu+prima (€/MWh)	132,844	137,744	142,824	145,324	148,824	152,324
Retribució (€)	883.545	916.135	949.922	966.550	989.828	1.013.107
Any	2016	2017	2018	2019	2020-2030	
Preu+prima (€/MWh)	155,824	159,324	162,824	167,524	173,502	
Retribució (€)	1.036.385	1.059.664	1.082.942	1.114.202	1.153.962	



Per altra banda, el vèrtex 1 està situat a una profunditat d'uns 27 metres, i a una distància

Taula. D.4. Evolució de la retribució durant el període de vida útil dels aerogeneradors

inferior a 10 km de la costa amb coordenades UTM (857649, 4558466). Així que el sobrecost relacionat per aquestes variables tal i com es determina a la taula D.1 seria de 1,056. De manera que un cop s'hagi trobat el cost de la inversió, aquest s'haurà de multiplicar per aquest coeficient corrector.

Un cop determinada la retribució, per poder realitzar els càlculs del VAN i el TIR, es necessita determinar l'inversió a realitzar així com els costos variables. En aquest exemple s'han agafat els costos d'inversió proposats per l'escenari Rodsand II (taula 6.1 de la memòria) i els costos variables definits en la taula 10.2 de la memòria, que donaven un total de 34€/MWh (a aquests costos se'ls hi aplica l'IPC en l'anàlisi financer. En l'anàlisi de sensibilitat, com que l'objectiu es establir l'emplaçament idoni, no s'ha contemplat l'augment de l'IPC amb la finalitat de simplificar càlculs).

D'aquesta manera la inversió a realitzar segons l'escenari Rodsand II seria de 5.741.000€. Com s'ha comentat anteriorment aquesta inversió s'ha de corregir multiplicant-la pel factor corrector: $5.741.000 \text{ €} * 1,056 = 6.062.496 \text{ €}$.

Un cop definits tots els paràmetres, a continuació s'adjunta una taula resum on s'exposa tot el que s'ha comentat anteriorment. Simplement recordar que en aquest exemple no s'ha considerat el factor estela però si l'augment del 3,2% de l'IPC.

Any	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Retribució		883.545	916.135	949.922	966.550	989.828	1.013.107	1.036.385
Costos OiM		226.134	233.370	240.838	248.545	256.498	264.706	273.177
Inversió	6.062.496	0	0	0	0	0	0	0
Flux de caixa	-6.062.496	657.411	682.765	709.084	718.005	733.330	748.401	763.208
Any	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Retribució	1.059.664	1.082.942	1.114.202	1.153.962	1.153.962	1.153.962	1.153.962	1.153.962
Costos OiM	281.919	290.940	300.250	309.858	319.774	330.006	340.567	351.465
Inversió	0	0	0	0	0	0	0	0
Flux de caixa	777.745	792.002	813.952	844.104	834.188	823.956	813.395	802.497
Any	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Retribució	1.153.962	1.153.962	1.153.962	1.153.962	1.153.962	1.153.962		
Costos OiM	362.711	374.318	386.296	398.658	411.415	424.580		
Inversió	0	0	0	0	0	0		
Flux de caixa	791.250	779.644	767.665	755.304	742.547	729.382		

Taula. D.5. Evolució dels principals factors que permetran el càlcul del VAN i TIR.

Si es calcula el **VAN** mitjançant la següent fórmula s'obté un valor de **2.829.687 €** i el **TIR** que mostra la taxa per la qual fa zero el VAN, dona un resultat del **10,96%**.



$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

[Ec D.1] On V_t es el flux de caixa, I_0 la inversió inicial, k la taxa del 6%, i t el nombre danys.

$$\text{NPV} = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

[Ec. D.2] On NPV es el VAN, C_n el flux de caixa i r el valor del TIR que s'està cercant.

Finalment es voldria esmentar que aquest càlcul s'ha extrapolat a la resta de molins, i que per obtenir la inversió definitiva s'ha tingut en compte la disminució de velocitat causada pel factor estela així com l'augment del 3,2% de l'IPC anual. Donant d'aquesta manera uns ratis financers globals del projecte (VAN i TIR) més acurats. Aquests resultats s'han exposat a la taula 10.3 de la memòria.



E. Roses dels Vents i mapes d'ubicació del parc eòlic marí a Tarragona

En el present apartat dels annexes s'exposarà tota la informació utilitzada de cara a la ubicació dels aerogeneradors en la zona de Tarragona. Es mostraran les roses dels vents per saber les direccions dels vents principals, el recurs eòlic per cada aerogenerador, així com s'adjuntaran mapes extrets de l'Atlas Eólico de España que mostraran la distribució i ubicació final dels aerogeneradors.

E.1. Roses dels Vents

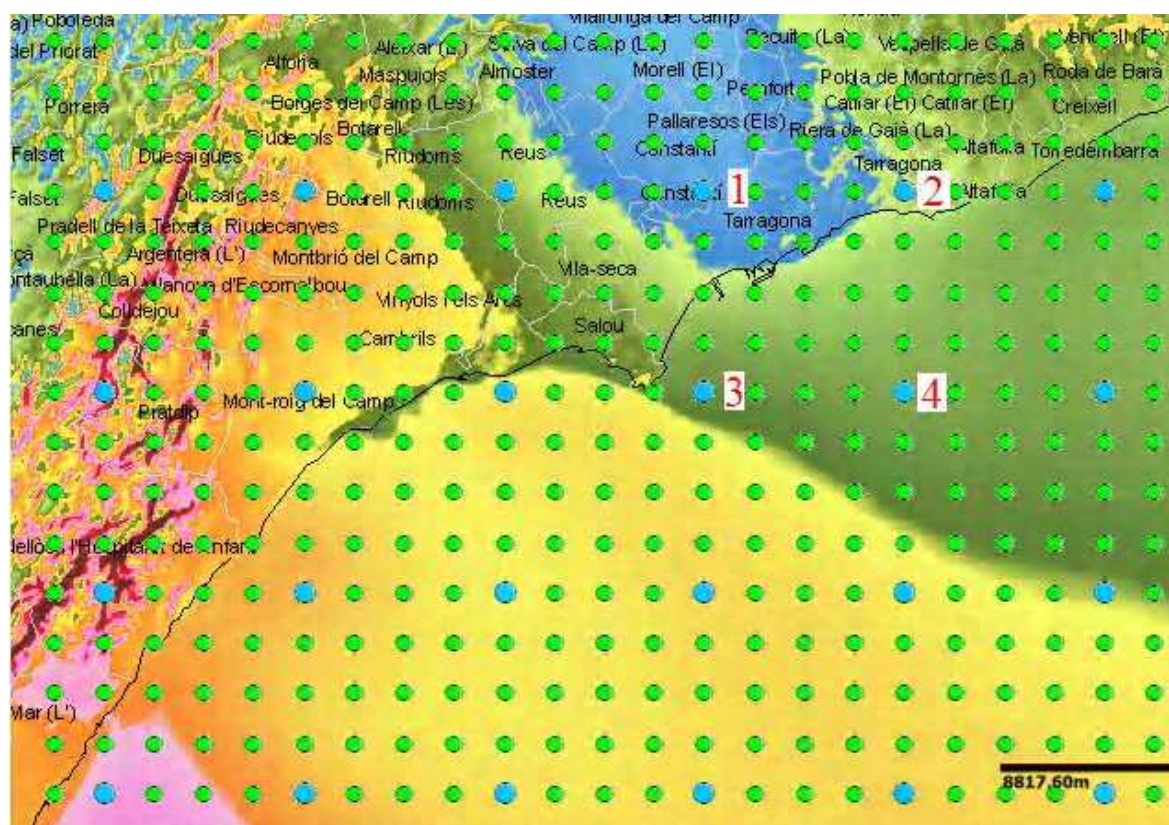


Fig. E.1 Mapa on es mostren els nodes (en blau i numerats en vermell) don s'han extret els models de roses del vent. El parc a construir quedaria en mig d'aquests 4 nodes



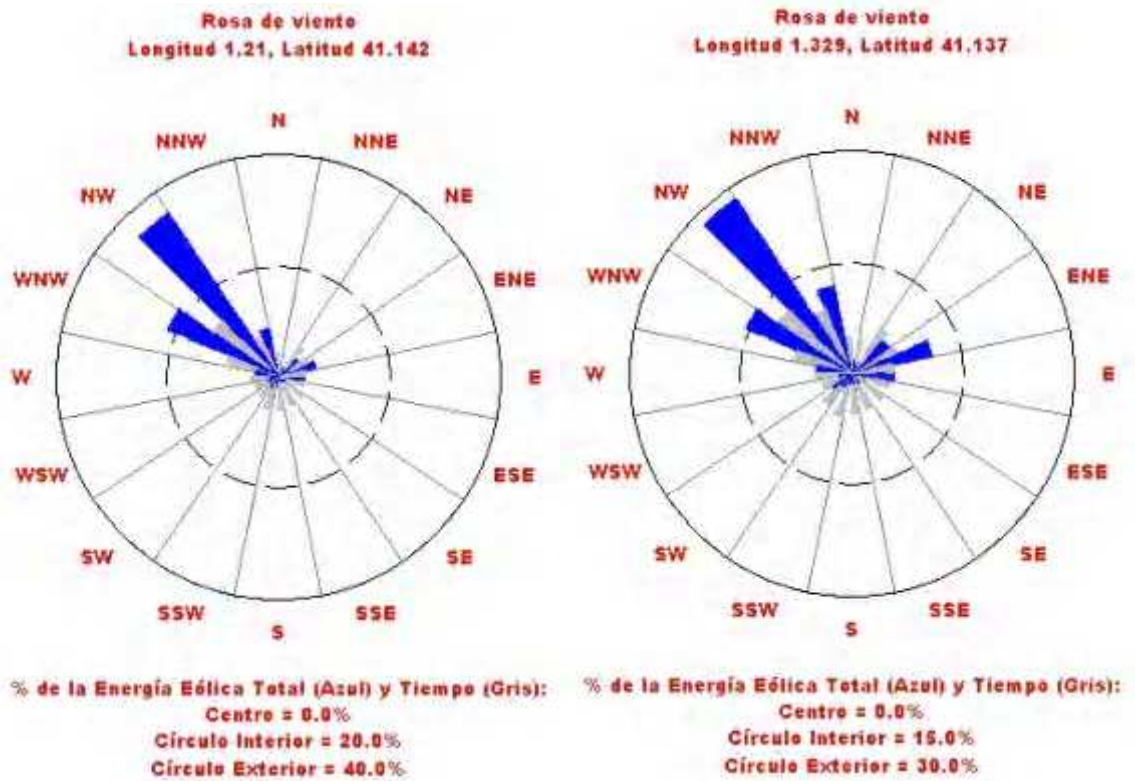
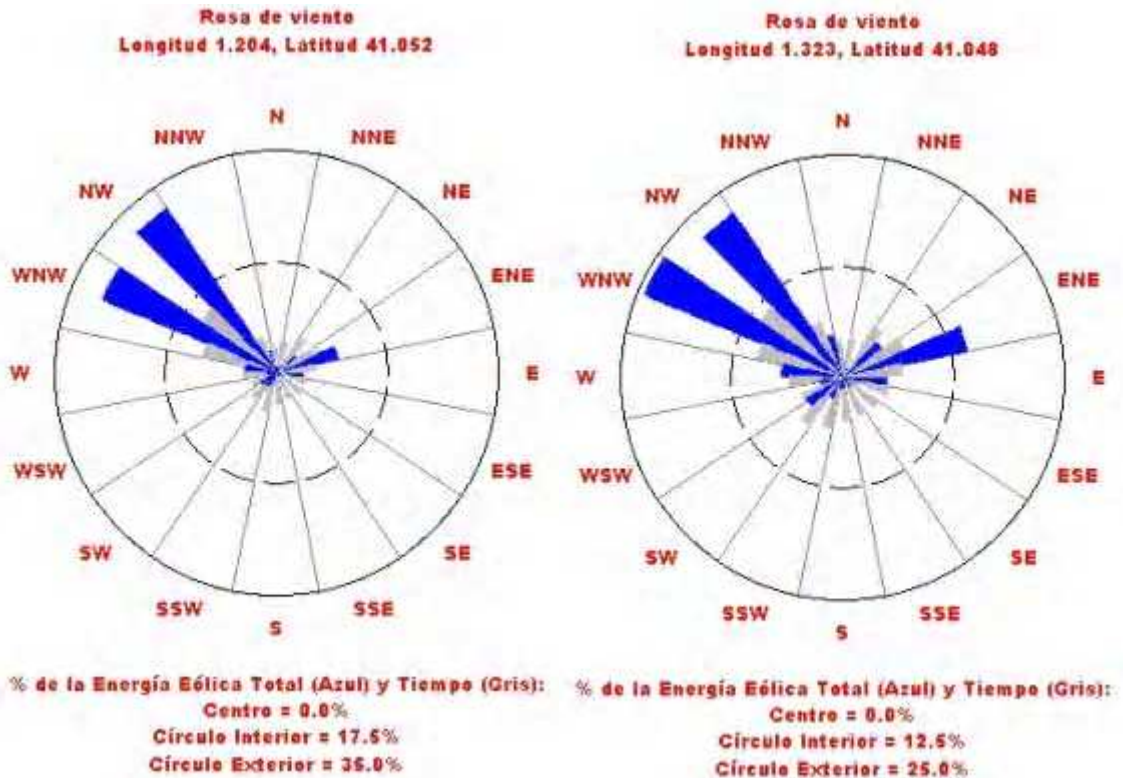


Fig. E.1 Rosa dels Vents del punt 1,2, (superior) 3 i 4 (inferior). Mirar Fig. E.1. [Font: Atlas Eòlic de España]



E.2. Distribució del vent segons direccions principals

Direcció	Freqüència (%)	Velocitat (m/s)	Potencia (%)	Weibull C (m/s)	Weibull K
N	5,01	4,029	1,58	4,574	1,864
NNE	5,86	4,330	1,79	4,851	1,907
NE	5,88	4,389	5,16	5,999	1,792
ENE	7,49	5,519	12,07	7,337	1,479
E	6,15	5,624	5,91	6,324	1,629
ESE	5,24	4,248	1,72	4,814	2,075
SE	5,44	3,817	1,52	4,562	2,068
SSE	4,8	3,146	1,19	4,341	2,016
S	4,94	3,964	1,39	4,482	1,959
SSW	6,8	4,253	2,34	4,992	1,951
SW	5,59	4,256	3,48	5,446	1,665
WSW	4,33	4,537	2,04	5,065	1,732
W	5,47	5,104	6,42	6,551	1,582
WNW	10,25	6,046	21,14	8,314	1,63
NW	10,65	6,088	24,74	8,498	1,808
NNW	6,1	5,168	7,53	6,631	1,924

Taula. E.1. Distribució del recurs eòlic a les coordenades geogràfiques corresponents a la primera rosa dels vents de la pàgina anterior (Longitud: 1,21; Latitud 41,052). Font: Atlas Eólico de España. S'observa clarament un predomini de la direcció NW i WNW.



E.3. Distribució final aerogeneradors

A continuació s'exposen els mapes perquè hom es pugui fer una idea de l'emplaçament geogràfic del parc així com de les zones marine protegides

E.3.1. Ubicació geogràfica parc offshore amb isoclines



Fig. E.2. Amb els marcadors del programari de l'Atlas Eòlic de España es mostra la ubicació exacta de cada aerogenerador mostrant que queda comprès entre la isoclina de 20 metres i la de 50.



E.3.2. Ampliació visual de la zona del parc amb isoclines

Aquesta imatge permet veure a major escala l'emplaçament exacte del parc i de cada aerogenerador. S'observa clarament com amb una distància inferior a 4km la profunditat del nivell del mar ja supera la isoclina dels 50 metres.

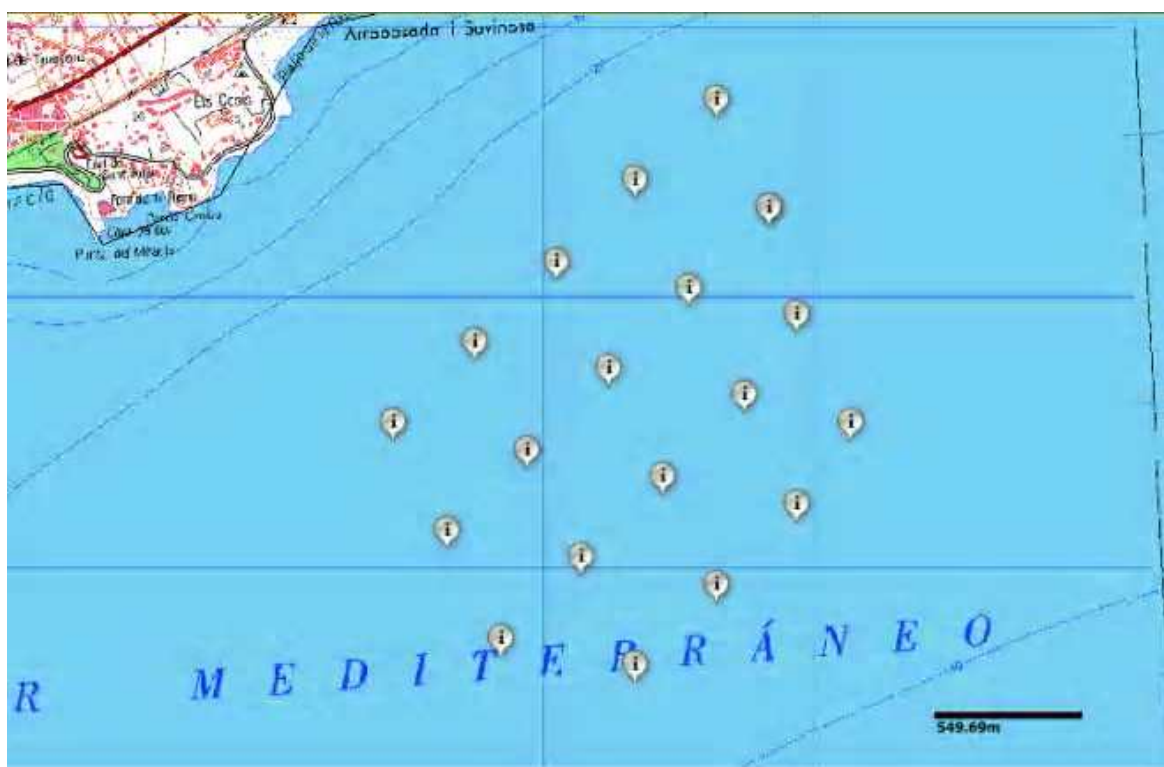


Fig. E.3. Ampliació de la Fig. E.2



E.3.3. Ubicació del parc per zones marines protegides

Mitjançant aquest mapa es quan s'entén el motiu de la forma geomètrica d'aquest. Ja que la ubicació dels aerogeneradors s'ha d'adaptar a la zona apte però sense superar els 50 metres de profunditat.

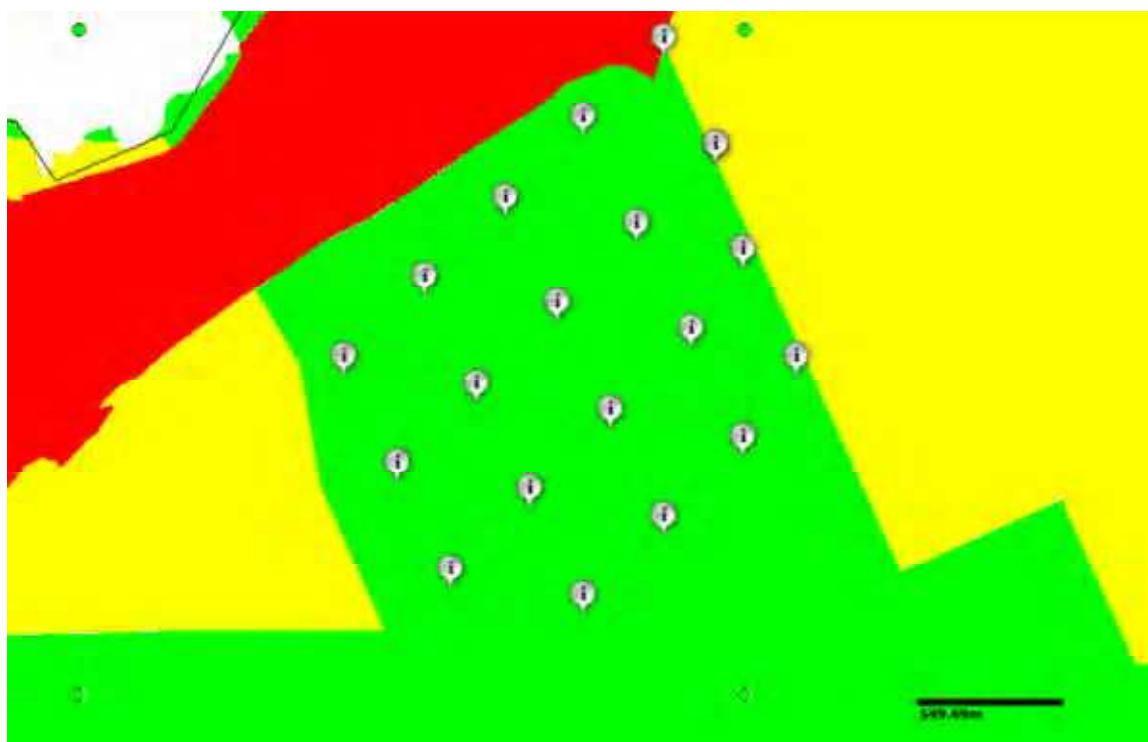


Fig. E.4. Mateixa imatge que la Fig. E.3 però mostrant les zones marines protegides



E.3.4. Ubicació dels molins mostrant el recurs eòlic

En aquest darrer gràfic, a part de voler mostrar la combinació entre la distribució dels aerogeneradors i el recurs eòlic, també s'ha de destacar el canvi en la velocitat del vent en passar de la costa (superfície rugosa) a la zona marina (superfície llisa), ja que s'observa un canvi de color de blau a verd on aquest darrer representa una major velocitat del vent i conforme hom s'endinsa cap al mar aquest color verd es va fent més fort, senyal de que el recurs eòlic augmenta.



Fig. E.5. Mateixa imatge que la Fig. E.3 però mostrant les zones marines protegides

