

Anàlisi de l'episodi de vent sever del 24 de gener del 2009 al massís de Garraf

Jordi Mazón i David Pino

Departament de Física Aplicada. Universitat

Politécnica de Catalunya

Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i

Aeroespacial de Castelldefels

Resum

El 24 de gener del 2009, la formació d'una ciclogènesi explosiva al sud de França va provocar un temporal de vent molt fort a Catalunya. Dues de les zones més afectades foren el litoral i el prelitoral central, i entre aquestes el massís de Garraf. Mitjançant l'anàlisi de les estacions meteorològiques dels voltants i de dins dels parcs del Garraf i d'Olèrdola, s'ha descrit l'episodi al massís i s'ha calculat el període de retorn per a vents com els registrats, i la probabilitat d'ocurrència, mitjançant la funció de distribució de Gumbel i Poisson. Per la manca d'estacions en el massís de Garraf, s'ha simulat el comportament del vent (direcció i velocitat) amb el model numèric de mesoscalar MM5 a l'àmbit del massís, observant el comportament del vent en diferents punts d'aquesta serralada, fins a una resolució d'1 km.

Paraules clau

Temporal de vent sever, simulació numèrica, MM5, distribució de Gumbel i Poisson, període de retorn

Resumen

Análisis del episodio de viento severo del 24 de enero de 2009 en el macizo de Garraf

El 24 de enero de 2009, la formación de una ciclogénesis explosiva en el sur de Francia provocó un temporal de viento fortísimo en Cataluña. Dos de las zonas más afectadas fueron el litoral y prelitoral central, y entre ellas el macizo de Garraf. Mediante el análisis de las estaciones meteorológicas de los alrededores y del interior de los parques del Garraf y de Olèrdola, se ha descrito el episodio en el macizo y se ha calculado el periodo de retorno para vientos como los registrados, y la probabilidad de ocurrencia, mediante la función de distribución de Gumbel y Poisson. Dada la falta de estaciones en el macizo de Garraf, se ha simulado el comportamiento del viento (dirección y velocidad) con el modelo numérico de mesoscalar MM5 al ámbito del macizo, observando el comportamiento del viento en diferentes puntos de esta sierra, hasta una resolución de 1 km.

Palabras clave

Temporal de viento severo, simulación numérica, MM5, distribución de Gumbel y Poisson, periodo de retorno

Abstract

Analysis of the Episode of Severe Gales on 24 January 2009 in the Garraf Massif

On 24 January 2009, the formation of an extratropical cyclone in the south of France caused very severe gales in Catalonia. Coastal and pre-coastal areas were the worst affected, and these included the Garraf Massif. Through an analysis of the weather stations in and around the Garraf and Olèrdola Parks, the episode occurring in the massif has been described and the return period for winds like those recorded has been estimated, as has the probability of occurrence using the Gumbel and Poisson distribution function. Given the lack of stations in the Garraf Massif, wind behaviour (direction and speed) was simulated by applying the MM5 mesoscale numerical model to the massif and observing wind behaviour at different points in it, to a resolution of one kilometre.

Keywords

Severe gales, numerical simulation, MM5, Gumbel and Poisson distribution, return period

Introducció

L'episodi de vent sever que va afectar el terç nord de la península Ibèrica va estar causat per la formació d'una ciclogènesi explosiva sobre l'Atlàntic, que ràpidament es va desplaçar pel nord del Cantàbric i el sud de França i va impulsar vents molt forts de component nord-oest sobre Catalunya. Zones climàticament poc ventoses, com ara el litoral i el prelitoral central català, es van veure afectades per vents que van superar els 100 km/h de forma constant durant hores i que van provocar destrosses generalitzades a molts municipis i als boscos de les serralades d'aquesta zona, com és el cas dels parcs del massís de Garraf i d'Olèrdola.

El fenomen de la ciclogènesi explosiva es defineix per a les nostres latituds (Sanders *et al.*, 1980) quan la pressió baixa 20 hPa en 24 h en el si d'una depressió. En el cas de l'episodi del 24 de gener de 2009, la pressió va baixar entre 34 hPa i 36 hPa (Agència Estatal de Meteorologia, 2009; Servei de Meteorologia de Catalunya, 2009).

Dades de superfície

La manca d'estacions meteorològiques amb mesura de vent a l'interior dels parcs del Garraf i d'Olèrdola fa que a l'hora de fer una estimació de la velocitat del vent haguem de recórrer a

les estacions meteorològiques oficials del Servei Meteorològic de Catalunya del voltant del massís. La **figura 1** mostra el mapa d'aquestes estacions, i la **taula 1**, la ratxa màxima enregistrada.

Taula 1. Ratxa màxima a les estacions oficials del voltant del massís

Estació	Ratxa màxima (km/h)
Begues PN	131 (315°)
St. Pere de Ribes PN	51 (300°)
Font Rubí	140 (313°)
Viladecans	80 (258°)
Cunit	89 (290°)
El Montmell	102 (295°)
El Veldrell	102 (293°)

Les dades de superfície no ens permeten fer-nos una idea de fins a quin punt el vent va afectar el massís ni tampoc de les velocitats màximes que es van assolir a les zones més elevades. La simulació de l'episodi permet fer una estimació de la velocitat i la direcció del vent al voltant del massís. En la secció 3, es descriu el model i la simulació que es van dur a terme.



Figura 1. Estacions oficials del Servei Meteorològic de Catalunya al voltant del massís de Garraf.

Simulació de l'episodi

Per tal d'analitzar la direcció i la velocitat d'aquest episodi de vent sever al voltant del massís de Garraf i poder fer una estimació de la velocitat a les zones més elevades, s'ha utilitzat la cinquena generació del Model de Mesoscala PennState-NCAR (Grell *et al.*, 1994; Dudhia, 1993) i s'han definit quatre dominis (figura 2) amb una resolució de 27 km, 9 km, 3 km i 1 km. El domini més petit s'ha centrat sobre el massís de Garraf. Les condicions inicials pro-

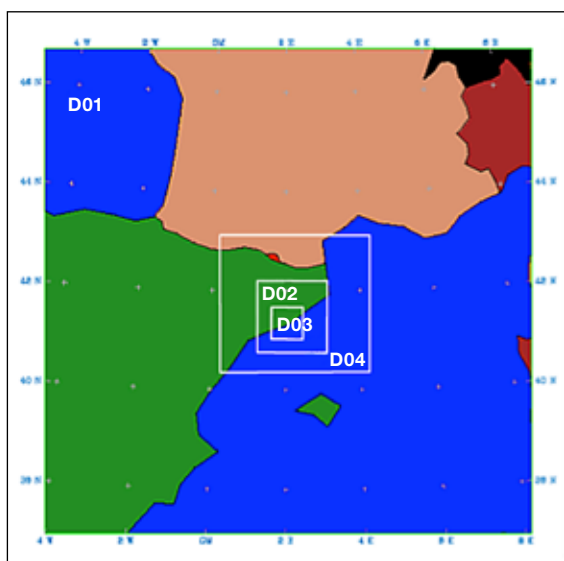


Figura 2. Dominis. El domini 4 es troba sobre el massís de Garraf.

venen de l'European Centre Medium Weather Forecast (ECMWF), amb un interval de temps de 6 h. Els dominis reproduïen la topografia i els usos del sòl a partir d'una base de dades amb 30 s de resolució per a dos dominis i d'1 min per als altres dos.

Les figures 3 i 4 mostren el camp de vent en els quatre dominis definits anteriorment, a les 10 UTC del 24 de gener de 2009, moment en què el vent presentava la màxima intensitat.

En tots els dominis s'observa un flux marcat i constant del nord-oest, que va afectar el massís de Garraf.

En la figura 4 es pot observar la velocitat del vent segons la simulació. Els punts més elevats i els vessants de les muntanyes orientades al nord-oest són els que mostren uns valors més elevats (color morat i vermell), mentre que les valls protegides per sistemes muntanyosos mostren uns valors més baixos.

Entre les 11 UTC i les 12 UTC es van enregistrar els valors més elevats pel que fa a la velocitat del vent al cim del massís, fins al punt que es van superar els 140 km/h.

Per tal d'analitzar amb més detall la velocitat i la direcció del vent al voltant del lloc de l'accident, s'ha obtingut la velocitat del vent al llarg d'un tall seguint la direcció nord-oest, d'on prové el flux dominant i que el model reproduïx correctament. La figura 5 mostra la sortida del model en aquest tall.

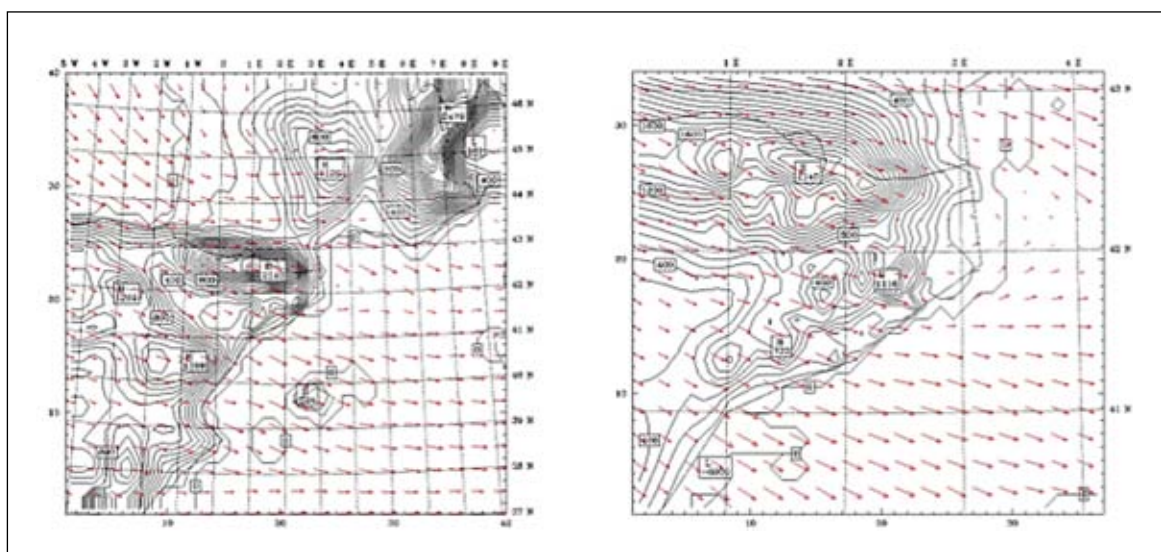


Figura 3a. A l'esquerra (domini 1) s'aprecia un gir ciclònic de l'aire amb una baixa situada més al nord, al centre de França cap a les 10 UTC. A la dreta (domini 2), s'observa un flux del nord-oest sobre la costa i el prelitoral central.

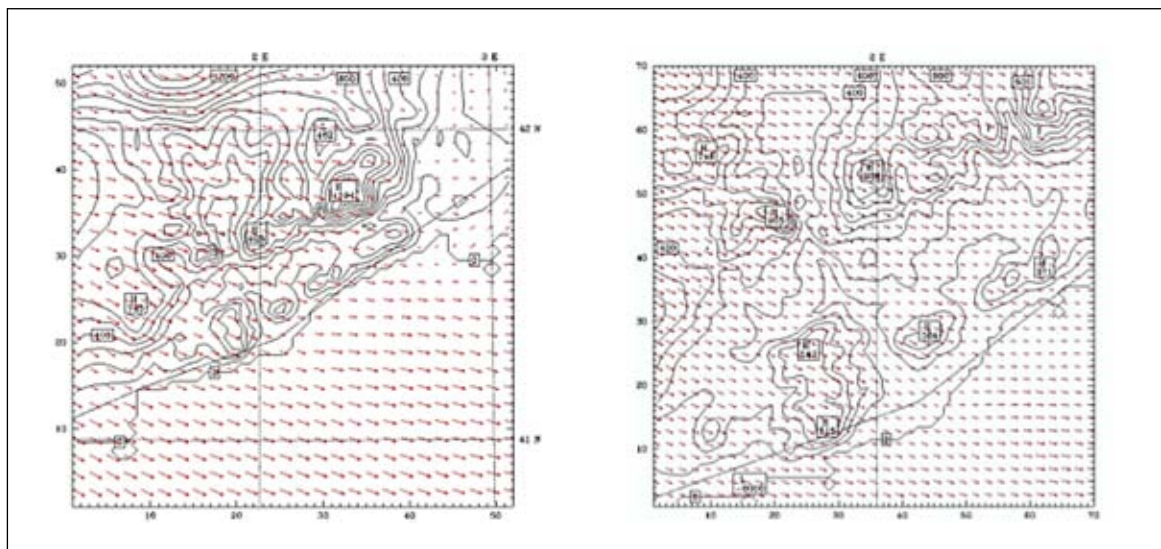


Figura 3b. En els dominis 3 i 4 de la simulació (esquerra i dreta, respectivament), s'observa un flux del nord-oest sobre el lloc d'estudi.

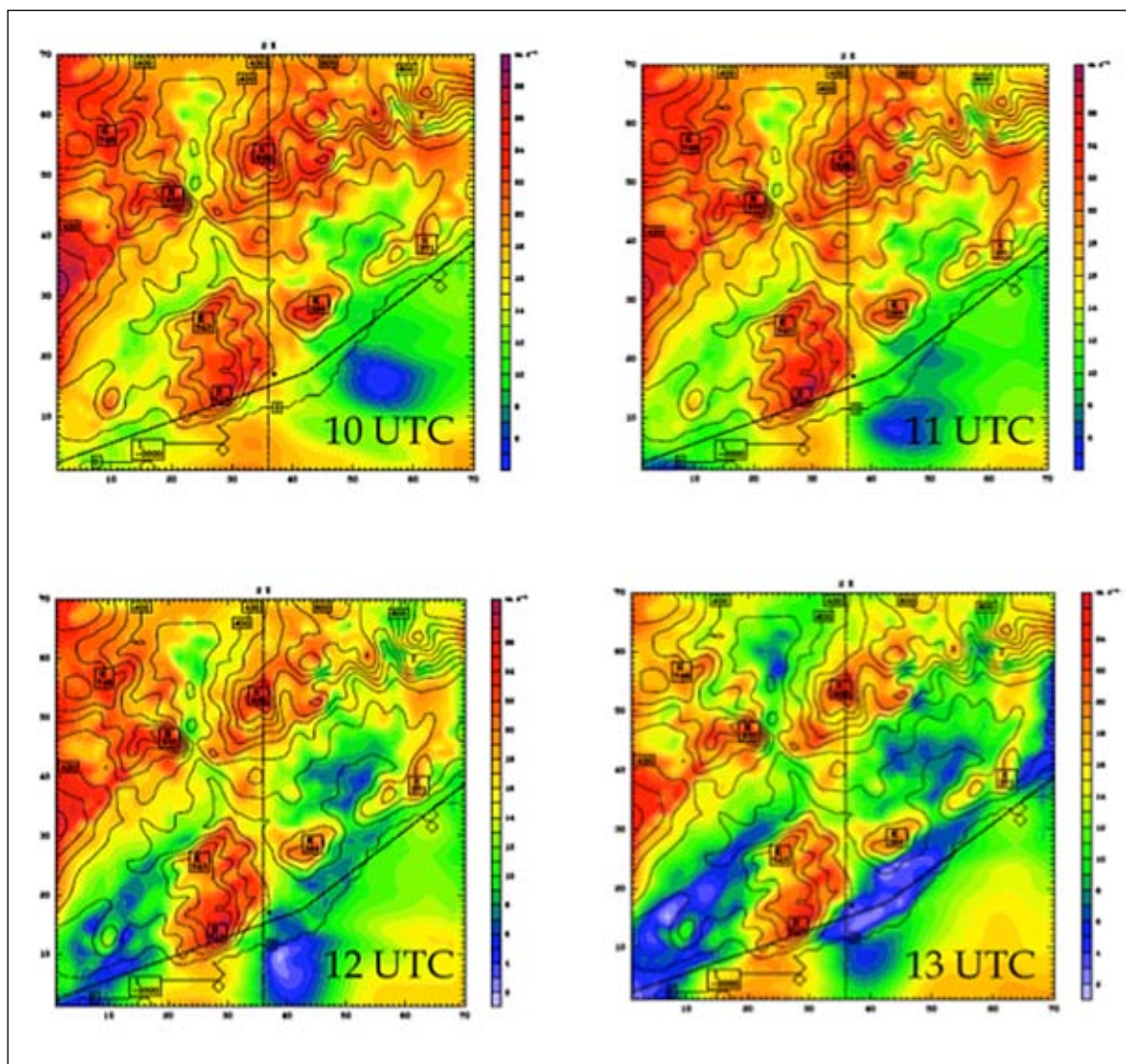


Figura 4. Velocitat del vent en el domini 4 obtinguda per la simulació entre les 10 UTC i 13 UTC, quan el vent va ser màxim.

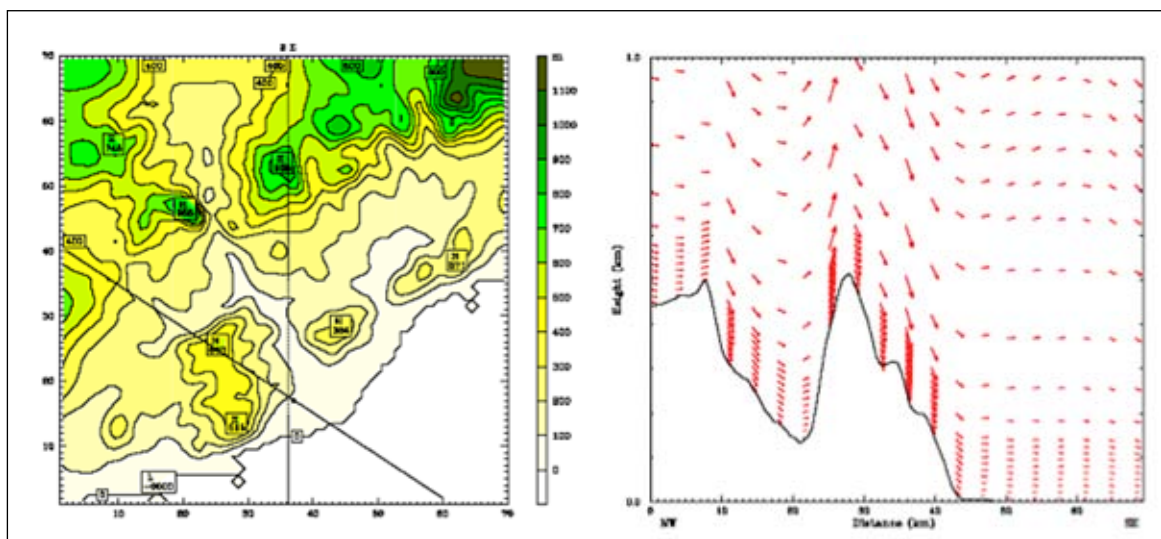


Figura 5. Perfil a través d'un tall seguint la direcció nord-oest (esquerra) i la direcció i la intensitat del vent al llarg d'aquest tall (dreta), a les 10 UTC.

La figura 5 mostra com la velocitat del vent s'incrementa al cim de les muntanyes del Garraf i l'Ordal i també a la zona de sotavent. Aquest increment del vent a sotavent és segurament la causa que molts dels arbres tombats durant el temporal es localitzessin precisament a sotavent de les muntanyes d'aquests sistemes muntanyosos.

Períodes de retorn i probabilitat per vents forts

La valoració de l'excepcionalitat que un fet com ara un temporal de vent es produeixi s'aborda mitjançant el càlcul del període de retorn. Per fer aquest càlcul, cal disposar de sèries climàtiques llargues en les quals es puguin garantir un mínim de qualitat pel que fa als resultats. No és aquest el cas de les sèries de vent, ja que com s'ha comentat anteriorment es disposa d'una sèrie de dades més aviat escassa. L'estació de Viladecans disposa d'una de les sèries més llargues de vent de Catalunya –des del 1993 fins a l'actualitat–, amb dades horàries i relativament a prop del massís de Garraf. Tot i així, la longitud de la sèrie és insuficient per mostrar un resultat d'alta qualitat. L'Organització Meteorològica Mundial indica que per tal que un resultat tingui validesa climàtica cal una sèrie d'almenys trenta anys. Tot i així, en aquesta estació de Viladecans s'han fet càlculs del període de retorn per a vents extrems.

Determinats paràmetres meteorològics, com, per exemple, la precipitació, la tempera-

tura o la velocitat del vent, evolucionen en l'espai i en el temps d'una manera que, d'una banda, és parcialment predictable i, de l'altra, és parcialment aleatòria. És el que es coneix amb el nom de *variable estocàstica*.

De vegades, la variabilitat aleatòria d'un paràmetre meteorològic és tan gran comparada amb la determinista que es pot considerar el paràmetre aleatori i es pot tractar matemàticament mitjançant mètodes estadístics. És el cas, entre altres variables, de la velocitat màxima del vent, que es pot descriure matemàticament amb la funció de distribució de probabilitat de Gumbel, la qual cosa permet determinar l'anomenat *període de retorn* (T). Aquest paràmetre es defineix com l'interval de temps de recurrència mitjà entre successos que igualen o excedeixen una magnitud especificada (en el cas que ens ocupa, ens referim a la ratxa màxima de vent al delta del Llobregat, concretament a l'estació de Viladecans).

La funció de distribució de Gumbel per un valor x , que s'utilitza habitualment per a l'estudi de valors extrems, com ara les ratxes màximes i extraordinàriament elevades, és donada per l'expressió següent:

$$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-u}{\alpha}))$$

en què:

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha \quad \text{i} \quad \alpha = \frac{S_x \sqrt{6}}{\pi}$$

El període de retorn T , per a un valor x_i , és donat per:

$$T = \frac{1}{1 - F(x_i)}$$

Si apliquem aquesta funció de distribució als valors de la ratxa màxima diària a l'estació del Servei Meteorològic de Catalunya en el període 1993-2009, obtenim la **taula 2**, que mostra els períodes de retorn per a diferents velocitats màximes.

Taula 2. Períodes de retorn a partir de les dades de l'estació de Viladecans (1993-2009)

Ratxa de vent (km/h)	Període de retorn (anys)
90	1,5
100	3,5
110	9
120	25
130	70
140	190

A partir de les dades disponibles, resumides en la **taula 2**, s'observa com en aquesta zona són relativament freqüents els vents de 90 km/h i 100 km/h (un cop cada any i mig, i tres i mig, respectivament), però que una situació de velo-

citat de vent superior als 120 km/h es repeteix estadísticament cada 25 anys; per a vents de 130 km/h, cada 70 anys, i per a vent de 140 km/h, cada 190 anys.

Determinació de la probabilitat de ventades fortes

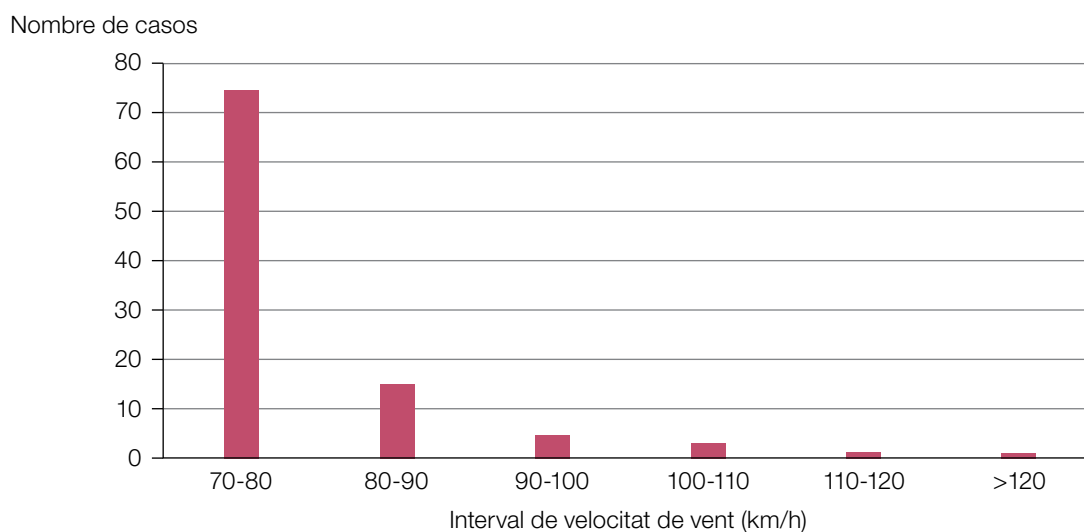
En estadística, es qualifiquen de rars els esdeveniments amb una probabilitat d'ocurrència baixa, poc probable. En meteorologia i climatologia, depenent de la zona d'estudi, aquest qualificatiu pot aplicar-se a fenòmens poc probables, com ara la pedregada, les precipitacions torrencials, les grans ventades, les grans nevades, etc. La probabilitat de fenòmens estranys, com és el cas de les ventades severes d'aquest episodi, s'acostuma a determinar a partir de la funció de distribució de Poisson, també coneguda com a *funció de distribució de les probabilitats petites*. Es tracta d'una bona funció de distribució per a fenòmens estranys, rars, poc freqüents, que és usada en estadístiques meteorològiques. La probabilitat que la variable aleatòria x prengui el valor k és donada per l'expressió:

$$F(x = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

en la qual el paràmetre λ és el paràmetre de la distribució.

La **figura 6** mostra el nombre de casos en funció d'un rang de velocitat del vent.

Figura 6. Nombre de vegades en què el vent ha estat comprès en els rangs indicats (1993-2009)



A partir de les sèries de dades diàries de vent de l'estació de Viladecans, s'ha construït una nova sèrie amb aquelles ràfegues que superen els 70 km/h i s'ha comprovat que segueixen una distribució de Poisson, tal com mostra la **figura 6**.

Si apliquem la funció de distribució de Poisson al nombre de vegades en què s'ha produït vent en un interval determinat, s'obté la probabilitat de ventades extremes –entenem per *ventades extremes* aquelles que a l'estació de Viladecans superen els 70 km/h. La **taula 3** mostra aquestes probabilitats, expressades en tant per cent.

Taula 3. Probabilitat d'ocurrència de vent en un rang determinat

Rang (km/h)	Probabilitat
70-80	65,8%
80-90	27,5%
90-100	5,7%
100-110	0,8%
110-120	0,08%
> 120	0,007%

Cal destacar la probabilitat molt baixa –tan sols del 0,007%– d'obtenir un vent superior als 120 km/h a partir de les dades de l'estació de Viladecans.

Conclusions

El massís de Garraf va ser afectat en el seu conjunt per un vent molt fort entre les 10 i 13 UTC, el qual va afectar milers d'arbres del parc, sobretot pi blanc. Tot i que no s'ha fet un recompte de l'arbrat afectat, segons testimonis i la

quantificació de municipis veïns al massís, es calcula que són desenes de milers els arbres tombats, sobretot pi blanc.

A les zones més elevades, segons el model es van superar els 140 km/h.

La ventada té un període de retorn de més de quaranta anys a partir de la distribució de Gumbel, segons les dades disponibles de l'estació meteorològica de Viladecans-Parc Agrari, la més propera i amb una sèrie més llarga. La probabilitat d'ocurrència s'ha estimat en un 0,007% a partir de la distribució de Poisson de fenòmens meteorològics rars.

Bibliografia

DUDHIA, J. (1993): «A nonhydrostatic version of the Penn-State-NCAR mesoscale model: validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front». *Mon. Wea. Rev.*, núm. 121, p. 1.493-1.513.

GRELL, G. A.; DUDHIA, J.; STAUFFER, D. R. (1995): *A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)*. NCAR Tech. Note. NCAR/TN-398+STR, 122 pàgines.

SANDERS F.; GYAKUM J. R. (1980): «Synoptic-Dynamic Climatology of the "Bomb"», *Bull. Amer Met. Soc.*, núm. 108: p. 1.589-1.606.

Bibliografia web

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (2009): *Análisis preliminar de la situación del 22-25 de enero de 2009. Un caso de ciclogénesis explosiva extraordinaria, AEMET*. <http://www.aemet.es/es/info_destacada/webmaster/Nota_2225enero>

SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA (2009): *Episodi de vent a Catalunya del dia 24 de gener de 2009. SMC*. <http://www.meteocat.com/mediamb_xemec/servmet/pagines/Prensa/InformeVent20090124.pdf>