

FAC-SIMILE — mostra com'è fatta una relazione tecnica su un evento meteorologico passato: le sezioni, le tabelle e il modo in cui sono dichiarati metodo, fonti e incertezza. I nomi, i luoghi e i valori numerici sono **ILLUSTRATIVI** e non si riferiscono ad alcun caso reale né ad alcun committente. Il documento reale è più esteso e contiene le carte e i grafici dell'evento.

RELAZIONE TECNICA RELATIVA ALL'EVENTO METEOROLOGICO DEL GG MESE AAAA

Io sottoscritto, **Marco Biordi**, esperto in strumentazioni per la misura di fenomeni meteorologici e modellistica meteorologica, su incarico di [committente] sono a redigere la presente relazione tecnica allo scopo di verificare se l'evento meteorologico che nel giorno [data] ha interessato [località] possa considerarsi, con riferimento alla forza del vento, evento «eccezionale» e «imprevedibile».

In particolare l'obiettivo della presente è collocare correttamente in ambito climatologico l'entità dell'azione del vento che ha prodotto il danno oggetto di accertamento presso [immobile].

La valutazione è stata eseguita nel modo più obiettivo possibile ed imparziale, tenendo presente che lo scrivente non ha alcun diritto né interesse, attuale o futuro, nella proprietà di cui sopra.

Premessa

Dal punto di vista ingegneristico-scientifico la valutazione del grado di eccezionalità dell'azione del vento equivale ad effettuare la stima del cosiddetto **tempo di ritorno** della raffica massima osservata presso la località d'interesse durante l'evento, ovvero il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore alla massima raffica misurata durante l'evento.

La valutazione del tempo di ritorno può essere effettuata con metodi statistico-probabilistici e necessita della disponibilità di una serie storica di misurazioni eseguite presso la località di interesse. Qualora, come accade nella generalità dei casi, non siano disponibili misure anemometriche in corrispondenza del fabbricato, occorre reperire ed elaborare opportunamente le misure effettuate nelle vicinanze.

Inquadramento meteorologico

Si descrive la situazione sinottica che ha determinato l'evento, corredata dalla carta di analisi al suolo del servizio meteorologico nazionale di riferimento, e si dà conto delle **allerte emesse dagli enti di protezione civile competenti** nei giorni precedenti, citate con numero, data di emissione e indirizzo dal quale sono scaricabili. Da questa parte discende la risposta al secondo quesito, quello sulla **prevedibilità** dell'evento.

Reperimento delle misure meteorologiche disponibili nelle vicinanze

Si individua anzitutto la posizione plano-altimetrica del punto d'interesse e la sua tipologia morfologica, perché da questa dipende l'esposizione al vento.

Località di interesse	Longitudine (°E)	Latitudine (°N)	Altitudine (m)	Tipologia morfologica
[immobile oggetto di accertamento]	12,4xx	43,9xx	410	crinale collinare est-ovest

Tabella 1 — Posizione e tipologia morfologica della località di interesse.

Le stazioni dotate di anemometro situate nelle vicinanze sono selezionate nel rispetto di requisiti dichiarati:

- 1. la stazione fornisce misure attendibili: anemometro con accuratezza certificata e posizionato nel rispetto delle norme dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale;
- 2. la stazione è rappresentativa del flusso che ha interessato il punto d'interesse: si assume tale se dista non più di 10 chilometri;
- 3. la stazione rende disponibile una serie misurata, valida e senza interruzioni, per l'intero periodo dell'evento.

Le stazioni che non soddisfano il terzo requisito vengono **scartate e dichiarate**, con il motivo dello scarto: è la parte che rende il documento discutibile invece che soltanto leggibile.

Stazione	Rete	Altitudine (m)	Posizione orografica	Campionamento (1/s)	Distanza dal punto (m)	Serie dell'evento
S1	meteo.sm	463	crinale	0,5	430	completa
S2	meteo.sm	465	crinale	0,5	565	completa
S3	meteo.sm	342	crinale	0,5	2.450	completa
S4	meteo.sm	160	versante	0,5	3.345	completa
S5	meteo.sm	510	crinale	0,5	3.360	completa
S6	rete terza	190	crinale	1,0	6.650	assente — scartata
S7	meteo.sm	95	versante	0,5	8.425	incompleta — scartata

Tabella 2 — Anagrafica delle stazioni entro 10 km, con la disponibilità della serie durante l'evento e il motivo dell'eventuale scarto.

Analisi delle serie anemometriche misurate

Per ciascuna serie disponibile si riporta l'andamento temporale della raffica massima oraria e il valore estremo raggiunto, con data e ora di accadimento.

Stazione	Raffica massima a 10 m dal suolo (km/h)	Data e ora della raffica massima
S1	96	aaaa-mm-gg ore 06:05
S2	74	aaaa-mm-gg ore 15:20
S3	125	aaaa-mm-gg ore 14:35
S4	121	aaaa-mm-gg ore 00:30
S5	79	aaaa-mm-gg ore 14:30

Tabella 3 — Raffica massima misurata da ciascuna stazione nel periodo d'interesse.

Ricostruzione del campo del vento tramite simulazione fluidodinamica

Le misure sono puntuali: fra una stazione e l'altra il vento può essere molto diverso, perché il rilievo accelera il flusso sui crinali disposti perpendicolarmente alla direzione di provenienza e ripara le zone sottovento. Per questo l'analisi puntuale è accompagnata da una **simulazione fluidodinamica** distribuita sul territorio, che tiene conto dell'orografia rappresentata da una griglia a maglie quadrate di **100 metri di lato** ricavata da un modello altimetrico digitale.

La simulazione riceve in ingresso le misure delle stazioni (velocità e direzione del vento, temperatura, pressione, umidità, radiazione) e produce, applicando le leggi della fisica dell'atmosfera, velocità e direzione per ciascun nodo della griglia. La taratura è preceduta da simulazioni preliminari nelle quali si esclude a turno ciascuna stazione dai dati di ingresso, per verificare quanto il modello sappia ricostruire un punto che non ha visto.

Il risultato non viene presentato come atto di fede: si confronta, stazione per stazione, la raffica **misurata** con quella **simulata**. È il confronto che autorizza — o non autorizza — a usare il valore simulato nel punto d'interesse, dove nessuno ha misurato.

Stazione	Raffica massima misurata (km/h)	Raffica massima simulata (km/h)	Scarto (km/h)
S1	96	95	-1
S2	74	78	+4
S3	125	123	-2
S4	121	119	-2
S5	79	81	+2
punto d'interesse	—	93	—

Tabella 4 — Confronto fra raffica misurata e raffica simulata in corrispondenza delle stazioni, e valore stimato nel punto d'interesse, dove non esistono misure.

Stima del tempo di ritorno

Il tempo di ritorno si stima sulla serie dei **massimi annuali** di raffica della stazione di riferimento. Il metodo richiede una serie lunga almeno dieci anni: le stazioni che non la possiedono vengono escluse e l'esclusione è dichiarata. Si adotta la distribuzione di Gumbel (valore estremo di primo tipo), stimandone i parametri μ e β con il metodo della **massima verosimiglianza**.

Stazione	Serie storica (anni)	μ	β	Raffica dell'evento (km/h)	Tempo di ritorno (anni)	Intervallo 5-95%
S1	15	88,0	8,0	96	3,4	2,2 — 7,1
S5	10	87,7	11,7	79	1,1	1,0 — 1,3

Tabella 5 — Parametri della distribuzione di Gumbel, tempo di ritorno della raffica dell'evento e relativo intervallo di confidenza.

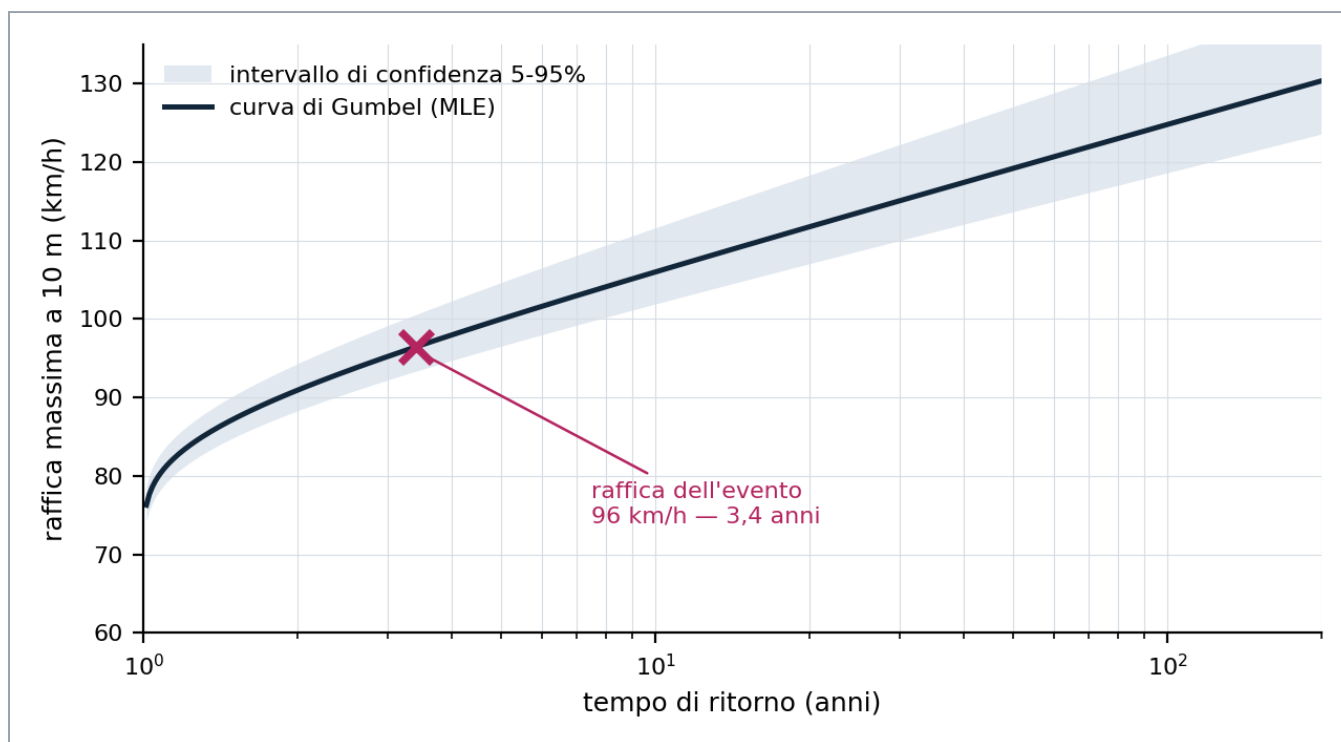


Immagine — Curva della raffica massima in funzione del tempo di ritorno, con intervallo di confidenza. La croce indica la raffica dell'evento. La banda si allarga verso destra perché una serie di quindici anni dice molto sugli eventi ordinari e poco su quelli rari: è la ragione per cui l'incertezza va dichiarata insieme al numero.

La lunghezza limitata delle serie disponibili — dieci, quindici anni, a fronte dei venti o trenta che sarebbero necessari — introduce un'incertezza che non si può ignorare. Per quantificarla si impiega il **bootstrap**: la serie viene ricampionata con ripetizione un migliaio di volte, ricalcolando ogni volta il tempo di ritorno, e dalla distribuzione dei risultati si ricava l'intervallo che contiene il valore vero con probabilità del 95 per cento.

Conclusioni

Il flusso del vento che ha interessato il punto d'interesse durante l'evento è con ragionevole certezza assimilabile a quello misurato dalla stazione S1, distante 430 metri e caratterizzata dalla medesima esposizione orografica.

L'analisi fluidodinamica consente di stimare la massima raffica presso il punto d'interesse in **93 km/h**.

L'analisi statistica con il metodo di Gumbel associa tale raffica a un tempo di ritorno compreso fra **2,2 e 7,1 anni**, con valore più probabile pari a **3,4 anni**. In altre parole, una raffica di quell'intensità è attesa mediamente ogni tre anni circa.

Pertanto, **assumendo che un evento meteorologico eccezionale sia un evento con tempo di ritorno di 50 o più anni**, l'entità della velocità massima del vento presso il punto d'interesse nel giorno considerato non può considerarsi evento eccezionale; né, per le considerazioni esposte in sede di inquadramento meteorologico, evento imprevedibile.

Il criterio adottato per definire «eccezionale» è dichiarato, non sottinteso: cambiando la soglia cambia la risposta, e chi legge deve poterlo verificare.

San Marino, gg-mm-aaaa

Marco Biordi

CHE COSA SI RICEVE DAVVERO — il documento consegnato contiene, oltre a quanto qui riassunto: la carta di analisi al suolo dell'evento, la mappa delle stazioni sull'orografia ombreggiata, il grafico delle raffiche orarie di tutte le stazioni, le sequenze orarie delle mappe di raffica simulata e la mappa di sintesi dell'intero evento. Su richiesta, i campi in formato georeferenziato e le serie in formato tabellare.

Fac-simile · meteo.sm — PODOS3D di Marco Biordi · esempio della struttura di consegna