



FEDERAZIONE
EUROPEA DELLA
MANUTENZIONE
Gruppo prodotti gru
e sistemi di

FEM
5.016
(2 Ed)
12.04.2013

- Linea guida -
**“Aspetti legati alla sicurezza nell’installazione
e nel trasporto delle turbine eoliche”**

- Guideline -
**“Safety Issues in Wind Turbine Installation and
Transportation”**

- Leitfaden -
**“Sicherheitsrisiken während der Erstellung und des
Transportes von Windkraftanlagen”**

Fédération Européenne de la Manutention - Gruppo prodotti gru e sistemi di sollevamento

Copyright: FEM PG CLE

Per le fonti vedere alla fine del documento

Versioni disponibili in lingua inglese (EN), francese (FR), tedesco (DE), italiano (IT), spagnolo (ES)

INDICE

	Page
1. Introduzione.....	4
2. Attribuzione	5
3. Criteri base.....	5
3.1 Portata della gru e tabelle di carico	5
3.2 Dichiarazione relativa al vento nei grafici di capacità.....	5
3.4 Informazioni fondamentali sul vento	7
4. Programmazione del sollevamento e determinazione della velocità ammissibile del vento.....	9
5. Influsso del vento durante l'installazione / lo smontaggio e il parcheggio della gru	13
6. Fuori servizio causa vento	13
7. Carichi sugli stabilizzatori della gru e pressioni sulla superficie	13
8. Rischi per le gru mobili durante gli interventi di riparazione delle turbine eoliche	14
9. Strade d'accesso	14
9.1 Preparazione.....	14
9.2 Spostamento della gru in una configurazione parzialmente assemblata	15
10. Conclusioni	16
Fondamenti teorici	17
Allegato 1: velocità del vento come funzione d'elevazione.....	20
Tabella 1 — 3 Velocità delle raffiche di vento in 3 secondi in funzione della velocità media del vento in base alla scala Beaufort e all'elevazione	20
Allegato 2: pressione d'impatto come funzione d'elevazione	21
Tabella 2 — pressione quasi statica d'impatto come funzione della velocità media del vento secondo la scala Beaufort e come funzione d'elevazione.....	21
Allegato 3: forme tipiche	22
Tabella 3 — tabella con le forme tipiche e i corrispondenti valori C_w	22
Allegato 4: scala Beaufort.....	23
Table 4 — scala Beaufort.....	23
Allegato 5: Tabelle di carico	24
Tabella 5 — esempio di tabella di carico.....	24
Bibliography	25
Riferimenti	26

Nota legale: il presente testo non si riferisce a nessuna situazione particolare immaginabile e non è un'interpretazione vincolante delle condizioni legali generali esistenti. Questo documento non sostituisce e non può costituire nessun'alternativa allo studio delle direttive, delle leggi e dei regolamenti in materia. Inoltre le caratteristiche specifiche dei diversi prodotti e delle loro varie applicazioni vanno prese in considerazione (vedere le specifiche istruzioni per il funzionamento delle attrezzature utilizzate). Per questo motivo le valutazioni e le procedure a cui si fa riferimento in questo documento possono essere riscontrate in un'ampia varietà di situazioni.

Corrigendum (2 Ed)

- a) Figura 3 corretta
- b) Capitolo 4 " Onde consentire una determinazione rapida e semplice... nel diagramma di flusso allo scopo di determinare la ~~massima~~ velocità ammissibile del vento."
- c) Figura 4 – aggiunti simboli
- d) Pagina 17 in sfondo sezione Teorico, "p: Pressione dinamica" è sostituita con "q: Pressione d'impatto quasi static

1. Introduzione

Solleverare carichi in forti condizioni di vento può costituire un pericolo potenziale che non deve essere sottovalutato. Le forze eoliche che intervengono durante le operazioni di sollevamento hanno determinato un certo numero di gravi incidenti, specialmente nell'industria delle turbine eoliche. Per questo motivo l'ESTA (l'Associazione Europea Trasporti Eccezionali e Autogru e la FEM (Associazione Europea Produttori Sistemi di Sollevamento, gruppo prodotti gru e sistemi di sollevamento, autogru) ha già pubblicato nell'Aprile 2010 su diverse riviste un comunicato relativo alla sicurezza (N 0219 documento emesso dalla FE/ESTA).

Prima di iniziare le manovre di sollevamento l'operatore deve assicurarsi che la gru e il carico non siano esposti a qualsiasi tipo di vento che potrebbe superare i limiti fissati dal produttore della gru. Pertanto è necessario essere informati sulle condizioni attese del vento molto prima del sollevamento. Particolarmente pericolosi sono comunque le raffiche localizzate che possono generarsi, ad esempio, in concomitanza a gravi manifestazioni temporalesche e maltempo.

Inoltre molti autotrasportatori ed aziende di noleggio di gru si lamentano dei vincoli temporali e dei tempi di consegna (erezione della turbina eolica). In particolare, ma non soltanto, verso la fine dell'anno solare, i tempi di consegna spesso sono ridotti a livelli inaccettabili. Senza tempi adeguati di consegna aumenta la possibilità di "risicare i margini legati alla sicurezza", accrescendo in modo particolare i rischi d'incidenti causati dall'utilizzo della gru in condizioni di vento più forte rispetto ai limiti fissati del produttore della gru.

Questo documento intende informare i gruisti, i progettisti ed anche le aziende produttrici di gru relativamente alle tematiche di sicurezza che si presentano durante la fase d'installazione delle turbine eoliche ed in particolare sulle influenze del vento su di un'autogru sul luogo di lavoro. Il terzo capitolo è un'introduzione ai principi base dei carichi eolici come ed es. quelli coperti dallo Standard Europeo per le gru mobili, EN 13000. Indicheremo in seguito come si può eseguire il calcolo dei carichi eolici ed infine casi particolari di carico, come nelle situazioni in cui si devono erigere delle turbine eoliche. Allo stesso modo specificheremo quali informazioni sono richieste.

Il presente documento non ha la pretesa di essere esaustivo ed è complementare alle istruzioni per il funzionamento della gru in questione. In quanto tale il seguente testo non sostituisce le istruzioni di funzionamento e le tabelle di carico per la gru in oggetto.

L'obiettivo è quello di creare una maggiore sensibilità sulle modalità di lavoro con impianti pesanti mediante la pubblicazione di questo documento. Con il presente testo la FEM offre l'esperienza di tutti i produttori che appartengono all'associazione.

2. Attribuzione

Il presente documento si riferisce alle autogru (ad es. gru telescopiche su pneumatici, gru da cava). Dovrebbe servire solo come riferimento e fornire una panoramica generale: lo scopo è quello di dare un orientamento nella valutazione dei rischi.

3. Criteri base

3.1 Portata della gru e tabelle di carico

La portata di un'autogru in una determinata configurazione è limitata dall'influenza di molte variabili diverse (ad es. la resistenza strutturale dei componenti, la stabilità dell'intera gru). Pertanto la portata ammessa per ciascuna configurazione è espressa in una cosiddetta tabella di carico come carico ammesso al relativo raggio di lavoro (vedere l'esempio nell'allegato 5). Questa combinazione carico/raggio viene monitorata dal sistema di controllo del carico della gru (limitatore di carico o RCL) e non dovrebbe essere superata.

I carichi ammessi nelle tabelle di carico possono avere bisogno di essere ulteriormente ridotti se si superano le ipotesi fatte in fase di progettazione (vedere più avanti nel capitolo 3.2). Questa specifica valutazione operativa è sotto la responsabilità del gruista.



Pianificare ed eseguire un sollevamento con carichi che eccedano le portate ammesse includendo ad es. l'effetto prevedibile del vento così come l'esclusione del limitatore di carico della gru, possono causare incidenti con lesioni o eventi mortali!

3.2 Dichiarazione relativa al vento nei grafici di capacità

Spesso il vento e le raffiche di vento vengono sottovalutate durante le operazioni di sollevamento con le autogru. Quando si sollevano dei carichi con un'ampia superficie esposta al vento come le pale dei rotori o le unità complete dei rotori delle turbine eoliche le condizioni e le ipotesi per il calcolo dei carichi dovuti al vento possono differire in modo significativo dai valori standard forniti dall'EN 13000. Questi valori standard costituiscono i presupposti di partenza per i calcoli relativi alla gru; come tali i carichi teorici dovuti al vento possono essere significativamente superati.

Tutte le autogru che operano nel mercato europeo devono adempiere ai requisiti della Direttiva Macchine Europea 2006/42/CE. Lo standard europeo riferito alle autogru è l'EN 13000 che comprende le ipotesi per il calcolo delle strutture portanti di un'autogru. Riguardo al calcolo delle forze eoliche sul carico sollevato si presuppongono le seguenti ipotesi:

- 1) Una superficie standard di proiezione del carico sollevato pari a 1 m² per tonnellata.
- 2) Un fattore standard di resistenza del carico sollevato pari a $C_w = 1.2$.

Ma

- Le pale di un rotore o i rotori assemblati normalmente hanno una superficie di proiezione notevolmente superiore a 1 m² / ton, spesso 5 - 10 volte maggiore
- Il fattore C_w tipico per un rotore assemblato completo è spesso 1.5 – 1.8 e non il valore 1.2 come ipotizzato dallo standard EN 13000.

Per questo motivo le velocità del vento ammesse dalle tabelle di carico della gru spesso non sono valide quando si tratta di sollevare le pale di rotori, rotori assemblati o altre strutture con vaste aree

costituenti una vela. Sollevare tutti questi componenti richiederà venti a velocità inferiori rispetto a quelle ammissibili se si devono sollevare sezioni di torri, una navicella o altri componenti pesanti.

Riguardo all'EN 13000 la velocità del vento indicata nelle tabelle di carico è la cosiddetta "raffica da tre secondi" misurata nel punto più elevato del sistema dei bracci e non la velocità media del vento misurata ad un'altezza di 10 metri per un lasso di tempo di 10 minuti, come indicato in quasi tutte le stazioni meteorologiche. La velocità del vento relativa alla raffica da 3 secondi può facilmente essere superiore di un fattore di 2 e anche di più; quindi se si tiene in considerazione la velocità media del vento ad un'altezza di 10 m si possono sottovalutare in modo significativo le condizioni reali!

Questi tre fattori

- Superficie esposta al vento del rotore/gruppi assemblati del rotore
- Fattore di resistenza C_w e
- Velocità del vento (la "raffica di tre secondi") misurata nel punto più alto del sistema dei bracci

rappresentano alcuni dei motivi per cui è richiesta una progettazione approfondita, le condizioni meteorologiche devono essere tenute in considerazione e perché i tempi d'attesa dovrebbero essere considerati/calcolati nella pianificazione del sollevamento delle pale di un rotore o di un rotore assemblato.



Si dovrebbe tenere conto di ritardi nelle operazioni di sollevamento che coinvolgono le pale di rotorii o gruppi assemblati di rotorii, determinati da velocità del vento ammissibili spesso notevolmente inferiori, se confrontate con le massime velocità del vento ammesse nelle tabelle di carico della gru. Il rischio di ritardi di questo tipo deve essere tenuto in considerazione durante la pianificazione.

3.3 Effetto del vento sulla gru e sul carico

La velocità e la direzione del vento, la forma e la dimensione del carico esercitano un influsso notevole sulla stabilità e la portata delle autogru.

Raddoppiando la velocità del vento si ottiene un carico dovuto all'azione del vento quattro volte maggiore, e la velocità del vento aumenta con l'altezza dal suolo (vedere il capitolo 3.3 più avanti). La forma del carico influenza la resistenza al vento e di conseguenza il carico dovuto all'azione del vento sulla gru (vedere il capitolo 4 più avanti).

L'effetto del vento sulla gru e sul carico determina dei carichi sugli stabilizzatori che sono significativamente diversi dai valori pubblicati nei manuali o calcolati con strumenti operativi di pianificazione del sollevamento forniti dai produttori (vedere anche il capitolo 7).

Quando il vento colpisce il carico, quest'ultimo può oscillare nella direzione del vento. Ciò significa che la forza del carico non agisce più sul braccio verticalmente verso il basso. A seconda della velocità del vento, dell'area del carico esposta al vento e della direzione del vento il raggio del carico può aumentare oppure forze laterali non ammesse possono agire sul braccio della gru.



Se il carico creato dall'oscillazione è vicino a quello massimo ammesso per quella configurazione, il limitatore di carico potrebbe costantemente entrare ed uscire dalla condizione di blocco.

Il vento può soffiare da davanti, dietro e dai lati della gru e dal carico. Tutte le 3 direzioni devono essere tenute in considerazione per la gru e il carico ed avranno effetti diversi sulla gru:

Il **vento che soffia da davanti** non riduce il carico di gancio, cavo di sollevamento, pulegge e argano di sollevamento perché il carico continua ad agire per la propria forza gravitazionale.

Se il vento proviene dal davanti il sistema dei bracci viene sgravato dal carico perché esso agisce sull'area del braccio esposta al vento riducendo il peso proprio del braccio. L'indicazione del limitatore di carico (RCL) è inferiore al carico utile effettivo.



Il corrispondente bloccaggio dell'RCL avverrà ad un raggio maggiore di quello indicato nelle tabelle di carico. Per questo motivo la gru sarà sovraccaricata nel punto limite indicato.

Il **vento di provenienza laterale** che agisce sul braccio della gru e sul carico è particolarmente critico per l'autogru.



Il carico supplementare causato dal vento di provenienza laterale non viene rilevato né indicato dal limitatore di carico (RCL). L'indicazione è simile al valore presentato quando si lavora in assenza di vento. Ciò può produrre un sovraccarico rispetto alla resistenza strutturale e alla stabilità della gru.

Con il **vento proveniente dalla parte posteriore** il sistema risulta ulteriormente caricato. L'indicazione del carico dell'RCL è maggiore del carico utile effettivo. Il blocco da parte del RCL avviene ad un carico inferiore a quello massimo ammesso indicato nelle tabelle di carico.



Un sollevamento (in particolare quando si sollevano carichi con un'ampia superficie esposta al vento) non andrebbe mai programmato troppo vicino ai limiti delle tabelle di carico.

Se si effettua una rotazione durante un sollevamento tutte le direzioni del vento discusse possono influenzare lo stato di carico anche se la stessa direzione del vento non cambia.

La migliorata qualità e tecnologia nello stato dell'arte delle autogru e un gruista con molti anni d'esperienza lavorativa e adeguata formazione relativa agli influssi del vento nonché la pianificazione professionale del sollevamento in notevole anticipo riducono significativamente il rischio d'incidente.

3.4 Informazioni fondamentali sul vento

Le velocità del vento sono generalmente classificate secondo la cosiddetta "**Scala Beaufort**" in bft (vedere l'allegato 4). Si tratta di una scala fenomenologica da 0 a 12 (elaborata in base all'osservazione dei fenomeni naturali). Le forze del vento possono essere determinate mediante tipici effetti visibili ed osservazioni naturali del paesaggio. La forza di Beaufort si riferisce in termini pratici al valore medio della velocità del vento calcolato entro un lasso di tempo di **10 minuti** ad un'altezza di 10 metri. I valori espressi nella scala di Beaufort variano da 0 (calma) a 12 (uragano).

Una forte folata di vento attiva in un vento o in una condizione di tempesta è conosciuta come raffica. Le persone restano ogni volta sorprese quando il bollettino meteorologico parla di un vento di 33 km/h perché, ad esempio, si ha l'impressione che il vento sia molto più forte. In realtà le raffiche sono folate di vento più potenti ed indipendenti dalla velocità media del vento. Così una raffica di vento può arrivare ai 60 km/orari mentre il valore medio è ad un valore significativamente più basso di questo (nell'esempio 33 km/ora).



La velocità di una raffica è il valore medio della velocità del vento misurata per la durata di **3 secondi**. La velocità della raffica è superiore alla velocità media del vento, che è misurata su un periodo di 10 minuti. Inoltre la direzione del vento durante una raffica può variare all'incirca di 30 gradi e ciò può determinare ulteriore effetti collaterali non intenzionali.

Molto al di sopra del terreno, ad un'altezza di circa 1 chilometro, il vento non è più condizionato dalle caratteristiche della superficie terrestre. La velocità del vento negli strati più bassi dell'atmosfera risulta ridotta dall'attrito col terreno. Si distingue tra la **rugosità** del terreno, l'influenza degli ostacoli e dalle caratteristiche topografiche del paesaggio, anche conosciute come "orografia" del territorio. Le classi di rugosità vengono classificate nei valori compresi tra lo 0 (superficie dell'acqua) e la 4 (città con edifici molto alti).

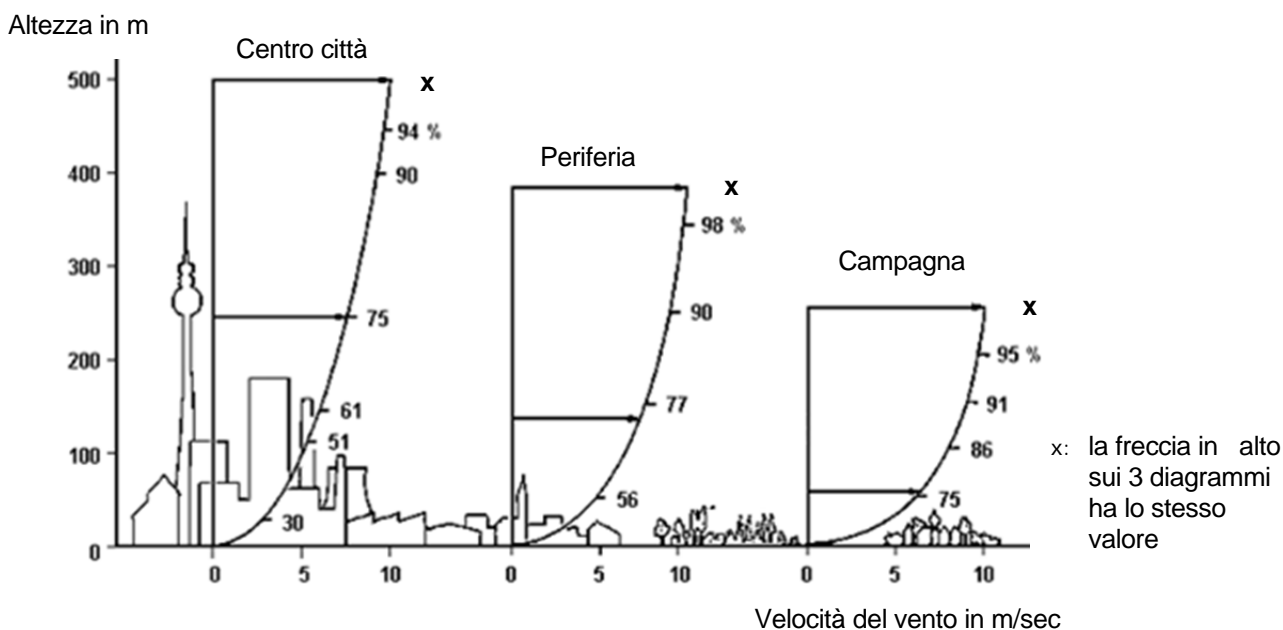


Figura 1 — Influenza della velocità del vento in base alla rugosità del terreno

Nell'industria eolica i tecnici parlano spesso di classi di rugosità per classificare le caratteristiche eoliche di un paesaggio. Una classe elevata di rugosità pari a 3 o 4 è caratterizzata da numerosi alberi ed edifici, mentre la superficie di un lago rientra nella classe di rugosità 0. Le piste in calcestruzzo negli aeroporti rientrano nella classe di rugosità 0,5. **I valori e i calcoli della velocità del vento elaborati dell'ufficio meteorologico si riferiscono alla classe 2 di rugosità.** In caso di classi di rugosità inferiore è necessario considerare che la velocità del vento sarà maggiore sul luogo di lavoro (vedere la figura sopra) rispetto ai valori forniti dalla stazione meteorologica.

Velocità del vento variabile in base all'altezza

Per calcolare la velocità del vento attesa al punto più alto del braccio si applica la tabella riportata nell'allegato 1.

Esempio:

In base alle indicazioni fornite da un bollettino (ad es. emesso dalla più vicina stazione meteorologica) di una velocità del vento pari a 6.2 m/sec a 10 metri sopra il livello del terreno calcolata per 10 minuti, secondo la tabella di Beaufort (vedere l'allegato 4) questo dato equivale ad una velocità del vento con un valore di Beaufort pari a 4. Si ha una massima altezza di sollevamento ad es. pari a 50 metri. La raffica di vento di 3 sec ad un'altezza di 50 metri può essere letta con l'aiuto della tabella nell'allegato 1. Il valore è pari a 13 m/sec. Poiché supera la massima velocità del vento ammessa per la raffica pari a 9 m/sec secondo le tabelle di carico, l'operazione di sollevamento non dovrà essere eseguita.

4. Programmazione del sollevamento e determinazione della velocità ammissibile del vento

I seguenti valori devono essere conosciuti o richiesti prima del sollevamento:

- La **massa del carico di lavoro** (m)
- La **superficie massima di proiezione** (A_p) del carico (vedere sotto)
- Il **fattore di resistenza** (C_w)
- La velocità del vento prevista per una raffica di 3 sec. (V_{act}) nel punto più alto del sistema dei bracci

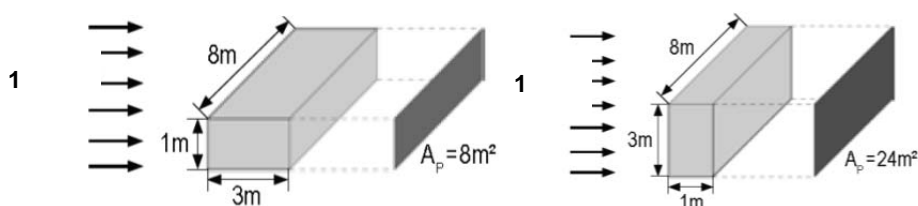


Figura 2 — calcolo di A_p

Symboli

1 Vento

Le procedure e le informazioni di sicurezza riguardanti le condizioni del vento indicate nelle tabelle di carico del produttore e nei manuali per l'uso devono essere rigorosamente rispettate e seguite onde poter prevenire gli incidenti. La programmazione e l'operazione possono essere effettuate soltanto da personale capace e qualificato.

Ogni operazione di sollevamento deve essere programmata tenendo conto delle condizioni ambientali (ad es. i dati meteorologici comprese le previsioni del tempo e le condizioni ambientali importanti).

- La determinazione della velocità del vento si dovrà basare sui dati relativi alla raffica del vento attesa (raffica del vento di 3 secondi) nel punto più alto del sistema dei bracci.
- Durante questa pianificazione occorre tenere conto anche del carico sollevato, della sua forma geometrica e del suo fattore di resistenza all'aria.

Un metodo di calcolo semplificato (vedere il diagramma di flusso riportato sotto) comprende tutti i casi individuali ed è pertanto conservativo. calcoli più precisi possono anche ammettere velocità del vento maggiori: per avere dei calcoli precisi sarà necessario contattare il produttore.

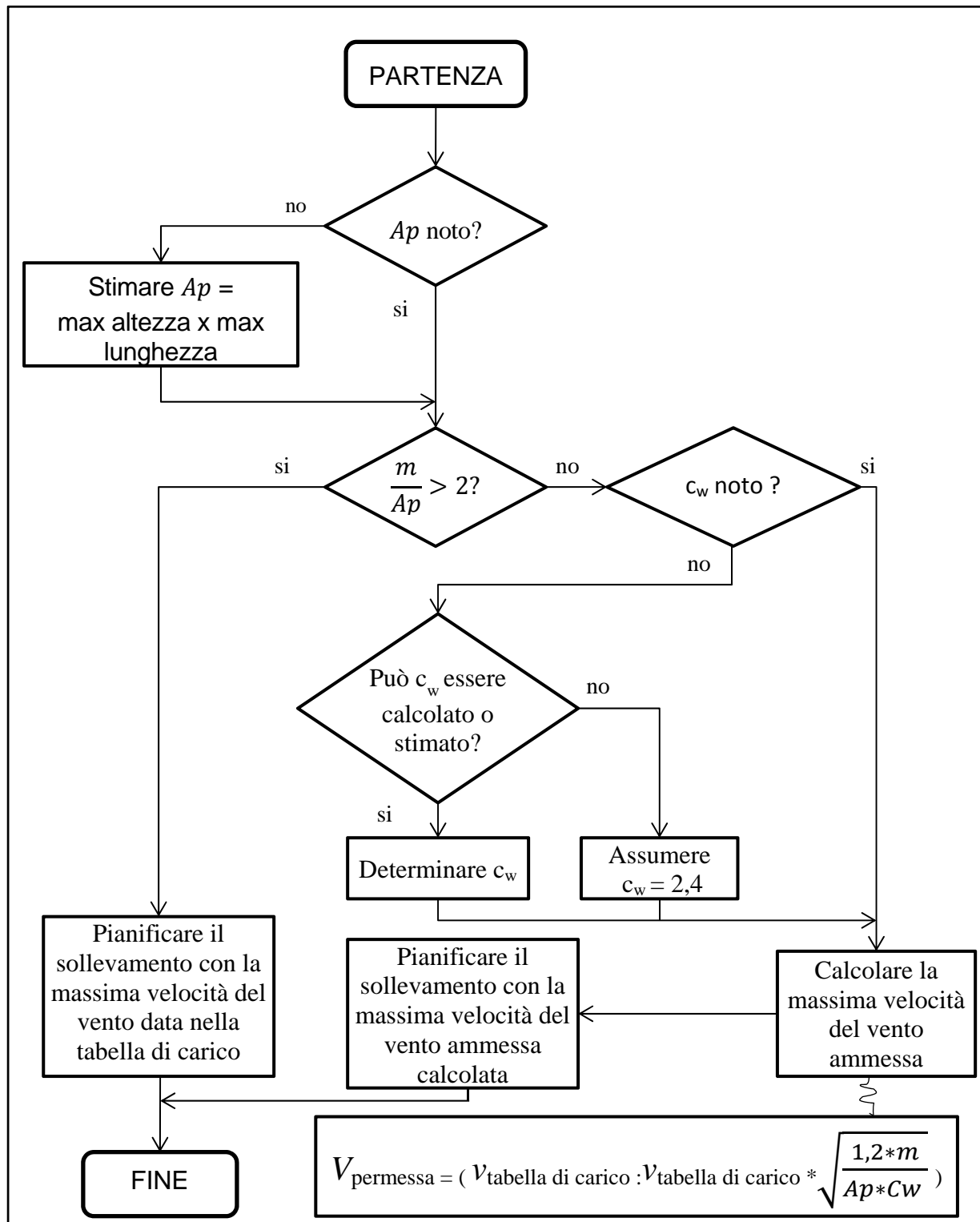


Figura 3 — diagramma di flusso per determinare la velocità del vento ammessa

Legenda

- m – carico di lavoro [t]
- A_p – superficie di proiezione [m^2]
- c_w – fattore di resistenza: esempio di forme e fattori di resistenza corrispondenti possono essere consultati nell'allegato 3
- v_{ammessa} – velocità massima ammessa del vento di una raffica di vento di 3 secondi nel punto più alto del sistema dei bracci [m/sec]
La velocità del vento ammessa non dovrà superare la velocità del vento indicata nella tabella di carico [m/sec]
- $v_{\text{tabella di carico}}$ – velocità del vento della tabella di carico [m/sec]

Il fattore 2 menzionato nella formula $\frac{m}{A_p} > 2$? corrisponde al rapporto tra il fattore massimo di resistenza 2.4 e il fattore standard di resistenza 1.2 considerato per l'ipotesi di carico.

Onde consentire una determinazione rapida e semplice della velocità massima del vento ammessa (la formula lunga nel diagramma di flusso indicato in alto) si può fornire un diagramma per la riduzione della velocità del vento (vedere l'esempio riportato sotto). I seguenti due esempi mostrano l'uso di tali diagrammi. Gli stessi risultati possono essere ottenuti utilizzando la formula nel diagramma di flusso allo scopo di determinare la velocità ammissibile del vento.

Esempio 1 per determinare la velocità massima ammessa del vento (linea tratteggiata nel diagramma di riduzione delle velocità del vento, vedere sotto):

Un carico con una massa di 85 ton ha un valore C_w di 1.2 ed una superficie di proiezione pari a 50 m². Un fattore di resistenza C_w di 1.2 un'area di proiezione di 50 m² danno come risultato un'area esposta al vento pari a 60 m² (A_{w1}). In questo esempio la tabella di carico permette una velocità massima del vento pari a 9 m/sec. Per questa ragione si deve utilizzare il diagramma di riduzione della velocità del vento con 9 m/sec. Occorre quindi tracciare una linea verticale verso l'alto partendo dal valore di 60 m² relativo all'area esposta al vento sul diagramma di riduzione della velocità del vento di 9.0 m/s. Tracciare una linea orizzontale verso destra partendo dal carico da sollevare di 85 ton. Le due linee s'intersecano prima della retta relativa ai 9 m/s.

⇒ La velocità massima ammessa del vento per questo sollevamento rimane di 9 m/sec come indicato nella tabella di carico.

Esempio 2 per determinare la velocità massima ammessa del vento (linea piena nel diagramma di riduzione della velocità del vento, vedere sotto).

Il carico da sollevare possiede una massa pari a 50 ton, un valore C_w di 1.3 e una superficie di proiezione di 77 m² che dà come risultato un'area esposta al vento di $77 \cdot 1,3 = 100$ m² (A_{w2}). Se l'area esposta al vento viene divisa per il carico si ottiene un valore di 2 m² per ton. Tale valore supera quello ammesso per la superficie di carico esposta al vento di 1.2 m² per ton. Anche in questo caso secondo la tabella di carico è ammessa una velocità massima del vento pari a 9 m/s. (per un'area relativa esposta al vento di 1.2 m² per ton.) Quindi la massima velocità ammessa del vento va determinata mediante il diagramma di riduzione della velocità del vento a 7 m/s.

⇒ La velocità massima ammessa del vento per il sollevamento di questo carico deve essere ridotta a 7 m/sec rispetto ai 9 m/s. indicati nel grafico di carico.

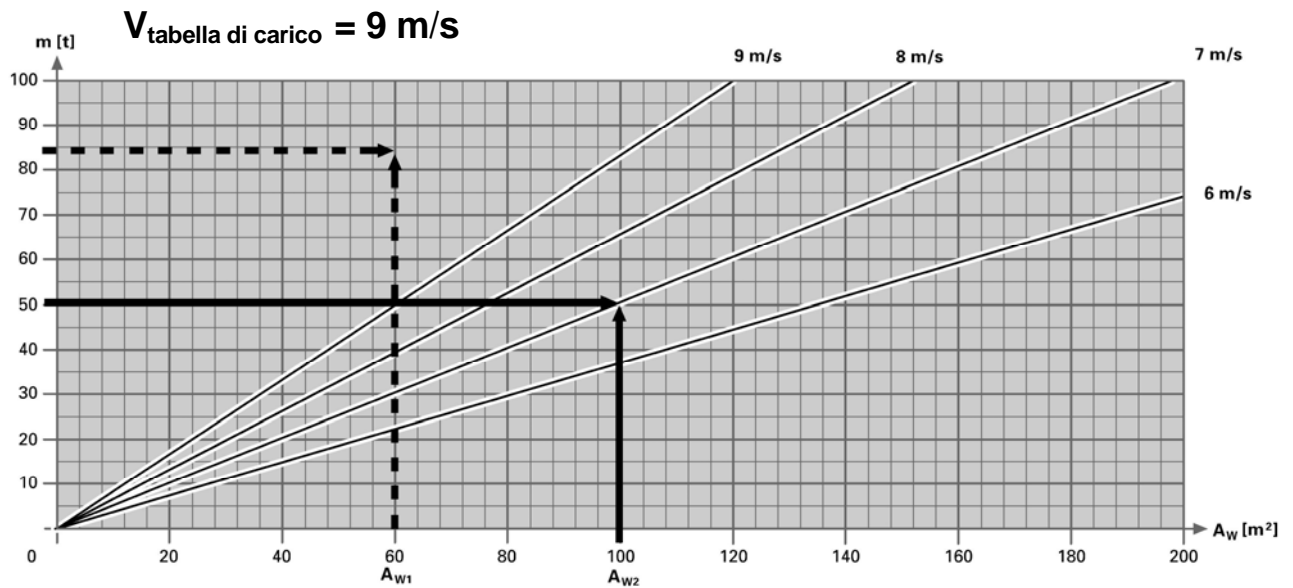


Figura 4 — diagramma per la riduzione della velocità del vento

Legenda

$$A_w = A_p * c_w$$

A_w - superficie esposta al vento (m²)



La velocità massima ammessa del vento di 7 m/sec determinata nell'esempio 2 non è programmata nel sistema computerizzato di un'autogru. Non viene segnalato l'eventuale superamento della velocità massima ammessa del vento determinata di 7m/sec. Per questo motivo lo stesso gruista deve monitorare il valore della velocità del vento nel sistema computerizzato.



Se la velocità massima ammessa del vento determinata viene raggiunta o superata il carico deve essere portato a terra prima possibile. Essendo spesso molto difficile, quando non impossibile, appoggiare il carico già sospeso a terra, per eseguire un sollevamento in modo sicuro è fondamentale conoscere anticipatamente le condizioni del vento per tutta la durata della procedura di sollevamento (compresa l'installazione e lo smontaggio, vedere il capitolo 5), ad es. ottenendo una previsione meteorologica dettagliata.

Prima d'iniziare un sollevamento ruotare di 360° la gru scarica e osservare la velocità del vento misurata dall'anemometro e visualizzata nella cabina dell'autogru. Poiché l'anemometro può essere coperto dall'ombra del rotore eolico o dalla struttura della gru, la velocità massima del vento può variare mentre si gira la gru.

Questi diagrammi di riduzione della velocità possono essere forniti dal produttore dell'autogru per ciascuna velocità del vento indicata nelle tabelle di carico; in assenza di tali diagrammi il calcolo secondo il diagramma di flusso presentato sopra porterà agli stessi risultati.

5. Influsso del vento durante l'installazione / lo smontaggio e il parcheggio della gru

L'operatore dovrà considerare le istruzioni e le informazioni rese disponibili dal produttore relativamente all'influsso del vento durante l'installazione/ lo smontaggio e il parcheggio della gru. Le informazioni riportate nel manuale contengono almeno i seguenti dati:

- Velocità del vento, configurazione della gru e posizione del braccio principale/ falcone: questi dati hanno un impatto di grande rilevanza sulla stabilità delle autogru durante l'installazione / lo smontaggio e il parcheggio.
- Ogni operazione di erezione della gru dovrà essere programmata tenendo in considerazione i fattori ambientali (ad es. i dati meteorologici comprese le previsioni del tempo e le condizioni ambientali importanti) per la durata di tutte le fasi compresa l'installazione, l'operazione, il parcheggio e lo smontaggio.

6. Fuori servizio causa vento

Un'autogru dovrà essere messa in funzione sotto carico solamente entro le velocità del vento consentite (raffica di 3 sec.) indicate nelle tabelle di carico (per superfici relative esposte al vento inferiori oppure uguali a 1.2 m² per ton) oppure determinata in base ad un altro calcolo (per superfici relative esposte al vento superiori a 1.2 m² per ton – vedere il capitolo 4). Con l'aumento della velocità del vento la gru deve essere messa in posizione di sicurezza abbassando il braccio o muovendolo in una posizione di parcheggio. La posizione di parcheggio indicata dal produttore è una posizione ottimizzata in cui la macchina può resistere a velocità elevate del vento. Le velocità del vento ammesse per le gru fuori servizio sono indicate dal produttore.

Abbassando il braccio o muovendolo nella posizione di parcheggio la gru può passare attraverso posizioni di maggiore esposizione alla forza del vento; pertanto il braccio deve essere abbassato o messo in posizione di parcheggio abbastanza presto in modo da non superare la velocità del vento ammessa per l'installazione/lo smontaggio indicata dal produttore.

7. Carichi sugli stabilizzatori della gru e pressioni sulla superficie

- I carichi sugli stabilizzatori della gru e le pressioni sulla superficie dei cingoli delle gru mobili, indicati dal produttore, non tengono in considerazione la deformazione elastica della gru (riguardo la teoria del secondo ordine),
- l'inclinazione ammessa della gru,
- le forze del vento sul braccio e sul carico,
- i carichi addizionali causati da forze dinamiche (movimenti della gru),
- l'interazione tra il carico della gru sui piedi degli stabilizzatori o tra i cingoli e il terreno.

Ulteriori sviluppi delle gru e maggiori requisiti durante il funzionamento sui cantieri negli ultimi anni recenti come

- Utilizzo d'acciaio ad alta resistenza con elevato limite elastico
- Maggiore lunghezza del sistema
- Design leggero
- Più frequenti sollevamenti con superfici più ampie esposte al vento e valori C_w superiori
- Utilizzo in luoghi con velocità del vento superiori

determinano una maggiore deformazione elastica della gru causando maggiori carichi sugli stabilizzatori/pressioni sulle superfici sotto i cingoli.

Approssimativamente si devono considerare i seguenti fattori per autogru con gli stabilizzatori:



Per sollevare sezioni di torre o la navicella occorre aggiungere un 20 % in più alle pressioni degli stabilizzatori indicate dal produttore per questa configurazione.



Per sollevare la pala di una torre o un gruppo completo assemblato del rotore occorre aggiungere un 35 % in più ai carichi sui piedi degli stabilizzatori per questo particolare tipo di sollevamento.

Queste indicazioni dovrebbero essere ricordate al momento in cui si devono selezionare i pannelli di supporto adatti da utilizzare sotto gli stabilizzatori delle gru.

Se si utilizzano delle gru cingolate l'aumento delle pressioni sulla superficie dipende dal terreno sotto i cingoli/piastre e dalla dimensione di queste piastre. In questo caso sono necessari calcoli speciali. Occorre ricordarsi di aggiungere sempre i carichi supplementari sugli stabilizzatori o sulla superficie sotto i cingoli creati dal vento che agisce sulla gru e sul suo carico. Assicurarsi che le superfici di appoggio siano progettate adeguatamente e che le piastre di supporto possano sostenere questi carichi supplementari.

8. Rischi per le gru mobili durante gli interventi di riparazione delle turbine eoliche

Durante gli interventi di riparazione o sostituzione delle pale dei rotori o del rotore completo si utilizza normalmente una gru più piccola rispetto a quando si deve installare una turbina eolica, per la quale la taglia della gru è proporzionata al peso considerevole della navicella. Pertanto la gru utilizzata per la manutenzione potrebbe trovarsi ad effettuare dei sollevamenti di portata vicina alla sua capacità nominale e il carico supplementare del vento, non considerato nella programmazione, potrebbe sovraccaricare la gru.

Nel trasportare in basso i componenti della turbina eolica occorre assicurarsi che il cavo di sollevamento sia strettamente avvolto sul tamburo dell'argano durante la fase di salita del bozzello a gancio vuoto, per evitare l'inserimento della fune di sollevamento tra due avvolgimenti laschi dello strato inferiore di fune sul tamburo. Questo fenomeno può essere evitato utilizzando un bozzello più pesante o un carico extra.

9. Strade d'accesso

9.1 Preparazione

Per limiti di tempo, molto spesso le autogru vengono spostate sul cantiere da una posizione di sollevamento a quella successiva in una configurazione semi-assemblata. Quest'operazione richiede un numero di precauzioni supplementari di sicurezza, come:

Capacità di sostegno del carico

Le strade d'accesso devono poter sostenere le pressioni causate dai carichi sugli assali/cingoli della gru nella sua configurazione semi-assemblata. Per percorrere strade d'accesso con accessori speciali per il sollevamento e/o la sezione base del jib a volata variabile e/o parte del contrappeso, il carico potrebbe salire fino a 25 tonnellate o più per asse. L'appaltatore civile responsabile delle costruzioni

delle strade d'accesso deve avere una completa conoscenza di questo maggiore carico assiale/pressione sulla superficie dei cingoli.



Le strade d'accesso devono essere progettate per accogliere la gru in quella particolare configurazione nella quale verrà spostata sul cantiere e non secondo la configurazione prevista per la guida su strada o secondo un carico assiale o pressione sulla superficie dei cingoli generici.



Strade d'accesso per gru tutto-terreno e gru su camion: si prega di tenere conto che la ruota normalmente caricata di una gru con un carico assiale di 12 ton gonfiata ad una pressione nominale di 10 bar equivale ad un carico locale sotto lo pneumatico di 100 ton/m²!

Pendenza trasversale delle strade d'accesso, inclinazione delle strade d'accesso

La pendenza trasversale della strada e l'inclinazione della strada devono essere entro i limiti evidenziati dal produttore delle gru.



La strada deve essere progettata per ospitare la gru in quella particolare configurazione in cui viene spostata sul cantiere.



A seconda della pendenza trasversale della strada e dell'elasticità dei pneumatici, i carichi sulle ruote dell'autogru saranno diversi tra destra e sinistra. Accertarsi che la strada sia in grado di sostenere questo carico



Strade d'accesso per le gru con cingoli: se la larghezza esterna dei cingoli è maggiore della larghezza portante della strada d'accesso, il terreno potrebbe risultare sovraccaricato a causa del fatto che soltanto le parti interne di ciascun cingolo sostengono il carico facendo inclinare i cingoli. Questo potrebbe portare ad un ribaltamento laterale. Inoltre i rulli dei cingoli hanno solo un punto di contatto con i cingoli stessi e ciò determina una maggiore usura. Lo stesso accade se la sezione trasversale della strada d'accesso è stata costruita con una forma convessa per consentire il drenaggio dell'acqua.

9.2 Spostamento della gru in una configurazione parzialmente assemblata

Durante lo spostamento delle autogru in una configurazione parzialmente assemblata il centro di gravità si sposta ad un'altezza maggiore. Pertanto qualsiasi inclinazione laterale determinerà un rapido movimento del centro di gravità verso l'esterno rispetto alla linea centrale della gru. Questo spostamento causerà un aumento dei carichi esercitati sui pneumatici o i cingoli, il terreno può cedere o/e l'autogru può inclinarsi su di un lato. Lo spostamento delle autogru sulle strade d'accesso o su qualsiasi altra strada in una configurazione semi-assemblata dovrebbe essere fatta esclusivamente secondo le istruzioni per l'uso e/o dopo consultazione con il produttore della gru.

Le istruzioni del produttore devono essere seguite scrupolosamente perché il centro di gravità più alto della gru parzialmente assemblata presenta un rischio supplementare.

Come sicurezza supplementare (ad es. in caso di rottura di uno pneumatico o di cedimento del terreno) gli stabilizzatori delle gru telescopiche o delle gru con braccio tralicciato montate su camion/cingoli saranno sempre tenuti estesi durante il trasporto in condizioni parzialmente assemblate. I piedi degli stabilizzatori dovranno essere mantenuti appena al di sopra del terreno e l'area al di sotto dei piedi che si muovono dovrà essere livellata per evitare che essi possano incappare in eventuali asperità, e quest'area dovrà essere in grado di sopportare il carico se necessario.

10. Conclusioni

Durante l'operazione in condizioni di vento e in particolare sollevando carichi con superfici ampie occorre certamente osservare l'influenza del vento. Prima d'iniziare a lavorare il gruista deve determinare la velocità massima del vento sul cantiere contattando la stazione meteorologica competente. Il sollevamento è vietato quando le velocità attese del vento superano le velocità massime del vento calcolate per il carico nella fase di programmazione dell'operazione. Quando il vento soffia a raffiche appena prima dell'operazione di sollevamento, esiste un'alta probabilità che, si presentino a breve tempo delle raffiche forti inaspettate. I dati delle previsioni meteorologiche possono essere reperite su Internet (ad es. su www.windfinder.com alla sezione "Super Forecast").
Notare che la velocità indicata delle raffiche è basata su di un'altezza di soli 10 metri dal terreno.

Especially during lifting of loads with relative small masses but large sail areas, the wind load has a considerable impact on the load carrying performance of the crane. The effective surface area exposed to wind of the load which needs to be taken into account is the result of the projected area multiplied with the c_w factor (drag factor - shape coefficient for the load). The sail area and c_w factor must be known to all parties planning the lifting operation.



Effettuare un sollevamento senza tenere conto delle forze del vento attese e della superficie effettiva del carico esposto al vento può determinare un guasto ai componenti e/o un ribaltamento della gru!



Non tenere in considerazione gli effetti del vento sul cantiere di lavoro comporta dei rischi mortali.

Fondamenti teorici

(Per maggiori informazioni vedere EN 13000:2010)

Definizioni

N	Newton (unità di forza))
c_w	Fattore di resistenza al vento (fattore di resistenza)
A_p	Superficie di proiezione di un corpo (m ²)
A_w	Superficie esposta al vento (m ²)
v_{max}	Velocità massima della raffica di 3 secondi ammessa (m/sec) nel punto più alto del sistema dei bracci.
\bar{v}	Velocità del vento determinata per 10 minuti per v [m/sec] a 10 m dal suolo o il livello delmare
v(z)	Valore medio della velocità del vento per un periodo di 3 secondi all'altezza z sopra il terreno (m/sec).
z	Altezza dal suolo
q	Pressione d'impatto quasi static (pressione su di un corpo derivante dall'esposizione al vento in N/m ²)
F_w	Carico del vento (influsso della forza esercitata su di un corpo derivante dall'esposizione al vento)
m_H	Carico di sollevamento (ton) comprese le attrezzature di fissaggio e il bozzello ed eventualmente sezioni della fune di sollevamento). Il carico di sollevamento non può superare il valore massimo indicato nelle tabelle di carico).

Velocità del vento e pressioni:

Per calcolare i carichi del vento si presume che il vento soffi orizzontalmente dalla condizione più sfavorevole ma ad una velocità che dipende dall'elevazione (10 m sopra il terreno). La velocità di una raffica di vento di 3 secondi $v(z)$ [m/sec] che agisce su di un punto elevato z [m] ed è decisiva per i calcoli si basa su di una velocità media determinata per 10 min \bar{v} [m/sec] a 10 m sopra il terreno o il livello del mare.

$$v(z) = \left[\left(z / 10 \right)^{0,14} + 0,4 \right] \cdot \bar{v}$$

Per $z = 10[m] \Rightarrow v(z) = 1,4 \cdot \bar{v}$ **vedere l'allegato 1**

La pressione d'impatto quasi static q [N/m²] è il risultato di:

$$q = 0,625 \cdot v(z)^2$$

Per $z = 10[m] \Rightarrow q(z) = 1,225 \cdot \bar{v}^2$ **vedere l'allegato 2**

La velocità ammissibile del vento il servizio e il fuori servizio della gru deriva dalla velocità della raffica di vento ($v(z)$) che agisce sul punto più alto preso in considerazione per le verifiche.

Carichi del vento in condizioni di servizio (durante l'operazione)

Per calcolare il carico del vento durante l'operazione della gru in modo conservativo, la velocità della raffica di vento determinata nel punto più alto $V_i(\max.z)$ si può assumere come parametro che agisce su tutta l'altezza della gru e del suo braccio. I calcoli precisi delle forze eoliche legate all'elevazione e che agiscono sul braccio sono ammessi, ad es., ad intervalli d'elevazione di 10 m.

Le forze eoliche che agiscono sulla gru e i suoi componenti così come le relative pressioni d'impatto determinate, andranno combinate con gli altri carichi in condizioni di funzionamento. La massima velocità del vento ammessa $v_i(\max.z)$ dovrà essere indicata nelle tabelle di carico e sul manuale delle istruzioni.

Dovranno essere indicati i valori di riferimento della superficie di vela e del coefficiente di resistenza utilizzati per determinare l'effetto del vento sul carico. Si dovranno assumere i seguenti valori minimi:

- Superficie di vela per tonnellata di carico sollevato: $A=1,0 \text{ m}^2/\text{ton}$
- Coefficiente di resistenza: $c_w=1,2$

In questo modo la superficie effettiva di vela diventa di $1,2 \text{ m}^2/\text{ton}$.

I carichi del vento sul carico sospeso andranno calcolati in base alla superficie effettiva di vela rilevata all'altezza massima di sollevamento del carico sospeso. Una verifica speciale sarà richiesta di caso in caso per i carichi di sollevamento con un'ampia superficie effettiva di vela ($A \cdot C_w > 1,2 \text{ m}^2/\text{ton}$). Se il produttore fornisce delle tabelle di carico basate su ipotesi diverse da quelle standard, queste dovranno essere menzionate nelle tabelle di carico fornite.

Un utilizzo sicuro della gru è possibile solo entro la gamma di velocità del vento ammesse $v_i(\max.z)$ durante il funzionamento della gru, la velocità alla massima elevazione può essere monitorata mediante l'uso di un anemometro. Per prevenire qualsiasi pericolo dovuto in particolare ad improvvisi cambiamenti nella velocità o nella direzione del vento durante il passaggio dei fronti meteorologici si dovrebbero tenere in considerazione i bollettini meteorologici ai fini della pianificazione delle operazioni di sollevamento. Istruzioni dovrebbero essere stabilite nel manuale delle istruzioni offrendo misure adeguate per abbassare la gru in una posizione di sicurezza.

Le gru mobili sono normalmente attrezzate con sistemi di bracci che possono essere abbassati rapidamente e senza difficoltà. Ciò comporta la possibilità di ridurre in breve tempo i rischi dovuti ad improvvisi cambiamenti delle velocità del vento ed aumenti nella velocità delle raffiche in punti elevati, ad es. entro 5 min.

Carichi del vento in condizioni di fuori servizio (quando la gru non è in funzione)

a) Venti di burrasca in condizioni di fuori servizio

Per calcolare i carichi del vento quando la gru non è in funzione si può presumere una velocità del vento di riferimento stimata secondo una media, variabile a livello regionale. La velocità del vento di riferimento V_{ref} viene determinata per 10 min a 10 m sopra il terreno o il livello del mare.

La struttura è considerata sicura quando tutte le verifiche richieste compreso l'effetto delle raffiche di vento di 3 secondi relative all'altezza sono calcolate in base alla velocità del vento di riferimento (vedere le formule nel capitolo Velocità e pressioni del vento riportato sopra e gli allegati 1 e 2.

b) Velocità del vento per determinare il livello di fuori servizio

Per calcolare l'effetto del carico del vento quando la gru non è in funzione si dovrà considerare la velocità delle raffiche al punto di massima elevazione v_a (max. z), vedere allegati 1 e 2. La sicurezza richiesta sarà verificata per tutte le configurazioni permesse e/o le posizioni della gru. Si ammettono dei calcoli precisi elaborati in base all'elevazione e ai dati relativi alle forze eoliche che agiscono sul braccio in tale configurazione e/o posizione, ad es. per intervalli d'elevazione di 10 m, per le velocità delle raffiche importanti (velocità delle raffiche di tre secondi).

Le forze sulla gru e i suoi componenti derivanti dalla pressione d'impatto dovranno essere combinate con i pesi propri e, se necessario, con altri fattori geometrici d'influenza (ad es. superfici fuori livello).

Affinché la gru sia sicura rispetto agli effetti delle velocità del vento v_a (max z) tenendo conto dei limiti specifici della gru, dovrebbe rimanere solo in questa configurazione e/o posizione fino alla velocità della raffica di vento derivata.

Informazioni verranno fornite nel manuale d'istruzioni relativamente alle misure che il gruista deve intraprendere per mantenere la gru in condizioni di sicurezza, cioè abbassando o rientrando il braccio nel caso in cui il valore v_a (max z) venga superato. Nel manuale di istruzioni dovranno essere riportate istruzioni adatte per mettere in sicurezza la gru quando è fuori servizio.

La sicurezza di una gru viene mantenuta solo all'interno della gamma della velocità ammessa di vento v_a (max z) mentre la gru è in servizio o fuori servizio. Pertanto il superamento del limite di fuori servizio causato dalla velocità del vento dovrebbe essere prevenuto programmando l'intervento di sollevamento in considerazione delle previsioni del tempo.

Allegato 1: velocità del vento come funzione d'elevazione

Tabella 1 — 3 Velocità delle raffiche di vento in 3 secondi in funzione della velocità media del vento in base alla scala Beaufort e all'elevazione

Grado Beaufort	3	4	5 ^a	5 ^b	6	7 ^a	7 ^b	8	9	10
\bar{v} [m/s] ^b	5,4	7,9	10,1	10,7	13,8	14,3	17,1	20,7	24,4	28,4
z [m]	$v(z)$ [m/s]									
10	8	11	14	15	19	20	24	29	34	40
20	8	12	15	16	21	22	26	31	37	43
30	9	12	16	17	22	22	27	32	38	45
40	9	13	16	17	22	23	28	33	39	46
50	9	13	17	18	23	24	28	34	40	47
60	9	13	17	18	23	24	29	35	41	48
70	9	14	17	18	24	25	29	36	42	49
80	9	14	18	19	24	25	30	36	42	49
90	10	14	18	19	24	25	30	36	43	50
100	10	14	18	19	25	25	30	37	43	51
110	10	14	18	19	25	26	31	37	44	51
120	10	14	18	19	25	26	31	38	44	52
130	10	15	19	20	25	26	31	38	45	52
140	10	15	19	20	26	26	32	38	45	53
150	10	15	19	20	26	27	32	39	45	53
160	10	15	19	20	26	27	32	39	46	53
170	10	15	19	20	26	27	32	39	46	54
180	10	15	19	20	26	27	33	39	46	54
190	10	15	19	20	26	27	33	40	47	54
200	10	15	19	21	27	27	33	34	47	55

^a vento in funzione:
 —
 1 leggero $v = 10$ [m/s] \Rightarrow for $z = 10$ [m] \Rightarrow $q(z) = 125$ [N/m²]
 —
 2 normale $v = 14$ [m/s] \Rightarrow for $z = 10$ [m] \Rightarrow $q(z) = 250$ [N/m²]

^b limite superiore Beaufort

Legenda

\bar{v} [m/s]: velocità media del vento ad un'elevazione di 10 m (limite superiore del grado Beaufort) per una durata di 10 min.

z [m]: elevazione sopra il terreno piano.

$v(z)$ [m/s]: velocità delle raffiche del vento per tre secondi che agiscono all'elevazione z e sono importanti per i calcoli.

$q(z)$ [N/m²]: pressione d'impatto quasi statica che agisce sull'elevazione z ed è calcolata su base $v(z)$, vedere allegato 2.

Allegato 2: pressione d'impatto come funzione d'elevazione

Tabella 2 — pressione quasi statica d'impatto come funzione della velocità media del vento secondo la scala Beaufort e come funzione d'elevazione

Grado Beaufort	3	4	5 ^a	5 ^b	6	7 ^a	7 ^b	8	9	10
\bar{v} [m/s] ^b	5,4	7,9	10,1	10,7	13,8	14,3	17,1	20,7	24,4	28,4
z [m]	$q(z)$ [N/m ²]									
10	36	77	125	140	233	250	358	525	729	988
20	41	88	144	161	269	288	412	604	839	1137
30	45	96	156	176	292	313	448	657	913	1237
40	46	102	166	186	310	332	476	698	970	1314
50	50	107	174	196	325	348	499	732	1016	1377
60	52	111	181	203	338	362	519	761	1057	1431
70	54	115	187	210	349	374	536	786	1092	1480
80	55	117	193	216	360	385	552	809	1124	1523
90	57	121	198	222	369	395	566	830	1153	1562
100	58	124	202	227	377	404	579	849	1180	1598
110	59	126	206	232	385	413	591	867	1204	1632
120	60	129	210	236	393	421	603	883	1227	1663
130	61	131	214	240	400	428	613	899	1249	1692
140	62	133	218	244	406	435	623	914	1269	1720
150	63	135	221	248	412	442	633	928	1289	1746
160	64	137	224	251	418	448	642	941	1307	1771
170	65	139	227	255	424	454	651	953	1325	1795
180	66	141	230	258	429	460	659	966	1342	1818
190	67	142	233	261	434	465	667	977	1358	1839
200	67	144	235	264	439	471	675	988	1373	1860

^a vento in funzione:
 —
 1 leggero $\bar{v} = 10,1$ [m/s] \Rightarrow for $z = 10$ [m] $\Rightarrow q(z) = 125$ [N/m²]
 —
 2 normale $\bar{v} = 14,3$ [m/s] \Rightarrow for $z = 10$ [m] $\Rightarrow q(z) = 250$ [N/m²]

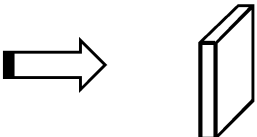
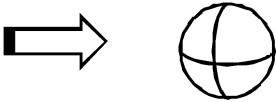
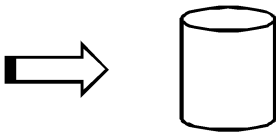
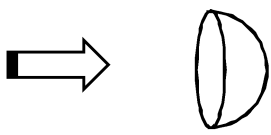
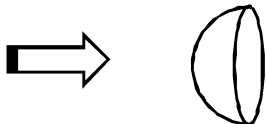

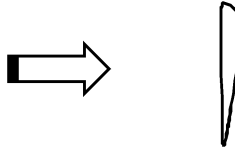
^b limite superiore beaufort

Legenda

- \bar{v} [m/s]: velocità media del vento ad un'elevazione di 10 m (limite superiore del grado Beaufort) per una durata di 10 min.
- z [m]: elevazione sopra il terreno piano.
- $v(z)$ [m/s]: velocità delle raffiche del vento per 3 secondi che agiscono all'elevazione z e sono importanti per i calcoli.
- $q(z)$ [N/m²]: pressione d'impatto quasi statica che agisce all'elevazione z ed è calcolata su base $v(z)$.

Allegato 3: forme tipiche

Tabella 3 — tabella con le forme tipiche e i corrispondenti valori C_w

Forma	Coefficiente di resistenza C_w	Commento
	da 1,1 a 2,0	
	da 0,3 a 0,4	
	da 0,6 a 1,0	
	da 0,8 a 1,2	
	da 0,2 a 0,3	
	da 0,05 a 0,1	Pala turbina eolica
	circa 1,6	Pala turbina eolica

Allegato 4: scala Beaufort

Table 4 — scala Beaufort

Velocità del vento nell'entroterra		Velocità del vento (media di 10 minuti)		Effetto del vento
Scala Beaufort	Designazione	m/sec	Km/h	
0	Calma	da 0 a 0,2	1	Calma, il fumo sale verticalmente.
1	corrente leggera	da 0,3 a 1,5	da 1 a 5	Direzione del vento rilevata dal fumo ma non dalle banderuole
2	brezza leggera	da 0,6 a 3,3	da 6 a 11	vento avvertito sul viso, fruscio di foglie, banderuole mosse dal vento.
3	brezza dolce	da 3,4 a 5,4	da 12 a 19	foglie e ramoscelli in costantemovimento, il vento agita le bandiere leggere.
4	brezza moderata	da 5,5 a 7,9	da 20 a 28	Il vento alza la polveree scompone i fogli, muove iramoscelli e i rami piccoli.
5	brezza fresca	da 8.0 a 10.7	da 29 a 28	I piccoli alberi iniziano aondeggiare. Ondine crestatesui laghi
6	vento forte	da 10,8 a 13,8	da 39 a 49	Rami grandi in movimento,le linee del telegrafo fischiano,ombrelli utilizzati con difficoltà.
7	vento impetuoso	da 13,9 a 17,1	da 50 a 61	Alberi interi in movimento, difficoltà a camminare controvento.
8	vento violento	da 17,2 a 20,7	da 62 a 74	Rami degli alberi rotti, gravi difficoltà a camminare all'esterno.
9	burrasca	da 20,8 a 24,4	da 75 a 88	Leggeri danni alle strutture (comignoli e lastre divelte) .
10	burrasca forte	da 24,5 a 28,4	da 89 a 102	Alberi sradicati, notevoli danni alle strutture.
11	burrasca violenta	da 28,5 a 32,6	da 103 a 117	Danni diffusi
12	uragano	32,7 ed oltre	118 ed oltre	Significativa devastazione

Allegato 5 : Tabelle di carico

Tabella 5 — esempio di tabella di carico

Gru con contrappeso da 56 ton									
Base degli stabilizzatori - lunghezza 18,000 m - larghezza 18,000 m									
Braccio principale – lunghezza fissa in									
	35.33	35.33	35.33	40.15	40.15	40.15	44.98	44.98	44.98
Tel. sec. I	0.44	0.00	0.00	0.88	0.44	0.00	0.88	0.44	0.00
Tel. sec. II	0.44	0.44	0.00	0.44	0.44	0.44	0.88	0.44	0.88
Tel. sec. III	0.44	0.44	0.88	0.44	0.44	0.88	0.44	0.88	0.88
Tel. sec. IV	0.44	0.88	0.88	0.44	0.88	0.88	0.44	0.88	0.88
Classe di rotazione	360°								
Raggio in m	Capacità di sollevamento in ton								
6.0	112.0	106.0	88.5						
7.0	112.0	100.0	81.5	90.0	92.0	82.5			
8.0	112.0	94.0	76.0	90.0	92.0	77.5	74.0	74.0	72.0
9.0	112.0	87.5	70.5	90.0	90.0	73.0	74.0	73.5	69.0
10.0	112.0	81.5	65.0	89.0	85.5	69.0	74.0	70.0	65.0
11.0	112.0	77.5	61.0	84.0	81.5	64.5	73.5	67.0	61.0
12.0	112.0	73.5	57.5	79.0	77.0	60.5	70.5	64.0	57.5
13.0	112.0	69.0	54.0	74.5	73.5	57.5	67.0	61.0	54.5
14.0	107.0	65.0	50.0	70.5	70.5	54.5	63.5	58.0	51.5
15.0	102.0	62.0	48.0	67.0	67.0	51.5	60.5	55.5	48.5
16.0	94.0	59.5	45.5	63.5	63.5	49.0	57.5	52.5	45.5
18.0	81.5	54.0	41.0	57.0	59.0	45.0	51.5	48.5	41.5
20.0	71.5	49.5	37.0	52.0	54.5	41.0	47.0	44.5	37.5
22.0	63.5	46.0	34.5	47.0	49.5	37.0	42.5	41.0	34.5
24.0	57.0	42.5	31.5	43.5	47.0	35.0	39.0	38.5	32.0
26.0	51.5	39.0	28.5	40.0	44.0	32.5	35.5	35.5	29.5
28.0	46.5	37.0	27.0	37.0	41.5	30.5	33.0	33.0	27.0
30.0	42.5	35.0	25.0	34.0	38.5	28.0	30.5	31.5	25.5
32.0	34.0	33.0	23.5	31.5	37.0	26.5	28.5	29.5	23.5
34.0				29.5	35.0	25.0	27.0	28.0	22.0
36.0				27.5	33.5	23.5	25.0	26.0	20.5
38.0							23.5	25.0	19.2
40.0							21.5	23.5	18.2
Codice RCL	1350								
Massima	12 m/s								
velocità del vento ammessa	9 m/s	11 m/s	12 m/s	10 m/s	8 m/s	12 m/s	10 m/s	11 m/s	

Bibliography

- [1] N0129 Comunicato stampa FEM/ESTA – Gru mobili – Influsso delle forze eoliche durante il funzionamento delle gru – Francoforte 12 Aprile 2010
- [2] Influenza del vento sul funzionamento delle gru, 2° edizione 2011, Liebherr Werk Ehingen GmbH
- [3] Standard Europeo EN 13000:2010 Gru – gru mobili, compresi i lavori preliminari di CEN TC 147 WG 11 per il successivo emendamento
- [4] 2006/42/CE – Direttiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006 sulle macchine e direttiva d'emendamento 95/16/CE (rielaborazione) OJ No L 157, 9 Giugno 2006

Riferimenti

Istituito dal Comitato Tecnico del Gruppo prodotti gru e sistemi di sollevamento della Fédération Européenne de la Manutention /FEM)

**Segretariato della FEM Product Group Cranes and Lifting
Equipment (FEM Gruppo prodotti gru e sistemi di sollevamento)**

Segretariato: **c/o VDMA**

**Materials Handling and Logistic Technology Association
Lyoner Str. 18
D-60528 Francoforte**

Disponibile dal web server della FEM (casa editrice): <http://fem.vdma-verlag.de>

Associazioni appartenenti alla FEM

Belgio, AGORIA

Finlandia, Technology Industries of Finland

Francia, CISMA

Germania, VDMA

Italia, AISEM

Lussemburgo, Industrie Luxembourgeois de la Technologie du Métalp. A. FEDIL

Paesi Bassi, ME-CWM

Portogallo, ANEMM

Spagna, FEM-AEM - E.T.S.E.I.B

Svizzera, SWISSMEM

Svezia, TEKNIKFÖRETAGEN

Turchia, ISDER

Regno Unito, BMHF

Per maggiori informazioni sulla FEM si prega di consultare il sito web della FEM all'indirizzo:

<http://www.fem-eur.com>