

Documentazione per la formazione
**Influsso del vento sulle
operazioni con la gru**



LIEBHERR

Colophon:

4a edizione 2017
Liebherr-Werk Ehingen GmbH
Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1
D-89582 Ehingen/Donau
www.liebherr.com
Schulungszentrum.LWE@liebherr.com

Tutti i diritti riservati.



Quando soffia il vento.

Lavorando con le gru il fattore rischio di errore è inevitabile, e le condizioni del vento possono rappresentare un potenziale pericoloso da non sottovalutare. Il gruista deve assicurarsi che la gru non sia mai esposta ad un vento avente una forza superiore a quanto indicato dal costruttore della gru. Occorre allo stesso modo prendere le corrette decisioni e le misure necessarie affinché la gru non si trovi mai in condizioni non sicure a causa dell'azione del vento.

Qualora il pericolo sussista, il gruista deve prendere tutte le misure stabilite dall'azienda. In caso di pericolo il gruista decide in loco, se il vento è troppo forte per lavorare o se sia necessario interrompere il lavoro. Per cui si capisce l'importanza di essere avvertiti anticipatamente dell'arrivo di temporali e perturbazioni che coinvolgono un'area estesa e della loro durata. Particolarmente pericolosi sono comunque le raffiche di vento a livello locale in occasione di forti temporali e rovesci.

La presente documentazione di formazione ha lo scopo di informare gruisti, progettisti nonché le aziende proprietarie di gru e di presentare delle opzioni di manovra in caso di uso della gru sotto l'azione del vento. Inizialmente provvederemo ad introdurre i principi basilari del carico di vento. Nel corso della formazione, mostreremo come procedere alla determinazione di carichi dovuti al vento nonché carichi particolari, come ad es. per l'installazione di generatori eolici. Forniremo inoltre le informazioni necessarie a tal fine.

La presente documentazione è stata concepita in modo tale che il lettore possa acquisire da sé, tramite autoapprendimento, la condotta corretta da adottare, in base allo stato della conoscenza. Esempi di impostazioni di problemi servono a fini illustrativi e rappresentativi ed offrono la possibilità esercitarsi. Inoltre sono riportate avvertenze e strumenti utili per il lavoro quotidiano con la gru. La documentazione di formazione non ha la pretesa di essere completa e non va a sostituire le istruzioni per l'uso e il libro con le tabelle delle capacità di carico della relativa gru Liebherr. In questa sede ci limitiamo a fare presente ai nostri clienti di prestare la massima cautela quando si lavora con macchine di grandi dimensioni e di sfruttare i nostri 40 anni di esperienza come azienda leader nella costruzione di gru.

Liebherr-Werk Ehingen GmbH



Come deve essere utilizzato il presente documento?



Spiegazione dei simboli

Domande relative al materiale di studio riportato nel paragrafo precedente. (Confrontare le risposte con la soluzione riportata alla fine del documento)



Avvertenza importante / Informazione sull'argomento attuale.



Indica una situazione pericolosa sul tema attuale.

Annotazioni:

La colonna sinistra e quella destra di ogni pagina servono per inserire annotazioni personali riguardo il materiale di studio. I propri appunti, insieme a quanto già precedentemente indicato, devono servire ai fini della comprensione, memorizzazione e ripetizione.

Istruzioni di lavoro:

- Innanzitutto leggere attentamente e completamente il testo di un capitolo.
- Ripetere il contenuto del relativo capitolo con l'aiuto delle osservazioni a margine stampate e dei propri appunti.
- Rispondere alle domande riportate alla fine del capitolo (possibilmente senza riguardare).
- Le soluzioni alle rispettive domande sono riportate alla fine del documento.
- Se non si è in grado di rispondere alle domande, senza riconsultare il testo, studiare e rielaborare il capitolo di nuovo.
- Continuare con lo studio del capitolo successivo solo dopo aver ben appreso ogni singolo capitolo.
- Al termine del documento verificare di aver raggiunto gli obiettivi di apprendimento qui indicati.

Obbiettivi di apprendimento:

Dopo aver studiato ed elaborato il documento, dovrete essere in grado di:

- identificare i diversiflussi del vento sulle operazioni con la gru
- avere la padronanza dei termini tecnici per il calcolo della forza del vento
- poter calcolare il carico del vento per un evento di carico standard e un evento di carico speciale
- poter calcolare la nuova velocità ammessa delle raffiche di vento



Indice

1. Introduzione ed esposizione del problema	7
1. 1 Influsso del vento sulla gru e sul carico.....	8
1. 2 Esercizi.....	11
2. Nozioni basilari "Vento"	12
2. 1 Raffiche di vento e rugosità.....	14
2. 2 Informazioni meteo e sul vento.....	17
2. 2. 1 Velocità delle raffiche di vento in funzione dell'altezza.....	18
2. 3 Esercizi.....	19
3. Excursus - Schema di un generatore eolico	20
4. Fattori per il calcolo della forza del vento	22
4. 1 Richiesta dei valori disponibili.....	22
4. 1. 1 Peso del sollevamento (m_H).....	22
4. 1. 2 Superficie di proiezione massima (A_p).....	22
4. 1. 3 Valore c_w	23
4. 1. 4 Velocità del vento attuale (v_{act}).....	23
4. 2 Determinazione o calcolo dei valori non disponibili.....	25
4. 2. 1 Superficie esposta alla forza del vento (A_w).....	25
4. 2. 2 Velocità del vento ammessa desunta dal libro delle tabelle di carico.....	25
4. 2. 3 Pressione sul materiale (p).....	26
4. 2. 4 Carico del vento (F_w).....	26
4. 3 Esercizi.....	26
5. Determinazione della velocità del vento ammessa	27
5. 1 Metodo (1): Diagramma della forza del vento.....	27
5. 1. 1 Esempio per la determinazione della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico speciale.....	28
5. 1. 2 Esempio per la determinazione della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico standard.....	28
5. 2 Metodo (2): Formula.....	33
5. 2. 1 Esempio per il calcolo della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico standard.....	33
5. 2. 2 Esempio per il calcolo della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico speciale.....	33
5. 3 Esercizi.....	34



Azioni del vento sul funzionamento della gru

6. Azioni del vento in caso di „Gru fuori servizio“	36
6. 1 Procedura in caso di interruzione del lavoro con la gru	37
6. 2 Utilizzo delle tabelle del vento	38
6. 2. 1 Esempio con gru a movimento telescopico:.....	38
6. 2. 2 Esempio con gru a traliccio:	41
7. Considerazione finale	44
8. Allegato	45
8. 1 La gru Liebherr per l'energia eolica	45
8. 1. 1 Autogru attuali (2016).....	45
8. 1. 2 Gru cingolate telescopiche attuali (2016).....	47
8. 1. 3 Gru cingolate attuali (2016).....	47
8. 1. 4 Gru tralicciate attuali (2016).....	50
8. 2 Soluzioni degli esercizi	51

Definizione del termine

N	Newton (unità di forza)
C_w	Coefficiente di resistenza al vento
A_p	Proiezione di un corpo (m ²)
A_w	Area esposta al vento (m ²)
v_{max}	La velocità di raffica massima (m/s) per 3 secondi alla massima altezza.
v_{max_TAB}	La velocità di raffica massima (m/s) per 3 secondi alla massima altezza, specificati nella tabella di portata.
v_{act}	Velocità attuale del vento misurata (m/s).
$v(z)$	Velocità media del vento per un periodo di 3 secondi ad una altezza "z" dal suolo (m/s).
p	Contropressione (pressione su un corpo a causa del flusso del vento in N/m ²).
F_w	Carico del vento (forza su un corpo dovuta al flusso del vento).
m_H	Peso del sollevamento (t) (comprese le imbracature, bozzelli ed eventuale bilancino). Il carico da sollevare non deve superare il valore delle tabelle di portata.



Qualsiasi descrizione della velocità del vento presente in questo documento si riferisce sempre alla velocità delle raffiche di vento, in quanto questa è sempre superiore alla normale velocità del vento. Occorre dunque utilizzare sempre la velocità delle raffiche di vento come principio per il calcolo.



1. Introduzione ed esposizione del problema

Spesso il vento e le raffiche di vento rappresentano un fattore sottovalutato in caso di incidenti che coinvolgono un'autogru o una gru cingolata. Quando si sollevano carichi aventi un'estesa superficie esposta alla forza del vento, come ad es. pale di rotor o rotor completi di generatori eolici, accade spesso di superare abbondantemente i valori standard indicati dalla EN 13000 (cfr. Allegato Cap. 7.3), che rappresentano la base di calcolo della gru.

Questi valori standard sono ad esempio il cosiddetto **coefficiente di resistenza del vento** (c_w) oppure il valore per il calcolo della cosiddetta **superficie di proiezione** di un carico. Entrambi i valori insieme forniscono informazioni riguardo l'effettiva **superficie esposta alla forza del vento** di un carico. Proprio con i carichi aventi una superficie estesa (carichi speciali) la velocità, indicata nelle tabelle delle capacità di carico, può risultare non valida per lavorare con la gru. E' quindi necessario per questo evento di carico speciale procedere a determinare nuovamente una velocità del vento più bassa rispetto alla velocità del vento originariamente ammessa.

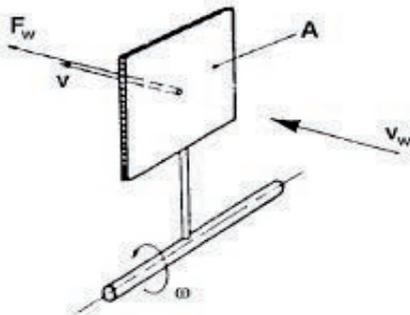


Figura 1: Principio di resistenza

Che ruolo ha il vento nel superamento di questi valori standard?

Quando il vento investe una superficie, su tale superficie esso crea una forza (**forza di resistenza**), che agisce nella direzione del vento.



Figura 2: Principio di forza ascensionale

In presenza di una superficie portante o un rotore si deve inoltre considerare l'azione della cosiddetta **forza ascensionale**. La superficie/lunghezza sul lato superiore di un'ala è maggiore rispetto a quella del lato inferiore. L'aria sul lato superiore deve muoversi quindi più velocemente rispetto che sul lato inferiore. Ne consegue la formazione di una depressione sul lato superiore e di una sovrappressione sul lato inferiore. A causa della forza ascensionale così creata l'ala viene spinta verso l'alto.

La forza del vento agisce quindi su un carico. La forza può essere del tipo caricante o scaricante. Determinante qui è il cosiddetto **principio di resistenza** e il **principio di forza ascensionale**.

Azione del vento sul carico

Principio della resistenza

Principio di forza ascensionale



1. 1 Influsso del vento sulla gru e sul carico

Ciò vale allo stesso modo anche per la gru:



Figura 3: Vento proveniente dal davanti e da dietro



Figura 4: Vento proveniente di lato



Pericolo di incidente!

Il vento proveniente dal davanti **non** riduce il carico al gancio, sulla fune di sollevamento, carrucole di sollevamento e argani, poiché il carico continua ad agire con la sua forza di gravità (cfr. Cap. 4.1.1). A causa del vento proveniente da davanti, questi gruppi vengono sovraccaricati a causa dell'intervento ritardato del limitatore di carico (LMB)! Al cessare del vento proveniente dal davanti, l'intera gru con il braccio tirantato può essere sovraccaricata, qualora esso sia stato precedentemente caricato al limite del momento di carico (LMB)! **Il gruista deve quindi conoscere il peso del carico e non deve superare la capacità di carico massima!**

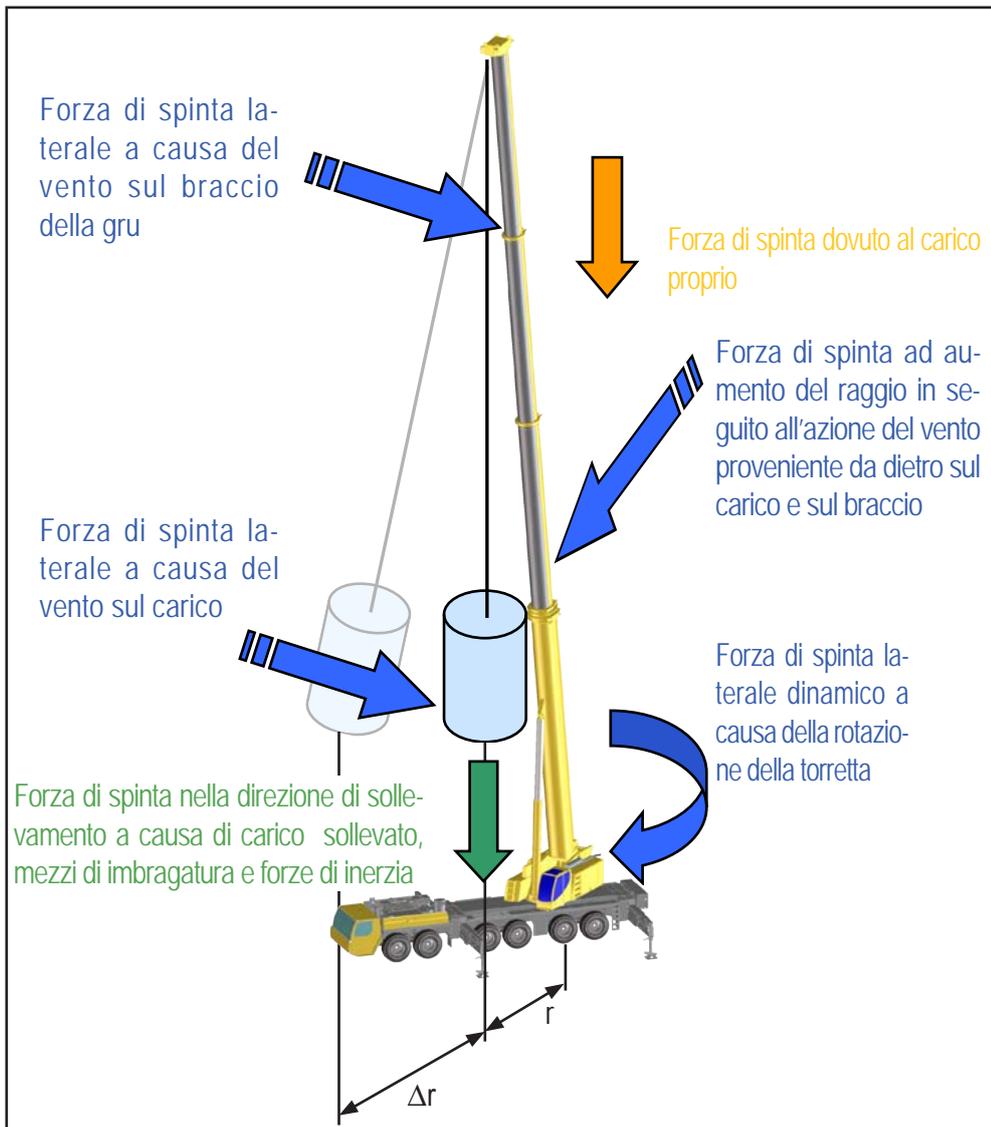


Azioni del vento sul funzionamento della gru

Il vento proveniente di lato è particolarmente pericoloso per il braccio della gru e per il carico. Questo non viene rilevato dal limitatore di carico (LMB). Per cui la gru può venire sovraccaricata in modo anomalo.

Il carico supplementare a causa del vento proveniente di lato non viene indicato dal limitatore di carico (LMB).

Vento proveniente di lato



Possibili forze di spinta sulla gru

r = raggio
 Δr = raggio aumentato a causa dell'azione del vento

Figura 5: Forze di carico che possono agire sulla gru

Se la forza del vento agisce sul carico, questo viene deviato in direzione del vento. Vale a dire che la forza del carico agisce sul braccio non più in modo perpendicolare verso il basso. A seconda delle forze del vento, delle superfici esposte alla forza del vento e della direzione del vento, il raggio del carico può aumentare oppure sul braccio della gru possono agire forze laterali non calcolabili.

Azione del vento sul carico



Azioni del vento sul funzionamento della gru

Panoramica dei pericoli causati dal vento



	Vento proveniente da davanti	Vento proveniente da dietro	Vento proveniente di lato
Braccio	In caso di vento proveniente da davanti sistema del braccio viene scaricato . Il carico indicato risultante è più basso. L'intervento del limitatore di carico (LMB) avviene solo alzando un carico superiore della capacità di carico massima ammessa.	In caso di vento proveniente da dietro il sistema del braccio viene caricato maggiormente . Il limitatore di carico LMB si può attivare anche con un carico inferiore al valore massimo utile ammissibile nelle tabelle di portata.	In caso di vento proveniente di lato il sistema del braccio viene caricato lateralmente . Il carico indicato è pressoché uguale a quello con "Funzionamento della gru in assenza di vento". Il limitatore del momento di carico (LMB) non tiene conto del vento laterale.
Carico	La forma e il peso proprio del carico giocano un ruolo determinante sull'azione del vento. Il vento fa dondolare il carico, causando anche l'oscillazione del braccio della gru. L'oscillazione (dinamica) del braccio fa aumentare il carico massimo della gru. E' possibile che l'intervento del imitatore di carico si attivi e disattivi in continuazione, operando nel campo limite della portata. In caso di carichi speciali, come ad es. con un rotore, il vento grazie alla forma del rotore può agire in modo tale da ridurre il carico.		

Fattori imprevedibili

Una tecnologia eccellente e la qualità delle gru , una lunga esperienza lavorativa nonché una buona formazione del/della gruista ed un piano di impiego professionale, redatto prima di iniziare a lavorare con la gru, riducono notevolmente il rischio di incidenti sul lavoro. Ciò nonostante: fattori imprevedibili come ad es. improvvise raffiche di vento sono difficili o addirittura impossibili da calcolare esattamente a priori. Qui di seguito vengo spiegati termini quali superficie esposta alla forza del vento o superficie di proiezione del vento, valore c_w , raffiche di vento, velocità del vento, carico del vento o classi di rugosità.

Cosa significa tutto ciò per coloro che lavorano con la gru in presenza di vento?

Ricalcolo della velocità massima del vento ammissibile

Durante la pianificazione operativa si deve tener conto, soprattutto per i carichi con superfici di proiezione di grandi dimensioni e valori di resistenza c_w alti, che le velocità massime indicate nelle tabelle di portata vengono ridotte.

La persona responsabile dell'impiego della gru deve possedere le conoscenze basilari riguardo l'azione del vento durante le operazioni con la gru. Inoltre l'operatore deve essere in grado di ricalcolare i nuovi dati relativi alla velocità massima del vento ammessa per carichi speciali aventi una ampia superficie esposta alla forza del vento.

La velocità massima del vento ammessa (V_{max}) e la massima velocità del vento ammissibile in base alle tabelle di portata (v_{max_TAB}) si riferiscono sempre alla velocità di raffica di 3 secondi presente all'altezza massima di sollevamento



Azioni del vento sul funzionamento della gru

1. 2 Esercizi

Esercizio 1

Quali tipi di vento possono agire sul braccio? (Possibili risposte multiple)

- Carico dovuto al vento
- Evaporazione
- Vento proveniente da davanti
- Energia eolica
- Vento proveniente da dietro
- Vento proveniente di lato



Esercizio 2

Che tipi di vento esercitano un'azione sull' LMB?

(Risposta)

Il limitatore di carico LMB si può attivare anche con un carico inferiore al valore massimo utile ammissibile nelle tabelle di portata.

(Risposta)

L' intervento del limitatore avviene solo con un carico superiore al valore riportato nelle tabelle di carico.

(Risposta)

Non avviene l' intervento del limitatore di carico.

Esercizio 3

Come agisce il vento sul carico della gru? (Possibili risposte multiple)

- per nulla
- il carico può dondolare
- il carico ruota sul gancio
- il raggio del carico può aumentare



Come nasce il vento?

2. Nozioni basilari "Vento"

In questo capitolo verranno fornite le nozioni fondamentali riguardo l'insorgere del vento nonché i primi chiarimenti sui termini tecnici specifici del vento.

Il vento è aria in movimento. Il movimento è dato dalla corrente di compensazione dei campi di alta pressione e bassa pressione generati dalle diverse temperature atmosferiche e dalla differenza di pressione che ne risulta.

La forza propulsiva del vento è l'irradiazione solare. Colpisce la terra e l'atmosfera terrestre con intensità variabile: perpendicolare all'equatore mentre ai poli proprio come una striscia di luce. La terra e le masse d'aria all'equatore si riscaldano, l'aria diventa leggera e sale verso l'alto. Caldo ai tropici e freddo nella regione polare: così non va, la natura ricerca equilibrio. L'aria calda quindi fluisce sul margine superiore della troposfera, laddove fa più freddo.

Durante la sua corsa verso il nord, l'aria perde molto calore, a tal punto da scendere al suolo pesante e fredda. Viene a formarsi un ciclo: nell'atmosfera superiore l'aria calda si spinge verso la regione polare. A terra l'aria fredda ritorna ai tropici, come fosse aspirata da un aspira-polvere. Il trasporto dell'aria dall'equatore non raggiunge mai i poli: La rotazione terrestre l'allontana e la devia lateralmente. La rotazione fa ruotare anche i campi di alta e bassa pressione.

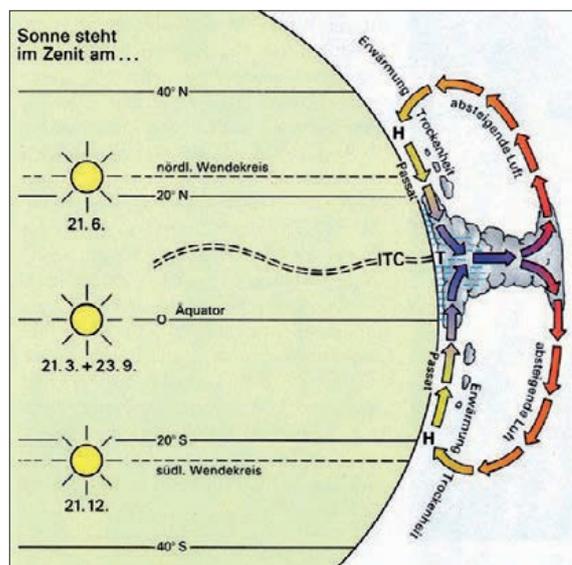


Figura 6: La nascita del vento

La velocità del vento più alta fino ad ora misurata in Germania è pari a 335 km/h. E' stata registrata il 12 giugno 1985 sul massiccio dello Zugspitze. Numericamente corrisponderebbe ad un valore Beaufort di 23,1.

Beaufort (bft) è un'unità di misura "arbitraria". Essa esprime l'azione del vento percepita. Beaufort (bft) è direttamente in rapporto con la velocità del vento misurabile fisicamente. Il seguente diagramma mostra la relazione tra la velocità del vento e la forza del vento.

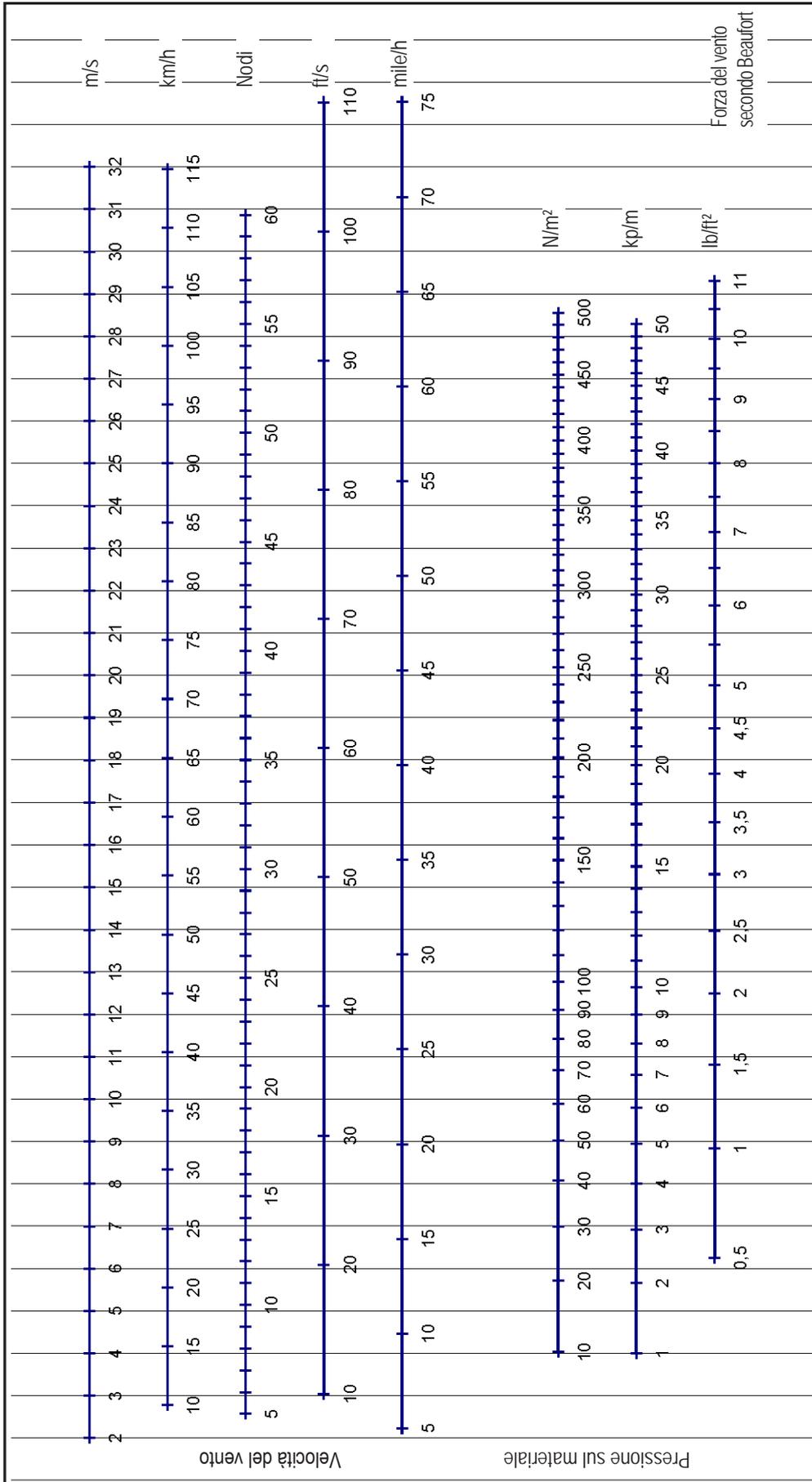


Diagramma forza del vento

Figura 7: Contrapposizione forza del vento e velocità del vento



Che cosa è una raffica di vento?

2. 1 Raffiche di vento e rugosità

Per **raffica di vento**, si intende un forte colpo di vento attivo in presenza di vento o durante un fenomeno temporalesco. Spesso le persone si stupiscono del fatto di sentire, durante le previsioni meteo, di un vento che soffia a 33 km/h, perché spesso si ha la sensazione che il vento soffi molto più forte.

Effettivamente la raffica è un **colpo di vento**, più forte, indipendentemente dalla velocità media del vento. Le raffiche di vento possono raggiungere 60 o più km/h, con un valore della velocità media decisamente inferiore.

Le raffiche di vento possono essere anche **molto pericolose**, poiché si presentano all'improvviso e sono di breve durata. La durata in sé non è un problema, rappresenta un problema invece l'insorgere improvviso di un movimento di aria molto più forte rispetto al restante vento che ci si può aspettare. Per cui le raffiche di vento possono causare situazioni di pericolo non solo nel traffico stradale.



Figura 8: Bus ribaltato da una raffica di vento

Definizione di raffica di vento in base alla EN 13000

La velocità di una raffica di vento è il valore medio della velocità del vento, misurata in un intervallo di tempo di **3 secondi**. La velocità di una raffica di vento è superiore alla velocità media del vento, misurata in un intervallo di tempo di 10 minuti.

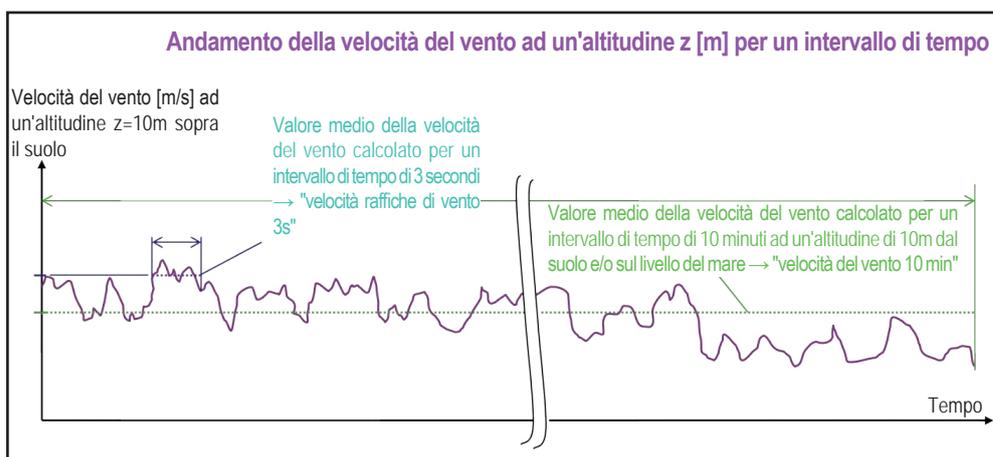


Figura 9: Grafico per la determinazione delle raffiche di vento

Vi sono condizioni esterne che possono aumentare o ridurre la velocità di una raffica di vento:

- Edifici
- Valli strette e forre
- Distese d'acqua lisce
- Altitudine del terreno



Azioni del vento sul funzionamento della gru

Ad una maggiore altezza dal suolo, a circa 1 chilometro di altitudine, il vento non viene quasi più influenzato dalle caratteristiche di superficie della terra. Negli strati inferiori dell'atmosfera, la velocità del vento viene ridotta dall'attrito con il suolo. Si distingue tra la **rugosità** del suolo, l'azione di ostacoli e l'azione dei rilievi della terra, tale branca della geografia è denominata anche "Orografia" della terra.

La velocità del vento viene maggiormente frenata, quanto più spiccata è la rugosità del suolo. Boschi e grandi città frenano il vento in modo naturale, mentre le piste di decollo asfaltate degli aeroporti rallentano il vento solo in modo irrilevante. Ancor più lisce sono le distese d'acqua, che hanno azione pressoché insignificante sul vento, mentre al contrario erba alta, cespugli e siepi frenano il vento considerevolmente.

Comportamento del vento ad altezze elevate

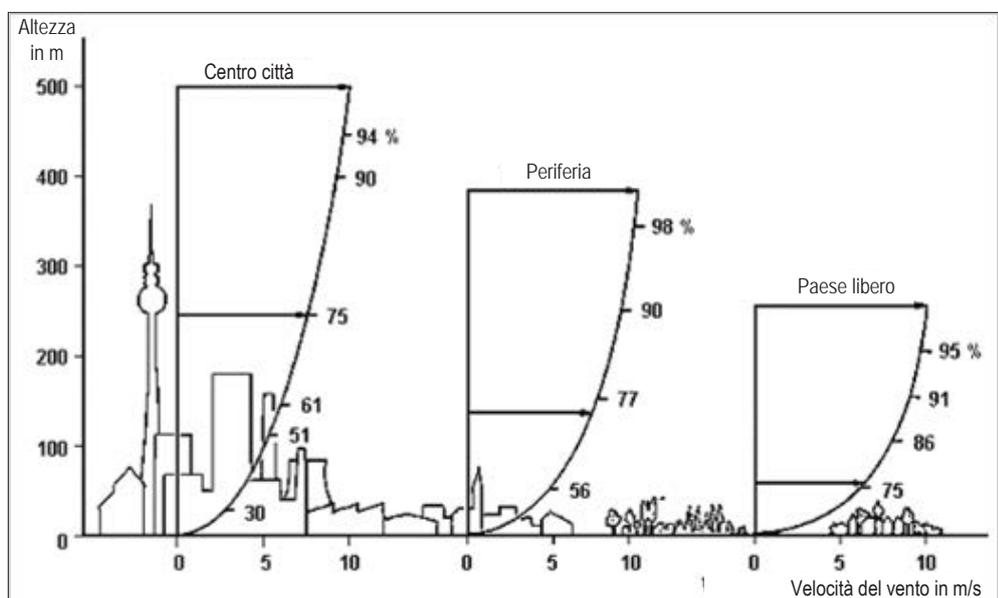


Figura 10: Grafico delle diverse classi di rugosità

Nell'industria del vento i tecnici spesso fanno riferimento alle classi di rugosità, quando si tratta di valutare le condizioni del vento di un paesaggio. Un'alta classe di rugosità da 3 a 4 si riferisce ad un paesaggio con molti alberi ed edifici, mentre la superficie del mare ha una classe di rugosità pari a 0. Le piste di decollo asfaltate degli aeroporti rientrano nella classe di rugosità 0,5.

Velocità del vento a diverse classi di rugosità



Azioni del vento sul funzionamento della gru

Riepilogo delle classi di rugosità

Classe di rugosità	Tipi di superfici del terreno
0	Distese d'acqua
0,5	Terreno aperto, superfici lisce, ad es. piste di atterraggio.
1	Terreno aperto senza recinzioni e siepi, event. presenza di edifici disseminati molto lontani l'uno dall'altro e colline molto dolci.
1,5	Terreno con alcune case e siepi aventi un'altezza di 8 m ad una distanza di oltre 1 km.
2	Terreno con alcune case e siepi aventi un'altezza di 8 m ad una distanza di ca. 500 m.
2,5	Terreno con molte case, arbusti e piante o siepi aventi un'altezza di 8 m ad una distanza di ca. 250 m.
3	Paesi, piccole città, terreni con molte siepi o siepi alte, cespugli, boschi e un terreno molto ruvido e irregolare.
3,5	Grandi città con edifici alti.
4	Grandi città con edifici molto alti.

Tabella 1: Classi di rugosità



Il fenomeno "Effetto ugello"

Nelle città in cui sono presenti alti edifici, la rugosità è pari a 4 (cfr. Tabella 2). Si ha quindi l'impressione che il vento qui non soffi così forte. Invece anche in grandi città con edifici alti sono presenti gole e corridoi formati da case. L'aria viene compressa sul lato esposto al vento degli edifici e la sua velocità aumenta considerevolmente, incanalandosi tra i corridoi e le gole che si vengono a formare tra le case. Questo fenomeno è chiamato **"Effetto ugello"**.

Se la normale velocità del vento su un terreno aperto è ad es. pari a 6 m/s, in una gola o corridoio formato da case può raggiungere tranquillamente i 9 m/s.



Azioni del vento sul funzionamento della gru

2. 2 Informazioni meteo e sul vento

Con la gru in funzione e soprattutto con il sollevamento di carichi di grandi superfici è assolutamente necessario tenere conto dell'azione del vento.

Il gruista prima di iniziare a lavorare deve informarsi presso l'**istituto meteorologico** competente riguardo la velocità del vento massima prevista. Qualora sia prevista una velocità del vento non ammessa è vietato procedere al sollevamento dei carichi o all'innalzamento della gru.



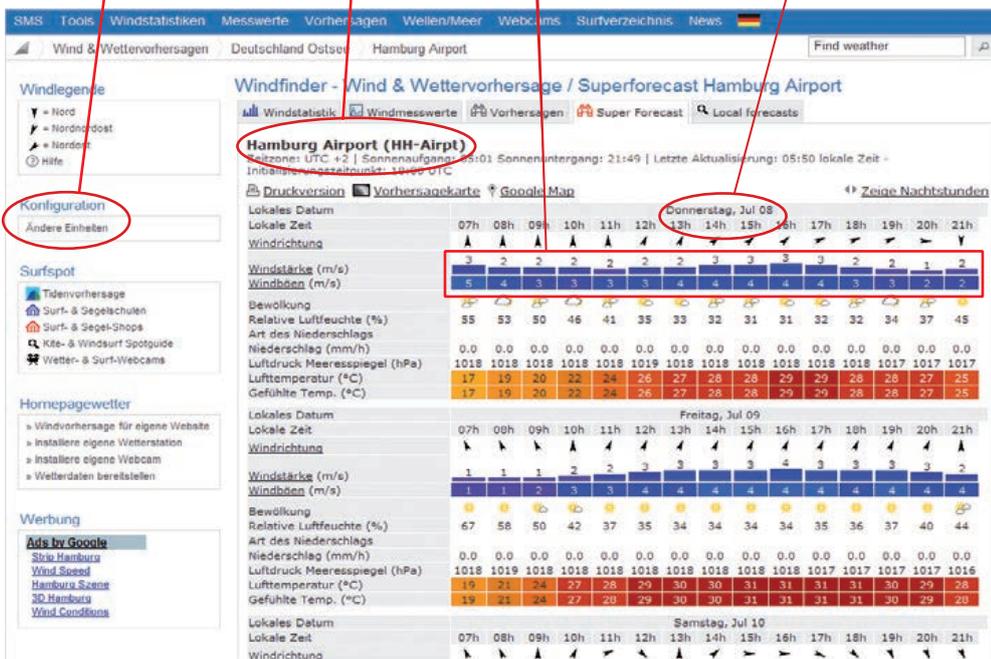
I dati meteo attuali sono reperibili anche in **internet** (ad es. www.windfinder.com alla voce "Super Forecast"). **Prestare attenzione che la velocità delle raffiche di vento, come riportato nell'esempio, si riferiscono ad un'altezza dal suolo pari a 10 metri.**

Conversione dell'unità di misura da [m/s] a [knt]

Luogo

Visualizzazione della forza del vento e/o raffiche di vento in [m/s] o [knt]

Data



Valori del vento reperiti in internet

Figura 11: Schermata della pagina www.windfinder.com

Qualora non sia possibile fermare la gru nella posizione di utilizzo all'atto dell'interruzione del lavoro, occorre assorbire le velocità del vento della gru per l'intero periodo di utilizzo. Le velocità del vento che si presentano non devono mai superare le velocità del vento ammesse come da tabelle dei venti.





Velocità del vento in funzione dell'altezza

2. 2. 1 Velocità delle raffiche di vento in funzione dell'altezza

L'istituto meteorologico invia di norma la velocità del vento rilevata nell'arco di 10 minuti e/o la relativa velocità delle raffiche di vento, facendo riferimento ad un'altezza di 10 m. A seconda delle informazioni a disposizione tra le due sopra citate, occorre considerare diversi coefficienti per il calcolo della velocità delle raffiche di vento in funzione dell'altezza. Tali coefficienti sono riportati nella seguente tabella.

Se l'istituto meteorologico mette a disposizione le velocità delle raffiche di vento ad un'altezza di 10 m, per il calcolo della velocità delle raffiche di vento all'altezza di lavoro in questione occorre rilevare i coefficienti nella colonna contrassegnata in blu.

Se sono invece presenti solo i valori della velocità del vento rilevata nell'arco di 10 min, si deve utilizzare la colonna contrassegnata in giallo. Con questi coefficienti si può calcolare la velocità delle raffiche di vento all'altezza di lavoro effettiva.

Altezza di lavoro	Coefficienti in caso di presenza del valore della velocità del vento rilevata nell'arco di 10 minuti e ad un'altezza di 10 m	Coefficienti in caso di presenza del valore della velocità delle raffiche di vento ad un'altezza di 10 m
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

Tabella 2: Fattori per la determinazione della velocità del vento dipendente dall'altezza sulla base della velocità del vento / velocità delle raffiche di vento a 10 m di altezza

Esempio

$$6,2 \frac{m}{s} \times 1,272 = 7,89 \frac{m}{s}$$

L'istituto meteorologico ad esempio ci fornisce il dato di una velocità delle raffiche di $6,2 \frac{m}{s}$ a 10 metri sul livello del terreno.

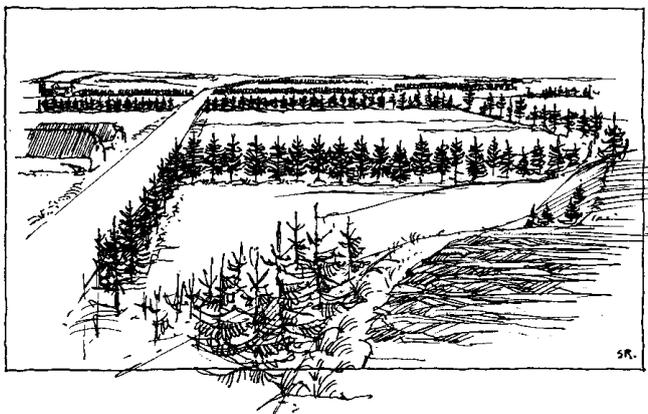
Supponiamo ora che l'altezza massima di lavoro sia di 100 metri. In base al calcolo (vedere a sinistra), la velocità delle raffiche di vento a 100 m di altezza è $7,89 \frac{m}{s}$. Con una velocità delle raffiche massima ammessa di $9 \frac{m}{s}$, in base alla tabella delle capacità di carico, l'operazione di sollevamento del carico può avere luogo.



2. 3 Esercizi

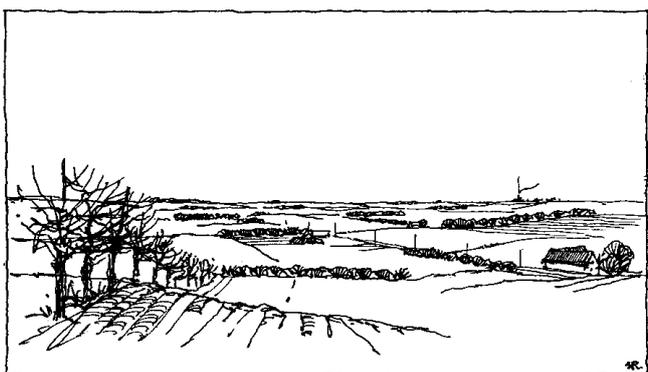
Esercizio 4

Usando la "Tabella 1: Classi di rugosità" calcolare quale rugosità è presente nelle due figure sotto riportate!



Risposta:

Figura 12: Stabilire la classe di rugosità!



Risposta:

Figura 13: Stabilire la classe di rugosità!

Esercizio 5

Che cosa si intende per "Rafficca di vento" secondo la EN 13000?

- vento debole a causa della differenza della pressione atmosferica
- forte colpo di vento di breve durata
- forte colpo di vento in un intervallo di 3 secondi con una velocità superiore alla velocità media del vento

Esercizio 6

Rilevare con l'aiuto della „Figura 11“ (pagina 17) e della „Tabella 2“ (pagina 18) quale velocità delle raffiche di vento si presenta all'aeroporto di Amburgo il 9 luglio alle 15:00 ad un'altezza di 140 metri.

Risposta:

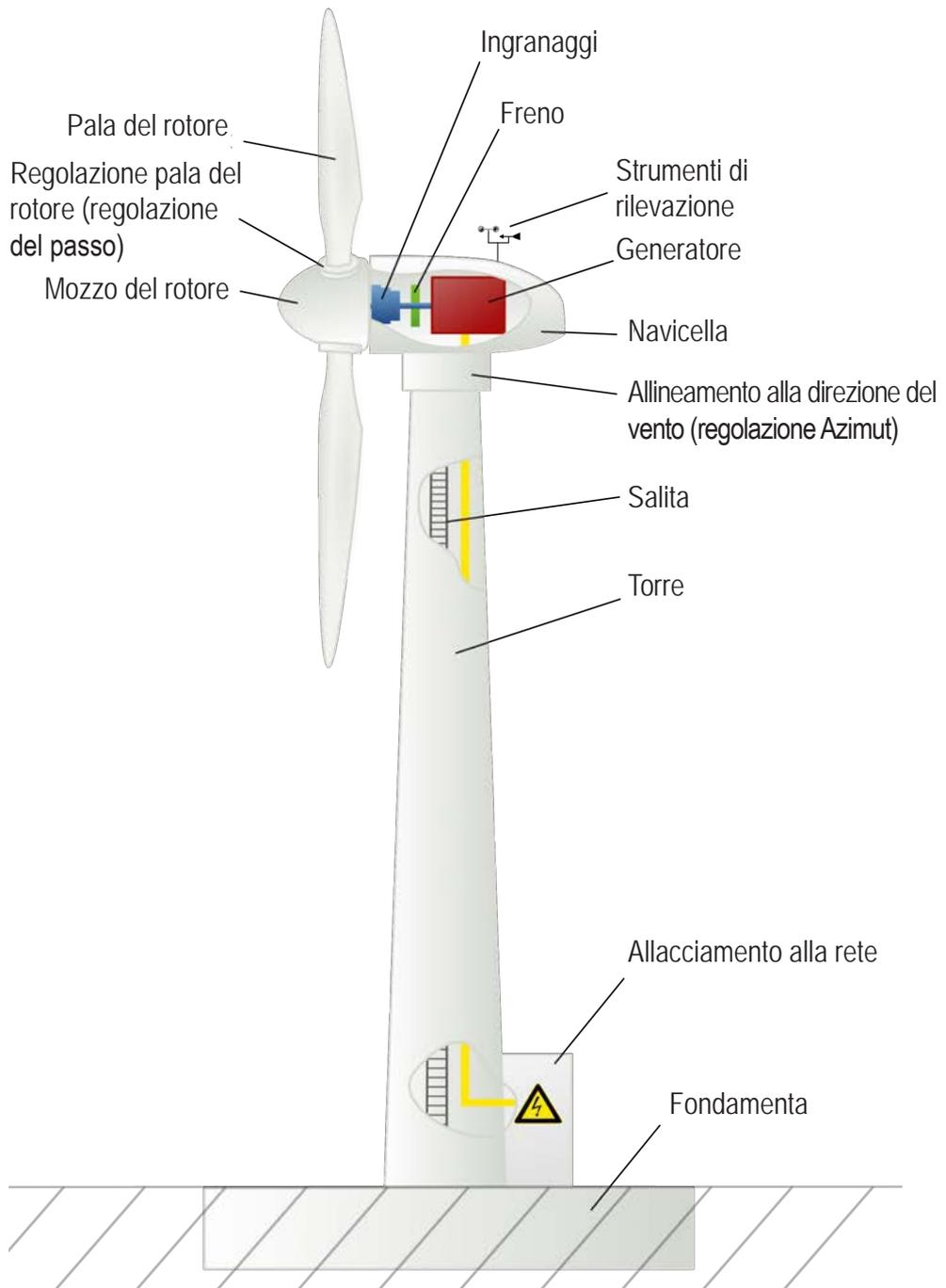


3. Excursus - Schema di un generatore eolico

Nel presente capitolo viene spiegata la struttura schematica di un generatore eolico. Inoltre mostreremo si comporta il vento alle diverse altezze.

Lo sfruttamento dell'energia eolica è nota da secoli. Oggigiorno si promuove lo sviluppo di **generatori eolici** sempre più potenti. L'altezza della torre, a cui vengono azionati gli impianti, aumenta costantemente. I nuovi impianti hanno dimensioni che lasciano sbalorditi. Con un'altezza del mozzo di fino a 135 metri, viene azionato un rotore avente un diametro di 126 metri. Come confronto: l'apertura alare dell'airbus A380 corrisponde a quasi 80 metri.

Componenti di un impianto eolico





Azioni del vento sul funzionamento della gru

L'installazione di singoli generatori eolici o interi impianti eolici avviene in luoghi in cui il vento soffia maggiormente. Ogni metro in più che si riesce a salire nell'atmosfera, viene ricompensato con un miglior sfruttamento del vento. Se si prende in considerazione la **suddivisione verticale dell'atmosfera**, solo lo strato inferiore risulta adatto per lo sfruttamento dell'energia eolica. Questo è dovuto alla composizione degli strati della atmosfera vicini alla crosta terrestre. Con l'aumentare dell'altezza la rugosità della terra influisce in misura minore sulla velocità del vento. A grandi altitudini il vento soffia più omogeneo ed è caratterizzato decisamente da minori turbolenze. Questo dato di fatto torna a vantaggio dei costruttori di impianti eolici.

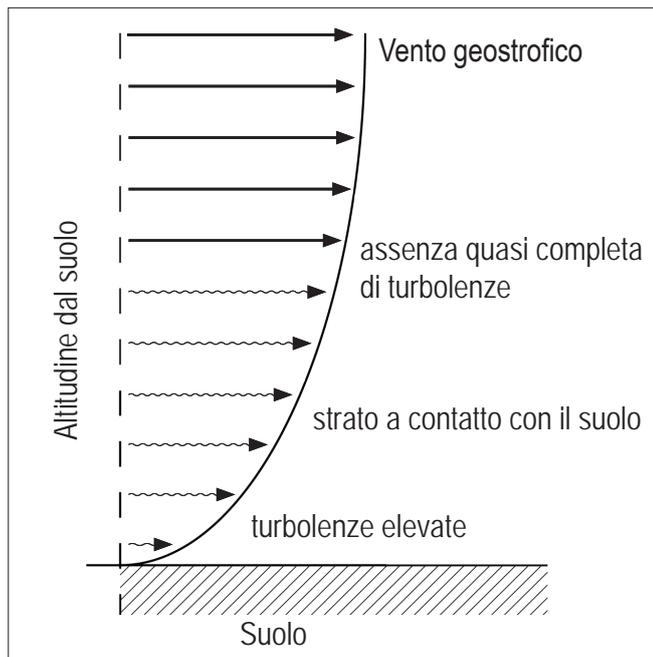


Figura 14: Turbolenze in impianti di diversa altezza

Un'altro dato di fatto è che la velocità del vento diminuisce, più ci si avvicina al suolo. Se si osserva un generatore eolico con un'altezza del mozzo di 40 metri e un diametro del rotore di 40 metri, la punta della pala del rotore viene investita dal vento ad es. con una velocità di 9,3 m/s, quando si trova nella **posizione più alta**. La velocità del vento sulla pala del rotore, nella **posizione più bassa**, è di 7,7 m/s. Ciò significa che le forze sulla pala del motore (forza di spinta supporto) nella posizione più alta sono molto superiori rispetto alle forze nella posizione più bassa.

**Struttura
degli strati
dell'atmosfera**

**Dove si presen-
tano
determinate
turbolenze**



4. Fattori per il calcolo della forza del vento

In questo capitolo verranno spiegati i termini tecnici e fornite le basi di calcolo, necessarie per il calcolo delle azioni del vento con la gru in funzione. Verrà inoltre insegnato a leggere la velocità del vento ammessa sulla base di un diagramma.

I seguenti fattori hanno un'importanza centrale per il calcolo dei carichi del vento:

- Peso del carico
- Superficie di proiezione massima
- Valore c_w
- Velocità del vento massima
- Superficie di attacco del vento
- Pressione sul materiale

4. 1 Richiesta dei valori disponibili

Prima di iniziare a lavorare con la gru è necessario considerare i seguenti valori:

- il **peso del carico da sollevare** (m_H) (cfr. Cap. 4.1.1)
- la **superficie di proiezione massima** (A_p) del carico, (cfr. Cap. 4.1.2)
- il **coefficiente di resistenza** (Valore c_w), (cfr. Cap. 4.1.3)
- l'attuale **velocità del vento** (v_{act}) (cfr. Cap. 4.1.4)

4. 1. 1 Peso del sollevamento (m_H)

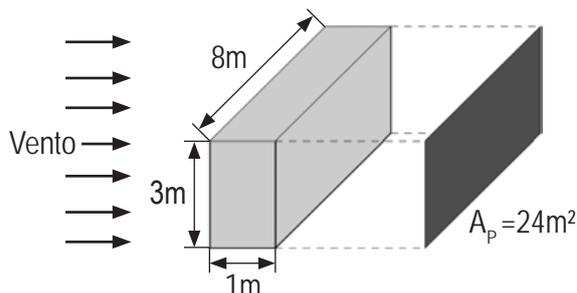
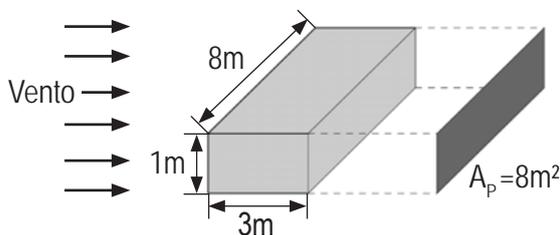
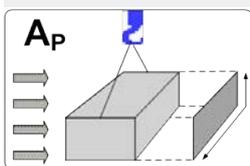
Il **peso** del carico da sollevare (carico più bozzello) viene misurato in chilogrammi (kg) oppure tonnellate (t). Il gruista può leggere il peso del carico o sulla bolla di spedizione oppure direttamente dal carico oppure chiedere al costruttore. Un carico, il cui peso, valore c_w e la superficie di proiezione non sono noti, non deve essere sollevato.

4. 1. 2 Superficie di proiezione massima (A_p)

Quando un corpo viene investito da una fonte di luce, il corpo getta un'ombra. Quest'ombra è la **superficie di proiezione** A_p del corpo. Se il corpo invece di essere investito dalla luce viene investito dal vento viene a crearsi la stessa ombra (superficie di proiezione). L'ombra può essere più o meno grande in base alla direzione del vento. La superficie di proiezione massima viene indicata dal costruttore del carico.

Definizione del peso del carico di sollevamento

Definizione di superficie di proiezione



L'esempio riportato sulla pagina a sinistra dovrebbe spiegare chiaramente che un oggetto può avere diverse superfici di proiezione. Per tale motivo è necessario considerare sempre la superficie di proiezione massima di un carico o un corpo.

Più grande è la superficie di proiezione e maggiore è la superficie esposta alla forza del vento.



Azioni del vento sul funzionamento della gru

4. 1. 3 Valore c_w

Se un corpo viene investito o avvolto dall'aria, l'aria viene frenata dal corpo stesso. Il corpo rappresenta un ostacolo per l'aria (resistenza di corrente). La resistenza di corrente varia in funzione alla forma del corpo. Per poter descrivere la forma del corpo è stato stabilito il **coefficiente di resistenza**.

Il coefficiente di resistenza (valore c_w) di un corpo indica la grandezza dell'ostacolo rappresentato dal corpo per l'aria. Il valore c_w è indicato dal costruttore del carico.

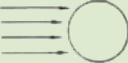
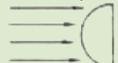
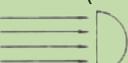
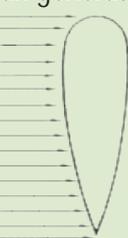
Corpo	Coefficiente di resistenza c_w
Lastra / Parallelepipedo 	da 1,1 a 2,0
Cilindro 	da 0,6 a 1,0
Sfera 	da 0,3 a 0,4
Semisfera (davanti) 	da 0,2 a 0,3
Semisfera (dietro) 	da 0,8 a 1,2
Rotore di un generatore eolico 	ca. 1,6

Tabella 3: Valori c_w di corpi in uso

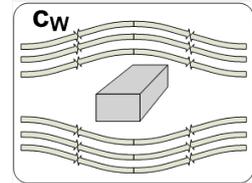
4. 1. 4 Velocità del vento attuale (v_{act})

L'attuale **velocità del vento** viene indicata in [m/s] o [km/h]. Prima di iniziare a lavorare informarsi presso l'istituto meteorologico competente o in internet (ad es. sul sito www.wetterfinder.com) sulla velocità del vento prevista. Qualora la velocità del vento prevista sia superiore a quanto indicato in tabella non procedere al sollevamento dei carichi!

E' possibile rilevare la velocità del vento attuale anche con l'aiuto del **sensore di vento** sul sistema del computer LICCON.

Il valore attuale del sensore di vento sulla gru non deve essere utilizzato come unica base di calcolo per il sollevamento del carico. Prima di iniziare il sollevamento del carico occorre sempre rilevare la velocità del vento /raffiche di vento corrente / attesa per il lasso di tempo di sollevamento del carico consultando l'ufficio meteo competente o controllando su Internet.

Definizione di coefficiente di resistenza



Dove posso reperire la velocità del vento attuale?





Sensore di vento (anemometro)

Su una gru è possibile montare fino a **due sensori di vento**. La segnalazione del vento viene emessa sulla schermata di funzionamento del sistema di computer LICCON. Se il valore attuale della velocità del vento supera il valore massimo indicato, il simbolo „segnalazione vento“ lampeggia e viene attivato l’allarme acustico >> SUONO BREVE <<. Non avviene comunque nessuna disattivazione dei movimenti della gru. Il sollevamento del carico deve essere terminato quanto prima e il braccio deve essere appoggiato a terra. Occorre dunque rispettare le velocità del vento ammesse dalla tabella dei venti e/o da quella di sollevamento/deposito.

Il **valore in alto** presente nel simbolo "segnalazione vento" della schermata di funzionamento indica il valore del sensore collocato in cima al falcone della gru.

Il **valore in basso** presente nel simbolo "segnalazione vento" della schermata di funzionamento indica il valore del sensore collocato sulla testa del braccio principale.

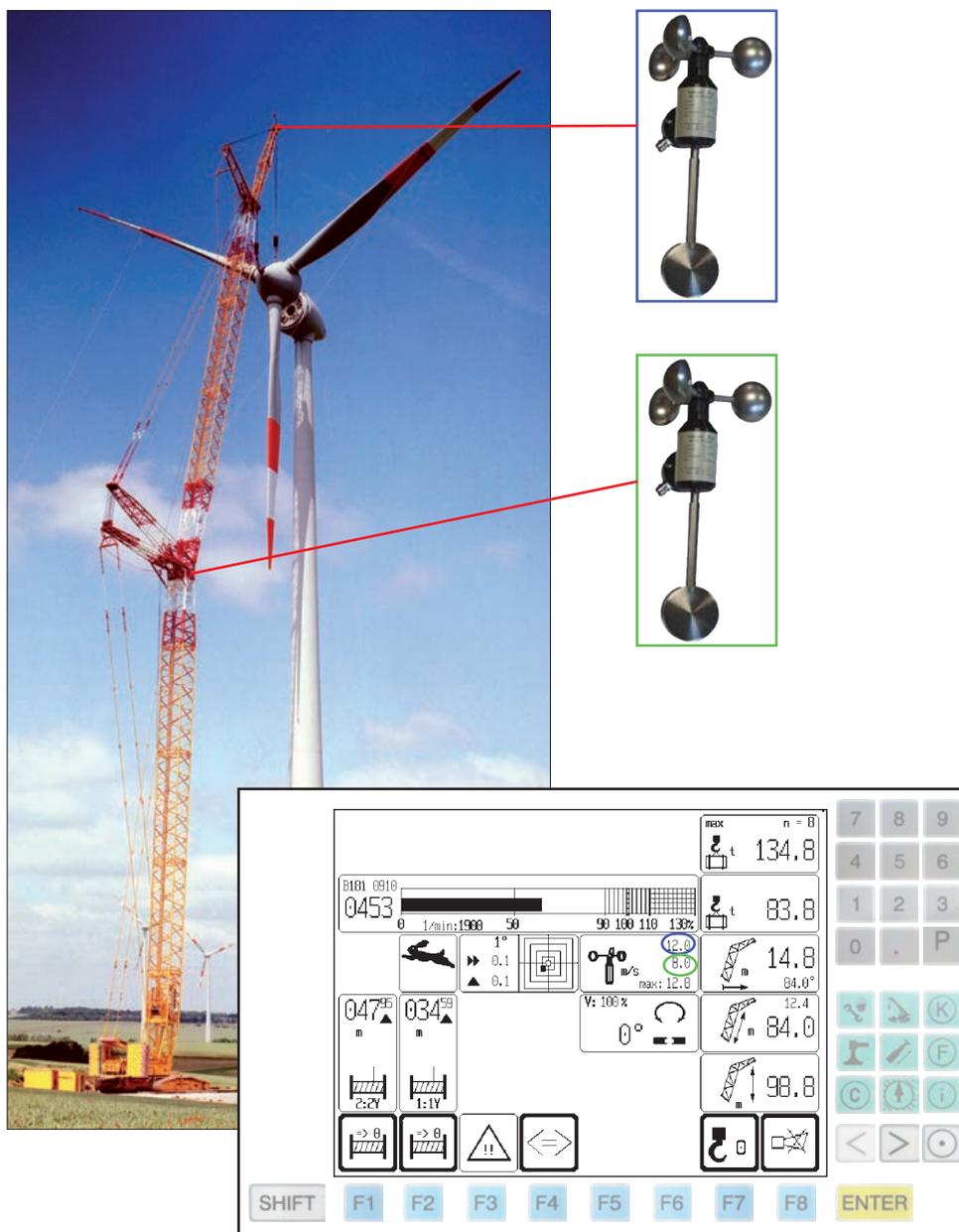


Figura 15: Posizione di montaggio dei sensori sul braccio e nella schermata di lavoro LICCON



Definizione di pressione sul materiale

4. 2. 3 Pressione sul materiale (p)

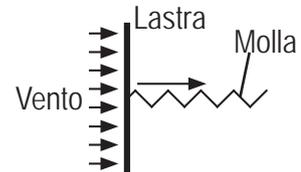
Quando il vento incontra una lastra supportata da una molla (v. immagine a destra), questa viene avvolta dall'aria. Una parte di aria si accumula sulla superficie della lastra. Questo accumulo provoca un aumento della pressione, che spinge la piastra contro la molla. Tale pressione è chiamata **pressione sul materiale**.

Se la velocità del vento (v) **raddoppia**, la pressione sul materiale viene **quadruplicata**.

Pressione sul materiale (p):

Densità dell'aria:
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$p = F_w : A_w$ oppure $p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$



Definizione forza

4. 2. 4 Carico del vento (F_w)

Per poter azionare una girante eolica è necessario un forte vento. Vale a dire che la **pressione sul materiale** del vento deve essere così grande da mettere in rotazione il rotore. Maggiore è la superficie esposta alla forza del vento del rotore e meno pressione sul materiale del vento sarà necessaria per azionarlo.

Formula Carico del vento (F_w):

$F_w = A_w \cdot p$

4. 3 Esercizi



Esercizio 7

Si deve procedere alla sostituzione della lastra di vetro di una finestra su una facciata in vetro usando la gru. La lastra di vetro ha una superficie di proiezione di 2,6 m² e un valore c_w pari a 1,2. Calcolare la superficie di attacco del vento.

Risposta:

A_w = m²

Esercizio 8 (completare il testo mancante)

Se la velocità del vento supera la velocità del vento riportata nella tabella delle capacità di carico, è necessario il lavoro e il braccio della gru, qualora venga superata la velocità del vento indicata nella tabella del vento della gru.

Esercizio 9

Rilevare dalla „Figura 16“ (pagina 25) qual è la velocità del vento ammessa per una configurazione della telecomunicazione consentita di 92-/46+/46+/46+/0.

Risposta:



5. Determinazione della velocità del vento ammessa

E' possibile determinare la velocità del vento massima ammessa nei seguenti modi:

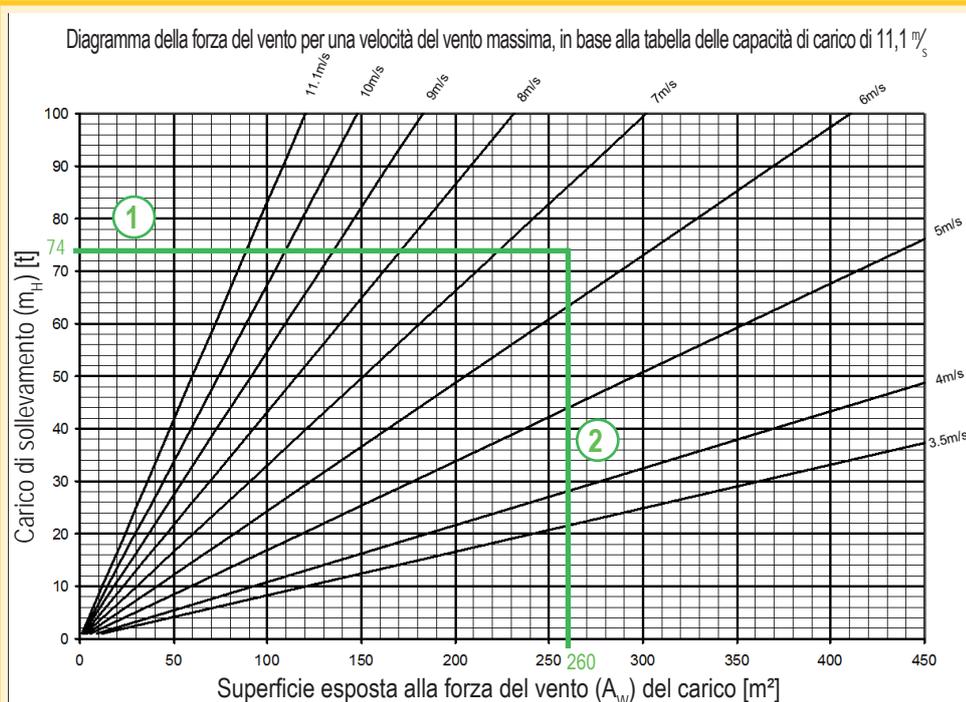
- Metodo (1): Diagramma della forza del vento (cfr. Cap. 5.1)
- Metodo (2): Formula (cfr. Cap. 5.2)
- Metodo (3): La determinazione della velocità massima del vento secondo le tabelle di carico precedenti (grafici 1 e 2) non è più valida.

5. 1 Metodo (1): Diagramma della forza del vento

Questa forma per determinare la velocità del vento ammissibile è integrata nel manuale delle tabelle di carico. In questo capitolo desideriamo informarvi di questa metodologia.

Qualora la **superficie esposta alla forza del vento** del carico sia **superiore a 1,2 m² per t di carico**, le velocità del vento massime ammesse riportate nella tabella delle capacità di carico **non** sono più valide.

In tal caso confrontare la velocità del vento massima ammessa della tabella delle capacità di carico con la velocità del vento riportata sul **diagramma della forza del vento**. I due valori devono coincidere, altrimenti significa che si sta rilevando la velocità del vento sbagliata dal diagramma del vento sbagliato. Ciò potrebbe essere causa di incidenti.



Per determinare la velocità massima ammessa del vento con l'ausilio di un diagramma della forza del vento, occorre per prima cosa tracciare in orizzontale il carico da sollevare m_H (carico + dispositivi di imbracatura) (vedere linea 1).

Nel passo successivo si deve tracciare in verticale la superficie di azione del vento A_W (superficie di protezione x valore c_w) (vedere linea 2).

Nel punto di incrocio è possibile rilevare la velocità del vento massima ammessa.



**Esempio 1**

$$280 \text{ m}^2 / 65 \text{ t} = 4,31 \text{ m}^2/\text{t}$$

**5. 1. 1 Esempio per la determinazione della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico speciale**

Il carico da sollevare pesa **65 t**, ha un valore c_w di **1,4** e, per una superficie di proiezione di **200 m²**, una superficie esposta alla forza del vento pari a **280 m²**. Dividendo la superficie esposta alla forza del vento per il carico, si ottiene un valore di 4,31 m² per t. Questo valore supera la superficie esposta alla forza del vento massima del carico di 1,2 m² per t. Per lo stato di allestimento necessario è ammessa una velocità del vento massima pari 11,1 m/s, in base alla tabella di carico.

Usando il diagramma della forza del vento 11,1 m/s (v. figura 22 a pagina 32) ora si deve determinare la velocità del vento massima ammessa.

La velocità del vento massima ammessa per il carico è pari a 5,9 m/s.

La velocità massima rilevata del vento di 5,9 m/s non viene acquisita nel sistema del computer LICCON. In caso di superamento della velocità del vento massima consentita calcolata di 5,9 m/s non viene visualizzata nessuna avvertenza. Pertanto, il gruista deve autonomamente monitorare il valore della velocità del vento nel sistema di informazione LICCON. Se si raggiunge la velocità del vento massima ammessa calcolata, il gruista deve interrompere il sollevamento del carico.

5. 1. 2 Esempio per la determinazione della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico standard**Esempio 2**

Superficie esposta alla forza del vento:
 $1,2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$

Un carico pesa **85 t**, ha un valore c_w di **1,2** e una superficie di proiezione di **50 m²**. Con un valore c_w pari a 1,2 e una superficie di proiezione di 50 m² si ottiene una superficie esposta alla forza del vento pari a **60 m²**. Dividendo la superficie esposta alla forza del vento per il carico, si ottiene un valore di 0,71 m² per t. La tabella delle capacità di carico, in questo esempio, indica una velocità del vento massima di 9 m/s. Per tale motivo è necessario utilizzare il diagramma del vento con 9 m/s.

Ciò significa che il carico può essere sollevato fino ad una velocità del vento massima di 9 m/s, come indicato nella tabella delle capacità di carico.

Esercizio 10

Tracciare nella pagine seguenti, per la rilevazione della velocità massima ammessa del vento, i valori dell'esempio 5.1.1 nel relativo diagramma della forza del vento.

Esercizio 11

Tracciare nella pagine seguenti, per la rilevazione della velocità massima ammessa del vento, i valori dell'esempio 5.1.2 nel relativo diagramma della forza del vento.

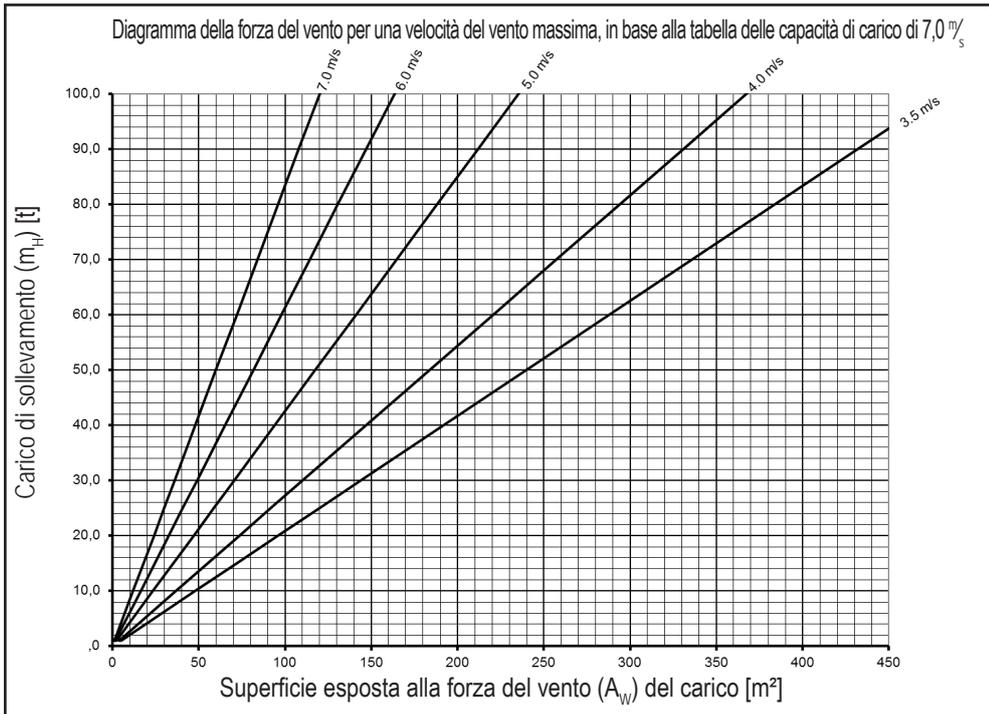


Diagramma della forza del vento 7,0 m/s

Figura 17: Diagramma della forza del vento 7,0 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 7,0 m/s)

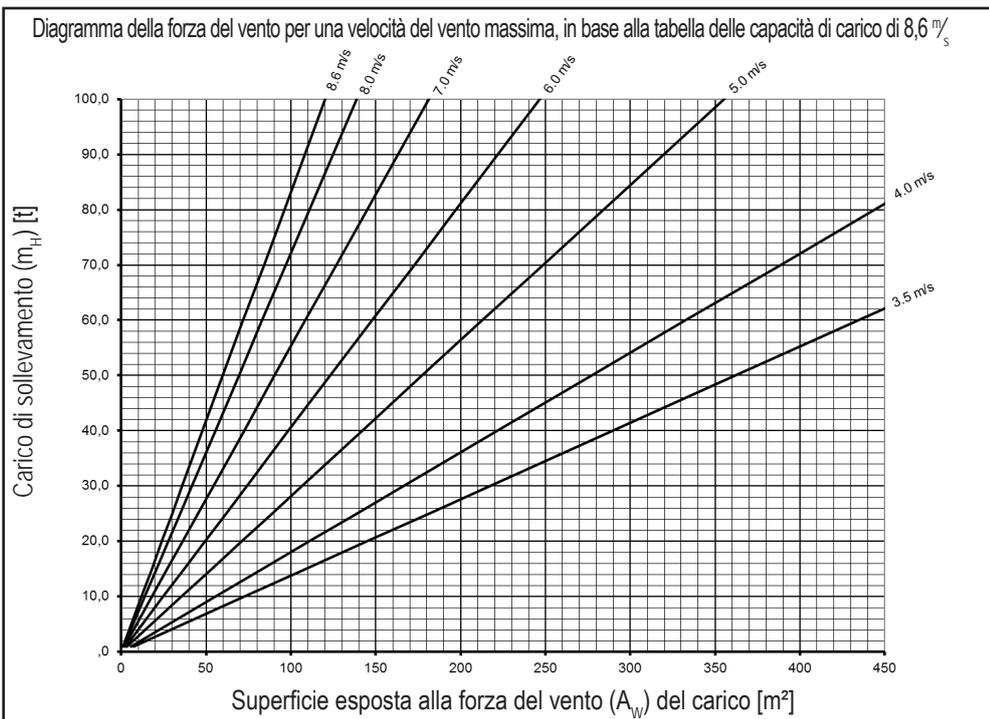


Diagramma della forza del vento 8,6 m/s

Figura 18: Diagramma della forza del vento 8,6 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 8,6 m/s)



**Diagramma
forza del vento
9,0 m/s**

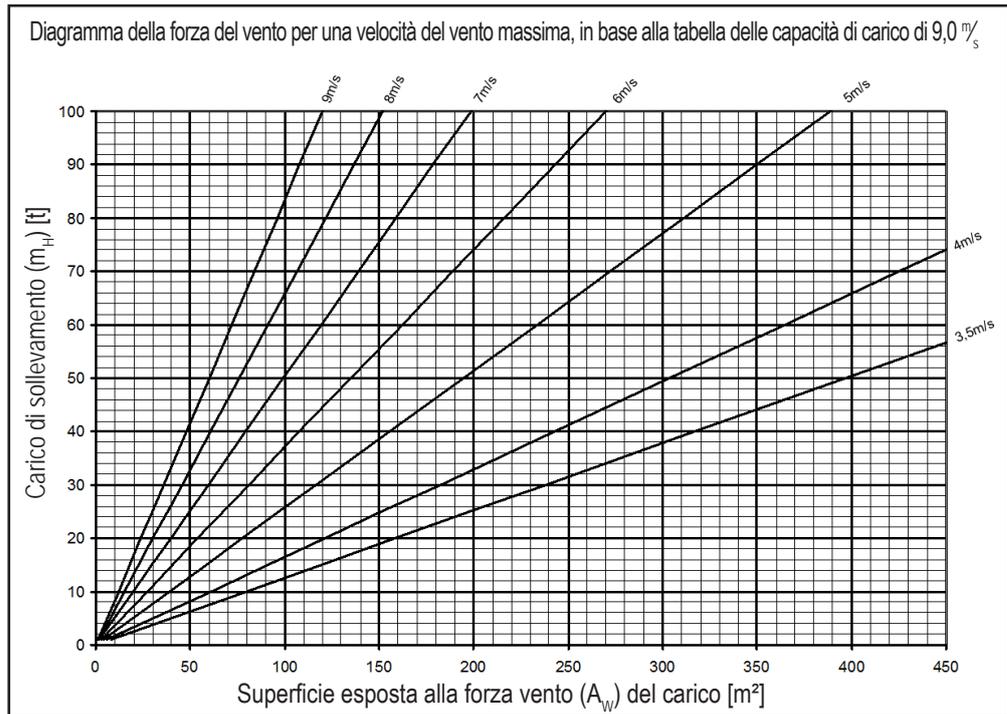


Figura 19: Diagramma della forza del vento 9,0 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 9,0 m/s)

**Diagramma
forza del vento
9,9 m/s**

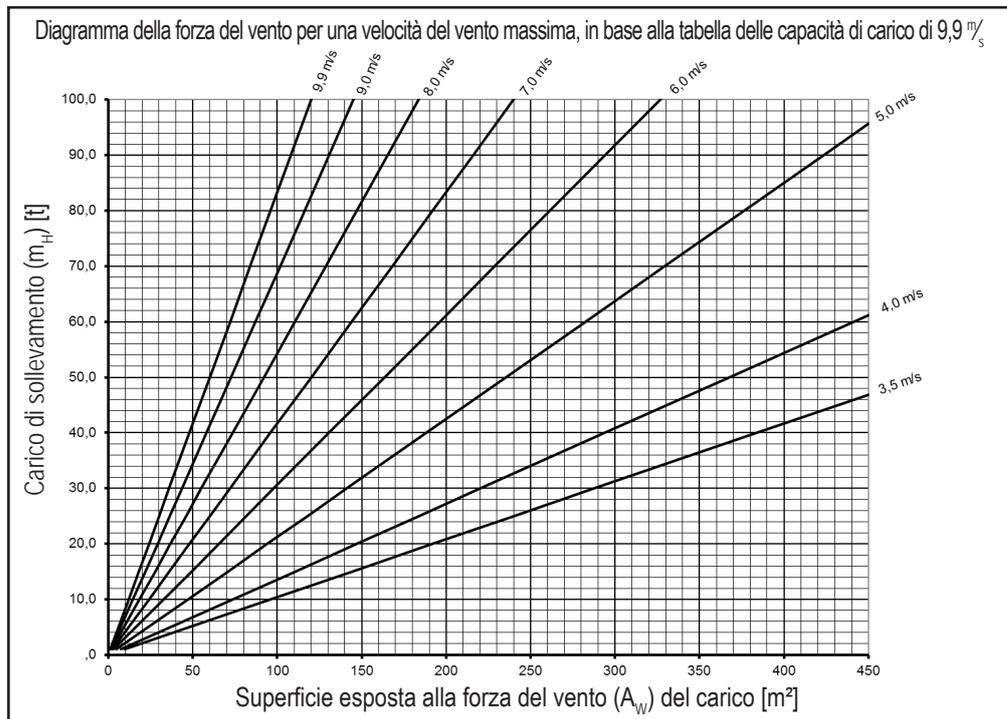


Figura 20: Diagramma della forza del vento 9,9 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 9,9 m/s)

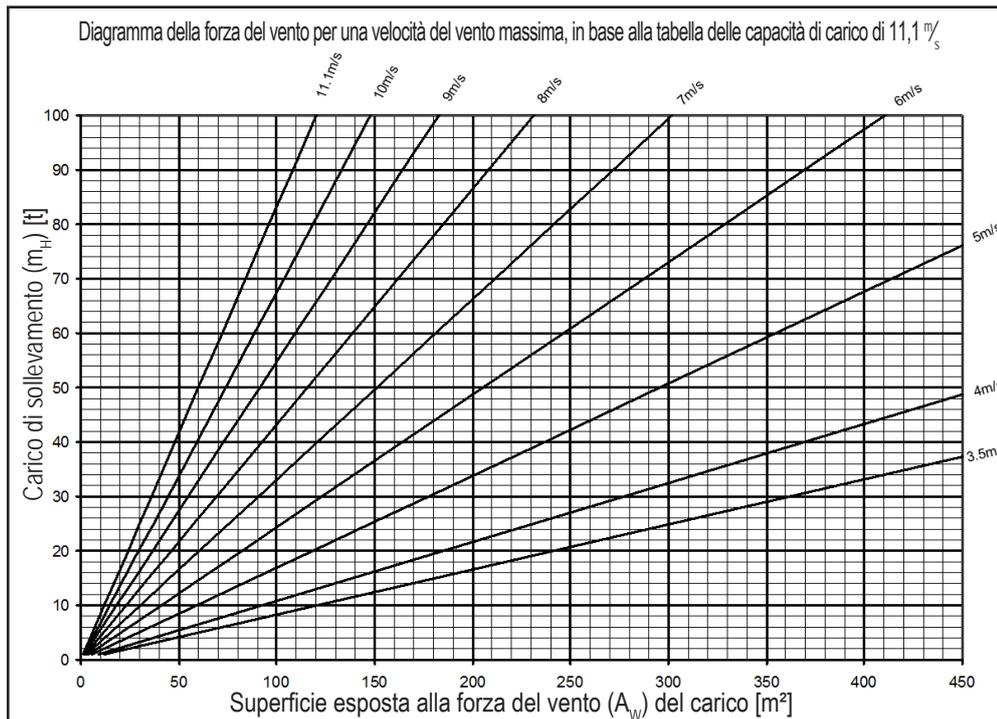


Diagramma della forza del vento 11,1 m/s

Figura 21: Diagramma della forza del vento 11,1 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 11,1 m/s)

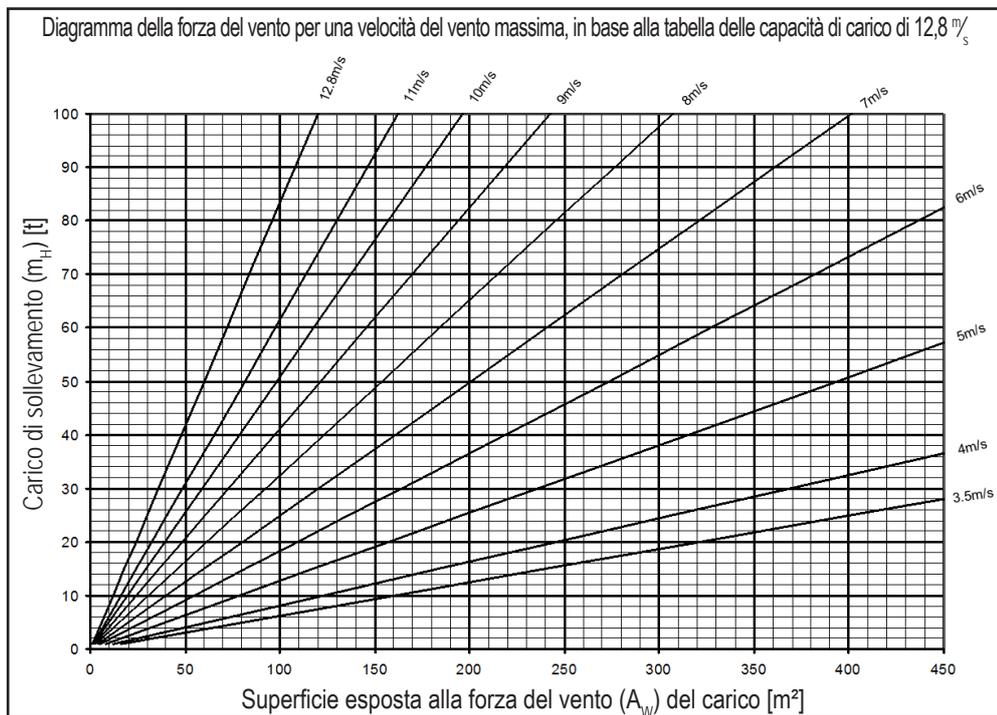


Diagramma della forza del vento 12,8 m/s

Figura 22: Diagramma della forza del vento 12,8 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 12,8 m/s)



**Diagramma
forza del vento
14,3 m/s**

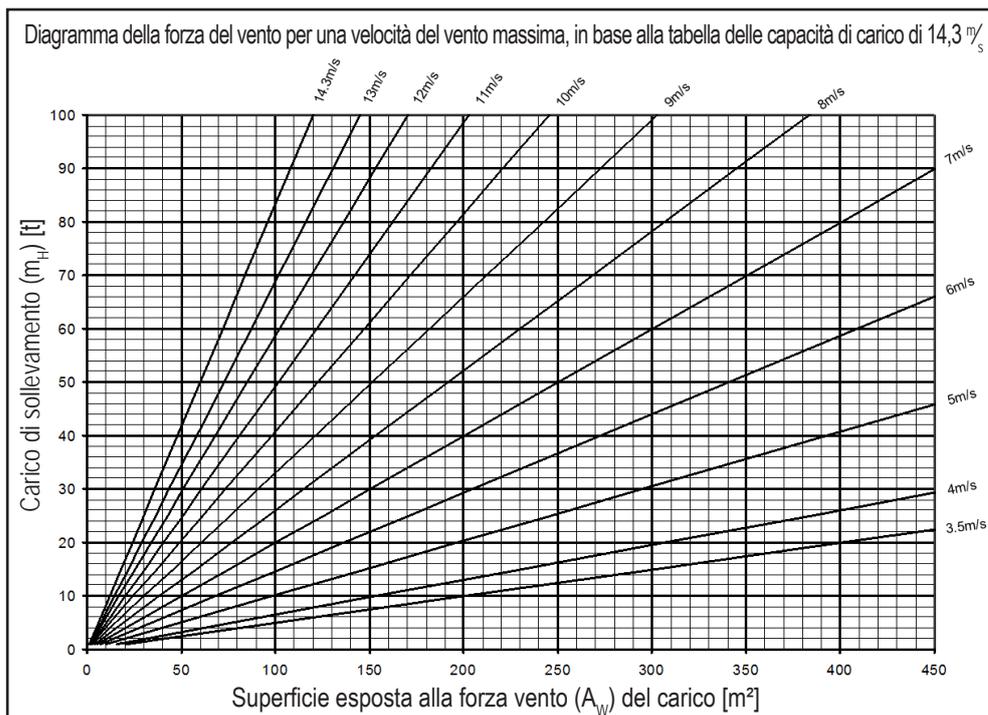


Figura 23: Diagramma della forza del vento 14,3 m/s (valido solo per le tabelle con una velocità del vento massima di 14,3 m/s)



Azioni del vento sul funzionamento della gru

5. 2 Metodo (2): Formula

E' possibile calcolare la velocità del vento ammessa con una sola formula.
A tal fine è necessario prima determinare i seguenti dati:

- il carico totale da sollevare (m_H) (incl. imbragatura, bozzello ed ev. parte delle fune di sollevamento)
- la superficie esposta alla forza del vento (A_W)
- la velocità massima del vento in base alla tabella delle capacità di carico

Formula per il calcolo della velocità del vento ammessa:

$$V_{\max} = V_{\max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot m_H}{A_W}}$$

Il valore $1,2 \frac{m^2}{t}$ sotto la radice corrisponde a una costante come da EN 13000 e **non** al valore c_w !
Questo valore **non** deve essere modificato!

5. 2. 1 Esempio per il calcolo della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico speciale

Il carico da sollevare pesa **65 t**, ha un valore c_w di **1,4** e, per una superficie di proiezione **200 m²**, una superficie esposta alla forza del vento pari a **280 m²**. Per lo stato di allestimento necessario è ammessa una velocità del vento massima pari **11,1 m/s**, in base alla tabella delle capacità di carico.

$$V_{\max} = 11,1 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot 65 t}{280 m^2}}$$

$$V_{\max} = \mathbf{5,86 \frac{m}{s}}$$

La velocità del vento massima della tabella delle capacità di carico si riduce **11,1 m/s** a **5,86 m/s**. Il carico può essere sollevato fino ad una velocità del vento massima di **5,86 m/s**.

La velocità massima rilevata del vento di **5,86 m/s** non viene acquisita nel sistema del computer LICCON. In caso di superamento della velocità del vento massima consentita calcolata di **5,86 m/s** non viene visualizzata nessuna avvertenza. Pertanto, il gruista deve autonomamente monitorare il valore della velocità del vento nel sistema di informazione LICCON. Se si raggiunge la velocità del vento massima ammessa calcolata, il gruista deve interrompere il sollevamento del carico.

Esempio 1

Superficie esposta alla forza del vento:
 $1,4 \cdot 200 m^2 =$
280 m²



5. 2. 2 Esempio per il calcolo della velocità del vento massima ammessa in presenza di un evento di carico standard

Un **carico** pesa **85 t**, ha un valore c_w di **1,2** e una **superficie di proiezione** di **50 m²**. Con un valore c_w pari a 1,2 e una superficie di proiezione di 50 m² si ottiene una superficie esposta alla forza del vento pari a 60 m². La tabella delle capacità di carico in questo esempio ha una velocità del vento massima di **9 m/s**.

$$V_{\max} = 9 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m^2}{t} \cdot 85 t}{60 m^2}}$$

$$V_{\max} = \mathbf{11,73 \frac{m}{s}}$$

Se il risultato di v_{\max} **è superiore** a v_{\max_TAB} , il carico può essere sollevato fino alla velocità del vento massima indicata nella tabella delle capacità di carico, qui **9 m/s**.

Esempio 2

Superficie esposta alla forza del vento:
 $1,2 \cdot 50 m^2 =$
60 m²





5. 3 Esercizi

Esercizio 12

Usando una LTM 1150-6.1 (CODICE 0050) si deve sollevare un carico di 47 t avente una superficie di attacco del vento di 235 m² ad un'altezza di 21 m con uno sbraccio di 6 m. La gru poggia su una base di appoggio di 9,30 m x 8,30 m. Il contrappeso è pari a 46,8 t.

Determinare la configurazione esatta del telescopio in base all'estratto del compendio delle tabelle delle capacità di carico (v. sotto). Determinare inoltre la velocità del vento ammessa per questo sollevamento usando il rispettivo diagramma della forza del vento (cfr. Cap. 5.1).

m	CODE > 0050 < T186.00301x(x)													
	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	0+	92+
2	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	0+	46+
3	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	46+	0+	0+	46+
4	0+	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	92+	46+	0+
5	0+	0+	0+	46+	0+	0+	46+	92+	0+	0+	46+	46+	92+	0+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1



Figura 24: Estratto dal libro delle tabelle delle capacità di carico per la LTM 1150-6.1



Azioni del vento sul funzionamento della gru

Esercizio 13

Usando una LTM 11200-9.1 (CODICE 0016) si deve sollevare un carico di 45 t avente una superficie di attacco del vento di 112 m² ad un'altezza di 42 m con uno sbraccio di 18 m. La gru poggia su una base di appoggio di 13 m x 13 m. Il contrappeso è pari a 22 t.

Determinare la configurazione esatta del telescopio in base all'estratto del compendio delle tabelle delle capacità di carico (v. sotto). Determinare inoltre la velocità del vento ammessa per questo sollevamento usando il rispettivo diagramma della forza del vento (cfr. Cap. 5.1).



m	CODE > 0016 < V178 0F00 .x(x)													
	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0						
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019

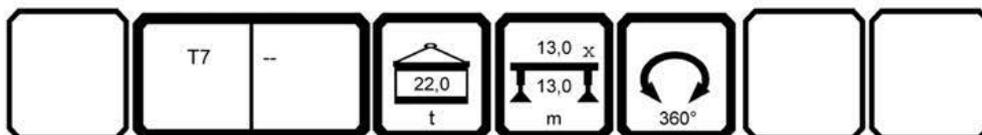


Figura 25: Estratto dal libro delle tabelle delle capacità di carico per la LTM 11200-9.1



6. Azioni del vento in caso di „Gru fuori servizio“

Oltre al potenziale pericolo che si presenta a seguito di vento durante il funzionamento della gru, occorre citare anche il pericolo di incidenti sulla gru a seguito di azione del vento con gru fuori servizio, ovvero in assenza di carico. Le gru mobili e cingolate dispongono anche in assenza di carico, nonostante la loro struttura a filigrana, superfici di azione del vento molto grandi. Anche per i bracci a griglia le superfici di azione del vento risultano essere di molte decine di metri quadri. Lunghezze dei bracci molto grandi e una base di stabilizzazione compatta fanno sì che si presenti un elevato pericolo potenziale in caso di superamento della velocità del vento ammessa.

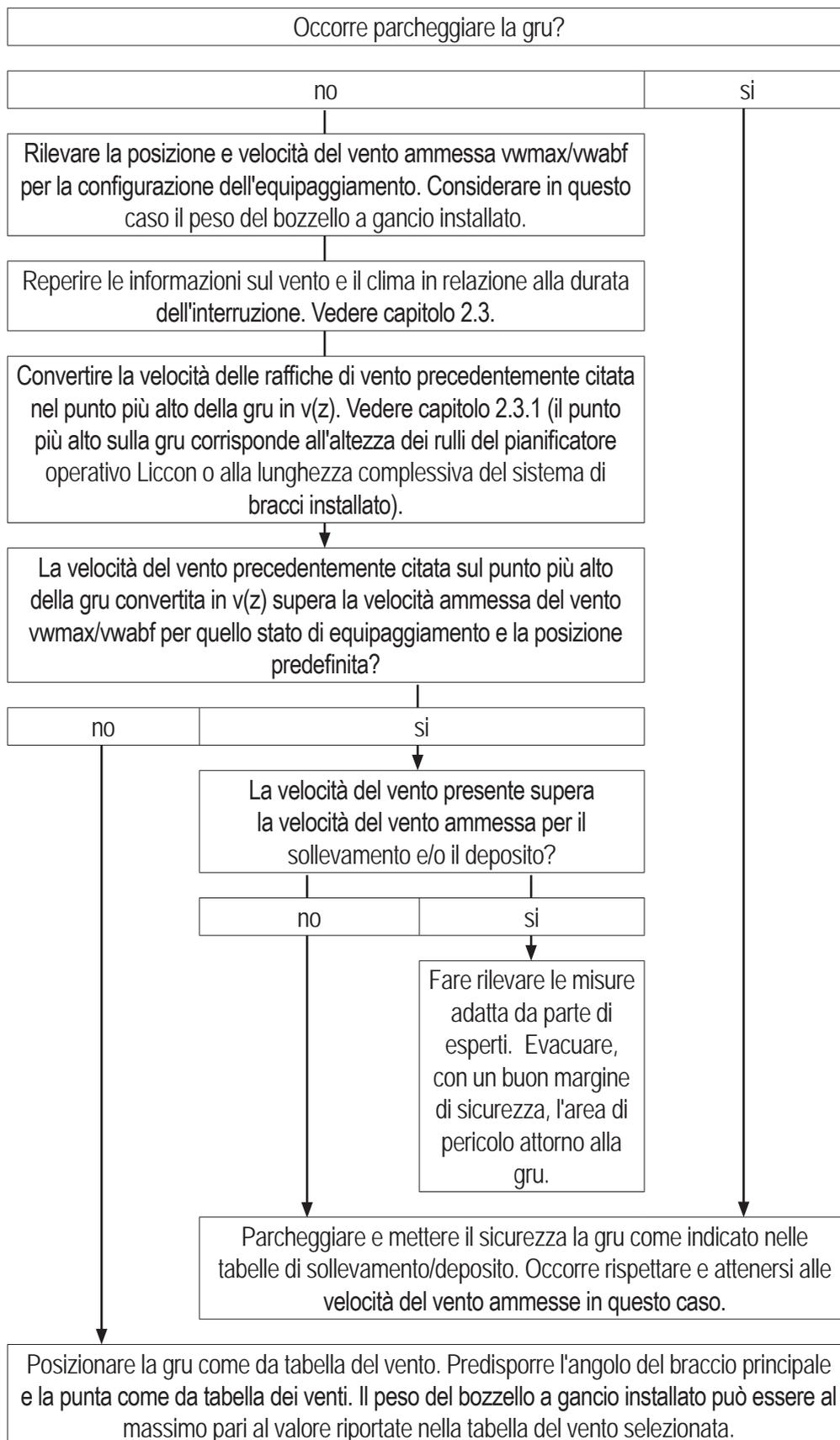
Si potrebbe presentare in linea di massima che la gru si rovesci nel suo complesso. È tuttavia possibile anche che, in caso di vento dal davanti, i falconi tralicciati inclinabili e i bracci principali si rovescino all'indietro. Inoltre in caso di vento laterale, il freno del meccanismo di rotazione può sovraccaricarsi, il che comporta una rotazione involontaria della gru.

Come descritto nelle istruzioni per l'uso della Liebherr-Werk Ehingen GmbH, il braccio della gru deve sempre essere posato a terra quando la gru rimane incustodita all'atto di un'interruzione del lavoro sulla gru stessa. Se questo non è possibile a causa delle condizioni di spazio limitate sul cantiere, occorre portare la gru nella posizione prescritta dal produttore. Questa posizione è comunque sicura solo fino al raggiungimento della velocità del vento indicata. Per rilevare la posizione e la relativa velocità massima del vento, tutte le gru Liebherr con pilone e traliccio e quelle a movimento telescopico dotate di un falcone tralicciato inclinabile, sono equipaggiate con tabelle del vento. Da queste tabelle è possibile reperire le informazioni necessarie. Se non sono presenti tabelle delle velocità del vento in una certa configurazione di allestimento, occorre utilizzare il valore della velocità massima del vento dalla tabella delle capacità di carico.



Azioni del vento sul funzionamento della gru

6. 1 Procedura in caso di interruzione del lavoro con la gru





6. 2 Utilizzo delle tabelle del vento

6. 2. 1 Esempio con gru a movimento telescopico:

LTM 1750-9.1 – TYVEN

Base di stabilizzazione: 12 m x 12 m

Contrappeso: 184 t

Braccio telescopico: T-49.1 (92/92/92)

Falcone tralicciato inclinabile: N-59.5

Peso del bozzello a gancio: 1,5 t

Fare attenzione a modalità operativa, contrappeso e base di stabilizzazione nella descrizione delle tabelle!

Non si deve superare il peso del bozzello a gancio presente in tabella.



Base d'appoggio contrappeso TYVEN da 64.0t a 204.0t: 12.0m * 12.0m

Nota

- ▶ Braccio telescopico ancorato TYVEN con ancoraggio TY, prolunga del traliccio e punta a traliccio inclinabile
 - ▶ prolunga del traliccio 5m
 - ▶ Posizione del cavalletto Y a 45°
 - ▶ Contrappeso da 64.0t a 204.0t
 - ▶ Punto di ancoraggio dell'ancoraggio del braccio telescopico sull'eccentrico
 - ▶ l'angolo dei cavalletti Y deve essere impostato secondo la tabella delle portate
 - ▶ le velocità del vento indicate si applicano allo stato ancorato, se è possibile ancorare il braccio
 - ▶ Gli stati di estrazione per i quali non sono disponibili i carichi massimi nello stato ancorato, non possono essere ancorati!
 - ▶ in caso di braccio telescopico T più corto 16.3 e cavalletto NA, 3 stanghe l'angolo massimo della punta a traliccio inclinabile 58°
 - ▶ non è possibile effettuare il telescopaggio delle punte a traliccio da una lunghezza di 80.5m pertanto devono essere depositate
 - ▶ base d'appoggio 12.0m * 12.0m
-



Azioni del vento sul funzionamento della gru

Velocità massima ammessa delle raffiche di vento per l'equipaggiamento della gru
 Velocità massima ammessa delle raffiche di vento nel punto più alto per la rotazione della gru
 Velocità massima ammessa delle raffiche di vento nel punto più alto della gru
 Contrappeso
 Peso massimo ammesso del bozzello a gancio
 Raggio della testa del rullo
 Angolo falcone tralicciato
 Angolo braccio principale
 Falcone tralicciato
 Adattatore
 Braccio telescopico

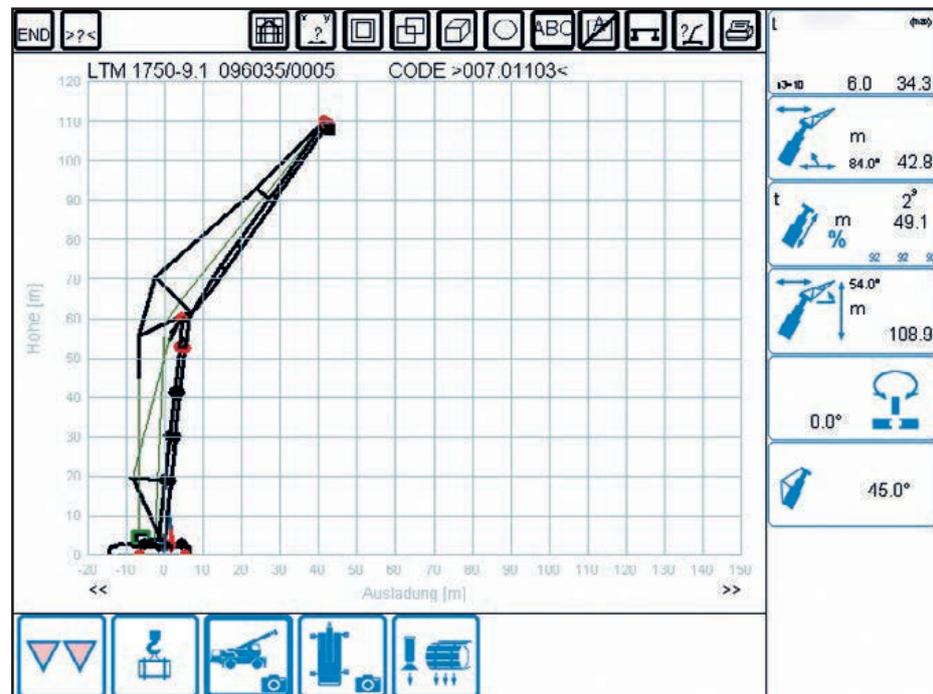
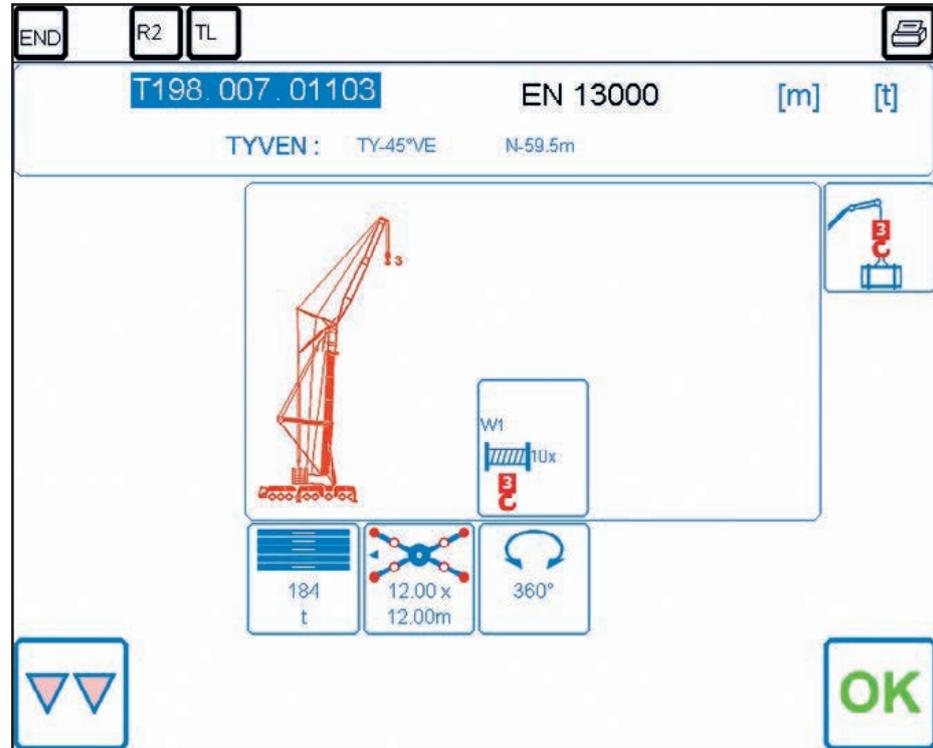
Velocità ammesse del vento										
WAB-TAB198-007-001-00										
H A	A	H I	W H A	W H I	R A D	H K F L	O W B	V W M A X	V W A B F	V W R S T
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9

A seguito della chiusura del movimento telescopico del braccio telescopico del T-49.1 (92/92/92) su T-16.3 (0/0/0), la velocità ammessa del vento aumenta da 14,3 m/s a 16,8 m/s.



Quale velocità delle raffiche di vento è ammessa ad un'altezza di 10 m per il T-49.1 (92/92/92)?

Rilevazione dell'altezza dei rulli mediante pianificatore operativo:





Altezza dei rulli: 108,9 m

Rilevazione dell'altezza su tutta la lunghezza del sistema complessivo: $49,1 + 9 + 59,5 = 117,6$ m

La velocità precedentemente citata delle raffiche di vento è pari a 11 m/s ad un'altezza di 10 m

Usando la conversione nella tabella al punto 2.3.1, si rileva una velocità delle raffiche di vento pari a 14,2 m/s ad un'altezza di 120 m, ovvero la gru può essere parcheggiata in questo modo.

A seguito della chiusura del movimento telescopico del braccio, la velocità ammessa delle raffiche di vento sale a 16,8 m/s, il che implica un netto aumento della sicurezza e la possibilità di eseguire sempre interruzioni di lunghezza maggiore.

6. 2. 2 Esempio con gru a traliccio:

LR 11000 - SDWB

Braccio principale: S-54 m

Falcone tralicciato inclinabile: W-114 m

Braccio Derrick: D-36 m

Zavorra carro inferiore: 210 t

Zavorra centrale: 50 t

Peso del bozzello a gancio: 14 t

Se non sono disponibili tabelle con zavorra Derrick, ma la modalità operativa è equipaggiata con sistema Derrick, occorre utilizzare le tabelle senza zavorra Derrick. La zavorra Derrick deve essere riposta a terra.

Esempio:

Dotazione per la tabella da utilizzare

SDB - SD

SDWB - SDW

SDWB2 - SDW - la guida della zavorra deve essere smantellata



Sistema SDWB

Nota

- ▶ Peso del bozzello 18t
- ▶ Zavorra Derrick 0t
- ▶ Zavorra della piattaforma girevole 210t
- ▶ Zavorra centrale 50t
- ▶ Raggio Derrick 12m
- ▶ Numero meccanismi di rotazione: 3

Velocità massima ammessa delle raffiche di vento per l'equipaggiamento della gru

Velocità massima ammessa delle raffiche di vento nel punto più alto per la rotazione della gru

Velocità massima ammessa delle raffiche di vento nel punto più alto della gru

Raggio Derrick

Zavorra centrale

Contrappeso

Peso massimo ammesso del bozzello a gancio

Raggio della testa del rullo

Angolo falcone tralicciato

Angolo braccio principale

Falcone tralicciato

Derrick

Braccio principale

wab_235_008_00001_00_000

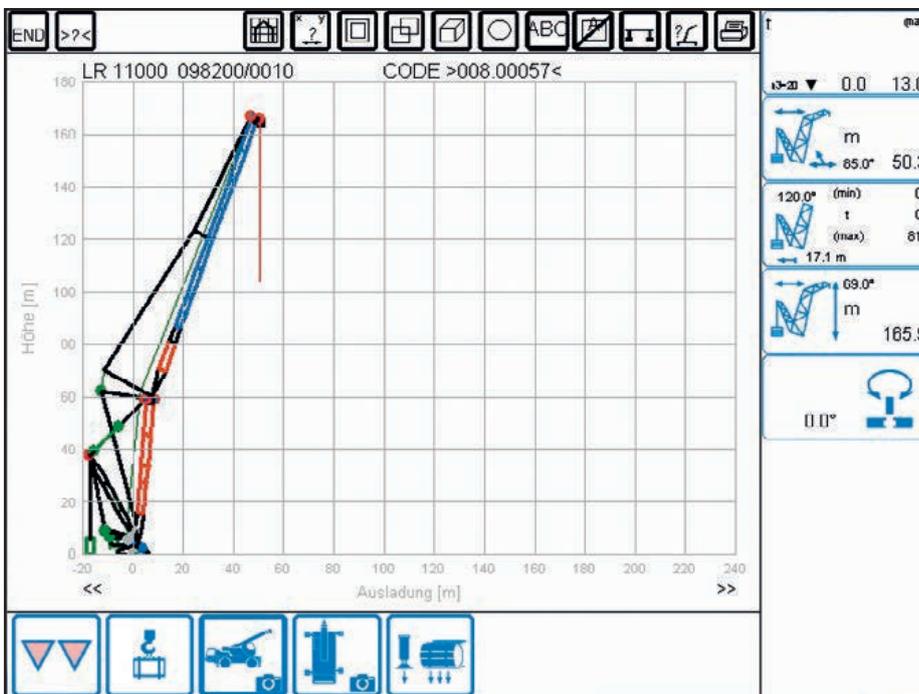
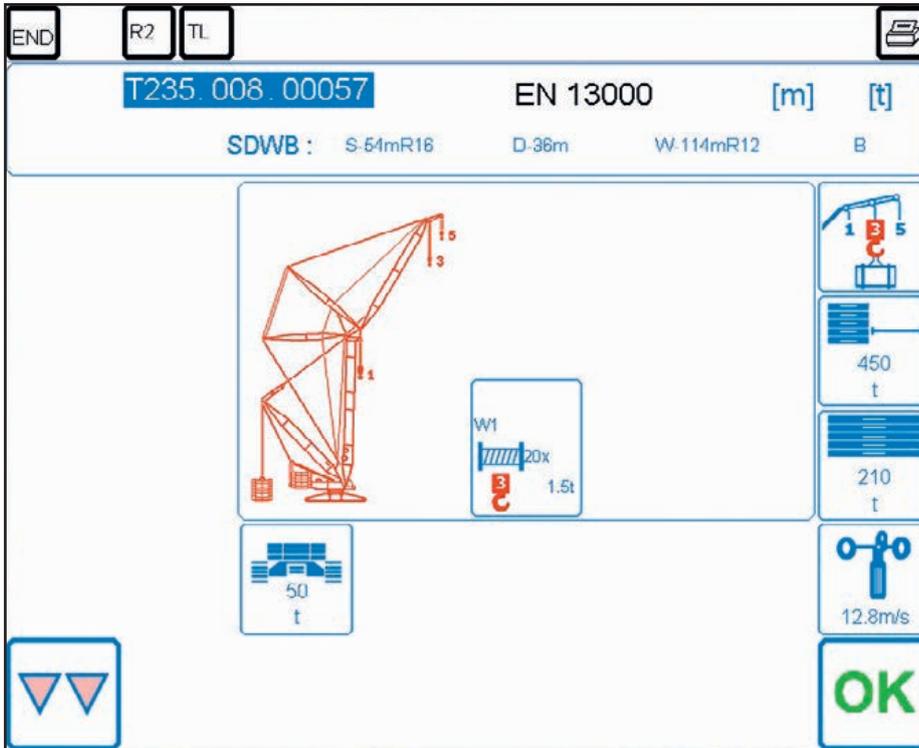
H A	D	H I	W A	W I	R A D	H K F L	O W B	Z B L	D R A D	V W A B	V W A B F	V W R S T
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[t]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9



Azioni del vento sul funzionamento della gru

Quale velocità delle raffiche di vento è ammessa ad un'altezza di 10 m?

Rilevazione dell'altezza dei rulli mediante pianificatore operativo



Altezza dei rulli: 165,9 m

Rilevazione dell'altezza su tutta la lunghezza del sistema complessivo: 54 m + 114 m = 168 m

La velocità precedentemente citata delle raffiche di vento è pari a 11 m/s ad un'altezza di 10 m. Usando la conversione nella tabella al punto 2.3.1, si rileva una velocità delle raffiche di vento pari a 14,9 m/s ad un'altezza di 170 m, ovvero la gru può essere parcheggiata in questo modo. Sono ammessi 16,7 m/s.



7. Considerazione finale

Il boom delle centrali eoliche degli ultimi anni ha spinto i costruttori di gru a portare sul mercato molti prodotti innovativi. Mai prima d'ora sono entrate in funzione tante macchine di grandi dimensioni per soddisfare le crescenti esigenze di nuove turbine eoliche e le relative tecnologie come in questo momento.

Per l'installazione di un moderno generatore eolico si deve sempre prestare attenzione a determinare le dimensioni della gru in base al peso della sala macchine e della superficie di attacco del vento del rotore, in funzione dell'altezza del mozzo. Ciò vale anche per l'esecuzione di interventi di riparazione e manutenzione.

L'azione del vento sulla gru e sul carico è maggiormente percepita dagli operatori durante il montaggio dei generatori eolici, poiché le gru vengono impiegate ovviamente in luoghi in cui il vento soffia forte.

La regola dice che una "Doppia velocità del vento comporta un forza di spinta del vento sul braccio e sul carico quadruplicato".

Al fine di valutare meglio il rischio e di conseguenza evitare incidenti sul lavoro, è stata nostra premura tramite il presente testo mettere al corrente gli operatori gru riguardo l'argomento "Influsso del vento sulle operazioni di sollevamento". In caso di dubbi e domande competenti collaboratori/trici della **LIEBHERR** sono a completa disposizione degli interessati.



8. Allegato

8. 1 La gru Liebherr per l'energia eolica

8. 1. 1 Autogru attuali (2016)



Dati tecnici LTM 1350-6.1	
Carico massimo	350 t a 3 m
Braccio telescopico	70 m
Altezza massima di sollevamento	134 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 450 kW
Motore gru / potenza	Liebherr 4 cilindri Turbo-Diesel 180 kW
Trazione, sterzo	12 x 8 x 12
Velocità di marcia	70 km/h
Peso	72 t (carico per asse 6 x 12 t)
Potenza Generatori eolici	< 1 MW*

LTM 1350-6.1



Dati tecnici LTM 1400-7.1	
Carico massimo	400 t a 3 m
Braccio telescopico	60 m
Altezza massima di sollevamento	130 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 450 kW
Motore gru / potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 240 kW
Trazione, sterzo	14 x 8 x 14
Velocità di marcia	70 km/h
Peso	84 t (carico per asse 7 x 12 t)
Potenza Generatori eolici	< 1,5 MW*

LTM 1400-7.1



Dati tecnici LTM 1450-8.1	
Carico massimo	450 t a 3 m
Braccio telescopico	85 m
Altezza massima di sollevamento	131 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 505 kW
Motore gru / potenza	Progettazione a motore singolo
Trazione, sterzo	16 x 8 x 16
Velocità di marcia	85 km/h
Peso	96 t (carico per asse 8 x 12 t)
Potenza Generatori eolici	< 1,5 MW*

LTM 1450-8.1

* Le dimensioni indicate dei generatori eolici hanno solo valore esplicativo. Le dimensioni esatte della gru devono essere determinate in base ad un dettagliato piano di utilizzo tenendo in considerazione il carico del vento.



LTM 1500-8.1



Dati tecnici LTM 1500-8.1	
Carico massimo	500 t a 3 m
Braccio telescopico	50/84 m
Altezza massima di sollevamento	142 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 500 kW
Motore gru / potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 240 kW
Trazione, sterzo	16 x 8 x 12
Velocità di marcia	70 km/h
Peso	96 t (carico per asse 8 x 12 t)
Potenza Generatori eolici	< 2 MW*

LTM 1750-9.1



Dati tecnici LTM 1750-9.1	
Carico massimo	750 t a 3 m
Braccio telescopico	52 m
Altezza massima di sollevamento	154 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 505 kW
Motore gru / potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 300 kW
Trazione, sterzo	18 x 8 x 18
Velocità di marcia	75 km/h
Peso	108 t (carico per asse 9 x 12 t)
Potenza Generatori eolici	2 MW*

LTM 11200-9.1



Dati tecnici LTM 11200-9.1	
Carico massimo	1.200 t a 2,5 m
Braccio telescopico	100 m
Altezza massima di sollevamento	188 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 500 kW
Motore gru / potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 270 kW
Trazione, sterzo	18 x 8 x 18
Velocità di marcia	75 km/h
Peso	108 t (carico per asse 9 x 12 t)
Potenza Generatori eolici	2 - 3 MW*

* Le dimensioni indicate dei generatori eolici hanno solo valore esplicativo. Le dimensioni esatte della gru devono essere determinate in base ad un dettagliato piano di utilizzo tenendo in considerazione il carico del vento.



Azioni del vento sul funzionamento della gru

8. 1. 2 Gru cingolate telescopiche attuali (2016)

Dati tecnici LTR 11200	
Carico massimo	1200 t a 3 m
Pressione al suolo	~ 14 t/m ²
Altezza massima di sollevamento	189 m
Motore di trazione / motore gru Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 270 kW
Pendenza massima	17,6 %
Peso complessivo	~ 380 t
Velocità di marcia	max. 1,8 km/h
Zavorra complessiva	202 t
Potenza Generatori eolici	2 - 3 MW*



LTR 11200

8. 1. 3 Gru cingolate attuali (2016)

Dati tecnici LR 1350	
Carico massimo	350 t a 6 m
Sbraccio massimo	110 m
Altezza massima di sollevamento	152 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 270 kW
Carreggiata	8,4 m
Zavorra torretta	max. 125 t
Zavorra centrale	max. 38 t
Zavorra Derrick	max. 210 t x R 15 m
Potenza Generatori eolici	< 1,5 MW*



LR 1350

Dati tecnici LR 1400/2	
Carico massimo	400 t a 4,5 m
Sbraccio massimo	120 m
Altezza massima di sollevamento	164 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 270 kW
Carreggiata	8,7 m
Zavorra torretta	max. 155 t
Zavorra centrale	max. 43 t
Zavorra Derrick	max. 260 t x R 15 m
Potenza Generatori eolici	< 2 MW*



LR 1400

* Le dimensioni indicate dei generatori eolici hanno solo valore esplicativo. Le dimensioni esatte della gru devono essere determinate in base ad un dettagliato piano di utilizzo tenendo in considerazione il carico del vento.



LR 1500



Dati tecnici LR 1500	
Carico massimo	500 t a 11 m
Sbraccio massimo	144 m
Altezza massima di sollevamento	165 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 350 kW
Carreggiata	9,1 m
Zavorra torretta	max. 170 t
Zavorra centrale	max. 40 t
Zavorra Derrick	max. 280 t x R 16 m
Potenza Generatori eolici	2 MW*

LR 1600/2



Dati tecnici LR 1600/2	
Carico massimo	600 t a 11 m
Sbraccio massimo	152 m
Altezza massima di sollevamento	187 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 400 kW
Carreggiata	9,9 m
Zavorra torretta	max. 190 t
Zavorra centrale	max. 65 t
Zavorra Derrick	max. 350 t x R 18 m
Potenza Generatori eolici	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W



Dati tecnici LR 1600/2-W	
Carico massimo	600 t a 11 m
Sbraccio massimo	144 m
Altezza massima di sollevamento	166 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 400 kW
Carreggiata	5,8 m
Zavorra torretta	max. 190 t
Zavorra Derrick	max. 350 t x R 18 m
Potenza Generatori eolici	2 - 3 MW*

* Le dimensioni indicate dei generatori eolici hanno solo valore esplicativo. Le dimensioni esatte della gru devono essere determinate in base ad un dettagliato piano di utilizzo tenendo in considerazione il carico del vento.



Dati tecnici LR 1750/2	
Carico massimo	750 t a 7 m
Sbraccio massimo	156 m
Altezza massima di sollevamento	191 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 455 kW
Carreggiata	10,3 m
Zavorra torretta	max. 245 t
Zavorra centrale	max. 95 t
Zavorra Derrick	max. 400 t x R 20 m
Potenza Generatori eolici	3 MW*



LR 1750/2

Dati tecnici LR 11000	
Carico massimo	1000 t a 11 m
Sbraccio massimo	180 m
Altezza massima di sollevamento	224 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 500 kW
Carreggiata	11,2 m
Zavorra torretta	max. 250 t
Zavorra centrale	max. 90 t
Zavorra Derrick	max. 450 t x R 20 m
Potenza Generatori eolici	3 - 5 MW*



LR 11000

Dati tecnici LR 11350	
Carico massimo	1.350 t a 12 m
Sbraccio massimo	128 m
Altezza massima di sollevamento	196 m
Motore traslazione / motore gru - Potenza	Liebherr 6 cilindri Turbo-Diesel 641 kW
Carreggiata	11 m
Zavorra torretta	max. 340 t
Zavorra centrale	max. 30 t
Zavorra Derrick	max. 600 t x R 25 m
Potenza Generatori eolici	5 - 6 MW*



LR 11350

* Le dimensioni indicate dei generatori eolici hanno solo valore esplicativo. Le dimensioni esatte della gru devono essere determinate in base ad un dettagliato piano di utilizzo tenendo in considerazione il carico del vento.



LG 1750

8. 1. 4 Gru tralicciate attuali (2016)



Dati tecnici LG 1750	
Carico massimo	750 t a 7 m
Sbraccio massimo	136 m
Altezza massima di sollevamento	193 m
Motore carro/ potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 505 kW
Motore gru / potenza	Liebherr 8 cilindri Turbo-Diesel 455 kW
Trazione, sterzo	16 x 8 x 16
Velocità di marcia	80 km/h
Zavorra complessiva	650 t
Potenza Generatori eolici	3 - 5 MW*

* Le dimensioni indicate dei generatori eolici hanno solo valore esplicativo. Le dimensioni esatte della gru devono essere determinate in base ad un dettagliato piano di utilizzo tenendo in considerazione il carico del vento.



Azioni del vento sul funzionamento della gru

8. 2 Soluzioni degli esercizi

Soluzione dell'esercizio 1:

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Carico dovuto al vento | <input type="checkbox"/> Energia eolica |
| <input type="checkbox"/> Evaporazione | <input checked="" type="checkbox"/> Vento proveniente da dietro |
| <input checked="" type="checkbox"/> Vento proveniente da davanti | <input checked="" type="checkbox"/> Vento proveniente di lato |

Soluzione dell'esercizio 2:

Vento proveniente da dietro: Il limitatore di carico LMB si può attivare anche con un carico inferiore al valore massimo utile ammissibile nelle tabelle di portata.

Vento proveniente da davanti: L'intervento avviene solo con un carico superiore alla portata massima ammessa.

Vento proveniente di lato: Non avviene l'intervento del limitatore di carico.

Soluzione dell'esercizio 3:

- per nulla
- il carico può dondolare
- il carico ruota sulla fune
- il raggio del carico può aumentare

Soluzione dell'esercizio 4:

- Sulla figura 12 sono riportati boschi e un paesaggio non pianeggiante, corrispondente alla classe di rugosità 3.
- Sulla figura 13 è riportato un paesaggio con alcuni edifici ed alberi con superfici vuote, corrispondente alla classe di rugosità 2.

Soluzione dell'esercizio 5:

- vento debole a causa della differenza della pressione atmosferica
- forte colpo di vento di breve durata
- forte colpo di vento in un intervallo di 3 secondi con una velocità superiore alla velocità media del vento

Soluzione dell'esercizio 6:

Velocità delle scariche di vento rilevate come da figura 11: **4 m/s**

Coefficiente per altezza di 140 m con velocità presente delle raffiche di vento: **1,319**

$$4 \text{ m/s} \times 1,319 = \underline{\underline{5,276 \text{ m/s}}}$$



Soluzione dell'esercizio 7:

$$2,6 \text{ m}^2 \times 1,2 = \underline{3,12 \text{ m}^2}$$

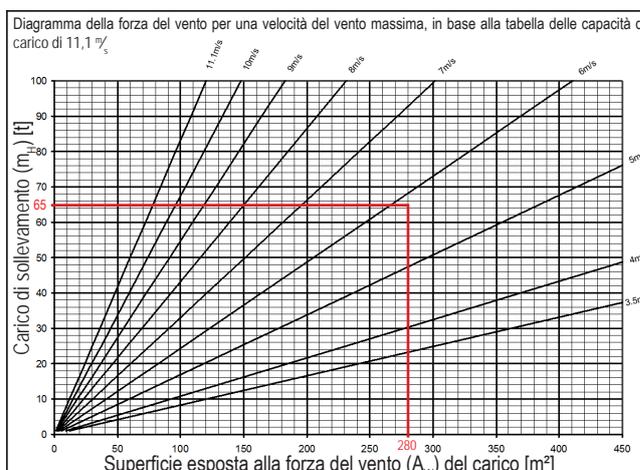
Soluzione dell'esercizio 8:

Se la velocità del vento **attuale** supera la velocità del vento **ammessa** riportata nella tabella delle capacità di carico, è necessario **interrompere** il lavoro e **appoggiare** a terra il braccio della gru, qualora venga **superata** la velocità del vento **ammessa** indicata nella tabella del vento della gru.

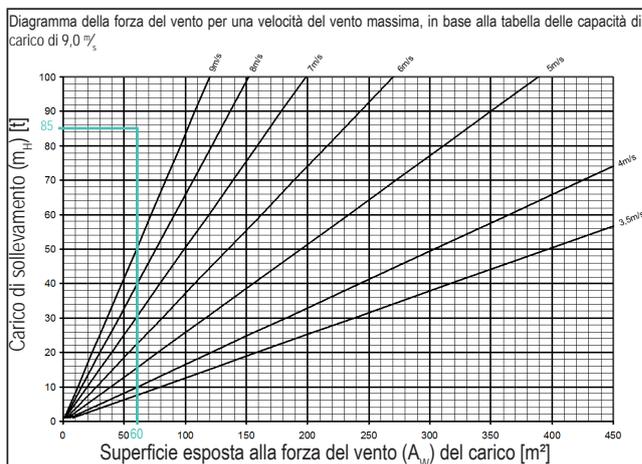
Soluzione dell'esercizio 9:

11,1 m/s

Soluzione dell'esercizio 10:



Soluzione dell'esercizio 11:



Soluzione dell'esercizio 12:

Per una corretta configurazione del braccio telescopico, gli elementi 4 e 5 devono essere bloccati con i perni al 46 %. In base al diagramma della forza del vento 12,8 m/s la velocità del vento ammessa è pari a **6,2 m/s**.

Soluzione dell'esercizio 13:

Per una corretta configurazione del braccio telescopico, l'elemento 4 deve essere bloccato con i perni al 100 % e gli elementi 5 - 7 al 50%. In base al diagramma della forza del vento 11,1 m/s la velocità del vento ammessa è pari a **7,7 m/s**.



Source: @Westermeerwind

Partner dell'industria eolica

Liebherr è un partner importante dell'industria eolica. Le macchine movimento terra, le gru Offshore, le gru cingolate e le autogrù Liebherr vengono impiegate per la costruzione di parchi eolici e il montaggio di impianti eolici. I singoli componenti

Liebherr, come trazione e motori vengono usati direttamente in loco negli impianti e le macchine utensili Liebherr continuano ad avere un ruolo sempre più importante nell'ambito dell'industria eolica.



Macchine movimento terra e tecnica di miscelazione

Per la costruzione di parchi eolici hanno dato buoni risultati anche le macchine movimento terra Liebherr. Per creare le fondamenta degli impianti eolici sono stati impiegati impianti di betonaggio mobili e autobetoniere Liebherr, per la costruzione di torri di cemento armato per speciali impianti fissi.

Gru Offshore

Anche per il montaggio di impianti eolici sul mare Liebherr offre soluzioni convincenti. Tutte le esigenze possono essere soddisfatte: impianti alimentati a diesel o a energia elettrica, gru dotate di sistemi di protezione contro eventuali detonazioni, oppure gru il cui utilizzo è previsto in zone protette o con temperature esterne da +40 °C a -50 °C.

Componenti

Liebherr è l'unico produttore nel mondo che può fornire non solamente componenti finiti, ma anche singolarmente ralle, motori di rotazione, motori elettrici e cilindri idraulici per l'intero gruppo rotore elettromeccanico ed idraulico-così come il sistema di regolazione del punto azimut negli impianti eolici.

Macchine utensili e tecnica di automatizzazione

Le dentatrici Liebherr contribuiscono in modo determinante affinché i componenti ad ingranaggi degli impianti eolici, ad esempio nei motori principali, corrispondano alle elevate esigenze qualitative. La tecnica di automatizzazione Liebherr permette un'elevata produttività per lo sviluppo e la produzione del rotore.

www.liebherr.com