

Infortuni nel settore edile

Il macrosenario di riferimento analizzato per il progetto di ricerca riguarda la tematica della sicurezza sul lavoro nelle costruzioni, strettamente connessa alle problematiche legate agli apparecchi di sollevamento meccanici all'interno dei cantieri edili. Di seguito sono riportati alcuni dati significativi.

I cantieri edili sono pericolosi per natura, con un alto rischio di infortuni dovuti all'uso di macchinari pesanti come gru, escavatori e pale meccaniche. Gli incidenti possono avvenire per distrazione, errori di manovra, mancanza di segnalazioni chiare e scarsa manutenzione delle attrezzature. La promozione di strategie preventive è fondamentale per migliorare la sicurezza sul lavoro di tutti gli operatori.

1 decessi causati dagli infortuni ammontano a circa **2,3 milioni** ogni anno

Nel 2022 gli infortuni sul lavoro del settore Costruzioni al 30 aprile 2023, sono stati 40.135, in aumento del 3,4% dal 2021

6400 persone ogni giorno muoiono a causa di incidenti sul lavoro o di malattie professionali

Giornalmente **860000** persone sono vittime di infortuni sul lavoro

In Italia le denunce di infortunio si registrano in particolar modo nell'industria metalmeccanica, nell'edilizia e nel settore dei trasporti e magazzini

Secondo una indagine ISTAT, nel 2020 oltre **16 milioni** di occupati percepiscono la presenza di almeno un fattore di rischio per la salute, fisica o psicologica, sul luogo di lavoro. Il 17,5% è rappresentato da chi è addetto alla movimentazione e allo spostamento dei carichi

DENUNCE DI INFORTUNIO SUL LAVORO NELLE COSTRUZIONI PER DIVISIONE ATECO ANNI DI ACCADIMENTO 2018 - 2022

Divisione Ateco	2018	2019	2020	2021	2022
Nel complesso					
F 41 - Costruzione di edifici	11.864	12.065	9.673	11.362	11.893
F 42 - Ingegneria civile	2.981	3.303	2.780	3.207	3.153
F 43 - Lavori di costruzione specializzati	25.195	25.594	20.336	24.231	25.089
Totale	40.040	40.962	32.789	38.800	40.135
Casi mortali					
F 41 - Costruzione di edifici	65	73	71	85	52
F 42 - Ingegneria civile	19	20	24	23	16
F 43 - Lavori di costruzione specializzati	109	109	110	100	107
Totale	193	202	205	208	175

Fonte - Banca Dati Statistica - dati aggiornati al 30.04.2023

Dispositivi di sicurezza di ispirazione

1) AMESPHERE UN-REAL STUDIO, ADI Design Index, 2023

Dispositivo per la prevenzione di incidenti sul lavoro legati alla possibile collisione tra veicoli e persone. Viene installato a bordo del mezzo di interesse e il sistema rileva con precisione la posizione dell'operatore che si trova nei paraggi della macchina in movimento, valuta in tempo reale il livello di rischio e attiva l'allarme solo nel caso che si superi una determinata soglia di rischio.



2) LINDE SAFETY GUARD Linde GMBH, 2018

Il sistema Linde Safety Guard consente al carrellista di avere sempre sotto controllo la presenza, il movimento e la direzione di provenienza di mezzi o persone. Il sistema è composto da due dispositivi: il "keeper", da installare a bordo del carrello elevatore, e il "beeper", che viene invece indossato dal personale. Attraverso l'avvertimento selettivo, l'operatore viene allertato solamente in caso di pericolo reale con segnalazioni acustiche e visive sul display "keeper", con avvertimento non solo sull'eventuale presenza di altri carrelli o persone, ma anche sulla loro posizione e distanza.



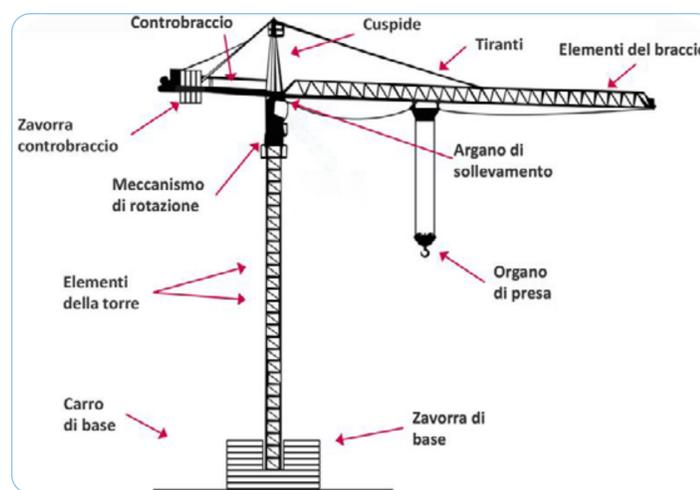
3) SAFETY BAR 2.0 EVO Progtech srl

È un dispositivo a luce LED progettato da installare al carrello elevatore, in grado di tracciare sul pavimento un perimetro rosso ai lati destro e sinistro del carrello elevatore. I fasci di avvertimento demarcano quindi una linea parallela al veicolo, oltre la quale è sconsigliato spingersi per gli operatori che transitano a piedi.



Caso studio

A seguito dell'analisi dei dati e dello stato dell'arte, l'azione progettuale è orientata verso la sensibilizzazione degli utenti coinvolti nelle procedure di sollevamento dei carichi nei cantieri edili con l'ausilio di apposite gru meccaniche, infatti nel caso studio che si intende sviluppare l'interaction design contribuisce alla salvaguardia della sicurezza di chiunque si trovi nei pressi del raggio d'azione dell'apparecchiatura in funzione.



L'interazione tra gli users e il sistema avviene quando:

A) I dispositivi vengono installati sul braccio della gru in modo da identificare l'ingombro del carico e con la capacità di fornire una serie di feedback agli utenti a terra, compreso il conduttore.

B) L'utente che conduce l'apparecchio dovrà interagire e visualizzare in tempo reale tutti i tipi di ostacoli e/o interferenze presenti nel raggio d'azione dell'apparecchio durante le manovre di spostamento.

User experience

Il progetto di interazione riguarda una problematica molto diffusa in tutti i cantieri, ossia quello della sicurezza nelle operazioni di movimentazione meccanica dei carichi. Gli attori coinvolti nel processo di interazione sono coloro che manovrano l'apparecchio di sollevamento e tutti quelli che in quel momento, per qualsiasi ragione si trovano nel raggio d'azione del carico in movimentazione. È così che l'utente addetto al pilotaggio deve essere ben informato sulle condizioni di spostamento del carico, agli ostacoli che potrebbe incontrare durante il tragitto di spostamento e a tutto ciò che è al di sotto del grave. Allo stesso tempo tutte le persone che si trovano nei pressi della gru devono essere richiamate all'attenzione attraverso degli alert in modo tale da informarle circa la situazione di potenziale pericolo a cui sono esposte.

SENTINEL 4.0

Il progetto di automazione Sentinel 4.0 è composto da:

- Due dispositivi semoventi che si muovono longitudinalmente lungo il braccio della gru
- Un dispositivo di radio-comando dotato di display che utilizza l'operatore addetto al pilotaggio

Il nome Sentinel è stato scelto per il progetto perchè, secondo la terminologia storica, raffigurava il soldato addetto per un determinato arco di tempo al servizio di vigilanza, alla custodia e alla protezione di persone e cose.

Caratteristiche



Alimentazione

I dispositivi a bordo della gru vengono alimentati con tensione di rete propria dell'apparecchio in cui sono montati. L'alimentazione arriva ai dispositivi attraverso un cavo passante in una canalina flessibile ed estensibile disposta lungo il braccio della gru.



Modalità di funzionamento

Quando i dispositivi sono in stato di stand-by emetteranno una luce di segnalazione di colore rosso. In fase di operatività le luci lampeggeranno.



Movimentazione

I dispositivi sono installati sul braccio della gru rispettivamente a destra e a sinistra del carrello, lo spostamento lungo il braccio è attuato da ruotismi che scorrono lungo il binario in cui si muove anche il carrello e il movimento di traslazione è attuato da motori elettrici brushless e qualora i dispositivi semoventi arrivassero alle estremità del braccio, vengono arrestati da opportuni fincorsa presenti sul braccio della gru. Allo stesso modo se in fase di sollevamento del carico, dovessero entrare in collisione con il carrello, grazie ad un sensore di prossimità presente sui dispositivi, possono cambiare la loro direzione evitando di entrare in contatto con il carrello.



Fase operativa

Durante la manovra di sollevamento del carico viene acquisito l'ingombro dello stesso dal sensore dvr-cam, il quale attraverso un apposito sistema di controllo muove i dispositivi sul braccio della gru ad una distanza consona da permettere la proiezione del pattern luminoso delimitante, con una buona tolleranza, l'area pericolosa da evitare.



Interconnessione

I dispositivi installati sul braccio della gru sono connessi e comunicano tramite rete wireless.



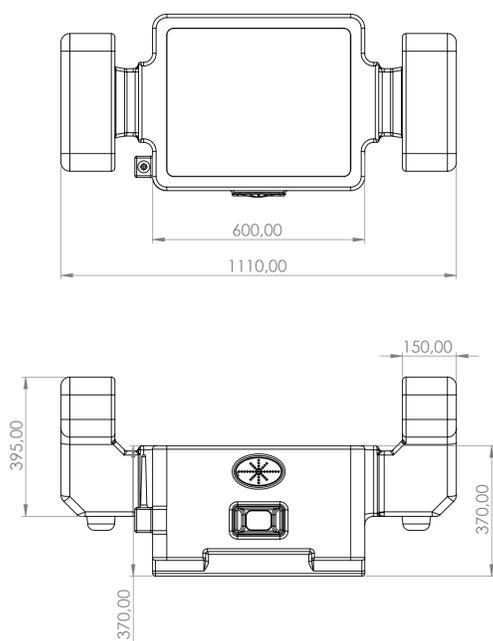
Sistema di comando

L'intero sistema è controllato da un apposito radiocomando che dispone di:

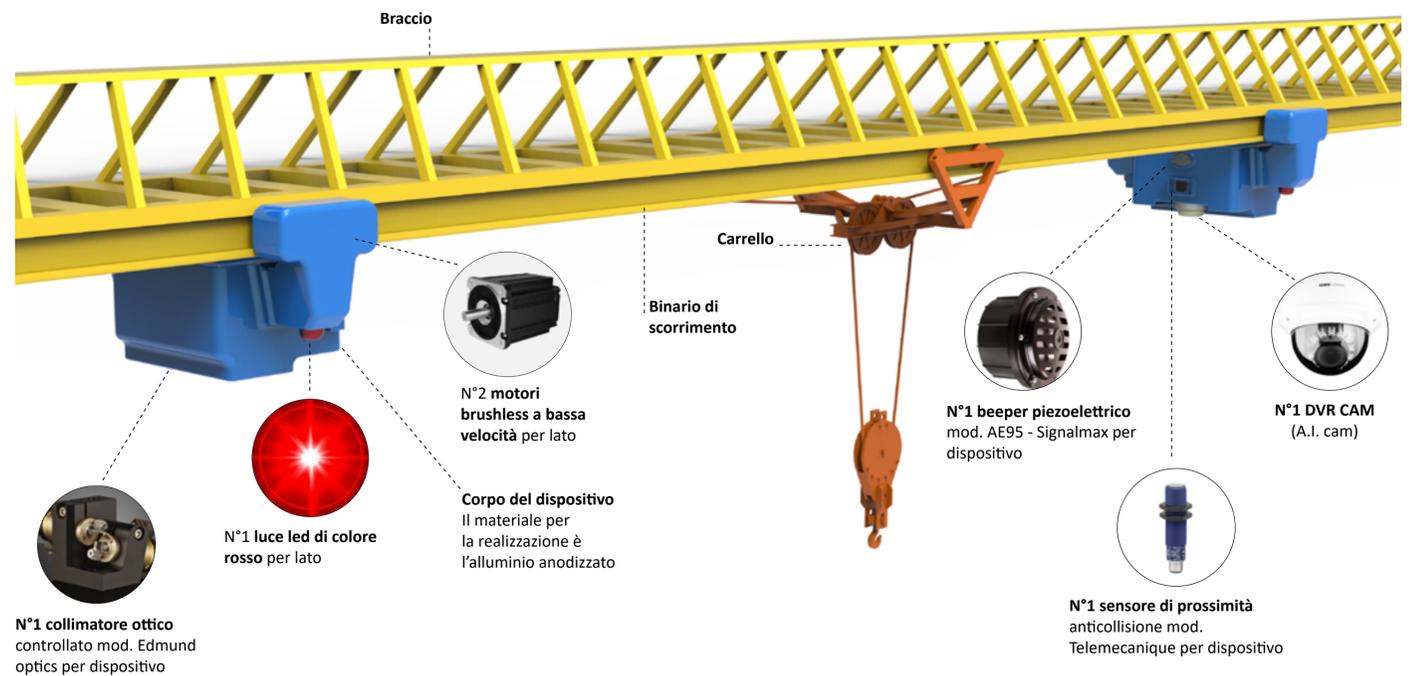
- comandi manuali di movimentazione;
- display interattivo di monitoraggio;
- batteria di alimentazione;
- collegamento wireless criptato.

Sviluppo dei dispositivi semoventi

Quote di massima (mm) scala 1:10

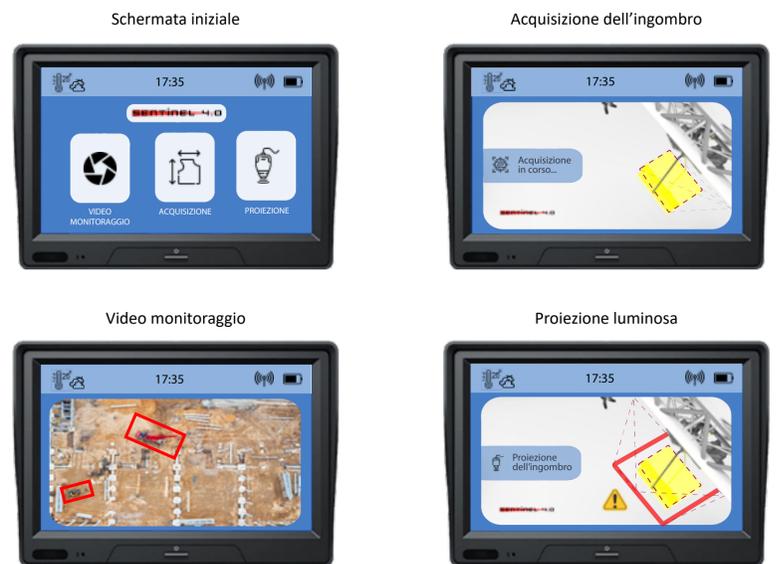


Configurazione tecnologica e formale



Configurazione del radiocomando

Il radiocomando è un comodo ausilio per il gruista in quanto, oltre ai tradizionali comandi di movimentazione, consente di attivare attraverso opportuni pulsanti delle importanti funzionalità quali: l'acquisizione dell'ingombro del carico, il video monitoraggio del raggio d'azione della gru e l'attuazione della proiezione luminosa a terra da accompagnare con un alert sonoro di sicurezza. Il tutto può essere visualizzato a schermo grazie al display integrato.



Sviluppo dei requisiti di progetto

Tabella dei requisiti

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITÀ
R01	ATTIVAZIONE	Luce rossa fissa quando i dispositivi sono alimentati	ALTA
R02	STANDBY	Luce rossa fissa in fase di stand by	ALTA
R03	OPERATIVITÀ	Luce rossa lampeggiante	ALTISSIMA
R04	ATTIVAZIONE RADIOCOMANDO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R05	CONNESSIONE DISPOSITIVI	Luce verde fissa sul radiocomando	ALTA
R06	ATTIVAZIONE MONITORAGGIO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R07	ATTIVAZIONE DVR CAM	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R08	IDENTIFICAZIONE CARICO SOSPESO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R09	ATTIVAZIONE PROIEZIONE LUMINOSA	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTISSIMA
R10	ATTIVAZIONE ALERT SONORO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando in caso di necessità	ALTISSIMA
R11	MOVIMENTO LINEARE	Attivazione del moto di traslazione dei dispositivi sul braccio	ALTA
R12	ANTI COLLISIONE	Evitare la collisione con il carrello	ALTA
R13	ARRESTO DISPOSITIVI SEMOVENTI	Consentire l'arresto alle estremità del braccio	ALTISSIMA

R01-R02-R03: Attivazione, stand-by, operatività



R04: Radiocomando ON



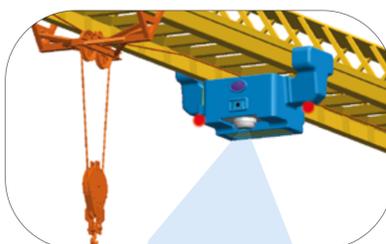
R05: Connessione dispositivi



R06: Video monitoraggio del raggio d'azione



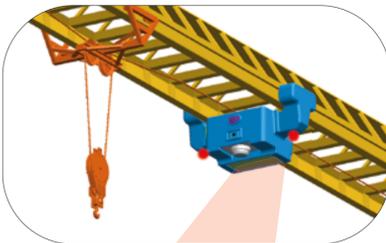
R07: Attivazione Dvr-cam



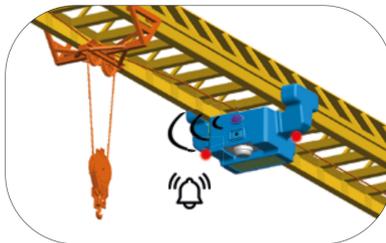
R08: Identificazione del carico sospeso



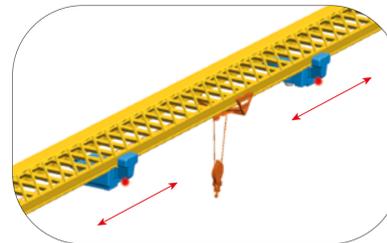
R09: Attivazione proiezione luminosa



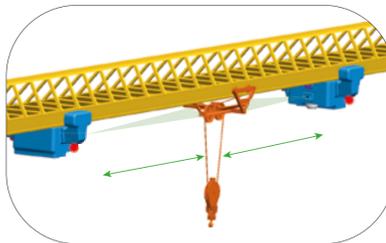
R10: Attivazione alert sonoro



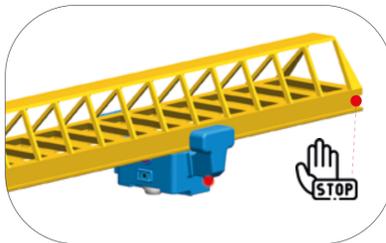
R11: Movimento lineare dei dispositivi semoventi



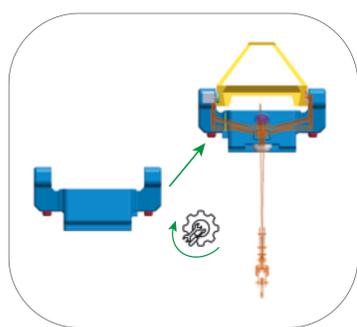
R12: Anticollisione



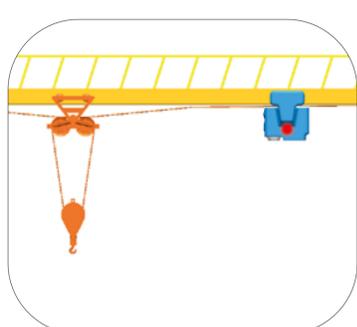
R13: Arresto di sicurezza



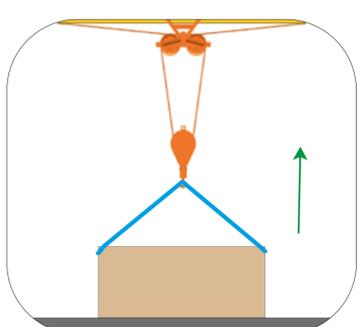
Storyboard dell'interazione



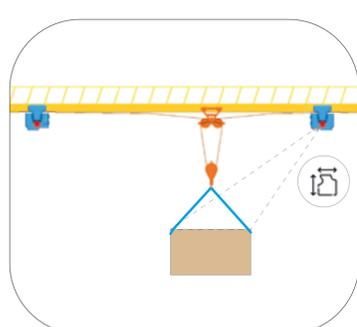
1-Montaggio dei dispositivi e prima calibrazione



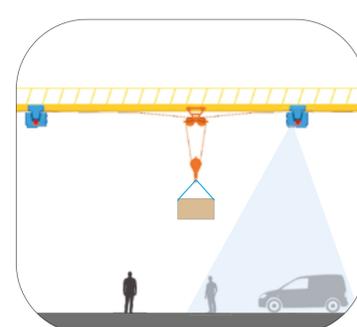
2- Sentinel 4.0 è in funzione, la luce rossa laterale è accesa



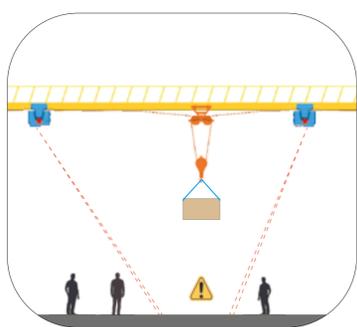
3- Imbragatura del carico e inizio della manovra di sollevamento



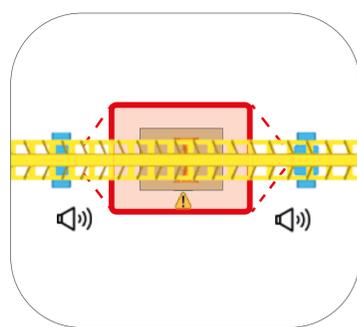
4- Identificazione del carico sospeso



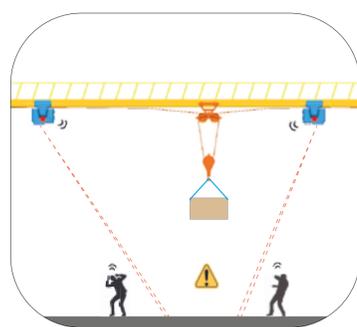
5- Attivazione del monitoraggio del raggio d'azione della gru



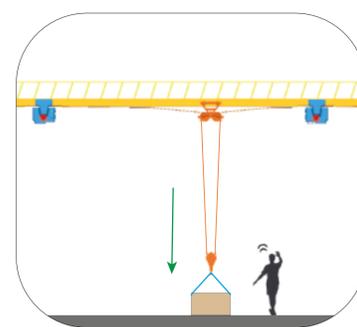
6- Attivazione della proiezione luminosa a terra e dell'alert sonoro



7 - Proiezione del pattern a terra con un'area di tolleranza maggiorata



8- Vengono sensibilizzati i presenti nel raggio d'azione e invitati a spostarsi



9- Conclusione della manovra

SENTINEL 4.0

Il progetto sviluppato è composto da due dispositivi semoventi e collaboranti implementati sul braccio della gru con la funzione di acquisizione dell'ingombro del carico sospeso e di restituzione della proiezione luminosa a terra dell'area potenzialmente pericolosa. Oltre alla segnalazione luminosa i dispositivi dispongono di alert sonori per una maggiore sensibilizzazione degli utenti.

Consente di monitorare e segnalare ciò che si trova nel raggio d'azione della gru a torre durante la movimentazione dei carichi nei cantieri.

L'obiettivo del progetto di interazione consiste nell'agevolare l'addetto alla movimentazione della gru e allo stesso tempo di sensibilizzare coloro che, durante le manovre di sollevamento dei carichi, potrebbero trovarsi nelle immediate vicinanze dell'area pericolosa con la progettazione di due devices semoventi e collaboranti da installare sul braccio della gru e di un radiocomando di pilotaggio che implementa varie funzionalità per agevolare il gruista durante le manovre di spostamento dei carichi.

Funzioni caratterizzanti

Dispositivi semoventi



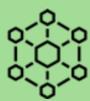
Il moto longitudinale dei dispositivi sul braccio della gru è attuato da coppie di motori elettrici brushless.

Segnalazione luminosa a terra



I dispositivi proiettano un pattern luminoso in modo da delineare l'area pericolosa.

Interconnessione



I dispositivi del sistema sono interconnessi in modalità wireless.

Alert sonoro



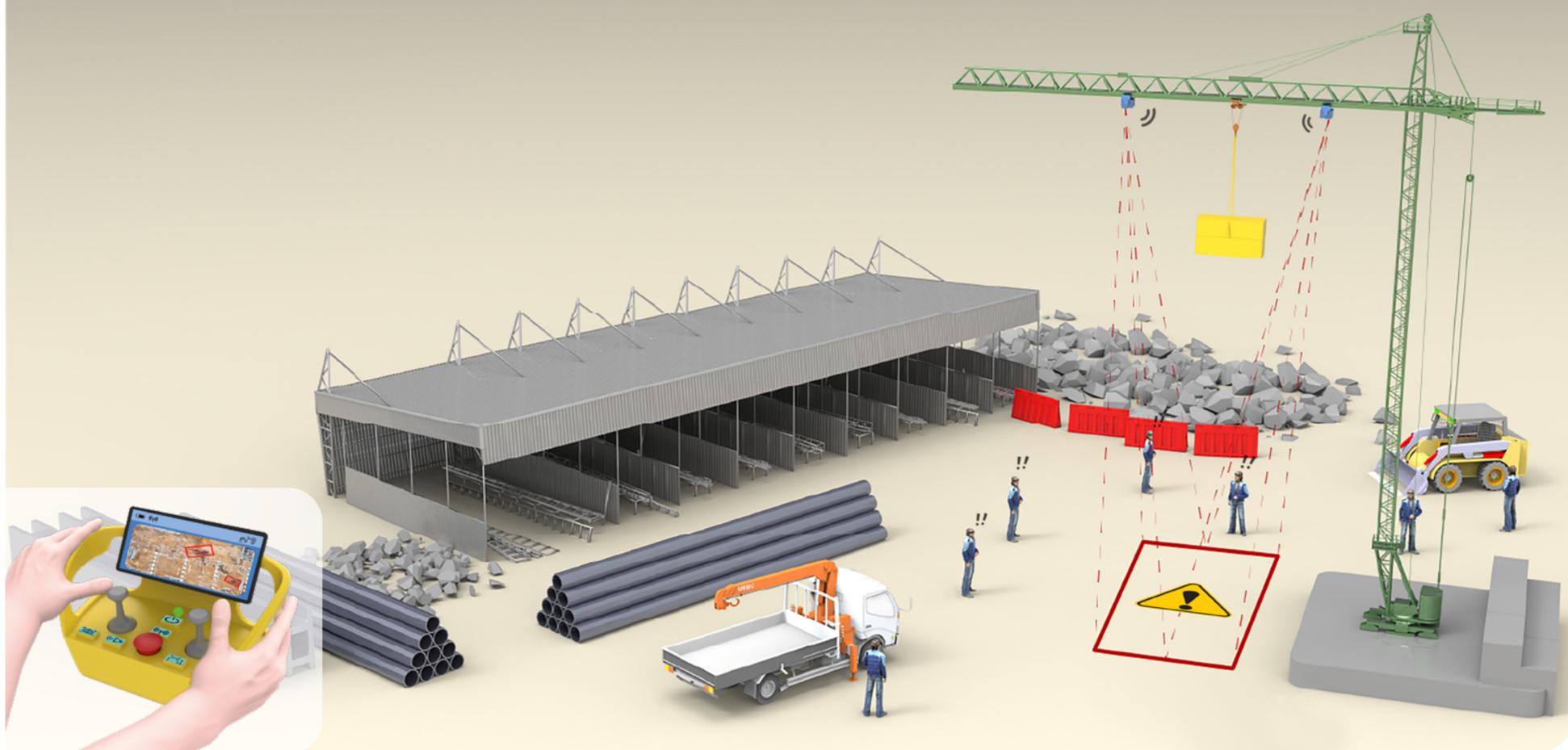
La sensibilizzazione può essere rafforzata con una segnalazione sonora di sicurezza.

Controllo



L'intero sistema è controllato dal radiocomando con il quale è possibile interagire.

SENTINEL 4.0





S A A D

Scuola di Ateneo
Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
Università di Camerino

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO
SCUOLA DI ATENEO ARCHITETTURA E DESIGN "E. VITTORIA"

CORSO DI LAUREA IN
DESIGN PER L'INNOVAZIONE DIGITALE

DESIGN PER LA SICUREZZA SUL LUOGO DI LAVORO.

Ricerca e sviluppo progettuale di un sistema di dispositivi di sicurezza in grado di ridurre gli infortuni da schiacciamento provocati dalla possibile caduta di gravi dalle gru edili

Laureando

GIACOMO CIPPITELLI

Firma

Relatore

prof. LUCA BRADINI

Firma

Correlatore

prof. PIERLUIGI ANTONINI

a.a. 2023/2024

*Alla mia Famiglia, ai miei Amici, a tutti coloro che mi hanno
consentito e mi consentiranno di apprendere cose nuove.*

Indice

Abstract	6
1 INTRODUZIONE E MACROSCENARIO - la sicurezza	7
1.1) Campi di applicazione	8
1.2) PNR: digitale, industria, aerospazio	9
1.3) Salute e sicurezza sul lavoro	10
1.4) I settori più colpiti in Europa	11
1.5) Il settore manifatturiero	12
1.6) Il settore edile	13
1.7) Infortuni nel settore edile	14
1.8) Le gru in edilizia	15
1.9) Gru a torre	16
1.9.1) Tipologie di gru più utilizzate	
1.9.2) Componenti delle gru e aspetti normativi	
1.10) Report degli infortuni	34
2 MICROSCENARIO - la movimentazione dei carichi	35
2.1) Keywords	36
2.2) Esposizione a fattori di rischio nella movimentazione dei carichi	38
2.3) Normative di riferimento	39
2.4) La movimentazione dei carichi	40
2.5) Tipologie di apparati	41
2.6) LABOR TUTOR - INAIL (2011)	42
2.7) Sezioni di riferimento riportate nel manuale	43
2.8) Infortuni - le modalità di accadimento secondo inforMo	46
2.9) Report dettagliato degli incidenti	47
2.10) Considerazioni	60
3 ANALISI STATO DELL'ARTE	61
3.1) <i>Amesphere</i>	62
3.2) <i>Linde Safety Guard</i>	63
3.3) <i>Linde rack protection</i>	65
3.4) <i>Safety bar 2.0 Evo</i>	67
4 ANALISI CRITICA E IPOTESI CASO STUDIO	70
4.1) <i>Considerazioni</i>	71
4.2) <i>Start-up CAD 42</i>	72
4.3) <i>Dispositivi anticollisione universali RTK e KYD 42</i>	73
4.4) <i>Ricerche in atto: Cantieri in sicurezza; come prevenire i rischi con la gru a torre</i>	76
4.5) <i>Ricerche in atto: I rischi derivanti dalla movimentazione dei carichi</i>	79
4.6) <i>Profilo degli utenti</i>	80
4.7) <i>Esperienza utente</i>	82
4.8) <i>Ipotesi caso studio</i>	83
4.9) <i>Sequenza delle azioni</i>	84
4.10) <i>Definizione del caso studio</i>	85

4.11) <i>Diagramma generale dell'interazione</i>	86
4.12) <i>Storyboard dell'interazione</i>	88
5 IL PROGETTO - Sentinel 4.0	91
5.1) <i>Tabella dei requisiti</i>	93
5.2) <i>Sviluppo dei requisiti</i>	94
5.3) <i>Configurazione tecnologica e formale</i>	96
5.4) <i>Dimensioni di massima</i>	99
5.5) <i>Radiocomando</i>	100
5.6) <i>Sistema di proiezione e collimazione</i>	102
5.7) <i>Materiali e tecnologie di produzione</i>	108
5.8) <i>Selezione dei componenti elettronici</i>	110
5.9) <i>Schematici</i>	117
5.10) <i>Ambientazione</i>	118
6 CONCLUSIONI	120
7 RIFERIMENTI	122

L'elaborato di ricerca rappresenta un punto di partenza per lo sviluppo di un concreto caso studio riguardante la sensibilizzazione degli operatori addetti alla movimentazione di carichi sospesi nei cantieri con l'utilizzo delle gru a torre.

La ricerca è iniziata con la definizione del macro scenario riguardante la sicurezza nei luoghi di lavoro, per poi concentrarsi maggiormente sulla figura degli users nel loro contesto lavorativo e sullo studio delle relative esperienze di interazione con artefatti fisici e/o digitali che sono chiamati a compiere. È così che il caso studio sviluppato, a seguito della progettazione dell'esperienza, prende il nome di Sentinel 4.0. Sentinel è un sistema devices semoventi e tecnologicamente implementati che vengono posizionati sul braccio della gru a torre. Il sistema di dispositivi Sentinel 4.0 è in grado di fornire feedback al personale a terra e all'operatore che pilota la gru circa lo stato dei carichi sospesi in fase di movimentazione. L'obiettivo che vuole raggiungere il caso studio, è indubbiamente quello di rendere sicure le manovre di movimentazione dei carichi sospesi e di ridurre o addirittura annullare il rischio di fatali incidenti sul lavoro in cantiere causati da caduta del carico in fase di trasporto.

1 Introduzione e macroscenario: la sicurezza



È la condizione che rende e fa sentire di essere esente da pericoli, o che dà la possibilità di prevenire, eliminare o rendere meno gravi danni, rischi, difficoltà, evenienze spiacevoli, e simili.

Al termine italiano “sicurezza” afferiscono due distinti concetti che in altre lingue sono espressi da parole differenti:



SAFETY

Riguarda persone, animali, beni materiali. È intesa come benessere e incolumità psico-fisica.

Tutti gli aspetti legati alla sicurezza (safety) portano ad un miglioramento della qualità della vita dell'individuo a patto che vengano applicate le opportune normative.



SECURITY

È intesa come protezione e riguarda la salvaguardia da atti intenzionali che potrebbero ledere cose o persone.

1.1 Campi di applicazione

Nei seguenti campi applicativi la sicurezza ha un obiettivo primario

Sicurezza nazionale

Difesa da atti di terrorismo e spionaggio, ma anche da catastrofi (terremoti, maremoti, uragani, ecc.).

Sicurezza sul lavoro

Il datore di lavoro si adopera per rendere "sicura" l'attività dei propri sottoposti attenendosi alle leggi dell'U.E., in particolare a quanto riportato nel Testo Unico sulla Sicurezza (Decreto Legislativo 81/2008).

Sicurezza alimentare

Rappresenta l'insieme delle metodiche applicate nel settore alimentare specifiche dato il tipo di prodotto.

Sicurezza stradale

La sicurezza stradale riguarda le regole e le procedure da osservare per gli utenti delle strade del codice stradale (d.l. 30 aprile 1992 n. 285 e successive modifiche).

Sicurezza dei luoghi, delle abitazioni e delle strade

Comprendono azioni di prevenzione ed organizzazione che includono:

- analisi dei rischi;
- formazione (sicurezza, primo soccorso, ecc);
- controllo (impianti, dpi, revisioni varie).

Sicurezza dei luoghi, prevenzione dei furti

Riguarda tutte le precauzioni adottate per salvaguardare le persone e i beni. Includono:

- sicurezza passiva: dispositivi meccanici atti a prevenire le intrusioni;
- sicurezza attiva: sistemi di videosorveglianza e antifurto.

Sicurezza delle informazioni

Comprende tutto il mondo dei grandi dati e della sicurezza delle informazioni, che include anche la sicurezza informatica.

1.2 PNR: Digitale, Industria, Aerospazio



Articolazione 4: Design per la qualità della vita e del lavoro

Viene trattato il tema del miglioramento della qualità della vita e del lavoro anche attraverso la salvaguardia della salute delle persone negli spazi di vita.



Obiettivi ONU 2030



1.3 Salute e sicurezza sul lavoro

Proteggere i diritti del lavoro e promuovere la sicurezza nei luoghi di lavoro per tutti i lavoratori, ivi compresi i lavoratori migranti, con particolare riferimento alle donne migranti e ai lavoratori con un'occupazione precaria.

Ogni giorno 6.400 persone muoiono a causa di incidenti sul lavoro o di malattie professionali, per un totale di 2,3 milioni di decessi ogni anno. Inoltre ogni giorno altre 860.000 persone sono vittime di infortuni sul lavoro.

Per le imprese i costi ammontano ogni anno a 2.800 miliardi di dollari, pari al 4% del prodotto interno lordo mondiale, a causa della perdita di ore di lavoro, dell'interruzione dei processi produttivi, delle terapie in caso di infortuni e delle malattie contratte sul lavoro, della riabilitazione e degli indennizzi.

È necessario un intervento urgente per creare una cultura globale della prevenzione che rispetti il diritto a un ambiente di lavoro sano e sicuro e che garantisca che datori di lavoro e lavoratori siano consapevoli dei propri diritti e delle proprie responsabilità. A tale scopo riveste particolare rilevanza l'applicazione dei diritti e delle norme fondamentali dell'OIL a livello nazionale. I gruppi di lavoratori maggiormente vulnerabili, ivi compresi i migranti, devono essere oggetto di un'attenzione particolare, al fine di garantire la protezione dei loro diritti e il miglioramento delle loro condizioni di lavoro. *(fonte International Labour Organization)*



1.4 I settori più colpiti in Europa (2019)

Infortuni mortali

22,2% SETTORE EDILE

15% TRASPORTI E MAGAZZINAGGIO

14,8% SETTORE MANIFATTURIERO E AGRICOLTURA

12,5% PESCA

Infortuni non mortali

18,7% SETTORE MANIFATTURIERO

12,3% COMMERCIO

11,8% COSTRUZIONI

11% SALUTE / LAVORO SOCIALE

1.5 Il settore manifatturiero

Il settore manifatturiero è uno dei pilastri fondamentali dell'economia moderna, caratterizzato dalla trasformazione delle materie prime in prodotti finiti attraverso processi industriali. Questo settore comprende una vasta gamma di industrie, tra cui quelle automobilistiche, aerospaziali, elettroniche, tessili e alimentari, ognuna delle quali svolge un ruolo cruciale nella catena di approvvigionamento globale. L'innovazione tecnologica è un elemento chiave del settore manifatturiero, con l'introduzione di tecnologie avanzate come l'automazione, la robotica, l'intelligenza artificiale e l'Internet delle cose (IoT) che stanno rivoluzionando i processi produttivi, migliorando l'efficienza, la precisione e la qualità dei prodotti. La sostenibilità è un altro aspetto di crescente importanza, con le aziende che adottano pratiche di produzione più ecologiche per ridurre l'impatto ambientale. Il settore manifatturiero non solo crea prodotti che soddisfano le esigenze quotidiane delle persone, ma fornisce anche i materiali e le tecnologie essenziali per altri settori, incluso quello edile. Infatti, la sinergia tra il settore manifatturiero e quello edile è fondamentale per lo sviluppo urbano e infrastrutturale, con prodotti manifatturieri che alimentano la costruzione e l'innovazione delle strutture edilizie moderne.



1.6 Il settore edile

Il settore edile riveste un ruolo fondamentale nell'economia globale, rappresentando una delle principali forze trainanti dello sviluppo urbano e infrastrutturale. Esso comprende una vasta gamma di attività che spaziano dalla progettazione e costruzione di edifici residenziali, commerciali e industriali, fino alla realizzazione di infrastrutture complesse come strade, ponti e reti idriche. Negli ultimi anni, l'industria delle costruzioni ha visto una crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale e l'innovazione tecnologica, con l'adozione di materiali eco-compatibili e tecniche costruttive avanzate. Inoltre, l'integrazione di tecnologie digitali, come il Building Information Modeling (BIM) e l'uso di droni per il monitoraggio dei cantieri, sta trasformando radicalmente i processi operativi, migliorando l'efficienza e la sicurezza. Tuttavia, il settore affronta anche sfide significative, tra cui la gestione dei costi, la necessità di manodopera qualificata e il rispetto delle normative in continua evoluzione. In questo contesto dinamico, l'industria edile continua a rappresentare un pilastro essenziale per il progresso economico e sociale, contribuendo alla creazione di ambienti costruiti che migliorano la qualità della vita delle comunità.



1.7 Infortuni nel settore edile

Gli infortuni nel settore edile rappresentano una problematica di notevole rilevanza, data la natura intrinsecamente pericolosa di questo ambito lavorativo. Le condizioni spesso precarie dei cantieri, l'utilizzo di macchinari pesanti e complessi, e l'esposizione a rischi ambientali costituiscono fattori che aumentano significativamente la probabilità di incidenti. Le cadute dall'alto, i crolli di strutture, l'uso improprio di attrezzature e la mancanza di adeguate misure di sicurezza sono tra le cause principali degli infortuni. Le cadute dall'alto rappresentano una delle maggiori cause di lesioni gravi e mortali, spesso dovute a impalcature instabili o alla mancanza di dispositivi di protezione individuale (DPI) adeguati. Inoltre, l'uso di attrezzature pesanti come gru, escavatori e altri macchinari complessi richiede competenze specifiche e una formazione continua per garantire operazioni sicure. La mancanza di questa formazione può portare a errori umani che si traducono in incidenti gravi. I crolli di strutture, sia temporanee che permanenti, sono un altro rischio significativo, spesso dovuto a errori di progettazione, carenze nei materiali o pratiche di costruzione inadeguate.

Un'altra area critica è la movimentazione di carichi sospesi con gru e altre apparecchiature di sollevamento. Questi incidenti possono essere estremamente pericolosi, non solo per gli operatori delle gru ma anche per tutti i lavoratori presenti nell'area di lavoro. Gli errori di manovra, la mancanza di segnali chiari, la scarsa comunicazione e la manutenzione inadeguata delle attrezzature possono causare il cedimento dei carichi, con conseguenze potenzialmente fatali. Ad esempio, un carico mal bilanciato o fissato in modo improprio può precipitare, colpendo chiunque si trovi al di sotto o nelle vicinanze. Inoltre, le condizioni atmosferiche avverse, come forti venti, possono destabilizzare i carichi sospesi, rendendo le operazioni di sollevamento ancora più rischiose.

L'esposizione a sostanze nocive come amianto, polveri di silice e altri agenti chimici rappresenta un ulteriore pericolo per la salute dei lavoratori edili, aumentando il rischio di malattie professionali a lungo termine. L'assenza di formazione adeguata e la sottovalutazione delle normative di sicurezza da parte dei lavoratori e dei datori di lavoro contribuiscono ad aggravare la situazione. In molti casi, la fretta di completare i progetti entro scadenze strette può portare alla negligenza delle pratiche di sicurezza, mettendo ulteriormente a rischio la vita e la salute dei lavoratori.

È quindi essenziale promuovere una cultura della prevenzione attraverso l'implementazione di rigorosi protocolli di sicurezza, la formazione continua dei lavoratori e l'adozione di tecnologie avanzate per il monitoraggio e la gestione dei rischi. L'introduzione di dispositivi di protezione individuale obbligatori, come caschi, imbracature e scarpe antinfortunistiche, è fondamentale per ridurre l'incidenza degli infortuni. Inoltre, l'utilizzo di tecnologie moderne come i sensori di movimento e i droni per il monitoraggio dei cantieri può aiutare a individuare e mitigare i rischi in tempo reale.

1.8 Le gru in edilizia

Le gru edili rappresentano una componente fondamentale nei cantieri di costruzione, grazie alla loro capacità di sollevare e movimentare carichi pesanti con precisione e efficienza. Tuttavia, l'uso di queste macchine imponenti comporta una serie di rischi significativi, che rendono necessario un approfondito esame delle pratiche di sicurezza e delle normative vigenti. Gli incidenti legati all'uso delle gru possono avere conseguenze devastanti, non solo per gli operatori delle macchine, ma anche per gli altri lavoratori presenti nel cantiere e per le strutture circostanti. Questo capitolo esplorerà in dettaglio le diverse tipologie di gru utilizzate nell'edilizia, le principali cause degli incidenti, le migliori pratiche per la prevenzione e le normative di sicurezza che devono essere seguite.

La movimentazione di carichi sospesi è una delle operazioni più critiche e potenzialmente pericolose nei cantieri edili. Incidenti come il cedimento del carico, il ribaltamento della gru e la collisione con altre strutture sono solo alcuni esempi delle situazioni che possono verificarsi se le operazioni non sono eseguite correttamente. La complessità delle gru edili, che includono gru a torre, autogrù, gru a ponte e altre varianti, richiede non solo una profonda conoscenza tecnica da parte degli operatori, ma anche una rigida aderenza ai protocolli di sicurezza. Gli errori umani, la manutenzione inadeguata e le condizioni ambientali avverse sono fattori che possono contribuire in modo significativo al verificarsi di incidenti.



1.9 Gru a torre

All'interno della famiglia degli apparecchi di sollevamento, la gru a torre rappresenta il più importante e diffuso apparecchio per la movimentazione e il sollevamento di carichi nei cantieri edili. Le gru a torre sono macchine costituite da una struttura verticale (torre) in acciaio sulla cui sommità è installata una trave orizzontale (braccio e controbraccio), anch'essa in acciaio, che attraverso un sistema di funi consente la movimentazione dei carichi. Le gru sono solitamente installate in posizione fissa ma possono anche essere dotate, più raramente, di un sistema di traslazione su binario.

- **Struttura verticale:** la torre può essere a traliccio metallico, ad elementi tubolari o scatolati metallici; la parte di struttura verticale, spesso presente alla quota del braccio, si chiama cuspide e, attraverso un sistema di funi tiranti, svolge una funzione statica di sostegno della trave.

- **Struttura orizzontale:** la parte di trave destinata alla distribuzione dei carichi è il braccio o "freccia" della gru, mentre la parte di trave avente la funzione statica di bilanciamento del braccio e dei carichi movimentati è chiamata controbraccio o "controfreccia".

I diversi modelli di gru disponibili sul mercato si differenziano per alcuni particolari costruttivi che non identificano vere e proprie tipologie. È, tuttavia, possibile individuare distinte varietà in ragione delle diverse caratteristiche del carro di base che può essere:

- Di tipo fisso, collegato ad un basamento (più raramente a plinti di fondazione) tramite degli elementi di ancoraggio (piastre e tirafondi) o con un elemento di torre a perdere, annegato nel getto del basamento stesso; di tipo fisso, poggiante su un basamento per mezzo di stabilizzatori;
- Traslante, per mezzo di ruote su binario (ad esempio nei cantieri che presentano lunghezze planimetriche notevoli).

Inoltre, è possibile suddividere le gru a torre per la presenza o meno della cabina di comando in quota; infatti, sul mercato si trovano grandi gru con cabina e medie-piccole gru generalmente senza cabina come ad esempio le gru automontanti.

In base al loro sistema di montaggio le gru a torre si suddividono principalmente in due categorie:

- **Gru ad elementi innestati;** sono solitamente usate quando devono essere affrontate altezze notevoli, possono infatti raggiungere altezze anche di svariate decine di metri, avere bracci molto lunghi e portate molto elevate;

- **Gru automontanti;** questa tipologia è nata dalla necessità di disporre in cantiere di macchine di dimensioni ridotte e con tempi e costi di montaggio minori rispetto alla precedente categoria. In base alla posizione del gruppo di rotazione, si suddividono in gru a rotazione alta e gru a rotazione bassa.

Generalmente i possibili movimenti della gru sono: rotazione, distribuzione, salita e discesa, eventuale traslazione su binario.

- Rotazione (sinistra-destra)

Il gruppo di rotazione consente l'orientamento del braccio nelle gru con rotazione alta e dell'intera gru (escluso il carro di base) per le gru con rotazione bassa; è costituito da tre elementi fondamentali: il motore, il freno e la ralla. Il motore trasmette il moto, attraverso il pignone, alla ralla che è formata da una parte fissa e da una parte girevole: nelle gru a rotazione alta la parte fissa è ancorata alla torre e la parte girevole è collegata al braccio-controbraccio; nelle gru a rotazione bassa la parte fissa è invece fissata al carro di base e la parte girevole è collegata alla torre. In genere i motori della gru per edilizia sono elettrici e autofrenanti, cioè dotati di un freno elettromeccanico che blocca la rotazione dell'albero al cessare del passaggio di corrente (ossia al cessare dell'impulso di comando). Quando la gru non viene utilizzata, ad esempio a fine turno di lavoro, è necessario sbloccare il freno di rotazione in modo che la gru possa liberamente disporsi nella direzione del vento. La velocità di rotazione può arrivare fino a 2 rotazioni per minuto (rpm).

Distribuzione (avanti-indietro)

Il gruppo di distribuzione è formato, essenzialmente, da un motore, un riduttore di giri, un tamburo (su cui si avvolge la fune) e un freno; solitamente il gruppo di distribuzione è posizionato sul braccio della gru che, per mezzo di una fune, fa avanzare o arretrare lungo il braccio il carrellino. Anche in questo caso la velocità di traslazione va dai 20 agli 80 m/min.

Sollevamento (salita-discesa)

Il gruppo di sollevamento, che permette la salita e la discesa del carico, nelle gru a rotazione alta può essere posizionato sul carro di base, sul controbraccio o sulla parte iniziale del braccio; nelle gru a rotazione bassa è posizionato invece nelle vicinanze della zavorra sulla parte girevole del carro di base. Anche in questo caso il gruppo è formato da un motore (elettrico o idraulico), un tamburo su cui si avvolge la fune, un riduttore di giri e un freno. Il motore trasmette il moto al tamburo per mezzo di un riduttore di giri, la fune si avvolge/svolge sul tamburo permettendo la salita/discesa del carico; il moto viene fermato dal freno con il cessare dell'impulso di comando.

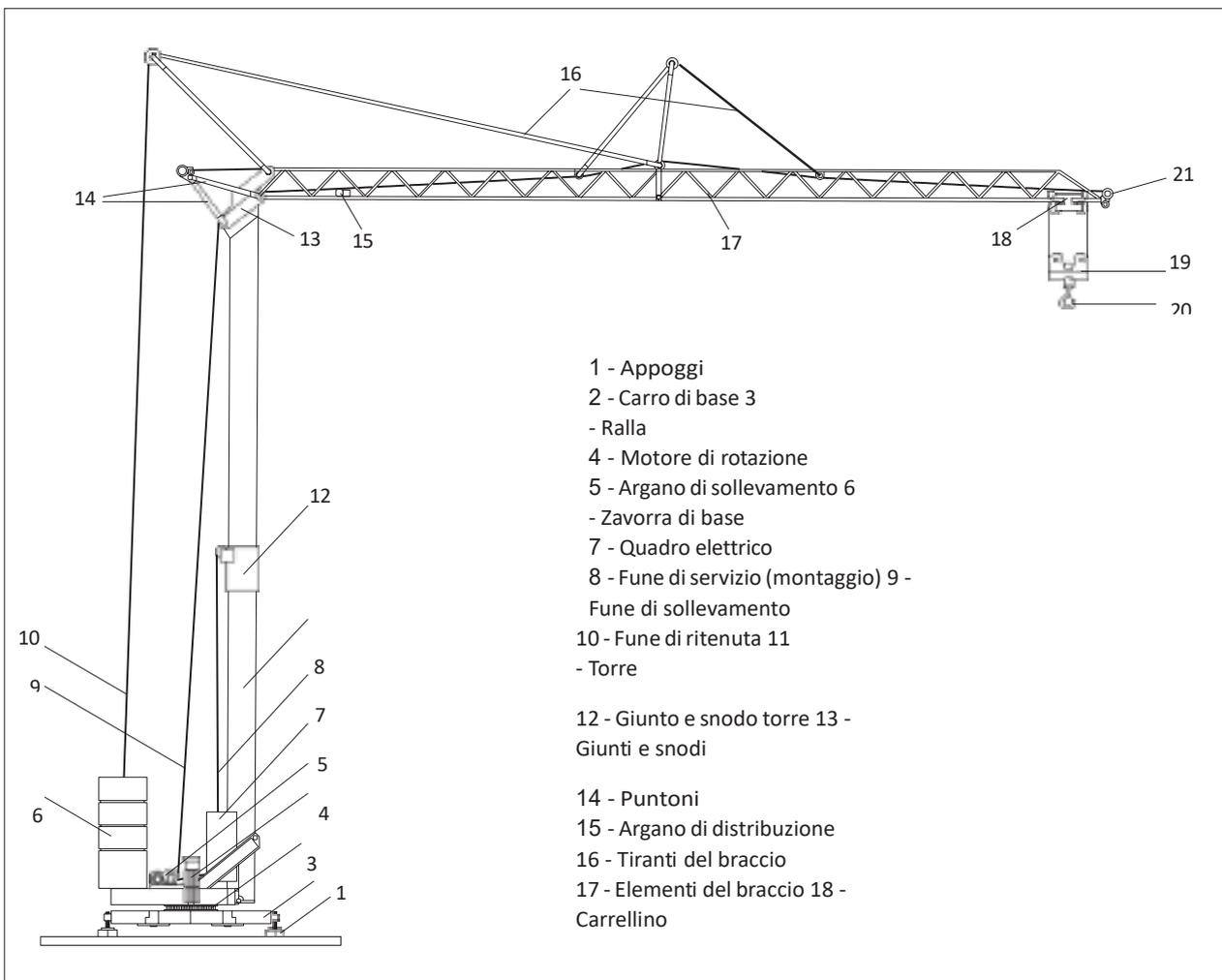
Traslazione

La traslazione avviene per mezzo di motori (anch'essi dotati di riduttori di giri e di freni) collegati alle ruote del carro di base. Durante la traslazione la gru non può né distribuire, né ruotare ma può solo traslare con il carico che deve essere posizionato il più vicino possibile alla torre. Per la stabilità e il corretto funzionamento della gru è necessario creare un piano di scorrimento stabile e livellato. La maggior parte delle gru sono dotate di un dispositivo acustico che, durante la traslazione, avvisa il personale che l'operazione di traslazione è in atto.

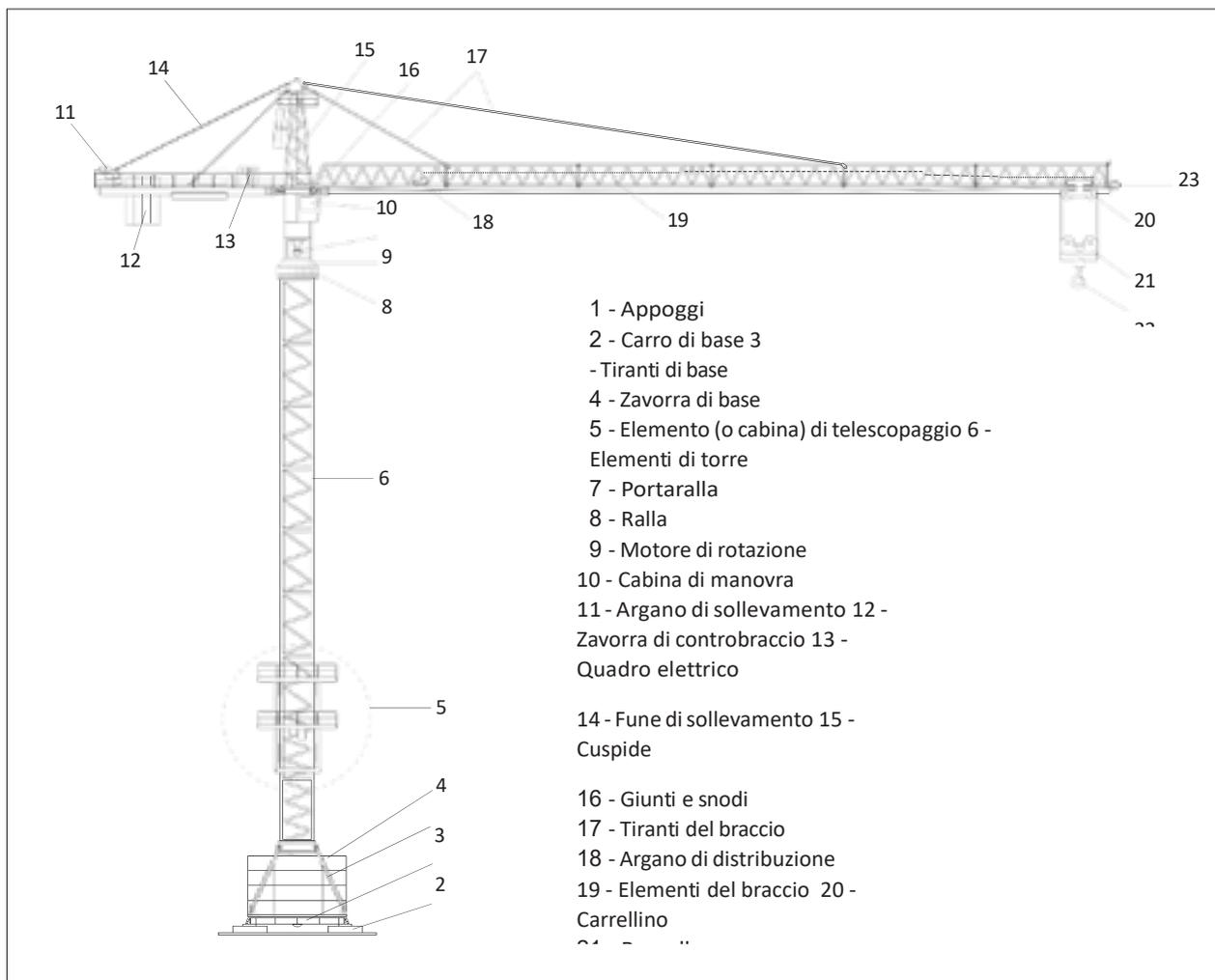
1.9.1 Tipologie di gru più utilizzate

Di seguito sono raffigurati i due principali tipi di gru, elencati i loro elementi costituenti e indicate le caratteristiche e il funzionamento di ogni elemento.

Le caratteristiche specifiche e l'esatta posizione degli elementi costituenti una gru possono variare da macchina a macchina a seconda della marca e del modello.



La gru con rotazione bassa, o gru a torre con rotazione in basso, ha il meccanismo di rotazione posizionato alla base della torre. Questo consente la rotazione dell'intera struttura della torre, rendendo l'installazione e lo smontaggio più semplici. Utilizzate per progetti di costruzione di media altezza, queste gru offrono stabilità e facilità di accesso per l'operatore, con una buona capacità di sollevamento e manovrabilità.



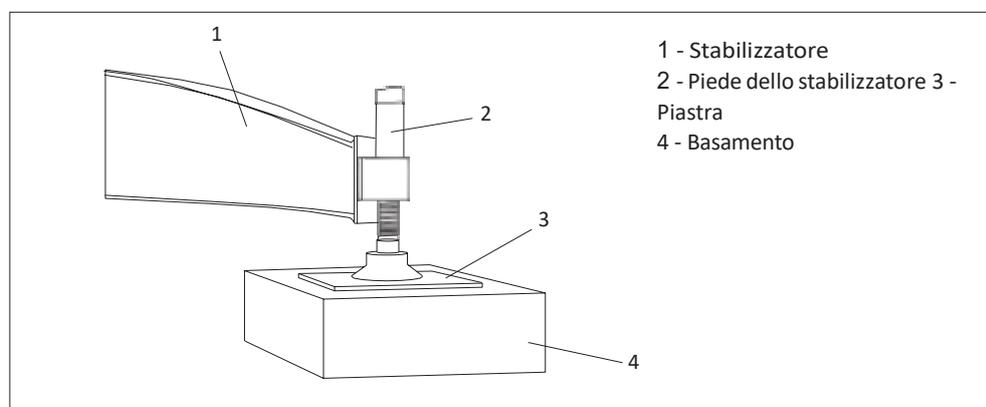
Una gru con rotazione alta, o gru a torre con rotazione in alto, ha il meccanismo di rotazione posizionato nella parte superiore della torre. Questo consente una rotazione completa di 360 gradi del braccio della gru, offrendo un'ampia copertura dell'area di lavoro. Vengono utilizzate principalmente nei cantieri di edifici alti, queste gru offrono una visibilità migliorata per l'operatore e una grande capacità di sollevamento a elevate altezze.

1.9.2 Componenti delle gru e aspetti normativi

STABILIZZATORI

Conferiscono la stabilità a terra della gru e nella quasi totalità dei casi sono regolabili in altezza per garantire il corretto posizionamento del carro di base; nel caso di gru a rotazione bassa spesso gli stabilizzatori sono regolabili a mezzo di dispositivo elettronico che permette il livellamento e la verticalità della gru in maniera automatica.

Gli appoggi sono dotati di una piastra metallica per fornire una maggiore superficie di ripartizione del carico. Essi devono essere posizionati preferibilmente su un basamento in calcestruzzo o su altri elementi di ripartizione del carico come ad esempio travi o piastre: in ogni caso devono essere applicate le indicazioni del fabbricante.

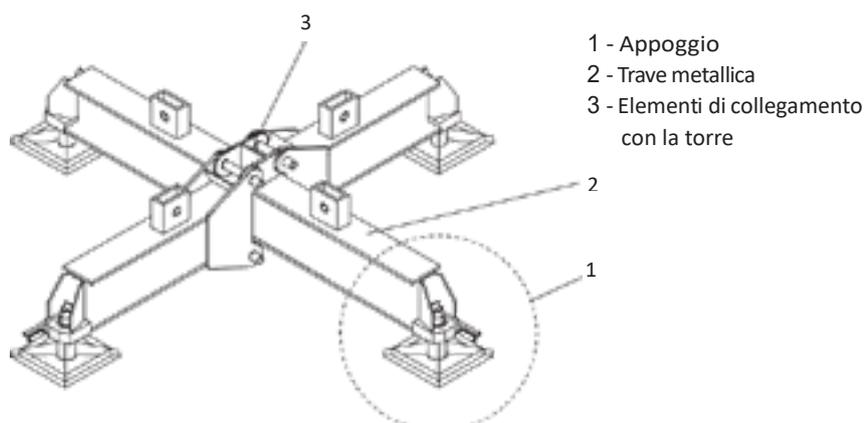


BASAMENTO

Costituisce il collegamento della gru con la superficie di sostegno per mezzo di appoggi fissi: nel caso di gru traslanti su rotaia, il carro di base è dotato di ruote.

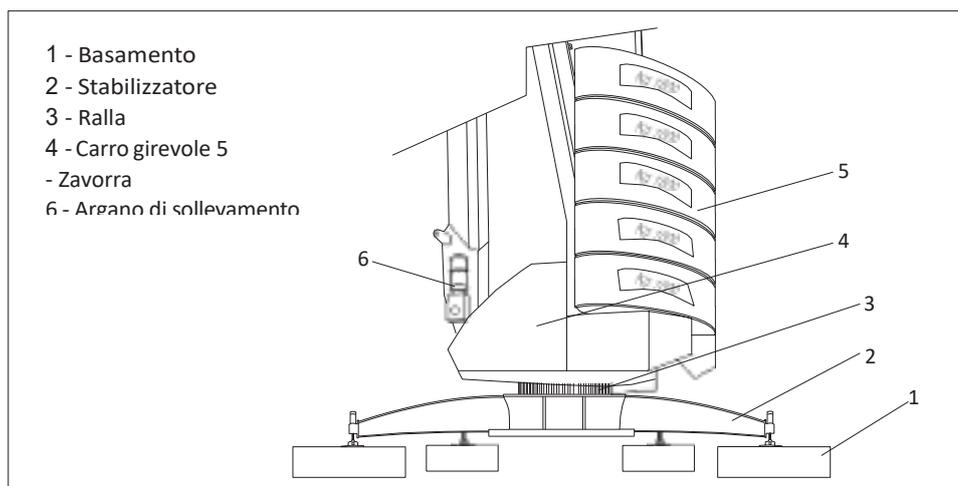
La struttura del carro di base è solitamente costituita da una serie di travi metalliche o profilati metallici oppure ancora scatolati metallici saldati.

Nelle gru a rotazione alta il carro di base è la base d'appoggio della zavorra e, talvolta, è anche la sede degli argani di sollevamento e del quadro elettrico.



Nelle gru a rotazione bassa il carro è costituito da due parti:

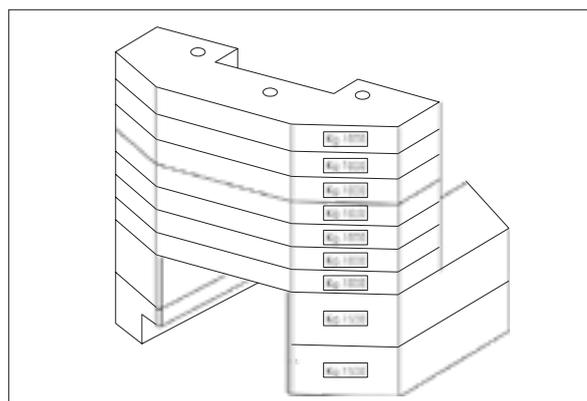
- una girevole, su cui è alloggiata la zavorra, gli argani di sollevamento e di montaggio, le centraline idrauliche ed elettriche;
- una fissa composta dal telaio di base con gli appoggi e dalla ralla.



ZAVORRA DI BASE

Ha la funzione di rendere stabile l'apparecchio di sollevamento; può essere costituita da diversi materiali ma la tecnologia più diffusa è rappresentata da blocchi modulari di calcestruzzo sagomato. Gli elementi di zavorra, in genere, sono forniti dal fabbricante o sono realizzati secondo gli schemi da questo forniti. In assenza di questi elementi occorre evitare di utilizzare zavorre improvvisate: ad esempio in alcune gru di vecchio tipo venivano usate zavorre costituite da mattoni e/o blocchi pieni di cemento.

È altresì necessario realizzare la zavorra osservando la documentazione tecnica (ad esempio relazione a firma di un tecnico abilitato) che attesti la rispondenza della zavorra alle disposizioni progettuali del fabbricante.



BINARIO DI TRASLAZIONE

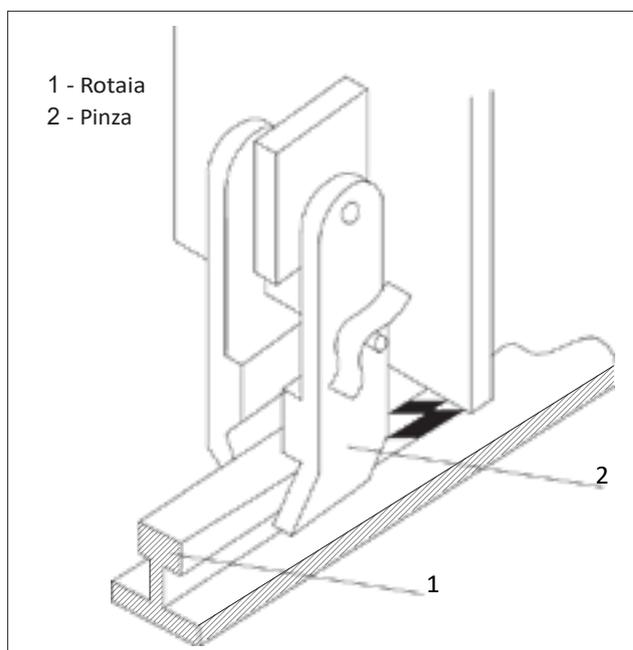
Quando la gru deve traslare all'interno del cantiere è necessario installare la via di corsa costituita da un binario formato da traversine e rotaie che possono essere dello stesso tipo di quelle impiegate per le linee ferroviarie; la planarità del binario è indispensabile per garantire lo scorrimento in sicurezza delle ruote della gru. Le rotaie devono essere collegate all'impianto di messa a terra e, se necessario, all'impianto realizzato contro le scariche atmosferiche.

Il binario, in genere, può essere messo in opera su trave in cemento armato (per terreni poco resistenti) o su traversine in legno.

Per ripartire meglio il carico sul terreno è opportuno prolungare il binario oltre i respingenti (ad esempio un metro).

ELEMENTI DI TORRE

Gru a rotazione alta



ELEMENTI DI TORRE (gru a rotazione alta)

La torre è formata da vari elementi metallici innestati e collegati fra loro mediante perni e/o bulloni e staffe: tali elementi sono costituiti da una struttura metallica di tipo a traliccio.

La cabina di manovra in genere è raggiungibile per mezzo di una scala fissa a pioli verticale, o inclinata per più di 75°, installata all'interno della torre, la quale deve essere corredata di gabbia di protezione e di piattaforme di riposo, complete di parapetto. L'assenza della gabbia di protezione deve essere compensata dalla presenza di una linea di ancoraggio verticale per consentire l'uso di DPI anticaduta e quindi di percorrere la scala in sicurezza.

Nelle gru più datate, secondo le indicazioni della buona prassi, la gabbia di protezione deve essere posizionata a partire da 2,50 metri per le scale più alte di 5 metri; la scala deve essere dotata di

piattaforme di riposo ogni 8 metri.

Nelle gru costruite nel rispetto delle norme europee, la gabbia di protezione (riparo ad anello) deve essere installata quando sussiste un rischio di caduta maggiore di 5 metri e a partire da una misura compresa tra i 2,20 e i 2,50 metri; la prima rampa può essere lunga al massimo 10 metri.

In base alle norme europee, la gabbia di protezione (riparo ad anello) può essere omessa se la scala è situata all'interno di una struttura i cui elementi strutturali forniscono una protezione equivalente. Oltre a ciò, queste scale dotate di gabbia devono possedere piattaforme di riposo almeno ogni 6 metri.

Inoltre, le scale a pioli delle gru automontanti devono avere le gabbie di protezione posizionate in modo da prevenire cadute di 10 metri al massimo; le scale, poi, devono avere una piattaforma di riposo almeno ogni 10 metri.

La torre può anche essere telescopica: l'altezza della gru è variabile tramite un martinetto idraulico o tramite un sistema di funi e pulegge di rinvio chiamate "taglie".

Gru a rotazione bassa

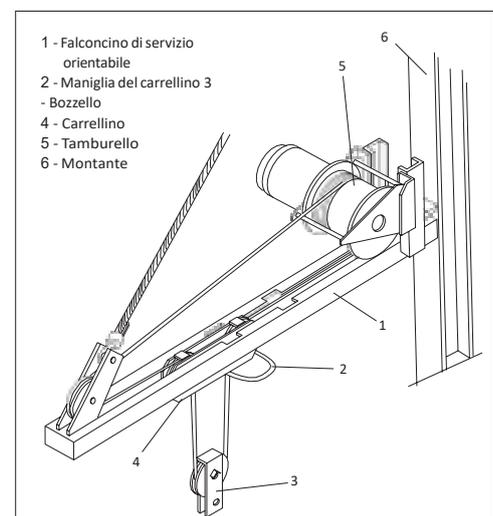
La torre può essere formata da un traliccio metallico reticolare o da elementi metallici tubolari o scatolari.

La torre può avere lo sviluppo in altezza fisso: si tratta di gru automontanti la cui torre è posta in posizione di lavoro automaticamente, mediante una serie di rotazioni e traslazioni degli elementi che la compongono. Con questo tipo di macchine, l'eventuale necessità di aumentare l'altezza di lavoro può essere soddisfatta variando la pendenza del braccio (gru a braccio impennabile).

La torre può anche essere telescopica: l'altezza della gru è variabile tramite un martinetto idraulico o tramite un sistema di funi e pulegge di rinvio chiamate "taglie".

FALCONE DI SERVIZIO

Il falcone è un braccio ausiliario per il sollevamento in quota di parti strutturali della gru in fase di montaggio, che ovvia alla necessità di utilizzare un altro apparecchio di sollevamento. Il falcone, quando previsto, è installato nella parte alta della gru ad esempio sul montante della cuspide.



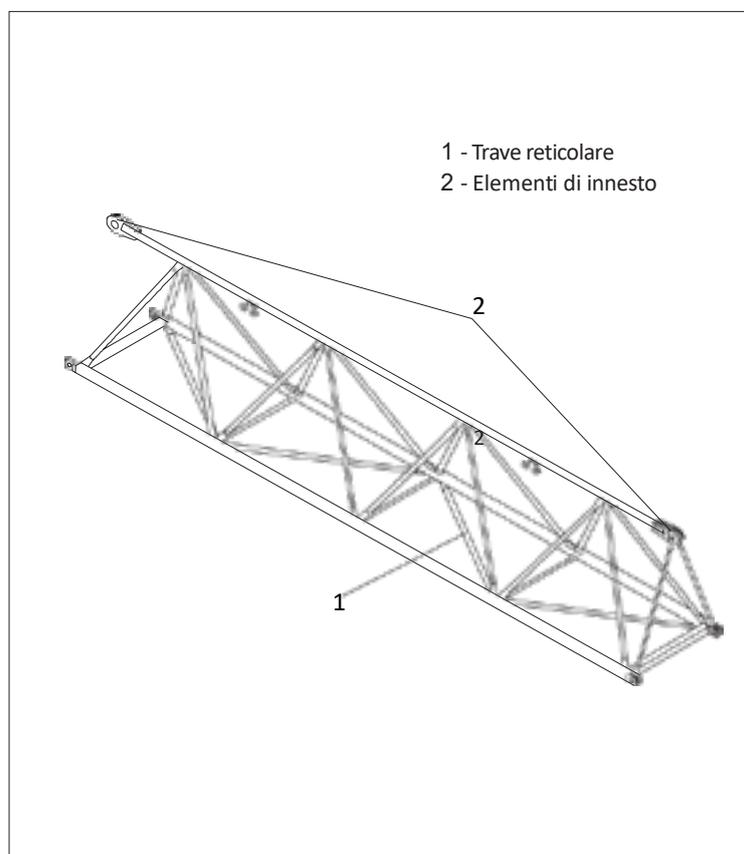
ELEMENTI DI BRACCIO

Gru a rotazione alta

Nella maggior parte dei casi, ad esclusione di quando si adotta il telescopaggio, gli elementi vengono montati a terra mediante un'autogru che in seguito li solleva in quota dove gli operatori eseguono il fissaggio con gli altri elementi della gru.

Gru a rotazione bassa

Il braccio è formato da più parti collegate tra loro mediante degli snodi che permettono la loro rotazione per lo sviluppo o impennamento del braccio; alcune gru permettono anche l'inclinazione del braccio (utile qualora siano presenti nell'area elementi fissi che ne ostacolano la rotazione). Per rendere più sicura e facile la movimentazione dei carichi, sul braccio dei mezzi di sollevamento deve essere indicata la portata in maniera ben visibile agli operatori: ovviamente le indicazioni devono rispettare il diagramma di carico presente alla base della torre della gru. Nella punta del braccio è installato un elemento chiamato capo fisso (o nottolino), collegato alla fune di sollevamento.



CONTROBRACCIO

Ha la funzione statica di controbilanciare gli sforzi che si creano durante le operazioni di movimentazione dei carichi e rendere stabile l'impianto.

Gru a rotazione alta

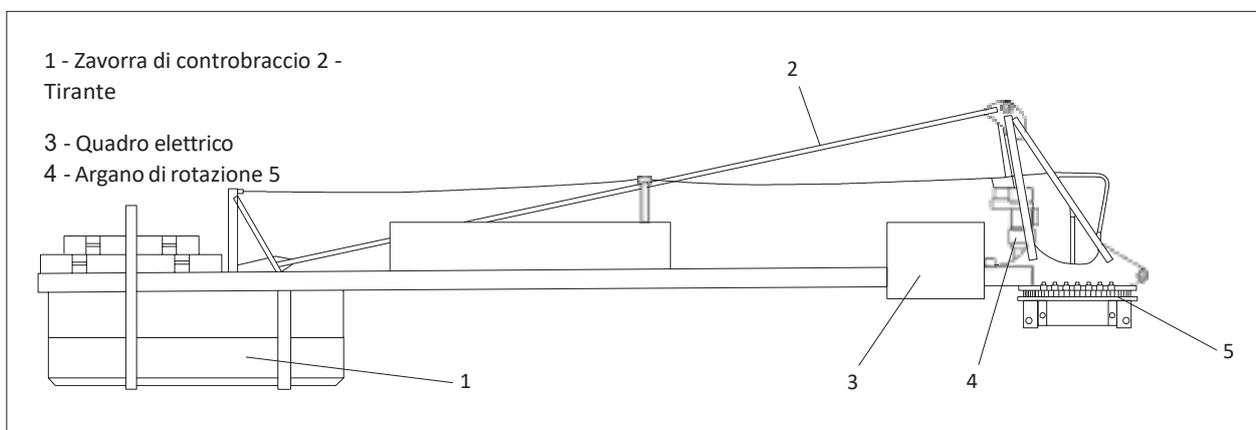
Il controbraccio è costituito da una trave metallica reticolare, strutturalmente simile al braccio ma più corta, sulla quale è posizionata la zavorra di controbraccio. Sul controbraccio, accessibile per la manutenzione, possono essere posizionati l'argano di sollevamento, l'argano di distribuzione e il quadro elettrico di comando, fermo restando la presenza di un interruttore generale alla base della torre.

Gru a rotazione bassa

Nelle gru automontanti, in sostituzione del controbraccio, ci sono vari elementi quali: la zavorra di base, la fune di ritenuta e uno o più puntoni. In questo modo la zavorra di base ha funzione sia di zavorra di stazione sia di zavorra di controbraccio.

ZAVORRA DI CONTROBRACCIO

È presente solo sulle gru a torre con rotazione alta ed è solitamente in calcestruzzo sagomato (anche in questo caso le gru di vecchio tipo possedevano una zavorra costituita da una cassa metallica entro la quale veniva scaricato dell'inerte): il fissaggio dei vari elementi in calcestruzzo impedisce ogni tipo di movimento degli elementi stessi.



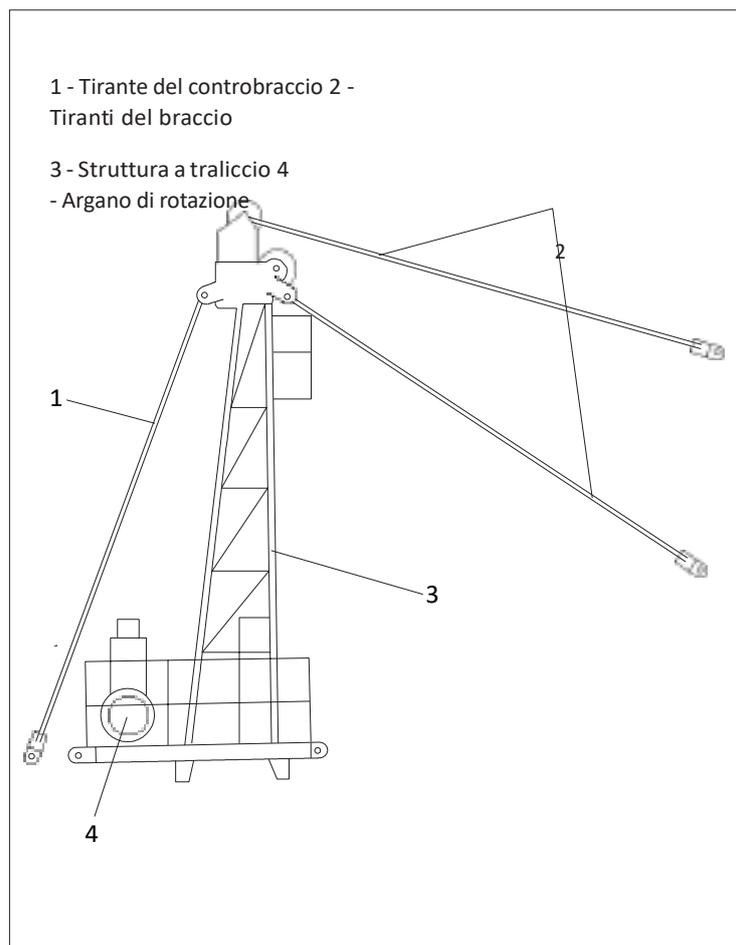
CUSPIDE

Gru a rotazione alta

Alla cuspide, che è il punto più alto della gru, vengono collegati i tiranti del braccio e del controbraccio. Può differire come tipologia strutturale ma, solitamente, è composta da una struttura a traliccio al di sotto della quale si trovano il porta ralla o, talvolta, la ralla stessa. Nelle gru di più recente costruzione la cuspide e i tiranti del braccio e del controbraccio sono sostituiti da una struttura più robusta rispetto a quella generalmente usata, che poi si snellisce nelle parti terminali.

Gru a rotazione bassa

Nelle gru a rotazione bassa in genere non è presente una vera e propria cuspide ma le sue funzioni statiche sono svolte da il/i tirante/i del braccio, collegati al carro di base e contrastati da uno o più puntoni.



TIRANTI

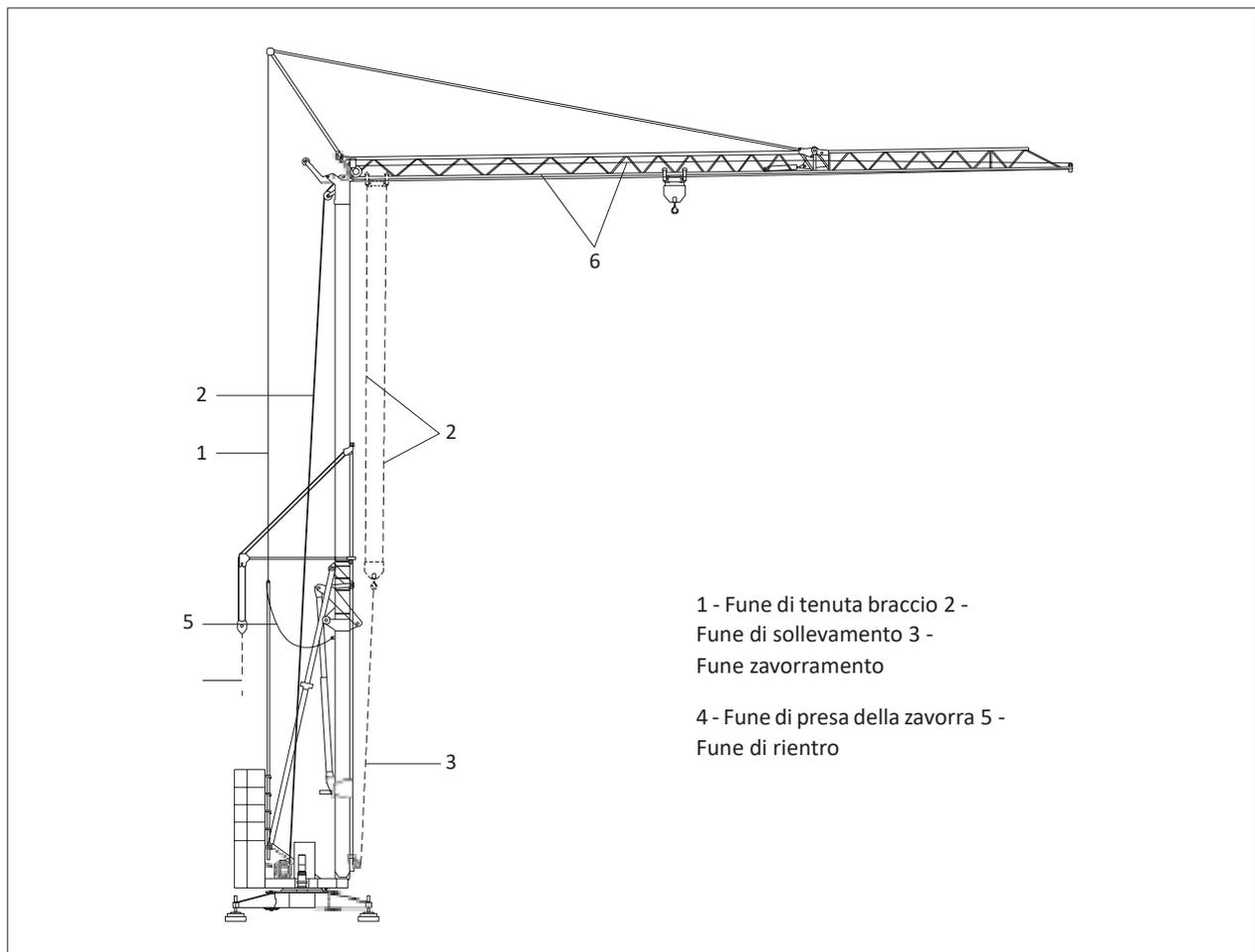
Sono solitamente costituiti da funi metalliche o da profilati metallici collegati tra loro; la loro funzione garantisce la stabilità e il bilanciamento dell'intero impianto.

La funzione svolta dai tiranti è quella di sostenere braccio e controbraccio trasmettendo gli sforzi alla torre attraverso la cuspide per le gru a rotazione alta e al carro di base per le gru a rotazione bassa.

FUNI

Le funi rappresentano un elemento molto importante della gru e la loro integrità è fondamentale per la sicurezza dei lavoratori durante le operazioni di trasporto e per la stabilità della gru stessa: per questo, devono essere montate, mantenute, controllate periodicamente e, quando necessario, sostituite.

Ai sensi dell'Allegato VI del D.Lgs. 81/2008 è obbligatorio il controllo delle funi e delle catene almeno trimestralmente, tranne nei casi in cui esistano specifiche indicazioni da parte del fabbricante che riducano tale periodo.



ARGANI

Gli argani sono gli organi meccanici che trasformano l'energia elettrica in meccanica e la trasmettono alle funi per i vari movimenti della gru.

Tamburo

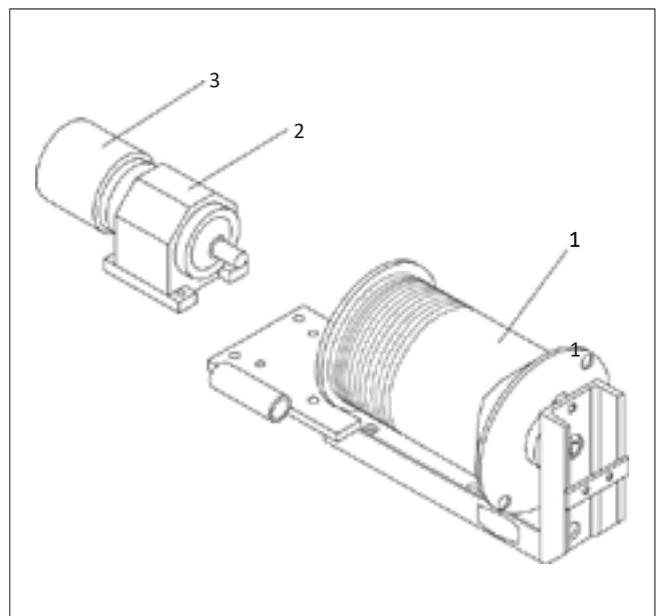
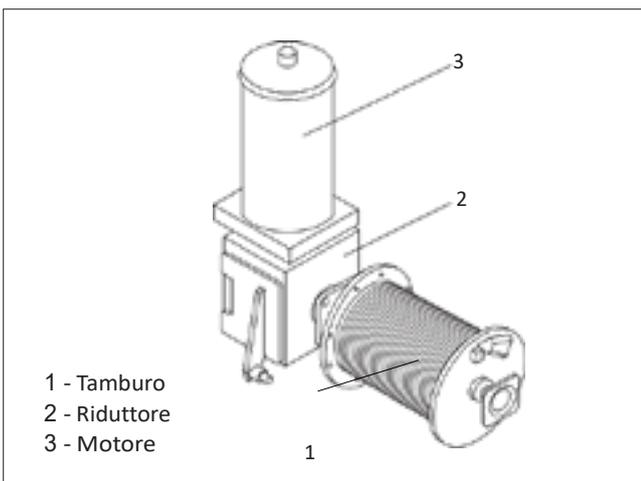
L'allegato I del D.Lgs. 17/2010 stabilisce che:

- i tamburi e le pulegge devono essere progettati e installati in modo che le funi o le catene di cui sono muniti possano avvolgersi senza lasciare lateralmente l'alloggiamento previsto;
- i diametri delle pulegge, dei tamburi e dei rulli devono essere compatibili con le dimensioni delle funi o delle catene di cui possono essere muniti.

Freni

Le gru devono essere dotate di sistemi di frenatura tali da impedire che, quando cessa l'azione dell'operatore e anche in caso di interruzione parziale o totale di energia, i carichi non possano spostarsi involontariamente o cadere improvvisamente in caduta libera. Nelle normali condizioni di esercizio, con motore innestato, non deve essere possibile abbassare il carico soltanto sotto il controllo di un freno a frizione.

Sulle gru i freni sono installati sul motore dell'argano di sollevamento, sul motore di rotazione, della distribuzione e della traslazione.



RALLA

È l'organo che attraverso la sua struttura di sostegno, il porta ralla, permette la rotazione del braccio e controfrecceia nelle gru a rotazione alta, oppure, la rotazione di parte del carro di base con zavorra e torre alla quale è collegato il braccio nelle gru a rotazione bassa.

CARRELLO

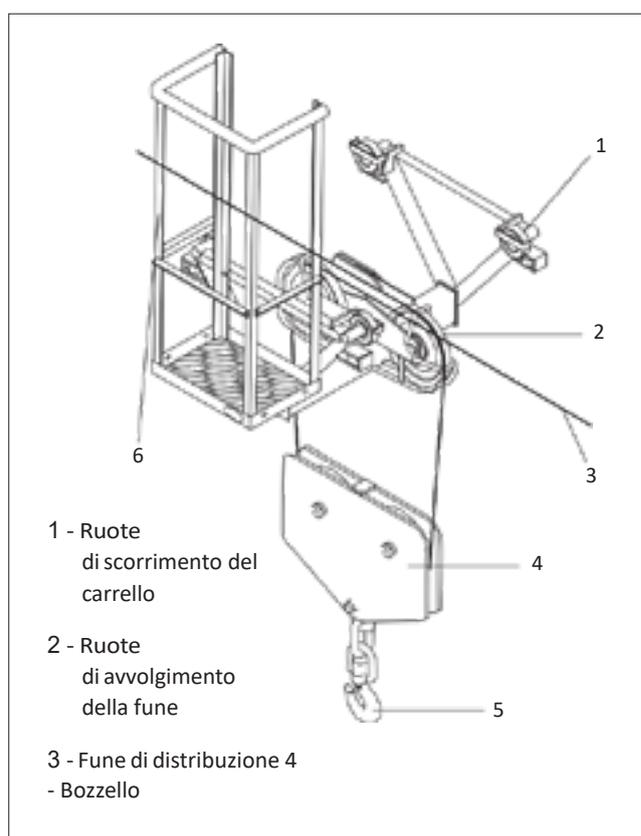
È una struttura metallica, dotata di ruote, che scorre lungo il braccio.

La corsa del carrellino avviene grazie alla trazione del gruppo di distribuzione per via dell'avvolgimento del cavo sul tamburo. I limitatori elettrici e i fermi di tipo meccanico permettono di eseguire in sicurezza l'operazione di distribuzione del carico

BOZZELLO

Il bozzello è il sistema che attraverso il suo gancio, al quale è possibile collegare gli accessori di sollevamento, permette la movimentazione dei carichi: è costituito da una o più pulegge su cui scorrono funi, da una serie di supporti metallici e da un gancio appositamente progettato per sopportare con adeguato margine di sicurezza i carichi previsti per la gru.

Esistono diversi tipi di bozzello per rispondere alle diverse esigenze di carico dell'impianto di sollevamento.



CONTROLLI E VERIFICHE

Fermo restando l'obbligo di installazione, utilizzo e manutenzione delle attrezzature in conformità alle istruzioni d'uso fornite dal fabbricante, il datore di lavoro deve provvedere affinché personale competente sottoponga la gru:

- a un controllo iniziale (dopo l'installazione e prima della messa in esercizio) e ad un controllo dopo ogni montaggio in un nuovo cantiere, al fine di assicurarne l'installazione corretta e il buon funzionamento;
e, qualora la macchina possa essere soggetta a influssi che possono provocare deterioramenti suscettibili di dare origine a situazioni pericolose,
- a interventi di controllo periodici, secondo frequenze stabilite in base alle indicazioni fornite dal costruttore o alle norme di buona tecnica;
- a interventi di controllo straordinari al fine di garantire il mantenimento di buone condizioni di sicurezza, ogni volta che intervengano eventi eccezionali che possano avere conseguenze pregiudizievoli per la sicurezza delle attrezzature di lavoro, quali riparazioni, trasformazioni, incidenti, fenomeni naturali o periodi prolungati di inattività.

I risultati dei controlli devono essere riportati per iscritto e almeno quelli relativi agli ultimi 3 anni, devono essere conservati e tenuti a disposizione degli organi di vigilanza; è necessario che oltre al registro di controllo, siano conservati anche altri eventuali documenti che attestino gli avvenuti controlli (ad esempio, verbali).

Il controllo iniziale e quello effettuato dopo ogni montaggio sono, in genere, eseguiti dal tecnico addetto al montaggio della ditta incaricata dello stesso che rilascia la cosiddetta "dichiarazione di corretto montaggio in conformità alle istruzioni d'uso": affinché tale documento possa rispondere alle previsioni del comma 9 dell'articolo 71 del D.Lgs. 81/2008 è necessario che dallo stesso si evincano i risultati dei controlli. Qualora l'addetto al montaggio non fornisca tale documento il datore di lavoro dovrà provvedere affinché una persona competente esegua tutti i controlli necessari.

La gru a torre è un apparecchio di sollevamento con portata superiore ai 200 kg pertanto, oltre che ai controlli citati nel precedente punto elenco, deve essere sottoposta anche a verifiche periodiche da parte di INAIL e ASL o ARPA o soggetti pubblici o privati abilitati, volte a valutarne l'effettivo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza, con la periodicità stabilita dall'allegato VII del D.Lgs. 81/2008. In base a tale allegato, la gru a torre impiegata nel settore delle costruzioni deve essere sottoposta a verifica periodica annuale.

Il Decreto Ministeriale sopra citato prevede inoltre che sia eseguita una indagine supplementare per le gru messe in servizio da più di 20 anni; tale indagine è finalizzata ad individuare eventuali difetti o anomalie che si siano prodotte durante l'uso della gru, a stabilire la vita residua della macchina, ossia il tempo in cui la macchina potrà operare in condizioni di sicurezza, e a indicare eventuali nuove portate nominali.

In base all'allegato VI del D.Lgs. 81/2008 le funi e catene della gru devono essere sottoposte a verifiche almeno trimestrali, salvo diversa indicazione del fabbricante, effettuate da personale

adeguatamente formato che riporta l'esito della verifica nel registro di controllo.

ATTIVITÀ DI INFORMAZIONE, FORMAZIONE E ADDESTRAMENTO

I lavoratori incaricati dell'uso della gru, in rapporto alla sicurezza e relativamente alle condizioni prevedibili d'impiego e alle situazioni anormali prevedibili devono:

- a. disporre di ogni necessaria informazione e istruzione;
- b. ricevere una formazione e un addestramento adeguati. I lavoratori incaricati, inoltre, devono:
- c. ricevere informazioni sui rischi a cui sono esposti durante l'uso della gru;
- d. ricevere informazioni sulle attrezzature presenti nell'ambiente immediatamente circostante e sui relativi cambiamenti.

L'attività di informazione, formazione e addestramento deve essere oltre che adeguata anche specifica, perché la gru rientra tra le attrezzature che richiedono conoscenze e responsabilità particolari tali da consentire l'utilizzo delle attrezzature in modo idoneo e sicuro anche in relazione ai rischi che possono essere causati ad altre persone.

La conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano con un accordo pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 12 marzo 2012 ha individuato, tra le altre, le attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori e le caratteristiche dei corsi di formazione per acquisire tale abilitazione.

La partecipazione ai corsi di abilitazione di cui sopra non esonera il datore di lavoro dall'erogare ai lavoratori incaricati quanto previsto ai precedenti punti a), b), c), e d). Infatti, tale attività formativa dovrà riguardare la particolare gru data in dotazione al lavoratore, le disposizioni di carattere aziendale e tutti gli aspetti connessi con l'ambiente in cui deve essere utilizzata: le istruzioni d'uso fornite dal fabbricante costituiscono l'elemento di base per la formazione del lavoratore incaricato all'uso della gru datagli in dotazione.

Nel caso in cui la gru data in dotazione al lavoratore abbia caratteristiche differenti da quelle esplicitamente considerate nell'allegato V del documento di cui sopra, il lavoratore incaricato comunque deve possedere una delle abilitazioni ivi previste.

I contenuti dei corsi per conseguire la specifica abilitazione all'uso riguardano le gru a rotazione in alto e le gru a rotazione in basso; sono stati previsti i seguenti moduli:

1. Modulo giuridico – 1 ora;
2. Modulo tecnico – 7 ore;
3. Modulo pratico – Gru a rotazione in basso – 4 ore;
4. Modulo pratico – Gru a rotazione in alto – 4 ore;
5. Modulo pratico ai fini dell'abilitazione alla conduzione sia di gru a rotazione in basso che di gru a rotazione in alto – 6 ore.

Il corso, in base alle esigenze del partecipante, potrà avere una durata di 12 ore (precedenti punti 1, 2 e 3 oppure 1, 2 e 4) o 14 ore (precedenti punti 1, 2 e 5) o 16 ore (precedenti punti 1, 2, 3 e 4).

L'accordo di cui sopra è entrato in vigore il 12/03/2013: a partire dal 12/03/2015 tutti i manovratori di gru, per poter operare devono essere in possesso dell'attestato di abilitazione, fatti salvi i

riconoscimenti della formazione pregressa.

L'abilitazione deve essere rinnovata entro 5 anni dalla data del rilascio dell'attestato con la partecipazione ad un corso di aggiornamento della durata minima di 4 ore di cui almeno 3 inerenti gli argomenti dei moduli pratici.

Le attività di manutenzione e/o riparazione di guasti e malfunzionamenti, di montaggio, smontaggio e preparazione della gru per il suo trasporto su strada, generalmente vengono affidate a personale appartenente a ditte specializzate in materia, a causa della complessità della struttura della macchina e del suo funzionamento; in ogni caso il personale incaricato deve essere qualificato in modo specifico per svolgere detti compiti anche in funzione del modello della gru.

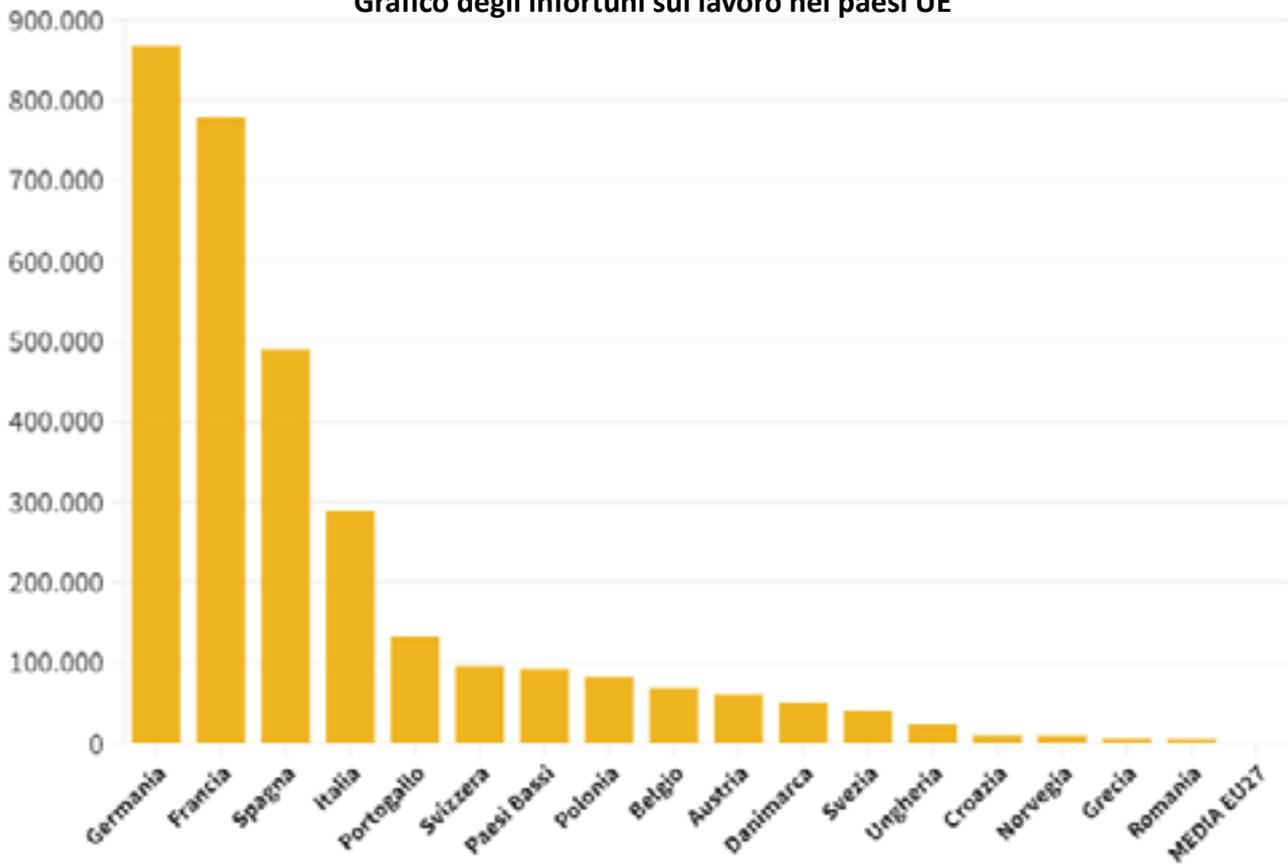
RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.Lgs. 81/2008 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.Lgs. 17/2010 Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.
- D.Lgs. 96/2005 Revisione della parte aeronautica del Codice della navigazione, a norma dell'art. 2 della Legge 9 novembre 2004, n. 265.
- D.Lgs. 259/2003 Codice delle comunicazioni elettroniche.
- DPR 459/1996 Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine.
- DPR 156/1973 Approvazione del testo unico delle disposizioni legislative in materia postale, di bancoposta e di telecomunicazioni.
- Decreto Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali 11 aprile 2011
- Disciplina delle modalità di effettuazione delle verifiche periodiche di cui all'All. VII del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, nonché i criteri per l'abilitazione dei soggetti di cui all'articolo 71, comma 13, del medesimo decreto legislativo.
- Accordo 22 febbraio 2012 - Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano
- Accordo ai sensi dell'art. 4 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano concernente l'individuazione delle attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori, nonché le modalità per il riconoscimento di tale abilitazione, i soggetti formatori, la durata, gli indirizzi ed i requisiti minimi di validità della formazione, in attuazione dell'art. 73, comma 5, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modifiche e integrazioni.
- Circolare Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali del 9 maggio 2012
- Procedure tecniche da seguire nel caso di sollevamento persone con attrezzature non previste a tal fine.
- Circolare Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali del 10 febbraio 2011

- Parere della Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro sul concetto di eccezionalità di cui al punto 3.1.4. dell'allegato VI al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.
 - Lettera Circolare Ministero del Lavoro 12 novembre 1984
 - Oggetto: Art. 169 del D.P.R. 27 Aprile 1955, n. 547. - Prot. n. 22856/PR-1.
 - Circolare Ministero del Lavoro n. 13/1982
 - Sicurezza nell'edilizia: sistemi e mezzi anticaduta, produzione e montaggio degli elementi prefabbricati e c.a.p., manutenzione delle gru a torre automontanti.
 - Linee Guida ISPESL e Ministero della Sanità
 - Adeguamento al D.gs.vo. 359/99 per il settore edilizio movimentazione dei carichi e sollevamento persone. (edizione 2001)
-
- UNI EN 14439:2009 Apparecchi di sollevamento – Sicurezza gru a torre.
 - UNI EN 13586 Apparecchi di sollevamento – Accessi.
 - UNI EN ISO 14122-4:2010 Sicurezza del macchinario - Mezzi di accesso permanenti al macchinario: scale fisse.
 - UNI ISO 7752-3:2011 Apparecchi di sollevamento - Disposizione e caratteristiche degli organi di comando: gru a torre.
 - UNI ISO 9927-1:1997 Apparecchi di sollevamento: ispezioni.
 - CEI 64/17 (2010-02) Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri.
 - NORMA CNR 10021/85 Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione.

1.10 Report degli infortuni

Grafico degli infortuni sul lavoro nei paesi UE



EUROSTAT

ITALIA IN DATI
I dati che aiutano a capire l'Italia

* Ogni anno circa 630'000 denunce per infortunio, tra il 2016 e il 2020. L'85% degli infortuni avviene nei luoghi di lavoro.

* Le denunce di infortunio si registrano in particolar modo nell'industria metalmeccanica, nell'edilizia e nel settore dei trasporti e magazzini.

Microscenario di riferimento

2

LA MOVIMENTAZIONE DEI CARICHI



2.1 Keywords

AMBIENTE DI LAVORO: insieme delle caratteristiche fisiche dello spazio lavorativo in cui verrà utilizzato un prodotto. Le caratteristiche che vengono in genere analizzate sono: le condizioni atmosferiche o microclimatiche, le condizioni acustiche e quelle luminose, la collocazione delle attrezzature e le condizioni che possono avere influenza sulla salute e sulla sicurezza dell'utente.

ATTREZZATURA DI LAVORO: qualsiasi macchina, apparecchio, utensile o impianto usato durante il lavoro (30/11/89 Dir. n. 89/655CEE - art. 2).

DANNO: menomazione all'integrità psico-fisica della persona, non solo in relazione dell'attività lavorativa svolta o che potrebbe svolgere a fini economici, ma anche in relazione alla vita sociale, culturale ed estetica.

ESPOSIZIONE: contatto tra un agente chimico o fisico e il lavoratore; ad es. quando questi lavora in un ambiente rumoroso si dice che è esposto a rumore. Si parla di esposizione acuta quando avviene in un tempo breve o con alte dosi e gli effetti nocivi si dicono effetti acuti. Si parla di esposizione cronica, invece, quando il contatto avviene durante un tempo lungo e gli effetti sono cronici. Vedi anche livello di esposizione a rumore.

INFORTUNIO SUL LAVORO: danno alla salute del lavoratore che avviene per incidente durante e per causa del lavoro. Per ogni infortunio, che comporta l'assenza dal lavoro per più di tre giorni, va presentata da parte del datore di lavoro una "denuncia" all'INAIL. Tutti gli infortuni, anche quelli che comportano assenze di un solo giorno, devono essere tenuti in un registro presso l'azienda.

INTERVENTI PROCEDURALI DI PREVENZIONE: interventi di prevenzione dai rischi che agiscono sui modi di lavorare.

INTERVENTI TECNICI DI PREVENZIONE: interventi che possono essere fatti sulle strutture di un ambiente di lavoro (es. creazione di muri separatori tra le diverse lavorazioni, trattamento antiscivolo di pavimenti, ecc.) o sulle macchine e sugli utensili, sulle sostanze utilizzate. In questi casi la prevenzione viene fatta "alla fonte", cioè sulla sorgente di rischio.

LAVORATORE: la persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione di un datore di lavoro pubblico o privato, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione.

LUOGO DI LAVORO: luogo destinato a contenere posti di lavoro ubicati all'interno degli edifici di impresa e/o dello stabilimento, compresi ogni altro luogo nell'area dell'impresa e/o dello stabilimento accessibile al lavoratore nell'ambito del suo lavoro.

PERICOLO: proprietà o qualità intrinseca di una determinata entità (per esempio, materiali o attrezzature di lavoro, metodi e pratiche di lavoro, ecc. avente il potenziale di causare danni.

PREVENZIONE: complesso delle disposizioni o misure adottate o previste in tutte le fasi dell'attività lavorativa per evitare o diminuire RISCHI professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'integrità dell'ambiente esterno.

PROTEZIONE: serie di interventi che si opera una volta che il rischio si sia concretamente manifestato ed atti ad evitare e ridurre il rischio stesso.

RISCHIO: probabilità che sia raggiunto il livello di potenziale danno nelle condizioni di impiego e/o di esposizione, nonché le dimensioni possibili del danno stesso.

RISCHI PSICOSOCIALI: si intendono gli effetti negativi, in termini psicologici, fisici e sociali derivanti da una progettazione, un'organizzazione e una gestione inadeguata sul lavoro.

SICUREZZA: insieme di caratteristiche e comportamenti tali da eliminare, o ridurre al minimo, eventuali situazioni di pericolo per persone e cose nell'uso di un prodotto o di un sistema.

ZONA PERICOLOSA: qualsiasi zona all'interno o in prossimità di un'attrezzatura di lavoro nella quale la presenza di un lavoratore costituisce un rischio per la salute o la sicurezza dello stesso.

2.2 Esposizione a fattori di rischio nella movimentazione di carichi

Nel 2020 oltre 16 milioni di occupati (il 70,2% del totale) percepiscono la presenza di almeno un fattore di rischio per la salute, fisica o psicologica, sul luogo di lavoro.

FIGURA 6. OCCUPATI CHE SI SENTONO ESPOSTI A FATTORI DI RISCHIO PER LA SALUTE FISICA, PER TIPOLOGIA DI FATTORE E GENERE. Anno 2020, valori percentuali



Fonte: Istat, Rilevazione sulle forze di lavoro, modulo ad hoc 2020

Il sollevamento dei carichi pesanti (17,5%) e il rischio di scivolare, cadere o inciampare (17,0%) sono altri due fattori citati soprattutto da operai (rispettivamente 28,3% e 25,1%) e lavoratori in proprio (27,0% e 21,8%), dagli occupati delle Costruzioni (rispettivamente 40,9% e 38,6%) e dell'Agricoltura (38,6% e 37,7%).

Gli uomini più spesso delle donne dichiarano di essere esposti a rischi per la salute fisica (65,2% contro 58,1%), senza differenze di età, mentre le donne più frequentemente lamentano rischi per la salute psicologica (40,9% contro 37,7%), ancora una volta senza differenze in termini di età.

I fattori di rischio per la salute fisica rilevati nel 2020 sono distinti in 11 categorie: esposizione a polveri, gas, esalazioni, fumi, sostanze chimiche; esposizione a rumori eccessivi o vibrazioni; assunzione di posizioni dolorose o stancanti; movimenti ripetitivi della mano o del braccio; sollevamento o movimentazione di carichi pesanti; sforzo della vista; uso di macchinari o attrezzi manuali; uso di veicoli; rischio di scivolare, inciampare, cadere; e la categoria residuale "altro fattore di rischio".

2.3 Normative di riferimento

UNI EN 13155:2009

Norma generale sugli apparecchi di sollevamento e sulla sicurezza delle attrezzature amovibili di presa del carico

La norma specifica i requisiti di sicurezza per le attrezzature amovibili di presa del carico per gli apparecchi di sollevamento.

Principali rischi legati agli apparecchi di sollevamento

Il pericolo principale di sicurezza associato al loro uso è connesso alla caduta del carico a causa di guasti con conseguente perdita di potenza oppure errata immobilizzazione del materiale da spostare.

Tra i fattori che possono compromettere la stabilità del carico:

- errata applicazione o cattivo funzionamento/stato di manutenzione;
- mancanza di tensione di rete o guasto al sistema di alimentazione;
- campi magnetici che interferiscono con altri dispositivi elettronici di sicurezza.

2.4 La movimentazione dei carichi

AMBITI DI APPLICAZIONE

- STAMPAGGIO DI MATERIALI FERROSI;
- CARICO / SCARICO DI MACCHINE UTENSILI;
- MOVIMENTAZIONE DI LASTRE METALLICHE AD ELEVATO SPESSORE;
- LAVORAZIONE DI CONDOTTE CILINDRICHE, VALVOLE, ALBERI, STATORI ELETTRICI, ECC.



2.5 Tipologie di apparati

Apparecchi di sollevamento [UNI ISO 4306-1:2010]

Sono apparecchiature destinate a sollevare e a movimentare nello spazio, carichi sospesi mediante ganci o altri organi di presa e si dividono in:

GRU A TORRE

GRU A CAVALLETTO

BUMPERS

GRU SU AUTOCARRO

AUTOGRU

CARRELLO ELEVATORE

GRU A PONTE SCORREVOLE

GRU A STRUTTURA LIMITATA

GRU A PORTALE

ARGANI E PALANCI

Accessori di sollevamento secondo la direttiva macchine 2006/42/CE

Attrezzatura non collegata stabilmente all'apparecchio di sollevamento che consente la presa del carico: disposto tra la macchina e il carico, oppure sul carico stesso oppure destinati a divenire parte integrante del carico. Si dividono in:

Attrezzature di sollevamento

CATENE

FUNI METALLICHE

FASCE / BRACHE

GRILLI

TENDITORI

Componenti di sollevamento

BILANCINI

GANCI A 'C'

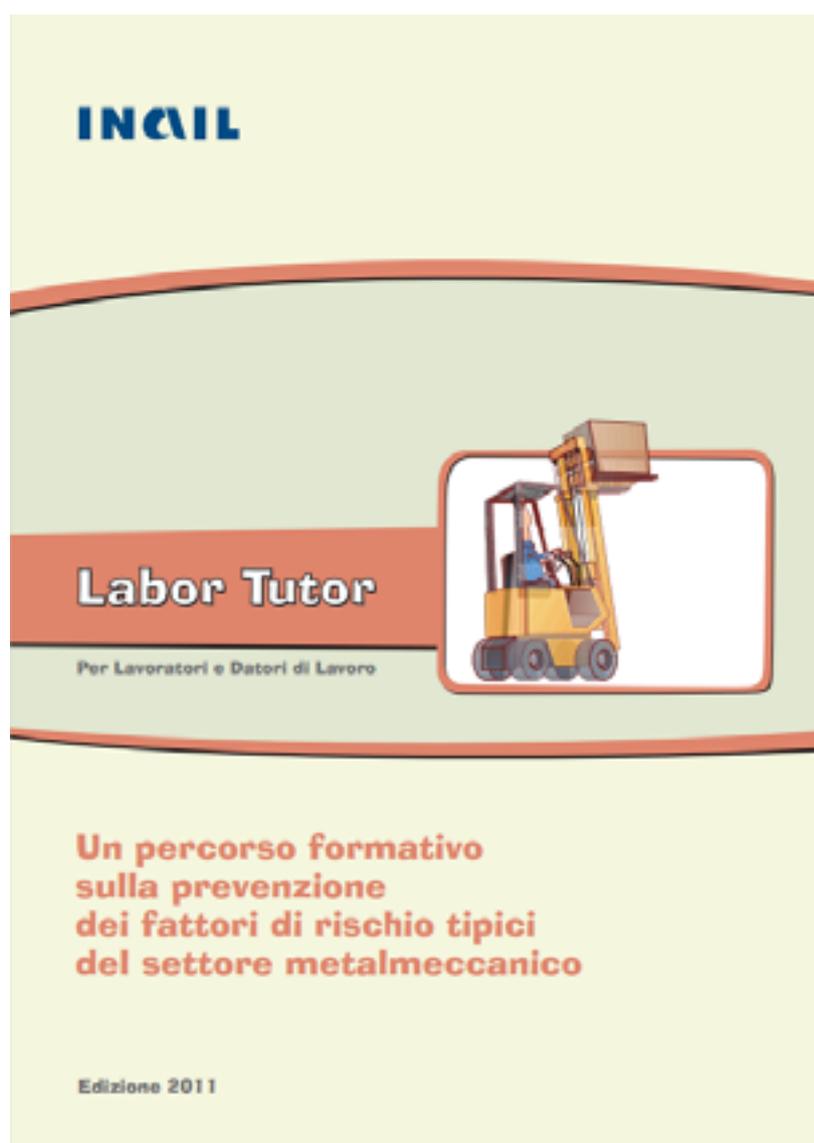
PINZE

VENTOSE

MAGNETI

2.6 Labor Tutor - INAIL (2011)

Opuscolo formativo, destinato a Lavoratori e Datori di Lavoro del settore metalmeccanico



Sono illustrati i fattori di rischio che si possono riscontrare nell'industria della lavorazione e trasformazione dei metalli, spaziando dai più frequenti (es. infortuni dovuti a macchine e attrezzature di lavoro, movimentazione manuale dei carichi, incendi, rumore, vibrazioni) a quelli meno probabili, ma comunque potenzialmente presenti.

Per ciascun fattore di rischio, vengono descritte le misure di prevenzione e protezione (DPI compresi).

2.7 Sezioni di riferimento riportate nel manuale

Di seguito sono descritti i principali rischi e le relative principali misure di sicurezza da adottare per prevenirli o per la protezione dei soggetti che utilizzano la gru a torre e dei lavoratori che svolgono la loro attività all'interno dell'area di lavoro in cui è installata la macchina.

Ribaltamento e caduta di materiale dall'alto

Il ribaltamento della gru può essere determinato da una serie di cause quali:

- cedimento del piano di appoggio, ad esempio per la presenza di sottoservizi;
- non corretta installazione, ad esempio per la cattiva distribuzione del carico sul terreno o per l'errata installazione del binario;
- errori di manovra durante il sollevamento di carichi o per esecuzione di manovre vietate;
- collasso della gru per cedimento strutturale, ad esempio dovuto a carente manutenzione o per il carente funzionamento dei limitatori di carico e di momento;
- urti del braccio contro ostacoli fissi o mobili, ad esempio dovuti alla presenza di edifici o di altre gru interferenti;
- vento di intensità elevata.

Per prevenire tale rischio occorre eseguire un'accurata indagine preliminare per la scelta del luogo d'installazione della gru, rispettare scrupolosamente le istruzioni del fabbricante e il relativo registro di controllo, eseguire le verifiche previste dalla norma ed evitare o limitare il rischio di interferenza con altre gru operanti nella stessa zona. Per quanto riguarda il vento è necessario sospendere l'attività quando è raggiunta la velocità stabilita dal fabbricante o, in mancanza di questa, dalle velocità stabilite dalla norma: il braccio della gru deve essere lasciato libero di ruotare nella direzione del vento disattivando il freno di rotazione. Nel caso di gru traslanti su binario, è necessario attivare le tenaglie di ammaraggio e se necessario altri eventuali dispositivi, previsti dal fabbricante.

Il rischio di caduta di materiale dall'alto è dovuto alla movimentazione di carichi non correttamente imbracati, ad errate manovre che comportano l'urto del carico contro strutture fisse o alla rottura delle funi. L'uso corretto degli accessori di sollevamento, compresi i contenitori, associati ad un corretto uso dei segnali gestuali, o ad altri efficaci mezzi, per la comunicazione tra il manovratore e l'aiuto manovratore portano a limitare tale rischio; la verifica periodica delle funi, poi, completa l'attività di prevenzione del rischio.

Urti, colpi, impatti, compressione, schiacciamento

È un tipico rischio che, nella generalità dei casi, riguarda gli addetti al montaggio e allo smontaggio, durante la movimentazione degli elementi a terra e in quota.

Per prevenire i rischi dovuti alla mobilità delle gru traslanti su binario, occorre garantire uno spazio sufficiente, commisurabile in almeno 70 cm tra la sagoma d'ingombro della gru e le strutture fisse adiacenti quali edifici, depositi di materiale o impalcature, e avere piena visibilità delle vie di corsa dal posto di guida.

Qualora il franco di sicurezza e/o la visibilità dal posto di guida non possano essere garantiti è necessario rendere inaccessibile l'area a rischio: tale necessità può essere soddisfatta segregando l'area relativa alla via di corsa della gru con una barriera rigida inamovibile. Sugli eventuali punti di accesso alle zone pericolose devono essere apposte segnalazioni di pericolo e il richiamo ad accedere solo se autorizzati.

In ogni caso, per cautela, è opportuna la segregazione delle vie di corsa.

Cesoimento, stritolamento

Sono esposti a questo rischio i lavoratori a terra in prossimità delle gru a rotazione bassa per via della rotazione della parte girevole su quella fissa, che comprende gli appoggi e la ralla.

Il rischio deve essere eliminato provvedendo alla efficace segregazione della parte bassa della gru al fine di rendere inaccessibile l'area pericolosa; la segregazione, ad esempio, può essere costituita da una barriera rigida inamovibile, in legno o metallo, dimensionata come un normale parapetto.

Il rischio di stritolamento è dovuto alla presenza di corone dentate non protette; vi sono esposti soprattutto i lavoratori addetti al montaggio, smontaggio e manutenzione della gru.

Caduta dall'alto

È un rischio relativo, in particolar modo, agli addetti al montaggio, smontaggio e/o manutenzione della gru; queste attività si sviluppano in quota e devono essere condotte utilizzando, quando possibile, le passerelle di servizio dotate di parapetti e/o la piattaforma del carrello. Quando è necessario raggiungere punti in cui non vi sono tali apprestamenti, gli addetti di cui sopra, oltre ai DPI in dotazione come equipaggiamento ordinario, devono utilizzare i DPI anticaduta: gli elementi che compongono il DPI anticaduta devono essere selezionati tra i più adeguati per le operazioni da svolgere, come ad esempio le imbracature dotate di doppio cordino.

Gli utilizzatori dei DPI anticaduta dovranno ricevere l'informazione, la formazione e l'addestramento necessari ad acquisire le nozioni per il loro corretto impiego. Essi dovranno inoltre conoscere e saper correttamente attuare le misure di salvataggio per il recupero dei lavoratori eventualmente sospesi nel vuoto.

Il manovratore della gru che opera all'interno della cabina in quota è esposto ad un rischio residuo di caduta dall'alto durante la salita o la discesa per mezzo delle scale fisse poste all'interno della gru. L'efficienza delle gabbie di protezione o dei DPI anticaduta e del dispositivo verticale su cui questo si collega, la formazione adeguata, l'idoneità e il buono stato di salute del manovratore rendono accettabile il rischio.

Il manovratore che usa i comandi a distanza deve operare da postazioni solide e protette da parapetti. Anche gli addetti all'aggancio o allo sgancio dei carichi devono operare all'interno di zone sicure.

Elettrico

Il rischio elettrico è dovuto principalmente alla possibilità di un eccessivo avvicinamento o di contatto della gru o delle sue parti mobili con linee elettriche aeree non protette. Una corretta installazione della gru nel rispetto delle indicazioni della norma permette di evitare questo rischio.

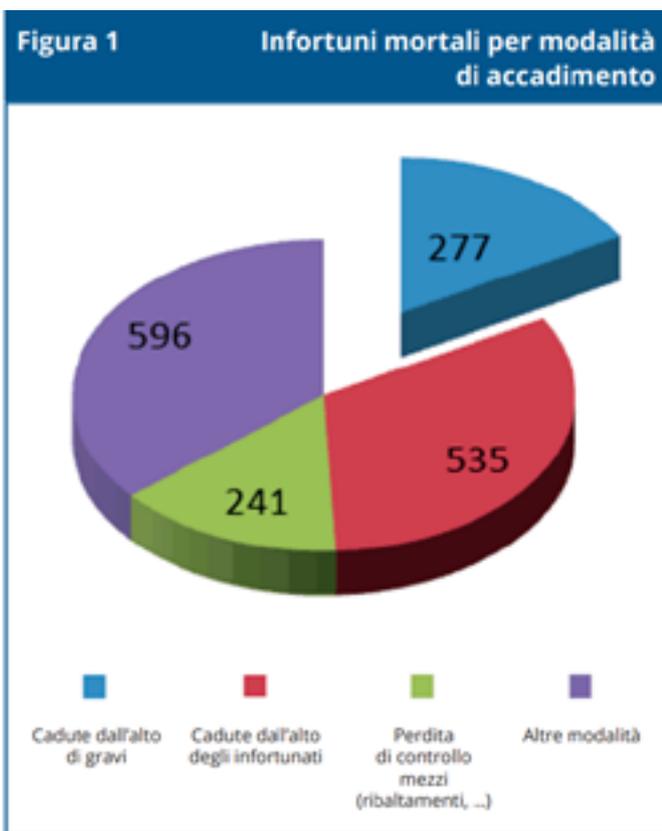
Il rischio elettrico è anche determinato da una cattiva o errata messa a terra della gru, e dell'eventuale binario di traslazione e/o da un cattivo o errato impianto di messa a terra contro le scariche atmosferiche. L'esecuzione degli impianti citati deve essere affidata ad un installatore in grado di rilasciare la dichiarazione di conformità dell'impianto.

Agenti chimici

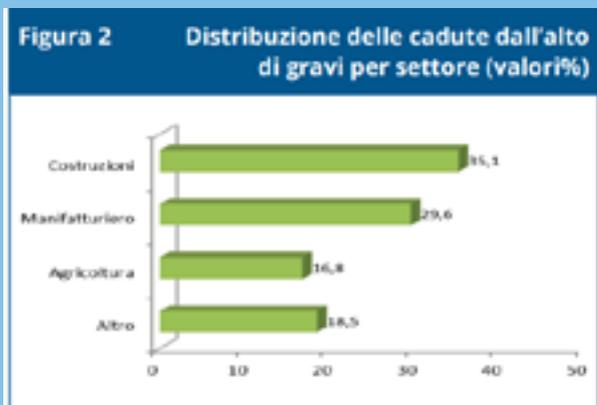
Le operazioni di montaggio, smontaggio e manutenzione della gru determinano il rischio di contatto con gli agenti chimici quali gli oli minerali e il grasso. Gli addetti a queste attività devono fare uso di idonei DPI.

2.8 Infortuni: Le modalità di accadimento secondo inforMo

InforMo, il sistema di sorveglianza sugli infortuni mortali e gravi sul lavoro evidenzia che i casi di cadute dall'alto di gravi presenti nell'archivio del Sistema di sorveglianza nazionale degli Infortuni mortali, in riferimento al quinquennio 2008 - 2012, rappresentano il 16,8% dei complessivi 1649 eventi mortali registrati nello stesso periodo. FIGURA 1



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Il settore manifatturiero occupa il 30% rispetto al totale per le cadute dall'alto di gravi

2.9 Report dettagliato degli incidenti



La banca dati inforMo dell'INAIL è uno strumento avanzato dedicato alla gestione e alla comunicazione degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali. Progettata per semplificare il processo di raccolta e analisi dei dati relativi alla sicurezza sul lavoro, inforMo consente ai datori di lavoro di inviare segnalazioni e denunce di infortunio in modo rapido ed efficiente. Una delle funzionalità più apprezzate della piattaforma è la possibilità di generare e scaricare report dettagliati, che offrono una panoramica completa degli incidenti avvenuti dall'anno 2001. Questi report includono informazioni cruciali come le circostanze degli infortuni, le cause, e le statistiche settoriali, rivelandosi strumenti essenziali per l'analisi e la prevenzione.

Sono stati recuperati una serie di report specifici sugli infortuni legati all'utilizzo delle gru edili, evidenziando la frequenza e la gravità di questi incidenti nel settore delle costruzioni. I dati contenuti in questi report sono fondamentali per identificare le aree critiche e sviluppare strategie di intervento mirate per migliorare la sicurezza sul lavoro nell'utilizzo delle apparecchiature di sollevamento. L'accesso a queste informazioni può permettere ai responsabili della sicurezza di implementare misure preventive più efficaci, nonché ai progettisti in modo da contribuire a ridurre il numero di infortuni e a garantire un ambiente di lavoro più sicuro.

Caso 1

DETTAGLI INFORTUNIO

Codice caso: 17208

L'INFORTUNIO

Anno di accadimento: 2021
Ora ordinale dell'orario di lavoro: 1
Infortunio collettivo: No

Lavoratore 1

Sede della lesione: Sedi multiple
Natura della lesione: Schiacciamento
Se non è infortunio mortale, giorni di assenza dal lavoro:

L'INFORTUNATO

Genere: M
Nazionalità: ITALIA
Tipo di rapporto di lavoro: Con rapporto di lavoro non tipico
Mansione: Pontatori e ponteggiatori; Armatori di gallerie, addetti all'armamento ferroviario ed assimilati; Altri artigiani ed operai addetti all'edilizia
Anzianità della mansione: oltre 3 anni

L'AZIENDA (UNITA' LOCALE DI APPARTENENZA)

(per i lavoratori "interinali" il riferimento è all'azienda presso cui operano)

Numero di addetti: 28
Tipo di attività prevalente dell'azienda: Noleggio di macchine e attrezzature per la costruzione o la demolizione, con manovratore

Tipo di luogo in cui è avvenuto l'infortunio: Cantiere, fabbricato in costruzione
Tipo di attività che stava svolgendo l'infortunato al momento dell'infortunio: lavorativa propria
Parte dell'ambiente con cui è entrata in contatto la zona del corpo che ha subito la: Materiali solidi
Tipo di incidente: Infortunio con Variazione di energia
Incidente: Caduta dall'alto di gravi
Agente materiale dell'incidente: Macchine di sollevamento, trasporto

Descrizione della dinamica e dei relativi fattori

All'interno del cantiere edile il lavoratore transitava dall'edificio A all'edificio B muovendosi all'interno dell'area di manovra della gru a torre e veniva improvvisamente investito dal carico di materiale edile (tubi innocenti) movimentato dalla gru stesso. Da quanto emerso dalle indagini effettuate, si è rilevato che la caduta del materiale è stata causata dalla rottura meccanica del sistema di fissaggio della fune di sollevamento. La movimentazione del carico da parte del gruista nell'area di transito percorsa dall'infortunato è avvenuta senza la completa visibilità dell'area. Le vie di transito pedonale erano corrispondenti al raggio di manovra della gru a torre di cantiere.

FATTORE	
Tipo fattore:	Utensili, macchine, impianti
Descrizione:	Gru a torre. Rottura del sistema di fissaggio della fune di sollevamento.
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	Mezzi di sollevamento e trasporto - Carroponte, gru, paranchi
Problema di sicurezza:	Funzionamento - Rottura del sistema di fissaggio della fune di sollevamento per manutenzione inefficace
Confronto con standard:	Legge - 81/2008
Valutazione dei rischi:	Fattore sufficientemente valutato
FATTORE	
Tipo fattore:	Attività di terzi
Descrizione:	Movimentazione del carico da parte del gruista nell'area di transito percorsa dall'infortunato senza la completa visibilità dell'area.
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso errato di attrezzatura
Confronto con standard:	Legge - 81/2008
Valutazione dei rischi:	Fattore insufficientemente valutato
FATTORE	
Tipo fattore:	Ambiente
Descrizione:	Vie di transito pedonale corrispondenti al raggio di manovra della gru a torre di cantiere.
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	Aperto
Problema di sicurezza:	Segnaletica - Assente
Confronto con standard:	Legge - 81/2008
Valutazione dei rischi:	Fattore non valutato
FATTORE	
Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	L'operatore transitava al di sotto dell'area di manovra della gru a torre. Tale area era stata identificata come area per lo stoccaggio della merce e l'operatore stava andando a recuperare il degli elementi di ponteggio.
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Altro errore di procedura
Confronto con standard:	Legge - 81/2008
Valutazione dei rischi:	Fattore insufficientemente valutato

Caso 2

DETTAGLI INFORTUNIO

Codice caso:	17791
---------------------	-------

L'INFORTUNIO

Anno di accadimento:	2021
Ora ordinale dell'orario di lavoro:	2
Infortunio collettivo:	No

Lavoratore 1

Sede della lesione:	Sedi multiple
Natura della lesione:	Schiacciamento
Se non è infortunio mortale, giorni di assenza dal lavoro:	

L'INFORTUNATO

Genere:	M
Nazionalità:	ITALIA
Tipo di rapporto di lavoro:	Dipendente a tempo indeterminato
Mansione:	
Anzianità della mansione:	>6-12 mesi

L'AZIENDA (UNITA' LOCALE DI APPARTENENZA)

(per i lavoratori "interinali" il riferimento è all'azienda presso cui operano)

Numero di addetti:	3
Tipo di attività prevalente dell'azienda:	Posa in opera di coperture e costruzione di ossature di tetti di edifici

Tipo di luogo in cui è avvenuto l'infortunio:	Altro cantiere di costruzione, cava, miniera a cielo aperto
Tipo di attività che stava svolgendo l'infortunato al momento dell'infortunio:	lavorativa propria
Parte dell'ambiente con cui è entrata in contatto la zona del corpo che ha subito la:	Terreno
Tipo di incidente:	Infortunio con Variazione di energia
Incidente:	Caduta dall'alto di gravi
Agente materiale dell'incidente:	Macchine di sollevamento, trasporto

Descrizione della dinamica e dei relativi fattori

Durante le operazioni di scarico di pannelli di cemento armato, nell'agganciare uno di questi pannelli, l'infortunato veniva investito dalla caduta di un pannello più grande appoggiato su un cavalletto metallico sull'escavatore, che ne determinava dapprima la caduta del lavoratore al suolo e poi lo schiacciamento contro il terreno. Si è rilevato che il gruista prima di effettuare la manovra, non ha controllato che non ci fosse personale nel raggio di azione dell'attrezzatura di sollevamento. Inoltre, il gruista pur non avendo utilizzato la gruetta dell'autocarro, non abbassava gli stabilizzatori dello stesso e in questo modo, sollevando uno dei pannelli caricati, favoriva lo sbilanciamento del carico addosso all'infortunato il quale, subito dopo aver agganciato il pannello, non si era allontanato dal raggio di azione del braccio del mezzo di sollevamento.

FATTORE	
Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	l'infortunato, subito dopo aver agganciato il pannello, non si è allontanato dal raggio di azione del braccio del mezzo di sollevamento
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Altro errore di procedura - Azione estemporanea
Confronto con standard:	Legge - 81/08 - 37 - 1
Valutazione dei rischi:	Fattore insufficientemente valutato
FATTORE	
Tipo fattore:	Attività di terzi
Descrizione:	il gruista prima di effettuare la manovra, non ha controllato che non ci fosse personale nel raggio di azione dell'attrezzatura di sollevamento
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso errato di attrezzatura - Azione estemporanea
Confronto con standard:	Legge - 81/08 - 37 - 1
Valutazione dei rischi:	Fattore insufficientemente valutato
FATTORE	
Tipo fattore:	Attività di terzi
Descrizione:	Il gruista pur non avendo utilizzato la gruetta dell'autocarro, non abbassava gli stabilizzatori dello stesso e in questo modo, sollevando uno dei pannelli carichi, favoriva lo sbilanciamento del carico
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso errato di attrezzatura - Azione estemporanea
Confronto con standard:	Legge - 81/08 - 37 - 1
Valutazione dei rischi:	Fattore insufficientemente valutato

Caso 3

DETTAGLI INFORTUNIO

Codice caso: 3101

L'INFORTUNIO

Anno di accadimento: 2010
Ora ordinale dell'orario di lavoro: 3
Infortunio collettivo: No

Lavoratore 1

Sede della lesione: Torace
Natura della lesione: Schiacciamento
Se non è infortunio mortale, giorni di assenza dal lavoro:

L'INFORTUNATO

Genere: M
Nazionalità: ITALIA
Tipo di rapporto di lavoro: Autonomo/Titolare senza dipendenti
Mansione: Carpenteri e falegnami nell'edilizia (esclusi i parchettisti)
Anzianità della mansione: oltre 3 anni

L'AZIENDA (UNITA' LOCALE DI APPARTENENZA)

(per i lavoratori "interinali" il riferimento è all'azienda presso cui operano)

Numero di addetti: 1
Tipo di attività prevalente dell'azienda: Lavori generali di costruzione di edifici e lavori di ingegneria civile

Tipo di luogo in cui è avvenuto l'infortunio: Cantiere, fabbricato in costruzione
Tipo di attività che stava svolgendo l'infortunato al momento dell'infortunio: lavorativa propria
Parte dell'ambiente con cui è entrata in contatto la zona del corpo che ha subito la: Materiali solidi
Tipo di incidente: Infortunio con Variazione di energia
Incidente: Caduta dall'alto di gravi
Agente materiale dell'incidente: Macchine di sollevamento, trasporto

Descrizione della dinamica e dei relativi fattori

L'infortunato lavorava presso il cantiere edile come artigiano autonomo con contratto di subappalto con la ditta affidataria, che gli ha messo a disposizione alcune attrezzature tra cui una gru a torre. Erano terminati i lavori di realizzazione del piano seminterrato ad eccezione del solaio. Il primo giorno di lavoro dopo la pausa invernale, l'infortunato era impegnato in operazioni di riordino dei materiali: in particolare doveva sollevare 23 pannelli di legno truciolare aventi dimensioni di circa 250 x 125 x 1,5 cm, accatastati al piano seminterrato, per posizionarli al piano strada nell'apposita zona di deposito materiali. L'artigiano ha infilato le punte della forca della gru sotto la catasta dei pannelli e ha iniziato le operazioni di sollevamento con la gru rimanendo in prossimità del carico. Improvvisamente i pannelli, che non erano vincolati, sono scivolati dalla forca e caduti a terra da un'altezza di circa 2 metri, colpendo l'artigiano al torace, provocandogli lesioni tali da causarne il decesso. Il libretto di istruzioni permetteva l'uso delle forche per sollevare carichi sino a 1,5 metri.

Incidente: Caduta di materiali

D-AI: utilizza le forche della gru per sollevare una pila di pannelli senza vincolarli fra loro e alle forche

M-AI: opera nella zona d'azione della gru stando sotto il carico

FATTORE

Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	utilizza le forche della gru per sollevare una pila di pannelli senza vincolarli fra loro e alle forche
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso errato di attrezzatura - Pratica abituale
Confronto con standard:	Legge - 81/08 - 71 - 4
Valutazione dei rischi:	Fattore non valutato

FATTORE

Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	opera nella zona d'azione della gru stando sotto il carico
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Altro errore di procedura - Pratica abituale
Confronto con standard:	Legge - 81/08 - 71 - 3
Valutazione dei rischi:	Fattore insufficientemente valutato

Caso 4

DETTAGLI INFORTUNIO

Codice caso: 2351

L'INFORTUNIO

Anno di accadimento: 2009
 Ora ordinale dell'orario di lavoro: 1
 Infortunio collettivo: No

Lavoratore 1

Sede della lesione: Colonna vertebrale
 Natura della lesione: Frattura
 Se non è infortunio mortale, giorni di assenza dal lavoro: 300

L'INFORTUNATO

Genere: M
 Nazionalità: ROMANIA
 Tipo di rapporto di lavoro: Dipendente a tempo indeterminato
 Mansione: Muratori
 Anzianità della mansione: >1-3 anni

L'AZIENDA (UNITA' LOCALE DI APPARTENENZA)

(per i lavoratori "interinali" il riferimento è all'azienda presso cui operano)

Numero di addetti: 5
 Tipo di attività prevalente dell'azienda: Lavori generali di costruzione di edifici e lavori di ingegneria civile

Tipo di luogo in cui è avvenuto l'infortunio: Cantiere, fabbricato in costruzione

Tipo di attività che stava svolgendo l'infortunato al momento dell'infortunio: lavorativa propria

Parte dell'ambiente con cui è entrata in contatto la zona del corpo che ha subito la: Altre attrezzature

Tipo di incidente: Infortunio con Variazione di energia

Incidente: Caduta dall'alto di gravi

Agente materiale dell'incidente: Altre attrezzature

Descrizione della dinamica e dei relativi fattori

Il giorno dell'evento, il sig. XXX era entrato a lavoro alle ore 7.30. Quella mattina, in cantiere, come già da alcuni giorni avveniva, dovevano essere realizzate delle pendenze sulle coperture del fabbricato denominato UM13 inferiore. Al fine di realizzare dette pendenze, venivano effettuati degli impasti di cemento utilizzando la betoniera a banchiere collocata nella postazione di lavoro fissa, protetta da impalcato di protezione, di fronte alle baracche ad uso ufficio. Gli operai della ditta AAA sapevano quindi già ad inizio turno il lavoro da svolgere, senza dover attendere indicazioni e/o direttive da parte dei loro diretti superiori. Il sig. XXX si reca subito alla betoniera per preparare l'impasto e, una volta pronto, lo versa all'interno di un cassone (detto anche benna) metallico autoscaricante che era stato collocato sotto la bocca della betoniera. Il sig. XXX ha agganciato il sottogancio (o braca) al sistema di attacco del cassone in maniera non corretta e quindi ha dato il comando verbale al collega sig. YYY, che manovrava la gru a torre, posto ad una distanza da lui - lato baracche ufficio - di circa 10 metri, di sollevare il cassone affinché lo trasportasse in copertura. Mentre il cassone veniva sollevato, il sig. XXX si dirigeva verso i fusti dell'acqua posti a pochi metri da lui per preparare un nuovo impasto, ma nel fragito veniva investito, da dietro, dal cassone, che cadeva a terra da una altezza approssimativa di circa 1,50-1,70 metri, rimanendovi sotto.

Il sig. XXX ha riportato le seguenti lesioni: politrauma con frattura a scoppio di L3. Frattura del processo trasverso di L2 a destra e del peduncolo di sinistra. Frattura scomposta e pluriframmentata della tibia destra e del perone sinistro.

FATTORE

Tipo fattore: Attività dell'infortunato
Descrizione: aggancio del cassone al gancio della gru mal effettuato
Determinante/modulatore: Determinante
Tipo modulazione:
Classificazione:
Problema di sicurezza: Uso errato di attrezzatura
Confronto con standard:
Valutazione dei rischi:

FATTORE

Tipo fattore: Attività dell'infortunato
Descrizione: transita sotto il cassone
Determinante/modulatore: Modulatore
Tipo modulazione: Peggiorativa
Classificazione:
Problema di sicurezza: Altro errore di procedura
Confronto con standard:
Valutazione dei rischi:

FATTORE

Tipo fattore: Attività di terzi
Descrizione: durante le fasi di movimentazione del carico investe l'infortunato
Determinante/modulatore: Determinante
Tipo modulazione:
Classificazione:
Problema di sicurezza: Uso errato di attrezzatura
Confronto con standard:
Valutazione dei rischi:

Caso 5

DETTAGLI INFORTUNIO

Codice caso: 1620

L'INFORTUNIO

Anno di accadimento: 2007
 Ora ordinale dell'orario di lavoro: 2
 Infortunio collettivo: No

Lavoratore 1

Sede della lesione: Sedi multiple
 Natura della lesione: Frattura
 Se non è infortunio mortale, giorni di assenza dal lavoro:

L'INFORTUNATO

Genere: M
 Nazionalità: ROMANIA
 Tipo di rapporto di lavoro: Dipendente a tempo indeterminato
 Mansione: Altre mansioni
 Anzianità della mansione: >1-3 anni

L'AZIENDA (UNITA' LOCALE DI APPARTENENZA)

(per i lavoratori "interinali" il riferimento è all'azienda presso cui operano)

Numero di addetti: 6
 Tipo di attività prevalente dell'azienda: Lavori generali di costruzione di edifici e lavori di ingegneria civile

Tipo di luogo in cui è avvenuto l'infortunio: Cantiere - edificio in demolizione, restauro, manutenzione
 Tipo di attività che stava svolgendo l'infortunato al momento dell'infortunio: lavorativa propria
 Parte dell'ambiente con cui è entrata in contatto la zona del corpo che ha subito la: Materiali solidi
 Tipo di incidente: Infortunio con Variazione di energia
 Incidente: Caduta dall'alto di gravi
 Agente materiale dell'incidente: Macchine di sollevamento, trasporto

Descrizione della dinamica e dei relativi fattori

L'infortunato, con mansione di gruista, comandava tramite radio comando, il movimento di un pacco di elementi di ponteggio imbracati con due fasce in poliestere che venivano trasferiti da un ponteggio a servizio del fabbricato ad una area di deposito del cantiere. L'imbraco dei tubi era stato effettuato da due operai della ditta addetta al montaggio e smontaggio del ponteggio. Non è stato possibile rilevare se l'imbraco sia stato effettuato correttamente, da terzi, e si è evidenziato che il carico era composto da tubi aventi diametri diversi; ciò può aver causato lo sfilamento di qualcuno dei tubi, portando allo sbilanciamento e progressiva caduta del carico che ha colpito l'infortunato. Il gruista indossava il casco, ma durante la manovra si è fatto passare il carico sopra di sé; nell'incidente riportava fratture multiple al cranio, bacino e arti inferiori con prognosi non definitiva.

Pagina 2 di 3

FATTORE	
Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	durante la manovra si è fatto passare il carico sopra di sé
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Altro errore di procedura
Confronto con standard:	Legge - 547/1955 - 186
Valutazione dei rischi:	
FATTORE	
Tipo fattore:	Materiali
Descrizione:	L'imbracatura e la composizione del carico, con tubi aventi diametri diversi, non garantivano condizioni di sicurezza
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	Solidi
Problema di sicurezza:	Problema legato allo stoccaggio
Confronto con standard:	Legge - 547/55 - 181
Valutazione dei rischi:	Fattore sufficientemente valutato

Caso 6

DETTAGLI INFORTUNIO

Codice caso: 255

L'INFORTUNIO

Anno di accadimento: 2005
 Ora ordinale dell'orario di lavoro: 2
 Infortunio collettivo: No

Lavoratore 1

Sede della lesione: Cranio
 Natura della lesione: Frattura
 Se non è infortunio mortale, giorni di assenza dal lavoro:

L'INFORTUNATO

Genere: M
 Nazionalità: ALBANIA
 Tipo di rapporto di lavoro: Dipendente a tempo indeterminato
 Mansione: Muratori
 Anzianità della mansione: oltre 3 anni

L'AZIENDA (UNITA' LOCALE DI APPARTENENZA)

(per i lavoratori "internali" il riferimento è all'azienda presso cui operano)

Numero di addetti: 2
 Tipo di attività prevalente dell'azienda: Lavori generali di costruzione di edifici e lavori di ingegneria civile

Tipo di luogo in cui è avvenuto l'infortunio: Cantiere, fabbricato in costruzione

Tipo di attività che stava svolgendo l'infortunato al momento dell'infortunio: altra attività lavorativa

Parte dell'ambiente con cui è entrata in contatto la zona del corpo che ha subito la: Materiali solidi

Tipo di incidente: Infortunio con Variazione di energia

Incidente: Caduta dall'alto di gravi

Agente materiale dell'incidente: Macchine di sollevamento, trasporto

Descrizione della dinamica e dei relativi fattori

L'operaio lavorava insieme ad un suo collega in un cantiere in cui erano in corso lavori di manutenzione straordinaria di un edificio. L'infortunato, dopo aver trasportato con un autocarro alcune reti metalliche elettrosaldate di dimensione 2 metri x 4 metri, le andava a scaricare senza l'ausilio di aiuto, ma servendosi di una gru a torre e di un tondino di ferro ripiegato alle estremità così adattato a gancio.

Durante l'operazione di scarico, le reti però andavano a toccare il cavo elettrico aereo che attraversava il cantiere e il gancio deformandosi lasciava cadere le stesse che colpivano il lavoratore (frattura cranio) che si trovava sotto il carico sospeso. Il lavoratore non faceva uso del casco.

FATTORE	
Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	si posiziona sotto il carico sospeso
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso errato di attrezzatura - Formazione/Informazione/Addestramento
Confronto con standard:	
Valutazione dei rischi:	
FATTORE	
Tipo fattore:	Dispositivi di protezione individuale e abbigliamento
Descrizione:	mancato uso del casco
Determinante/modulatore:	Modulatore
Tipo modulazione:	Peggiorativa
Classificazione:	Casco
Problema di sicurezza:	Mancato uso (ma disponibile)
Confronto con standard:	
Valutazione dei rischi:	
FATTORE	
Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	usa un ferro piegato come gancio per il sollevamento
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso improprio di attrezzatura
Confronto con standard:	
Valutazione dei rischi:	
FATTORE	
Tipo fattore:	Attività dell'infortunato
Descrizione:	mentre solleva le reti con la gru, intercetta il cavo elettrico aereo
Determinante/modulatore:	Determinante
Tipo modulazione:	
Classificazione:	
Problema di sicurezza:	Uso errato di attrezzatura
Confronto con standard:	
Valutazione dei rischi:	

2.10 Considerazioni

L'efficienza e la produttività sul luogo di lavoro sono fondamentali, per questo è importante essere consapevoli dei potenziali pericoli degli ambienti di produzione e logistica. Un esempio sono **le apparecchiature di sollevamento: la loro natura "mobile" le rende potenziali fonte di incidenti**. Le cause possono essere molteplici: **distrazioni o cali di concentrazione da parte degli addetti, ma anche la fretta causata da ritmi importanti di lavoro**.

In questa prospettiva, **particolari dispositivi dotati di sensori sono in grado di supportare gli operatori con soluzioni che garantiscono elevata sicurezza di movimento, posizionamento preciso e riconoscimento della posizione**, dato che come visto in precedenza, le statistiche relative agli infortuni analizzate permettono di comprendere l'importanza della sicurezza in fabbrica.

3

A seguito dell'inquadramento della tematica di progetto si passa alla selezione di concept e di prodotti già realizzati e commercializzati, in modo tale da allargare le visioni di progetto e delineare al meglio le prospettive riguardanti il focus progettuale.

3.1 AMESPHERE

UN-REAL Studio, Advanced Microwave Engineering Srl 2023

Design per la sicurezza sul lavoro | ADI Design Index

È un **dispositivo per la prevenzione di incidenti sul lavoro legati alla possibile collisione tra un veicolo (veicoli a guida automatica, carrelli elevatori, escavatori, carriponte)** e una persona dotata di un apposito transponder attivo (TAG). Permette un'impostazione radicalmente nuova della sicurezza sul lavoro, che viene intesa come servizio: **rileva la posizione dell'operatore con una precisione al centimetro, valuta in tempo reale il livello di rischio e segnala l'allarme solo nel caso che si superi una determinata soglia di rischio**, in modo da evitare falsi allarmi. Invia i dati via Bluetooth a un tablet che a sua volta li carica su una piattaforma software in cloud, permettendo di accedere a numerosi servizi legati alla sicurezza, all'efficienza e alla logistica.



3.2 LINDE SAFETY GUARD

Linde GMBH, 2018

Sistema interconnesso tra mulettista, pedoni e infrastruttura

Safety Guard è un dispositivo progettato dalla casa tedesca Linde per una maggiore sicurezza nell'uso dei carrelli elevatori al fine di ridurre al minimo il rischio di incidenti sul lavoro.



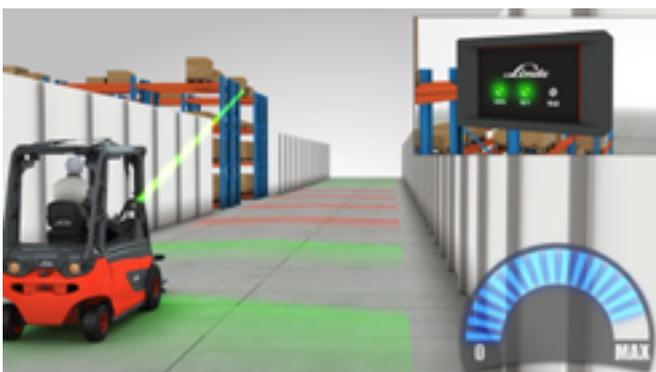
Attraverso il Linde Safety Guard è possibile, per il carrellista, avere sempre sotto controllo la presenza, il movimento e la direzione di provenienza di mezzi o persone. **Il sistema è composto da due dispositivi: il “keeper”, da installare a bordo del carrello elevatore, e il “beeper”, che viene invece indossato dal personale.**

Attraverso l'avvertimento selettivo, l'operatore viene allertato solamente in caso di pericolo reale con segnalazioni acustiche e visive sul display “keeper”, con avvertimento non solo sull'eventuale presenza di altri carrelli o persone, ma anche sulla loro posizione e distanza.

Per prevenire ulteriormente il rischio di collisioni, attraverso un sistema di tracciatura di zona totalmente configurabile la velocità del carrello viene ridotta automaticamente in prossimità dei punti di maggiore pericolo, come angoli ciechi, ingressi o attraversamenti pedonali.



Uno dei principali punti di forza è che il **segnale del dispositivo è in grado di vedere anche attraverso muri, scaffali e portoni**. In questo modo, il rischio è ridotto al minimo anche nel caso di possibili incroci tra carrelli o carrello-personale a seguito dell'apertura di una porta. **Il beeper invece allerta il personale non solo con segnali visivi e acustici ma anche attraverso la vibrazione del dispositivo.**



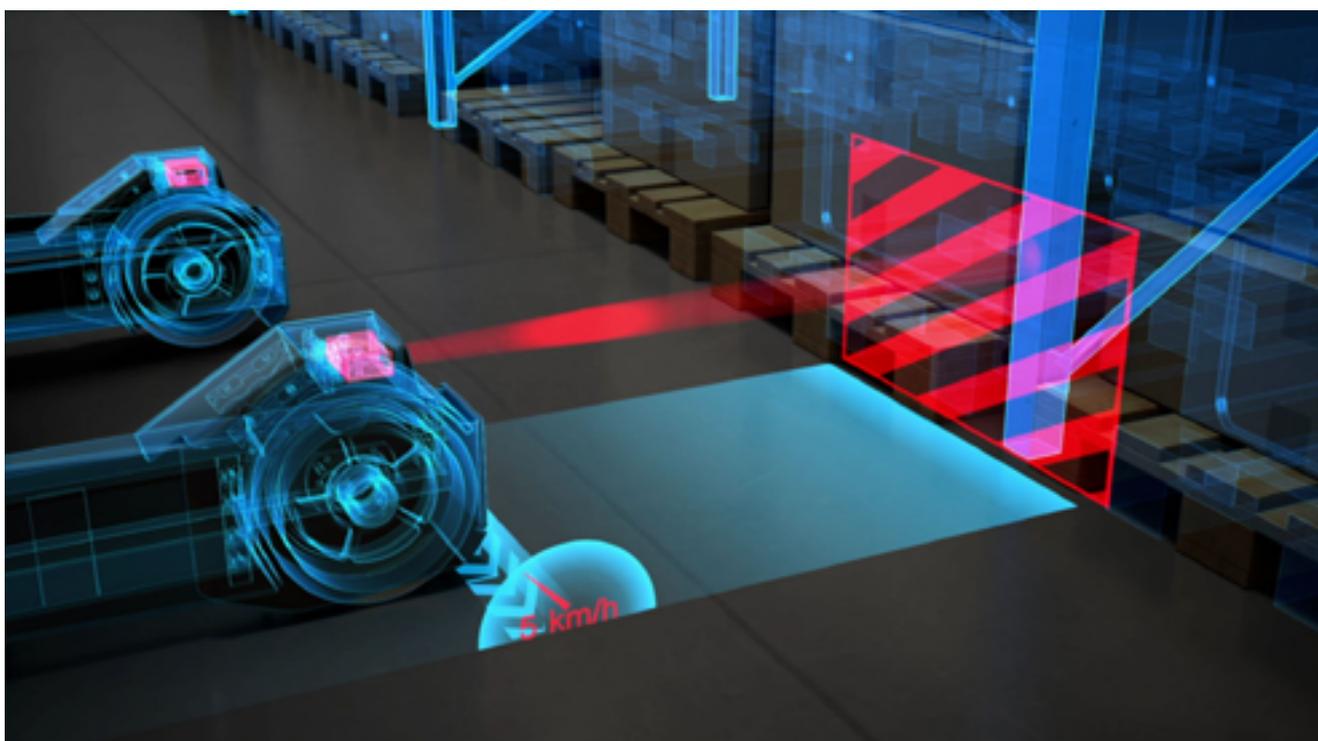
3.3 LINDE RACK PROTECTION

Linde GMBH, 2018

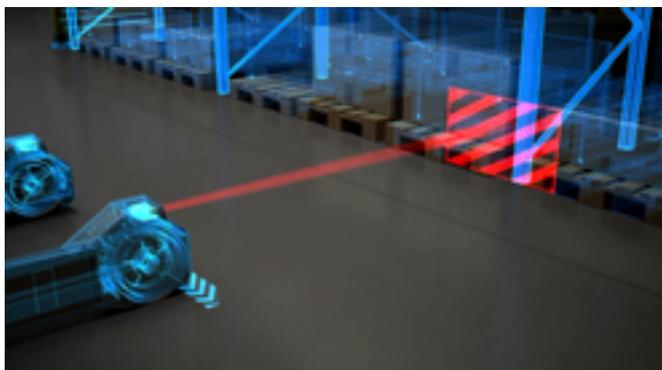
Sensoristica anticollisione per merci e scaffalature

I danni agli scaffali e alla merce stoccata nei magazzini sono causati prevalentemente dai carrelli elevatori. Quando si tratta di caricare e scaricare merci dai livelli più alti degli scaffali, i carrellisti devono dedicare tutta la loro attenzione al pallet. Se si aggiunge anche la necessità di tenere d'occhio la distanza che vi è in basso con lo scaffale, l'impresa diventa una vera sfida. Ne conseguono spesso collisioni e danni, che si ripercuotono sull'intera statica dello scaffale e determinano perdite non indifferenti per i costi di riparazione. Spesso si decide di prevenire questi rischi installando costosi dispositivi antiurto e sostegni sui montanti dello scaffale, che, tuttavia, nel corso del tempo subiscono gli impatti delle collisioni e non proteggono la merce stoccata a livello terra.

Una soluzione di gran lunga più efficiente è la dotazione dei carrelli con il sensore di protezione dello scaffale di Linde. **L'innovativo sensore anticollisione per scaffali sostituisce lo sguardo del carrellista a livello terra e rallenta automaticamente il carrello elevatore retrattile prima che possa entrare in collisione con lo scaffale.** Il sistema di assistenza è così in grado di prevenire l'impatto con i montanti portanti degli scaffali e la merce stoccata a livello terra, migliorando la sicurezza in magazzino e facendo risparmiare sui costi di riparazione. Inoltre, il sensore di protezione facilita il lavoro del carrellista, che può dedicare tutta la sua attenzione a caricare e scaricare la merce, ottenendo così delle prestazioni di trasbordo migliori.

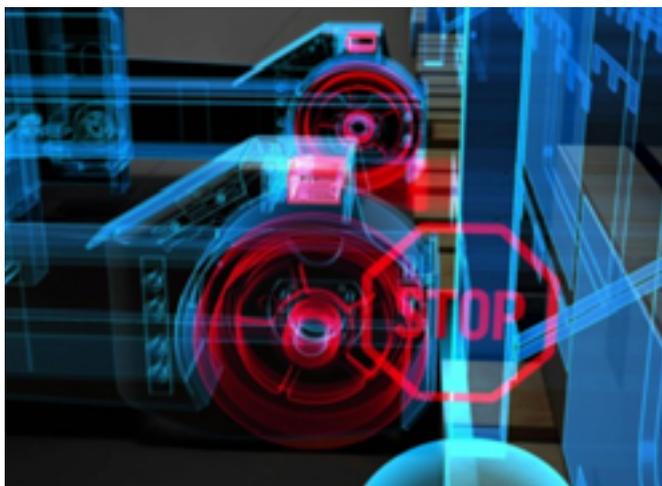


Funzionalità



Assistente alla frenata intelligente

Il Rack Protection Sensor si attiva a una velocità di marcia inferiore a 5 km/h. Il sensore è in grado di riconoscere un ostacolo entro un raggio di 5 m, che si tratti del montante di uno scaffale o un pallet immagazzinato a livello terra, e misura la distanza rispetto al carrello elevatore. Se la velocità di marcia del carrello elevatore retrattile è troppo elevata rispetto alla distanza rilevata, il Rack Protection Sensor rallenta automaticamente il mezzo.



Frenata proporzionale

La frenata del Rack Protection Sensor varia gradualmente in funzione della distanza dall'ostacolo e dell'effettiva velocità di marcia. In questo modo si evita che il carrello si fermi improvvisamente e possa mettere in pericolo il conducente o la merce. Il sistema consente comunque di spingere un pallet con i bracci di carico: se il sensore rileva una distanza costante dal pallet, il Rack Protection Sensor non aziona i freni.

Illuminazione polarizzata

Il Rack Protection Sensor di Linde si affida a sensori a luce polarizzata per misurare la distanza. Questi sensori si contraddistinguono per l'elevata precisione, anche in condizioni di scarsa visibilità. Indipendentemente dal colore della luce artificiale o naturale, il punto LED rosso del sensore è ben visibile e offre al conducente maggiore orientamento nelle manovre più complesse in magazzino.



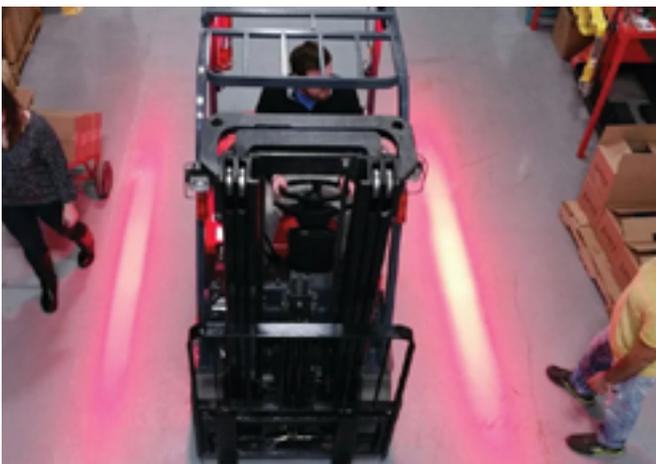
3.4 SAFETY BAR 2.0 EVO

Progtech srl

Sistema di sicurezza a luce proiettata

Safety bar migliora la sicurezza intorno al carrello elevatore. Questo pratico sistema fa parte della vasta gamma di accessori luminosi studiati da Progtech per prevenire danni e incidenti nei magazzini.

Quando si parla di lavoro in capannoni o depositi, infatti, è bene che nulla venga lasciato al caso. La convivenza tra merci, operatori e carri elevatori può creare dei rischi all'incolumità delle persone ed inconvenienti per le imprese.



Safety bar significa letteralmente “barriera di sicurezza”. Non sono altro che chiari segnali luminosi proiettati da un faretto, fissato al muletto sulla parte alta del montante.

Il dispositivo traccia sul pavimento un perimetro rosso ai lati destro e sinistro del carrello elevatore. I fasci di avvertimento demarcano quindi una linea parallela al veicolo, oltre la quale è sconsigliato spingersi per gli addetti a piedi.

In altre parole, **la luce aiuta gli addetti a sapere esattamente quale distanza di sicurezza mantenere dal carrello elevatore.** Questo vale sia nella fase di movimento del muletto sia in caso di fermata, dove sono maggiori i rischi di contatto tra un operatore e un mezzo.

Funzionamento

Quasi la metà degli incidenti con i carrelli elevatori coinvolgono un addetto a terra. In magazzino, gli operatori a piedi tendono spesso ad avvicinarsi troppo al muletto correndo rischi per la propria salute e una manovra repentina o una disattenzione possono cogliere impreparati i magazzinieri vicini alle ruote o alle forche degli stoccatrici elettrici. Safety bar aiuta così a prevenire questa minaccia. Al chiuso e all'aperto, la chiara luce rossa offre un preciso riferimento a pedoni e altri mezzi senza abbagliare l'osservatore.

Il proiettore inoltre è facile da installare e l'inclinazione del fascio di luce è regolabile a seconda delle indicazioni di sicurezza fornite.



4

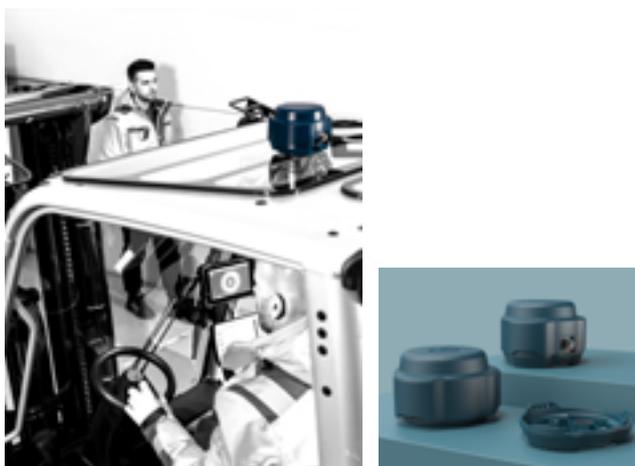
ANALISI CRITICA E IPOTESI CASO STUDIO



4.1 Considerazioni

Selezione di dispositivi di sicurezza passiva adottati negli stabilimenti produttivi che richiamano l'attenzione del personale durante gli spostamenti.

Amesphere



Linde Safety Guard



Linde Rack Protection



Safety Bar 2.0 evo



COME FUNZIONANO

- Dispositivi universali, adattabili e implementabili su qualsiasi mezzo sprovvisto;
- Sono apparati di sicurezza passiva da integrare nelle apparecchiature (non necessitano di comandi di attivazione);
- Progettati sia per l'utente-pilota che per gli utenti che si trovano nei dintorni dell'apparecchio in azione;
- Larga implementazione nel contesto manifatturiero-digitale 4.0 (sistemi di mappatura spostamenti spaziali e temporali, monitoraggio collisioni e incidenti, ecc.).

4.2 Start up CAD.42 - Sicurezza per persone e immobili



CAD.42 è una start-up innovativa che opera nel campo del digitale e della tecnologia fondata nel 2016. **La loro mission è quella di progettare e distribuire sistemi IoT predittivi di calcolo dei rischi e di gestione della produttività dedicati ai cantieri edili ed energetici.** Tutte le attrezzature e gli strumenti ideati sono dotati di sensori di posizione ad elevata precisione che acquisiscono dati e li trasferiscono in cloud dedicati, venendo quindi elaborati in tempo reale per scopi di sicurezza sul lavoro e di ottimizzazione dei processi operativi nei cantieri.

L'obiettivo primario è quindi quello di garantire la sicurezza degli operatori edili e di ottimizzare i processi di gestione generale del cantiere.



4.3 Dispositivi anticollisione universali CAD.42



Questa tipologia di dispositivi RTK 42 vengono applicati magneticamente su apparecchiature semoventi per ottenere le loro posizioni in tempo reale. L'operatore alla guida del mezzo è dotato un display che permette di visualizzare in tempo reale la propria posizione e la posizione delle apparecchiature vicine, nonché le aree di operative accessibili o vietate. Inoltre, degli avvisi acustici e visivi avvertono il conducente del rischio di collisione o di ingresso in aree pericolose o inaccessibili.



RTK 42 implementato in gru a torre



Uno o più sensori RTK 42 vengono collocati magneticamente alle gru per ottenere la posizione dell'organo di presa in tempo reale. Gli operatori della gru, in cabina, sono equipaggiati di display che permette di visualizzare in tempo reale la posizione e l'ingombro dell'apparecchio in uso e di altre apparecchiature vicine, nonché le aree di lavoro libere o vietate. Un avviso acustico avverte l'operatore della gru circa il rischio di collisione o di accesso in aree di lavoro proibite.

Inoltre, un alert sonoro permette di allertare gli operatori presenti a terra circa l'avvicinamento con un'altra macchina in attività nello stesso raggio d'azione.

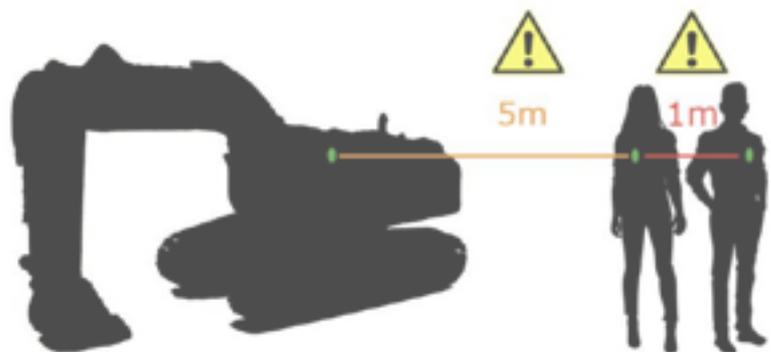
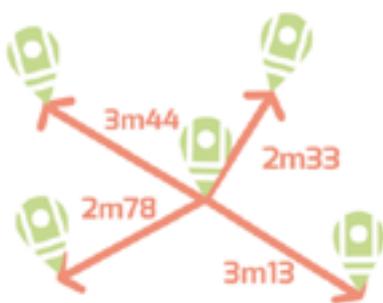


KYD 42 - Anticollisione apparecchiature-persone

Uno dei maggiori rischi in un cantiere edile è la presenza in contemporanea di pedoni e macchinari, sia statici che in movimento. Le collisioni veicolo/pedone rappresentano oltre 2000 casi di incidenti all'anno. CAD.42 ha sviluppato KYD.42 per ovviare al rischio di tali incidenti.



KYD.42 è composto da due apparecchiature collaborative, una di queste viene installata all'apparecchio, l'altra posizionata all'operatore di terra. Viene così calcolata la distanza tra i due apparecchi avvisando in caso si superi il gap prestabilito sia il conducente che il pedone con un segnale acustico, una vibrazione e un segnale luminoso. Questo gap limite può essere preimpostato manualmente.



4.4 Ricerche in atto

Cantieri in sicurezza: come prevenire i rischi con le gru a torre

Vari documenti INAIL sulla progettazione della sicurezza si soffermano sulla prevenzione dei rischi nell'utilizzo delle gru a torre nei cantieri edili. I dispositivi di protezione, il ribaltamento, la movimentazione dei carichi e l'installazione della gru.

In varie tipologie di cantieri spesso gli apparecchi di sollevamento dei carichi sono attrezzature essenziali per lo svolgimento di alcune attività e la movimentazione di materiali molto diversi: materiali sciolti (come terra e sabbia), materiali sciolti molto fini (come, ad esempio, il cemento), materiali liquidi, materiali in blocchi, conglomerati, ...

Sicuramente la gru a torre, chiamata anche "gru per l'edilizia", è l'attrezzatura più diffusa nei cantieri edili per la movimentazione e il sollevamento di carichi. Ed è un'attrezzatura che presenta "molteplici rischi, sia per gli operatori che per i lavoratori che operano nell'area di cantiere in cui la medesima è installata". **I principali rischi "sono costituiti, essenzialmente, dal ribaltamento della gru, dalla caduta di materiale dall'alto, da possibilità di schiacciamento, di cesoiamento e di urti"**.

A ricordare la molteplicità dei rischi correlati alla gru a torre nei cantieri è il documento Inail "La progettazione della sicurezza nel cantiere", elaborato dal Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti ed Insediamenti Antropici e a cura di Raffaele Sabatino e Antonio Di Muro. Un documento che non solo fornisce una guida all'applicazione della normativa vigente sui cantieri, ma propone anche una metodologia per la redazione dei piani di sicurezza nei cantieri incentrata su un'attenta valutazione dei rischi.

Il documento ricorda che la gru a torre è dotata - al di là dei dispositivi di sicurezza specifici connessi al rischio di interferenza o a particolari condizioni di installazione nel cantiere - di una "serie di dispositivi che, opportunamente tarati, garantiscono i requisiti minimi di sicurezza previsti dalle norme".

Dopo aver ricordato la funzione dei dispositivi di finecorsa (o limitatori), che agiscono sui movimenti della gru ed evitano che la gru sia "sollecitata a sforzi superiori rispetto a quelli per i quali essa è stata progettata", vengono ricordati alcuni importanti dispositivi:

- limitatore di carico massimo e di grande velocità: "esso impedisce il sollevamento dei carichi eccedenti il carico massimo, arrestando il motore di sollevamento e azionando il freno; il limitatore di velocità interviene con il superamento della velocità di salita o di discesa del carico: all'aumentare della velocità si generano infatti delle forze di inerzia, sia in partenza che in frenata, che determinano forti sollecitazioni dinamiche";
- finecorsa di sollevamento: "possono essere di salita e di discesa (ad esempio nella salita, arresta il motore di sollevamento e determina l'azionamento del freno)";

- limitatore di momento: “le gru sono calcolate per un momento di carico massimo che non deve mai essere superato: il limitatore di momento (o di coppia) ne impedisce il superamento controllando il sollevamento e la distribuzione”.

Il documento ricorda poi che il ribaltamento della gru può essere determinato da una “serie di cause quali:

- “il cedimento del piano di appoggio, ad esempio per la presenza di sottoservizi;
- la non corretta installazione, ad esempio per la cattiva distribuzione del carico sul terreno o per l’errata installazione del binario;
- gli urti del braccio contro ostacoli fissi o mobili, ad esempio dovuti alla presenza di edifici o di altre gru interferenti;
- gli errori di manovra durante il sollevamento di carichi o per esecuzione di manovre vietate;
- il collasso della gru per cedimento strutturale, ad esempio dovuto a carente manutenzione o per il carente funzionamento dei limitatori di carico e di momento;
- il vento di intensità elevata”.

Per prevenire il rischio di ribaltamento è necessario eseguire “un’accurata indagine preliminare per la scelta del luogo d’installazione della gru, rispettare scrupolosamente le istruzioni del fabbricante e il relativo registro di controllo, eseguire le verifiche previste dalla norma ed evitare o limitare il rischio di interferenza con altre gru operanti nella stessa zona”. E riguardo al vento è necessario “sospendere l’attività quando è raggiunta la velocità stabilita dal fabbricante o, in mancanza di questa, dalle velocità stabilite dalla norma: il braccio della gru deve essere lasciato libero di ruotare nella direzione del vento disattivando il freno di rotazione”. In particolare nel caso di gru traslanti su binario “è necessario attivare le tenaglie di ammaraggio e se necessario altri eventuali dispositivi, previsti dal fabbricante”.

Veniamo ora al rischio di caduta di materiale dall’alto che è dovuto alla “movimentazione di carichi non correttamente imbracati, ad errate manovre che comportano l’urto del carico contro strutture fisse o alla rottura delle funi”.

Per limitare tale rischio è importante “l’uso corretto degli accessori di sollevamento, compresi i contenitori, associati ad un corretto uso dei segnali gestuali, o ad altri efficaci mezzi, per la comunicazione tra il manovratore e l’aiuto manovratore”. Senza dimenticare che la verifica periodica delle funi “completa l’attività di prevenzione del rischio”.

Il documento dell’Inail segnala poi che per una sicura installazione della gru è necessario “eseguire un’indagine preliminare volta a rilevare tutti i dati ambientali di rilevante importanza”.

Ad esempio:

- la natura del terreno: “il carico della gru va ripartito sul terreno in base alla sua resistenza, con i metodi indicati dal fabbricante che possono essere, ad esempio, traverse di legno su cuscino di ghiaia, nei casi più semplici, o fondazioni in calcestruzzo armato, sia per le gru fisse sia per quelle traslanti. Nel caso di cantieri di nuova costruzione, è opportuno desumere la resistenza del terreno dalla relazione geotecnica; per gli altri cantieri, quando necessario, occorre farne redigere una appositamente;

- la presenza di servizi tecnici nell'area di cantiere: l'indagine presso gli uffici tecnici competenti è doverosa soprattutto in aree cittadine dove la presenza di sottoservizi è consistente; seppure visibili, è necessario verificare le caratteristiche anche delle linee aeree per il rispetto delle distanze di sicurezza o per la predisposizione di adeguate protezioni. I servizi, in linea di massima, sono: linee elettriche, tubazioni ad esempio di gas o di acqua, linee per telecomunicazioni (aeree o interrato); fognature; serbatoi interrati; camerette/locali interrati/i;
- la presenza di ostacoli: il controllo della posizione delle strutture esistenti che possono costituire ostacolo ai movimenti della gru è indispensabile per il suo esatto posizionamento: infatti, la gru non deve mai poter collidere con le strutture fisse, per la stabilità del mezzo e del carico in fase operativa o per la stabilità del mezzo quando è posta fuori servizio ed è esposta all'azione del vento. In quest'ultimo caso, il braccio della gru deve potersi liberamente orientare nella direzione del vento per esporre la minor superficie possibile;
- qualunque struttura sufficientemente consistente ad opporre resistenza alla rotazione del braccio deve essere presa in considerazione, come ad esempio edifici, campanili, tralicci per telecomunicazioni, alberi;
- la presenza di altre gru nelle vicinanze: la presenza di più gru operanti nella stessa zona determina il problema delle gru interferenti";
- la presenza di strade, ferrovie o altre linee di trasporto e aree esterne al cantiere: il raggio di azione della gru dovrebbe interessare esclusivamente l'area di cantiere; qualora ciò non risulti possibile si deve verificare che l'eventuale debordazione del braccio della gru all'esterno del cantiere non possa arrecare danno o disturbo, provvedendo, ove del caso, a prendere gli opportuni accordi e a predisporre i necessari apprestamenti. In ogni caso, i carichi debbono essere movimentati all'interno dell'area di cantiere o, in casi particolari, attraverso corridoi preferenziali interdetti al transito o adeguatamente protetti;
- la presenza di limitazioni per la sicurezza della navigazione aerea: qualora l'installazione della gru ricada in un'area soggetta a limitazioni da parte dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) deve essere richiesta l'autorizzazione a quest'ultimo, che, in genere, prescrive la collocazione di segnali luminosi di colore rosso o bianco precisando la tipologia e la dislocazione dei segnali sull'ostacolo;
- i segnali luminosi debbono essere posizionati sui punti più alti in modo da indicarne i contorni generali; qualora l'ostacolo sia alto più di 45 m le luci debbono essere collocate anche a livelli intermedi. L'ENAC ha facoltà di richiedere l'abbattimento degli ostacoli;
- le condizioni meteorologiche e rischi di origine naturale: l'indagine conoscitiva deve portare a conoscere le caratteristiche dei fenomeni atmosferici della zona in cui la gru è installata, in particolare per quanto riguarda il vento, affinché, in caso di necessità, possano essere predisposti i mezzi aggiuntivi necessari per la stabilità del mezzo di sollevamento. Il controllo della velocità del vento spesso risulta indispensabile, pertanto l'installazione di un anemometro è fortemente consigliata anche nelle gru prodotte senza questo strumento".

4.5 Ricerche in atto

I rischi derivanti dalla movimentazione dei carichi



Il documento ricorda che malgrado le nuove tecnologie, “il lavoro nei cantieri è ancora spesso faticoso, specie per i manovali e i carpentieri” e che il Decreto legislativo 81/2008 “prevede l’obbligo di una valutazione del rischio particolare per la movimentazione dei carichi sia manuale che meccanica”.

Dopo un’analisi dei rischi provocati dalle “operazioni di sollevamento, spostamento e trasporto manuale di pesi”, danni che si verificano, ad esempio, “se i carichi sono troppo pesanti e/o se le operazioni comportano flessione, inarcamento o torsione del tronco”, si affrontano i problemi della movimentazione meccanica. Infatti spesso nei cantieri - “a causa di una cattiva organizzazione” - la movimentazione meccanica dei carichi “avviene in contemporanea con altre lavorazioni, con il determinarsi di pericolose condizioni di interferenza talvolta completamente non gestite”.

Ad esempio può succedere che i carichi sospesi, trasportati mediante gru, vengano “fatti passare sopra zone dove si stanno eseguendo altre lavorazioni determinando un serio rischio per gli operai”.

Si evidenzia l’esigenza di un’adeguata formazione degli operai circa la corretta movimentazione dei carichi e di “un’idonea organizzazione del cantiere con il coordinamento delle varie attività presenti”.

Infine si ricorda che “movimentare i carichi con mezzi meccanici deve essere fatto correttamente: il carico deve essere accatastato in maniera corretta, devono essere controllati gli ancoraggi e le imbracature, durante le operazioni di movimentazione vanno attivati i segnalatori acustici e luminosi che avvertono dello svolgimento della manovra di movimentazione dei carichi”.

4.6 Profilo degli utenti

Il conduttore

Nella gran parte dei cantieri per il sollevamento e lo spostamento di carichi, oltre ai carrelli elevatori è utilizzata la gru a torre, apparecchiatura articolata da movimentare in moltissimi casi via radiocomando da terra. **L'utente incaricato alla conduzione della gru è denominato gruista** e per essere ammesso all'esame teorico-pratico, il candidato deve possedere i seguenti requisiti:

- 1) Età compresa fra i 18 e 65 anni.
- 2) Certificato medico di sana costituzione fisica, con senso visivo e auditivo normale.
- 3) Aver effettuato un periodo di tirocinio pratico, sotto la direzione di persona abilitata, non inferiore a tre mesi.
- 4) Aver partecipato ad un corso di prevenzione infortuni specifico per la conduzione di apparecchi di sollevamento, organizzato dall'amministrazione provinciale o da questa approvato.

Altri requisiti fisici

La conduzione di un apparecchio di sollevamento richiede sempre una particolare abilità e preparazione tecnica, nonché un elevato senso di responsabilità; pertanto il gruista deve possedere specifici requisiti psicofisici per essere idoneo a svolgere questo lavoro. Questi requisiti possono essere così indicati:

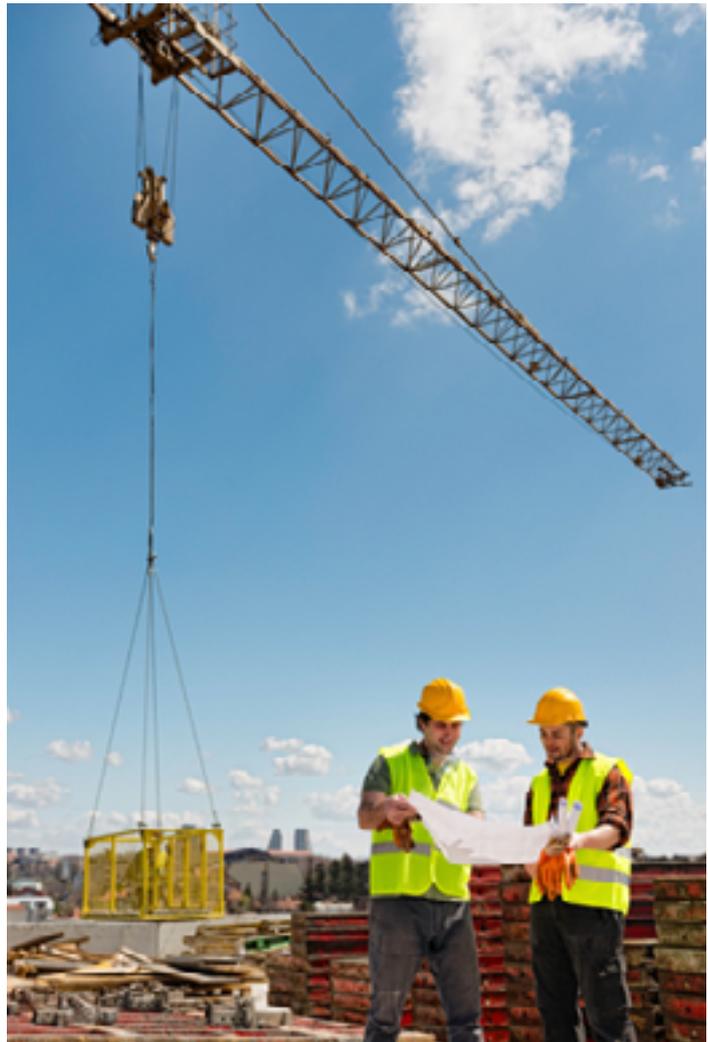
- Perfetta integrità fisica.
- Senso visivo e auditivo normale.
- Prontezza di riflessi.
- Attitudine a valutare distanza, volume, stabilità ed equilibrio.
- Valutazione esatta delle dimensioni, dello spazio, della velocità e dei tempi di arresto.
- Percezione dei colori.
- Coordinamento dei movimenti.
- Senso di responsabilità e prudenza.
- Conoscenza delle norme di prevenzioni infortuni specifiche per la conduzione degli apparecchi di sollevamento.
- Conoscenza delle caratteristiche tecniche della gru che si manovra.



Operatori estranei e/o distratti (impegnati in altre attività nei pressi dell'apparecchio di sollevamento)

Nei cantieri oltre ai gruisti sono **sempre presenti altri "attori" come ad esempio tecnici, supervisori, operai o addirittura visitatori estranei** che spostandosi in giro per il cantiere, seppur con i dovuti dispositivi di protezione individuale, **possono sbadatamente transitare nei raggi d'azione degli apparecchi di sollevamento, come nel caso delle gru a torre e rischiare così un (grave) infortunio.**

Quindi oltre al gruista, un'altra categoria di utenti coinvolti nei pericoli della movimentazione dei carichi nei cantieri, sono indubbiamente tutti coloro che sono disattenti per varie cause e che quindi **vanno tutelati dall'esposizione a potenziale rischio di infortunio.**



4.7 Esperienza utente

Durante lo spostamento dei carichi sospesi gli attori che vengono coinvolti possono essere molteplici. Senza dubbio però, **grande rilievo è assunto da coloro che si trovano nelle immediate vicinanze delle apparecchiature di sollevamento in movimento e quindi anche di materiali sospesi.**

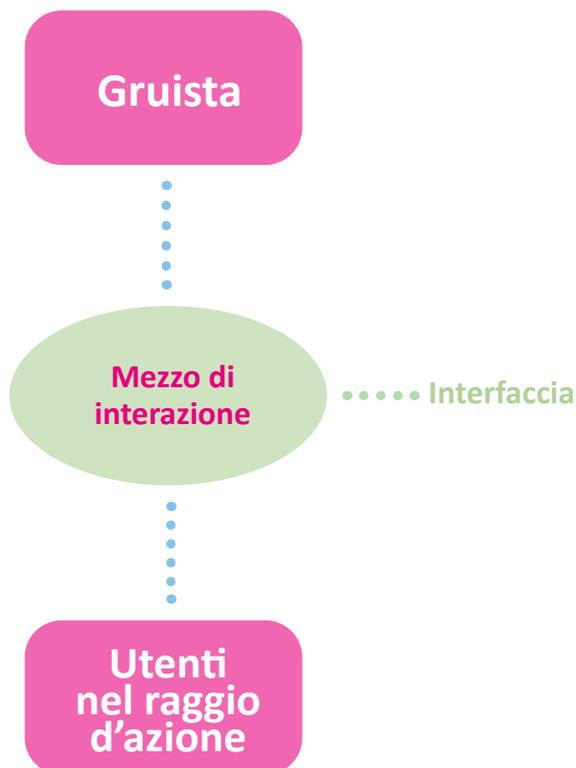
I possibili utenti che fanno parte dell'esperienza di interazione come anticipato nel paragrafo precedente sono: **il gruista, ovvero colui che addetto a pilotare l'apparecchio gru e degli altri utenti generici che si trovano nei paraggi del carico sospeso.**

L'utente addetto al pilotaggio deve essere ben informato sulle condizioni di spostamento del carico, agli ostacoli che potrebbe incontrare durante il tragitto di spostamento e a tutto ciò che è al di sotto del grave.

Allo stesso tempo tutte le persone che si trovano al di sotto della gru devono essere richiamate all'attenzione attraverso varie tipologie di alert in modo tale da informarli che si trovano in una situazione di potenziale pericolo.



Il progetto di interazione potrebbe quindi riguardare sia l'utente che manovra l'apparecchiatura che per tutti quegli utenti che in quel momento, per qualsiasi ragione si trovano al di sotto del carico.



Problematiche emerse

- L'utente addetto alla movimentazione della gru a torre **deve avere il controllo di ciò che si trova al di sotto del carico sospeso;**
- Altro fattore di rischio che può essere conseguenza di pericolo durante gli spostamenti di carichi sospesi è rappresentato da **tutto ciò che si trova nel raggio d'azione della gru stessa durante tutte le manovre di movimento** (es. strutture, infrastrutture, alberi, mezzi di trasporto, altri apparecchi di sollevamento, ecc);
- Un'altra problematica di notevole importanza è anche causata dagli **utenti che potrebbero trovarsi nel raggio d'azione della gru in cantiere**, quindi in caso di guasto degli accessori di sollevamento o di caduta del carico, si troverebbero a subire gravi o mortali conseguenze causate da schiacciamento.

4.9 Sequenza delle azioni

Per ogni tipologia di fruitore sono state ipotizzate ed **elencate di seguito delle azioni in sequenza che gli utenti coinvolti nel processo esperienziale svolgono**, in modo da poter definire al meglio il processo di progettazione dell'interazione.

profilo 1

Addetto movimentazione



1. imbragatura del carico e istruzioni di spostamento;

2. eventuale comunicazione con gli altri operatori del cantiere;

3. sollevamento e movimentazione mediante radiocomando

profilo 2

Altri utenti in cantiere



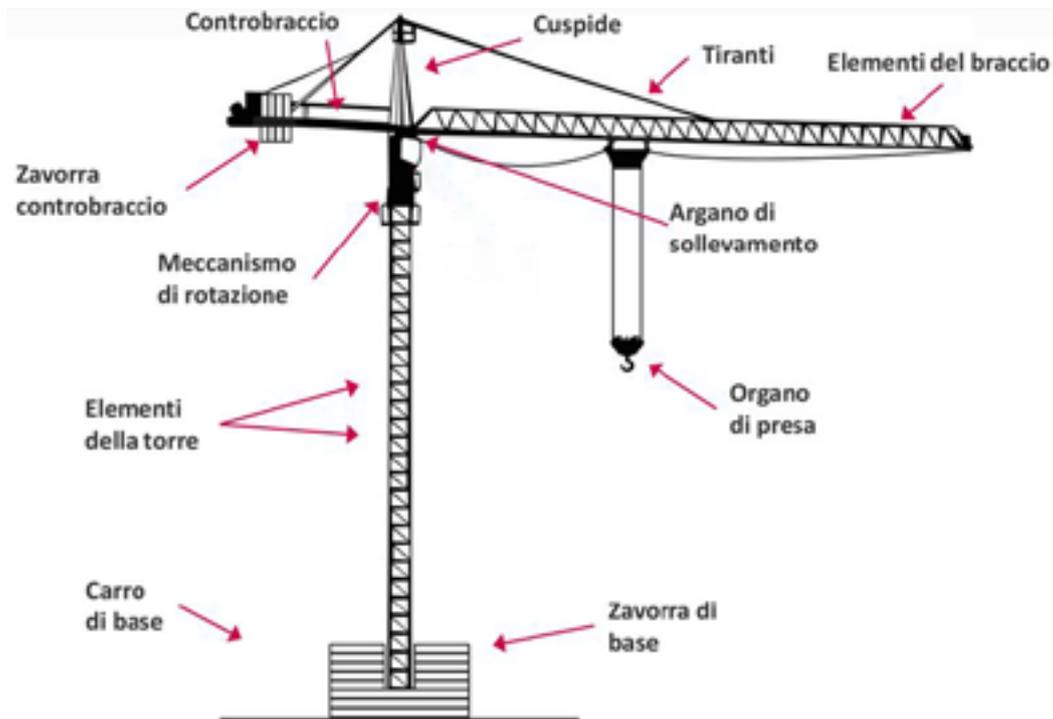
- Possono essere addetti ai lavori e aiutare l'addetto alla movimentazione nelle operazioni di spostamento;
- Impegnate in altri compiti nel in prossimità dell'apparecchio di sollevamento;
- Sono visitatori del cantiere e quindi estranei ai lavori

Questa categoria di utenza necessita di essere informata circa lo stato e l'orientamento dei carichi sospesi.

4.10 Definizione del caso studio

Per permettere il processo di interazione tra gli attori coinvolti si ipotizza che:

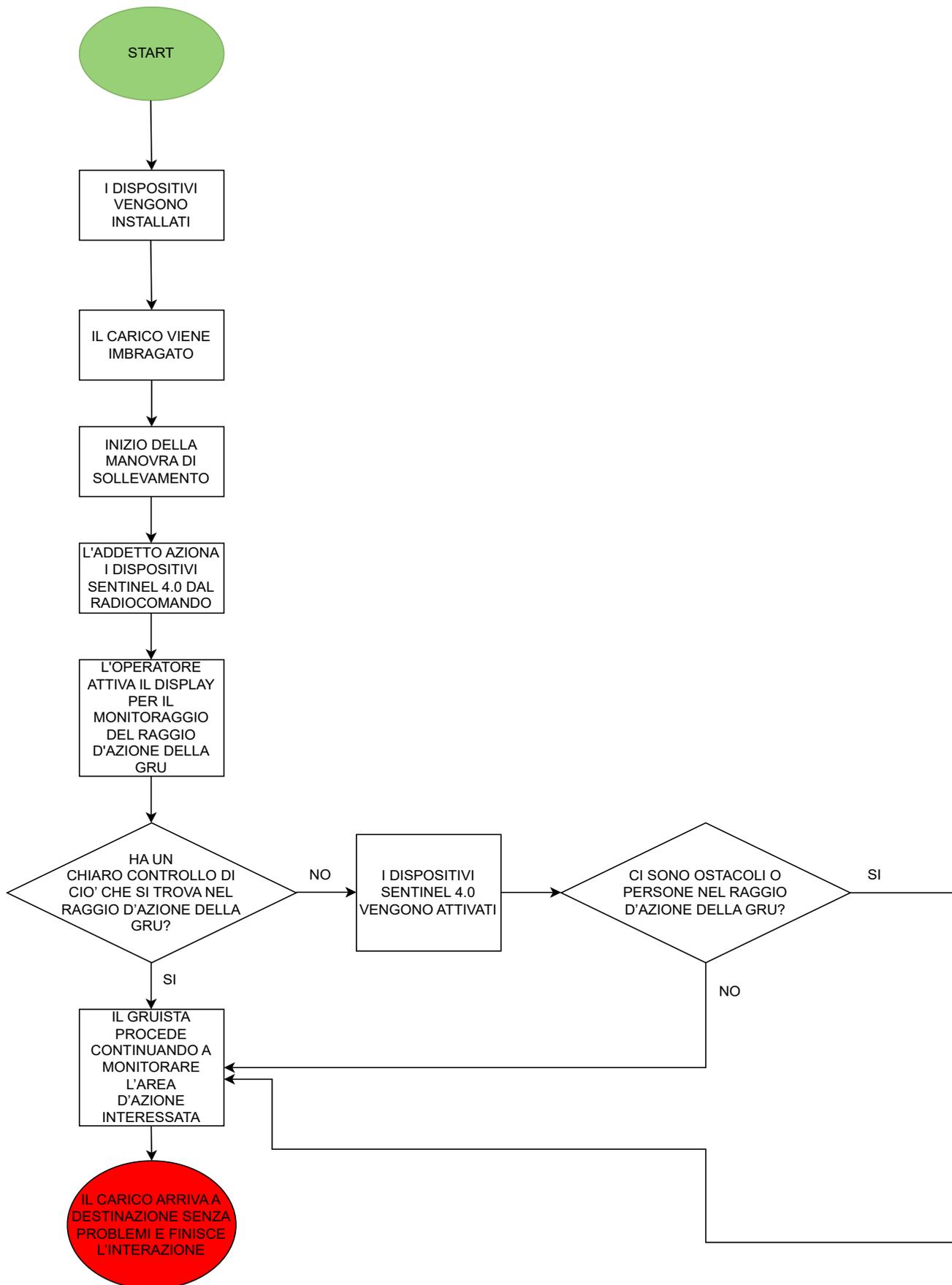
A) Una coppia di devices semoventi vengano posizionati sul braccio della gru in modo da identificare l'ingombro del carico e che siano in grado di fornire segnali di varie tipologie agli utenti a terra, compreso il conduttore.

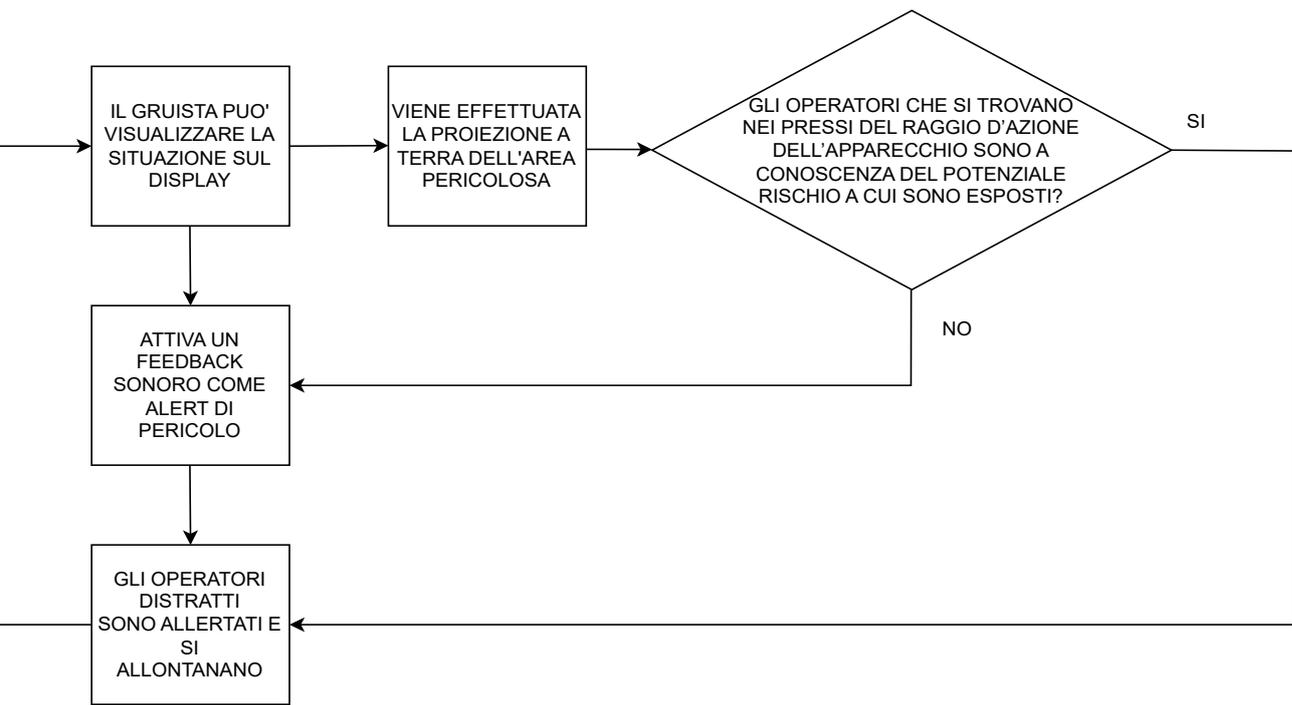


B) L'utente che conduce l'apparecchio dovrà interagire e visualizzare in tempo reale tutti i tipi di ostacoli e/o interferenze presenti nel raggio d'azione dell'apparecchio durante le manovre di spostamento.

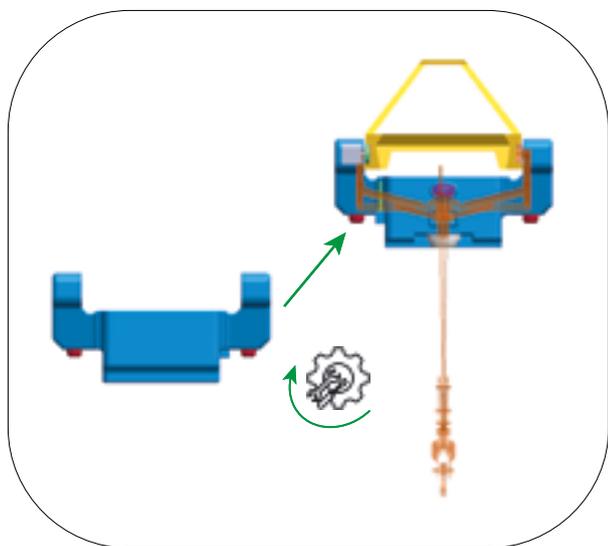


4.11 Diagramma generale dell'interazione



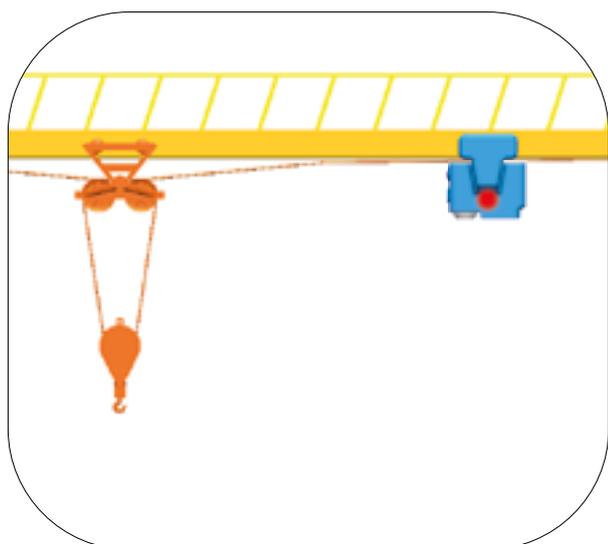


4.12 Storyboard dell'interazione



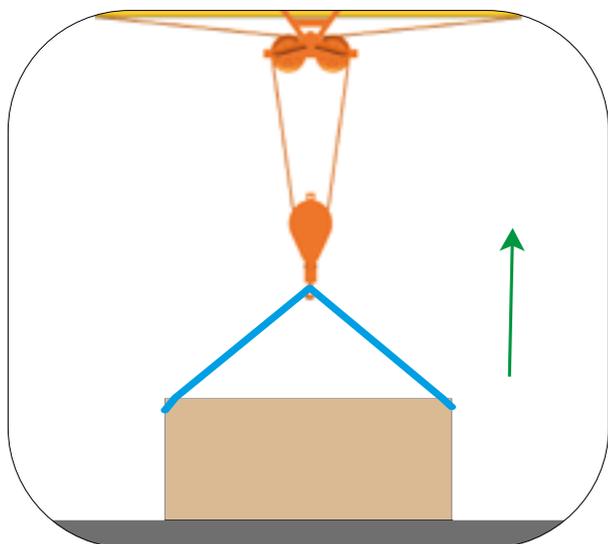
1

I dispositivi Sentinel 4.0 vengono montati e centrati sul braccio della gru.



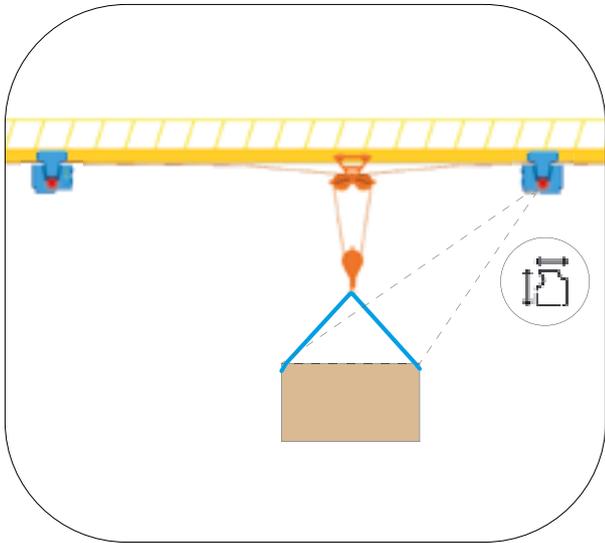
2

I dispositivi sono alimentati, la luce rossa laterale è accesa.



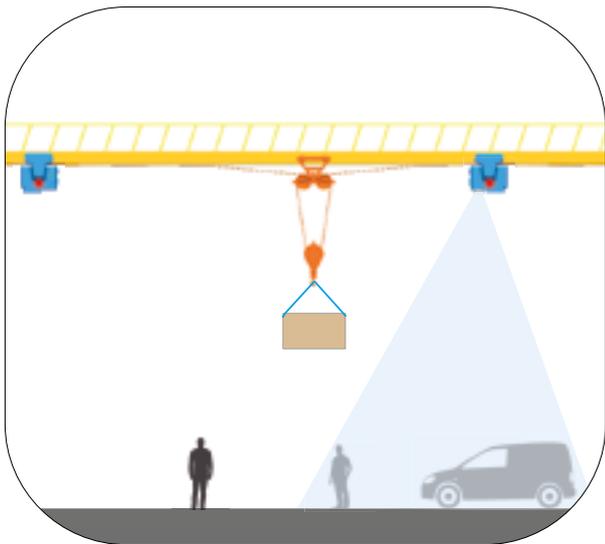
3

Gli addetti imbragano secondo le normative in vigore il carico da movimentare per poter iniziare in sicurezza la manovra di sollevamento.



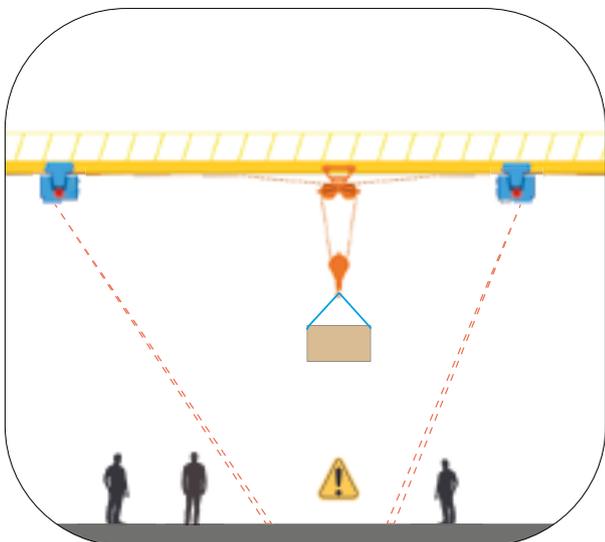
4

Durante la manovra di sollevamento il gruista può attivare dal radiocomando la funzione di identificazione del carico sospeso.



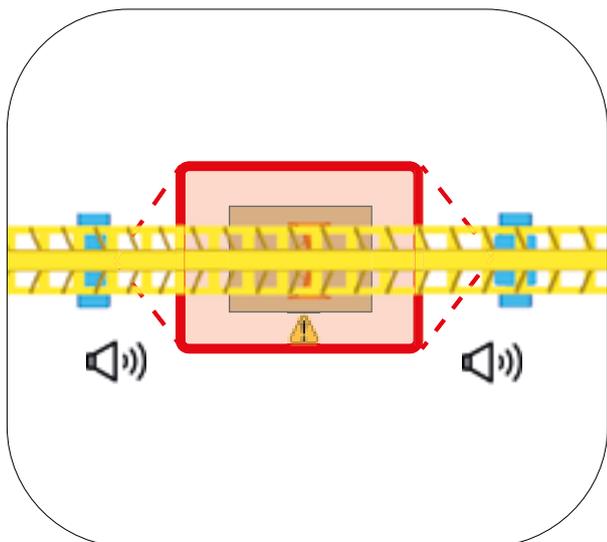
5

Per monitorare il raggio d'azione della gru, l'operatore può attivare da radiocomando la funzione di video monitoraggio.



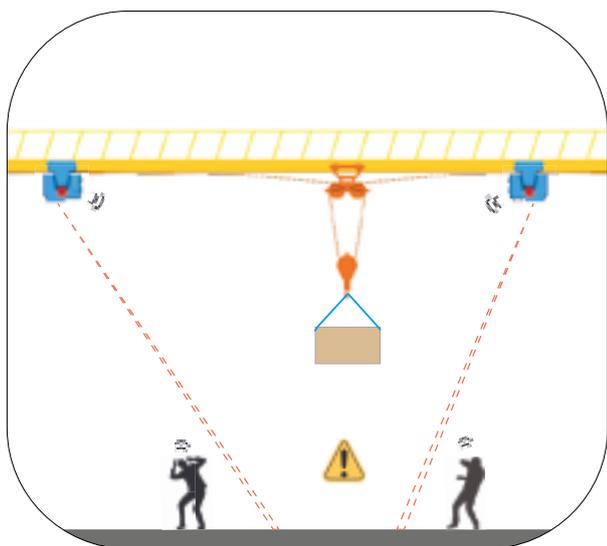
6

Al di sotto del raggio d'azione dell'apparecchio, possono essere presenti persone, magari distratte, che necessitano di chiare segnalazioni di pericolo, così viene attivata la proiezione luminosa d'ingombro che delimita l'area pericolosa.



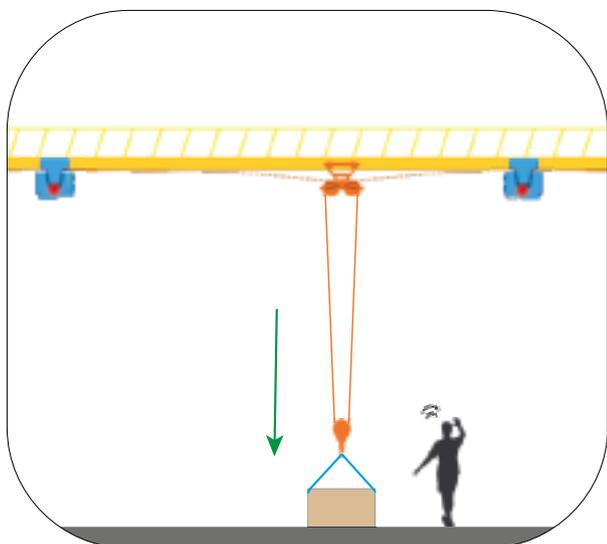
7

Il segnale luminoso proveniente da entrambe i dispositivi collaboranti è proiettato a terra con un'area di tolleranza maggiorata.



8

Grazie ai segnali luminosi proiettati a terra e a quelli sonori emessi dal dispositivo sulla gru, gli utenti distratti percepiscono il rischio a cui sono esposti e possono allontanarsi dall'area di pericolo.



9

L'operatore addetto alla movimentazione può procedere in sicurezza alla conclusione della manovra.

5 Il progetto

SENTINEL 4.0

Il termine Sentinel è stato scelto per il progetto poiché, secondo la terminologia storica, raffigurava il soldato addetto per un determinato arco di tempo al servizio di vigilanza, alla custodia e alla protezione di persone e cose.

Il progetto dell'interfaccia Sentinel 4.0 è composto da:

- Due dispositivi semoventi che si muovono lungo il braccio della gru;
- Un dispositivo di radio-comando dotato di display che utilizza l'operatore addetto al pilotaggio.



Alimentazione

I dispositivi a bordo della gru vengono alimentati con tensione di rete propria dell'apparecchio in cui sono montati. L'alimentazione arriva ai dispositivi attraverso un cavo passante in una canalina flessibile ed estensibile disposta lungo il braccio della gru.



Modalità di funzionamento

Quando i dispositivi sono in stato di stand-by emetteranno una luce di segnalazione di colore rosso. In fase di operatività le luci lampeggeranno.



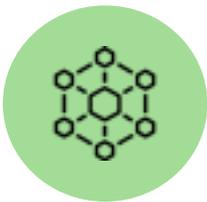
Movimentazione

I dispositivi sono installati sul braccio della gru rispettivamente a destra e a sinistra del carrello, lo spostamento lungo il braccio è attuato da ruotismi che scorrono lungo il binario in cui si muove anche il carrello e il movimento di traslazione è attuato da motori elettrici brushless e qualora i dispositivi semoventi arrivassero alle estremità del braccio, vengono arrestati da opportuni fincorsa presenti sul braccio della gru. Allo stesso modo se in fase di sollevamento del carico, dovessero entrare in collisione con il carrello, grazie ad un sensore di prossimità presente sui dispositivi, possono cambiare la loro direzione evitando di entrare in contatto con il carrello.



Fase operativa

Durante la manovra di sollevamento del carico viene acquisito l'ingombro dello stesso dal sensore dvr-cam, il quale attraverso un apposito sistema di controllo muove i dispositivi sul braccio della gru ad una distanza consona a permettere la proiezione del pattern luminoso delimitante, con una certa tolleranza, l'area pericolosa da evitare.



Interconnessione

I dispositivi installati sul carrello della gru sono connessi e comunicano tramite sistema Wi-Fi.



Sistema di comando

L'intero sistema è controllato da un apposito radiocomando che dispone di:

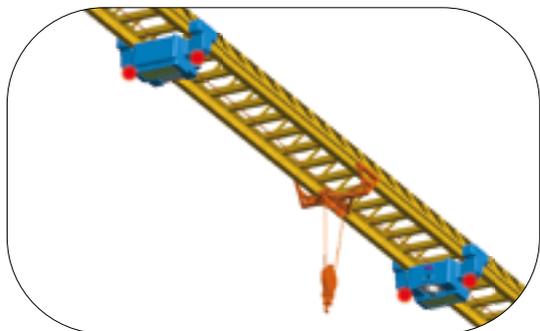
- comandi manuali di movimentazione;
- display interattivo di monitoraggio del raggio d'azione del braccio della gru;
- batteria di alimentazione;
- collegamento wireless criptato.

5.1 Tabella dei requisiti

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITÀ
R01	ATTIVAZIONE	Luce rossa fissa quando i dispositivi sono alimentati	ALTA
R02	STANDBY	Luce rossa fissa in fase di stand by	ALTA
R03	OPERATIVITÀ	Luce rossa lampeggiante	ALTISSIMA
R04	ATTIVAZIONE RADIOCOMANDO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R05	CONNESSIONE DISPOSITIVI	Luce verde fissa sul radiocomando	ALTA
R06	ATTIVAZIONE MONITORAGGIO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R07	ATTIVAZIONE DVR CAM	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R08	IDENTIFICAZIONE CARICO SOSPESO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTA
R09	ATTIVAZIONE PROIEZIONE LUMINOSA	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando	ALTISSIMA
R10	ATTIVAZIONE ALERT SONORO	Attivazione tramite apposito pulsante sul radiocomando in caso di necessità	ALTISSIMA
R11	MOVIMENTO LINEARE	Attuazione del moto di traslazione dei dispositivi sul braccio	ALTA
R12	ANTI COLLISIONE	Evitare la collisione con il carrello	ALTA
R13	ARRESTO DISPOSITIVI SEMOVENTI	Consentire l'arresto alle estremità del braccio	ALTISSIMA

5.2 Sviluppo requisiti

R01-R02-R03: Attivazione, stand-by, operatività



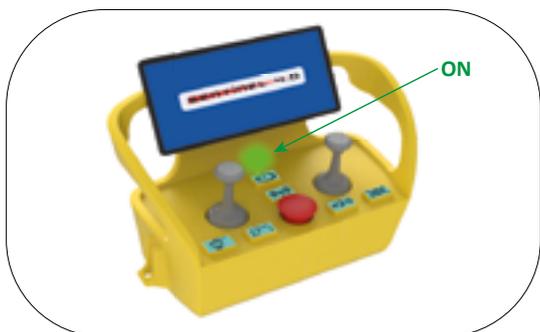
Quando il dispositivo è alimentato o in fase di stand-by deve emettere una luce rossa fissa.

R04: Radiocomando ON



Il radiocomando viene attivato grazie al pulsante posto sul quadro comandi.

R05: Connessione dispositivi



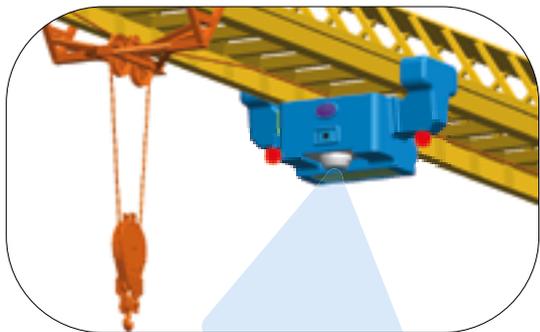
Quando i dispositivi sono collegati si accende la spia verde sul radiocomando.

R06: Video monitoraggio del raggio d'azione



Il display consente di monitorare il raggio d'azione della gru in tempo reale.

R07: Attivazione Dvr-cam



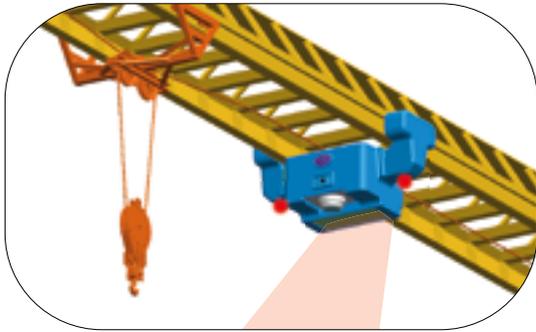
La dvr cam viene attivata anche per l'acquisizione dell'ingombro del carico sospeso.

R08: Identificazione del carico sospeso



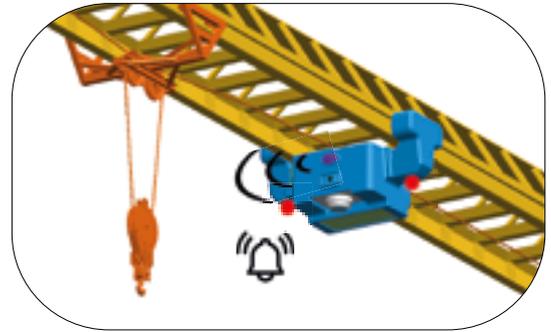
Dal display è possibile tenere sotto controllo l'acquisizione della sagoma del carico sospeso.

R09: Attuazione della proiezione luminosa



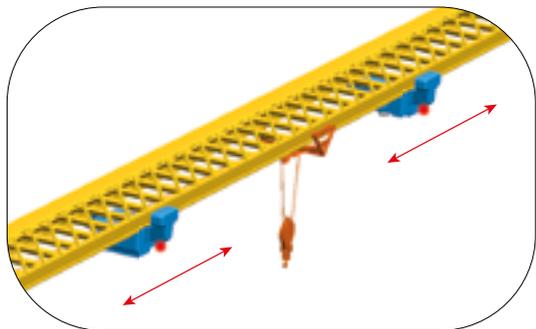
A seguito dell'acquisizione del carico, i dispositivi possono essere abilitati alla proiezione della sagoma d'ingombro a terra.

R10: Attuazione alert sonoro



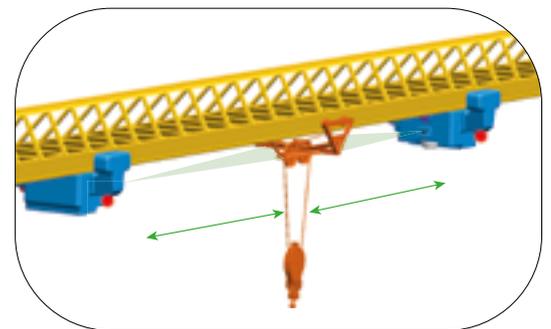
L'alert sonoro è attivato quando la manovra è in esecuzione, da accompagnare alla proiezione luminosa.

R11: Movimento lineare dei dispositivi semoventi



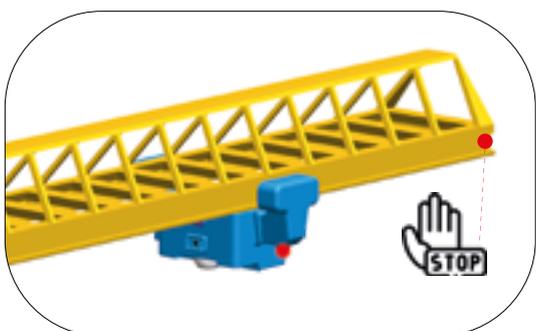
Il movimento longitudinale è attuato da appositi motori brushless connessi a ruotismi che scorrono sul binario del braccio.

R12: Anticollisione



Per evitare la collisione dei dispositivi in movimento con il carrello, è applicato un sensore di prossimità a bordo di ogni dispositivo in grado di arrestare e cambiare istantaneamente la loro direzione.

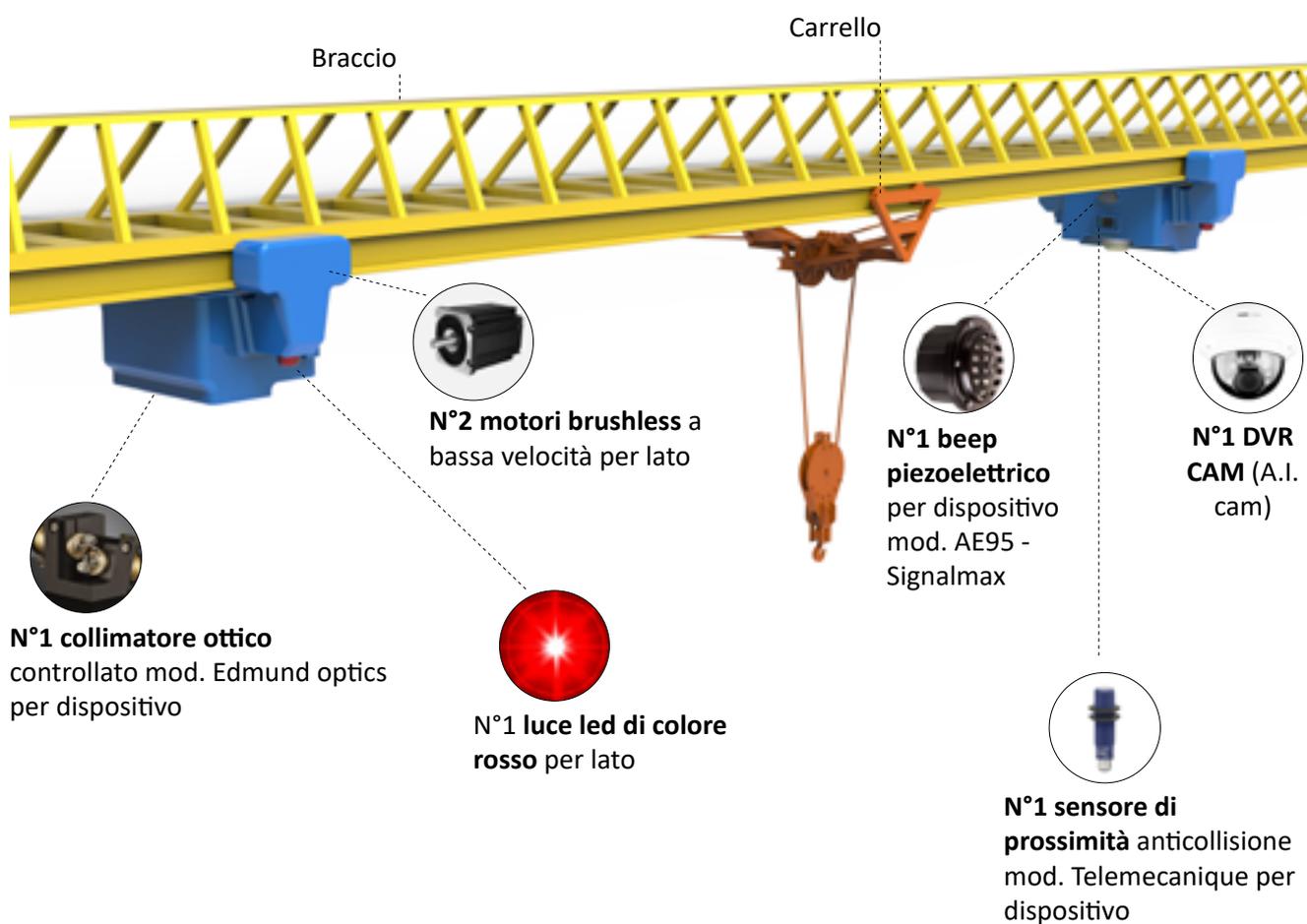
R13: Arresto di sicurezza



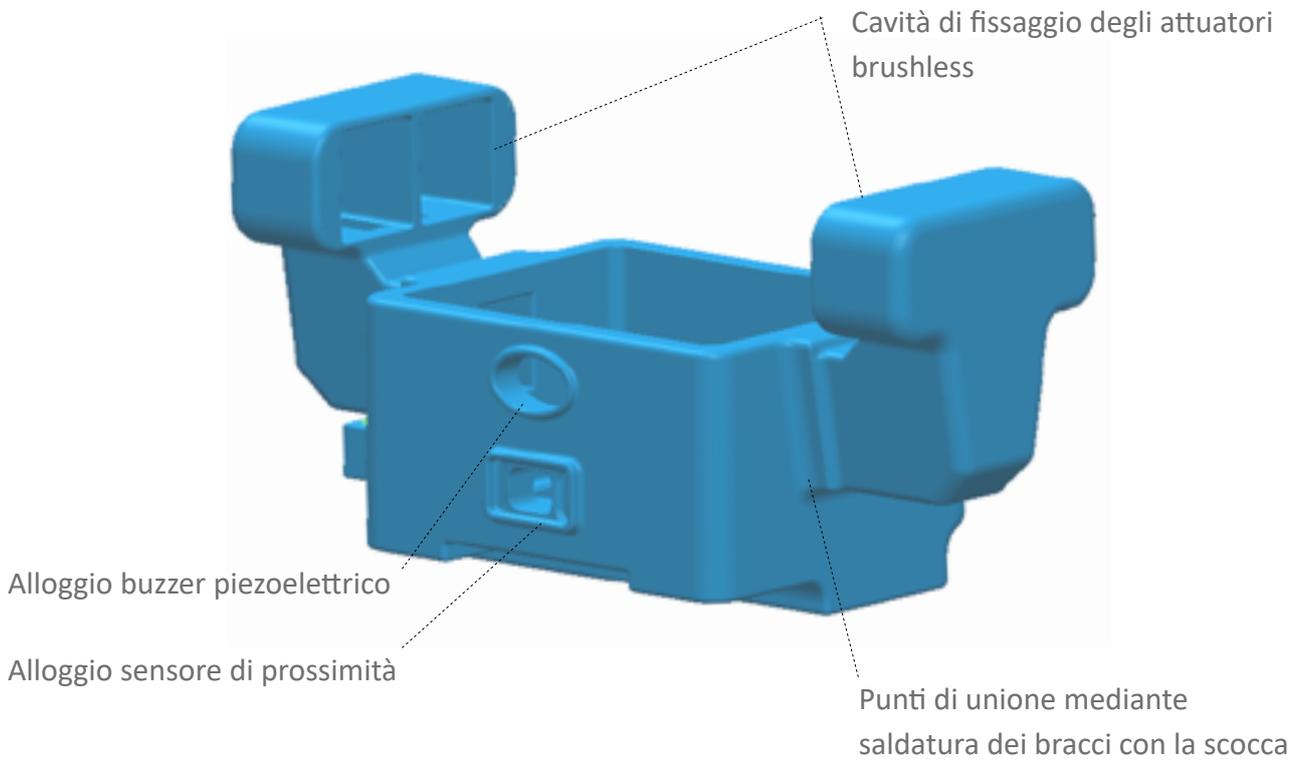
L'arresto dei dispositivi a fine corsa è consentito grazie all'installazione di appositi finecorsa elettromeccanici in prossimità delle estremità del braccio.

5.3 Configurazione tecnologia e formale

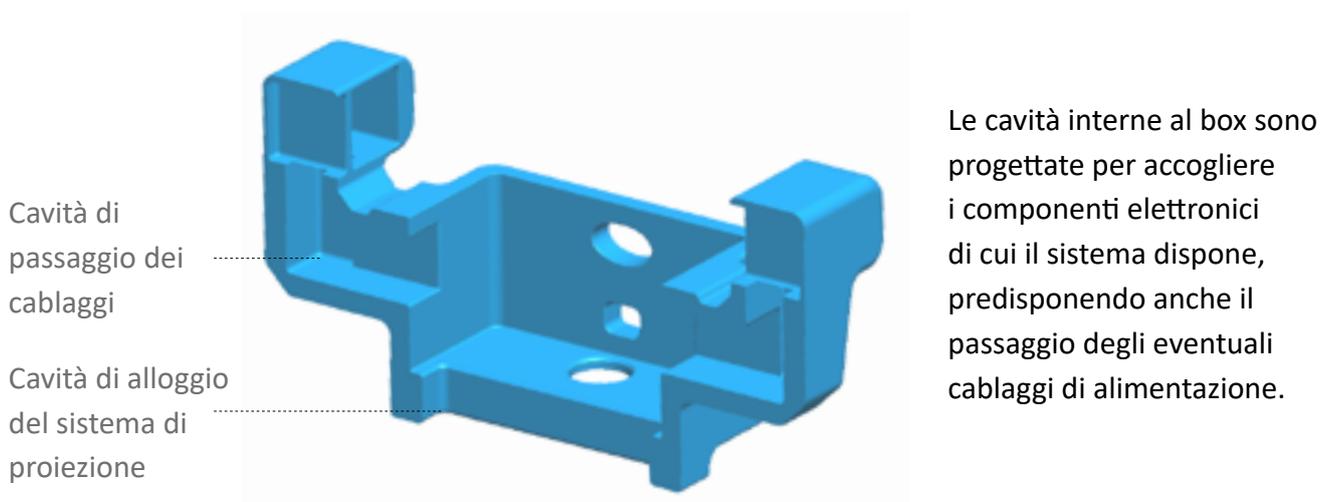
Di seguito è riportata la configurazione del sistema in cui sono indicati i componenti e i sistemi tecnologici implementati.

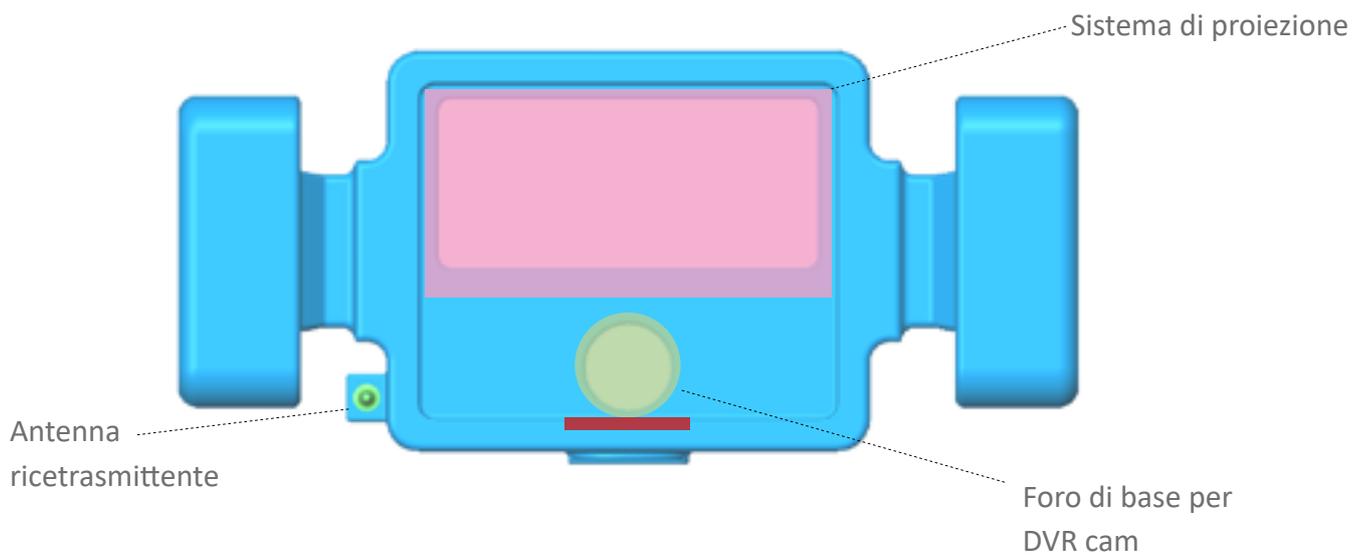


Conformazione dei dispositivi Sentinel 4.0

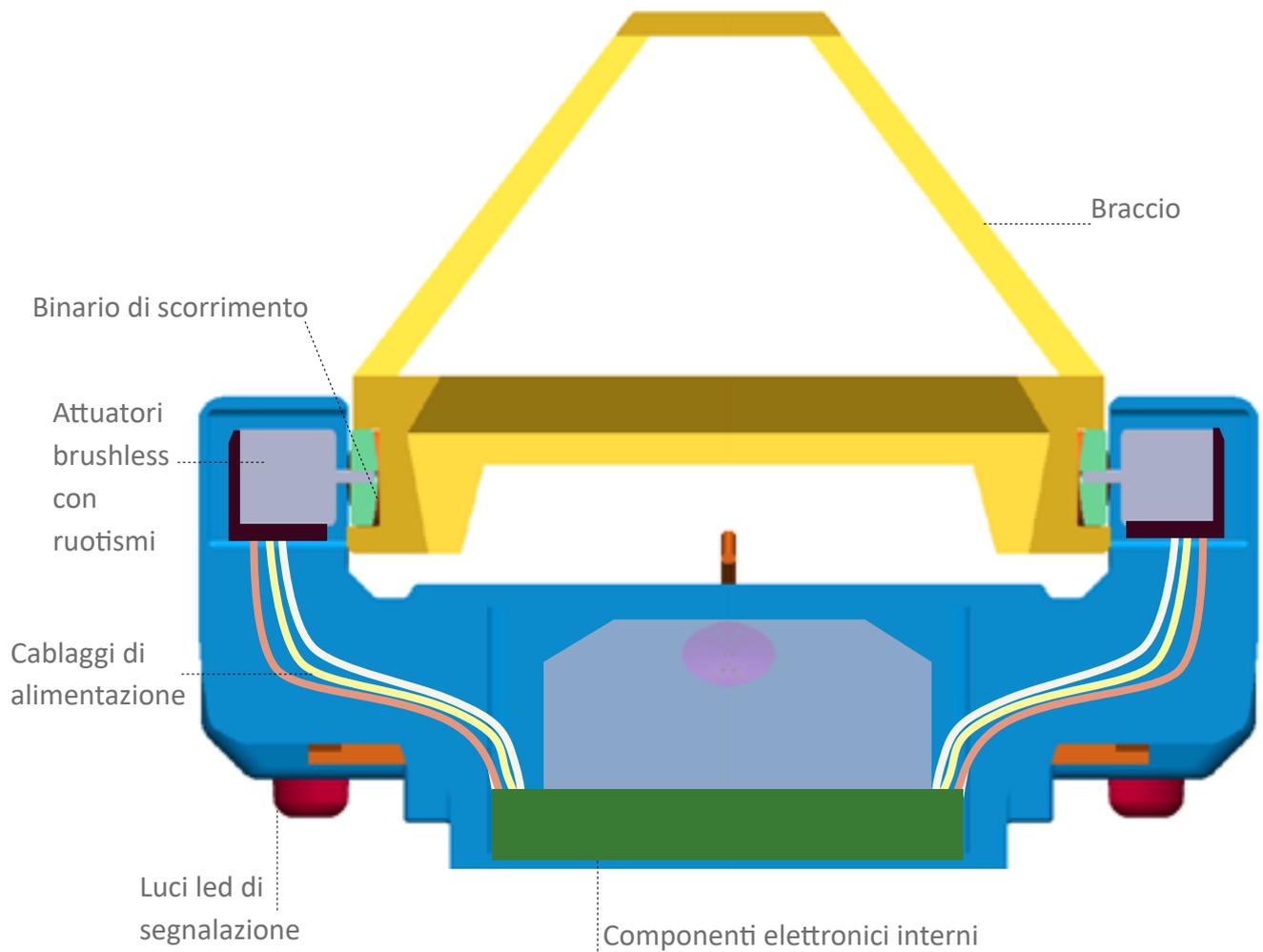


Sviluppo interno

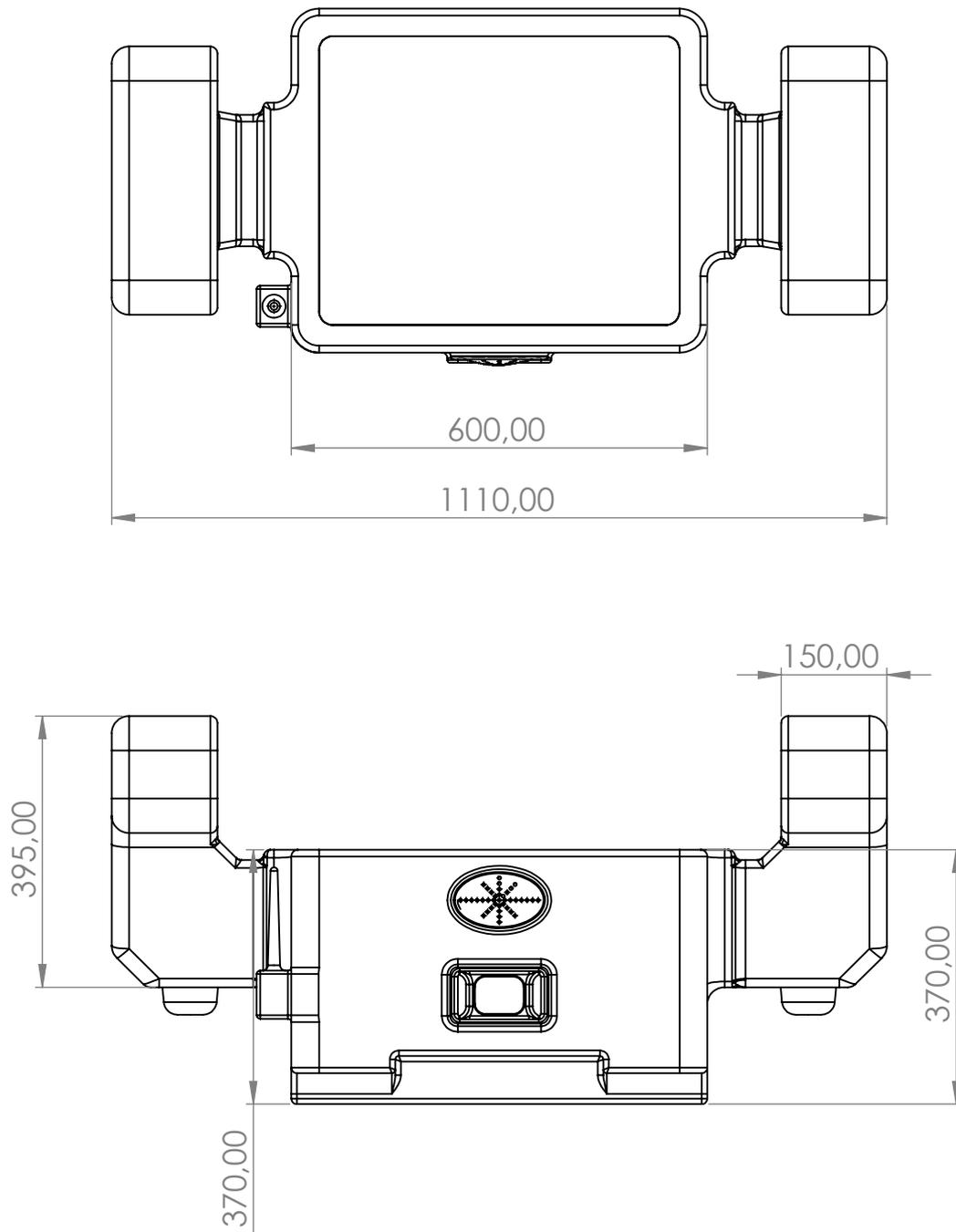




Disposizione delle parti interne

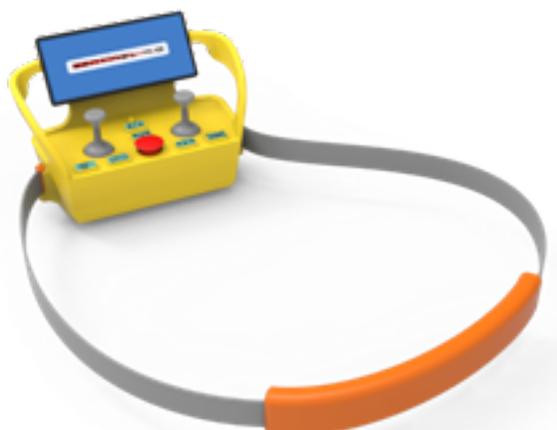


5.4 Dimensioni di massima (mm) - scala 1:10



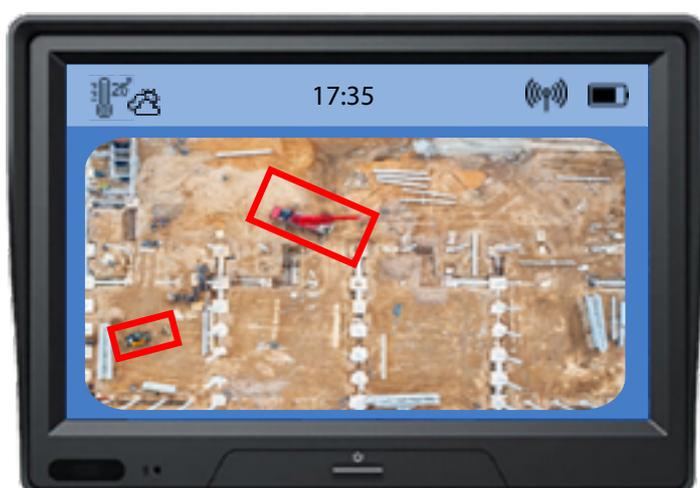
5.5 Radiocomando

Interfaccia della schermata iniziale



Nel progetto Sentinel 4.0 il radiocomando oltre ad essere l'unico elemento di pilotaggio della gru, è in grado di fungere anche da "ausilio" per il gruista che non sempre si trova nelle condizioni di visibilità adeguate che gli permettono di effettuare la manovra di movimentazione dei carichi in sicurezza. Oltre ai classici comandi di movimentazione della gru infatti, il radiocomando implementa anche un display in cui il gruista può monitorare alcuni parametri come ad esempio l'acquisizione dell'ingombro del carico, il video monitoraggio del raggio d'azione della gru, attuare la proiezione luminosa a terra e accompagnarla con un alert sonoro di sicurezza.

Interfaccia video monitoraggio



Quando viene selezionato il video monitoraggio, il gruista è in grado di controllare tramite il display l'area sottostante all'apparecchiatura in uso grazie al sistema di video sorveglianza presente sul corpo di uno dei dispositivi Sentinel. Questa sostanziale implementazione permette all'utente di essere tempestivamente informato circa la presenza di persone e/o ostacoli nel raggio di manovra della gru.

Interfaccia dell'acquisizione dell'ingombro del carico



In caso di necessità è possibile attivare l'acquisizione dell'ingombro del carico tramite apposito comando da fornire tramite il radiocomando. Il sistema intelligente implementato al sistema di sorveglianza identifica la sagoma del grave per poi elaborare i risultati della scansione e generare una pattern morfologico preimpostato da proiettare a terra.

Interfaccia proiezione



A seguito dell'acquisizione dell'ingombro entrambi i dispositivi del sistema Sentinel 4.0 restituiscono, grazie ad un'opportuno apparato di collimazione galvanometrica, una proiezione luminosa di colore rosso visibile a terra dell'area entro la quale non è consigliato avvicinarsi o transitare per ragioni di sicurezza. Inoltre l'area di sicurezza proiettata risulta più ampia dell'ingombro acquisito.

5.6 Sistema di proiezione e collimazione

Introduzione alla luce laser

La luce laser, acronimo di "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation", è una delle innovazioni tecnologiche più rivoluzionarie del XX secolo. Dalla sua invenzione nel 1960, il laser ha trovato applicazione in molteplici settori, dalla medicina alla comunicazione, dall'industria alla ricerca scientifica. Una delle caratteristiche distintive della luce laser è la sua coerenza, che permette di ottenere fasci di luce estremamente focalizzati e intensi. Questa proprietà ha reso i laser strumenti indispensabili per una vasta gamma di applicazioni, dove precisione e controllo sono fondamentali. Il funzionamento del laser si basa sul fenomeno dell'emissione stimolata, descritto per la prima volta da Albert Einstein. In un laser, gli atomi o le molecole del materiale attivo vengono eccitati tramite una fonte di energia esterna, provocando l'emissione di fotoni. Questi fotoni stimolano ulteriori emissioni di fotoni coerenti, generando un fascio di luce con caratteristiche uniche: monocromaticità, coerenza e collimazione. Queste proprietà rendono la luce laser ideale per applicazioni che richiedono precisione e alta intensità luminosa.

Laser a Stato Solido

I laser a stato solido rappresentano una categoria specifica di laser, in cui il mezzo attivo è un materiale solido, tipicamente un cristallo o un vetro, dopato con ioni di terre rare o metalli di transizione. Tra i laser a stato solido più diffusi vi sono il laser al neodimio (Nd) e il laser a titanio (Ti). Questi laser sono noti per la loro robustezza, efficienza e capacità di generare potenze elevate.

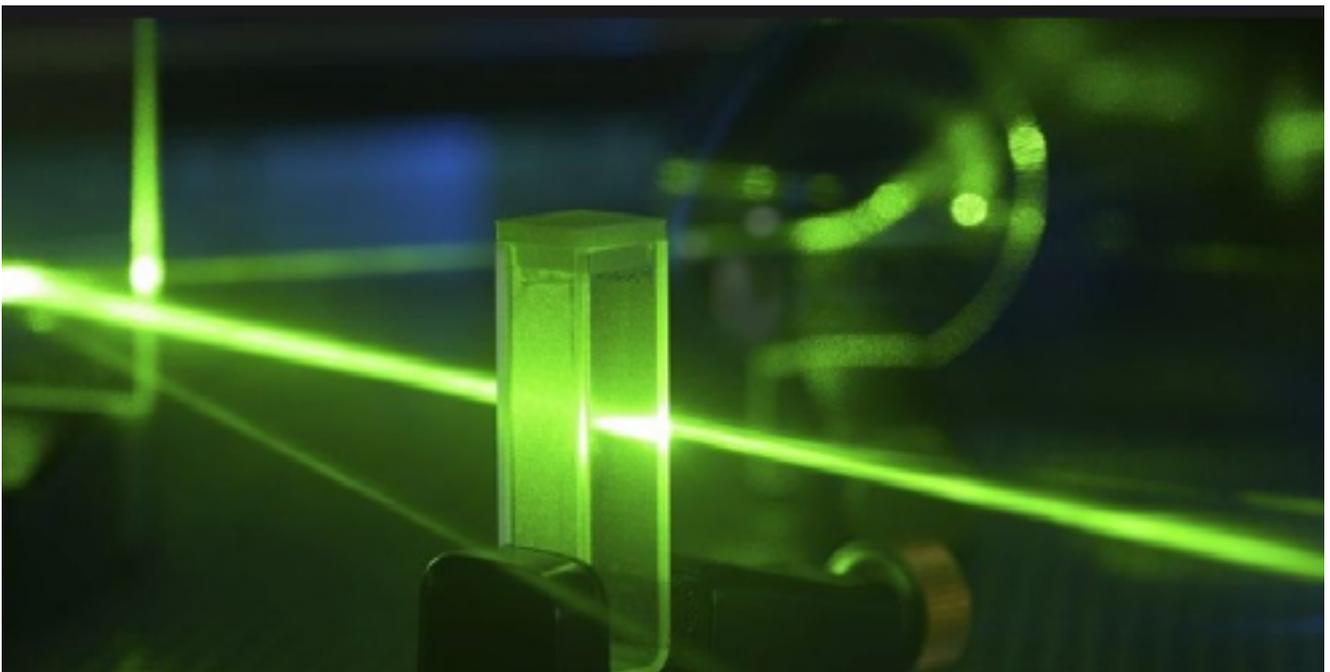
La struttura di un laser a stato solido include un materiale attivo solido, una fonte di pompaggio (spesso una lampada a flash o un diodo laser) e una cavità risonante per l'amplificazione del fascio luminoso. Questo tipo di laser è particolarmente apprezzato per la sua stabilità e per la possibilità di operare in diverse condizioni ambientali, rendendolo adatto a molteplici applicazioni industriali. In ambito produttivo, i laser a stato solido sono ampiamente utilizzati per la loro precisione e versatilità. Alcune delle principali applicazioni includono:

- **Taglio e Saldatura:** Permettono di realizzare tagli precisi e saldature di alta qualità su vari materiali.
- **Microlavorazione:** Utilizzati per operazioni di precisione come forature, incisioni e microstrutturazione.
- **Marchatura e Incisione:** Ideali per marcare e incidere una vasta gamma di materiali con alta precisione.

- **Trattamenti Superficiali:** Utilizzati per modificare le proprietà superficiali dei materiali, migliorandone resistenza e durezza.
- **Proiezioni Luminose di Sicurezza nei Cantieri Edili:** Una delle applicazioni emergenti e particolarmente innovative dei laser a stato solido è nel campo della sicurezza nei cantieri edili. In questo contesto, i laser vengono utilizzati per creare proiezioni luminose che delineano aree di sicurezza, percorsi pedonali e zone pericolose, migliorando significativamente la sicurezza dei lavoratori e la gestione del cantiere.

Le proiezioni luminose laser offrono numerosi vantaggi:

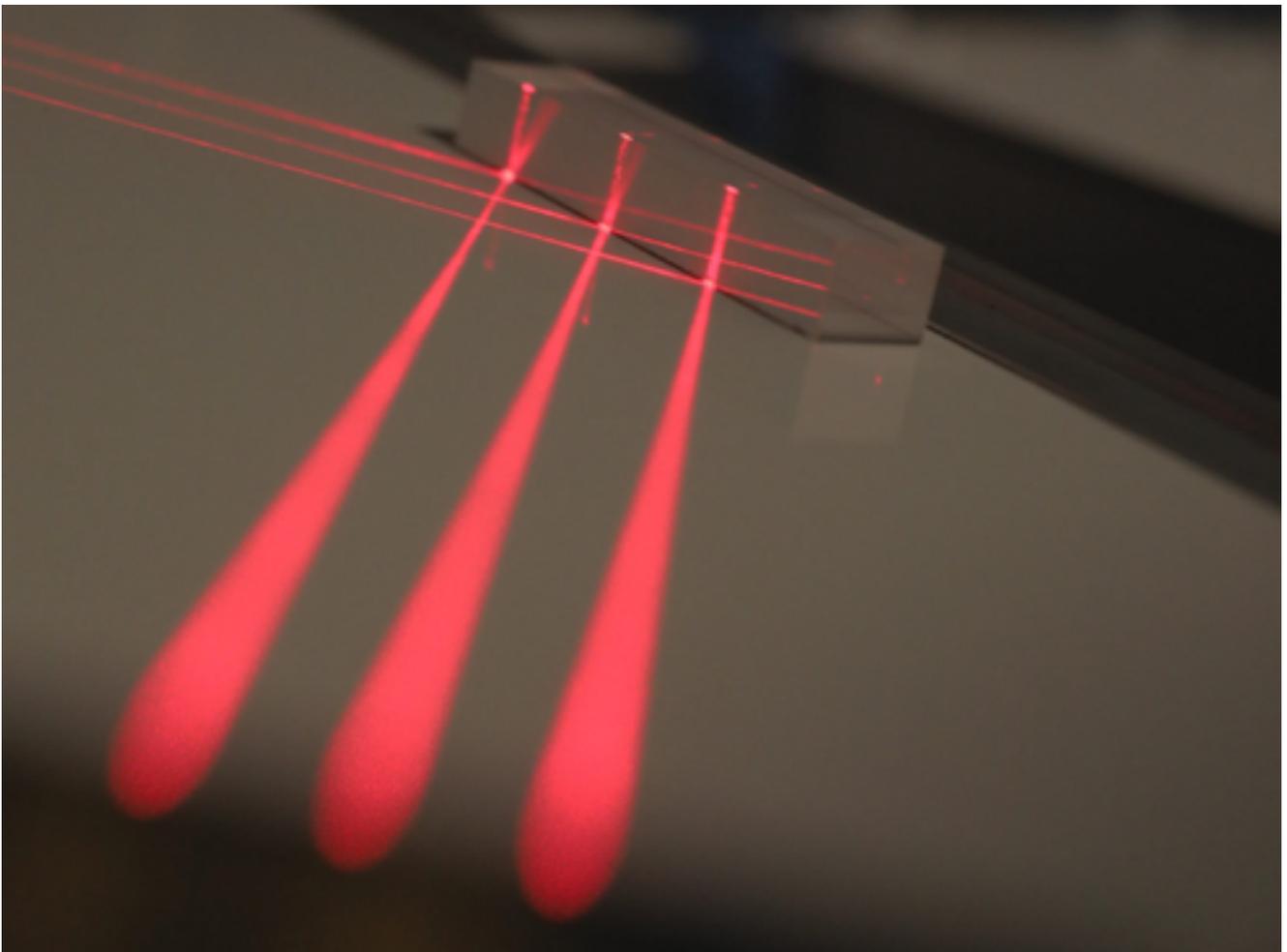
- **Visibilità Elevata:** I fasci laser sono altamente visibili anche in condizioni di luce intensa, garantendo che le indicazioni siano sempre chiare.
- **Precisione e Flessibilità:** I laser a stato solido possono essere programmati per proiettare linee, simboli e segnali personalizzati, adattandosi alle specifiche esigenze del cantiere.
- **Durabilità:** I laser a stato solido sono robusti e resistenti, adatti a operare in ambienti difficili tipici dei cantieri edili.



Rifrazione e proiezione della luce laser

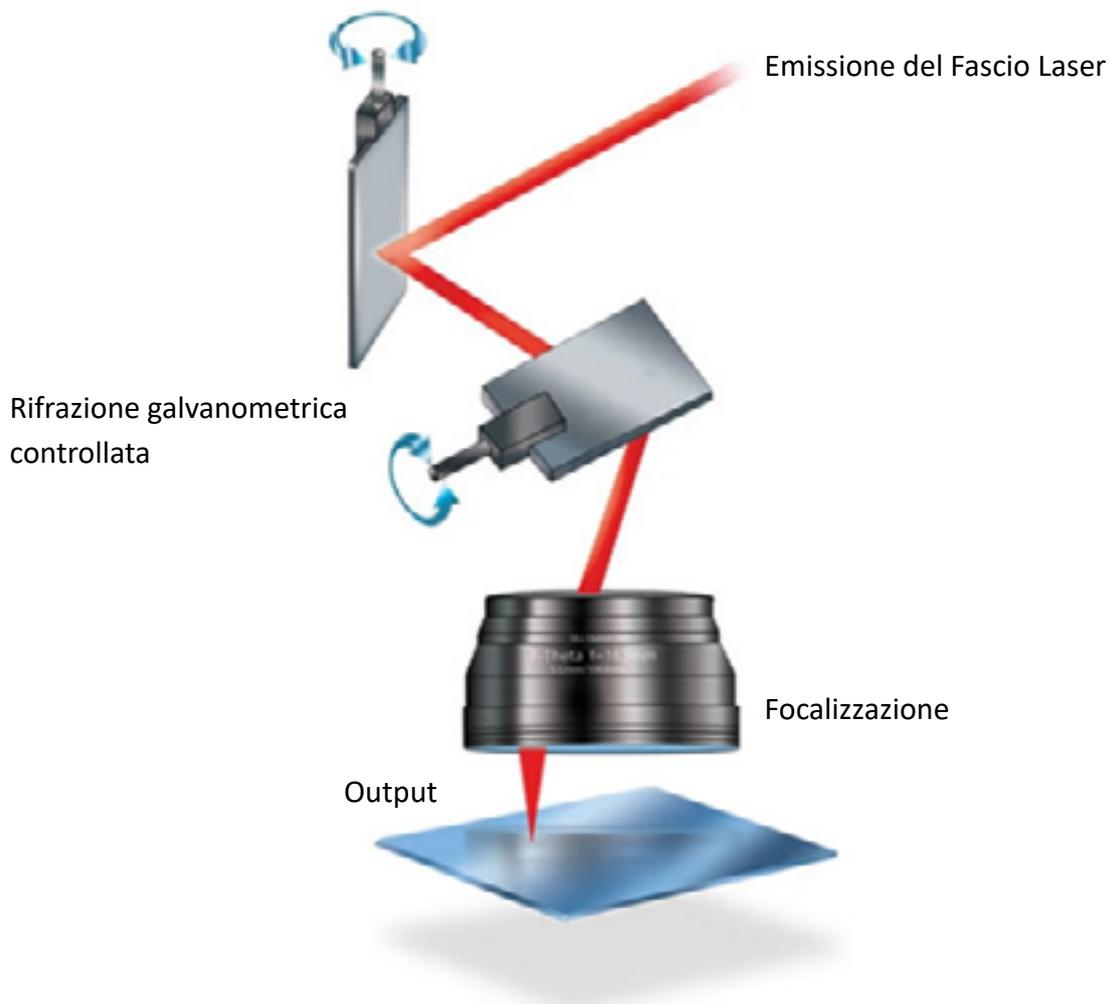
La luce laser può essere riflessa e collimata mediante sistemi di ottiche galvanometriche, questa tecnica avanzata è utilizzata per manipolare e dirigere il fascio laser con alta precisione e velocità. I sistemi galvanometrici, o galvanometri, sono dispositivi elettromeccanici controllati digitalmente che sfruttano specchi montati su motori elettrici per deviare il fascio laser in base a segnali di ingresso. Questi specchi possono muoversi rapidamente e con angoli molto precisi, permettendo di controllare la direzione del fascio laser in tempo reale.

Il cuore di un sistema di ottiche galvanometriche è costituito da uno o più specchi montati su giunti rotanti controllati da motori galvanometrici. Questi motori ricevono segnali elettrici di controllo da un computer o un altro sistema di controllo, che traduce le istruzioni in movimenti fisici degli specchi. Il fascio laser colpisce lo specchio galvanometrico, che lo riflette e lo devia verso la direzione desiderata.



Il processo di rifrazione della luce laser mediante ottiche galvanometriche può essere suddiviso nei seguenti passaggi:

- 1) Emissione del Fascio Laser e interazione con gli Specchi Galvanometrici: Il fascio laser incide su uno specchio galvanometrico, il cui angolo di riflessione è controllato elettronicamente.
- 2) Deviazione del Fascio: Lo specchio galvanometrico devia il fascio laser nella direzione desiderata. Questo angolo di deviazione può essere regolato rapidamente e con grande precisione.
- 3) Ulteriori Deviazioni: In sistemi più complessi, il fascio laser può passare attraverso una serie di specchi galvanometrici per deviazioni multi-asse, consentendo movimenti tridimensionali del fascio.
- 4) Proiezione di Sagome Prestabilite: Grazie alla precisione e alla velocità del sistema galvanometrico, è possibile programmare e proiettare sagome luminose prestabilite. Queste sagome possono includere linee, forme geometriche, simboli di sicurezza e altri segnali visivi.
- 5) Focalizzazione e Utilizzo Finale: Dopo essere stato deviato, il fascio laser può essere focalizzato tramite lenti aggiuntive per applicazioni specifiche, come la marcatura, il taglio, o la proiezione luminosa.

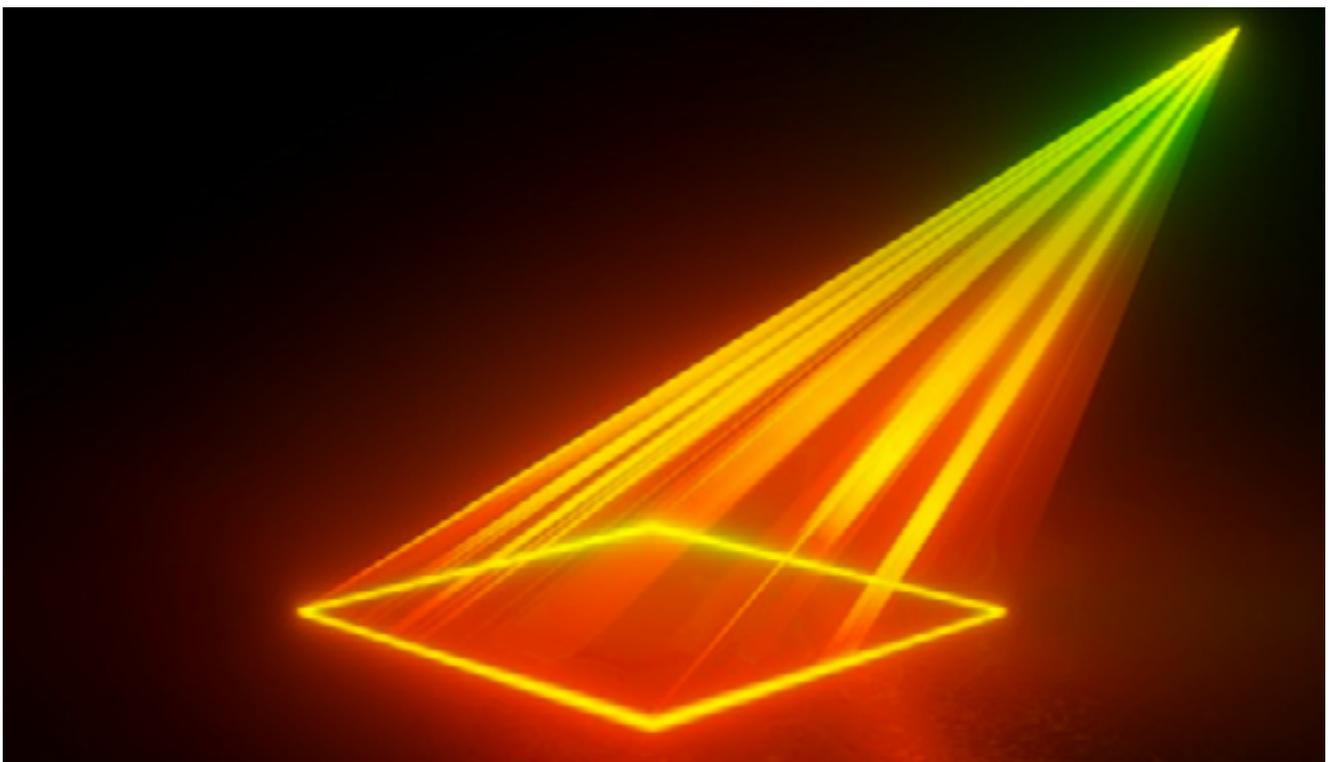


Acquisizione dell'ingombro e definizione del pattern da proiettare

É possibile definire la forma di un pattern desiderato a seguito dell'acquisizione da parte di una DVR cam (Digital Video Recorder camera) o di una qualsiasi telecamera o sistema di visione. Tuttavia, questo processo di definizione dipenderà dalle capacità del software di elaborazione delle immagini e di controllo del sistema galvanometrico utilizzato.

Ecco come potrebbe avvenire il processo:

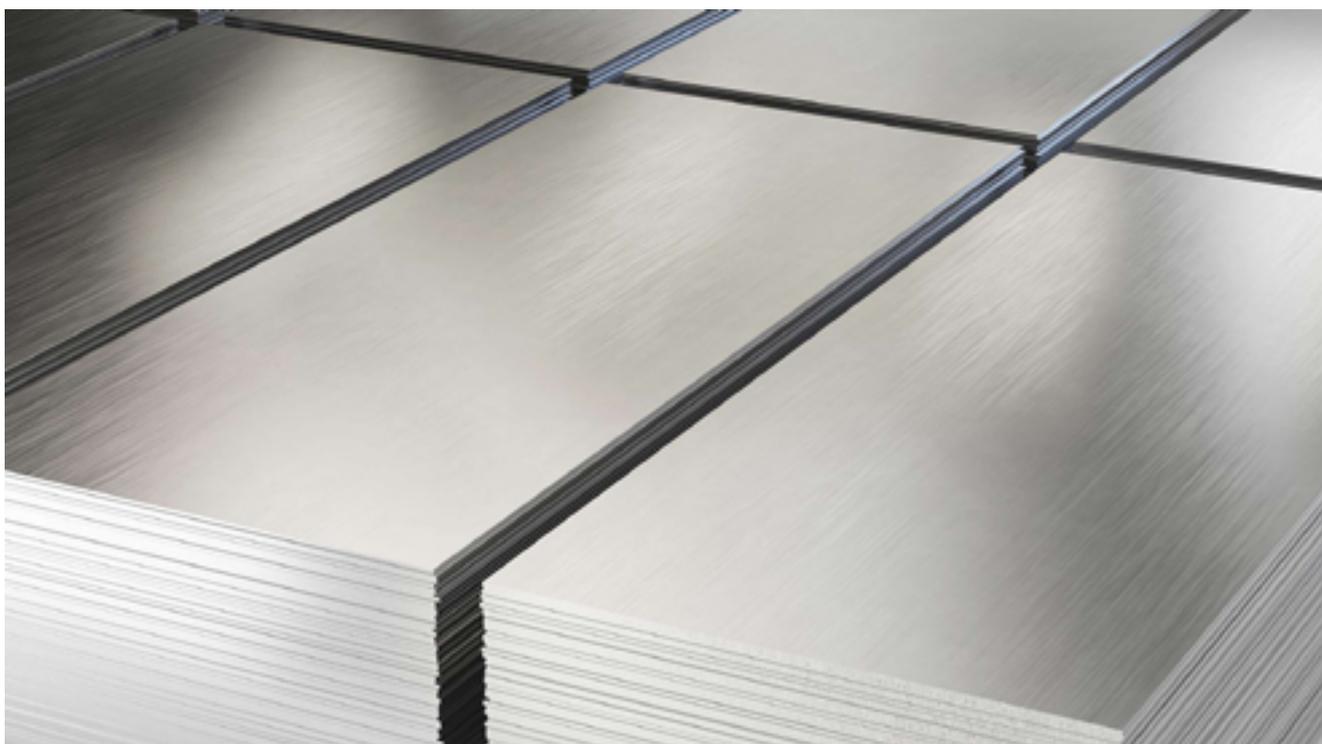
- 1) **Acquisizione dell'immagine:** La telecamera acquisisce un'immagine della forma o del pattern desiderato. Questa immagine può essere di una forma fisica, come un logo su un oggetto, una struttura geometrica su un pezzo, o qualsiasi altro elemento visibile alla telecamera.
- 2) **Elaborazione dell'immagine:** Il software di elaborazione delle immagini o il software associato alla DVR cam può essere utilizzato per estrarre e interpretare la forma desiderata dall'immagine acquisita. Questo processo può includere la segmentazione dell'oggetto, l'estrazione dei contorni, il rilevamento dei punti chiave o altre tecniche di analisi dell'immagine per identificare la forma desiderata.
- 3) **Definizione del pattern:** Una volta identificata e elaborata l'immagine dell'oggetto o della forma, il software può generare un file di dati che definisce il pattern corrispondente. Questo file potrebbe essere un file vettoriale, una serie di punti di coordinate, o un'altra rappresentazione digitale che il sistema galvanometrico può interpretare per proiettare la forma desiderata.
- 4) **Trasmissione al sistema galvanometrico:** Il file di definizione del pattern viene quindi inviato al sistema galvanometrico, che utilizza le sue scansioni precise e veloci per proiettare il pattern sulla superficie di destinazione.



5.7 Materiali e tecnologie di produzione

L'alluminio

Il materiale scelto per i dispositivi Sentinel 4.0 è l'alluminio, selezionato grazie alle sue peculiarità che combinano leggerezza, resistenza e versatilità. Questo metallo, il più abbondante in natura, si distingue per la sua bassa densità e l'elevata resistenza alla corrosione, caratteristiche che lo rendono ideale per applicazioni in cui il peso ridotto e la durabilità sono cruciali. Per migliorare ulteriormente la resistenza agli agenti atmosferici e alla corrosione, è stato scelto di utilizzare il trattamento di anodizzazione sull'alluminio con seguente verniciatura. L'anodizzazione è un trattamento che crea uno strato protettivo di ossido che non solo aumenta la durezza superficiale del materiale, ma ne migliora anche l'estetica con una finitura uniforme e resistente. Questo trattamento, oltre a proteggere l'alluminio, ne esalta la conducibilità termica ed elettrica e mantiene inalterata la facilità di lavorazione. La combinazione di questi attributi porta l'alluminio ad essere ampiamente utilizzato in settori come l'automotive, l'aerospaziale, l'edilizia e, naturalmente, il design dei prodotti industriali.



Tecniche di lavorazione dell'alluminio

La lavorazione dell'alluminio con macchine utensili rappresenta un aspetto cruciale nella realizzazione di componenti di qualsiasi complessità. Grazie alla sua duttilità e facilità di lavorazione, l'alluminio è ideale per essere lavorato con tecnologie avanzate come i centri di lavoro CNC. Queste macchine, dotate di capacità di movimento su più assi, permettono di eseguire lavorazioni complesse con elevata precisione e ripetibilità. L'utilizzo dei centri di lavoro CNC multiasse consente di ridurre significativamente i tempi di produzione e di migliorare la qualità del prodotto finito, grazie alla possibilità di realizzare geometrie intricate e dettagliate in un unico setup. La lavorazione multiasse è particolarmente vantaggiosa per creare superfici tridimensionali e dettagli fini, che sono spesso richiesti nei progetti di design avanzato. Inoltre, i centri di lavoro CNC offrono una grande flessibilità nella produzione, permettendo rapide modifiche ai programmi di lavorazione in risposta a esigenze progettuali variabili. La capacità di lavorare l'alluminio con precisione micrometrica garantisce la realizzazione di componenti con tolleranze strette, essenziali per applicazioni in settori ad alta tecnologia come l'aerospaziale, l'automotive e il medicale. Integrare quindi l'alluminio nelle lavorazioni multiasse dei centri di lavoro CNC rappresenta un'ottima combinazione che esalta le proprietà del materiale, assicurando al contempo efficienza produttiva e qualità elevata nei risultati finali.

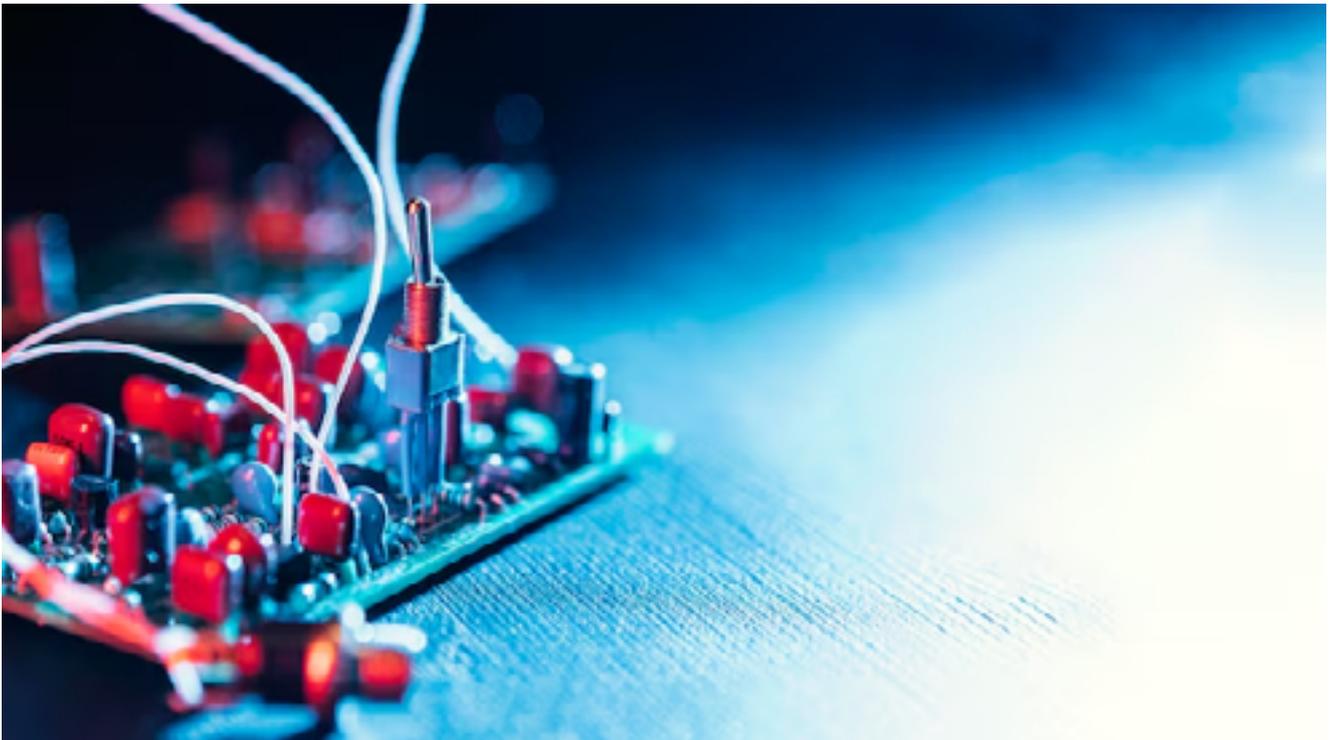


5.8 Selezione dei componenti elettronici

Per lo sviluppo del progetto Sentinel 4.0 la selezione dei componenti elettronici è stata fondamentale per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Per garantire un monitoraggio preciso e affidabile, Sentinel 4.0 utilizza dei sensori che sono integrati nel sistema per raccogliere dati in tempo reale dall'ambiente circostante. Un altro componente cruciale del Sentinel 4.0 è il modulo di comunicazione. Questo modulo consente al sistema di inviare e ricevere dati attraverso collegamenti wireless, permettendo un monitoraggio remoto efficiente e la possibilità di reagire rapidamente a situazioni critiche. La scelta di un modulo di comunicazione affidabile e a bassa latenza è stata essenziale per garantire che il sistema possa operare in tempo reale e mantenere una connessione sempre stabile.

In questa sezione sono elencati i componenti elettronici scelti e il loro ruolo nello sviluppo progettuale.



Sistema DVR Cam

Nel progetto la Dvr Cam ha come obiettivo l'identificazione e la focalizzazione del carico e del monitoraggio del raggio d'azione della gru ed è implementata su uno dei dispositivi semoventi.



La DVR cam, abbreviazione di Digital Video Recorder Camera, rappresenta un avanzamento significativo nel campo della sorveglianza e sicurezza. Questi dispositivi integrano una telecamera di alta qualità con un sistema di registrazione digitale, consentendo la cattura e l'archiviazione efficiente di video. Tra le funzioni principali delle DVR cam si annoverano la registrazione continua e quella attivata dal rilevamento di movimento, la visione notturna grazie alla tecnologia a infrarossi, e la possibilità di accesso remoto attraverso applicazioni dedicate, che permettono di monitorare in tempo reale le aree sorvegliate. Un aspetto particolarmente innovativo di queste videocamere è la capacità di identificare e tracciare oggetti nelle immediate vicinanze. Attraverso l'utilizzo di avanzati algoritmi di intelligenza artificiale e machine learning, le DVR cam sono in grado di distinguere tra persone, veicoli e altri oggetti, inviando notifiche tempestive in caso di attività sospetta. Questa capacità non solo migliora la sicurezza domestica, ma è anche di fondamentale importanza per applicazioni commerciali e industriali, offrendo un controllo e una protezione degli spazi sorvegliati significativamente migliorati.

Diodi led di segnalazione



Nel progetto, precisamente a bordo dei dispositivi semoventi Sentinel, sono stati implementate delle luci ad alta intensità di colore rosso che fungono da feedback luminoso. I LED, acronimo di Light Emitting Diode (diodo a emissione luminosa), sono dispositivi semiconduttori che emettono luce quando attraversati da corrente elettrica. I LED sono noti per la loro elevata efficienza energetica, lunga durata e capacità di emettere una luce intensa e ben visibile anche in ambienti luminosi. Esistono diverse tipologie di LED, tra cui i LED ad alta potenza, i LED SMD (Surface-Mounted Device) e i LED COB (Chip on Board), ciascuna con specifiche caratteristiche adatte a varie applicazioni. I LED ad alta potenza, come quelli utilizzati nel progetto, sono progettati per fornire un'illuminazione intensa e concentrata, ideale per segnali di stato e avvisi.

La scelta del colore rosso non è casuale: la luce rossa è facilmente riconoscibile dall'occhio umano e tende a richiamare l'attenzione immediatamente, rendendola ideale per segnalazioni di stato e avvisi di allarme. Inoltre, i LED rossi hanno una bassa tensione di soglia, che contribuisce ulteriormente alla riduzione del consumo energetico del sistema complessivo. L'integrazione di questo componente nel progetto ha migliorato l'interfaccia utente, fornendo un feedback visivo chiaro e affidabile.

Beeper piezoelettrico



Il buzzer è stato implementato con lo scopo di sensibilizzare gli utenti a spostarsi dalla zona di pericolo, nel caso in cui si trovassero nel raggio d'azione della gru. Infatti nel contesto delle apparecchiature edili, come le gru, l'implementazione di un beeper piezoelettrico rappresenta un elemento cruciale per garantire la sicurezza e l'efficienza operativa. I beeper piezoelettrici sono dispositivi elettroacustici che sfruttano le proprietà piezoelettriche di determinati materiali per generare suoni acuti e penetranti. Questi segnali sonori vengono utilizzati principalmente come allarmi e avvisi acustici per attirare l'attenzione degli operatori e del personale di cantiere su situazioni potenzialmente pericolose o su operazioni specifiche in corso. La scelta di un beeper piezoelettrico è dettata da vari fattori, tra cui la sua alta affidabilità, il basso consumo energetico e la capacità di produrre suoni di alta intensità con dimensioni compatte. Inoltre, i beeper piezoelettrici hanno una risposta rapida e una lunga durata operativa, rendendoli particolarmente adatti per l'uso in ambienti industriali severi. La loro integrazione nelle gru consente di fornire avvisi immediati e chiaramente udibili in situazioni critiche, come il movimento di carichi pesanti, l'avvicinamento a ostacoli o la necessità di manutenzione urgente, contribuendo significativamente a ridurre il rischio di incidenti e a migliorare la comunicazione e la coordinazione sul cantiere.

Beeper piezoelettrico



I sensori di prossimità nel progetto Sentinel 4.0 impediscono la collisione dei dispositivi semoventi con il carrello della gru, questi sensori infatti identificano la presenza di oggetti nelle immediate vicinanze, elaborano l'acquisizione e, nel caso dei dispositivi del progetto Sentinel 4.0, restituiscono un feedback di arresto e/o cambio direzione. I sensori di prossimità a ultrasuoni utilizzano onde sonore ad alta frequenza per determinare la distanza tra il sensore stesso e un oggetto. Funzionano emettendo un impulso ultrasonico e misurando il tempo impiegato dall'eco riflessa per tornare al sensore, permettendo così di calcolare la distanza con grande precisione.

Esistono vari tipi di sensori a ultrasuoni, tra cui quelli a corto raggio, ideali per rilevazioni precise in spazi ridotti, e quelli a lungo raggio, utilizzati per monitorare distanze maggiori. I sensori di prossimità a ultrasuoni sono noti per la loro affidabilità e versatilità in diversi ambienti operativi, inclusi quelli con polvere, sporco e umidità, che potrebbero compromettere il funzionamento di altri tipi di sensori.

Questo tipo di sensore è stato scelto per la sua capacità di fornire feedback di movimento precisi indipendentemente dalle condizioni ambientali, inoltre, la natura non invasiva del rilevamento a ultrasuoni rende questo sensore ideale per applicazioni che richiedono un'interazione senza contatto, riducendo così l'usura e la necessità di manutenzione.

Motori brushless quadrati a basso numero di giri



Gli attuatori brushless a ridotto numero di giri, accorpati a dei ruotismi, consentono ai dispositivi Sentinel di muoversi autonomamente sul binario della gru. Nel progetto sono state implementate due coppie di motori per dispositivo.

I motori brushless sono ideali per applicazioni che richiedono spostamenti accurati e tempestivi. Sono noti anche come BLDC (Brushless Direct Current) motors, sono motori elettrici che non utilizzano spazzole per commutare l'energia elettrica, riducendo così l'usura e la necessità di manutenzione. I motori brushless quadrati, grazie alla loro particolare geometria, offrono un controllo preciso della posizione e della velocità, caratteristica essenziale per movimenti controllati e accurati.

Questi motori operano a basso numero di giri, il che significa che sono progettati per funzionare a velocità ridotte ma con una coppia elevata. Questa combinazione è particolarmente vantaggiosa in applicazioni dove è necessario un controllo preciso del movimento, come nei sistemi di automazione industriale, nelle apparecchiature mediche e nei robot. La bassa velocità operativa consente di ridurre al minimo le vibrazioni e il rumore, migliorando così la stabilità e la precisione del sistema.

Questi motori sono dotati di sensori di posizione integrati, come encoder o resolver, che forniscono un feedback continuo sulla posizione del rotore. Questo feedback permette di effettuare regolazioni in tempo reale, garantendo movimenti precisi e reattivi. Inoltre, l'assenza di spazzole riduce il rischio di interferenze elettromagnetiche, migliorando l'affidabilità complessiva del sistema.

Finecorsa elettromeccanici



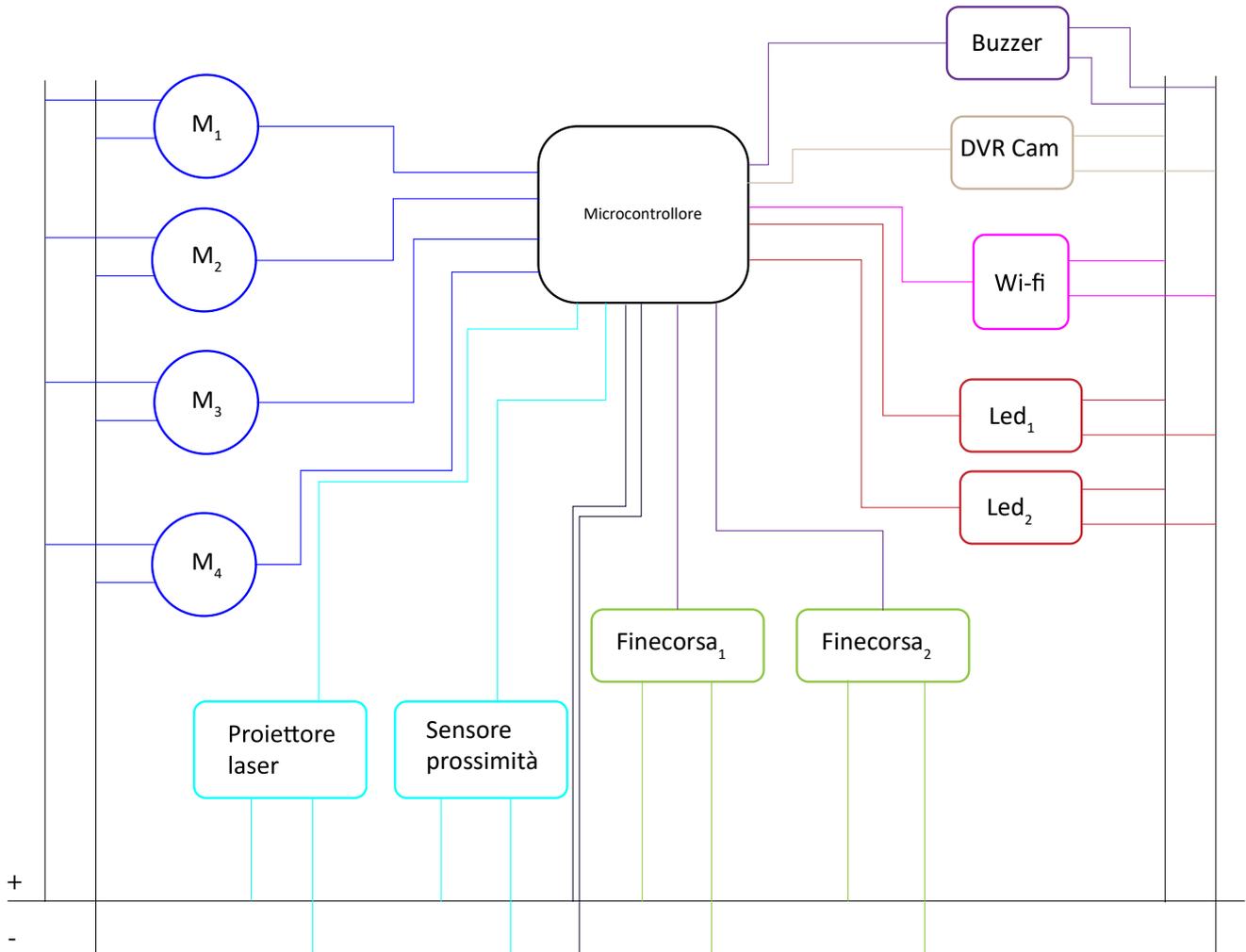
I finecorsa elettromeccanici vengono montati alle estremità del braccio della gru in modo da arrestare i dispositivi semoventi alla fine del braccio.

I finecorsa elettromeccanici sono dispositivi essenziali per il controllo della posizione e il limite di movimento di moltissime apparecchiature. I finecorsa elettromeccanici sono interruttori azionati meccanicamente che servono a rilevare la presenza o la posizione di un oggetto, interrompendo o modificando il circuito elettrico quando il dispositivo raggiunge un punto specifico. Questi dispositivi sono composti da una leva o un pistone che viene spostato dall'oggetto in movimento, attivando un interruttore interno che apre o chiude un circuito elettrico.

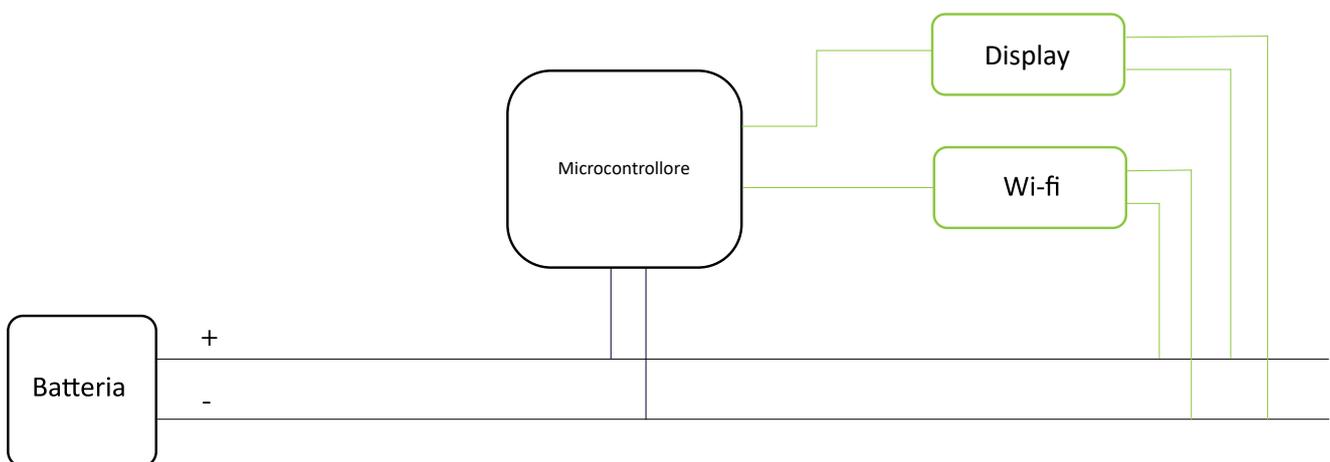
Il funzionamento dei finecorsa elettromeccanici è basato su un principio semplice ma efficace: quando un componente in movimento, come un braccio meccanico o un carrello, tocca la leva del finecorsa, l'interruttore viene attivato, inviando un segnale al sistema di controllo per fermare o modificare il movimento. Questo meccanismo permette di prevenire il superamento dei limiti di corsa e di evitare danni meccanici o situazioni di pericolo. I finecorsa elettromeccanici sono apprezzati per la loro robustezza e affidabilità in condizioni ambientali difficili, come polvere, sporco e umidità, tipiche dei cantieri. La loro struttura meccanica semplice ma robusta li rende resistenti a urti e vibrazioni, garantendo un funzionamento continuo e sicuro anche nelle situazioni più impegnative.

5.9 Schematici

Schema logico di un dispositivo di proiezione

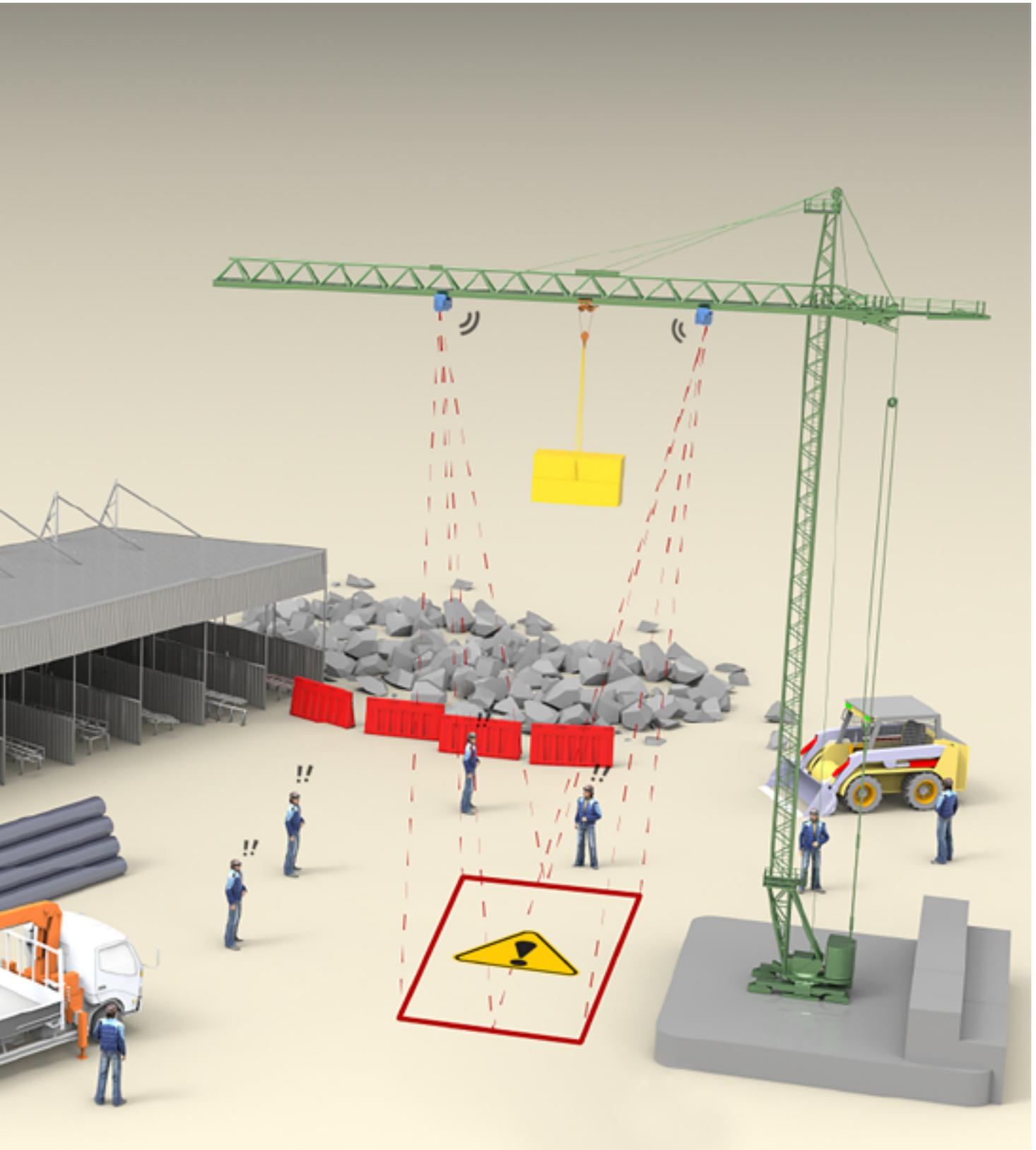


Schema logico del radiocomando



5.10 Ambientazione





6 Conclusioni

Lo sviluppo progettuale è stato frutto di una ricerca di base che ha condotto allo sviluppo del sistema Sentinel 4.0 .

I dispositivi gemelli fissati sul braccio della gru rappresentano il cuore dell'apparato di automazione, essi implementano a loro volta dei sistemi elettronici e digitali in grado di attuare varie funzionalità inviate dall'addetto al pilotaggio della gru.

L'avanzamento progettuale ha consentito di formalizzare i dispositivi attraverso un software parametrico per poi schematizzare il tutto in scenari di funzionamento e di sviluppo dei requisiti progettuali, terminando poi con una ambientazione che raffigura l'interazione del sistema con l'ambiente e le persone circostanti.

In conclusione, l'idea di intraprendere questo progetto relativo al tema della sicurezza sul luogo di lavoro è subordinato alla sempre più elevata frequenza di denunce di infortunio, è così che il caso studio sviluppato rappresenta un primo passo per l'ideazione di un nuovo sistema di dispositivi di sicurezza, in grado di sensibilizzare fortemente sia l'utente che manovra la gru che le persone che si trovano nel raggio d'azione dell'apparecchio in funzione.

7 Riferimenti

Bibliografia

- *Dati Inail: ANDAMENTO DEGLI INFORTUNI SUL LAVORO E DELLE MALATTIE PROFESSIONALI. ISSN 2035-5645, N° 12 Dicembre 2023 a cura dell'INAIL*
- *Gru a torre - Manuale a cura dell'ing. Giuseppe Santoro*
- *Lavorare con la gru - la sicurezza prima di tutto (2008). Articolo di Gilberto Ugolini, Direttore Ufficio Sicurezza del Lavoro. Editore Provincia autonoma Bolzano - Alto Adige, ripartizione lavoro*
- *La progettazione della sicurezza nel cantiere a cura di Raffaele Sabatino e Antonio Di Muro*
- *Labor tutor INAIL per lavoratori e datori di lavoro, ed. 2011 a cura dell'INAIL*

Banche dati consultate

- *InforMo web INAIL*

Sitografia

- <https://it.wikipedia.org/wiki/Sicurezza>
- <https://unric.org/it/agenda-2030/>
- <https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2021-05/PNR2021-2027.pdf>
- <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm>
- https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilo-rome/documents/publication/wcms_615731.pdf
- <https://www.selcoerp.it/industria-manifatturiera/>
- <https://www.federmeccanica.it/centro-studi/industria-metalmeccanica.html>
- <https://italiaindati.com/morti-ed-infortuni-sul-lavoro-in-italia/>
- <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-glossario-di-ergonomiapdf.pdf>
- <https://www.corsisicurezzaitalia.it/glossario/>
- https://www.istat.it/it/files//2021/11/Salute_e_sicurezza_sul_lavoro_-2020_Istat_Eurostat.pdf
- <https://store.uni.com/uni-en-13155-2009>
- https://www.ats-brianza.it/images/pdf/impiantistica/sollevatori_magnetici.pdf
- <https://movimentazionemanualedeicarichi.blog/sollevatore-magnetico-come-funziona/#:~:text=I%20>

sollevatori%20magnetici%20sono%20frequentemente,sono%20realizzati%20utilizzando%20il%20neodimio.
<https://spisal.aulss9.veneto.it/index.cfm?method=mys.apridoc&iddoc=2226>
<https://www.assolombarda.it/servizi/salute-e-sicurezza-sul-lavoro/documenti/2-dicembre-2015-presentazione-marco-ghisleni-apparecchi-di-sollevamento>
<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-labor-tutorpdf.pdf>
<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-labor-tutorpdf.pdf>
<https://www.inail.it/cs/internet/attivita/ricerca-e-tecnologia/area-salute-sul-lavoro/sistemi-di-sorveglianza-e-supporto-al-servizio-sanitario-nazionale/informo.html?id1=6443100702293#anchor>
<https://www.puntosicuro.it/imparare-dagli-errori-C-99/imparare-dagli-errori-gli-incidenti-con-gli-accessori-di-sollevamento-AR-20264/>
<https://www.sick.com/it/it/sicurezza-dei-carrelli-elevatori-tutte-le-tecnologie-per-tutelare-i-lavoratori/w/blog-it-sicurezza-carrelli-elevatori/>
https://www.adi-design.org/2023_l00821
<https://www.linde-mh.it/it/Chi-e-Linde/Innovazioni-Linde/Linde-Safety-Guard.html>
<https://www.linde-mh.it/it/Chi-e-Linde/Innovazioni-Linde/Sensore-di-protezione-dello-scaffale/>
<https://www.progtech.it/>
<https://cad42.com/it/anticollisione-universale/>
<https://cad42.com/it/gru-a-torre-anti-collisione-gru-mobili/>
<https://cad42.com/it/marcia-pedonale-anticollisione/>
<https://www.puntosicuro.it/attrezzature-macchine-C-45/cantieri-in-sicurezza-come-prevenire-i-rischi-con-le-gru-a-torre-AR-16238/>
<https://www.puntosicuro.it/imparare-dagli-errori-C-99/imparare-dagli-errori-i-rischi-della-movimentazione-dei-carichi-AR-10867/>

