

FORMAZIONE

MANUALE DEL CORSO

Sezione 2 - Richiami di meccanica elementare

GRU MOBILE



CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

ing. Diego Sivilotti – CranEng S.r.l.

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

ALCUNI RICHIAMI DI MECCANICA ELEMENTARE

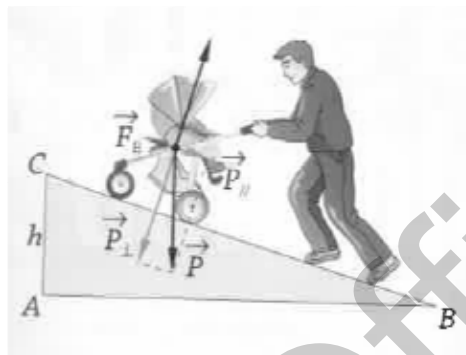
Prima di iniziare ad analizzare gli aspetti tecnici generali che caratterizzano le diverse tipologie di apparecchi di sollevamento è opportuno richiamare alcuni semplici concetti di meccanica elementare

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

IL PIANO INCLINATO



Il piano inclinato è una delle modalità di sollevamento dei carichi più antica

Consente infatti di muovere un corpo lungo una rampa applicando una forza molto più piccola rispetto a quella richiesta per il sollevamento lungo la verticale

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

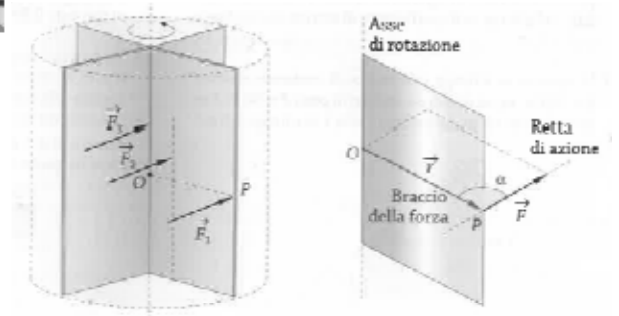


Il momento di una forza rispetto a un punto O è il prodotto fra l'intensità della forza F e il braccio h :

momento (N·m) = braccio (m) · forza (N)

$M = Fh$

IL MOMENTO DI UNA FORZA



CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

La fisica di ogni giorno

Per fare meno fatica...



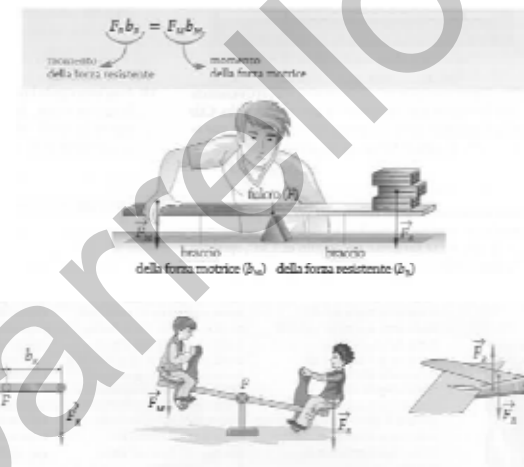
I pneumatici delle automobili sono fissati al mozzo con dei bulloni. Per svitare questi bulloni, quando si deve sostituire una ruota, si utilizza una speciale chiave, il cui scopo è quello di applicare un momento, detto anche **momento torcente**, ai bulloni stessi. A parità di forza, maggiore è la lunghezza della chiave, cioè il braccio, maggiore è il momento applicato al bullone. In questo modo anche una persona non dotata di particolare forza è in grado di esercitare sui bulloni il momento torcente necessario a svitarli.

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

L'EQUILIBRIO DI UNA LEVA

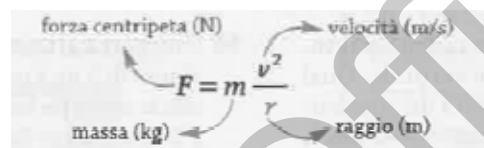


CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

FORZA CENTRIFUGA



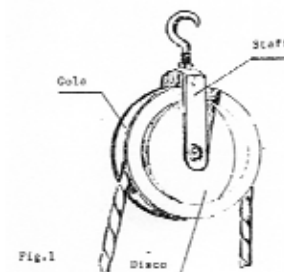
Oggetti e persone collocate su una macchina che sta ruotando sono sottoposte a una forza che le spinge verso l'esterno della traiettoria circolare. Essi tenderebbero infatti a muoversi spontaneamente in linea retta

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

CARRUCOLA



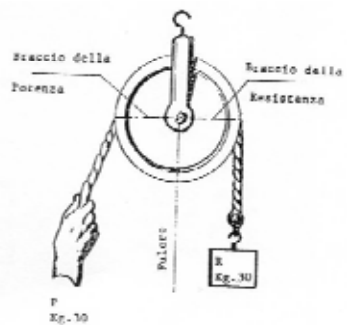
La carrucola è una delle “macchine semplici” più antiche che, nella sua forma più semplice, si compone di un disco (in metallo, legno e materiale plastico) scanalato sul bordo esterno (gola) al fine di ospitare la fune

Per rendere agevole l'operazione di sollevamento la carrucola può essere fissata superiormente per mezzo della staffa

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



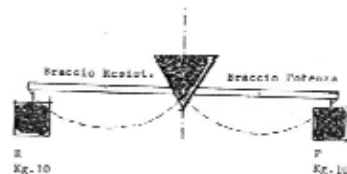
LA CARRUCOLA FISSA

La carrucola fissa è così chiamata perché il disco è vincolato rigidamente a una posizione che è quella determinata dal punto di sospensione della staffa

Lo schema statico equivalente è quello di una leva di primo genere con eguale braccio della resistenza rispetto a quello della potenza

La carrucola fissa non porta a vantaggi statici in quanto si deve applicare una forza pari al carico da sollevare

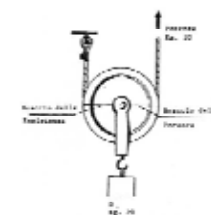
Il vantaggio derivato dal suo uso è quello di essere un deviatore di direzione della forza, ovvero di poter deviare la retta d'azione della forza esercitata secondo una direzione più agevole per chi tira



CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



LA CARRUCOLA MOBILE

Nella carrucola mobile il disco si sposta con il carico (in quanto è appeso alla staffa) in quanto scorre sul ramo della fune vincolato al "capo fisso"

Lo schema statico equivalente è quello della leva di secondo genere, con fulcro posto a un estremo della leva e braccio della potenza doppio (2R) di quello della resistente (R)

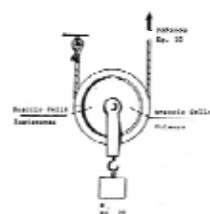


LEVA DI SECONDO GENERE CON IL BRACCIO DELLA POTENZA LUNGO IL DOPIO DEL BRACCIO DELLA RESISTENZA

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

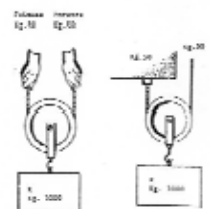
CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



Vi è pertanto un vantaggio statico in quanto, per l'equilibrio dei momenti della leva, il valore della forza resistente viene per metà sostenuto dal capo fisso e per metà dalla potenza

In altri termini lo sforzo reale sostenuto per sollevare il carico (potenza) vale esattamente la metà del carico stesso

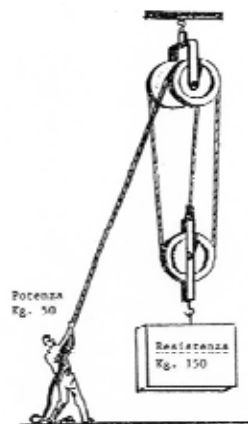
Abbiamo ottenuto un vantaggio statico pari a 2



CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



IL PARANCO

Unendo più carrucole fisse e mobili si ottiene un sistema meccanico di carrucole composte meglio noto come paranco

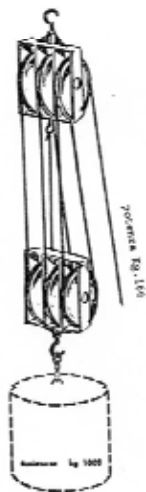
Studiando l'equilibrio di un paranco generico si individuerà una semplice legge, ovvero che il suo vantaggio statico è, di volta in volta, pari al numero di carrucole che comporranno la macchina

Nel caso di figura, ad esempio, il vantaggio statico sarà pari a 3

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



L'evoluzione tecnica ha poi permesso di realizzare paranchi sempre più compatti e con vantaggi statici sempre più elevati

Nel caso di figura, ad esempio, l'accoppiamento di tre carrucole fisse e di tre carrucole mobili ha comportato un vantaggio statico sarà pari a 6

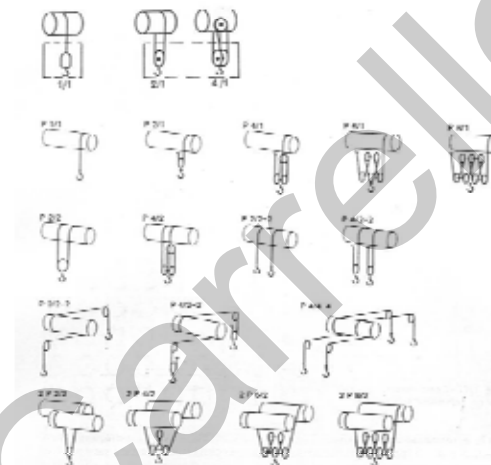
In tutto questo è anche altresì evidente che tale vantaggio sarà stato ottenuto a spese di qualche altra grandezza fisica, stante il dovuto rispetto per il principio di conservazione dell'energia

L'altra grandezza che varia, questa volta in diminuzione, è la velocità di sollevamento
Quindi a un grande vantaggio statico corrisponde, a parità di potenza erogata, una velocità di sollevamento molto piccola

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



Le configurazioni dei paranchi presenti negli apparecchi di sollevamento attualmente in uso sono molteplici e si adattano alle più svariate esigenze
Il principio meccanico di base rimane però lo stesso indicato in precedenza

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

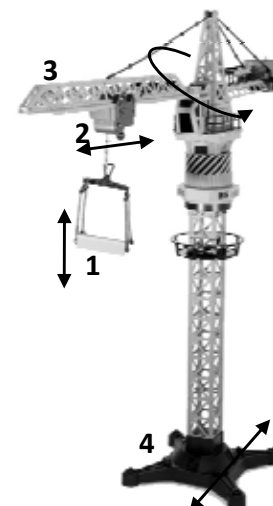
L'INERZIA MECCANICA



Il concetto d'inerzia si collega al noto principio d'inerzia, scoperto da Galileo Galilei, secondo il quale un corpo dotato di massa permane nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme a meno che non intervenga una forza esterna a modificare tale stato



C'è quindi una tendenza naturale dei corpi a contrastare le variazioni dallo stato di quiete o di moto, opponendo una resistenza tanto più grande quanto maggiore è la massa del corpo stesso



L'utilizzo di un apparecchio di sollevamento comporta inevitabilmente il manifestarsi degli effetti dell'inerzia meccanica

L'operazione di sollevamento-trasporto presuppone di fatti che si vada a variare lo stato di quiete (o di moto) del carico da movimentare e degli elementi strutturali che con esso si muovono

Con riferimento alla gru a torre di figura i movimenti dei quali è necessario tenere conto dal punto di vista dell'inerzia sono:

- 1 – sollevamento/abbassamento del carico
- 2 – traslazione avanti/indietro del carrello
- 3 – rotazione destra/sinistra del braccio
- 4 – eventuale traslazione del carro di base

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

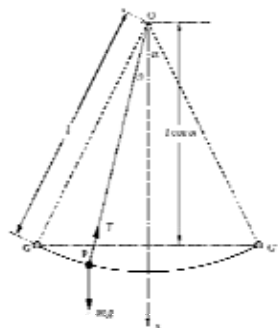
CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

Per la realizzazione di ciascuno dei movimenti descritti è necessaria l'azione di un motore che, a sua volta è in grado di produrre l'accelerazione necessaria per modificare lo stato di quiete e/o di moto



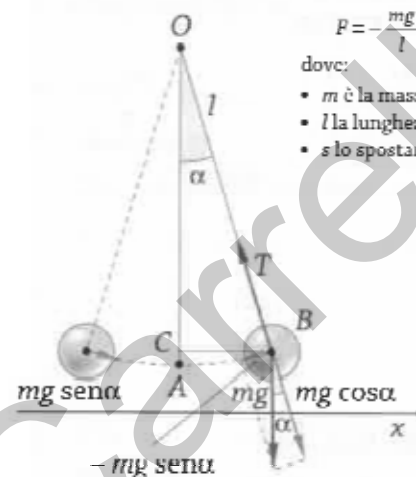
L'effetto più evidente è certamente quello pendolare, ovvero della tendenza del carico, negli istanti successivi all'avvio del moto, ad oscillare come un pendolo

Tale oscillazione sarà tanto più marcata quanto maggiore sarà l'accelerazione indotta e/o quanto più piccolo il valore del carico

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti



$$F = -\frac{mg}{l}s$$

dove:

- m è la massa appesa;
- l la lunghezza del pendolo (OB in figura);
- s lo spostamento orizzontale del pendolo (CB in figura).

$$a = \frac{F}{m} = -\frac{mg}{ml}s = -\frac{g}{l}s$$

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

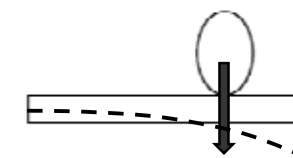
CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

SOLLECITAZIONI STATICHE E DINAMICHE



L'applicazione di un carico su una struttura può avvenire in condizioni statiche quando il caricamento stesso è graduale, con un continuo assestamento dell'equilibrio fra la forza agente data dal carico e le forze equilibranti elastiche generate dagli elementi strutturali che compongono l'apparecchio di sollevamento

Supponiamo di abbassare un carico, fino a portarlo a contatto con una trave abbandonandolo improvvisamente. Il carico sarà sottoposto all'azione del proprio peso e la trave sarà assoggettata ad un carico dinamico in quanto il lavoro compiuto dal carico che cade si traduce in lavoro di deformazione elastica della trave



Se si indica con s la deformazione e con $F_{\max}$ il valore massimo della reazione elastica della trave si può operare il seguente semplice calcolo:

$$L = \frac{1}{2} F_{\max} s \quad \text{Il lavoro del peso } Q \text{ è: } L = Qs$$

$$\text{Dall'eguaglianza dei lavori. } \frac{1}{2} F_{\max} s = Qs \quad F_{\max} = 2Q$$

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

Il risultato così ottenuto permette di far comprendere come l'azione di un carico in condizioni dinamiche determini nella trave una sollecitazione il cui valore è doppio rispetto a quella presente nel caso statico

Tale situazione è costantemente presente negli apparecchi di sollevamento sia quando si procede alla esecuzione delle operazioni di carico e scarico, sia nella fase di trasporto vero e proprio, ma, anche e soprattutto, in tutte quelle situazioni non prevedibili e spesso non desiderabili legate a manovre scorrette, urti accidentali ecc.

Pur adottando un insieme di accorgimenti (dispositivi, procedure, ecc.) atti a contenere tali effetti di amplificazione dinamica, va sempre tenuto presente che la struttura ed i meccanismi di una qualunque gru sono progettati tenendo conto di alcune ipotesi di carico dinamico ben precise

Il verificarsi di circostanze eccezionali (cadute non controllate, urti accidentali, ecc.) possono generare azioni dinamiche non previste e tali da produrre danni non trascurabili

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

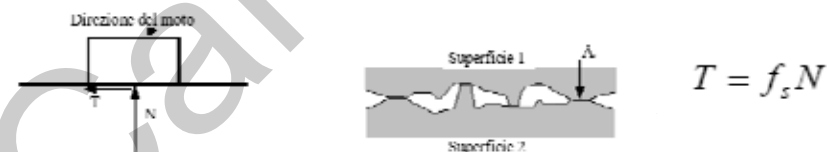
ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

ATTRITO RADENTE E VOLVENTE

L'attrito si accompagna a qualunque situazione nella quale siano presenti corpi a contatto in reciproco movimento

Nel caso dell'attrito che si sviluppa tra due corpi che strisciano uno sull'altro si parlerà di attrito radente, ovvero di una resistenza opposta al moto determinata dalla sommatoria delle piccole resistenze che si sviluppano in corrispondenza delle zone di contatto



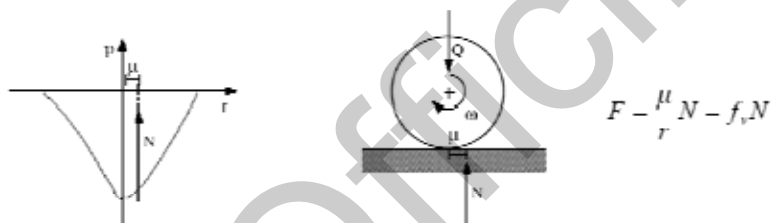
CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

Si parlerà invece di attrito volvente nel caso di un corpo che rotola su una superficie

In questo caso il meccanismo resistente si sviluppa quale conseguenza della distribuzione asimmetrica delle pressioni reagenti che si formano nella zona di contatto tra ruota e piano



CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

In entrambi i casi l'entità del fenomeno è influenzata da molteplici fattori quali, ad esempio: la natura dei materiali a contatto, la presenza o meno di un lubrificante o il livello di lavorazione delle superfici stesse, il raggio della ruota, ecc.

Per quanto di diretto interesse con la tematica degli apparecchi di sollevamento, escluse le problematiche di dettaglio relative a componenti quali, ad esempio, i cuscinetti, si tenga invece ben presente il fatto che il movimento della generalità degli apparecchi di sollevamento avviene su ruote metalliche a contatto con rotaie anch'esse metalliche

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti

Da un lato infatti si deve tenere presente che la condizione di rotolamento acciaio su acciaio avviene con coefficienti d'attrito molto ridotti e, pertanto, anche gli aspetti connessi alle forze motrici o frenanti ne devono tenere conto (avvio, spazi di arresto, ecc.)

Bisogna poi fare attenzione agli aspetti di distribuzione dei carichi, in quanto, nella zona di contatto tra la ruota e la rotaia, si sviluppano pressioni di contatto molto elevate (esaltate peraltro dall'azione dinamica), con conseguenze evidenti nel merito del corretto dimensionamento delle rotaie stesse nonché della loro durabilità (e controllo!)

Un ultimo aspetto sul quale riflettere è quello della pulizia delle superfici a contatto, ovvero l'assenza di perdite (olio, grasso o altro) o l'attenzione che deve essere portata in presenza di aerosol di varia natura prodotti nell'ambito di talune lavorazioni

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE DI AUTOGRU

ing. Diego Sivilotti
Sezione 2 – Richiami di meccanica elementare

CranEng S.r.l.
Crane Engineering and Safety
ing. Diego Sivilotti