

**PROGETTO S&CANTE**  
**STIMA DEI COSTI DELLA NON SICUREZZA NEL SETTORE DELLE**  
**COSTRUZIONI**

**Macchine e Cantiere: costi della non sicurezza**  
(allegato 7)

A CURA DI FIORENZO MALAGUTI (CNR)  
SETTEMBRE 2013

Decreto Direttoriale del 23/12/2009 prot. 22496 del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, Direzione generale della tutela delle condizioni di lavoro

Tema C “Progettazione e sperimentazione di modelli statistico-economici di valutazione dei costi della mancata organizzazione e gestione della salute e sicurezza in azienda”



# INDICE

Introduzione	pag. 5
Cadute e ribaltamento mezzi pesanti	pag. 9
Gru a torre	pag. 9
Gru mobili	pag. 10
Escavatori	pag. 11
Qualità, manutenzione e sicurezza	pag. 13
Qualità	pag. 13
Manutenzione e sicurezza	pag. 16
Sicurezza non è forzosamente tecnologica	pag. 21
Costi fermo macchina per incidenti	pag. 24
Danni alla salute	pag. 27
Macchine per Formare	pag. 31
Sistemi anticollisione	pag. 34
Note Conclusive	pag. 36
Bibliografia	pag. 39
Appendice	pag. 41
Tabelle Riassuntive infortuni	pag. 41
Dati sistema di sorveglianza nazionale degli infortuni mortali sul lavoro	pag. 41
Dati fonti sindacali	pag. 41
Tabelle Riassuntive Costi Noleggio di Macchine da Cantiere	pag. 43
Tabelle Riassuntive infortuni ISPESL	pag. 45



## Introduzione

Prima ancora di porsi il problema di calare le macchine, la meccanizzazione e, perché no, l'automazione di cantiere nel contesto dei costi della non sicurezza, erano passati per la mente due vaghi e fugaci pensieri:

- norme e statistiche ne esistono tante, se ne sente il bisogno di altre? O forse è meglio applicare quelle che ci sono?
- Si sente parlare da tempo di BIM, di integrazione della sicurezza in questo, di project financing dove il general contractor ne diventa l'usufruttuario per un tempo stabilito, tutto questo può cambiare il modo di vedere la sicurezza?

Questi pensieri saranno forse frutto anche della realtà socio-politica in cui si vive, dove vengono emanate nuove leggi antievasione e anticorruzione, ma l'evasione fiscale e delle regole sociali continua ad essere più che mai viva e vegeta, mentre cresce un senso di disagio.

Ci si scusa con il lettore per l'accostamento fra l'evasione fiscale e la sicurezza sul lavoro, ma sembrando esservi un nesso fra i due sistemi, si voleva comunicare il disagio di questa epoca.

In un certo senso si considera il sistema o processo logico, *legislazione sul lavoro – comparto delle costruzioni – risultati ottenuti*, come un sistema complesso dove il solo input della legislazione non riesca ad avere un effetto utile su tutte le parti di esso (o alcune parti sfuggono all'input) e naturalmente sull'output o risultati finali, i quali fra l'altro difficilmente misurabili in tempi brevi e nei risultati delle singole imprese

Esistono metodologie come CONOSCO, SHIELD, nonché il progetto S&CANTE stesso, che costituiscono strumenti per quantificare i costi sostenuti dalle aziende per la non sicurezza, e anche se forse non è possibile contabilizzare parte dei costi indiretti, ben vengano questi strumenti in aiuto delle aziende e a motivarle alla sicurezza sul lavoro.

Queste metodologie rappresentano un elemento di feedback o sorta di sensore del sistema citato, insostituibile anche se costoso e dai lunghi tempi di sviluppo, che poi le aziende devono elaborare propriamente per chiudere l'anello di controllo e trarne profitto, ovvero il controllo sui costi benefici della sicurezza.

Per chiudere l'anello di controllo occorre però la volontà delle imprese di impadronirsi di queste metodologie e di come agire di conseguenza, proprio su questo punto rimane il dubbio che le aziende subiscano invece maggiormente qualcosa di impellente, gravoso, concreto come la competitività.

Fra le intenzioni di questo lavoro vi è anche quella di dimostrare, sia pure qualitativamente, che la sicurezza sul lavoro può essere veicolo di competitività sia a livello aziendale, sia a livello macroeconomico come contributo allo sviluppo economico e ricaduta positiva sul comparto costruzioni.

Quasi a confermare che la sicurezza può essere fonte di sviluppo e, perché no, fonte di profitto, si cita di documento della ISSA [1], International Social Security Association, del 2011 denominato "Return on Prevention", che è un po' il sommario dei benefici microeconomici della sicurezza sul lavoro in termini qualitativi e quantitativi.

L'inchiesta, alla base di questo rapporto, ha coinvolto 300 compagnie in 15 paesi e ha evidenziato innanzi tutto una sensibilità verso la sicurezza sul lavoro, tanto da generare una valutazione di questo impatto nella loro attività. In un range di 1 a 6 l'indice di impatto medio della sicurezza è stato di 4,52, un valore medio-alto con maggiore enfasi nei aree tradizionali di produzione, trasporto e magazzinaggio.

Il rapporto non mette in evidenza il comparto delle costruzioni, ma è pensabile che queste valutazioni qui descritte possano valere anche per detto comparto.

Gli effetti diretti della prevenzione sono più marcati nella riduzione degli incidenti, ma sono stati evidenziati effetti significativi nella “immagine” della ditta, inoltre, è stato evidenziato che più del 50% degli intervistati ha espresso l’opinione che ulteriori investimenti in sicurezza potrebbe far diminuire i costi nel lungo periodo.

Infine il ritorno della prevenzione, RoP, viene quantizzato attorno al 2% (2.2 medio per la precisione) con punte fino al 10%, in altre parole, come descrive il report, per 1 Euro per impiegato per anno di investimento, vi è un ritorno di 2,2 Euro.

Sottolineata questa aspettativa trasversale ai vari comparti produttivi sul ritorno economico degli investimenti in sicurezza, è forse bene non sopravvalutare le aspettative. Da un interessante lavoro di Y. Feng su Safety Science di Novembre 2013, si evince che studi per correlare l’incremento di investimenti in sicurezza e la riduzione degli incidenti è iniziata fin dal 1931 con risultati alterni, perché concorrono altri fattori come la cultura della sicurezza, al livello di rischio del progetto o Project Hazard Index, dove il PHI è la somma pesata dei livelli di pericolo di 11 principali processi produttivi in cantiere.

Ritornando alle macchine per le costruzioni, è sembrato opportuno fare qualche ipotesi sulla interazione macchina-cantiere e la distribuzione delle responsabilità all’interno di questo.

La meccanizzazione dei processi produttivi nel settore delle costruzioni è di grandissima importanza e già si parla di automazione, ma i modi in cui le macchine interagiscono con il cantiere e all’interno di questo possono essere i più vari, considerando che il cantiere risulta essere un ambiente più aperto rispetto alla fabbrica, per la presenza anche simultanea di vari subappaltatori, nonché di fornitori di servizi, come ad esempio la manutenzione delle macchine stesse.

Fra i modi in cui la macchina interagisce con il cantiere o è inserita in esso si possono indicare i seguenti:

a) La macchina può essere noleggiata, da cui si possono avere due opzioni:

1) la macchina è condotta da operatore della ditta che gestisce il cantiere o un suo processo produttivo, in questo caso l’operatore deve essere patentato e la manutenzione di detta macchina è suddivisa tra il conduttore, il noleggiatore e l’assistenza esterna.

2) col noleggio della macchina è incluso anche il servizio di un operatore esperto; in molti casi si tratta di un periodo d’uso della macchina abbastanza limitato e l’operatore deve essere in grado di relazionarsi in tempi brevi all’ambiente e la processo produttivo; in questo caso la manutenzione è a carico del noleggiatore con appoggio di assistenza esterna.

In entrambi casi è plausibile che la qualità del processo produttivo sia controllata dalla ditta conduttrice.

b) Il processo produttivo è appaltato ( o subappaltato) a ditta specializzata che dispone di proprie macchine e operatori e la cui redditività dipende proprio dalla specializzazione. La manutenzione dipende dalla struttura manutentiva che la ditta specializzata si è data, ma la qualità è gestita dalla ditta che appalta.

c) La macchina è della ditta stessa che gestisce il cantiere.

Nei casi a) e b) le ditte considerate devono gestire la sicurezza sul lavoro e di conseguenza il corretto impiego della macchina, e devono coordinarsi eventualmente con il coordinatore della sicurezza, nel terzo caso la sicurezza sul lavoro gestita internamente all’azienda

Questi tre casi sono forse i più comuni, ad esempio al punto a1) possiamo trovare piccole imprese

artigianali che noleggiavano miniescavatori per un piccolo lavoro di scavo, oppure una piattaforma area per manutenzione a grondaie e tetti oppure un apparecchio di sollevamento come una gru a torre per un utilizzo più continuativo.

Al punto a2), altro esempio, possiamo individuare il noleggio di una macchina movimento terra di dimensioni maggiori che necessita di operatore molto esperto, oppure una gru mobile per un periodo veramente limitato di tempo.

Tuttavia questi casi, con i relativi esempi, sono lungi dall'essere esaustivi delle tipologie di rapporto nell'uso delle macchine. Ad esempio macchine speciali come le TBM, la cui costruzione è a volte dedicata ad un singolo progetto di tunnel, e la cui conduzione e/o manutenzione è affidata al costruttore stesso della macchina. Vi possono essere anche grandi general contractor, che possono avere un ampio parco macchine, a volte acquisito anche solo per un singolo grande progetto, la cui acquisizione, manutenzione e dismissione sono intrinsecamente legate al sorti del progetto stesso.

Quello che preme di mettere in evidenza è il legame tra manutenzione delle macchine, qualità dei processi produttivi e sicurezza sul lavoro, legando questi aspetti al cantiere, alla filiera del processo costruttivo di costruzione, al coordinamento e pianificazione della sicurezza, al fine di evidenziarne i costi della sicurezza e/o non sicurezza.

Il controllo di qualità può avere un grande impatto sulla valutazione dei rischi, la manutenzione sulla riduzione degli incidenti, ma entrambe le attività sono critiche verso i risultati economici, in seguito si farà riferimento alla qualità anche come scostamento dalle linee progettuali. Più dettagliate saranno le linee progettuali, più dettagliate saranno le soluzioni di sicurezza incluse in queste linee, meno margine avrà il subappaltatore per apportarvi quei cambiamenti peggiorativi fra cui le spese per la sicurezza, su cui spera per elevare i ricavi

Dove possibile saranno indicate stime o strumenti di valutazione dei costi della non sicurezza, ma in ultima analisi è sembrato utile includere i costi temporali di noleggio, perché sono onnicomprensivi di tutti i costi che un'azienda di costruzioni dovrebbe sostenere nell'acquisire e gestire una macchina. Vista la diffusione del noleggio, la soluzione presenta forme di generalità e può essere aggiornata annualmente con relativa facilità.

Non verrà effettuata una disamina delle norme che regolano la costruzione delle macchine, perché esse seguono dinamiche diverse, ad esempio di fronte ad incidenti come il ribaltamento del mezzo i costruttori cercano di uscire dalla responsabilità adducendo che la macchina era stata dotata di strutture di protezioni, per cui è responsabile l'utilizzatore dell'uso corretto. Non sono stati presi in considerazione gli incidenti dovuti a lacune di progettazione e/o produzione della macchina, perché pur accadendo in cantiere hanno origine al di fuori di esso.

Si cercherà inoltre di limitare l'analisi delle innovazioni tecnologiche ad alcune di quelle in cui è evidente l'interazione e l'integrazione con i processi di cantiere, peraltro la lista delle innovazioni sarebbe lunghissima e non è possibile dare una corretta valutazione di tutte. Queste solitamente rappresentano costi aggiuntivi, perciò economicamente critici verso la loro adozione, in mancanza di imposizione per assoluta necessità sarebbe auspicabile che valutazioni ed eventuali divulgazioni fossero fatte da organi indipendenti.

L'accento alle innovazioni ha un filo conduttore, quello di far capire che il settore delle costruzioni non è un settore chiuso, anzi come si sa trainante per l'economia, per cui a livello intuitivo si potrebbe affermare che gli investimenti nella sicurezza porterebbero benefici ai settori legati al mondo delle costruzioni, benefici che prima o poi ritornerebbero alle ricostruzioni attraverso lo sviluppo del mercato.

Se si vuole vederlo da un altro punto di vista, la mancata sicurezza avrebbe un costo o mancato sviluppo delle costruzioni a livello macroeconomico.

Infine qualche accenno alle macchine per la formazione, infatti, la formazione è l'essenza della prevenzione degli incidenti sul luogo di lavoro e delle malattie professionali, ciò è confermato dal decreto o accordo fra le regioni per la formazione degli operatori delle macchine da cantiere. Fa piacere qui ricordare l'inclusione di metodologie e-learning perché si ritiene che si possa fin d'ora andare oltre.

Alcuni dati sugli incidenti fatali utilizzati in seguito sono stati ripresi da lavori pubblicati su riviste internazionali, ma si è cercato di utilizzare anche fonti ufficiali come ISPESL e INAIL. Il problema che si è incontrato nel considerare questi dati è la loro aggregazione, da analisi ISPESL del periodo 2005-2008 gli incidenti nel settore delle costruzioni sono stati divisi e suddivisi secondo processi produttivi e per mansioni degli incidentati, ma da queste aggregazioni è difficile risalire alle cause degli incidenti, e se vi sono stati incidentati durante il supporto alle attività delle macchine stesse.

A fronte delle centinaia di incidenti mortali nel settore delle costruzioni nel periodo 2005-2008, le statistiche ISPESL indicano in 39 il numero di incidenti mortali che hanno coinvolto i conduttori di macchine movimento terra, sollevamento e maneggio materiali, mentre 53 è il numero di incidenti in cui macchine movimento terra e lavori stradali sono state l'agente di questi incidenti.

Forse più difficile ancora è trarre informazioni congruenti con la struttura di questo lavoro da statistiche INAIL del 2011, che includono anche le tipologie minori di incidenti.

Fortunatamente ISPESL aveva avviato una raccolta sunti di verbali o rapporti riguardanti incidenti fatali, che per quanto riguarda il settore delle costruzioni era terminata nel 2010. Da questa raccolta si è evidenziato gli infortuni che riguardano l'impiego delle macchine nel periodo 2004-09.

Un aiuto infine è venuto da fonti sindacali, in particolare dalla raccolta dei comunicati stampa di incidenti mortali sul lavoro. Queste raccolte annuali non possono costituire una statistica, sostituire le inchieste ufficiali e/o le sentenze giudiziarie, peraltro forse non acquisibili se si considera l'intervallo 2010-2012, e sono scritte in un linguaggio "giornalistico", forse non molto tecnico ma immediato.

Da queste raccolte si è potuto evidenziare gli incidenti di manutenzione, incidenti che coinvolgono personale di ausilio ai processi produttivi delle macchine, e incidenti riconducibili a processi riconducibili alla logistica del cantiere, che iniziano all'esterno del cantiere e sono eseguiti spesso con mezzi pesanti tipicamente stradali.

È stato possibile così evidenziare che alcuni incidenti mortali sono avvenuti durante le operazioni di scarico/carico di macchine operatrici, in particolare piccoli escavatori, dai mezzi di trasporto, oppure incidenti hanno coinvolto conducenti/operatori di autocarro dotati di gru, che data la vicinanza dei comandi della gru ai carichi movimentati, ne sono stati travolti. Tecnicamente sono ribaltamenti delle macchine e cadute del carico da mezzi di sollevamento, però avvengono nelle fasi di approvvigionamento del cantiere.

Dalle suddette raccolte si sono potuti e voluti evidenziare complessivamente 149 infortuni fra il 2004 e il 2009, mentre gli infortuni mortali evidenziati nel periodo 2010-12 sono stati 91, comprensivi non solo degli operatori anche di altro personale che interagiva con le macchine o si trovava nelle loro vicinanze.

## **Cadute e ribaltamento dei mezzi pesanti**

Gli incidenti coinvolgenti macchine e mezzi pesanti per le costruzioni possono diventare eventi catastrofici, tanto che se non vi sono danni alle persone li si trova spesso sul Web in immagini e/o video data la loro spettacolarità. Proprio questa frequenza testimonia che non sono eventi rari e l'errore umano è sempre dietro l'angolo.

Vengono qui prese in considerazione solo alcune tipologie di macchine, in particolare le gru, a torre e mobili, e gli escavatori, giusto per limitarne il numero, molte altre tipologie di macchina possono esserne comunque soggette a ribaltamento tanto che vengono dotate di strutture di protezione al ribaltamento e cinture di sicurezza.

È bene premettere che le macchine dotate di pesanti bracci ad azionamento idraulico, escavatori, gru, telehandler, dovrebbero montare di valvole di sicurezza, che ne blocchi il loro movimento e permetta la discesa controllata in caso di perdita di pressione idraulica; queste sono norme e soluzioni tecniche raccomandate e presenti sul mercato da tempo, per cui viene data per scontata la loro adozione.

Sfortunatamente molti di questi incidenti non sono spettacolari ma tragici, dalla raccolta di comunicati stampa citati in precedenza, effettuata da organismi sindacali, nel periodo 2010-12 sono stati evidenziati 28 ribaltamenti mortali, di cui:

- in tre casi sono stati coinvolti personale nelle vicinanze,
- tre ribaltamenti sono avvenuti durante le operazioni di scarico/carico dai carrelli da trasporto,
- due casi sono dovuti al ribaltamento di autogru di cui uno esplicitamente dovuto al cedimento del terreno.,
- due casi hanno coinvolto rulli compattatori,
- tre i "muletti" o sollevatori,
- in un caso l'operatore è stato travolto dal mancato inserimento del blocco o dallo sblocco dei comandi.

Analoga suddivisione tratta da fonti ISPESL sono dati in appendice II.

### **Gru a torre**

Report e lavori provenienti dalla Corea riportano che al 2007 gli incidenti relativi alle gru a torre erano il 32% degli incidenti avvenuti in cantiere, rispetto all'8% degli Stati Uniti. Le cause esterne estreme di tipo geologico e/o meteorologico, frequenti in quei luoghi, hanno certamente influenzato questi numeri, che restano comunque alti.

Autori americani hanno dato risalto maggiormente alle gru mobili, e non è stato possibile appurare se vi fosse una preferenza del mercato americano all'uso delle gru mobili rispetto a quelle a torre, da cui discende la differenza della percentuale di incidenti.

Nel periodo 2004-09 in Italia sono avvenuti 8 incidenti, mentre non sembrano essere avvenuti per fortuna crolli di gru a torre per cedimento delle loro fondazioni fra il 2020 e il 2012, l'incidenza di questa tipologia di incidenti sembra bassa, ma resta comunque un evenienza da evitare.

Gli autori coreani hanno considerato, inoltre, che le norme del paese richiedono semplicemente un semplice controllo strutturale, a questa limitazione si accompagna il fatto che la progettazione della fondazione della gru è spesso guidata da un disegno standard fornito dal venditore stesso.

Questa non sarebbe la soluzione ottimale perché non considera altri fattori di sicurezza specifici del particolare cantiere e può condurre a una progettazione di fondazione non stabile e economicamente valida.

Al fine di ottimizzare entrambi i requisiti autori coreani propongono soluzioni automatizzate e

ottimizzate per il disegno di queste fondazioni, ottimizzazione che non è facile da raggiungere con processo manuale. Al di là dei legittimi interessi a divulgare la loro attività e lo sviluppo di un prodotto CAD/CAE specifico, l'interesse dimostra la necessità e la possibile esistenza di un mercato.

Da un breve sguardo sul Web e con tutte le dovute limitazioni del caso, è possibile riscontrare che anche il produttore italiano di gru predispone un documento guida per le fasi di preinstallazione della gru, fra cui le dimensioni del carrello e le caratteristiche della gru in questione, ma rimanda al professionista abilitato la progettazione delle fondazioni. Da forum di professionisti si evince poi, che questo compito non è banale e la presenza di linee guida aggiuntive potrebbero renderlo meno discrezionale. In alcuni casi è il noleggiatore stesso di gru ad offrire come opzione la progettazione della fondazione, che inevitabilmente sarà alquanto seriale, per cui ci si ritrova in almeno una condizione descritte dai coreani.

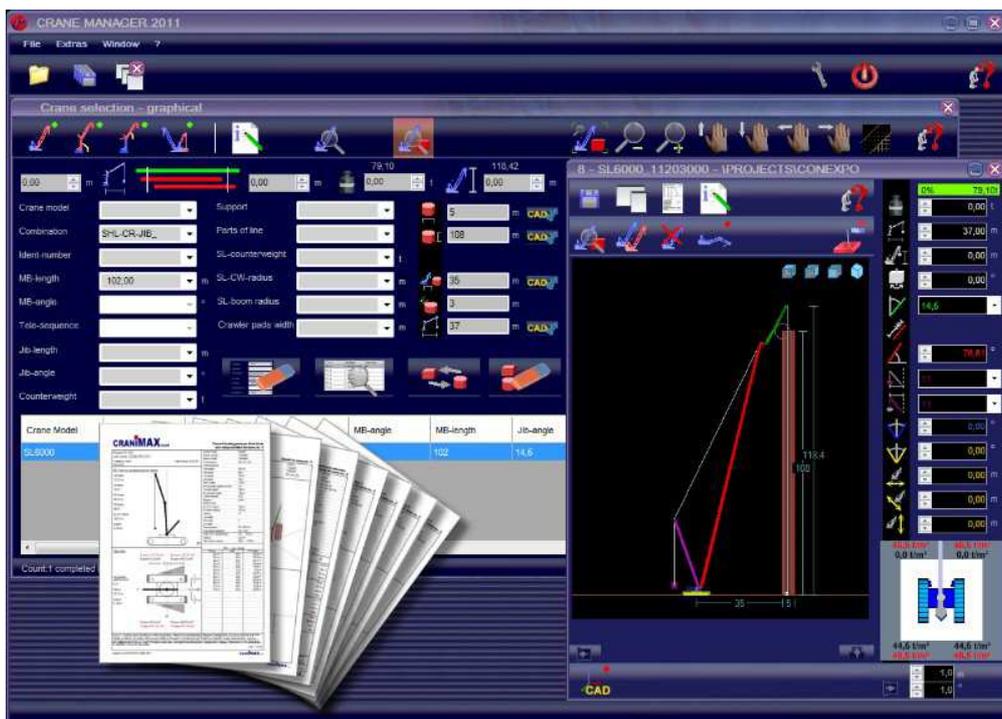
## Gru mobili

I problemi di “fondazione” o appoggio affliggono anche le gru mobili con l'aggravante che la fondazione non è in genere fissa. Il problema non è di poco conto visto che, in USA l'uso delle gru mobili ha rappresentato l'84% delle fatalità in cui sono state coinvolte le gru a prescindere dalla tipologia,.

La letteratura scientifica mostra un certo numero di tentativi o approcci per assistere il professionista nel predisporre la pianificazione e il layout di cantiere nei processi produttivi in cui sono coinvolte gru mobili, che non hanno ottenuto il successo sperato perché focalizzati prevalentemente sul disegno del sistema di stabilizzazione, mentre la rapida penetrazione nel terreno dei piedi del sistema di stabilizzazione può vanificare gli sforzi dei progettisti e rendere la gru mobile molto instabile.

Il disegno del supporto della gru viene praticato a livello di noleggiatore, general contractor o terze parti incaricate attraverso processi di calcolo manuali o regole empiriche, solo da qualche anno esiste un prodotto che calcola le reazioni sul sistema di supporto con la gru in condizioni statiche .

Figura 1



Questo prodotto, a detta di ricercatori dell'Università di Alberta, Canada, pur avendo qualche capacità di animazione 3D, al momento della immissione sul mercato non supportava la progettazione dell'interazione con il terreno. Non potendo verificare in questa sede le feature del programma, per doverosa precisazione, il gruppo di ricerca citato proponeva il proprio "Interactive and Dynamic Integrated Module for Mobile Cranes Supporting System Design".

Dalle informazioni ricevute la versione base di questo software, fig.1, ha un costo di alcune migliaia di Euro e presenta i tipici problemi legati all'utilizzo del software CAD/CAE professionale, ovvero hardware e personale qualificato adatto utilizzato a tempo pieno per essere remunerativo.

A volte sono usate più di una gru per movimentare parti particolarmente ingombranti e pesanti di costruzioni o impianti industriali, oltre ai citati problemi, ci si trova a dover studiare i percorsi e i movimenti dell'intero gruppo di gru. Anche su questo tema sono presenti approcci robotici.

## **Escavatori**

Anche gli escavatori hanno il problema della "fondazione" o dell'appoggio, in particolare i mini escavatori il cui rischio maggiore è senz'altro è il rovesciamento.

A parte le discordanze nella definizione di miniescavatore, in GB il limite massimo normato di queste macchine sembra di 4,5ton nella pratica quotidiana invece si innalza a 6-7 ton, le 6 tonnellate di massa sono il limite oltre il quale le strutture Rops diventano obbligatorie anche per gli escavatori, così come è il valore limite oltre il quale è richiesto all'operatore un regolare percorso formativo.

In realtà gli incidenti non leggono la massa della macchina, anzi proprio per le loro caratteristiche i piccoli escavatori sembrano particolarmente soggetti al rovesciamento. Questo può avvenire perché la macchina:

- opera su terreno inclinato,
- gira molto velocemente e può diventare instabile per l'inerzia e/o il rapido cambiamento del centro di gravità,
- lavora su terreno irregolare o instabile,
- oppure si ha il collasso della escavazione o della trincea sotto la macchina.

La ciclicità dello swing dell'escavatore con arresto e inversione rapida, vedi punto 2 precedente, oltre gli effetti sulla stabilità, ha pure influenza sul terreno sottostante sul quale è esercita l'azione statica e dinamica della macchina.

Analisi teoriche sull'interazione dinamica fra l'escavatore e il suolo, inteso come fondazione o superficie di appoggio, sono un numero veramente limitato come gli autori, segno che l'argomento da una parte non è molto sentito e dall'altra presenta le difficoltà di integrare un approccio dinamico del suolo con la dinamica complessa di un escavatore. Dinamica che è stata oggetto di studio ai fini dell'automazione o della robotizzazione di questa tipologia di macchina.

È forse possibile, nonostante le difficoltà elencate, sviluppare un sistema di "warning", ma in attesa o in mancanza di questi sistemi dovrebbe valere sempre e comunque il buon senso di optare preferibilmente per escavatori cingolati rispetto ai ruotati e, fra macchine simili, quella avente un rapporto fra ampiezza di base e altezza del centro di massa il più elevato possibile. Queste opzioni di buon senso vanno però a cozzare contro il bisogno di minimo ingombro, il maggior costo orario di una macchina di massa maggiore.

La relazione fra l'ampiezza di base e l'altezza del centro di massa è rappresentato dall'angolo di ribaltamento della macchina, o tilt-angle, parametro che varia durante il processo di lavoro variando masse e loro posizione. Alcuni costruttori forniscono il tilt angle, che non sembra soggetto a test standardizzato, e senza una procedura di test univoca diventa difficile comparare questi dati ed utilizzarli per qualche valutazione sul ribaltamento.

Il test per determinare l'angolo di ribaltamento è inoltre essenzialmente statico, mentre alla instabilità contribuisce anche la dinamica della macchina in particolare, in particolare quella di rotazione e del movimento verticale del braccio.

In mancanza di metodologie riconosciute, ricercatori della Birmingham University hanno elaborato un sistema di valutazione della stabilità per mezzo di 2 test on-site, basati sulla percezioni degli operatori riguardo alla condotta delle operazioni in generale e di rotazione del braccio in particolare, un terzo test è basato sul ribaltamento statico come citato in precedenza, e non necessariamente on site [17].

Gli operatori e/o i noleggiatori difficilmente prenderebbero l'iniziativa di farsi il test statico di tilt, ma qualora avessero a disposizione dati di test standardizzati potrebbero avere una metodologia di valutazione da cui iniziare, e attraverso la valutazione della dolcezza e progressività dei comandi possono già essere messi in grado di dare un primo giudizio soggettivo sulla stabilità della macchina. Recensioni sulle performance delle macchine possono apparire anche su riviste specializzate, ma quel lavoro di test potrebbe essere fatto da un organismo indipendente, predisponendo un data base consultabile pubblicamente.

Invero qualche proposta progettuale dedicata ad ovviare o ridurre il problema del ribaltamento esiste, ma poiché soluzioni "meteora" nel mondo delle macchine movimento terra c'è ne sono già state, si lascia alla pratica di cantiere e al tempo il giudizio. Vedi fig 2.

*Figura 2*



14 dei 28 incidenti mortali avvenuti nel periodo 2010-12 in Italia sono dovuti al ribaltamento della macchina, una buona parte di questi riguarderebbe escavatori, non avendo tuttavia maggiori informazioni tecniche non si è in grado di differenziare ulteriormente quanto accaduto.

Fra il 2004 e il 2009 dei 38 infortuni per ribaltamento 14 sono da imputarsi ad escavatori.

## Qualità, manutenzione e sicurezza

### Qualità

In questa parte viene considerato a brevi linee l'interazione fra la qualità e sicurezza da tre punti di vista:

- sistema o management della qualità,
- definizione di progetto dettagliato da perseguire,
- controllo avanzamento lavori, anche remoto, e l'ICT.

L'intento è comunicare che per fare sicurezza bisogna sviluppare investire nella cultura della sicurezza, integrandola nei processi produttivi.

Già alla fine degli anni '90 era stato dimostrato, che incrementare la sicurezza sul lavoro attraverso le tecniche di management della qualità, o della Qualità Totale, riduce in modo consistente gli incidenti.

In effetti il presupposto di base del controllo di qualità è l'identificazione e la correzione delle discrepanze nel processo, altrettanto per quanto riguarda la sicurezza, la discrepanza o variazione è nella forma di rischio sul posto di lavoro, comportamenti non consoni verso la sicurezza, incidenti causati da errore umano.

E ancora per evidenziare questa sorta di parallelismo, l'OSHA, così come i provvedimenti italiani in materia e corsi di formazione sulla sicurezza, indicano che gli elementi principali che caratterizzano l'applicazione della sicurezza, di conseguenza il successo nella sua gestione, sono l'individuazione e il mandato dei vari livelli di responsabilità, il coinvolgimento dei dipendenti, analisi dei rischi, la formazione e l'indagine/analisi degli incidenti. D'altra parte sono stati identificati ne, la soddisfazione del cliente, il lavoro di gruppo, formazione ed educazione, l'accrescimento del personale e la cultura organizzativa, le chiavi per un sistema di qualità di successo.

Appare abbastanza chiaro che i processi qualità e sicurezza offrano molte similitudini e spesso vadano di conserva, tuttavia non è detto che un buon sistema di qualità sia indice di un buon sistema di sicurezza e viceversa, così come è difficile trarre delle relazioni numeriche fra questi due obiettivi valida per tutte le occasioni.

Per dovere di cronaca si segnala l'opinione riportata in "Management of Safety for Quality Construction" Journal Of Sustainable Development", vol.1 n.3, 2008, che ad Hong Kong la sola legislazione sulla sicurezza è insufficiente, e bisogna integrarla nelle certificazioni ISO 9000. A prescindere dalla opportunità o meno di questa scelta, è comunque un sintomo che la legislazione non raggiunge con efficacia tutto il sistema, e permette qui di ritornare alle note introduttive, ovvero, sulla necessità o meno di nuova legislazione o sviluppare le condizioni di concorrenza positiva e qualità in senso lato.

Di seguito si tralascia il concetto di quality management per riprende quello base di "Identificazione e Correzione delle Discrepanze del Processo" per combinare qualità, sicurezza, impiego delle macchine all'interno del cantiere secondo quanto detto in precedenza.

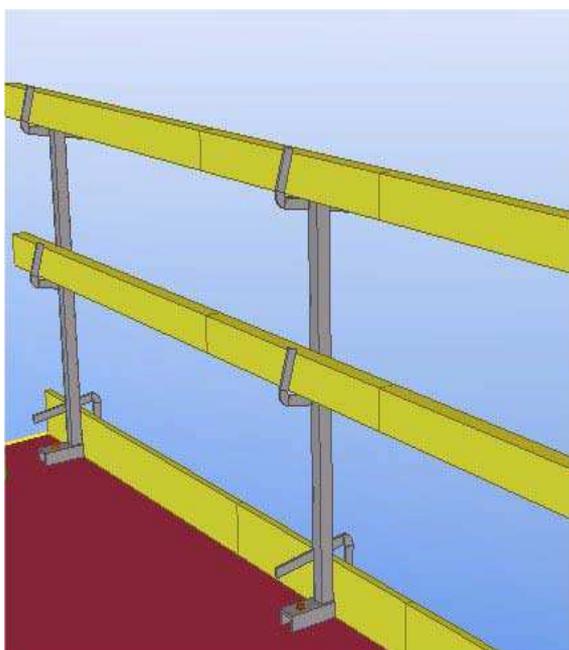
Il percorso iniziale a cui si fa riferimento e su cui identificare le discrepanze, può essere il progetto della costruzione e del suo cantiere, più il progetto è dettagliato e pianificato, più informazioni avranno i preposti per valutare le discrepanze. L'eccezione più ampia e moderna del progetto può essere rappresentato dall'acronimo BIM, Building Information Modelling, che forse è utile pensarlo come integrazioni di varie soluzioni di ICT per la progettazione, la realizzazione e memoria del ciclo di vita della costruzione.

Il BIM non è una novità in quanto i maggiori produttori di software CAD ( ArciCAD, AutoCAD,

ecc. ) offrono percorsi di questo tipo, ma considera un ventaglio ancora più ampio di applicazioni e tecnologie sotto la copertura della Information Technology. Fra le più affascinanti la tecnologia CAVE ( Cave Automatic Virtual Environment ) utilizzata anche per i simulatori e progettazione delle macchine, impianti industriali e costruzioni, e la Realtà Aumentata, particolarmente utile nella manutenzione di macchine e costruzioni. Si tralasciano comunque le tecnologie CAVE e AR, per prenderne in considerazione tecnologie di possibile interesse per molti.

Si è potuto notare in letteratura un certo numero di lavori mirati ad una maggiore integrazione fra BIM e la sicurezza sul lavoro attraverso lo sviluppo di apposite librerie di “oggetti” della sicurezza da integrare nei pacchetti CAD esistenti, che facilitano già durante le fasi di progetto l’individuazione dei rischi e predisposizione soluzioni integrate e ottimizzate per alleviarli.

Nei casi in cui il General Contractor debba provvedere la manutenzione del progetto a lungo e/o abbia il proprio ritorno economico dalla gestione economica del progetto stesso, ecco che la facilità di manutenzione del progetto e la minimizzazione dei rischi della sicurezza associati a questa, impone scelte progettuali accorte, ben pianificate e coordinate, in cui i processi BIM citati in precedenza diventano necessità.



*Figura 3a*



*Figura 3b*

Le immagini, tratte da [3], hanno il semplice scopo di illustrare il livello di dettaglio della progettazione della sicurezza.

A scanso di equivoci è bene ricordare che sistemi anticaduta simili sono in regolare commercio e uso anche in Italia, ciò nonostante si devono registrare ancora un numero elevato di incidenti fatali dovute a cadute, in particolare nella manutenzione dei tetti da parte di imprese artigiane.

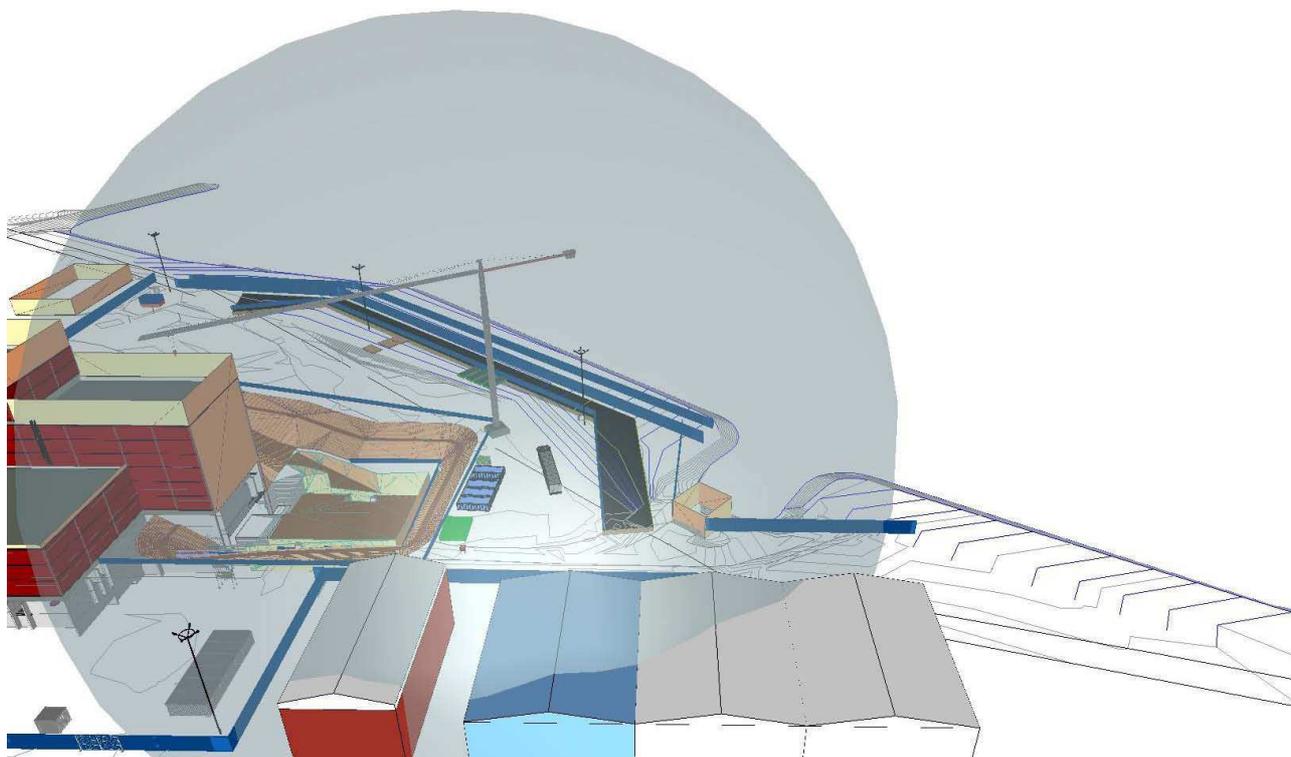
Altre tecnologie, altri tool utili, associati anche ai software citati, possono essere tutte quelle che permettono di pianificare i percorsi delle macchine, pianificare i processi in modo che non vi sia eccessive interferenze fra le stesse task, tra queste e spazi di lavoro pericoloso o vietati, scegliere i mezzi di sollevamento più opportuni, pianificare la copertura di lavoro di questi mezzi evitando per quanto possibili le interferenze possibili interferenze. Un esempio è la fig.4 tratta ancora da [3].

In un certo senso l’obiettivo è una pianificazione congiunta della produzione, della produttività e della sicurezza, per mantenersi in un contesto di costi quanto più possibili certi. Gli incidenti infatti

producono non solo costi diretti e computabili, ma anche costi indiretti di ancor più difficile previsione e quantizzazione, ad esempio: la mancata produzione, i ritardi nella esecuzione dell'opera, oppure il costo del personale interno destinato a seguire, spesso a lungo, eventuali azioni legali nel tempo e da non intendersi come le spese legali vere e proprie, l'incremento dei premi assicurativi., e altri ancora.

Quanto detto in precedenza riguardo alle fondazioni delle macchine e al software per la scelta delle gru si collega pienamente al concetto di ICT e sicurezza nell'uso delle macchine.

*Figura 4*



La buona pianificazione del cantiere come incremento della sicurezza è un soggetto abbastanza frequentato nella recente letteratura, con elogiabili sforzi per introdurre concetti di ottimizzazione come Pareto e algoritmi genetici, non è facile però avere le sensazioni quanto di queste proposte accademiche possa ricadere nella pratica quotidiana.

Attuale, praticabile, forse calabile con qualche difficoltà in un panorama che può apparire ingessato, è l'uso della ICT per valutare sia con ispezioni locali sia in remoto l'avanzamento lavori, con eventuale registrazione di immagini, in tempi brevi, per individuare e valutare le situazioni a rischio e provi eventuale correzione [4].

Alla base di queste delle proposte di impiego strutturato e penetrante di tecnologie ICT vi è la consapevolezza che la direzione cantiere e il coordinatore della sicurezza non possono essere sempre in cantiere o in tutte le parti del medesimo se le dimensioni di questo sono ragguardevoli.

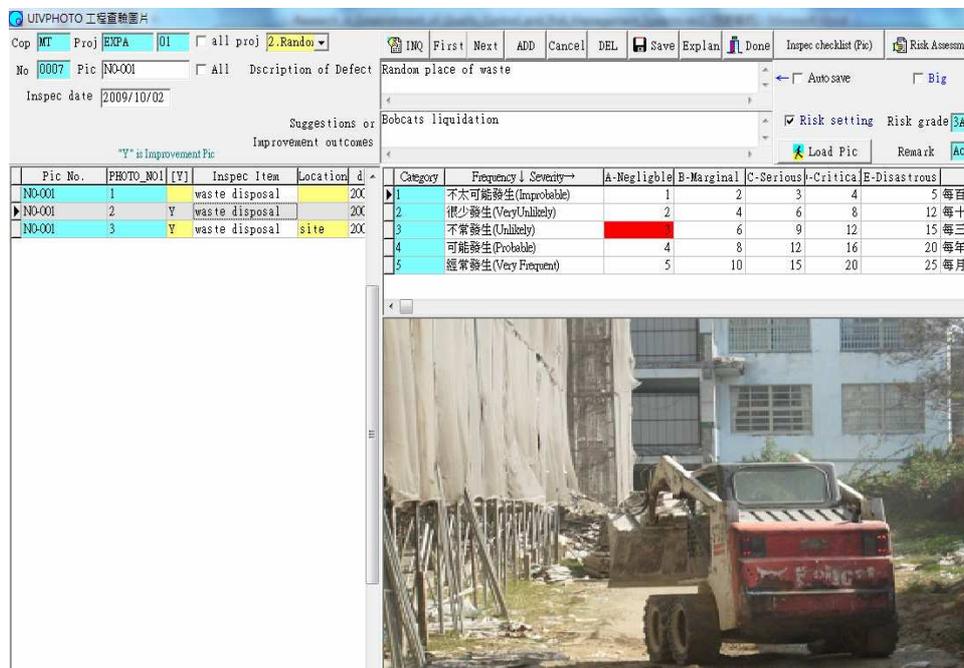
Soluzioni ICT, oggi acquisibili a costi accessibili, permettono di tenere costantemente aggiornati report e database sullo stato del cantiere, l'avanzamento dei lavori, i processi di qualità, controllo del flusso dei materiali, compresi quelli destinati allo smaltimento, e l'ispezione continua del cantiere per i rischi legati alla sicurezza.

Le tecnologie delle reti wireless permettono di acquisire immagini ed identificare materiali e cose, senza dovere strutturare il cantiere con cavi di comunicazione e ne facilitano la ristrutturazione con

l'evoluzione dei lavori, vedi fig. 5. La tecnologia di identificazione a cui guardano in molti è la RFID, la quale offre anche l'opportunità di implementare sistemi anticollisione per la salvaguardia di uomini e mezzi.

A titolo di esempio si indica il progetto [15] di un gruppo di ricerca del Politecnico delle Marche, ma la bibliografia su questi temi è veramente lunga.

Figura 5



Condizione primaria a queste applicazioni è che vi siano preposti in grado di predisporre un database della qualità e un risk management adeguati oltre all'hardware necessario, e naturalmente personale e una volontà aziendale in grado di utilizzarli.

Sia Sistema di Qualità che il sistema della sicurezza sul lavoro sono elementi critici sul piano della redditività e non paiono esserci soluzioni standard validi per un ampio range di casi, per cui non si possono quantificare i vantaggi economici con semplici relazioni valide per un ampio spettro di casi.

Gli investimenti in ICT non sono l'unico ostacolo all'acquisizione di immagini e/o il tracciamento del personale all'interno del cantiere, già peraltro difficoltoso vista la varietà di soggetti che operano all'interno di questo, vi è anche la posizione sindacale sulla sorveglianza del personale.

Come si può vedere non abbiamo indicato in questo caso incidenti causati da questi processi, perché questi appartengono alla prevenzione.

## Manutenzione e sicurezza

È fuori discussione che la corretta manutenzione delle macchine abbia forte ripercussione sulla sicurezza, ma le operazioni di manutenzione sono fonti a loro volta anche di gravi incidenti. In pratica vi sono molte forme, modi e strutture di manutenzione, alcune forzate da verifiche periodiche di legge effettuate e certificate da soggetti abilitati, in cui rapporti costi/benefici sicurezza possono essere alquanto differenti, ma con elementi generale in comune.

La relazione fra manutenzione e sicurezza sul lavoro è basicamente descritta da tre elementi:

- 1) la manutenzione incrementa generalmente l'affidabilità dei componenti quindi la sicurezza;
- 2) le operazioni di manutenzione possono essere causa di rottura di componenti per cui non si ha un decremento della sicurezza;
- 3) durante la manutenzione avvengono spesso incidenti.

Forse bisognerebbe aggiungere anche il concetto di sostenibilità, una corretta manutenzione ha influenza anche sui consumi di carburante e sulle emissioni, con evidente ripercussione per l'ambiente e chi vi opera.

Il punto 3) offre purtroppo molti tragici eventi sia nella manutenzione di impianti industriali che di costruzioni [5], 80% degli incidenti che coinvolgono gli operatori alla manutenzione delle macchine in cantiere avviene proprio durante le operazioni di manutenzione di queste. La manutenzione è un processo, spesso non ripetitivo, in cui occorre manualità, coinvolgimento e vicinanza in situazioni di rischio; il costo, l'orario prolungato del lavoro, la fretta, l'operare in campo in situazioni non ideali, contribuiscono di certo a queste statistiche.

Dalle brevi descrizioni dei comunicati stampa nel periodo 2010-12 sarebbero avvenuti 18 incidenti mortali durante operazioni di manutenzioni e/o montaggio-smontaggio di macchinari, nonché rotture, guasti e malfunzionamenti riconducibili allo stato delle macchine. Due di questi incidenti hanno riguardato l'impianto franante di autocarri, un impianto elettrico betoniera, una motosega.

Nel periodo 2004-09 gli infortuni segnalati sono stati 11.

Il punto 2) è abbastanza chiaro, ma qualche riflessione sul sempre maggior utilizzo di elettronica e reti di bordo digitali a causa del software e dei suoi aggiornamenti si può fare: a chi non è capitato qualche comportamento diverso, per non dire malfunzionamento, rispetto all'originale nell'aggiornare il sistema operativo del PC e/o della propria auto?

Al momento però viene preso in considerazione quanto attiene al punto 1).

Grossolanamente possono essere indicate quattro tipologie di manutenzione:

- reattiva, basata sul guasto;
- predittiva o condition maintenance;
- preventiva o pianificazione temporale;
- proattiva

La manutenzione reattiva ha due vantaggi essenziali, basso costo iniziale e staff ridotto, mentre presenta un certo numero di svantaggi:

- incremento dei costi dovuto al fermo macchina non pianificato;
- incremento dei costi specialmente se occorre lavoro straordinario per completare la riparazione non preventivata;
- possono aumentare i costi di riparazione;
- altre macchine o impianti possono venire danneggiati dalla rottura di quello considerato;
- utilizzo insufficiente dello staff

La manutenzione predittiva utilizza il degrado di componenti o caratteristiche della macchina rilevato in ispezioni periodiche in modo da predire la sostituzione del componente prima di rilevante malfunzionamento. Statistiche hanno mostrato che programmi di manutenzione preventiva propriamente implementati possono ridurre guasti, una importante riduzione della manutenzione totale e una riduzione dei costi operativi.

Altri vantaggi possono essere maggior longevità della macchina, miglior qualità della produzione, migliore sicurezza sul lavoro nonché ambientale, incrementa il morale o fiducia della forza lavoro e risparmio energetico. I maggiori difetti sono i costi degli strumenti di diagnostica, la formazione del personale e forse il ritorno economico non è immediato.

Dal punto di vista del noleggiatore si ha nella soddisfazione del cliente un ulteriore vantaggio.

La manutenzione preventiva è basata su ispezioni e azioni periodiche, che prevedono anche la lubrificazione, la pulizia. Permette risparmi rispetto alla manutenzione reattiva, ma non è in grado di eliminare i guasti e le rotture

La manutenzione proattiva usa metodi predittivi per isolare i problemi e identificare le cause di rottura, la dove la manutenzione predittiva fallisce. Per dare una connotazione più precisa si può dire che gli strumenti predittivi sono ora in parte a bordo macchina e l'elaborazione dei dati viene indirizzata su sistemi ICT, locali o in remoto.

Su queste basi è stata attivata la e-maintenance alla quale guardano con particolare attenzioni i produttori di macchine per valorizzare il service post vendita come prodotto da valorizzare.

Prima considerazione, non si può fare a meno della manutenzione preventiva, un minimo di manutenzione preventiva deve essere certamente fatto, anche giornalmente, per permettere l'operatività delle macchine, così come l'operatore dovrebbe compiere un'ispezione per assicurarsi l'avvio del lavoro in sicurezza. Insomma cose previste in ogni corso di formazione per gli operatori. Altra forma di manutenzione preventiva è quella associata alle verifiche periodiche a cui sono soggetti gli apparecchi di sollevamento o il loro adeguamento alla evoluzione normativa.

Seconda considerazione è che bisogna associarvi un'altra forma di manutenzione, meglio se predittiva o proattiva.

D'altro canto si assiste ad una generalizzazione dell'appalto o outsourcing della manutenzione in tutti i settori produttivi, dei trasporti e della difesa. In genere più il carico e la qualità manutentiva sono strettamente legati alla sicurezza, più salgono i costi di manutenzione e più salgono i margini di profitto di eventuale inadempienza del manutentore, e la possibilità di dover affrontare contenziosi legali per il mancato rispetto di questo servizio.

Di conseguenza sarebbe bene per l'impresa edile che appalta la manutenzione preventivare una qualche forma di controllo di qualità, al momento non si è a conoscenza dell'esistenza di procedure in tal senso, pertanto potrebbe essere tema di approfondimento.

Il problema manutenzione in generale e in outsourcing in particolare è sapere chi e cosa deve fare, sia dal punto di vista operativo della sicurezza della macchina, sia dal punto di vista della valenza sulla responsabilità legale.

Il Testo Unico della Sicurezza del 2008 delinea un sistema cautelare essenzialmente basato sulla responsabilità del Datore di Lavoro, a cui fanno capo la rete interna aziendale e un gruppo di soggetti eterogeneo fra cui progettisti, i fabbricanti, i venditori, i noleggiatori, i concedenti in uso e gli installatori di "attrezzature".

Rispetto alle responsabilità "generalizzate" previste a carico del datore di lavoro, dei dirigenti e – in misura minore – dei preposti, le regole cautelari prescritte nei confronti degli appartenenti a questo gruppo extra-aziendale sembrano più limitate e necessariamente connesse alla verifica del corretto svolgimento della fase, cronologicamente antecedente l'utilizzo dell'attrezzatura, ovvero ad uno stadio che sfugge necessariamente alla sfera di controllo del datore di lavoro.

Il decreto dedica a **progettisti ed installatori** disposizioni autonome, mentre mette venditore e noleggiatore sullo stesso piano, per cui nel momento in cui l'attrezzatura entra nella sfera di controllo del datore di lavoro, la responsabilità ricade sul gruppo aziendale. In tal senso la Sent. Cass. 5 marzo 2009 n. 23604, dice: *"In tema di prevenzione degli infortuni sul lavoro, il soggetto titolare dell'impresa che noleggia macchinari (eventualmente mettendo a disposizione anche un soggetto addetto al loro utilizzo) non ha l'obbligo di cooperare all'attuazione delle misure di prevenzione e protezione che l'appaltatore di lavori deve adottare in favore dei lavoratori alle sue dipendenze, e*

*pertanto non assume, nei confronti di questi ultimi, una posizione di garanzia in relazione ai rischi specifici connessi all'ambiente di lavoro nel quale essi sono chiamati ad operare, non esercitando alcuna attività produttiva".* Inoltre non è chiara la valutazione della colpa rispetto agli oneri di manutenzione dell'attrezzatura noleggiata, che è diffusa prassi affidarla allo stesso noleggiatore.

Il legislatore con il Decreto 11/04/2011 individua le modalità delle verifiche periodiche, gli enti preposti, i soggetti pubblici e privati a cui possono essere demandate le verifiche e le caratteristiche che questi soggetti devono possedere. In questo caso le verifiche periodiche riguardano gli apparecchi di sollevamento, che sollevino un carico superiore ai 200 kilogrammi, solleva dalla prima verifica i carrelli con braccio telescopico o telehandler con dichiarazione di conformità del "datore di lavoro".

In pratica l'applicabilità di questo decreto è stata successivamente rimandata a Maggio 2012 e a Marzo 2013 erano ancora in emissione circolari interpretative, per cui è plausibile che non siano ancora misurabili gli effetti di queste azioni legislative.

E le altre macchine? C'è senz'altro la sensibilizzazione. Si ha notizia di una rete di una officine qualificate detta "Centri3A" in grado di erogare servizi di assistenza mediante procedure certificate, la rete fa riferimento ad Assodimi, Associazione distributori macchine industriali, a sua volta appartenente alla filiera delle associazioni imprenditoriali per le macchine e le attrezzature di cantiere. Poiché non ci sono purtroppo noti i criteri di queste procedure nonostante gli sforzi per ricercarli, non si possono trarre altre conclusioni.

Ritornando a focalizzare l'attenzione sul noleggiatore, a sua volta questi può dare in outsourcing l'attività manutentiva della propria flotta, anche se i noleggiatori asseriscono che la macchina è per loro un asset strategico da tutelare.

Ad esempio un noleggiatore italiano che disponeva (2010) di 1200 macchine movimento terra ha affidato in outsourcing la manutenzione di queste macchine alle proprie filiali di vendita aumentando la profittabilità dal 2% al 4%. Questo caso forse si può interpretare come un outsourcing formale più che sostanziale, ma l'incremento di profitto è paragonabile alla media dei profitti per investimenti in sicurezza citati nell'introduzione.

Se una conclusione sembra trarsi, è quella che è certamente consigliabile che l'affidamento in outsourcing della manutenzione sia basato sulla fiducia, sia dal visto di vista etico che dal punto di vista tecnico.

Quanto detto sopra sembra che vada in una sola direzione, cioè il maggior beneficiario di questa situazione sembra il noleggiatore, in genere non è vero perché tutte le parti sono sul mercato per guadagnarci. In molti casi fra le due parti vi può essere sbilancio di informazioni, che favorisce azioni non proprio etiche di profitto. Al di là di esercizi accademici nell'elaborare modelli per tenere sotto controllo il fenomeno, è abbastanza evidente che le parti devono adottare strumenti di controllo, supervisione o "controllo di qualità", che come sempre ha un suo costo.

Vi sono inoltre altre forme dei servizi di manutenzione, ad esempio solo per citarne alcune:

- l'assistenza in garanzia, che il costruttore della macchina deve fornire (o chi per esso);
- già oggi è la rete di assistenza del costruttore o del dealer a fornire manutenzione su guasto, ma con l'evoluzione tecnologica complessa, chiamata per brevità e-maintenance, il costruttore e la sua rete di assistenza si propongono di essere ancor più presenti nel service [6];
- nel campo delle grandi infrastrutture, vedi per esempio gru di grandissime dimensioni per impieghi particolari e/o le TBM per i tunnel, è lo stesso costruttore a noleggiare la macchina, curarne l'assistenza, il reimpiego in un altro cantiere e, forse, curarne in qualche modo il suo uso o subappalto;
- il general contractor, le aziende che operano su grande infrastrutture, vedi quelle che svolgono la

pavimentazione stradale, acquisiscono la macchina o il sistema di macchine, quando questa diventa l'impianto strategico attorno a cui ruota la loro attività e/o quando deve essere pienamente disponibile in modo permanente: in questo caso la sicurezza ricade interamente all'interno della ditta, così come la responsabilità della manutenzione.

Nella valutazione sui costi della manutenzione gioca un ruolo importante e critico anche la durata della vita della macchina, è bene tener presente che il costo di manutenzione durante tutta la vita operativa della macchina può superare il 200% del costo iniziale della macchina stessa. In verità la "vita operativa" della macchina all'interno di un'azienda risulta essere un termine vago, infatti essa può dipendere dalla sostituzione della macchina con una più performante, meno energivora, ecc. oppure per cambiamenti nei processi produttivi.

In sintesi, in un contesto abbastanza in evoluzione dal punto di vista organizzativo dell'attività di manutenzione, la quale è fonte di business a cui guardano in molti, in cui gli stessi produttori di macchine vedono un valore aggiunto tanto da fare investimenti consistenti anche di innovazione tecnologica, non appare abbastanza chiaro chi abbia la responsabilità della sicurezza nella manutenzione effettuata sul campo o in cantiere, e ciò possa essere fonte di ulteriori confronti legali e costi indiretti. In particolare non appare chiaro di chi sia la responsabilità di incidenti avvenuti in cantiere durante le operazioni di manutenzione in outsourcing.

Quanto detto, più che dare indicazioni quantitative sulla relazione manutenzione-sicurezza sul lavoro, sembra avanzare la necessità di un approfondimento sulla determinazione delle responsabilità nelle filiera della manutenzione delle macchine e sulla qualità e formazione certificata degli operatori preposti.

Non appare chiaro inoltre a chi esperto di organizzazioni di cantieri non è, come le varie tipologie dei piani operativi per la sicurezza, possano considerare processi che si attuano per tempi limitati in cantiere.

## Sicurezza non è forzosamente tecnologica

Si focalizza l'attenzione ancora una volta sull'escavatore, che grazie ai molteplici impieghi, si può definire a buon diritto la macchina "general purpose", l'introduzione di dispositivi o soluzioni di aggancio e sgancio rapido dell'attrezzo con tempi di cambio attrezzo inferiori ad un ordine di grandezza al cambio manuale lo fa diventare il "coltellino svizzero" del cantiere.

L'escavatore, come in misura minore altre macchine movimento terra (MMT), è usato anche come apparecchio di sollevamento, nel passato questa funzione era osteggiata dagli Enti preposti alla sicurezza sul lavoro, ma poiché questo non ne inibiva l'uso improprio, fu accettato che l'escavatore potesse essere usato come macchina da sollevamento, previo rispondenza ai requisiti richiesti agli apparecchi di sollevamento.

L'escavatore diventa una gru quando finisce di assolvere le sue funzioni di MMT, ovvero scavando, trasportando, compattando e ecc. terreno e/o rocce, e comincia l'attività di handling oggetti vari anche con l'assistenza di personale per agganciare/sganciare e stabilizzare il carico. Sarebbe bene ricordare che quando altro personale si trovano nei pressi della macchina, la sua controllabilità, la dolcezza e la precisione dei comandi, nonché la concentrazione dell'operatore sono fondamentali per la sicurezza.

Per la precisione esistono anche esempi border line, o di non chiara interpretazione, in cui vengono movimentati oggetti con benna o attrezzi per lo scavo senza concorso di altro personale, pertanto con teoriche funzioni di escavatore. Altro esempio border line, basato su esperienza diretta, può essere l'uso abituale di pale caricatori per spostare, sollevare sull'autocarro, blocchi unici di pietra o marmo di massa tale da compromettere la stabilità longitudinale della macchina stessa.

In certi casi l'escavatore, ma può valere anche per altre tipologie di macchine, è equipaggiato all'origine con occhiello per il sollevamento, in altri l'occhiello è fissato ad esempio sulla benna. All'occhiello vanno collegati poi anelli, catene e quant'altro per la movimentazione di oggetti, per questi componenti è difficile valutare l'incremento degli sforzi a cui sono sottoposti con il movimento del braccio, durante il quale cambia anche l'assetto degli occhielli di fissaggio.

Nei casi più gravosi questi componenti possono soggetti a cedimenti, come visto nelle figure 6 e 7 , con rischio di incidenti [7].

I componenti sono di costo modesto rispetto ad un attrezzo più adatto, spesso non in dotazione alla macchina, possono essere reperiti sul cantiere stesso ed è probabile che non siano soggetti a ispezioni e manutenzioni regolari, il loro uso a volte saltuario è affidato all'esperienza e al buon senso degli operatori.

Come conseguenza, la percentuale di incidenti che coinvolgono gli escavatori operanti come gru è molto elevata, inoltre può succedere quello che succede alle gru mobili, superando i limiti di sollevamento con conseguente ribaltamento.

Nel periodo 2010-12 si sono dovuti contare alcuni incidenti mortali dovuti alla "stretta vicinanza" alla benna di una macchina movimento terra che hanno coinvolto personale on foot, in particolare uno è dovuto allo sgancio della benna all'aggancio di un carico, due sono dovuti al contatto con le benne di caricatori e uno per contatto benna di escavatore. Alcuni incidenti sono avvenuti "attorno" ai ganci di gru, ma non si è in grado di separare chiaramente eventuali cedimenti per il carico o difetti e/o disattenzioni durante operazioni di aggancio..

Dagli elementi in possesso non è possibile stabilire se eventuali ribaltamenti di piccoli escavatori sia dovuto a carichi applicati alle benne.

Data la complessità del braccio e un elevata dinamica degli escavatori rispetto alle gru mobili, i

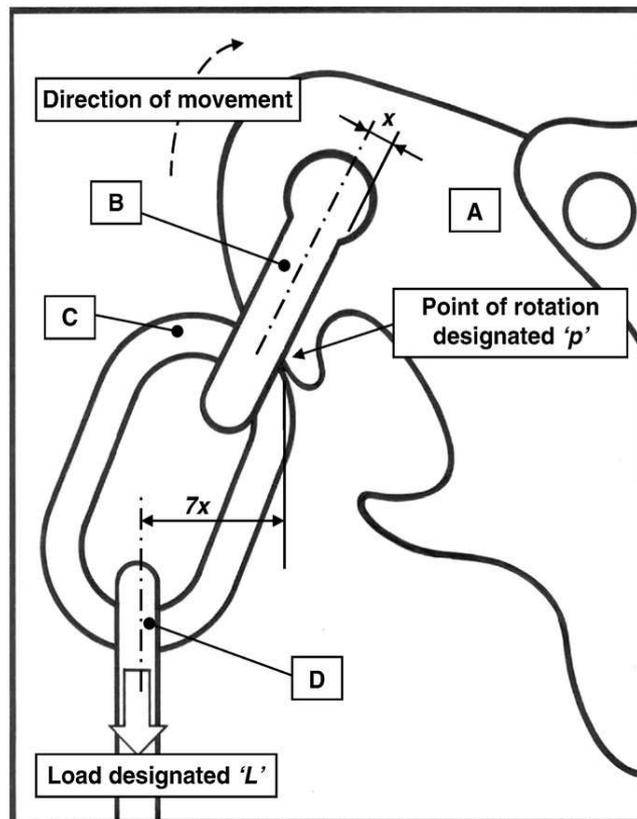
sistemi elettronici utilizzati in queste per monitorare i limiti di sollevamento non sono utilizzabili: ancora una volta deve sopperire l'esperienza, la formazione e la perizia degli operatori.

È bene precisare inoltre la grandi difficoltà di reperire anche soluzioni sperimentali attive e passive per evitare collisioni uomo-macchina a brevissima distanza dovuti a bracci e/o benne, forse la ricerca sulla interazione uomo-robot nello stesso spazio di lavoro potrà in futuro venire in aiuto.



Significant deformation in left-hand corner of link (top)  
Catastrophic failure of link (bottom)

Figura 6



**Key**

- A = Quick-hitch with attachment (e.g. bucket) removed, note direction of movement
- B = D-shackle pinned through quick hitch lifting eye
- C = Master link
- D = Lifting chain (only one shown for clarity) suspended from master link

Figura 7

Vi sono macchine che vengono impiegate prevalentemente in montaggio o manutenzione di interni, come le piattaforme aeree con meccanismo di sollevamento a soffietto, il cui sistema di locomozione caratterizzato da ruote di piccolo diametro e di una non ampia superficie di appoggio, anzi sembra proprio che queste non abbiano un sistema ausiliari di stabilità.

La piattaforma in movimento è messa in difficoltà da ostacoli semplici come gradini, cordoli, buche o semplici avvallamenti, certo le ruote di piccolo diametro non filtrano al meglio le asperità del pavimento, ma è il sollevamento stesso della piattaforma che amplifica le inclinazioni statiche, aumenta l'altezza del centro di gravità, diminuisce la rigidità della struttura e amplifica le oscillazioni della piattaforma.

Questi problemi sono intuibili e qualitativamente valutabili da parte dell'operatore, e nonostante le raccomandazioni che lo spostamento della macchina avvenga a piattaforma abbassata, che l'operatore a piattaforma estesa non faccia movimenti ciclici onde non incrementare le oscillazioni, avvengono banalmente ancora incidenti.

*Figura 8*



Sicuramente anche in questo caso è possibile disegnare e progettare un qualche dispositivo di allarme o controllo, anche se resta da verificare il rapporto fra il costo di questo dispositivo e quello della macchina. In attesa di ciò resta comunque indispensabile una condotta oculata e attenta dell'operatore e dei preposti alla sicurezza ad evitare comportamento a rischio. Spesso ad utilizzare queste macchine sono imprese artigianali di piccole dimensioni, in cui fare presto è essenziale per la sopravvivenza economica ed inevitabilmente si tende a sovrastimare le capacità dell'operatore.

Ciò può valere per tutte le piattaforme aeree, alcune di grandi dimensioni hanno dimensioni e massa tale da veri problemi con la superficie di appoggio come le gru di cui si era parlato in precedenza.

## Costi fermo macchina per incidente

Obiettivo di questo capitolo è di fornire valutazione dei costi temporali delle macchine che rimangono inattive causa incidenti in cui sono direttamente o non sono direttamente coinvolte, adottabili dalle metodologie di rilievo dei costi della non sicurezza.

Le tipologie di costi, che concorrono a formare il costo complessivo per unità di tempo delle macchine sono tanti, dal prezzo di acquisto, al deprezzamento, agli ammortamenti, ai premi assicurativi, alla manutenzione e aggiornamento per eventuali novità normative, ad essi vanno aggiunto se dovuti il consumo di carburante, la gestione amministrativa e tanti altri ancora.

Questi costi sono difficili da valutare in quanto possono dipendere dalla singola realtà aziendale, realtà non sempre generalizzabile, tuttavia c'è un costo che può racchiuderne, se non tutti, molti, che gode di generalità poiché rappresenta una pratica diffusa, e che può essere aggiornato periodicamente con qualche facilità: il costo per unità di tempo del noleggio.

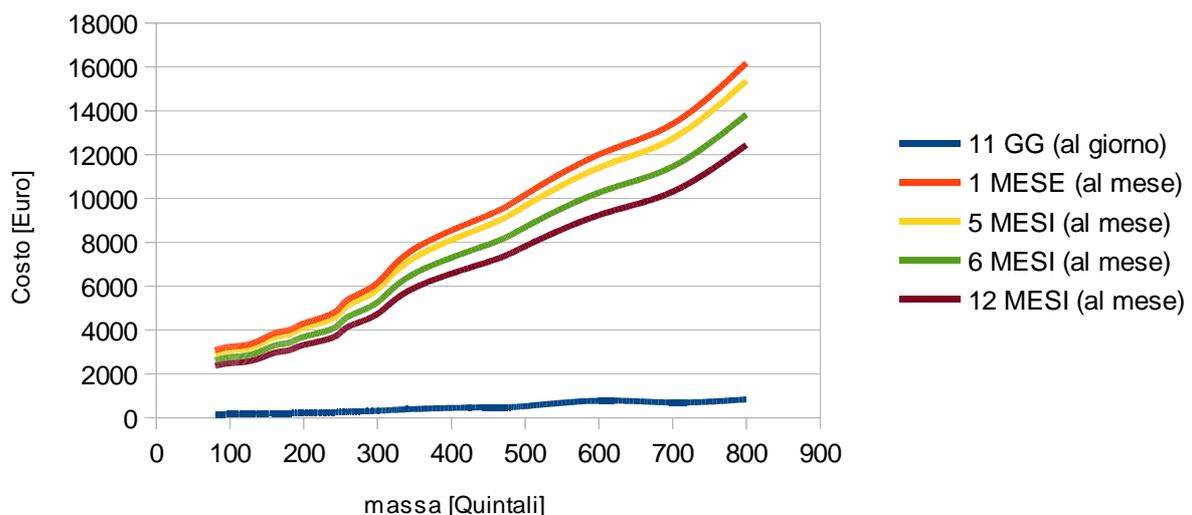
Ci si è avvalsi delle tariffe che fortunatamente alcuni noleggiatori hanno esposto sul Web, contattare i singoli noleggiatori per avere una moltitudine di preventivi sarebbe stato un lavoro a dir poco enorme.

Queste tariffe sono da considerarsi però indicative, perché rappresentano macchine con equipaggiamento standard, per l'uso del tutto generale che se ne intendere fare qui, esse dovrebbero essere perfettamente adatte; dette tariffe risalgono al 2012, ma nulla tolgano alle loro utilità.

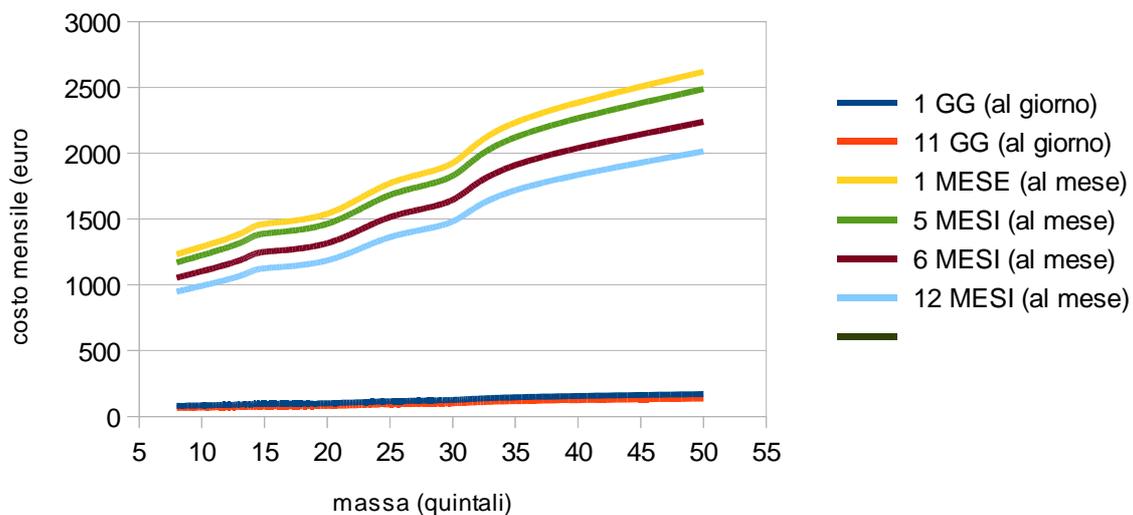
Ciò che non è stato possibile ottenere sono gli eventuali oneri contrattuali per la mancata riconsegna nei tempi stabili, qualora il fermo macchina si protragga oltre questi, ma in realtà sarebbe possibile accedere ai contratti tipo solo con la collaborazione dei noleggiatori e delle imprese.

Vengono evidenziati di seguito in forma grafica i costi di noleggio in funzione della massa della macchina per periodi di tempo crescenti, ma ricondotti ad un giorno (8 ore) o ad un mese (22 giorni), mentre tabelle numeriche sono presenti in appendice.

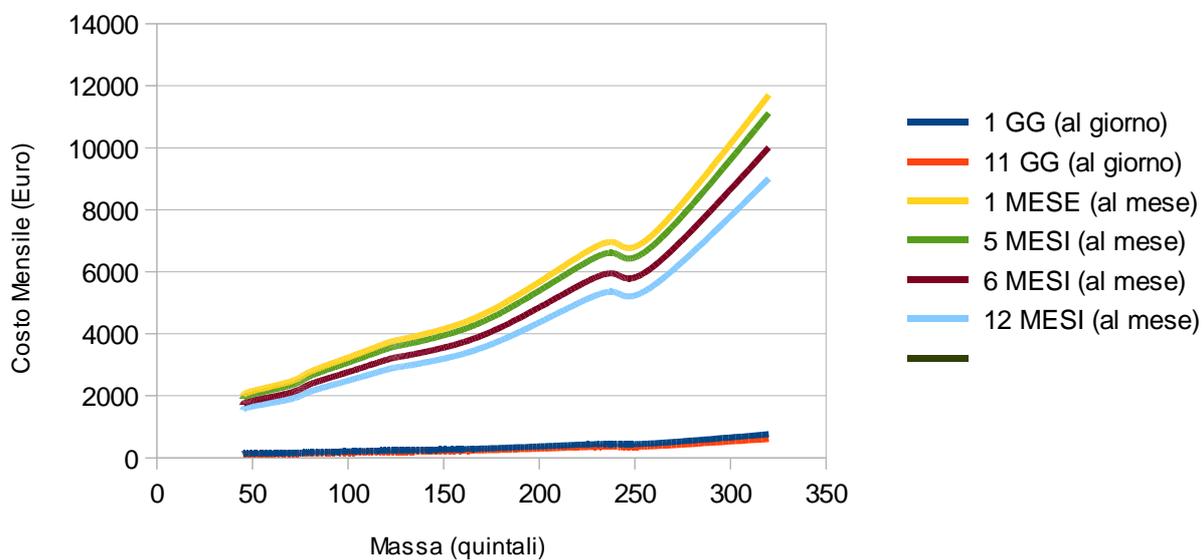
tariffe noleggio escavatori cingolati



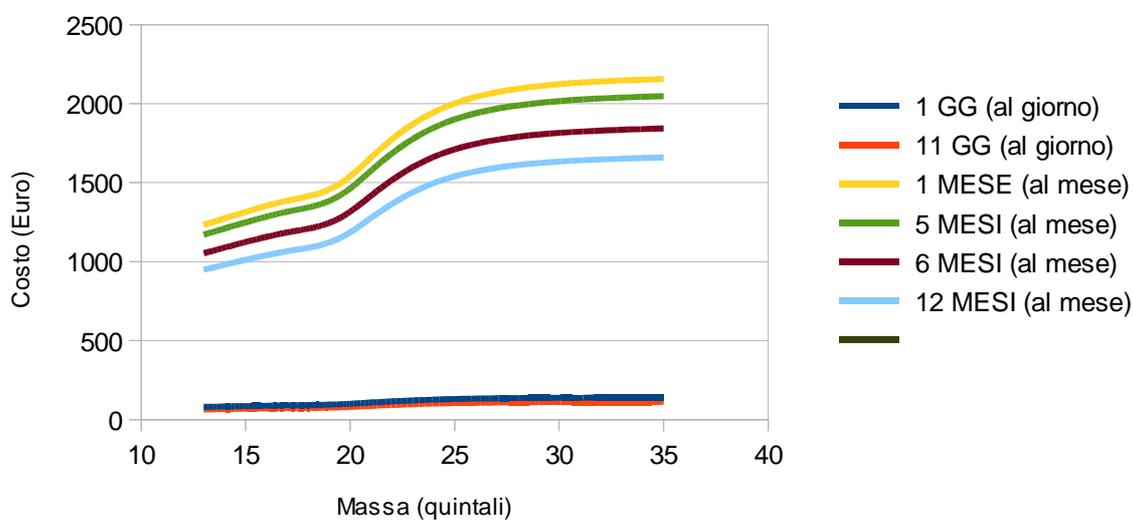
### Tariffe Noleggio Miniescavatori



### Tariffe Noleggio Pale Gommate



## Tariffe Noleggio Skid Loader



### PREZZI NOLEGGIO GRU AL MESE

COMPLETE TUTTE DI RADIOCOMANDO, SECCHIONE, FORCHE, BENNA SOTTOCANGIO

#### GRU A ROTAZIONE BASSE

15 METRI DI BRACCIO 490€

18 METRI DI BRACCIO 560€

22 METRI DI BRACCIO 620€

26 METRI DI BRACCIO 690€

28 METRI DI BRACCIO 790€

30 METRI DI BRACCIO 840€

32 METRI DI BRACCIO 890€

#### GRU A ROTAZIONE ALTE CON TORRE DI ALTEZZA STANDARD

35 METRI DI BRACCIO 990€

40 METRI DI BRACCIO 1290€

42 METRI DI BRACCIO 1390€

45 METRI DI BRACCIO 1490€

52 METRI DI BRACCIO 1900€

## Danni alla salute

Le macchine non sono solo causa di incidenti o infortuni, ma anche di danni alla salute attraverso la produzione di agenti dannosi, fra i quali i più comuni e trasversali alle attività produttive si possono indicare vibrazioni, rumore, emissioni di scarico. Questi agenti promuovono solitamente danni nel lungo periodo, difficilmente riconducibili agli aspetti microeconomici aziendali, piuttosto fanno sentire i loro effetti nella macroeconomia dei costi sociali.

L'esposizione prolungata a questi agenti può indurre anche ad incidenti conseguenti ad affaticamento, perdita di concentrazione, errori di valutazione, gli agenti hanno diretta conseguenza anche sulla produttività e sui consumi. Le azioni scomposte sui comandi, l'elevata dinamica e oscillazioni della macchina, fonti di vibrazioni, possono introdurre sollecitazione improvvise o cicliche indesiderate sulla macchina, sull'operatore e sul terreno o superficie di appoggio sui grava la macchina stessa.

In questa sede sono prese in considerazione le sole vibrazioni, che costituiscono un argomento trasversale.

Il livello di vibrazioni all'operatore (inteso whole body) è caratterizzato da tre fattori: prestazioni del sistema di sospensioni della macchina, pianificazione del lavoro e esperienza dell'operatore.

Il primo fattore dipende in primis dal costruttore della macchina, che deve attenersi o migliorare le specifiche delle richieste delle varie normative, progressi in questo senso se ne stanno facendo e saranno tanto più concreti quanto più il mercato e gli utilizzatori saranno sensibilizzati, ovvero la sicurezza è stimolo alla competitività.

Poiché si vuole valutare la relazione fra macchina e cantiere, si preferisce focalizzare l'attenzione sul contributo che l'operatore stesso può dare alla riduzione delle vibrazioni al posto di guida e dei consumi. A sua volta la riduzione del consumo di carburante ha impatto positivo su l'usura del motore termico, la sostenibilità ambientale e la riduzione delle spese.

Test sperimentali hanno permesso di quantificare la riduzione di esposizione alle vibrazioni e dei consumi attraverso una adeguata formazione degli operatori stessi, vedi [8]. Questi test sono stati condotti con terne, o con definizione più formale backhoe loaders, di differenti taglie e con operatori di diversa provenienza ed esperienza, e consistevano nell'esecuzione di alcuni tipici processi produttivi: il caricamento di un dumper con la pala con il tipico movimento a V, scavo di trincea e rimozione di uno strato superficiale di un'ampia area con benna per escavatore molto larga.

I risultati mostrano una riduzione dei livelli di vibrazioni su tutti gli assi dal 16,5 al 26,8% , una riduzione dei consumi che vanno dal 9,4 % per il caricamento del dumper con il movimento ad V, fino alla media del 19,86% per lo scavo trincea. È ovvio che a minori consumi corrispondono minori emissioni inquinanti e luogo di lavoro più sostenibile sia per gli operatori delle macchine che per altro personale che lavora nei pressi.

Per ottenere questi risultati bisogna pagare un prezzo, ovvero, da un lato è stato ridotto il regime di rotazione del motore termico ad un valore tale da consentire l'erogazione continua della potenza e della portata della pompa idraulica previste senza eccedere in picchi, dall'altro l'esecuzione di processi meno energivori richiede un coordinamento di più gradi di libertà (DoF) delle operazioni della macchina con conseguente allungano i tempi di esecuzione dal 3% al 13% percento circa. Infatti l'allungamento dei tempi è più sensibile nelle operazioni di scavo perché bisogna controllare in modo più continuo i 3 DoF minimi del braccio escavatore.

Una breve parentesi, il coordinamento dei movimenti su numero elevato di gradi di libertà sono fra gli obiettivi dell'automazione o robotizzazione dell'escavatore, l'analisi cinematica e dinamica associata a questi studi è stata utilizzata anche per lo studio sull'interazione con il terreno visto

come “fondamenta”. Queste analisi sono state utilizzate anche per approntare i simulatori di cui si parlerà successivamente, per cui le ricadute di questi studi sul mondo delle costruzioni si possono già avvertire prima ancora di avere un vero e proprio robot in cantiere. Con le dovute differenze ciò vale anche per le altre tipologie di macchine.

Vi sono tante tipologie di macchine per uso e controllo manuale il cui modo di operare induce forte vibrazioni, martelli pneumatici, compattatori, ecc. , il cui contenuto di vibrazioni deve soddisfare o essere migliorativo rispetto alle normative esistenti. Il sito della Health and Safety Executive (UK) alla voce *Vibration Risk Assessment* si trova questo breve riepilogo

	Typical	12 m/s <sup>2</sup>
<b>Road breakers</b>	Modern tool designs, good operating conditions and trained operators	5 m/s <sup>2</sup>
	Worst tools & operating conditions	20 m/s <sup>2</sup>
	Modern tools	8 m/s <sup>2</sup>
<b>Demolition hammers</b>	Typical	15 m/s <sup>2</sup>
	Worst tools	25 m/s <sup>2</sup>
<b>Hammer drills/combi hammers</b>	Typical	9 m/s <sup>2</sup>
	Best tools & operating conditions	6 m/s <sup>2</sup>
	Worst tools & operating conditions	25 m/s <sup>2</sup>
<b>Needle scalars</b>	Modern tool designs	5 – 7 m/s <sup>2</sup>
	Older tool designs	10 – 25 m/s <sup>2</sup>
<b>Scabblers (hammer type)</b>		20 – 40 m/s <sup>2</sup>
<b>Angle grinders (large)</b>	Modern vibration-reduced designs	4 m/s <sup>2</sup>
	Other types	8 m/s <sup>2</sup>
<b>Angle grinders (small)</b>		2 – 6 m/s <sup>2</sup>
<b>Clay spades/jigger picks</b>	Typical	16 m/s <sup>2</sup>
<b>Chipping hammers (metal-working, foundries)</b>	Typical fettling	18 m/s <sup>2</sup>
	Modern tool designs	10 m/s <sup>2</sup>
	Vibration-reduced hammers and sleeved chisels	8 – 12 m/s <sup>2</sup>
<b>Pneumatic stone-working hammers</b>	Older tools, conventional chisels	30 m/s <sup>2</sup>
<b>Chainsaws</b>	Typical	6 m/s <sup>2</sup>
<b>Brushcutters</b>	Typical	4 m/s <sup>2</sup>
	Best	2 m/s <sup>2</sup>
<b>Sanders (random orbital)</b>		7 – 10 m/s <sup>2</sup>
	Typical	

riguardante alcuni dei più comuni utensili per le costruzioni.

<b>Tool vibration (m/s<sup>2</sup>)</b>	3	4	5	6	7	10	12	15
<b>Points per hour (approximate)</b>	20	30	50	70	100	200	300	450

Fornisce inoltre anche questa tabella in cui vengono associati a valori di vibrazioni in m/s<sup>2</sup> degli attrezzi a punti per ora con cui ricavare i valori di EAV e ELV

100 punti al giorno = exposure action value (EAV)

400 punti al giorno = exposure limit value (ELV)

Non sempre i valori caratteristici di vibrazioni forniti dai costruttori rispecchiano le reali condizioni operative, ad esempio i valori delle vibrazioni variano al variare del diametro della disco della smerigliatrice, della sega o le dimensioni dello scalpello del martello demolitore o della punta di un trapano. Anche le norme sui test non rispecchiano sempre pienamente la realtà operativa o almeno non la rispecchiavano al tempo della stesura del seguente lavoro [11].

L'aspetto forse più interessante di questo lavoro è stata la produzione di un database di un ampio ventaglio di tipologie di utensili, prodotti dai principali costruttori, testati in diverse condizioni operative, denominato OPERC HAVTEC, consultabile gratuitamente in Internet.

Dal punto di vista tecnologico le attuali tendenze per la riduzione delle vibrazioni nei martelli elettrici è il cosiddetto *controllo attivo delle vibrazioni*, non è difficile trovarne una linea commerciale presso i principali produttori.

In realtà la soluzione forse definitiva è aggirare, quando è possibile, il diretto contatto con il sistema mano braccio adottando macchine semoventi a controllo remoto, come piastre compattatrici vibranti e demolitori, quasi autentici robot: anche in questo caso si fa riferimento a prodotti già in commercio.

Anche per gli attrezzi manuali si possono avere delle protezioni individuali antivibranti, ovvero i guanti antivibrazioni [12], questo tipo di protezione non è nuovo infatti devono essere conformi alla EN ISO 10819 che risale al 1996 e aggiornata quest'anno. La norma stabilisce il loro rapporto di trasmissione deve essere:

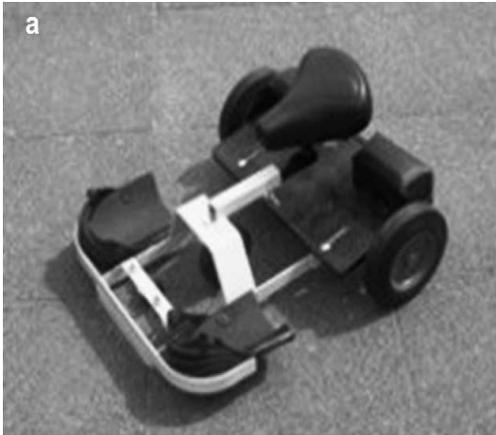
- La trasmissione in medie frequenze TRM (31.5/200Hz) deve essere inferiore a 1
- La trasmissione in alte frequenze TRH (200/1250Hz) deve essere inferiore a 0.6

La conclusione della ricerca INAIL [12] sono in sintesi:

- non esistono dispositivi di protezione individuali anti-vibrazioni in grado di proteggere i lavoratori e riportare il livelli di esposizione a livelli inferiori ai valori limiti di esposizione;
- la loro efficacia è significativa su una serie di attrezzi ad emissione medio-alta;
- sui martelli demolitori e roto-perforatori, che emettono a basse frequenze, in genere non funzionano;
- a parità di attenuazione è importante valutare le caratteristiche ergonomiche dei guanti (isolamento termico, resistenza all'umidità e resistenza meccanica).

Si evince ancora dalla presentazione del lavoro, che non è dato di sapere se e quanto attenuano su un dato attrezzo, per cui sembra in teoria, che il datore di lavoro, i preposti alla sicurezza e i lavoratori stessi dovrebbero procedere per esperienza al migliore accoppiamento guanto-attrezzo.

Una postura mantenuta continuamente nel tempo, come si sa, può provocare disturbi muscolo-scheletrici, in particolare se il lavoro è di tipo non meccanizzato. A tal fine con un vezzo un po' provocatorio viene mostrato un dispositivo che potrebbe sembrare un giocattolo, ma è stato ideato per salvaguardare gambe e ginocchia di chi posa pavimentazioni.



*Figura 9 - Dispositivo*

*Figura 10 - Processo con protezioni tradizionali*



Non sembra l'uovo di Colombo per tutte le applicazioni, in particolare per posare cubetti di porfido, ma di certo fa riflettere ancora una volta che la sicurezza passa anche per cose apparentemente piccole e banali..

## Macchine per Formare

Nell'accordo fra le Regioni del 2012 per la formazione degli operatori di macchine operatrici, si fa esplicito riferimento all'interno delle metodologie didattiche alla e-learning sia pur limitatamente ai moduli giuridico-normativi e tecnici che si possono fare in aula. Questo decreto privilegia inoltre gli aspetti pratici e di apprendimento sul campo, e prevede fra i soggetti formatori anche le ditte costruttrici delle macchine, nonché in noleggiatori.

Vi è un modo però per unire mondo multimediale e virtuale con l'apprendimento sul campo che è rappresentato dai simulatori. Ad essi lavorano università, le grandi ditte produttrici di macchine da cantiere e aziende specificatamente impegnate nello sviluppo di simulatori, che vedono questi dispositivi sia come strumento di progettazione, sia in particolare come offerta formativa. L'offerta formativa che è al tempo stesso un ulteriore servizio offerto ai clienti e veicolo di marketing.

I simulatori non costituiscono una proposta commerciale fragorosa, circa un anno fa nel contribuire a una vision per il futuro si era appurato che negli USA erano già presenti centri di formazione per operatori dotati di simulatori, nel doveroso aggiornamento per il presente lavoro si è dovuto constatare che i simulatori rappresentano già un'offerta commerciale più ampia e qualche ditta sta per proporli anche in Italia.

In teoria, perché poi molto dipende dalla complessità hardware, è possibile eseguire in aula in ambiente virtuale le manovre per simulare senza rischi le situazioni più rischiose, ripetere le manovre passo passo migliorare i comportamenti da cui dipendono vibrazioni e consumi, simulare con lo stesso supporto hardware macchine di taglia diverse.

La formazione è fattibile anche in ore serali o condizioni ambientali e metereologiche avverse, si ha possibilità di scomporre i processi produttivi complessi in un insieme di task più semplici e facile apprendimento, di ridurre l'ansietà degli allievi. Non può sostituire completamente la formazione sul campo ma ne permette la riduzione.

Studi e proposte arrivano come si è detta sia dalle case costruttrici di macchine, ad esempio vedi Volvo dalla immagine sottostante, oppure John Deere da cui sito Web spunta anche un prezzo di circa 11000 Euro, ma anche produttori commerciali, Università e centri di ricerca. In comune hanno un'aria un po' dimessa rispetto ai simulatori aeronautici a 6 DoF.



*Figura 11 - Simulatore minimale di derivazione accademica*

È bene però precisare che i grandi costruttori di macchine hanno realizzato i loro simulatori con l'aiuto dei produttori dei simulatori commerciali, con tutta probabilità c'è ancora molto da fare per ricreare realisticamente macchina con tutte le percezioni sensoriali possibili, ma la strada è avviata.

Da una ricerca di mercato sulla penetrazione dei simulatori in Europa, si evince che 3 su 4 delle principali ragioni di ostacoli alla penetrazione sono riconducibili agli investimenti necessari, ma la

quarta è che i possibili clienti non sentono queste tematiche incumbenti. È un atteggiamento frequente del mondo delle costruzioni e dei costruttori di macchine verso le novità, salvo poi rincorrerle affannosamente quando queste li travolge.



*Figura 12- Simulatore Volvo*

Il simulatore Volvo appare meno spartano anche nel costo rispetto a quelli citati in precedenza, nell'immagine non compare il computer che lo controlla. Sfortunatamente si è in possesso solamente dello User Manual, che descrive le informazioni fisiche dei componenti, pertanto non è possibile in questa sede dare informazioni possibilità operative del sistema.

Il settore delle costruzioni ha il problema particolarmente sentito della formazione e/o della comunicazione dell'esperienza nei processi manuali, che in epoche anche recenti erano acquisite e trasmesse sul campo attraverso l'affiancamento con personale esperto. L'aumento del turn over, le minore motivazioni ad intraprendere queste lavori, che rappresentano un ostacolo all'apprendimento, associati ai tempi lunghi di questa formazione rendono critica il mantenimento di professionalità e possono essere fattori di incremento delle malattie professionali.

La tendenza che si registra è il ricorso a piccoli sistemi di realtà virtuale per implementare l'apprendimento di task di lavoro. Sistemi di visione e sensori a basso costo hanno permesso a ricercatori di analizzare i movimenti dei conduttori di macchine, dei muratori, dei carpentieri, ecc. e hanno sviluppato conoscenza, ad esempio, sul comportamento a fatica dei conduttori, dall'analisi dei movimenti di muratori e dei carpentieri hanno cercato di sintetizzare i movimenti ottimali per ridurre i danni muscolo-scheletrici.

L'uso di analizzatori di movimento è utilizzato e studiato nello sport e nella riabilitazione, e il settore delle costruzione non può essere escluso [9].

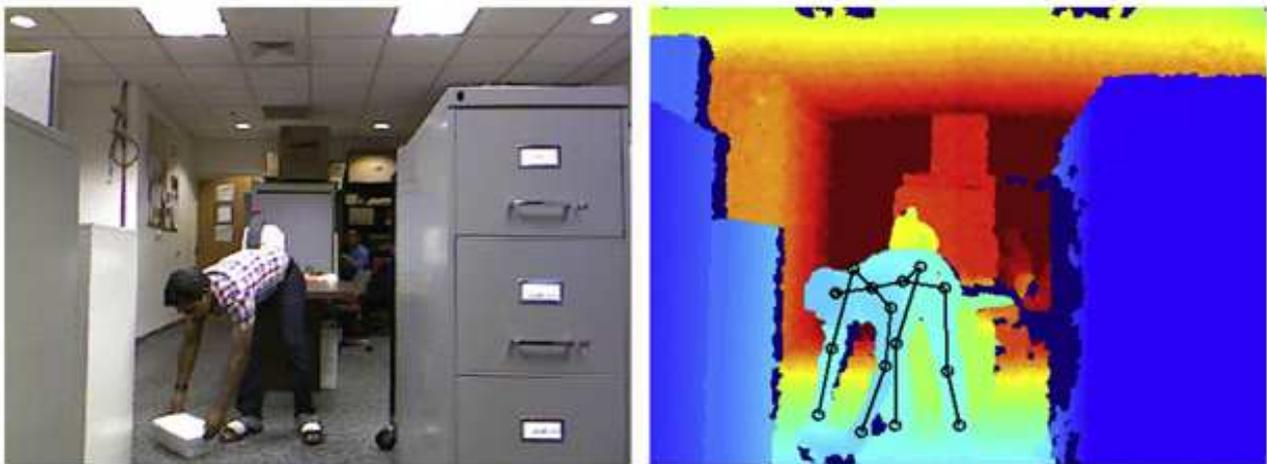


Figure 13 e 14

Le figure 8 e 9, tratte da [9], rappresentano semplicemente la comparazione fra il corpo reale della persona e la sua rappresentazione in meccanismi stilizzati che permettono l'analisi dei movimenti e dei loro sforzi, da cui è possibile ricavare una sintesi.

Lo scopo di queste attività è evidenziare visivamente comportamenti scorretti attraverso la comparazione fra i movimenti dell'allievo e un comportamento corretto e la possibilità di correggerli in breve tempo per imitazione.

Si fa riferimento al lavoro citato in bibliografia, perché gli autori hanno voluto esplicitamente orientarlo alle costruzioni anche se in realtà non è l'unico se non è l'unico. Una notevole quantità di lavori è senz'altro disponibile se si prendono in considerazione altre attività produttive, approcci simili sono impiegati anche per capire la risposta dell'operatore alle operazioni di cantiere, così come valutare la stanchezza al volante di un automobilista.

Vi è stata una esplosione di queste attività, perché l'elettronica di consumo ha messo a disposizione dispositivi e sensori, vedi Kinect per Windows o dispositivi di movimento associati alle console per video giochi, a costi contenuti, mentre l'open source ha reso disponibili software praticamente gratuiti.

La realtà italiana non è nuova a questi temi, invero i numerosi tentativi di reperire materiale, hanno portato alla luce, quasi fosse una prospezione archeologica, l'attività di un gruppo toscano comprendente anche operatori ASL che aveva pubblicato fin dal 1999 e partecipato a progetti europei sul tema di "Virtual Reality For Young Construction Workers Instruction And Training".

## Sistemi anticollisione

In cantiere è un luogo in cui più spesso le macchine in movimento rischiano di travolgere o travolgono persone appiedate o di scontrarsi fra loro, il cicalino di retromarcia, unico ausilio per tutti i casi, può poco in un ambiente altamente rumoroso, forse innalza di più il fastidio che il livello di attenzione.

Nei sei-sette incidenti mortali avvenuti nel periodo 2010-12 il cicalico sembra non entrarci molto, addirittura si conta un incidente di un treno cantiere, un investimento da autobetoniera con le ruote anteriori; solo in un caso la macchina causa dell'incidente, definita escavatore, era in retromarcia, ma se fosse effettivamente un escavatore non avrebbe un senso definito di marcia.

Per quanto riguarda le macchine movimento terra e altre macchine operatrici si erano presi in considerazione i sistemi anticollisione anni orsono [2], da allora, dopo la revisione dell'ISO 5006 "Operators visibility" del 2006, nel 2008 emanata la ISO 16001: Earth-moving machinery -Hazard detection systems and visual aids - Performance requirements and tests.

La norma stessa indica alcuni vantaggi e svantaggi della diverse tecnologie usabili allo scopo, ad esempio le più significative:

- Ultrasuoni – fornisce una accurata distanza dal bersaglio, ma è preferibile l'applicazione su veicoli lenti, richiede molti sensori per coprire l'intera area e non discrimina il bersaglio;
- Radar (si indica il tipo FMCW, perché il semplice doppler non riconosce un bersaglio fermo) – può identificare le distanze di più bersagli, la direzione e velocità, ma recepisce oggetti anche fuori dal percorso della macchina; in teoria la distanza d'uso può essere illimitata, ma alcuni costruttori danno una distanza minima d'uso di 2 metri;
- CCTV – resistente alle condizioni ambientali e lavora in scarse condizioni di luce, ma è difficile giudicare distanze e subisce le condizioni di illuminazione;
- Infrarossi passivi – Idealmente può discriminare le persone dal resto dello sfondo, ma non da altri oggetti caldi;
- RFID – può avvisare entrambe le parti, se però entrambe sono munite di tag;

La norma ovviamente non fornisce preferenze, anche perché la scelta è dettata dalle condizioni operative delle macchine operatrici, le più flessibili rispetto al settore delle costruzioni appaiono essere le CCTV, ma occorre grande attenzione da parte dell'operatore.

Con le macchine movimento terra ci si trova in uno scenario in pratica a 2 dimensioni perché il loro movimento si svolge praticamente sul terreno, con le gru bisogna aggiungere la dimensione verticale al terreno.

Le macchine come le gru fisse possono avere essenzialmente due tipi di collisione:

- con strutture, macchine e/o impianti nel cantiere
- con altre gru dove queste siano ovviamente più di una.

Sempre nel periodo 2010-12 si sono verificati un paio di incidenti per anno in cui carichi pesanti, spesso in blocchi singoli, si sono sganciati durante il sollevamento investendo personale "on foot" che stava sotto o nella traiettoria del carico. In realtà i casi di incidenti dove una parte del carico si sfilava dalla imbracatura specie con gru montate su autocarri per il trasporto sarebbero molto più numerosi, qui si vuole mettere in evidenza lo spazio tridimensionale occupato dalla gru mobile o fissa in cui non dovrebbero stare operatori per non entrare in collisione con il carico sospeso.

Il modo più tradizionale per non fare limitare il movimento della gru a volumi ritenuti sicuri è quello di configurare una mappatura 2 o 3D delle aree o volumi operativi attraverso sistemi programmabili e sensori di posizione, mappatura che deve adattarsi alla evoluzione del cantiere. Il sistema anticollisione delle gru a torre per esempio è spesso integrato anche sensori anemometrici

per evitare operazioni in condizioni meteorologiche avverse e di peso al gancio con i vari livelli limite da non superare.

Al Bauma 2013, Trimble in collaborazione con un grande costruttore di gru ha annunciato un sistema anticollisione fra gru basato su GPS ed avente precisione centimetrica, ma non se ne conoscono le caratteristiche, in letteratura si è visto anche l'impiego di sensori ad ultrasuoni montati sul braccio delle gru per evitare collisioni con altre gru o strutture. Fortunatamente non è giunta notizia di collisioni fra gru nel periodo 2010-12, è probabile che questo sia dovuto anche alla tipologia dei cantieri italiani, ci si rimette agli esperti per una valutazione più attendibile.

Costruttori di sistemi come questi citati o i costruttori di gru stessi cercano di monitorare anche altri parametri, come quelli legati agli azionamenti. Tutti questi parametri, dal vento, al carico e sua posizione, inclinazione gru, stato dei motori, possono essere registrati per mezzo di computer in locale o in remoto (via GSM per esempio) e vanno a costituire quella che volgarmente è chiamata "Black Box". Generalmente la black box è offerta in opzione, ma sembra sul mercato italiano sia poco gettonata, perciò si potrebbe dedurre che non ha valenza giudiziaria.

Fin qui si sono trattati sistemi diretti o stand-alone per evitare collisioni Vehicle-to-Vehicle o Vehicle-to-Human, la tendenza a livello di ricerca è creare sistemi che integrino quanto più possibile le necessità di ovviare alle collisioni e alle cadute dei carichi. In questo campo la RFID le fa da padrona per le ragioni citate in precedente riguardo al controllo di qualità, ovviamente il sistema ha bisogno di localizzare le varie tag o dispositivi RFID, fornire il vettore velocità sempre per questi dispositivi e predire la con appositi algoritmi le eventuali collisioni.

Il supporto di comunicazione fra i lettori/interrogatori di RFID e le Unità di elaborazione delle informazioni è praticamente wireless. Si rimanda alla bibliografia citata e all'ampia letteratura esistente per eventuali approfondimenti.

*(nota per chi volesse approfondire: è bene non confondere gli algoritmi di anticollisione fra le macchine con gli algoritmi di anticollisione del sistema RFID, che si presentano in ambienti con molteplici tag e interrogatori e tentativi di comunicazione contemporanei)*

## Note Conclusive

L'innovazione delle macchine segue un percorso che non dipende dalla realtà italiana delle costruzioni, ma dal mercato globale, dove la "sicurezza" è diventata un veicolo di penetrazione commerciale anche in quei paesi che non sono più in via sviluppo, e diventati a loro volta produttori ed esportatori.

Se una considerazione può essere tratta da ciò, è che, una certa rilassatezza nei cantieri italiani verso la sicurezza potrebbe apparire un incentivo alla mancata internazionalizzazione dei piccoli produttori italiani di macchine e il perpetuarsi di produzioni o importazioni non conformi, derivandone un costo o danno sociale

Per queste ragioni si è preferito focalizzare l'attenzione sull'uso delle macchine, a cui si deve in primo luogo il maggior contributo di incidenti. È possibile peraltro che qualche incidente vada a mettere in luce problemi di progettazione e/o costruzione, però in questi casi sono necessari accurate analisi e perizie, i dati non sono certo divulgati dai costruttori, perciò è difficile riportare casi o statistiche.

Secondo cosa, fin dall'inizio si è posto l'accento sulla capacità intrinseca della "sicurezza" di fare profitto, certamente nel profitto vi è anche il risparmio prodotto dalla "sicurezza" rispetto alla "non sicurezza", ma vi è qualcosa o una consapevolezza in più verso gli investimenti.

Si è potuto notare che la tendenza a considerare costi per la sicurezza come investimenti non è nuova, anche se negli anni la relazione investimenti nella sicurezza-profitto non è parsa sempre positiva, univoca e diretta perché ad essa concorrono altri fattori tra cui la cultura della sicurezza.

Si è focalizzata l'attenzione verso alcune tecnologie più di altre, ad esempio il software per la gestione delle gru, perché riportano la conoscenza operativa della macchina in modo trasparente, semplice, a disposizione di operatori delle costruzioni. Esso non sostituisce le precise istruzioni d'uso di ogni singola macchina o i controlli che equipaggiano le macchine stesse, ma permette una valutazione operativa di una o più macchine nel particolare contesto di impiego.

Rifacendosi a quanto detto sul ribaltamento escavatori e in attesa che questi dispongano di dispositivi integrati o software esterno per la valutazione delle loro stabilità, come le succitate gru, i test semiempirici citati possono essere un metodo per valutare i fattori di rischio disponibile anche ai preposti per la sicurezza. Sono stati definiti semiempirici, perché si basano su test strumentali e valutazioni soggettive di un gruppo di operatori esperti, in modo simile alle prove condotte da riviste specializzate o per le automobili, e possono costituire mattoni della "informazione".

Informazione fa rima con formazione, che è alla base della sicurezza sul lavoro, ma sull'argomento si ritornerà in seguito

Ci si lamenta spesso che all'interno del cantiere non vi sia, o non come dovrebbe essere, la comunicazione fra tutti gli operatori, ma per avere una vera comunicazione occorrono fondamentalmente tre cose: un canale di comunicazione, un linguaggio di comunicazione e un oggetto o "qualcosa" da comunicare.

Il canale di comunicazione esiste, altrimenti non ci sarebbero i cantieri, un linguaggio comune di comunicazione bisogna impararlo, ma lo si impara meglio e tanto più in fretta se c'è necessità di comunicare "qualcosa".

L'appaltante e chi ottiene l'appalto hanno generalmente entrambi argomenti che non desiderano comunicare, forse sempre gli stessi; per l'appaltante sono i problemi che gli dovrebbe risolvere chi ottiene l'appalto, viceversa chi ottiene l'appalto non vuole raccontare dove e come disattendere il contratto per aumentare il profitto. Un progetto ben strutturato, ben documentato, curato e discusso anche sotto l'aspetto della sicurezza del lavoro è certamente un oggetto da e per comunicare, sul

quale ragionare seguendo il fondamento della qualità, cioè “Identificazione e Correzione delle Discrepanze del Processo”.

D’altro canto più il progetto è dettagliato, più sembrano restringersi la bande di adeguamento della filiera del subappalto, nonché, sussistere i presupposti per un accorciamento della filiera stessa causa la difficoltà di imprese ad adeguarsi. Se ciò sia bene o male, in particolare per quanto riguarda la sicurezza, è una valutazione che si lascia agli esperti o ai posteri, ma, prendendo ad esempio i costruttori di macchine, i sempre maggiori investimenti per l’innovazione hanno portato alla formazione di grandi gruppi in grado di competere su un ampio mercato, lasciando a costruttori più piccoli mercati di nicchia .

Si è cercato di dare qualche indicazione economica nella relazione fra manutenzione e sicurezza, invece si è potuto constatare, che è un aspetto del cantiere e di altre entità collegate molto fluido dal punto di vista organizzativo, fonte di business anche per entità esterne al cantiere e non sempre chiaro dal punto di vista delle responsabilità.

Anche dal punto di vista accademico è difficile trovare percorsi accettati e modelli ripetibili, se una conclusione può essere data è quella che è certamente argomento valido per investigare maggiormente e indicare sintesi su chi fa e come.

Su questo particolare tema si è dovuto rifare ricorso purtroppo a documenti e commenti rintracciati sul web e in alcuni forum, perché sono stata l’unica testimonianza concreta di disagi e fluidità sull’argomento.

La difficoltà di trovare modelli economici della manutenzione ampiamente adottati e la constatazione della diffusione della pratica del noleggio, si è pensato che il costo di noleggio per unità di tempo potesse essere un mezzo per valutare i costi dei fermi macchina a causa di incidenti in cantiere, in quanto la formazione di questo costo racchiude al suo interno buona parte dei costi che le aziende dovrebbero sostenere per acquisire, utilizzare e gestire in proprio il parco macchine.

Le tariffe di noleggio non sono largamente esposte sul Web, si ringraziano perciò le ditte di noleggio che le hanno pubblicate, perché ha reso la raccolta dei dati omogenea e confrontabile. Come si è detto non è pratica comune dei noleggiatori esporre le proprie tariffe di riferimento, non è dato di sapere se ciò giovi agli affari, certamente meno alla trasparenza.

Il decreto del 2008 aveva equiparato il noleggiatore al venditore, perciò senza una pratica responsabilità verso lo stato di sicurezza della macchina consegnata, forse le modifiche datate 2011 e più volte rimandate nell’applicazione hanno modificato il contesto delle responsabilità, ma forse è presto per valutarne gli effetti.

Nel frattempo le aziende di noleggio si avuto anche cambiamenti strutturali, si è costituita una filiera per le macchine da costruzione a cui hanno aderito aziende di noleggio e di manutenzione che aderito a principi di qualità. Però ancora una volta questi principi, sia pure a grandi linee, non appaiono trasparenti essendo disponibili ufficialmente solo per queste aziende, questa mancanza di trasparenza forse va a ledere il principio che l’informazione legata in qualche modo alla sicurezza è un bene di tutti.

Come si è detto l’informazione fa rima con formazione, infatti si possono formare sulla sicurezza imprenditori e lavoratori, ma quando devono scegliere il miniescavatore e/o il trapano demolitore e il guanto antivibrazioni più adatti ai loro scopi dove si possono rivolgere?

Più volte si è fatto riferimento al sito de HSE britannico, o la sito OPERC per gli attrezzi manuali o a ricerche INAIL, come quella sui guanti, per cui viene naturale auspicare la creazione di siti e banche dati anche in Italia dove trovare queste informazioni aggiornate. Certamente allestire questi siti, aggiornarli, fare prove sui nuovi prodotti e altro ancora sono impegni e progetti a lungo termine, ma ci si permetta di sperare e auspicare la loro creazione.

È ampiamente noto che il settore delle costruzioni sia trainante per l’intera economia, meno

evidente ai giorni nostri è che il settore delle costruzioni sia anche promotore e produttore di conoscenza. Inconsapevolmente fin dalle prime battute, parlando del software per la gestione gru, si è abbracciata la tesi del promuovere e produrre conoscenza, per cui non si poteva non terminare con le “macchine” o metodologie di formazione, cardine della sicurezza sul lavoro.

I simulatori rappresentano una sintesi della conoscenza delle macchine e del suo operare portata all'interno di un'aula, riduce il gap tecnologico che da anni separa il mondo delle costruzioni con quello delle tecnologie più avanzate e permette un apprendimento più vicino alle nuove leve del lavoro. Il training attraverso l'analisi dei movimenti è una via per trasmettere l'esperienza della manualità e del miglior movimento in un settore che non ha più il tempo fisico e la motivazione per trasmettere l'esperienza delle vecchie generazioni alle nuove leve del lavoro, una corretta formazione sui movimenti ottimali del corpo per eseguire nel modo più opportuno il lavoro può ridurre nel tempo le malattie professionali musco-scheletriche.

Alcuni dei temi trattati hanno valenza sociale o macroeconomica, non è nelle competenze di chi scrive trarre conclusioni quantitative del possibile contributo che la sicurezza sul lavoro in cantiere possa produrre sul PIL del paese e da questi valutare la ricaduta sullo sviluppo del settore costruzioni. Qualitativamente invece lo possono ipotizzare in molti, per cui bisognerebbe includere nei costi della non sicurezza anche il mancato sviluppo del settore.

Si terminano queste note sottoponendo un problema che gli addetti ai lavori sicuramente potranno attraverso un esempio reale, sperando in una collaborazione costruttiva.

Alcuni anni fa in una presentazione organizzata dalla Camera di Commercio di Parma sull'automazione e la robotica nelle costruzioni, un imprenditore disse esplicitamente che trovava molto interessante l'argomento ma lo vedeva di difficile applicabilità, perché il costo produzione dell'immobile era all'incirca un terzo del prezzo di vendita finale e non si potevano prevedere ampi investimenti per migliorare la produttività avendo un peso minimo sul prezzo finale o sulla redditività di impresa.

Inevitabilmente avviene il confronto sugli investimenti nella sicurezza, utili a prescindere, da cui conseguente una articolazione di domande:

- possono questi investimenti essere redditizi anche nelle costruzioni?
- quanto?
- dove si può avere il massimo dei benefici?

Nel periodo esaminato 2004 – 2012 non erano pienamente obbligatori i corsi di formazione degli operatori delle macchine, per cui bisognerà attendere qualche anno per verificare la ricaduta dei corsi. Tuttavia sembra che dalla disamina degli infortuni possa trarsi una importante concausa degli infortuni, ovvero la scarsa organizzazione e gestione dei cantieri, in parte dovuta agli spazi ristretti dei cantieri medesimi, in parte alla ricerca di fare il lavoro con i mezzi a disposizione anche se inadatti.

## Bibliografia

- [1] Reserch Report “The return on prevention: Calculating the costs and benefits of investments in occupational safety and health in companies” ISSA 2011 ([www.issa.int](http://www.issa.int)).
- [2] F.Malaguti: “Tecnologie per allarmi anticollisione nelle macchine movimento terra-1a parte”, Mondo Macchina, Settembre 2002
- [3] Markku Kiviniemi, Kristiina Sulankivi, Kalle Kähkönen, Tarja Mäkelä, Maija-Leena Merivirta, “ BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction”, VTT Research Note 2597.
- [4] J. Chen and J-h Chen, “Research In Establishment Of Quality Control And Risk Management Systems” , Proceedings ISARC 2011.
- [5] M. McCann, “Heavy equipment and truck-related deaths on excavation work sites”,*Journal of Safety Research* 37 (2006) 511–517.
- [6] Taiichiro Kitatani, “Global Monitoring And Support Management System For Construction Machinery Using Satellite Communication”, pubblicazione IEEE, 2010
- [7] David J. Edwards, Gary D. Holt, “Case study analysis of risk from using excavators as ‘cranes’”, *Automation in Construction* 19 (2010) 127–133.
- [8] Langer e altri, “ Reducing whole body vibration exposure in backhoe loaders by education “ *Int. Journal Industrial Ergonomics*, 42 (2012) 304-311.
- [9] Soumitry J. Ray , Jochen Teizer, “Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training”, *Advanced Engineering Informatics*, 26(2012), 439-455.
- [10] J. P. Dickey, T. R. Eger , R. J. Frayne, G. P. Delgado, Xiaoxu Ji, “Research Using Virtual Reality: Mobile Machinery Safety in the 21st Century”, *Minerals* 2013, 3, 145-164; doi:10.3390/min3020145
- [11] A.N. Rimell, L. Notini, N.J. Mansfield, D.E. Edwards,”Variation between manufacturers declared vibration values and those measured under simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typicly founded in the construction Industry”, *Inter. J. Industrial Ergonomics*, 38(2008) 661-675
- [12] P. Nateletti, “Guanti Antivibranti”, Seminario “Dispositivi Individuali di Protezione dai Rischi per la Salute”, Modena, 07/10/2010.
- [13] ISPELS, INAIL, Conf. Regioni, “Sistema di sorveglianza nazionale infortuni mortali sul lavoro: elaborazione sui dati quadriennio 2005-2208”.
- [14] [www.filleacgil.it/incidentimortali/](http://www.filleacgil.it/incidentimortali/)
- [15] A. Carbonari, A. Biscotti, B. Naticchia, F. Robuffo, M. De grassi, “A management system against major risk accidents in large construction sites”, ISARC 2010.
- [16] [www.ags-btp.com](http://www.ags-btp.com)
- [17] David J. Edwards. Gary D. Holt, “Mini-Excavator Safety: Toward Innovative Stability Testing, Procurement, and Manufacture”, *J. Constr. Eng. Manage.* 2011.137:1125-1133.



## APPENDICE

### Tablelle Riassuntive Infortuni

#### Dati del Sistema di sorveglianza nazionale degli infortuni mortali sul lavoro periodo 2005-08

##### 1. Tabella

Infortuni mortali per settore di attività	2005-06	2007-08	2005-08
Lavori generali di costruzioni edifici e ingegneria civile	104	176	280
Lavori completamento edifici	42	39	81
Preparazione del cantiere edile	28	24	52
Installazione dei servizi nei fabbricati	25	38	63
Posa in opera di coperture e costruzione ossature tetti ed edifici	18	17	35
Costruzioni di strade	14	22	36
Costruzioni opere idrauliche	12	15	27
Totale settore costruzioni	243	331	574

##### 2. Tabella

Infortuni mortali per mansioni del lavoratore	2005-06	2007-08	2005-08
Conduuttori di macchine movimento terra, sollevamento e maneggio materiali	20	19	39
Meccanici artigiani, montatori, riparatori, manutentori macchine fisse e mobili *	18	47	

\* non è scorporabile quanto attiene al settore delle costruzioni

##### 3. Tabella

Infortuni mortali con macchine movimento terra e lavori stradali	2005-06	2007-08	2005-08
come agente materiale del contatto	23	28	51
come agente materiale dell'incidente	25	32	57

### Dati tratti da fonti sindacali

I dati sono tratti dalla raccolta di news e comunicati stampa effettuata da fonti sindacali e filtrati per settore delle costruzioni, pertanto non hanno alcuna valenza ufficiale e non rappresentano resoconti di inchieste tecniche, soffrono del linguaggio “giornalistico”; ad esempio la parola “ruspa” potrebbe non essere il sinonimo di bulldozer, oppure la frase “la gru si è accartocciata su se stessa” rende una bella immagine ma non un esatto fatto tecnico.

Pur con tutti i limiti, queste comunicazioni hanno permesso di fare una stima degli incidenti mortali riconducibili a macchine di cantiere nel periodo 2010-12, suddividendoli fra conduuttori, personale “on foot”, installatori e manutentori, e altri. Ancora, è stato possibile valutare gli incidenti che coinvolgono macchine stradali che entrano in cantiere per la logistica dei materiali, gli incidenti a macchine da cantiere nella delicata fase di salita/discesa dai carrelli trasportatori.

Le stime devono essere considerate più qualitative che quantitative per la discrezionalità di interpretazione che permettono queste raccolte di comunicati stampa, per maggiori informazioni e personali interpretazioni si rimanda alle suddette raccolte che sono consultabili al sito: [www.filleacgil.it/incidentimortali/](http://www.filleacgil.it/incidentimortali/).

#### 4. Tabella

Settore costruzioni	2010	2011	2012	2010-12
Incidenti mortali con macchine	37	30	24	91

#### 5. Tabella

Incidenti mortali per ribaltamento macchina	2010-12
Escavatori e altre macchine movimento terra	14
Personale "on foot"	3
Carico/scarico macchina da carrello trasporto	3
Autogru **	2
Rulli compattatori	2
Carrelli elevatori a forche o braccio telescopico	3
Mancato inserimento blocco comandi escavatore	1
TOTALE	28

\*\* Un ribaltamento per cedimento terreno

#### 6. Tabella

Incidenti mortali per manutenzione, montaggio/smontaggio, rotture, malfunzionamento macchine	2010-12
Cause e macchine varie	14
Impianto frenante autocarri	2
Impianto elettrico betoniera	1
Motosega ***	1
TOTALE	18

\*\*\* difficoltà interpretazione cantiere costruzioni o forestale

#### 7. Tabella

Incidenti mortali personale "on foot" per contatto (escluso ribaltamento)	2010-12
Sgancio benna per aggancio carico	1
Contatto benne caricatori	2
Contatto benna escavatore	1
TOTALE <sup>4</sup>	4

#### 8. Tabella

Incidenti mortali per collisione in piano orizzontale o verticale	2010-12
Collisioni in piano 4*	9
Collisione in verticale 5*	3

4\* difficile stabilire se la persona si trovasse nelle estreme vicinanze o lungo il percorso

5\* tipicamente sganci di carico da gru in unico blocco di materiale

#### 9. Tabella

Incidenti mortali collegati a veicoli per il trasporto e la distribuzione da e per il cantiere di materiali e macchine	2010-12
Autocarri dotati di gru (movimentazione carico)	7
Carico e scarico macchine (vedi ribaltamento)	3
Guasto freni autocarro (vedi manutenzione)	2
Autobetoniera/pompa (4 contatti alta tensione + 2 collisioni)	6

## **Tabelle Riassuntive Costi Noleggio di Macchine da Cantiere**

Le tabelle sono state realizzate grazie alla pubblicazione sul Web di alcune ditte di noleggio, che peraltro non dovrebbero coprire, l'intero territorio nazionale. Le tariffe si riferiscono al 2012 e all'equipaggiamento standard delle macchine pertanto hanno valore indicativo.

Si inizia con le tabelle relative a gru per l'edilizia equipaggiate con: radiocomando, secchione, forche, benna, sottogancio

*10. Tabella: Costo noleggio mensile gru a rotazione bassa*

<b>Lunghezza braccio</b>	<b>Euro/mese</b>
15	490
18	560
22	620
26	690
28	790
30	840
32	890

*11. Tabella: costo noleggio mensile gru a rotazione alta*

<b>Lunghezza braccio</b>	<b>Euro/mese</b>
35	990
40	1290
42	1390
45	1490
52	1900

Seguono le tariffe di alcune fra le usate tipologie di macchine mobili .

*12. Tabella: Costo noleggio (in Euro) escavatori cingolati*

<b>Peso Q.li</b>	<b>1 gg/giorno</b>	<b>11 gg/giorno</b>	<b>1 mese/mese</b>	<b>6 mesi/mese</b>	<b>12 mesi/mese</b>
80	200	160	3080	2630	2370
100	210	168	3235	2765	2490
130	220	176	3390	2900	2610
160	250	200	3850	3290	2960
180	260	208	4000	3420	3080
200	280	224	4300	3690	3320
240	310	248	4780	4080	3670
260	350	280	5390	4608	4150
300	400	320	6160	5270	4740
350	500	400	7700	6580	5925
450	600	480	9240	7900	7110
500	660	528	10164	8690	7820
600	780	779	12000	10270	9240
700	870	696	13400	11455	10310
800	1050	840	16170	13825	12440

13. Tabella: Costo noleggio (in Euro) miniescavatori

Peso Q.li	1 gg/giorno	11 gg/giorno	1 mese/mese	6 mesi/mese	12 mesi/mese
8	80	64	1170	1054	498
13	90	72	1316	1185	1066
15	95	76	1389	1250	1125
20	100	80	1463	1316	1185
25	115	92	1682	1514	1362
30	125	100	1828	1645	1481
35	145	116	2121	1909	1718
50	170	136	2487	2238	2014

14. Tabella: Costo noleggio (in Euro) pale gommate

Peso Q.li	1 gg/giorno	11 gg/giorno	1 mese/mese	6 mesi/mese	12 mesi/mese
45	130	104	2000	1710	1540
50	140	112	2156	1843	1659
70	160	128	2464	2106	1896
80	180	144	2772	2370	2133
100	210	168	3234	2765	2488
120	240	192	3696	3160	2844
130	250	200	3850	3291	2962
150	270	216	4158	3555	3199
180	320	256	4928	4213	3792
220	420	336	6468	5530	4977
240	450	360	6930	5925	5332
260	470	376	7238	6188	5569
320	760	608	11704	10006	9006

15. Tabella: Costo noleggio (in Euro) skid loader

Peso Q.li	1 gg/giorno	11 gg/giorno	1 mese/mese	6 mesi/mese	12 mesi/mese
13	80	64	1232	1053	948
17	90	72	1386	1185	1066
20	100	80	1540	1316	1185
25	130	104	2002	1711	1540
35	140	112	2156	1843	1659

16. Tabella: Costo noleggio (in Euro) sollevatori telescopici

Peso Q.li	1 gg/giorno	11 gg/giorno	1 mese/mese	6 mesi/mese	12 mesi/mese
50	120	96	1848	1580	1422
80	130	104	2000	1710	1540
100	150	120	2310	1975	1777

17. Tabella: Costo noleggio rulli compattatori tandem

Peso Q.li	1 gg/giorno	11 gg/giorno	1 mese/mese	6 mesi/mese	12 mesi/mese
15	80	64	1232	1053	948
25	115	92	1771	1514	1362
40	150	120	2310	1975	1777
70	180	144	2772	2370	2133

# TABELLE RIASSUNTIVE INFORTUNI ISPESL

I seguenti accorpamenti di dati sono stati ricavati da una raccolta di analisi più o meno dettagliata di incidenti fatali effettuata da ISPESL, che sembra terminare nel 2010.

Si è scelto di analizzare i dati dal 2004 al 2009, per non sovrapporre i commenti del 2010 a quelli delle raccolte sindacali, dando una interpretazione simile a questa. Non si è appurato se la raccolta ISPESL sia completa, preferendo focalizzare l'attenzione sull'aspetto qualitativo.

I dati ISPESL hanno permesso di approfondire l'importante aspetto delle concause e della organizzazione dei cantieri, andando a confermare i concetti espressi nella relazione di accompagnamento a cui rimandiamo i commenti.

## Ribaltamento

Si riferisce alle macchine movimento terra, stradali, carrelli elevatori e assimilabili.

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT.
10	4	7	9	5	3	38

Tabella 18: Incidenti per ribaltamento per anno

Macchina\Causa	Pendenza	Cedimento terreno	Carico eccessivo	Varie/Imprecisate
Escavatori	8	3	2	1
Pale C./ Terne	3	2	2	1
Rulli Compattatori	2			1
Carrelli Elevatori	1		1	2
Altre Tipologie	6	1	1	1

Tabella 19: Incidenti fatali causati da ribaltamento 2004-09

## Commenti:

- In 5 incidenti concausa evidente è la presenza di Benne Miscelatrici per Calcestruzzo.
- In 3 occasioni si è riscontrato mancanza ROPS.
- Almeno 2 ribaltamenti sono avvenuti durante le operazioni di carico/scarico sui loro mezzi di trasporto.
- Totale 38 per una media di poco più di 6 incidenti/anno.

## Vicinanza

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT
4	2	5	7	6	7	31

Tabella 20: Incidenti per anno causa vicinanza macchine

Cause particolari incidenti vicinanza	Tot
Torretta escavatore parte posteriore	7
Autopompa calcestruzzo	2
Benna miscelatrice calcestruzzo	1
Rullo compattatore	1
Cause "classiche"	20

Tabella 21: Cause incidenti per vicinanza

### Commenti:

- Gli incidenti dovuti alla parte posteriore dell'escavatore sono dovuti prevalentemente allo schiacciamento fra questo e altro corpo/struttura e sono indici di cantieri con spazi ristretti. Non si sono trovati al momento riscontri in letteratura.
- Anche gli incidenti con autopompe per il calcestruzzo sono indici di spazi ristretti.
- Si ricorda che la maggior parte degli incidenti per vicinanza coinvolgono personale "on foot" che è collabora ai processi produttivi delle macchine. Non mancano tuttavia incidenti per mancanza di attenzione delle persone in vicinanza, fra cui la distrazione per comunicazioni telefoniche.

## Collisioni con macchine

Non sono considerati gli incidenti in cantieri stradali o autostradali dovuti ad automezzi in transito o dovuti a treni in cantieri ferroviari.

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT
3	2	1	4	3	1	14

Tabella 22: collisioni - incidenti per anno

**N.B.** : Vi sono stati due incidenti per cesoiamento per i quali è difficile dare una collocazioni, per questi incidenti, che hanno coinvolto gli operatori stessi alla guida delle rispettive macchine, si è constatato la rimozione delle protezioni e lo sporgersi dell'operatore per aumentare la visibilità. La limitazione di visibilità è concausa di tanti incidenti sia nei ribaltamenti, che per gli incidenti di vicinanza e collisione, apparentemente i ridotti spazi di manovra sembrano sottolineare questa limitazione.

## Autogru – Piattaforme Aeree

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT
3	2	4	4	3	1	17

Tabella 23: Incidenti Autogru-Piattaforme per anno

Principali cause	TOT.
Ribaltamento/cedimento terreno	4
Contatto alto	4
Cedimento strutturale	3
Altre cause	6

Tabella 24: Principali cause incidenti autogru-piattaforme aeree

### Commenti:

- Si è notato la mancata completa apertura degli stabilizzatori durante le operazioni, anche a causa dello scarso spazio a disposizione.
- Con contatto alto si è voluto indicare contatti violenti con corpi e/o strutture (tipicamente strutture industriali interne) poste più in alto del cestello delle piattaforme, questa è una tipologia di incidentalità non riscontrata al momento in letteratura.

## Cantiere – Strada

Questa suddivisione raccoglie principalmente tipologie di macchine come autocarri, anche dotati di organi sollevamento, autobetoniere, autopompe per calcestruzzo, che svolgono principalmente il compito di trasporto e distribuzione dei materiali, ma sono usati anche in cantieri mobili con altri compiti. È una suddivisione che non trova corrispondenza in altre, ma è creata ad hoc per mettere in evidenza le problematiche organizzative del cantiere.

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT.
2	1	2	7	7	5	24

Tabella 25: incidenti macchine Cantiere - Strada per anno

Principali cause	TOT.
Contatto/ Scarica elettrica (autopompe)	7
Ribaltamento (autocarri)	3
Cedimento strutturale	2
Altre	12

Tabella 26: Principali cause di incidenti macchine cantiere - strada

### Commenti:

- I contatti elettrici riguardano prevalentemente i bracci delle autopompe-betoniere per il calcestruzzo.
- In “Altre” cause si trovano molti incidenti legati al carico/scarico dei materiali su autocarri dotati di apparecchi di sollevamento.

## Manutenzione

Si considerano solo gli incidenti avvenuti durante la manutenzione dei mezzi o il montaggio – smontaggio di macchine, in particolare gru, a sottolineare questa attività presenta notevoli rischi, in alcuni casi si è avuto un aumento del rischio per precedenti manutenzione male eseguite.

La scarsa o non idonea manutenzione è comunque concausa in molti incidenti.

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT.
3	1	1	0	3	3	11

Tabella 27: incidenti mortali durante manutenzione macchine per anno

### Commenti:

- Il montaggio o lo smontaggio delle gru torre, siano esse autoestensibili o meno, rappresenta una certa serialità.

## Gru a torre

Le indagini ISPESL hanno evidenziato che anche in Italia esiste una certa incidentalità legata alle gru a torre.

2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOT.
1	2	3	1	1	0	8

Tabella 28: Incidenti legati alle gru a torre

## Ganci, Cavi, Imbragature in genere.

I casi in cui questi dispositivi sono primaria causa di incidenti nel periodo considerato sono 4, ma sono spesso concausa nelle altre tipologie di incidenti.

## Riepilogo

Anno\ Causa	Ribaltamento	Vicinanza	Collisione	Autogru piattafor	Cantiere Strada	Manutenzi one	Gru Torre	Ganci Cavi	Tot
2004	10	4	3	3	2	3	1	0	26
2005	4	2	2	2	1	1	2	0	14
2006	7	5	1	4	2	1	3	1	24
2007	9	7	4	4	7	0	1	1	33
2008	5	6	3	3	7	3	1	2	30
2009	3	7	1	1	5	3	0	0	20
TOT.	38	31	14	17	24	11	8	4	147+2

Tabella 29: tabella riassuntiva

Nota: Il +2 nel totale si riferisce a due incidenti, non facilmente inseribile in detta suddivisione, per cesoiamento dell'operatore conseguenti alla manomissione delle protezioni e nel tentativo di incrementare la visibilità.