

REVISED NIOSH LIFTING EQUATION

Nuova procedura semplificata nell'uso della RNLE (Revised Niosh Lifting Equation), per l'analisi delle attività complesse di sollevamento manuale e per il calcolo dei corrispettivi indici di sollevamento CLI (Composite Lifting Index) e VLI (Variable Lifting Index).

di Daniela Colombini, Enrico Occhipinti*, Thomas Waters***

ABSTRACT

Questo lavoro presenta, da un punto di vista pratico ed applicativo, una procedura semplificata per valutare le attività di sollevamento manuale composte da differenti sub-tasks caratteristica presente sia nei compiti "compositi" che "variabili", calcolandone i corrispettivi indici di sollevamento denominati CLI e VLI. La metodologia presentata mantiene interamente i criteri originali della classica formula del NIOSH (RNLE), limitandosi a introdurre alcune semplificazioni per la raccolta dati, messe a punto insieme all'autore della formula originaria, e proponendo l'uso di un nuovo software dedicato. Questa procedura di semplificazione va considerata di aiuto e orientamento a tutti gli utenti potenziali per rendere possibile la raccolta e gestione di notevoli quantità di dati organizzativi e di lay-out (altrimenti ingestibili) al fine di consentire una analisi dei principali determinanti di rischio ed il calcolo del valore degli indici di sollevamento. In questa procedura aggiornata, è prevista la identificazione, secondo ristrette classi di peso, di tutti i carichi maneggiati da un lavoratore in un turno e il loro raggruppamento in 5 "categorie di peso". Per ognuna delle categorie vanno descritte le "geometrie di movimentazione" quali : origine/destinazione verticale (semplificate in 2 possibilità); distanza orizzontale (semplificata in 3 possibilità); asimmetria (semplificata in 1 sola possibilità: presente o no). Questa procedura genera fino a (e non oltre) 30 varianti (o sub-tasks) (5 famiglie di pesi x le 2 geometrie verticali x le 3 geometrie orizzontali). Per ogni sub-task viene valutata la corrispondente frequenza di sollevamento.

Al termine dell'analisi è possibile calcolare i LI individuali (indici di sollevamento per ognuno dei 30 sub-tasks). La considerazione contemporanea di 30 LI è considerata ancora eccessiva per applicare la tradizionale RNLE per compiti multipli: si procede pertanto ad un'ulteriore "aggregazione", raggruppando i 30 possibili LI in 6 possibili categorie, calcolandone la frequenza cumulata per ogni categoria. Dopo questa aggregazione si può procedere al calcolo del VLI che usa la formula già proposta dal NIOSH per i "composite tasks" per il calcolo del CLI "tradizionale" (indice di sollevamento composito). Le formule di calcolo sono molto complesse e non eseguibili manualmente: il software specificamente messo a punto consente in un brevissimo arco di tempo di ottenere gli indici di sollevamento citati anche nelle situazioni più complesse.

* Unità di Ricercat EPM - Fondazione Don Gnocchi onlus - Milano (Italia)

** NIOSH - Cincinnati (USA)

INTRODUZIONE

Durante lo studio di attività con sollevamento manuale di carichi, dal punto di vista operativo, possiamo individuare tre tipologie di compiti, con le seguenti definizioni e caratteristiche:

- MONO TASK (Compito Singolo) è il compito che comporta il sollevamento di una sola tipologia di oggetti, (con lo stesso peso), utilizzando la stessa postura del corpo, (geometria del corpo), durante il sollevamento tra l'origine e la destinazione. In questo caso si potrà utilizzare il metodo di calcolo classico denominato "Lifting Index (LI)" (Waters et al., 1993).
- COMPOSITE TASK (Compito Composito) quando si sollevano oggetti generalmente di una tipologia, ma su differenti geometrie (prelevando o posizionando da/su mensole poste a differenti altezze verticali e/o distanze orizzontali). In pratica ogni singola geometria è denominata "sub-task". In questo caso l'Indice di Sollevamento Composito "Composite Lifting Index (CLI)" può essere calcolato seguendo la specifica procedura (Waters et al., 1994). E' stato però postulato dall'Autore che in questa procedura non possono essere considerati più di 10-12 sub-tasks, da cui la necessità di introdurre, standardizzandole, delle semplificazioni (vedi oltre).
- VARIABLE TASK (Compito Variabile) quando si sollevano/depositano, nello stesso insieme temporale, molti oggetti con pesi diversi ad altezze e/o profondità diverse. In questo caso potrebbero essere identificate differenti categorie di peso. Ogni categoria di peso diversa ed ogni geometria diversa prendono il nome di sub-task.
- SEQUENTIAL TASK (Compito Sequenziale) quando il lavoro, durante il turno giornaliero, è caratterizzato da diversi compiti (ciascuno della durata continuativa di almeno 1 ora) con differenti caratteristiche (MONO, COMPOSITE, VARIABLE). I lavoratori, in questo caso ruotano tra una serie di compiti di sollevamento semplici e/o compositi e/o variabili distribuiti nel turno. In questo caso la metodologia di calcolo da adottare è il "Sequential Lifting Index (SLI)" (Waters et al., 2007).

Questo documento presenta, in modo pratico e applicativo, grazie all'introduzione di alcune semplificazioni, le procedure per valutare le attività di sollevamento manuale, composte da differenti sub-tasks, siano esse costituite da "compiti compositi" (quando comportino più di 12 possibili varianti o sub-tasks) oppure da "compiti variabili", calcolandone i corrispondenti CLI e VLI, il tutto mantenendo il criterio NIOSH originale. Per la raccolta e la facile analisi dei dati è stato specificamente allestito un nuovo software dedicato.

CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA PROCEDURA

Il CLI e VLI saranno calcolati utilizzando i dati "rappresentativi" raccolti sul luogo di lavoro; essi saranno inseriti nelle specifiche equazioni.

Tali dati comprendono il numero dei carichi sollevati e il loro peso, l'altezza della mani, la distanza orizzontale, l'asimmetria, ecc. al loro prelievo e al loro deposito (le così dette geometrie al prelievo e al deposito). Maggiori saranno le variazioni tra gli oggetti e le geometrie, maggiori saranno i dati da considerare all'atto dell'analisi degli indici.

Gli "elementi chiave" su cui si è basato lo sviluppo della procedura sono i seguenti:

- Qualunque sia il numero dei potenziali singoli sub-tasks, essi vengono ridotti, mediante la procedura fino ad un massimo di 30, definiti dalla presenza di carichi differenti (categorie di peso) e dalle geometrie di movimentazione considerando:
 - Fino a 5 categorie di oggetti (*Pesi*);
 - solo 2 categorie (ideale/non ideale) per la classificazione della *Collocazione Verticale* (Vertical Location -VM)
 - solo 3 categorie (vicina, media, lontana) per la classificazione della *Distanza Orizzontale* (Horizontal Location - HM)
- La presenza di *Dislocazione Angolare* (Asimmetry) è valutata sinteticamente per ognuna delle 5 categorie di peso (mediante un valore di soglia).
- I criteri per definire la *Durata* giornaliera dei sollevamenti sono rimasti invariati;
- La *Frequenza* delle azioni di sollevamento è determinata specificatamente per ognuno (fino a un massimo) dei 30 sub-tasks considerati.
- La *Dislocazione* (Distanza) *verticale* e la *Qualità della presa* del carico sono considerate come costanti.
- Operate queste semplificazioni, diviene possibile calcolare il LI di specifico per tutti i sub-tasks individuati (massimo 30);

- Poiché il considerare contemporaneamente, con la tradizionale formula per il CLI (Waters et al., 1994), 30 sub-tasks (e corrispondenti LI) è da ritenersi inadeguato (la ripartizione della frequenza totale di sollevamento nelle frequenze individuali per ogni sub-task risulterebbe ancora eccessiva andando a pregiudicare un corretto risultato finale), si procede ad un'ulteriore aggregazione raggruppando i possibili 30 LI in 6 possibili differenti "Categorie LI" (LI Categories), i cui limiti sono determinati in funzione della variabilità dei dati e si ricalcola la frequenza cumulativa per ognuna delle 6 categorie di LI presenti.

- Al termine di questa aggregazione è possibile calcolare anche l'*Indice di Sollevamento del compito Variabile (VLI)* utilizzando la modalità tradizionale del "*Composite Lifting Index*" (CLI) (Waters et al., 1994).

Per seguire l'intera procedura di calcolo, è risultato necessario sviluppare un software dedicato.

APPROFONDIMENTI DELLA PROCEDURA

Raccolta dati di organizzazione e di produzione.

Lo studio dei dati organizzativi è preliminare per tutti i tipi di compiti: mono, composito, variabile o sequenziale.

Il primo passo dell'analisi è quello dell'identificazione dei lavoratori e del loro numero (1 o più) occupati in attività omogenee di sollevamento dei carichi.

In secondo luogo, occorre determinare le differenti fasi di movimentazione (task/s) e la loro rispettiva durata nel turno, anche in considerazione della vera sequenza di sollevamento o di avvicendamento con altri compiti "senza movimentazione manuale" e/o di interruzione delle attività (pause).

Nella raccolta dati deve quindi essere indicato il peso (da 3 Kg fino al peso massimo sollevato, suddivisi in intervalli incrementali di 1 Kg) e il numero relativo di oggetti sollevati in un turno dal lavoratore (se uno) o dall'intero gruppo omogeneo di lavoratori individuato. Questi dati di produzione sono generalmente noti alle figure responsabili dell'organizzazione aziendale. In alcuni contesti la conoscenza del peso dell'oggetto sollevato è obbligatoria e dovrebbe essere apposta sull'imballo. Occorre notare che se qualche oggetto è sollevato svariate volte tra l'origine e la destinazione, dovrà essere indicato il numero delle volte per cui esso è effettivamente spostato: questo dato cambierà il numero di oggetti effettivamente sollevati e conseguentemente la frequenza di sollevamento.

I pesi indicati saranno quindi aggregati (dal software dedicato) in un massimo di 5 categorie di peso, su una base statistica, definite dalle rispettive tipologie e quantità.

Dai dati precedenti e cioè “il numero di lavoratori coinvolti nel task/s”, “la durata netta di sollevamento manuale nel turno”, “il numero totale di oggetti sollevati durante un turno”, “il numero di oggetti all’interno di ogni categoria di peso sollevati durante un turno”, si otterrà sia la frequenza di sollevamento complessiva (per lavoratore) sia la frequenza totale di sollevamento (per lavoratore) per ognuna delle 5 categorie di peso. Dalle tavole tradizionali possono vengono utilizzati i Moltiplicatori di Frequenza (FM) corrispondenti (Waters et al., 1993) in considerazione dello scenario di durata di sollevamento appropriato (breve; media; lunga).

Semplificazione delle variabili.

Per calcolare gli LI per i sub-task individuati e arrivare a non superare le 30 varianti, devono essere adottate alcune semplificazioni nelle diverse variabili (e relativi moltiplicatori) presenti nell’Equazione Sollevamento originale (Waters et al., 1993).

A seguire, sono definiti gli orientamenti adottati per le semplificazioni:

a) *collocazione verticale (altezza delle mani all’origine del sollevamento).*

La variabile “altezza delle mani all’origine/destinazione del sollevamento è stata ridotta in due differenti aree (Figura 1):

- AREA IDEALE: le mani sono poste tra 50 e 125 cm; il conseguente Moltiplicatore Verticale (VM) è definito uguale a 1.

- AREA NON IDEALE. Le mani sono al disotto di 50 cm o sono superiori a 125 cm: il conseguente Moltiplicatore Verticale (VM) è definito uguale a 0,78.

In funzione di queste scelte potranno essere calcolati 2 sub-tasks per ogni categoria di peso (definendo quindi un numero massimo di 10 subtasks) L’AREA ESTREMA superiore a 175 cm (>175 cm) è da considerarsi come ulteriore opzione, completamente inadeguata (il calcolo risulta infatti possibile) e deve essere evitata.

b) *dislocazione(distanza) orizzontale (Massimo punto di presa delle mani lontano dal corpo durante il sollevamento).*

La distanza orizzontale è stata semplificata in tre differenti aree (Figura 2):

- AREA IDEALE (vicina). La Distanza Orizzontale è all’interno dell’intervallo di 25-40 cm.; il conseguente Moltiplicatore Orizzontale (HM) è definito uguale a 0,71 (per un valore rappresentativo di 35 cm).

- AREA NON IDEALE (media). La Distanza Orizzontale è all’interno dell’intervallo di 40-50 cm.; il conseguente Moltiplicatore Orizzontale (HM) è definito uguale a 0,56 (per un valore rappresentativo di 45 cm.)

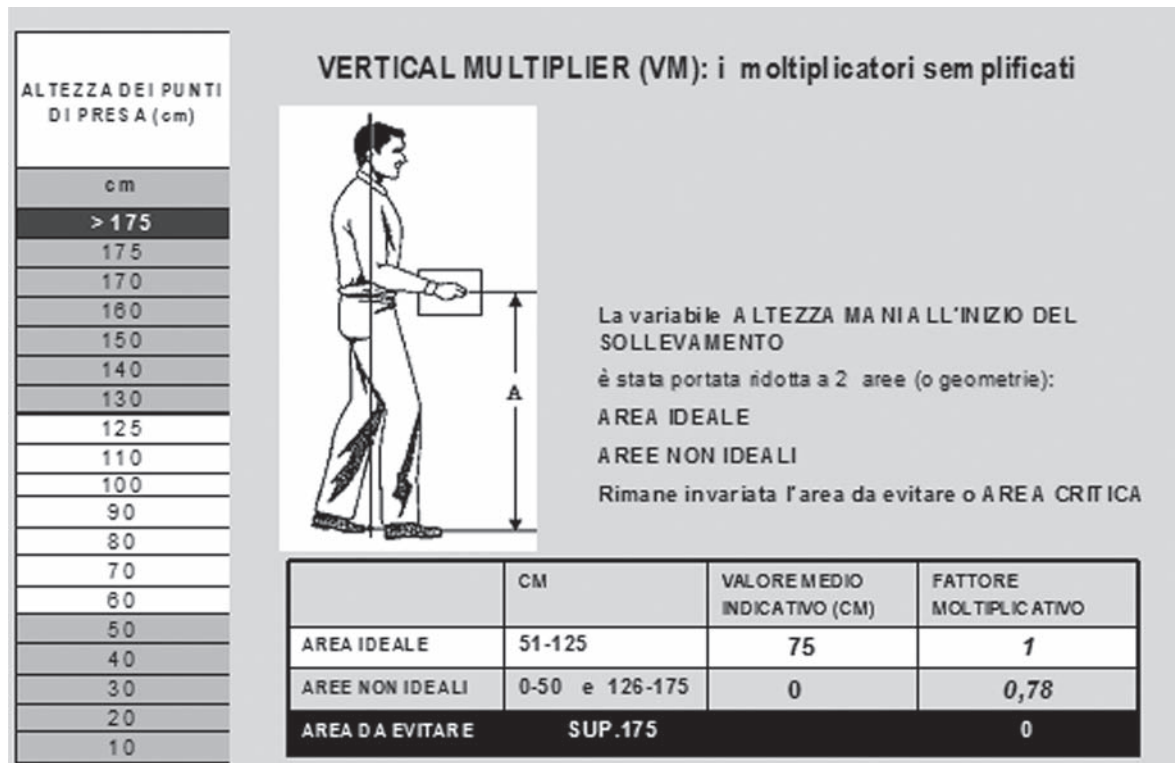


Figura 1: I moltiplicatori semplificati per l’altezza delle mani al sollevamento

- AREA NON IDEALE (lontana). La Distanza Orizzontale è all'interno dell'intervallo di 50-63 cm.; il conseguente Moltiplicatore Orizzontale (HM) è definito uguale a 0,40 (per un valore rappresentativo di 63 cm.)

In funzione di queste scelte potranno essere calcolati 3 sub-tasks per ogni categoria di peso

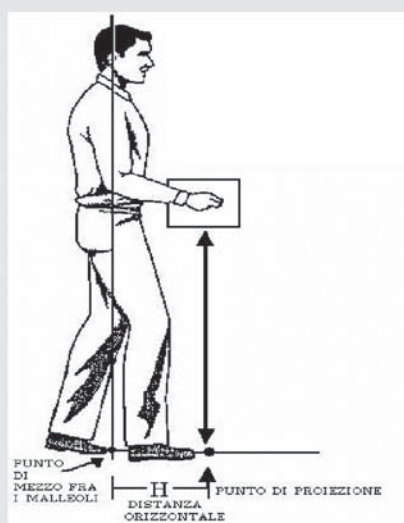
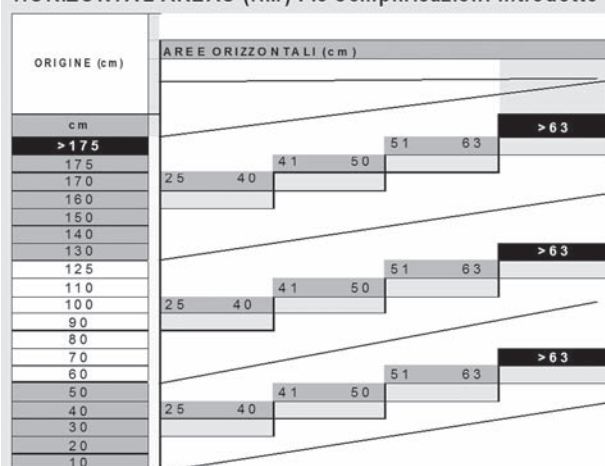
- L'AREA ESTREMA superiore a 63 cm (>63 cm) è da considerarsi come ulteriore opzione, completamente inadeguata (il calcolo risulta infatti possibile) e deve essere evitata.

e) Tipo di presa

Anche l'apporto di questo fattore è stato definito in maniera particolare. Poiché, dall'esperienza acquisita nel tempo, si è notato che trovare "prese adeguate" è piuttosto raro: il moltiplicatore corrispondente (CM) è definito costante e uguale a 0,90.

Per gestire i calcoli complessi che derivano da questa procedura, pur semplificata, è necessario far ricorso a dei softwares: ne sono stati predisposti di nuovi che consentono una facile introduzione dei

HORIZONTAL AREAS (HM) : le semplificazioni introdotte



Le aree orizzontali sono state sintetizzate in 3 distanze

	CM	VALORE MEDIO INDICATIVO (CM)	FATTORE MOLTIPLICATIVO
AREA ACCETTABILE	25-40	35	0,71
AREE NON IDEALI	41-50	45	0,56
AREA NON IDEALE	51-63	63	0,40
AREA NON IDEALE	Sup 63	Sup 63	0

Figura 2: I moltiplicatori semplificati per la distanza orizzontale dal corpo

c) asimmetria (dislocazione angolare del carico).

Le rotazioni del tronco sono considerate più sinteticamente. Il Moltiplicatore Asimmetrico (AM) di valore 0,81, è assegnato a ciascun (o a tutti) sub-task solo se le rotazioni del tronco eccedono i 45° e sono presenti (in quella categoria) per il 50% delle azioni di sollevamento. In alternativa alle condizioni sopra riportate il moltiplicatore asimmetrico è uguale a 1.

d) dislocazione verticale di sollevamento (distanza verticale delle mani tra l'altezza d'origine e la destinazione).

L'apporto di questo fattore è stato ignorato. Il moltiplicatore corrispondente (DM) è stato quindi considerato come una costante uguale a 1. Occorre sottolineare che quando si analizza la Collocazione Verticale (VM), deve essere considerata sia l'altezza delle mani all'origine che quella alla destinazione del sollevamento.

dati e conseguentemente una rapida determinazione degli indici di sollevamento. Ad esempio, tutte le variabili di lay-out possono essere facilmente scritte descrivendo con delle "X" le altezze dei carichi e le loro distanze orizzontali all'origine e alla destinazione (Figura 3 a pag.26).

Raggruppamento dei risultanti LI (Lifting index) e calcolo del Composite Lifting Index e Variable Lifting Index (VLI) finale.

Adottando la procedura semplificata di descrizione degli oggetti (e loro pesi) e delle variabili di lay-out prima illustrata si arriva a contenere il numero dei sub-task entro 30 (5 categorie di peso x 2 Dislocazioni Verticali x 3 Aree Orizzontali x 1 condizione di Asimmetria).

Come già rimarcato, per calcolo del LI di ciascuno sub-task individuati (procedimento preliminare alla stima dell'indice finale) è necessaria la valutazione della spe-

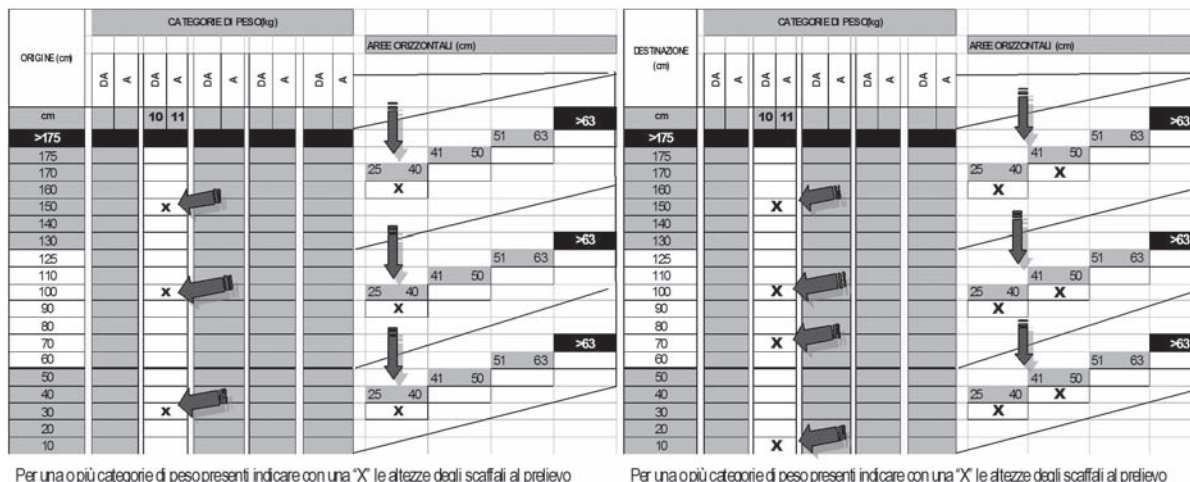


Figura 3: Esempio di inserimento di dati di lay-out nei nuovi softwares

cifica frequenza di sollevamento di ciascun sub-task: considerando anche “solo” 30 sub-task, la frequenza totale di sollevamento verrebbe eccessivamente frazionata nel calcolo delle frequenze individuali di sub-task e non consentirebbe l’applicazione corretta della formula per l’Indice di Sollevamento Composito “tradizionale” (CLI) (Waters et al, 1994). Quindi, eccetto nel caso della presenza di non più di 10-12 “subtasks”, si procede ad un’altra “aggregazione”, raggruppando i possibili 30 LI in 6 “categorie di LI”.

In particolare per generare queste 6 categorie di LI, è calcolato il FILI (l’Indice Sollevamento Indipendente dalla Frequenza), per ognuno dei possibili 30 “sub-tasks” preventivamente determinati.

Fra tutti i valori di FILI, sono determinati i valori del 10°, 25°, 50°, 75° e 90° percentile; questa “chiave di determinazione”, utilizzando i percentili, tiene in considerazione la variabilità dei risultati ottenuti e determina i limiti di aggregazione dei “subtasks” nelle 6 categorie di “LI”. Conseguentemente è determinata anche la frequenza cumulata di sollevamento per ognuna di queste (nuove) 6 categorie di LI.

Il software esegue automaticamente anche questo complesso processo aggregativo.

Usando questi dati, il Variable Lifting Index (VLI) è calcolabile usando le modalità tradizionali del “Composite Lifting Index” (CLI) (Waters et al, 1994).

CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il metodo “Lifting Index NIOSH” (comprensivo di alcune “varianti”) è adottato estesamente in molte Linee Guida nazionali ed internazionali, così come in Norme

Standard Internazionali (i.e. EN 1005-2 ed ISO 11228-1). Gli autori, nel tempo, hanno incontrato molti problemi applicativi nei contesti reali ove i compiti di sollevamento di tipo mono-task sono rari e più generalmente sono presenti compiti di sollevamento multipli e/o variabili.

In alcuni casi analizzati, l’approccio iniziale ai compiti di sollevamento composito (lo stesso carico, poche geometrie diverse) è stato esteso fino a oltre 50-100 sub-compiti determinando problemi rilevanti riguardo la raccolta dati e per l’elaborazione dei conseguenti calcoli (in particolare per la determinazione delle frequenze). La proposta qui riportata è frutto di queste esperienze e definisce una procedura relativamente semplice (quando assistita da un software dedicato) per il calcolo del livello di rischio anche in compiti di sollevamento manuale complessi (magazzini, supermercati, etc). Il modello segue, e per alcuni aspetti migliora l’applicabilità degli standard internazionali (i.e. ISO 11228-1 ed EN 1005-2) che trattano questa tipologia di attività.

L’unità di ricerca EPM ha intenzione dedicare prossimamente un numero di Dossier Ambiente all’argomento aggiornando il precedente manuale del 1996 sia per quanto riguarda l’applicazione delle attuali normative sia per offrire agli utilizzatori un manuale pratico che consenta di affrontare anche le valutazioni più complesse, fino ad ora tanto difficili da eseguire quanto frequenti. Softwares dedicati saranno presentati nel volume e offerti dagli autori a tutti coloro che vorranno applicare i contenuti di queste nuove procedure. Una prima versione è già disponibile sul sito www.epmresearch.org.

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

- Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, and Fine LJ, 1993. Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Ergonomics*. 36(7):749-776.
- Waters TR, Putz-Anderson V, and Garg A, 1994. Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. DHHS(NIOSH) Publication No. 94-110. National Institute for Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention. Cincinnati, Ohio, 45226.
- Waters TR, Lu ML, and Occhipinti E., 2007. New procedure for assessing sequential manual lifting jobs using the revised NIOSH lifting equation. *Ergonomics*. 50(11): 1761-1770.
- Waters TR, Occhipinti E, Colombini D, Alvarez E and Hernandez A, 2009. The Variable Lifting Index: A Tool for Assessing Manual Lifting Tasks with Highly Variable Task Characteristics. Proceedings 17th IEA World Conference, Beijing- August 2009