IPSOA
ISL IGIENE & SICUREZZA DEL LAVORO

i CORSI

MENSILE DI FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

Anno XX – Novembre 2018
Direzione e Redazione Via dei Missaglia n. 97 Edificio B3 - 20142 Milano

11/2018

edicolaprofessionale.com/ISLcorsi

La VdR da sollevamento e trasporto carichi

MODULO UNICO

00231092
5 000002 310928

Wolters Kluwer

La valutazione del rischio da sollevamento e trasporto dei carichi

Andrea Rotella - Ingegnere, Consulente per la sicurezza e RSPP

I disturbi muscoloscheletrici 5
Le dimensioni del fenomeno 5
Le cause dei DMS 6
Fisiologia e funzionalità della colonna vertebrale 6
Il TUSL 10
Definizioni 10
La VDR 11
Obblighi del DDL 11
Informazione, formazione e addestramento 12
Fattori di rischio 12
L'equazione NIOSH rivista 13
Grandezze del metodo 13
Esempio applicativo 1 20
Limiti di applicazione del metodo 21
Indice di sollevamento composto (CLI) 22
Esempio applicativo 2 23
La norma ISO 11228-1 24
Caratteristiche 24
Differenze ISO 11228-1 rispetto alla RNLE 25
Definizioni 25
Modello graduale 25
Esempio applicativo 3 27
La norma ISO/TR 12295 29
Funzionamento 29
Sollevamenti particolari 32
La valutazione dei compiti variabili 32
Raccolta dati di organizzazione e di produzione 33
Semplificazione delle variabili 33
Raggruppamento dei risultanti LI (Lifting index) e calcolo del Variable Lifting Index (VLI) finale 34
Esempio applicativo 4 35
Esempio applicativo 5 40
Bibliografia 44

ISL
IGIENE & SICUREZZA DEL LAVORO
i corsi
MENSILE DI FORMAZIONE
E AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

EDITRICE
Wolters Kluwer Italia s.r.l.
Via dei Missaglia n. 97 Edificio B3 - 20142 Milano (MI)

DIRETTORE RESPONSABILE
Giulietta Lemmi

REDAZIONE
Donatella Armini, Marta Piccolboni, Maria Lorena Radice

REALIZZAZIONE GRAFICA
Wolters Kluwer Italia S.r.l.

FOTOCOMPOSIZIONE
Integra Software Services Pvt. Ltd.

PUBBLICITÀ:
Wolters Kluwer
E-mail: advertising-it@wolterskluwer.com
www.wolterskluwer.com
Via dei Missaglia n. 97 Edificio B3
20142 Milano (MI), Italia

Autorizzazione del Tribunale di Milano n. 438 del 18 giugno 1999
Iscrizione al R.O.C. n. 1702

ABBONAMENTI
Gli abbonamenti hanno durata annuale e si intendono confermati per l'anno successivo se non disdettati entro la scadenza a mezzo semplice lettera.

ITALIA - Abbonamento annuale: € 124,00

ESTERO - Abbonamento annuale: € 248,00

Prezzo copia: € 15,00

Arretrati: prezzo dell'anno in corso all'atto della richiesta

DISTRIBUZIONE
Vendita esclusiva per abbonamento

Il corrispettivo per l'abbonamento a questo periodico è comprensivo dell'IVA assolta dall'editore ai sensi e per gli effetti del combinato disposto dell'art. 74 del D.P.R. 26/10/1972, n. 633 e del D.M. 29/12/1989 e successive modificazioni e integrazioni.

REDAZIONE
Per informazioni in merito agli argomenti trattati scrivere o telefonare a:

IPSOA Redazione ISL i corsi

Casella Postale 12055 - 20120 Milano
telefono (02) 82476.022 - 023
e-mail: redazione.riviste.sicurezza-it@wolterskluwer.com

AMMINISTRAZIONE
Per informazioni su gestione abbonamenti, numeri arretrati, cambi d'indirizzo, ecc.

scrivere o telefonare a:

IPSOA Servizio Clienti
Casella postale 12055 – 20120 Milano
telefono (02) 824761
telefax (02) 82476.799
Servizio risposta automatica:
telefono (02) 82476.999

Egregio Abbonato,
ai sensi dell'art. 13 del Regolamento (UE) 2016/679 del 27 aprile 2016, "relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali dati e che abroga la direttiva 95/46/CE (regolamento generale sulla protezione dei dati)", La informiamo che i Suoi dati personali sono registrati e custoditi su database elettronici situati nel territorio nazionale e di Paesi appartenenti allo Spazio Economico Europeo (SEE), o paesi terzi che garantiscono un adeguato livello di protezione dei dati. Wolters Kluwer Italia S.r.l., in qualità di Titolare del trattamento, utilizzerà i dati che La riguardano per finalità amministrative e contabili. I Suoi recapiti postali e il Suo indirizzo di posta elettronica potrebbero essere anche utilizzati ai fini di vendita diretta di prodotti o servizi analoghi a quelli della presente vendita.
Lei ha il diritto di chiedere a Wolters Kluwer Italia S.r.l. l'accesso ai dati personali che La riguardano, nonché la rettifica, la cancellazione per violazione di legge, la limitazione o l'opposizione al loro trattamento ai fini di invio di materiale pubblicitario, vendita diretta e comunicazioni commerciali. Lei ha, inoltre, il diritto di revocare il consenso in qualsiasi momento, senza pregiudicare la liceità del trattamento basata sul consenso prestato prima della revoca, nonché di proporre reclamo all'Autorità Garante per il trattamento dei dati personali ai sensi dell'art. 77 del Regolamento UE 679/2016.
L'elenco aggiornato dei responsabili e delle persone autorizzate al trattamento è consultabile presso la sede di Wolters Kluwer Italia S.r.l. – Via dei Missaglia, n. 97, Edificio B3 – 20142 Milano (MI).

La valutazione del rischio da sollevamento e trasporto dei carichi

Andrea Rotella – Ingegnere, Consulente per la sicurezza e RSPP

I disturbi muscoloscheletrici

Le dimensioni del fenomeno

I disturbi muscoloscheletrici rappresentano, di gran lunga, la più comune causa di malattia professionale in Italia e in Europa e la loro diffusione si estende a qualunque settore di attività e mansione. In generale, le affezioni delle strutture osteoarticolari, muscolotendinee e nervo-vascolari sono tra le principali cause di lunghe assenze dal lavoro e tutto questo ha effetti, oltre che, evidentemente, sulla salute dei lavoratori, anche sull'economia delle imprese e sulla società nel suo complesso (1). Secondo gli ultimi dati della *European Survey on Working Conditions* (ESWC, 2005), il 24,7% dei lavoratori europei lamentano mal di schiena, il 22,8% dolori muscolari, il 45,5% riferiscono di lavorare in posizioni dolorose o stancanti mentre il 35% devono gestire carichi pesanti nel loro lavoro.

Disturbi più comuni

I disturbi più comuni denunciati sono:
— le lombalgie, determinate essenzialmente da attività manuali di movimentazione dei carichi;
— i dolori agli arti superiori, per lo più generati dall'esecuzione di compiti leggeri ma ripetitivi o svolti con posture forzate.
Purtroppo, i loro esiti non sono sempre reversibili e, al contrario, possono dar luogo a condizioni mediche gravi, tanto da generare invalidità permanente. Tra l'altro, i dati relativi all'emersione dei disturbi muscoloscheletrici agli arti inferiori, principalmente generati da posture erette, forzate e/o dal camminare, sono ancora incompleti e nel futuro si potrà assistere ad un incremento delle denunce a carico di questi distretti.
Secondo il progetto *Fit For Work* (2) "entro il 2020, le patologie muscoloscheletriche avranno, a livello globale, la priorità tra le malattie nocive non trasmissibili per il loro impatto significativo sulla morbilità, co-morbilità, perdita di produttività, disuguaglianze sanitarie ed esclusione sociale". Questi sono alcuni dati sommari forniti dal progetto *Fit For Work* sui disturbi muscoloscheletrici:

Impatto dei MSD

— il 21,3% di disabilità in tutto il mondo sono dovute a patologie muscoloscheletriche;
— sono il quarto fattore a livello mondiale di impatto sulla salute delle popolazioni;
— sono la seconda maggiore causa di disabilità in tutto il mondo;
— la principale singola causa di disabilità è il dolore alla schiena;
— oltre 44 milioni di lavoratori della EU (quasi 1 su 6) denunciano disturbi muscoloscheletrici causati dal proprio lavoro;
— queste condizioni pesano per metà delle assenze dal lavoro e per il 60% di inabilità permanente sul lavoro.
Per quanto riguarda le dimensioni del fenomeno nel nostro Paese, prima di analizzare i dati INAIL, è opportuna una premessa. A partire dal 2008 si è assistito, in generale, ad un aumento del numero di denunce di malattie professionali ma, piuttosto che ad una situazione di tipo negativo, conseguente ad un ipotetico, improvviso peggioramento delle condizioni di salubrità negli ambienti di lavoro, si ritiene che la crescita del numero di denunce sia più verosimilmente riconducibile ad una progressiva quanto auspicata emersione del fenomeno e ad una più matura consapevolezza raggiunta dalle parti interessate. Va considerato, inoltre,

(1) Alcuni studi stimano l'impatto economico dei disturbi legati agli arti superiori in una forbice compresa tra lo 0,5% e il 2% del PIL (fonte: P. Buckle & J. Devereux, *Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders*, in *European Agency for Safety and Health at Work*, EU-OSHA, Bilbao, 1999).

(2) *Fit for Work* è un'iniziativa basata su studi pionieristici, condotti in oltre 30 Paesi in Europa e oltre, che hanno esaminato l'impatto dei disturbi muscoloscheletrici sulla capacità di lavorare di un individuo e quindi l'impatto sulle economie e sulla società nel suo complesso.

Tabella 1 - Denunce di "malattie del sistema osteomuscolare e del tessuto connettivo" 2013-2017

2013		2014		2015		2016		2017	
n.	%	n.	%	n.	%	n.	%	n.	%
30557	58,97	35532	61,93	37390	63,47	38635	64,13	37450	64,54

l'impegno del legislatore nell'aggiornamento dell'elenco delle malattie professionali con obbligo di denuncia da parte dei medici esterni che ne vengano a conoscenza, nonché l'aggiornamento delle tabelle delle malattie professionali - ovvero beneficianti della "presunzione legale di origine" - avvenuto con il D.M. 9 aprile 2008.
A fare da volano all'eccezionale aumento delle denunce di malattie professionali, a partire da quegli anni, sono proprio le malattie a carico dell'apparato muscoloscheletrico dovute a posture incongrue, movimenti ripetuti e sovraccarico biomeccanico: affezioni dei dischi intervertebrali e tendiniti, sindromi del tunnel carpale, ecc., grazie all'entrata in vigore del citato decreto che le ha inserite in tabella, attribuendo loro la "presunzione legale di origine" e portando la percentuale sul totale delle denunce di tali disturbi al livello degli altri Paesi europei (circa il 60% del totale delle denunce, come già riportato).
Ciò detto, si riportano in Tabella 1 i dati (numeri assoluti e percentuale sul totale) pubblicati dall'INAIL e relativi alle denunce di "malattie del sistema osteomuscolare e del tessuto connettivo" degli ultimi cinque anni (3).

Le cause dei DMS

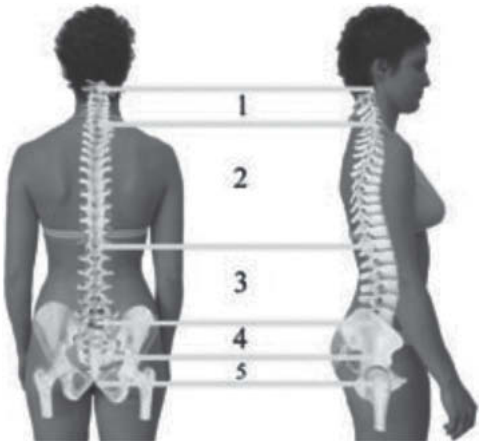
Non tutti i disturbi muscoloscheletrici sono determinati dalla movimentazione manuale dei carichi, il rischio oggetto del presente contributo, ma si stima che in Europa il "mal di schiena", ovverosia il disturbo più frequentemente correlato al sollevamento di carichi o da posture scorrette, sia la causa più frequente di disabilità; l'INAIL stima che in Italia siano ogni anno 30 milioni le ore di lavoro perse per il mal di schiena. L'indagine congiunta INAIL-ISTAT del 2013 riporta che 29,5 % dei lavoratori che lamentano un problema di salute soffrono di mal di schiena (una percentuale allineata con il dato europeo). Le affezioni alla schiena e di altro tipo osteomuscolare rappresentano di gran lunga la problematica principale per chi, nel proprio lavoro, compie per lo più mansioni manuali, come gli operai (75,7%), i lavoratori in proprio (67,5%) e gli altri autonomi (70,4%). I problemi alla schiena coinvolgono circa otto occupati su dieci nelle costruzioni e nell'agricoltura, circa sette su dieci nei trasporti, negli alberghi e negli altri servizi collettivi e personali.
A fronte di questi numeri impressionanti è evidente la rilevanza che assume per le aziende l'esecuzione di una corretta valutazione del rischio generato dalle attività di movimentazione manuale dei carichi, al fine di comprendere la reale esposizione dei propri lavoratori e procedere, se necessario, ad una riprogettazione o riorganizzazione della propria attività.

Fisiologia e funzionalità della colonna vertebrale

Alcuni elementi di conoscenza del modo con cui funziona la nostra colonna vertebrale sono essenziali per comprendere l'importanza dei parametri più rilevanti per una corretta valutazione del rischio di movimentazione manuale dei carichi nonché per capire quali siano i fattori di rischio che impattano sulla salute della schiena e prevenirne l'insorgenza. Essi, inoltre sono anche utili per costruire un vocabolario comune che consenta al tecnico valutatore di interfacciarsi con il medico competente.
La colonna vertebrale è composta da cinque zone, ciascuna costituita da vertebre di morfologia simile. L'identificazione utilizza la prima lettera della zona e un numero che fornisce la posizione della vertebra (la numerazione viene eseguita dall'alto verso il basso, vedi Figura 1).
La colonna vertebrale non è dritta, ma possiede delle curvature naturali essenziali per il suo corretto funzionamento che evitano l'affaticamento muscolare in posizione eretta:
— le parti cervicali e lombari si gonfiano in avanti (lordosi);
— la parte dorsale e sacrale è curva verso la parte posteriore (cifosi).
La solidità della colonna vertebrale è fornita dalle vertebre (Figura 2). Esse sono costituite da una massa ossea di forma cilindrica nella parte anteriore denominata corpo vertebrale ed una parte posteriore (apofisi) che consente l'ancoraggio delle ossa ai legamenti ed ai muscoli e sono tra loro unite e allineate mediante le cosiddette faccette articolari che, insieme al disco intervertebrale, consentono la mobilità della colonna.

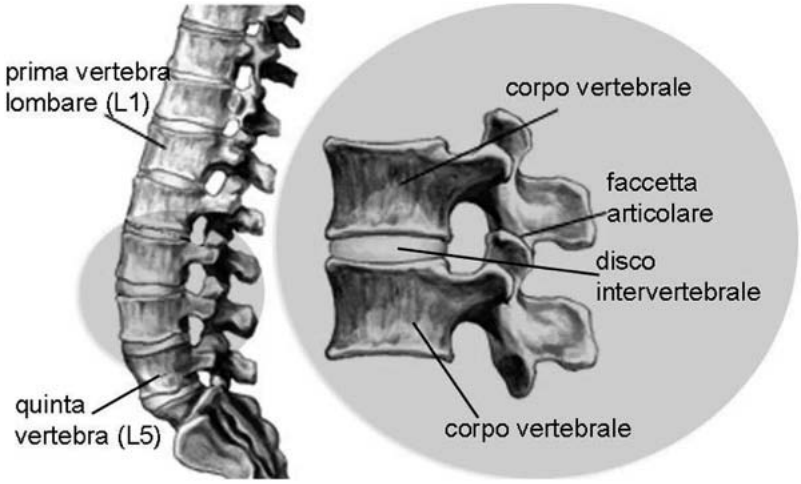
(3) A questi dati occorrerebbe aggiungere anche quelli relativi alla sindrome del tunnel carpale, trattandosi di disturbi muscoloscheletrici a tutti gli effetti, ma classificati dall'INAIL tra i disturbi del sistema nervoso.

Figura 1 - La colonna vertebrale



1. sette vertebre cervicali (C1-C7)
2. dodici vertebre dorsali (D1-D12)
3. cinque vertebre lombari (L1-L5)
4. cinque vertebre sacrali (S1-S5) fuse
5. da tre a cinque vertebre coccigee fuse

Figura 2 - Segmento vertebrale



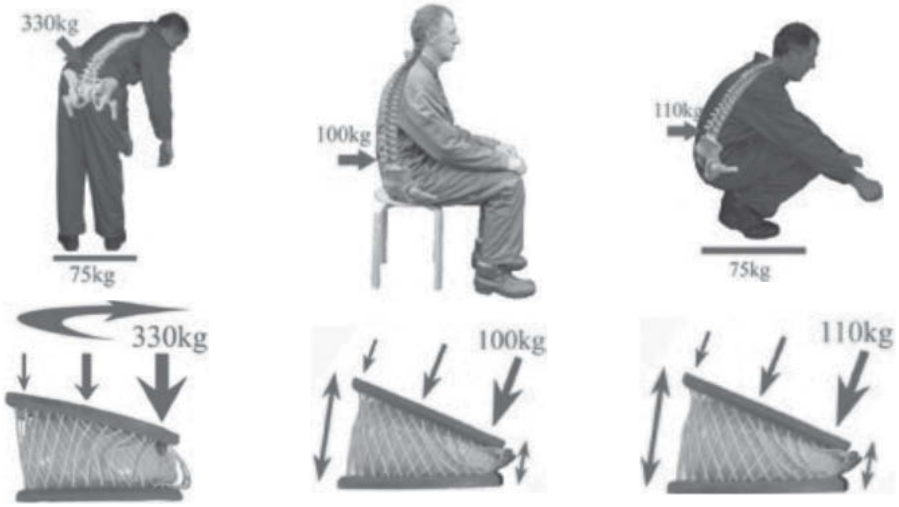
Il disco intervertebrale ha un nucleo polposo al proprio interno, rivestito da un anello fibroso e riporta il nome delle vertebre poste sopra e sotto (pertanto, il disco L5-S1 è quello situato tra la quinta vertebra lombare e la prima vertebra sacrale) e svolge una fondamentale azione ammortizzatrice, oltre che consentire piegamenti, allungamenti e torsioni.
Non possedendo vasi sanguigni che consentano l'apporto di sostanze nutritive e l'espulsione di tossine, la salute del disco intervertebrale è garantita grazie ai cambiamenti di posizione ed ai movimenti che, mediante variazioni di pressione che comportano, permettono lo scambio di liquidi e sostanze nutritive, quasi come una spugna. Al contrario, posture statiche o la mancanza di attività fisica producono un invecchiamento precoce del disco che, essendo povero di terminazioni nervose, rischia di danneggiarsi senza che tale informazione venga trasmessa al cervello prima che sia troppo tardi.
La colonna vertebrale è percorsa da numerosi legamenti elastici che le garantiscono mobilità e stabilità e, nella parte posteriore, ad essa sono connessi i muscoli paravertebrali che, grazie alla loro contrazione, mantengono la schiena in una determinata posizione, assicurano il movimento di recupero del tronco o rallentano la discesa del tronco durante la piegatura in avanti, rafforzando, anch'essi, la stabilità del tronco.
Tra la parte anteriore e posteriore delle vertebre, in uno spazio denominato canale spinale, corre il midollo spinale, un cordone nervoso che parte dal cervello e che si dirama in radici dalle quali partono i vari nervi che attraversano gli arti ed il tronco (per esempio, il nervo sciatico, che innerva diverse parti della coscia, della gamba e del piede).
I dischi intervertebrali lombari e in particolare i dischi L4-L5 e L5-S1 supportano il peso del tronco, della testa e delle braccia. Queste parti del corpo rappresentano 2/3 del peso corporeo.

Figura 3 - Pressione sul disco L5-S1 a schiena flessa



Pertanto, per una persona che pesa 75 kg, la forza sul disco L5-S1 è di circa 50 kg (circa 500 N). Sapendo che la superficie del disco è di circa 15 cm^2, la pressione è di circa 3,3 kg/cm^2. Questo se la posizione è quella eretta verticale.
Vediamo che accade quando la curvatura della colonna lombare non corrisponde più alla sua lordosi naturale e la compressione non è uniformemente distribuita sul disco intervertebrale.
Come si può vedere dalla Figura 3, osservando cosa accade al medesimo disco L5-S1:
— la parte anteriore viene compressa;
— la parte posteriore viene stirata;
— la forza esercitata è di circa 300 kg, 6 volte quella che si aveva in posizione eretta;
— la pressione esercitata è di 40 kg/cm^2.
Tutto questo senza sollevare alcun peso se non quello del proprio corpo (quando ci si piega, il peso del tronco si sposta in avanti generando una leva con un braccio di estensione significativa, controbilanciata dalla contrazione dei muscoli che ci consentono di mantenere questa posizione. Il tutto si traduce in un incremento della pressione sul punto di appoggio, ovvero il disco intervertebrale).
Ulteriori movimenti tipici producono i valori riportati in Figura 4.

Figura 4 - Pressione sul disco L5-S1 in ulteriori configurazioni



a) Piegamento con torsione

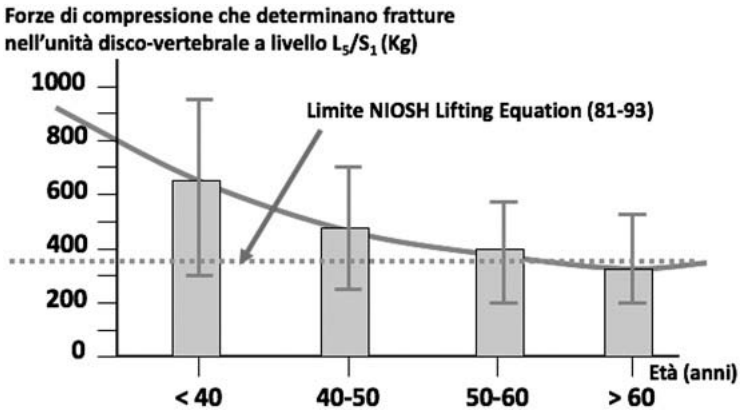
b) Postura assisa

c) Piegamento sulle ginocchia[4]

(4) La postura c) è usualmente raccomandata per il sollevamento manuale di carichi, ma deve essere eseguita correttamente, senza piegare la schiena. In caso contrario essa rappresenta un rischio accresciuto, non solo per la colonna vertebrale, ma anche per l'articolazione del ginocchio (specie per posture prolungate in posizione flessa sulle ginocchia, come chiunque avrà avuto modo di sperimentare).

In particolare, il piegamento a schiena flessa, con o senza torsione, dovrebbe far riflettere su quanto cattiva sia l'abitudine di piegare la schiena per raccogliere oggetti caduti per terra.
Quando si solleva un carico mantenendolo lontano dal tronco, in ragione del sistema di leve che si pone in essere, esso genera un aumento considerevole della pressione sul fondo della colonna vertebrale, tanto maggiore quanto il carico viene tenuto lontano dal corpo o quanto il tronco è inclinato in avanti (ovvero quanto più lungo è il braccio della leva).
All'interno delle unità funzionali lombari, la struttura più sensibile si è dimostrata essere la cartilagine dell'anello fibroso ove più facilmente si verificano, per carichi assiali elevati, delle microfratture che di fatto rappresentano il primo passo verso la possibile degenerazione della colonna e che possono indurre microfessurazioni nelle fibre concentriche dell'*anulus* fibroso, all'interno delle quali migra in parte il materiale del nucleo polposo (ernia discale).
Gli studi epidemiologici condotti dal National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) hanno evidenziato una forte correlazione tra le patologie a carico della colonna vertebrale e le attività di movimentazione manuale dei carichi. Grazie all'impiego di modelli biomeccanici, è stato valutato lo sforzo dei tessuti interni in occasione di diversi compiti di movimentazione manuale con differenti carichi e modalità di spostamento degli stessi, fino a che nel 1981 non si arrivò alla definizione dei valori delle forze di compressione responsabili di microfratture lombari (Figura 5) (5):
— limite massimo = 650 kg;
— valore d'azione = 350 kg (6).
Lo stesso NIOSH nel 1991 precisò che una forza di compressione del valore di 3400 N (circa 350 kg) sul disco L5-S1 potrebbe non proteggere l'intera popolazione lavorativa (7).
Si riportano in Tabella 2 i valori tipici di pressione che agiscono sul disco intervertebrale L5-S1 in alcune configurazioni tipiche in funzione del peso dei carichi sollevati, riferiti nuovamente ad una persona di 75 kg.
Gli studi del NIOSH, con particolare riferimento a quelli dai quali sono state determinate le relazioni che consentono di calcolare il *Lifting Index*, rappresentano oggi il punto di partenza per qualunque valutazione del rischio derivante dalla movimentazione manuale dei carichi. Tuttavia, anche in funzione di quanto verrà discusso in seguito, è bene esporre con chiarezza alcuni concetti:
— non è ancora possibile associare ai valori calcolati del *lifting index* la probabilità di insorgenza di patologie. In sintesi, è difficile definire un rapporto dose-risposta;

Figura 5 - Valori medi ed ambito di variazione delle forze di compressione che determinano fratture nelle unità funzionali lombari, per classe d'età



(5) A parziale verifica di questi dati, una ricerca epidemiologica di Chaffin e Park, esaminando l'incidenza di lombalgie in un periodo di 18 mesi in un gruppo di 400 lavoratori sottoposti a diversi tipi di carico lombare, ha verificato che, rispetto a soggetti sottoposti usualmente a carichi lombari inferiori a 250 kg, l'incidenza di lombalgie è significativamente più elevata (4-5 volte) in quelli sottoposti a carichi compresi fra 250 e 650 kg ed estremamente più elevata (9-10 volte) in quelli frequentemente esposti a carichi superiori a 650 kg. I limiti di rottura nei soggetti di sesso femminile sono stati stimati essere in media inferiori del 17% rispetto ai maschi.

(6) Andando a calcolare il peso sollevato ammissibile, utilizzando la relazione originale del metodo NIOSH, si riscontra come il peso sollevato corrispondente al limite massimo fosse pari a 3 volte il peso sollevato corrispondente al valore d'azione (23 kg). Quando l'equazione del NIOSH fu rivista nel 1993, fu definito un valore limite unico, corrispondente al precedente valore d'azione (*Lifting Index* = 1).

(7) T. Waters et al., "Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks", 1993.

Tabella 2 - Valori tipici di pressione sul disco intervertebrale L5-S1

	Peso del carico (kg)				
	0	**10**	**15**	**25**	**50**
A. Tronco verticale e carico contro il tronco	50	110	140	200	350
B. Tronco verticale e carico sollevato a braccia semitese	50	160	215	235	600
C. Tronco verticale e carico sollevato a braccia tese	50	210	290	375	850
D. Tronco piegato con angolo di 45°	250	335	375	460	675
E. Tronco piegato con angolo di 90°	300	435	502,5	635	975

— le ricerche condotte (8) mostrano che lo svolgimento di attività di movimentazione carichi con un *lifting index* superiore ad 1, comportano un rischio significativamente maggiore di patologie dorso-lombari della durata di una settimana o più nell'arco di 12 mesi rispetto a non svolgere alcun compito di sollevamento;
— il suddetto rischio aumenta considerevolmente per valori di *lifting index* superiori a 2.
Sono comunque necessari ulteriori studi per definire la reale capacità predittiva del metodo in questione. Pur con questi limiti, le evidenze scientifiche sono attualmente orientate nell'assegnare un'assenza di rischio sostanziale alla popolazione lavorativa che presenta valori di *lifting index* inferiori ad 1 e la presenza di un rischio sostanzialmente certo quando il valore di questo indicatore è superiore a 2.

Il TUSL

La norma di riferimento per la prevenzione dei rischi derivanti dalla movimentazione manuale dei carichi è costituita dal Titolo VI del D.Lgs. n. 81/2008, recepimento della Direttiva particolare 90/269/CEE, che si compone di soli quattro articoli (compreso quello relativo alle sanzioni) e di un allegato.
L'art. 167 definisce il campo di applicazione del Titolo, riferendolo "alle attività lavorative di movimentazione manuale dei carichi che comportano per i lavoratori rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari". Per comprendere il senso riferibile ai singoli termini impiegati dal legislatore, occorre far riferimento alle definizioni di cui al comma 2 dell'articolo in questione:

Definizioni

— movimentazione manuale dei carichi: le operazioni di trasporto o di sostegno di un carico ad opera di uno o più lavoratori, comprese le azioni del sollevare, deporre, spingere, tirare, portare o spostare un carico, che, per le loro caratteristiche o in conseguenza delle condizioni ergonomiche sfavorevoli, comportano rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari;
— patologie da sovraccarico biomeccanico: patologie delle strutture osteoarticolari, muscolotendinee e nervovascolari.
Come si può vedere dalle definizioni riportate, la movimentazione manuale oggetto del Titolo VI deve essere riferibile ad un "carico" al quale applicare qualunque generica azione di trasporto o sostegno che possa essere origine di un disturbo muscoloscheletrico.
Il legislatore non fornisce una definizione di "carico" ed un'interpretazione estensiva di tale concetto porterebbe ricomprendere nel campo di applicazione del Titolo VI anche azioni di movimentazione di oggetti molto leggeri (anche di pochi grammi). Chi scrive ritiene non sia questa l'interpretazione corretta della norma, che si rivolge esclusivamente ai rischi derivanti da carichi pesanti.
Come discrimine, in genere, viene utilizzato il peso di riferimento di 3 kg, la cui movimentazione viene ritenuta essere sicura per la protezione della popolazione lavorativa dai rischi dorso-lombari e, difatti, costituisce, come vedremo, il limite inferiore del peso del carico per

(8) T. Waters et al., "Efficacy of the Revised NIOSH Lifting Equation to Predict Risk of Low Back Pain Due to Manual Lifting", in *JOEM*, 53, 9, settembre 2011; T. Waters et al., "Efficacy of the Revised NIOSH Lifting Equation to Predict Risk of Low-Back Pain Associated With Manual Lifting: A One-Year Prospective Study", in *Human Factor*, 56, 1, febbraio 2014.

procedere ad una valutazione mediante la norma tecnica ISO 11228-1. Tuttavia, l'inciso "in particolare" impiegato dal legislatore con riferimento a patologie dorso-lombari, obbliga il tecnico ad allargare la propria valutazione anche a quei pesi che, pur di valore inferiore a 3 kg, potrebbero, per esempio a causa di un'elevata frequenza di movimentazione, essere origine di altre patologie, purché rientranti nella definizione di "carico". In questo senso, il riferimento più prossimo sembra essere il concetto di "carico pesante" utilizzato per l'applicazione del metodo OCRA che è riferibile anche ai carichi di peso superiore a 1 kg per arto con presa in *pinch* (o in altra presa sfavorevole, tipo palmare o uncino).

La VDR

Quanto appena detto consente di fare tre considerazioni piuttosto rilevanti.

Approfondimento VDR

In funzione della frequenza di sollevamento, la valutazione del rischio da movimentazione manuale dei carichi (secondo le definizioni suddette) potrebbe richiedere un approfondimento per verificare, oltre che la sua possibile ricaduta in termini di patologie dorso-lombari, se possa determinare rischi specifici per gli arti superiori (per le valutazioni di merito sul concetto di "frequenza elevata" e le altre condizioni che potrebbero generare un rischio, si rimanda alla ISO 11228-3 ed alla parte della ISO/TR 12295 dedicata ai movimenti rapidi e ripetitivi, con specifico riferimento al metodo dell'indice OCRA).

MMC inferiore al "carico"

Laddove la movimentazione riguardi carichi di peso inferiore ai limiti per la definizione di "carico" (3 kg oppure 1 kg per arto con presa in *pinch*), il rischio da essa derivante non rientra nel campo di applicazione del Titolo VI del D.Lgs. n. 81/2008. Questo non significa che esso non vada valutato, tutt'altro. Ma la sua valutazione rientrerà nel più generico obbligo di valutazione di tutti i rischi di cui all'art. 28 e non dovranno essere adottate le specifiche e tassative misure previste dal Titolo VI.

Rischi diversi

Laddove la movimentazione manuale dei carichi si svolga secondo azioni che comportino rischi diversi dalle patologie da sovraccarico biomeccanico, per esempio rischio di tipo infortunistico (taglio, inciampo, caduta di oggetti dall'alto, schiacciamento, ustioni ecc.), la valutazione specifica di questi rischi non rientra nel campo di applicazione del Titolo VI. Al contrario, laddove questi rischi siano concomitanti col rischio di contrarre patologie da sovraccarico biomeccanico, la valutazione del rischio secondo il Titolo VI dovrà specificamente tenere conto anche di questi ulteriori elementi la cui evenienza potrebbe comportare un aggravante al rischio da movimentazione manuale.

Obblighi del DDL

L'art. 168 definisce gli "Obblighi del datore di lavoro" e impone di adottare tutte le misure organizzative necessarie e ricorrere ai mezzi appropriati, in particolare attrezzature meccaniche, per evitare la necessità di una movimentazione manuale dei carichi da parte dei lavoratori, o in caso contrario per ridurre il rischio che comporta la movimentazione manuale di detti carichi, adottando dei mezzi di ausilio alla movimentazione manuale e organizzando il lavoro in modo tale da ridurre il più possibile il rischio connesso a tale movimentazione. In particolare, seguendo una scala di priorità:

Priorità

1) deve essere in primo luogo analizzato approfonditamente il lavoro, valutando se sia possibile la meccanizzazione delle attività in cui vi sia movimentazione di carichi per eliminare il rischio;
2) qualora non sia possibile meccanizzare i procedimenti lavorativi, devono essere previsti dei mezzi di ausilio alla movimentazione manuale e il lavoro deve essere organizzato in modo tale da ridurre il più possibile il rischio connesso a tale movimentazione, basandosi soprattutto su quanto indicato nell'allegato XXXIII del D.Lgs. n. 81/2008. In particolare, gli obblighi del datore di lavoro sono (D.Lgs. n. 81/2008, art. 168, comma 2):
a) organizzare i posti di lavoro in modo che detta movimentazione assicuri condizioni di sicurezza e salute;
b) valutare, se possibile anche in fase di progettazione, le condizioni di sicurezza e di salute connesse al lavoro;
c) evitare o ridurre i rischi, particolarmente di patologie dorso-lombari, adottando le misure adeguate, tenendo conto in particolare dei fattori individuali di rischio, delle caratteristiche dell'ambiente di lavoro e delle esigenze che tale attività comporta;
d) sottoporre i lavoratori alla sorveglianza sanitaria di cui all'art. 41, sulla base della valutazione del rischio e dei fattori individuali di rischio.
In tutti questi obblighi si fa riferimento alle norme tecniche e all'allegato XXXIII, ove applicabili, ovvero alle buone prassi e alle linee guida.
Si sottolineano di seguito tre aspetti qualificanti dell'art. 168:

Organizzazione

Il datore di lavoro "organizza i posti di lavoro in modo che detta movimentazione assicuri condizioni di sicurezza e salute" (comma 2, lett. a): viene quindi attribuita maggiore importanza alla fase progettuale delle attività lavorative con movimentazione manuale dei carichi, al fine di non dover eseguire successivi interventi correttivi.

Progettazione

Il datore di lavoro "valuta, se possibile anche in fase di progettazione (comma 2, lett. b)": la suddetta importanza della fase progettuale viene qui ulteriormente ribadita.

Sorveglianza sanitaria

Le modalità della sorveglianza sanitaria (comma 2, lett. d), per le quali si rimanda alle disposizioni generali dall'art. 41 del D.Lgs. n. 81/2008, devono tenere conto della valutazione del rischio e dei fattori individuali di rischio di previsti dall'allegato XXXIII. Nel successivo comma 3 viene precisato che "Le norme tecniche costituiscono criteri di riferimento per le finalità del presente articolo e dell'allegato XXXIII, ove applicabili. Negli altri casi si può fare riferimento alle buone prassi e alle linee guida". È quindi chiaro, come in tutto il D.Lgs. n. 81/2008, che, in tutti i casi in cui la legge possa apparire insufficiente, è obbligo fare riferimento alla ampia documentazione tecnica e scientifica esistente in materia, ispirandosi al criterio della "massima sicurezza tecnologicamente fattibile" ed allo stato dell'arte, rappresentato dalle norme tecniche specifiche.

Informazione, formazione e addestramento

Il successivo art. 169 è rubricato "Informazione, formazione e addestramento" e richiede che il datore di lavoro assicuri ai lavoratori:
— le informazioni adeguate relativamente al peso ed alle altre caratteristiche del carico movimentato;
— la formazione adeguata in relazione ai rischi lavorativi ed alle modalità di corretta esecuzione delle attività;
— l'addestramento adeguato in merito alle corrette manovre e procedure da adottare nella movimentazione manuale dei carichi.
La formazione di cui al secondo punto del precedente elenco rientra nella formazione, cosiddetta, specifica di cui all'Accordo della Conferenza Stato-Regioni del 21 dicembre 2011.

Fattori di rischio

Infine, l'allegato XXXIII riporta i fattori di rischio che devono essere tenuti in conto dal datore di lavoro nell'ambito della propria valutazione dei rischi, nella definizione delle misure di prevenzione e protezione e nella definizione della formazione, informazione ed addestramento necessari. Si tratta di indicazioni di natura puramente qualitativa, non sufficienti per eseguire compiutamente una valutazione, in quanto soggetti a notevole discrezionalità. Per questo è fondamentale rivolgersi alle metodologie quantitative fornite dalle norme tecniche. Tuttavia, essi nello stesso tempo sono utili nel ricordare al valutatore l'attenzione che deve essere posta nella corretta e completa osservazione delle caratteristiche dei compiti di sollevamento nel loro complesso, evitando di applicare "a tavolino" le equazioni per la stima del rischio, poiché alcuni di questi fattori nel mondo reale possono determinare impatti elevati non contemplati nella risoluzione delle equazioni (si pensi, per esempio, al sollevamento di una pentola di acqua bollente eseguita da un cuoco che, per evitare il rischio di ustioni con la superficie metallica del recipiente, è obbligato a mantenere il carico distante dal corpo, incrementando la lunghezza del braccio della leva e irrigidendo le braccia per evitare il possibile contatto).

Elementi di riferimento

1) Caratteristiche del carico: la movimentazione manuale di un carico può costituire un rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari nei seguenti casi:
— il carico è troppo pesante;
— è ingombrante o difficile da afferrare;
— è in equilibrio instabile o il suo contenuto rischia di spostarsi;
— è collocato in una posizione tale per cui deve essere tenuto o maneggiato a una certa distanza dal tronco o con una torsione o inclinazione del tronco;
— può, a motivo della struttura esterna e/o della consistenza, comportare lesioni per il lavoratore, in particolare in caso di urto.
2) Sforzo fisico richiesto: lo sforzo fisico può presentare rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari nei seguenti casi:
— è eccessivo;
— può essere eseguito soltanto con un movimento di torsione del tronco;
— può comportare un movimento brusco del carico;
— è compiuto col corpo in posizione instabile.
3) Caratteristiche dell'ambiente di lavoro: le caratteristiche dell'ambiente di lavoro possono aumentare le possibilità di rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari nei seguenti casi:

— lo spazio libero, in particolare verticale, è insufficiente per lo svolgimento dell'attività richiesta;
— il pavimento è ineguale, quindi presenta rischi di inciampo o è scivoloso;
— il posto o l'ambiente di lavoro non consentono al lavoratore la movimentazione manuale di carichi a un'altezza di sicurezza o in buona posizione;
— il pavimento o il piano di lavoro presenta dislivelli che implicano la manipolazione del carico a livelli diversi;
— il pavimento o il punto di appoggio sono instabili;
— la temperatura, l'umidità o la ventilazione sono inadeguate.
4) Esigenze connesse all'attività: l'attività può comportare un rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari se comporta una o più delle seguenti esigenze:
— sforzi fisici che sollecitano in particolare la colonna vertebrale, troppo frequenti o troppo prolungati;
— pause e periodi di recupero fisiologico insufficienti;
— distanze troppo grandi di sollevamento, di abbassamento o di trasporto;
— un ritmo imposto da un processo che non può essere modulato dal lavoratore.

Fattori individuali di rischio

Fatto salvo quanto previsto dalla normativa vigente in tema di tutela e sostegno della maternità e di protezione dei giovani sul lavoro, il lavoratore può correre un rischio nei seguenti casi:
— inidoneità fisica a svolgere il compito in questione tenuto altresì conto delle differenze di genere e di età;
— indumenti, calzature o altri effetti personali inadeguati portati dal lavoratore;
— insufficienza o inadeguatezza delle conoscenze o della formazione o dell'addestramento.

L'equazione NIOSH rivista

Come si è già accennato, nel 1981 il NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), sulla base di una esaustiva analisi bibliografica di fattori epidemiologici, biomeccanici, fisiologici e psicofisici, propose una procedura per il calcolo del limite di peso raccomandato nelle operazioni di sollevamento del carico.
I limiti intrinseci del metodo originale, sul quale non ci soffermeremo, spinsero l'Istituto ad un prosieguo degli studi che, iniziati nel 1985, si conclusero nel 1991 con una rivisitazione dei contenuti dell'equazione originale.
L'attuale formulazione dell'equazione del NIOSH costituisce il punto di partenza per quasi la totalità delle metodologie impiegate per la valutazione del rischio di movimentazione manuale dei carichi, compresa la ISO 11228-1. La sua conoscenza e la comprensione del significato dei singoli fattori che la compongono sono, perciò, fondamentale per una corretta analisi del rischio.

Grandezze del metodo

Peso limite raccomandato

All'interno della *Revised NIOSH Lifting Equation* (RNLE), il calcolo del peso limite raccomandato per lo svolgimento delle operazioni di sollevamento secondo le specifiche geometrie e condizioni avviene considerando una massa di riferimento di 23 kg (corrispondenti a 51 libbre). Questo valore è "universale", ovvero si riferisce a qualunque tipologia di utente, indipendentemente dal sesso, dall'età e rappresenterebbe un valore tutelante per il 90% della popolazione attiva in buona salute (precisamente: 75/90% della popolazione femminile e 99% di quella maschile).
La RNLE è così espressa:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Dove:
LC è la **massa di riferimento** che, come appena detto, è pari a 23 kg.

Moltiplicatore orizzontale

HM è il moltiplicatore orizzontale, calcolato secondo la seguente relazione: HM = 25/H
H rappresenta la distanza (espressa in cm) tra il punto mediano tra i malleoli della caviglia e la proiezione sul pavimento del punto medio della presa delle mani (vedi Figure 6 e 7 (9)) o, più precisamente, il baricentro del carico. Poiché frequentemente i piedi del lavoratore non sono allineati con il piano sagittale (10), come mostrato in figura, in questo caso la distanza dovrà essere misurata rispetto alla posizione neutra del lavoratore.
Come si comprende dalla semplice relazione per il calcolo di HM, la distanza ottimale è di 25 cm a cui corrisponde HM = 1 (medesimo valore deve essere assegnato anche ai casi in cui H < 25 cm). Al contrario, HM decresce all'aumentare del valore di H e si riduce a 0,4 quando H = 63 cm.

(9) Tratta da T. Waters et al., "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation", 1994.
(10) È il piano che decorre in senso antero-posteriore e divide un corpo in due parti, destra e sinistra.

Per valori di H superiori a 63 cm, il valore di HM è nullo e si deve procedere alla riprogettazione del compito.
È opportuno precisare che questo moltiplicatore rappresenta uno dei fattori più impattanti nella definizione del peso limite raccomandato e, soprattutto, nel definire la reale gravosità del compito di sollevamento. Per questo motivo, la sua determinazione deve essere accurata il più possibile e, ad esempio, si deve osservare attentamente l'esecuzione del compito lavorativo per determinare quale sia la dislocazione orizzontale massima raggiunta durante l'attività (è presumibile che, ad esempio, in fase di trasporto, il lavoratore mantenga il carico aderente al corpo, ma la distanza orizzontale sia maggiore durante le fasi di prelievo o deposizione del carico a causa di vincoli del posto di lavoro o di esecuzione non corretta dei movimenti).
Come mostrato in Figura 6, per una corretta determinazione del valore di H, sono necessarie rilevazioni sul campo, servendosi di un filo a piombo e di un metro.
In alcune situazioni, potrebbe essere difficile misurare il valore di H. In questo caso si suggerisce di applicare le seguenti relazioni:
H [cm]:
25 + W/2 per V < 25 cm;
20 + W/2 per V ≥ 25 cm.
Dove:
— V è la posizione verticale delle mani dal pavimento all'inizio del sollevamento;
— W è la larghezza del carico nel piano sagittale.
Si forniscono di seguito i valori del moltiplicatore orizzontale HM semplificati per fasce, al fine di rendere conto della sua variabilità:
— H (cm): HM;
— 25: 1,00;
— 30: 0,83;
— 40: 0,63;
— 50: 0,50;
— 55: 0,45;
— 60: 0,42;
— 63: 0,00.
Come si vede, in un'escursione di soli 25 cm del valore di H genera una riduzione del 50% del valore di HM, con conseguente impatto sul valore finale del peso limite raccomandato RWL.

Moltiplicatore verticale

VM è il **moltiplicatore verticale**, calcolato secondo la seguente relazione:

$$VM = 1 - (0{,}003 * |V - 75|)$$

Figura 6



V, espresso in cm, è definito come l'altezza verticale delle mani dal pavimento all'inizio del sollevamento, determinato misurando la distanza dal pavimento al punto nel quale le mani afferrano l'oggetto (Figura 7).
Il valore ottimale (VM = 1) è assegnato ad un'altezza delle mani dal pavimento pari a V = 75 cm (corrispondente all'altezza delle nocche in posizione "anatomica" di un individuo alto 165 cm) raggiunge il suo valore minimo per valori di V = 175 cm, cui corrisponde VM = 0,7. Per valori di V > 175 cm (o se V < 0, altezze delle mani inferiori al piano di calpestio), il moltiplicatore VM è nullo ed il compito deve essere riprogettato.
Si forniscono di seguito i valori del moltiplicatore verticale VM semplificati per fasce, al fine di rendere conto della sua variabilità:
— V (cm): VM;
— 0: 0,77;
— 25: 0,85;
— 50: 0,93;
— 75: 1,00;
— 100: 0,93;
— 125: 0,85;
— 150: 0,78;
— > 175 o < 0: 0.
Come si vede, l'impatto dell'altezza iniziale (o finale) delle mani è relativamente modesto, poiché una differenza dal valore ideale di 75 cm determina una riduzione di circa il 22%.

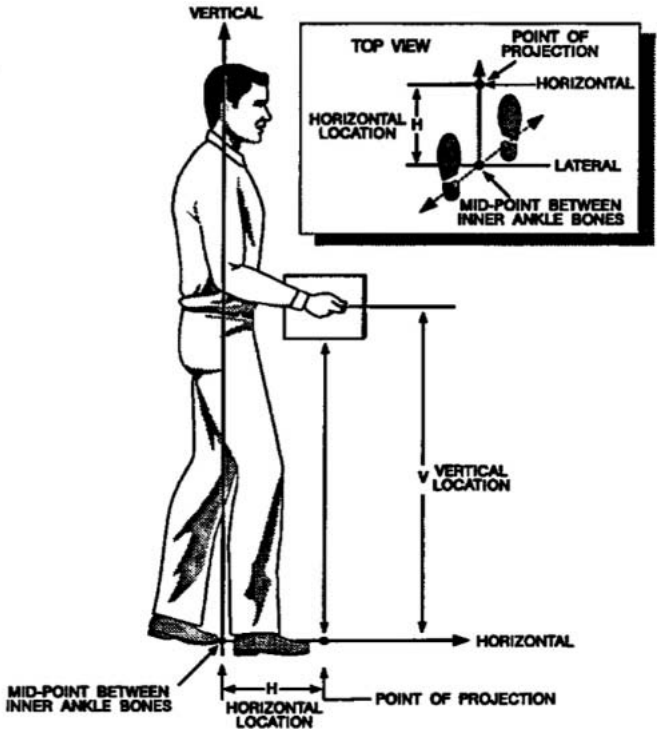
Moltiplicatore di distanza

DM è il **moltiplicatore di distanza**, calcolato secondo la seguente relazione:

$$DM = 0{,}82 + (4{,}5 / D)$$

D rappresenta lo spostamento verticale, espresso in cm, dall'origine alla destinazione del sollevamento.
Il valore ottimale (DM = 1) corrisponde ad una distanza D = 25 cm (o distanze ancora inferiori) mentre, laddove l'altezza di dislocazione fosse superiore a 175 cm, il moltiplicatore sarebbe nullo ed il compito andrebbe riprogettato. In genere, tale dislocazione può essere misurata come differenza del valore di altezza delle mani fra l'inizio e la destinazione del sollevamento. Nel caso particolare in cui l'oggetto debba superare un ostacolo, la dislocazione verticale sarà data dalla differenza tra l'altezza massima raggiunta per superare l'ostacolo e l'altezza delle mani all'inizio (o della fine) del sollevamento e/o deposito (questa situazione è anche assimilabile ai casi in cui si debba sollevare un carico da terra e riposizionarlo nuovamente a terra. In

Figura 7 - Rappresentazione grafica della dislocazione delle mani



questo caso, il valore di D sarebbe teoricamente nullo, coincidendo l'altezza di origine e destinazione del sollevamento. Tuttavia, certamente, il lavoratore avrà sollevato il carico ad una certa altezza prima di posarlo nuovamente: quella sarà l'altezza massima raggiunta da utilizzare per il calcolo del moltiplicatore DM).
Si forniscono di seguito i valori del moltiplicatore di distanza DM semplificati per fasce, al fine di rendere conto della sua variabilità:
— D (cm): DM;
— 25: 1;
— 30: 0,97;
— 40: 0,93;
— 50: 0,91;
— 70: 0,88;
— 100: 0,87;
— 170: 0,86;
— > 175: 0.
Anche in questo caso, come già per il moltiplicatore verticale, l'impatto di DM sul valore finale del peso limite raccomandato si può ritenere limitato, poiché anche grandi distanze di sollevamento corrispondono a variazioni contenute del valore del moltiplicatore.

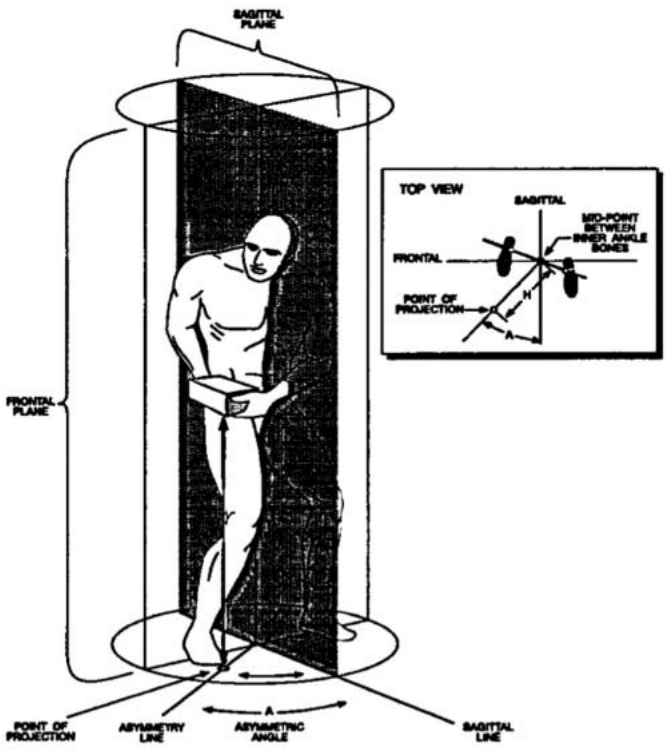
Moltiplicatore di asimmetria

AM è il **moltiplicatore di asimmetria**, calcolato secondo la seguente relazione:

$$AM = 1 - 0{,}0032A$$

A è l'angolo di asimmetria, definito dalla posizione del carico relativamente al piano sagittale mediano del soggetto (Figura 8 (11)). La linea sagittale è la linea passante per il piano sagittale mediano, dividente il corpo in due emisomi eguali quando considerato in posizione neutra, cioè in posizione eretta senza torsioni. L'angolo di asimmetria varia tra 0° (AM = 1) e 135° (AM = 0,57). Per valori dell'angolo superiori a 135° il fattore AM assume il valore nullo ed il compito deve essere riprogettato.
Anche in questo caso, è necessario che si guardi con attenzione la modalità reale con la quale viene eseguito il compito di sollevamento. Infatti, anche laddove il punto di origine e di destinazione non fossero allineati e nella medesima direzione, il lavoratore potrebbe sempre girare i piedi per raggiungere la destinazione, senza per questo compiere movimenti di torsione. In condizioni ideali, questo movimento sarebbe quello a cui si dovrebbe assistere.

Figura 8 - Rappresentazione grafica dell'angolo di asimmetria (A)



(11) Tratta da T. Waters et al. "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, 1994.

In realtà, spesso, vincoli temporali nell'esecuzione del compito portano il lavoratore a movimenti di torsione per risparmiare tempo (si noti che l'angolo di asimmetria non è definito dalla posizione dei piedi o dall'angolo di torsione del tronco, ma dalla posizione del carico rispetto al piano sagittale mediano del lavoratore).
Si forniscono di seguito i valori del moltiplicatore di asimmetria AM semplificati per fasce, al fine di rendere conto della sua variabilità:
— Angolo (gradi): AM;
— 0: 1,00;
— 30: 0,90;
— 60: 0,81;
— 90: 0,71;
— 120: 0,62;
— 135: 0,57;
— >135: 0.
Bassi valori di angoli di asimmetria, frequentemente riscontrabili nella realtà lavorativa, hanno un impatto, tutto sommato, modesto sul valore del moltiplicatore AM, ma le situazioni più estreme determinano riduzioni di circa il 45% rispetto al valore ideale, con conseguente elevato effetto sul valore finale del peso limite raccomandato.
In generale, sono rilevabili tre differenti situazioni che richiedono differenti modalità di valutazione nella definizione del moltiplicatore di asimmetria:
La prima, la più semplice, è quella nella quale il lavoratore è in posizione obbligata nell'esecuzione del sollevamento e gli angoli di asimmetria origine-linea sagittale e linea sagittale-destinazione sono analoghi (Figura 9). In tal caso, il Fattore Asimmetria deve essere considerato relativamente all'angolo origine-linea sagittale.
Nel secondo caso, il lavoratore è in una posizione obbligata nell'esecuzione del sollevamento e gli angoli di asimmetria origine-linea sagittale e linea sagittale-destinazione sono differenti (Figura 10). In questo caso, si calcola il peso raccomandato all'origine ed alla destinazione considerando i fattori corrispondenti ai rispettivi angoli e si valuterà come rappresentativo del compito il peso raccomandato inferiore.
Nel terzo e ultimo caso, il lavoratore può assumere qualsiasi posizione durante il sollevamento ma compiendo delle evidenti torsioni del tronco (Figura 11). In questo caso, si misura l'angolo compreso tra l'origine del sollevamento e la destinazione, senza considerare la posizione dell'operatore. L'angolo di asimmetria sarà dato dalla metà dell'angolo così misurato.
Nell'esempio considerato:
— angolo di asimmetria = 180°/2 = 90°;
— fattore di asimmetria = 0,71.

Figura 9

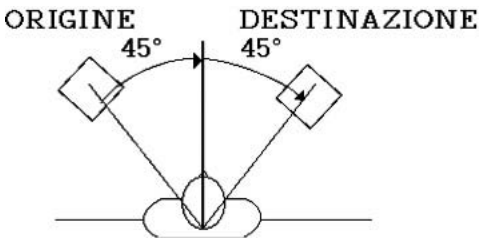


Figura 10

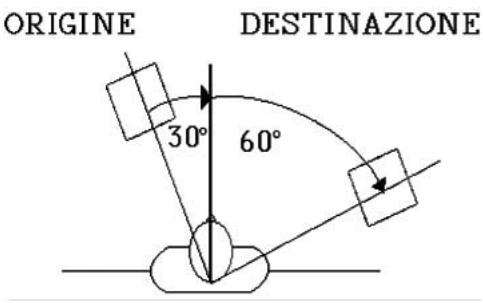
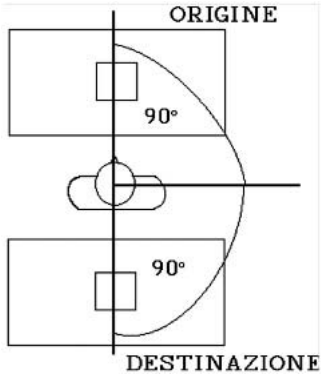


Figura 11



Moltiplicatore di frequenza

FM è il moltiplicatore di frequenza, il quale è dipendente da tre fattori:
— numero di sollevamenti al minuto (F);
— durata del compito di sollevamento;
— altezza verticale delle mani all'inizio del sollevamento (V).
Il numero di sollevamenti al minuto è definito dalla media dei sollevamenti eseguiti in un minuto, misurata su un periodo di 15 minuti. Trattandosi di un dato potenzialmente ad alta variabilità, in situazioni in cui esso può variare in modo rilevante è molto importante definire un criterio di scelta che possa essere considerato rappresentativo (per esempio, si potrebbe considerare il numero di carichi sollevati complessivamente in un turno e dividerlo per la durata totale dei compiti di sollevamento eseguiti nel turno).
Il moltiplicatore di frequenza ha un impatto molto elevato sul valore finale del peso limite raccomandato.
Per quanto riguarda la durata del compito di sollevamento, il criterio originale proposto nel manuale per l'applicazione dell'equazione NIOSH rivista è stato successivamente superato da uno dei suoi autori, pur mantenendo la logica iniziale di rapporto tra la durata del compito di sollevamento e la durata del successivo periodo di pausa o di svolgimento di attività che non presentano compiti di sollevamento. Si riporta in Tabella 3 il nuovo criterio per la definizione della durata.
Considerando questi criteri, è possibile ridurre l'indice di sollevamento, per esempio, operando opportune rotazioni tra il personale o riorganizzando il lavoro, inserendo, successivamente ai compiti di sollevamento, periodi di recupero di durata adeguata.
Noti questi fattori (il significato ed il valore di V sono già stati trattati in precedenza), è possibile calcolare il valore del moltiplicatore FM grazie alla Tabella 4.

Moltiplicatore di presa

CM è il moltiplicatore di presa ed è funzione della qualità dell'impugnatura:
— buona: se l'oggetto può essere afferrato avvolgendo la mano in modo confortevole attorno all'impugnatura o alle scanalature per le mani dell'oggetto senza significative deviazioni del polso dalla postura neutrale o, all'oggetto stesso, senza causare eccessive deviazioni del polso o posture inadeguate (CM = 1);

Tabella 3 - Nuovo criterio per la definizione della durata del compito di sollevamento

Durata	Condizioni da soddisfare contemporaneamente
Breve	1. durata del compito di sollevamento ≤ 60 minuti 2. durata dei compiti "leggeri" (pause ufficiali o altre attività senza sollevamento, spinta, traino, ecc.) successivi ≥ 100% della durata del compito di sollevamento
Media	1. compito di sollevamento non di breve durata 2. durata del compito di sollevamento ≤ 120 minuti 3. durata dei compiti "leggeri" (pause ufficiali o altre attività senza sollevamento, spinta, traino, ecc.) successivi ≥ 30% della durata del compito di sollevamento
Lunga	1. compito di sollevamento non di breve durata 2. compito di sollevamento non di media durata

Tabella 4 - Calcolo del moltiplicatore FM

Frequency lifts/min (F) ≠	***work duration***					
	≤1 hour		***>1 but ≤2 hours***		***>2 but ≤8 hours***	
	V<30	V≥30	V<30	V≥30	V<30	V≥30
≤0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
I valori di V nella tabella sono espressi in pollici. Considerare 30 in. = 75 cm						
Fonte: T. Waters et al., "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation", 1994.						

— sufficiente: se l'oggetto dispone di manici o scanalature che non soddisfano i criteri di buona qualità della presa o se l'oggetto stesso può essere afferrato con una presa nella quale la mano può essere flessa di circa 90° (CM = 0,95);
— scarsa: se i criteri di presa buona o sufficiente non sono soddisfatti (CM = 0,9).
Senza addentrarsi in questioni di carattere ergonomico, una presa "buona" dovrebbe essere assegnata unicamente a carichi di lunghezza ≤ 40 cm e larghezza ≤ 30 cm caratterizzati da presa in *grip* (Figura 12), mentre in tutti gli altri casi, il giudizio dovrebbe essere "scarso".
Eseguendo un'analisi attenta dei singoli moltiplicatori, è facile assegnare il livello di impatto che ciascuno di essi può avere sul valore finale del peso limite raccomandato, con conseguente immediata comprensione di quali siano i fattori sui quali agire (Tabella 5):

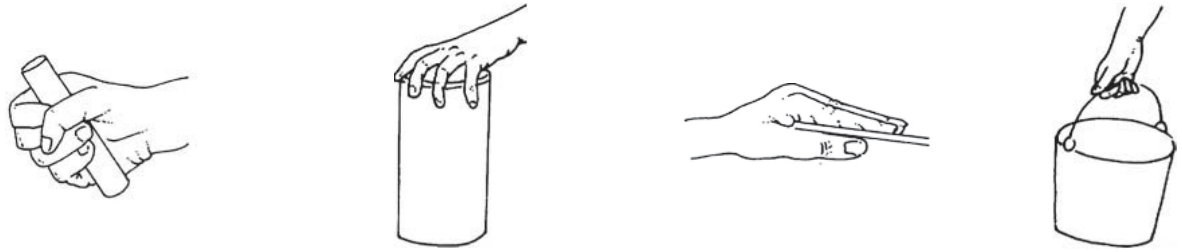
Lifting Index

Una volta calcolato il peso limite raccomandato (RWL), è possibile determinare l'indice di sollevamento rappresentativo dello stress fisico associato al compito:

$$LI = \frac{peso\ sollevato\ (kg)}{peso\ limite\ raccomandato\ (kg)} = \frac{L}{RWL}$$

Il *lifting index* e il peso limite raccomandato possono essere utilizzati come indicatori guida in vari modi:
— conoscendo le relazioni per la definizione dei singoli moltiplicatori, è possibile capire dove è necessario intervenire per riprogettare il compito laddove il valore di LI fosse elevato;
— il valore del peso limite raccomandato può essere utilizzato per ridefinire i compiti di sollevamento, per esempio calcolando nelle condizioni più sfavorevoli quale è il valore di RWL e riprogettando l'attività in modo che non venga mai superato questo valore;

Figura 12 - *Tipi di presa*



Grip | Palmare | *Pinch* palmare | Uncino

Tabella 5

Fattore	Impatto	Livello di impatto
Frequenza e durata	75%	Elevato
Distanza orizzontale	58%	Elevato
Angolo di asimmetria	48%	Elevato
Altezza verticale	22%	Medio
Distanza verticale	14%	Basso
Tipo di presa	10%	Basso

— il valore del LI può essere utilizzato come indicatore del carico di lavoro fisico di un compito. Confrontando i valori di LI relativi a due differenti compiti è possibile capire quale dei due è più gravoso ed intervenire per riequilibrare il carico complessivo attraverso turnazione o redistribuzione dei compiti;
— il valore di LI consente di creare una gerarchia degli interventi da eseguire dal punto di vista ergonomico.
La norma ISO/TR 12295 fornisce una tabella che consente di correlare il valore del *lifting index* con l'urgenza degli interventi da eseguire (Tabella 6).
Si ritiene che valori di LI > 1 debbano dar luogo all'attivazione della sorveglianza sanitaria.

Esempio applicativo 1

Il compito consiste nel sollevare, con entrambe le mani, una cassetta in materiale plastico, contenente componenti di rame, dal ripiano più basso di una scaffalatura (Figura 13), posizionandola sul piano di un carrello munito di ruote (Figura 14) per il suo successivo trasporto in linea di assemblaggio.
La distanza orizzontale H all'origine è di 38 cm, mentre alla destinazione è di 31 cm.
L'altezza delle mani da terra all'origine (V) è di 28 cm, mentre a destinazione il valore è pari a 100 cm, valore che rappresenta perciò la dislocazione verticale (D).
All'origine, l'angolo di asimmetria è pari a 10°, mentre a destinazione il carico è posizionato frontalmente.
La presa, infine, è scarsa.
La frequenza media di sollevamento è pari a 2 volte/minuto, per una durata complessiva del compito compresa tra 1-2 ore.
Il peso massimo sollevato è di 12 kg.
Con questi dati, il valore dei singoli moltiplicatori è il seguente:
LC = 23 kg;
HM = 0,66 (riferito alla distanza orizzontale massima di 38 cm);
VM = 0,86;
DM = 0,88;
AM = 0,97 (riferito all'angolo di asimmetria di 10°);

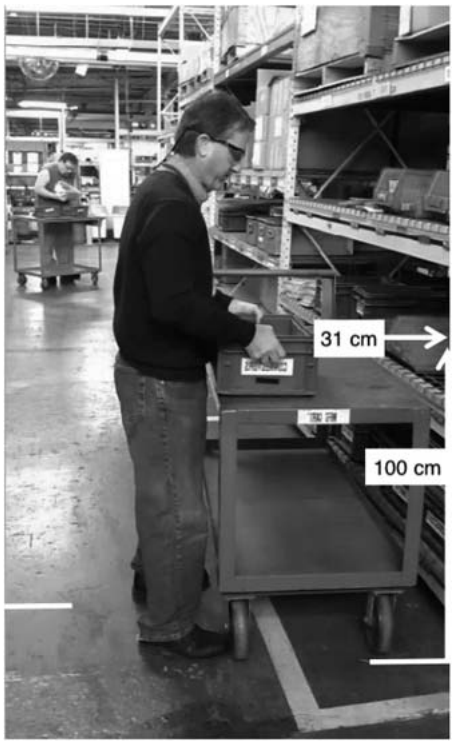
Tabella 6

Valore indice di sollevamento	Livello di esposizione	Interpretazione	Conseguenze
LI ≤ 1,0	Accettabile	L'esposizione è accettabile per la maggior parte dei soggetti di riferimento della popolazione lavorativa.	Accettabile: nessuna conseguenza
1 < LI ≤ 2	Presenza di rischio	Una parte della popolazione lavorativa adulta potrebbe essere esposta ad un rischio di livello moderato.	Riprogettare i compiti e i luoghi di lavoro in base alle priorità
2 < LI ≤ 3	Presenza di rischio Livello alto	Una maggiore parte della popolazione lavorativa adulta potrebbe essere esposta ad un rischio di livello significativo.	Riprogettare i compiti e i luoghi di lavoro appena possibile
LI > 3	Presenza di rischio Livello molto alto	Assolutamente inadatta per la maggior parte della manodopera. Considerare solo in circostanze eccezionali in cui gli sviluppi tecnologici o gli interventi non sono sufficientemente avanzati. In tali circostanze eccezionali, bisogna dare maggiore attenzione e considerazione alla formazione e all'addestramento degli individui (e.g. conoscenza specifica riguardo l'identificazione del rischio e la sua riduzione).	Riprogettare i compiti e i luoghi di lavoro immediatamente

Figura 13 - Origine



Figura 14 - Destinazione



CM = 0,90;
FM = 0,84;
da cui si determina un valore di RWL pari a 8,3 kg, inferiore al peso di valore massimo effettivamente sollevato, cui corrisponde un LI = 1,4 (rischio moderato).

Limiti di applicazione del metodo

L'equazione proposta dal NIOSH fornisce dei valori utili come riferimento per comprendere il livello di rischio associato con un'attività di movimentazione manuale dei carichi, sempre che vengano rispettati i limiti entro i quali l'equazione stessa è stata ricavata. In caso contrario è

possibile che i valori ricavati del peso limite raccomandato e, di conseguenza, dell'indice di sollevamento, sottostimino o sovrastimino il rischio.

Limiti specidifici

Nello specifico, quelli che seguono sono i limiti all'uso del metodo:
— la RNLE non tratta le azioni di mantenimento di oggetti (senza camminare). Qualora queste si verifichino, devono essere minimali e non richiedere un significativo dispendio energetico, in particolare nel caso di compiti ripetitivi;
— la RNLE non tratta l'azione di spingere o tirare oggetti, il sollevamento con una mano, la movimentazione manuale da seduti e il sollevamento da parte di due o più persone;
— la RNLE non tratta le azioni di movimentazione ad alta velocità, ovvero a più di 75 cm/secondo;
— la RNLE non tratta le azioni di movimentazione di oggetti instabili o eseguite in luoghi ristretti, su pavimenti scivolosi o in condizioni microclimatiche sfavorevoli (esterna ai seguenti *range*: temperatura compresa tra 19 e 26°C e umidità relativa compresa tra 35 e 50%).

Indice di sollevamento composto (CLI)

L'indice di sollevamento calcolato a partire dalla RNLE, come è anche stato dimostrato dagli studi sperimentali eseguiti negli anni successivi alla pubblicazione del metodo, è un utile predittore della presenza o meno di un rischio correlato ad un'attività di sollevamento ma, a ben guardare, nel mondo reale non è comune avere a che fare con compiti di movimentazione manuale dei carichi che vedano coinvolti un'unica tipologia di carico in termini di forma e peso, un'unica geometria di sollevamento in termini di altezze di origine e destinazione ed una frequenza costante di sollevamenti.
Per questo motivo, già con il manuale del NIOSH per l'applicazione della RNLE venne formulata un'ipotesi di lavoro che consentisse di tenere conto di condizioni più complesse, nello specifico basate su compiti di sollevamento composti, ovvero situazioni in cui il carico da sollevare sia sempre lo stesso, ma le geometrie di sollevamento siano differenti.

Ipotesi

Le ipotesi alla base dei ragionamenti che seguono sono le seguenti:
— lo svolgimento di molteplici compiti di sollevamento si traduce in un incremento di carico fisico e metabolico che, a sua volta, deve essere rappresentato da una riduzione del peso limite raccomandato RWL e, di conseguenza, da un incremento dell'indice di sollevamento LI;
— l'incremento di valore dell'indice di sollevamento sarà funzione delle caratteristiche dei compiti di sollevamento;
— l'incremento del valore dell'indice di sollevamento legato alla somma di uno o più compiti è indipendente dal valore dell'indice di sollevamento di ciascuno dei predetti compiti.

Calcolo

L'indice di sollevamento composto (*CLI - Composite Lifting Index*) sarà pari alla somma del valore dell'indice di sollevamento più gravoso tra i compiti eseguiti e un aumento incrementale generato dallo svolgimento degli altri compiti di sollevamento, man mano che questi vanno ad aggiungersi. Quest'ultima quota supplementare viene determinata tramite la differenza tra il valore dell'indice di sollevamento del compito aggiuntivo calcolato utilizzando la frequenza cumulata e l'indice di sollevamento proprio relativo a quel compito.
Per chiarire, ipotizzando due compiti identici A e B, ciascuno con la frequenza di 1 sollevamento/minuto, si avrà:

$$CLI = LI_{A,1} + (LI_{B,2} - LI_{B,1})$$

dove il pedice numerico è il valore della frequenza cumulata da associare all'indice di sollevamento (es. $LI_{B,2}$ è l'indice di sollevamento del compito B calcolato con la frequenza cumulata di 2 sollevamenti/minuto). Nell'esempio in questione, essendo A e B compiti identici, $L_{A,1}$ e $L_{B,1}$ si elidono dall'equazione e l'indice di sollevamento composto sarà pari all'indice di sollevamento che si otterrebbe eseguendo il compito ma con una frequenza di sollevamento di 2 volte/minuto.
Se i due compiti non sono uguali (es. differenti geometrie di sollevamento), in tal caso il CLI sarà dato dalla somma dell'indice di sollevamento riferibile al compito A e l'incremento generato dall'esecuzione del compito B. Quest'ultimo incremento sarà generato dalla differenza tra l'indice di sollevamento del compito B, calcolato utilizzando la somma delle frequenze nell'esecuzione di A e B, e il valore proprio del compito B.
La procedura più generale prevede i seguenti passaggi:
1) Calcolo, per ciascun sottocompito, del peso limite raccomandato indipendente dalla frequenza (FIRWL), utilizzando un moltiplicatore di frequenza FM = 1. Questo valore rappresenterà il carico fisico per ogni singola ripetizione del sottocompito.
2) Calcolo del peso limite raccomandato relativo al sottocompito (STRWL), moltiplicando il valore di FIRWL per il moltiplicatore FM appropriato. STRWL rappresenta il carico di lavoro fisico laddove il singolo sottocompito fosse l'unico ad essere eseguito.

3) Calcolo, per ciascun sottocompito, dell'indice di sollevamento indipendente dalla frequenza (FILI) dividendo il peso sollevato per il rispettivo FIRWL.
4) Calcolo dell'indice di sollevamento del sottocompito (STLI), dividendo la media del peso sollevato per quel singolo compito per il rispettivo STRWL.
5) I sottocompiti vengono riordinati in ordine decrescente di STLI, dal più grande al più piccolo, in modo tale da considerare per primi i compiti più gravosi.
Il valore dell'indice di sollevamento composto sarà calcolato come:

$$CLI = STLI_1 + \sum \Delta LI$$

dove:

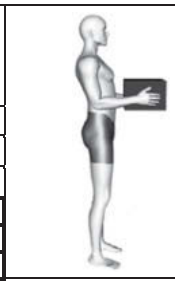
$$\sum \Delta LI = \left(FILI_2 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1}\right)\right) + \left(FILI_3 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}}\right)\right) + \cdots + \left(FILI_n \times \left(\frac{1}{FM_{1,2,3,\ldots,n}} - \frac{1}{FM_{1,2,3,\ldots,(n-1)}}\right)\right)$$

e STLI1 è l'indice di sollevamento del sottocompito più gravoso.
Il limite di questa procedura è legato al modo con cui viene calcolata la frequenza relativa di ciascun sottocompito. È facile comprendere, infatti, come incrementando il numero di sottocompiti si riduca la frequenza e, pertanto, per un numero di sottocompiti superiore a 10-12, il risultato finale non sarebbe più affidabile (un numero ancora più elevato, in presenza di una bassa frequenza di sollevamento complessiva, finirebbe con l'avvicinare il valore di FM ad 1 e conseguentemente $FM_{1,2,\ldots n} = FM_{1,2,\ldots,(n-1)}$, elidendosi reciprocamente nelle sottrazioni azzerando il contributo dei FILI e generando una sottostima dell'indice finale).

Esempio applicativo 2

Il lavoratore deve prelevare dal ripiano dello scaffale di sinistra (Figura 15), rifornito man mano che viene eseguito il prelievo, un carico di 7,5 kg e riporlo nello scaffale di destra.
Il ripiano dello scaffale di origine ha un'altezza di 80 cm, mentre i ripiani di destinazione variano dall'altezza di terra (0 cm) fino al ripiano posto a 2 m da terra, tuttavia non utilizzato ai fini della movimentazione manuale.

Figura 15

Origine		Destinazione	Altezze [cm]
			200
		7,5 kg	160
		7,5 kg	120
7,5 kg		7,5 kg	80
		7,5 kg	40
		7,5 kg	0

Pertanto, i dati in *input* per il calcolo dell'indice di sollevamento di ciascun sottocompito saranno i seguenti:

Sotto-compito	H [cm]	V [cm]	D [cm]	A	F	Durata [min]	C
1	40	80	80	0	2	60	Scarsa
2	40	80	40	0	2	60	Scarsa
3	40	80	0	0	2	60	Scarsa
4	40	80	40	0	2	60	Scarsa
5	40	80	80	0	2	60	Scarsa

A questi corrispondono i seguenti moltiplicatori:

Sotto-compito	HM	VM	DM	AM	FM	CM	
1	0,63	0,99	0,88	0	2	Scarsa	
2	0,63	0,99	0,93	0	2	Scarsa	
3	0,63	0,99	1	0	2	Scarsa	
4	0,63	0,99	0,93	0	2	Scarsa	
5	0,63	0,99	0,88	0	2	Scarsa	

Calcolando il peso limite raccomandato e gli indici di sollevamento dei singoli sottocompiti, utilizzando la massa di riferimento di 23 kg, si ottiene:

Sottocompito	FIRWL	FILI	STRWL[12]	STLI			
1	11,2	0,67	10,2	0,74			
2	11,9	0,63	10,8	0,69			
3	12,7	0,59	11,6	0,65			
4	11,9	0,63	10,8	0,69			
5	11,2	0,67	10,2	0,74			
Si procede al riordino (e rinumerazione) dei sottocompiti partendo da quello con il FILI più alto:							
Sottocompito	**FIRWL**	**FILI**	**STRWL[13]**	**STLI**			
1	11,2	0,67	10,2	0,74			
2	11,2	0,67	10,2	0,74			
3	11,9	0,63	10,8	0,69			
4	11,9	0,63	10,8	0,69			
5	12,7	0,59	11,6	0,65			
I valori di $FM_{1,...,n}$ sono i seguenti:							
	F	$FM_{1,...,n}$					
FM_1	2	**0,91**					
$FM_{1,2}$	4	**0,84**					
$FM_{1,2,3}$	6	**0,75**					
$FM_{1,2,3,4}$	8	**0,60**					
$FM_{1,2,3,4,5}$	10	**0,45**					
Quindi:							
CLI = 0,74 + 0,67*(1/0,84 - 1/0,91) + 0,63*(1/0,75 - 1/0,84) + 0,63*(1/0,60 - 1/0,75) + 0,59*(1/0,45-1/0,60)							
Da cui:							
CLI = 1,43							

Il compito viene eseguito mantenendo il carico sempre frontalmente (senza alcun angolo di asimmetria) e la frequenza di movimentazione è di 10 sollevamenti/minuto, con una durata complessiva del compito pari a 60 minuti (600 sollevamenti complessivi).
Il numero di sottocompiti è pari a 5 (1 altezza di origine e 5 altezze di destinazione) e la frequenza relativa di ciascun sottocompito è pari a 2 volte/minuto.

La norma ISO 11228-1

Caratteristiche

Come detto, la *Revised NIOSH Lifting Equation* costituisce la base di molte altre, successive, metodologie per la valutazione del rischio da movimentazione manuale dei carichi, tra le quali quella contenuta nella norma tecnica ISO 11228-1 (14) considerata espressamente dal D.Lgs. n. 81/2008 un criterio di riferimento affidabile per le finalità del Titolo VI del decreto stesso, con particolare riferimento alla valutazione del rischio ed alla conseguente definizione delle misure di prevenzione e protezione.
Il campo di applicazione della norma riguarda:
— movimentazione manuale di oggetti con una massa di 3 kg o superiore;
— velocità di cammino moderate, ovvero da 0,5 m/s a 1,0 m/s su una superficie orizzontale livellata;
— giornata lavorativa di 8 h.
Al contrario, essa:
— non tratta le azioni di mantenimento di oggetti (senza camminare), l'azione di spingere o tirare oggetti, il sollevamento con una mano, la movimentazione manuale da seduti e il sollevamento da parte di due o più persone;
— non concerne l'analisi di compiti combinati in un turno durante una giornata.

(12) Ad una frequenza di sollevamento di 2 volte/minuti per una durata breve ed un'altezza delle mani V > 75 cm corrisponde un moltiplicatore FM=0,91.
(13) Ad una frequenza di sollevamento di 2 volte/minuti per una durata breve ed un'altezza delle mani V > 75 cm corrisponde un moltiplicatore FM=0,91.
(14) Fonte delle tabelle e immagini in questo paragrafo: "Piano Nazionale della Prevenzione 2014-2018: linee di indirizzo per l'applicazione del titolo VI del D. Lgs. 81/08 e per la valutazione e gestione del rischio connesso alla Movimentazione Manuale di Carichi (MMC)", in http://olympus.uniurb.it/index.php?option=com_content&view=article&id=16448:cip-mmc&catid=81&Itemid=142.

Differenze ISO 11228-1 rispetto alla RNLE

Una delle differenze più rilevanti della ISO 11228-1 rispetto alla RNLE è quella di aver differenziato la massa di riferimento (che era pari a 23 kg per la RNLE, indistintamente dal genere ed età) in ragione della tipologia di popolazione oggetto di valutazione, fornendo i valori in Tabella 7.
Questa scelta del normatore consente maggiore flessibilità nell'associare ad una specifica popolazione (giovani, adulti, anziani, donne e uomini) il suo proprio livello di rischio. I valori di riferimento delle età a cui associare i termini "giovane" o "anziano" sono rispettivamente < 18 anni e > 45 anni.

Definizioni

Si riportano di seguito alcune definizioni necessarie ai fini di un'applicazione corretta delle indicazioni normative:
— Postura ideale: postura eretta e simmetrica, mantenendo una distanza orizzontale tra il baricentro dell'oggetto movimentato e il baricentro dell'operatore a meno di 0,25 m, nonché l'altezza della presa a meno di 0,25 m sopra l'altezza delle nocche.
— Condizioni ideali: condizioni che includono la postura ideale per la movimentazione manuale, una presa ferma sull'oggetto in postura neutra del polso, nonché condizioni ambientali favorevoli.
— Movimentazione ripetitiva: la movimentazione di un oggetto che avviene più di una volta ogni 5 minuti.

Modello graduale

Step 1 e 2

La suddetta norma propone un percorso suddiviso per *step*, definito modello graduale, rappresentato nello schema in Figura 16.
In condizioni ideali, laddove il compito sia di tipo ripetitivo, benché il peso del carico sollevato risulti essere inferiore alla massa di riferimento, è necessario che esso sia appropriato rispetto alla frequenza di sollevamento.
La norma ISO 11228-1 consente di eseguire una semplice verifica mediante il grafico di Figura 17, nel quale si fa riferimento a due distinte, possibili durate dell'attività di sollevamento.
Come si vede, per brevi durate, il carico massimo sollevabile con una frequenza di 15 sollevamenti al minuto non deve superare i 7 kg, mentre la massima frequenza di sollevamento, nel caso di compiti di media durata, corrisponde a 12 sollevamenti al minuto di un carico dal peso massimo di 5 kg.

Tabella 7

<table>
<tr><th rowspan="2">CAMPO DI APPLICAZIONE</th><th>MREF +[KG]</th><th colspan="3">PERCENTUALE DI POPOLAZIONE DI UTILIZZATORI PROTETTA</th><th colspan="2" rowspan="2">GRUPPO DI POPOLAZIONE</th></tr>
<tr><th></th><th>F e M</th><th>Femmine</th><th>Maschi</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Utilizzo non professionale</td><td>5</td><td colspan="3">Dati non disponibili</td><td>Bambini e anziani</td><td rowspan="2">Popolazione totale</td></tr>
<tr><td>10</td><td>99</td><td>99</td><td>99</td><td>Popolazione domestica generale</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Utilizzo professionale (generale) b)</td><td>15</td><td rowspan="3">95</td><td rowspan="3">90</td><td rowspan="3">99</td><td rowspan="3">Popolazione lavorativa generale, inclusiva di giovani e anziani</td><td rowspan="4">Popolazione lavorativa generale</td></tr>
<tr><td>20</td></tr>
<tr><td>23</td></tr>
<tr><td>25</td><td>85</td><td>70</td><td>90</td><td>Popolazione lavorativa adulta</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Utilizzo professionale (eccezionale) c)</td><td>30</td><td colspan="4" rowspan="3">Lavoratori specializzati in particolari circostanze: quando è stato utilizzato ogni metodo per eliminare la MMc o ridurre il rischio e comunque il peso eccede i 25 kg. Incrementare la formazione, l'addestramento e la sorveglianza sanitaria.</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>35</td></tr>
<tr><td>40</td></tr>
<tr><td colspan="7">*Peso di riferimento - Reference mass (mref).</td></tr>
</table>

Figura 16 - Modello graduale

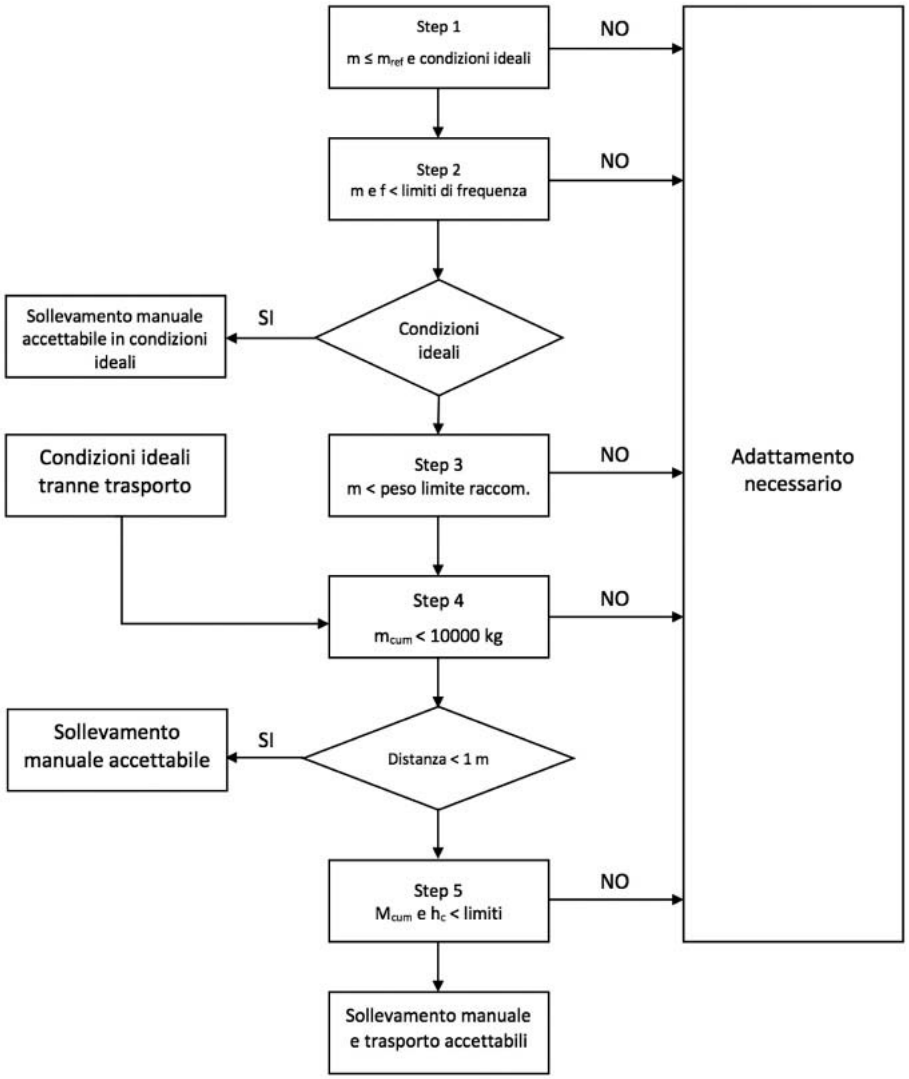
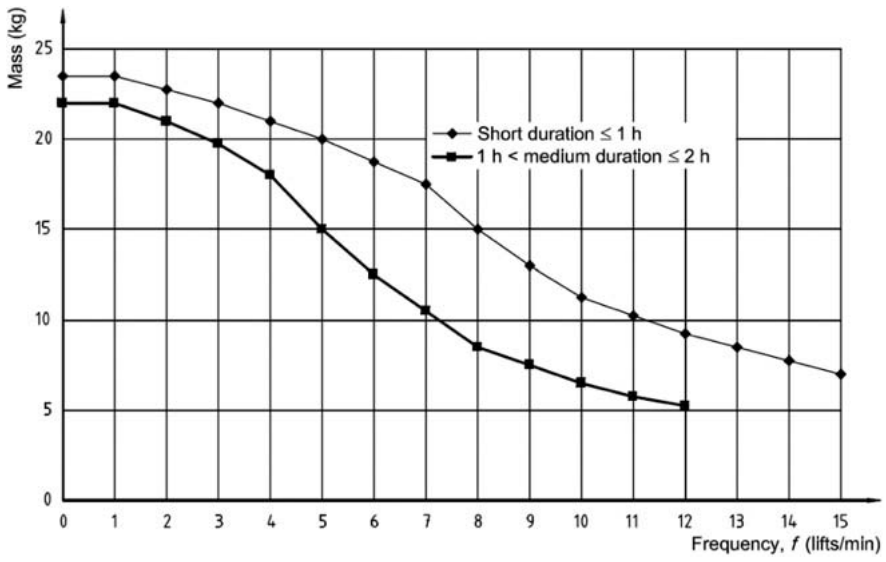


Figura 17 - Frequenza massima di sollevamento in condizioni ideali



Se il rapporto tra massa sollevata e frequenza di sollevamento è rispettato, il rischio relativo al compito di sollevamento può essere considerato accettabile e non è necessario procedere ad ulteriori verifiche. Laddove così non fosse, si dovrà procedere alla riprogettazione del compito.
Se, invece, le condizioni di partenza non fossero ideali, i due *step* sinora visti non possono essere applicati e si procede alle verifiche di cui allo *step* 3.

Step 3

Non sussistendo le condizioni ideali, ferma restando la necessità di rispettare i valori della massa di riferimento, in questa fase la norma propone l'applicazione della formula della RNLE al fine di calcolare il peso limite raccomandato per la tipologia specifica di attività svolta.
Per la definizione del valore dei moltiplicatori valgono tutte le considerazioni già fatte nella trattazione di cui ai paragrafi precedenti, con le medesime formule. L'unica attenzione da prestare consiste nella sostituzione della massa di riferimento prevista dalla RNLE (23 kg) con la massa di riferimento prevista dalla norma ISO 11228-1 secondo la Tabella 7.
Se il peso sollevato fosse superiore al peso limite raccomandato, calcolato con la RNLE, si dovrà procedere alla riprogettazione del compito (15). Al contrario, il compito di sollevamento sarebbe considerato accettabile ma occorrerebbe ancora verificare se sono rispettate le condizioni di accettabilità relative al trasporto attraverso gli *step* successivi.

Step 4

Rispetto alla procedura del NIOSH, la norma ISO 11228-1 aggiunge anche una valutazione relativa al rischio derivante dal trasporto manuale dei carichi sollevati, introducendo il concetto di "massa cumulativa" definita come il prodotto della massa trasportata e della frequenza di trasporto (16).
Si afferma che la massa totale degli oggetti movimentati nel corso del turno lavorativo non deve superare, in condizioni ideali, i 10.000 kg. Laddove ciò non sia vero, si deve procedere alla riprogettazione del compito.
Laddove il valore limite di 10.000 kg della massa cumulativa fosse rispettato e la distanza di trasporto fosse inferiore ad 1 m (sostanziale assenza di attività di trasporto), il rischio relativo al compito di sollevamento viene considerato accettabile e la valutazione termina.
Se, invece, pur essendo rispettato il valore limite di 10.000 kg, le distanze di trasporto fossero superiori ad 1 m, si dovrà passare al successivo *step* 5.

Step 5

Grazie ai valori riportati in Tabella 8, la norma consente di verificare il rispetto della massa cumulativa rispetto alla distanza di trasporto ed alla frequenza di trasporto.
In presenza di condizioni ambientali sfavorevoli, o quando le operazioni di sollevamento o abbassamento si svolgono a livelli bassi, per esempio sotto l'altezza delle ginocchia, oppure quando le braccia sono sollevate sopra le spalle, i limiti raccomandati per la massa cumulativa per il trasporto di cui alla Tabella 8 dovrebbero essere ridotti di almeno un terzo.

Esempio applicativo 3

Un negozio, situato all'interno di un centro commerciale e appartenente ad una catena di distribuzione di abbigliamento possiede due magazzini: uno interno al negozio, di piccole dimensioni, nel quale è depositata una minima scorta di prodotti destinata al rifornimento degli scaffali del negozio per sostituire il venduto ed un magazzino più grande, ubicato sulla copertura del centro commerciale, nel quale è collocato il grosso della scorta e da cui viene prelevato il materiale per il rifornimento del magazzino interno.
I colli vengono scaricati nel magazzino esterno, prima dell'inizio del turno, da una società esterna di logistica, aperti, suddivisi per "famiglie di articoli" (maglioni, pantaloni, cappotti, ecc.) e sistemati tra le corsie del magazzino esterno, in prossimità degli scaffali nei quali i singoli articoli dovranno successivamente essere collocati dal personale del negozio.
La valutazione del rischio riguarda l'attività di sollevamento e trasporto svolta dal personale del negozio.
Per quanto riguarda la sistemazione degli articoli sulle scaffalature del magazzino esterno, l'attività del lavoratore consiste nel prelievo del contenuto direttamente dalla scatola - in genere senza movimentare la stessa - e nella collocazione manuale degli articoli sfusi sui ripiani degli scaffali.
Trattandosi di capi di abbigliamento, il peso del singolo articolo è inferiore a 3 kg. Si è rilevato come, in generale, il lavoratore pur prelevando contemporaneamente più articoli dalla scatola, per esigenze di praticità, non superasse, nel complesso dei pesi sollevati in contemporanea, la soglia dei 3 kg (anche per ragione del volume dei capi di abbigliamento che avrebbero reso più difficoltosa l'esecuzione del compito).

(15) Si noti che la norma ISO 11228-1 non gradua il livello di rischio riferibile all'indice di sollevamento. Essa, nel caso di valori di LI > 1 si limita ad affermare l'esistenza del rischio, come ad escluderne la presenza per LI ≤ 1.

(16) La massa cumulativa per il trasporto è definita separatamente in kilogrammi per minuto, valore che rappresenta il rischio a breve termine, in kilogrammi per ora, valore che rappresenta il rischio a medio termine, nonché in kilogrammi per 8 h, valore che rappresenta il rischio a lungo termine.

Tabella 8 - Valori della massa cumulativa

Distanza di trasporto	Frequenza di trasporto (f_{max})	Massa Cumulativa			Esempi di carichi trasportati
	f_{max}	(m_{max})			
m	min^{-1}	kg/min	kg/h	kg/8h	
20	1	**15**	**750**	**6000**	5 kg x 3 volte/min 15 kg x 1 volta/min 25 kg x 0,5 volte/min
10	2	**30**	**1500**	**10000**	5 kg x 6 volte/min 15 kg x 2 volte/min 25 kg x 1 volta/min
4	4	**60**	**3000**	**10000**	5 kg x 12 volte/min 15 kg x 4 volte/min 25 kg x 1 volta/min
2	5	**75**	**4500**	**10000**	5 kg x 15 volte/min 15 kg x 5 volte/min 25 kg x 1 volta/min
1	8	**120**	**7200**	**10000**	5 kg x 15 volte/min 15 kg x 8 volte/min 25 kg x 1 volta/min

NOTA 1. Nel calcolo della massa cumulata, è utilizzato una massa di riferimento di 15 kg e una frequenza di trasporto di 15 volte/minuto definito per la popolazione lavorativa generale.
NOTA 2. La massa cumulata nel sollevamento e nel trasporto non dovrebbe superare i 10.000 kg/giorno, indipendentemente dalla durata del lavoro nel turno.
NOTA 3. I 23 kg sono inclusi nel peso di 25 kg.

Le uniche azioni di sollevamento e trasporto di pesi superiori a 3 kg hanno riguardato la movimentazione di colli disposti, per errore, nella corsia sbagliata o comunque spostati per esigenze di lavorazione (farsi spazio, avvicinarsi il carico, ecc.).
Le scatole vengono disposte dalla società di logistica in pile di massimo 5 colli e possiedono un'altezza massima di 40 cm (la base della scatola della pila disposta sul 5° livello si trova perciò ad un'altezza di 160 cm).
L'attività di sollevamento è certamente di tipo *non ripetitivo*, avvenendo occasionalmente (la frequenza è inferiore ad un sollevamento ogni 5 minuti) e solo se necessario per esigenze di praticità.
Analizzando l'esecuzione dell'attività lavorativa è emerso come il lavoratore tendesse a sollevare il carico con un angolo di asimmetria sostanzialmente nullo (A = 0°) mentre, a causa dell'estensione in larghezza della scatola (60 cm) e dell'impossibilità di posizionarsela tra le gambe nella fase iniziale del sollevamento, la distanza (H) del corpo dal carico fosse - al massimo - di 42 cm (valore prossimo a quello che si otterrebbe applicando la relazione empirica suggerita dal NIOSH: H = 25 + W/2 = 45 cm).
Il sollevamento avviene con entrambe le mani.
La presa è scarsa, considerando l'inesistenza di manici o impugnature.
La condizione peggiore si verifica laddove fosse necessario prelevare un carico disposto al 5° livello di una pila (V = 160 cm) per posizionarlo a terra (D = 160 cm).
In queste condizioni i valori dei moltiplicatori è il seguente:
— HM = 0,60;
— VM = 0,75;
— DM = 0,85;
— AM = 1,00;
— CM = 0,90;
— FM = 1,00.
Il peso limite raccomandato per le diverse popolazioni lavorative è il seguente:
— maschi (18 - 45 anni) 8,5 kg;
— femmine (18 - 45 anni) 6,8 kg;
— maschi (<18 o >45 anni) 6,8 kg;
— femmine (<18 o >45 anni) 5,1 kg.

Evidentemente la massa cumulata e le distanze di trasporto non costituiscono un problema a causa della sporadicità estrema delle attività manuali eseguite.
Considerando che la logistica ha ricevuto la raccomandazione di non realizzare scatole di peso superiore a 15 kg per non superare in nessun caso il valore della massa di riferimento delle donne di età superiore a 45 anni, il valore dell'indice di sollevamento per le varie categorie di popolazione sarà il seguente:
— maschi (18 - 45 anni) 1,8;
— femmine (18 - 45 anni) 2,2;
— maschi (<18 o >45 anni) 2,2;
— femmine (<18 o >45 anni) 3.
Come si vede, specie in presenza di fasce di popolazione sensibili al rischio, è necessario procedere ad interventi urgenti di correzione.
Tra questi si possono suggerire:
1)Riduzione della larghezza delle scatole utilizzate, portandola a massimo 40 cm, in modo da consentire l'avvicinamento del lavoratore in fase di sollevamento, riducendo la distanza del baricentro del proprio corpo da quello del carico.
2)Limitazione dell'altezza delle pile di scatole fino, al massimo, al 3° livello.
A queste condizioni, i valori dei moltiplicatori diventano:
— HM = 0,71 (riferito a H = 35 cm);
— VM = 0,99 (riferito a V = 80 cm);
— DM = 0,88 (riferito a D = 80 cm);
— AM = 1,00;
— CM = 0,90;
— FM = 1,00.
Il peso limite raccomandato per le diverse popolazioni lavorative sarà il seguente:
— maschi (18 - 45 anni) 13,9 kg;
— femmine (18 - 45 anni) 11,1 kg;
— maschi (<18 o >45 anni) 11,1 kg;
— femmine (<18 o >45 anni) 8,3 kg.
Laddove non fosse possibile per ragioni logistiche ridurre al di sotto di 8 kg il peso movimentabile (valore che garantirebbe la sicurezza per ogni fascia di popolazione), mantenendo a 15 kg il peso sollevato, l'indice di sollevamento diverrebbe:
— maschi (18 - 45 anni) 1,1;
— femmine (18 - 45 anni) 1,4;
— maschi (<18 o >45 anni) 1,4;
— femmine (<18 o >45 anni) 1,8.
Pur trattandosi di valori superiori alla soglia di rischio verrebbero sensibilmente ridotti rispetto alla condizione iniziali, a dimostrazione dell'efficacia dell'intervento ed in nessun caso superiori a 2.

La norma ISO/TR 12295

Funzionamento

La norma ISO 11228-1 non fornisce al proprio interno alcuna modalità di valutazione per situazioni più complesse, maggiormente aderenti alle condizioni estremamente variabili che è possibile rilevare nella realtà lavorativa.
A tal fine è stato pubblicato un *Technical Report* dalla ISO che fornisce integrazioni alle indicazioni della norma. Lo standard ISO/TR 12295 è una linea guida non limitata alla sola ISO 11228-1, ma fornisce anche ulteriori elementi per la corretta applicazione degli altri due standard ISO 11228-2 e ISO 11228-3 rivolti, rispettivamente, ai compiti di spinta e traino e di movimentazione degli arti superiori.
Uno degli aspetti qualificanti della ISO/TR 12295 è altresì quello di fornire dei metodi per eseguire, con riferimento a ciascuno dei campi di applicazione delle norme della serie ISO 11228, delle "valutazioni veloci" che permettono rapidamente di escludere da approfondimento quelle situazioni che darebbero luogo alla determinazione di rischi accettabili.
Con riferimento alle attività di movimentazione manuale dei carichi, dando per scontata la movimentazione di carichi di peso superiore a 3 kg, la valutazione veloce consiste nella semplice compilazione di una check-list.
Laddove le risposte fossero tutte affermative, il rischio legato alle azioni di sollevamento è da considerarsi accettabile. Tali condizioni sono elencate nella seguente Tabella 9:

Tabella 9

Sollevamento			
3-5 kg	Rotazione del tronco assente	No	Si
	Carico mantenuto vicino al corpo	No	Si
	Dislocazione verticale tra anche e spalle	No	Si
	Frequenza massima permessa: meno di 5 sollevamenti al minuto	No	Si
5,1-10 kg	Rotazione del tronco assente	No	Si
	Carico mantenuto vicino al corpo	No	Si
	Dislocazione verticale tra anche e spalle	No	Si
	Frequenza massima permessa: meno di 1 sollevamento al minuto	No	Si
> 10 kg	Assenza di carichi > 10 kg	No	Si

Analogamente, per quanto concerne il trasporto, sono da considerarsi accettabili quelle situazioni nelle quali i valori di massa cumulativa siano inferiori ai valori riportati in Tabella 10, rapportati alla durata del compito ed alla distanza di trasporto, sempre che vi sia assenza di posture incongrue in fase di trasporto

In tutti i casi, sia in presenza di situazione di rischio accettabile (come determinato dalle precedenti check-list), sia nei casi in cui si debba procedere ad un approfondimento della valutazione (laddove anche una sola delle predette condizioni non sia verificato), la ISO/TR 12295 richiede che venga effettuata una valutazione anche delle "condizioni al contorno". Si tratta, in effetti, di verificare la presenza di alcuni elementi contenuti all'interno dell'Allegato XXXIII del D.Lgs. n. 81/2008, circostanze che discosterebbero l'esito della valutazione dalle condizioni di applicabilità della RNLE.

Laddove fosse data anche una sola risposta affermativa alle seguenti domande (Tabella 11), si dovrebbe preliminarmente verificare la possibilità di rimuovere la condizione rilevata. Laddove questo non fosse possibile, deve essere considerato un rischio aggiuntivo nella movimentazione manuale dei carichi ed occorrerebbe tenerne conto in sede di valutazione:

Si riportano infine le cosiddette "condizioni critiche", ovvero quelle situazioni che la cui presenza darebbe luogo a condizioni di rischio certamente elevato. In questi casi è necessario procedere ad un intervento di riprogettazione del compito. Pur essendo state analizzate nel capitolo dedicato all'equazione del NIOSH rivisitata, esse si riportano in Tabella 12 ai fini di una loro panoramica complessiva, integrati con i limiti derivanti dalle masse di riferimento:

Vi sono attività nelle quali, tuttavia, la riprogettazione del compito è sostanzialmente inapplicabile o applicabile solo parzialmente. Esempi tipici sono quelli relativi alle ditte di trasloco, nei quali il ricorso ad ausili meccanici non risolve completamente il problema del ripresentarsi di "condizioni critiche", poiché non è attuabile in tutte le circostanze.

Un altro caso esemplare è quello relativo al trasporto di carni per il rifornimento delle macellerie dei centri storici. In questi casi, oltre a movimentare carichi prelevati da celle frigorifere e, dunque, estremamente freddi, il carico risulta parzialmente cedevole e scivoloso. Inoltre, spesso, le celle frigorifere sono situate ai piani interrati della macelleria con la conseguente necessità di percorrere delle scale e, soprattutto, i tagli di carne in fase di

Tabella 10

Trasporto		
Durata	**Distanza ≤ 10 m per azione**	**Distanza > 10 m per azione**
8 ore	10000 kg	6000 kg
1 ora	1500 kg	750 kg
1 minuto	30 kg	15 kg

Tabella 11

L'ambiente di lavoro è sfavorevole per le attività di sollevamento e trasporto manuale?		
Presenza di temperature estreme (basse o alte)	Si	No
Presenza di pavimenti scivolosi, non stabili, irregolari	Si	No
Presenza di spazi insufficienti per il sollevamento e trasporto	Si	No
Vi sono caratteristiche sfavorevoli dell'oggetto per il sollevamento e trasporto manuale?		
La dimensione dell'oggetto limita la visuale dell'operatore o ne ostacola il movimento?	Si	No
Il centro di gravità del carico non è stabile (esempio: liquidi, materiali che si muovono all'interno dell'oggetto)?	Si	No
La forma dell'oggetto presenta spigoli o superfici taglienti o protrusioni?	Si	No
Le superfici di contatto sono troppo calde o fredde?	Si	No
La (le) attività di sollevamento o trasporto manuale durano più di 8 ore al giorno?	Si	No

Tabella 12

Presenza di condizioni del *lay-out* e di frequenza che superano i limiti massimi suggeriti			
Altezza verticale	L'altezza delle mani all'inizio o fine del sollevamento è più alta di 175 cm o più bassa di 0 cm	Si	No
Distanza verticale	La distanza verticale fra l'inizio e la fine del sollevamento è maggiore di 175 cm	Si	No
Distanza orizzontale	La distanza orizzontale tra il corpo e il carico è maggiore della lunghezza del braccio esteso	Si	No
Asimmetria	Vi è una estrema torsione del tronco senza poter muovere i piedi	Si	No
Frequenza	Oltre 15 sollevamenti/min in BREVE DURATA	Si	No
	Oltre 12 sollevamenti/min in MEDIA DURATA	Si	No
	Oltre 8 sollevamenti/min in LUNGA DURATA	Si	No
Presenza di carichi eccedenti i seguenti limiti			
Maschi (18-45 anni)	25 kg	Si	No
Femmine (18-45 anni)	20 kg	Si	No
Maschi (<18 o >45 anni)	20 kg	Si	No
Femmine (<18 o >45 anni)	15 kg	Si	No
Trasporto: presenza di massa cumulativa trasportata più elevata di quelle indicate			
Distanza di trasporto superiore a 20 m in 8 ore	6000 kg in 8 ore	Si	No
Distanza di trasporto inferiore 20 m in 8 ore	10000 kg in 8 ore	Si	No

consegna (es. le mezzene) possono arrivare a 90 kg. Per queste attività, anche ammettendo il trasporto in due persone - difficilmente praticabile - la valutazione analitica risulterebbe essere inutile poiché darebbe luogo a indici di sollevamento estremamente elevati e le uniche, parziali, "soluzioni" sono di tipo organizzativo (sorveglianza sanitaria, turnazioni, pause), consapevoli dell'elevata probabilità di malattia professionale.

Sollevamenti particolari

Tra le utili indicazioni fornite dalla ISO/TR 12295 ve ne sono alcune che aiutano a superare i limiti del campo di applicazione sia della RNLE che della ISO 11228-1.
In particolare, il *Technical Report* fornisce un moltiplicatore supplementare PM laddove il carico fosse sollevato contemporaneamente da 2 o 3 persone (17).
In questa circostanza, la relazione della RNLE diviene:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \times PM$$

Dove:
— PM = 0,67 per un'azione di sollevamento eseguita da 2 persone;
— PM = 0,5 per un'azione di sollevamento eseguita da 3 persone.
In modo del tutto analogo, viene fornita l'indicazione per calcolare il peso limite raccomandato nel caso di sollevamenti eseguiti con una sola mano. Anche in questo caso, si viene ad aggiungere un nuovo moltiplicatore OM e la relazione completa diviene:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \times PM \times OM$$

Dove OM = 0,6.

La valutazione dei compiti variabili

Nei casi in cui si debba procedere alla valutazione analitica del rischio, il primo passaggio da compiere è quello di distinguere quale sia la tipologia di compito lavorativo, secondo le seguenti definizioni:

Compito semplice

Compito semplice (o 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 applica l'equazione RNLE con le masse di riferimento di cui alla ISO 11228-1.

Compito composto

Compito composto: quando si sollevano oggetti generalmente di una tipologia, ma su differenti geometrie (prelevando o posizionando da/su mensole poste a differenti altezze verticali e distanze orizzontali). In pratica ogni singola geometria è denominata "sottocompito". In questo caso l'Indice di Sollevamento Composto "*Composite Lifting Index* (CLI)" può essere calcolato seguendo la specifica procedura (Waters et al., 1994) già vista. È stato però postulato che in questa procedura non possono essere calcolati più di 10-12 *subtasks*.

Compito variabile

Compito variabile: quando si sollevano/depositano 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 sottocompiti. È inoltre possibile una quarta categoria di compiti, definito *sequenziale,* quando il lavoro, durante il turno giornaliero, è caratterizzato da diversi compiti con differenti caratteristiche (semplice, composto, variabile) (i lavoratori, in questo caso ruotano tra una serie di compiti di sollevamento semplici o multipli distribuiti nel turno).

Esecuzione dei calcoli

La norma ISO/TR 12295 fornisce le indicazioni per l'esecuzione dei calcoli necessari alla valutazione dei compiti composti (nei casi in cui si superino i 10 sottocompiti) o variabili (18) determinando, rispettivamente, l'indice di sollevamento composto (CLI) e l'indice di sollevamento variabile (VLI).
I compiti variabili sono la casistica più comune nei luoghi di lavoro e la difficoltà nella loro valutazione discende essenzialmente dalla numerosità dei sottocompiti che si generano che, oltre a risultare facilmente superiori a 10, generando il già discusso problema relativo al calcolo del fattore frequenza, anche se si superasse questo limite, darebbero luogo a difficoltà computazionali notevoli. Per superare queste problematiche, vengono eseguite una serie di semplificazioni.
Gli "elementi chiave" su cui si è basato lo sviluppo della procedura sono i seguenti:
— qualunque sia il numero dei potenziali singoli compiti, 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:

(17) La ISO/TR 12295, in verità, si limita a tradurre in numeri un'indicazione contenuta nella ISO 11228-1 che faceva riferimento alla capacità di sollevamento di una squadra di più persone, affermando una squadra di due persone abbia una capacità pari a 2/3 della somma delle capacità individuali (per una squadra di tre persone si arriva alla metà della somma delle singole capacità).

(18) Le indicazioni che seguono, più dettagliate di quelle riportate nella norma, sono tratte dal documento D. Colombini, E. Occhipinti, M. Placci, M. Cerbai, E. Alvarez, A. Hernandez, T. Waters, "Procedura per la raccolta l'organizzazione dei dati utile per l'analisi delle attività variabili di sollevamento carichi e per il calcolo del VLI (Variable Lifting Index)".

a) fino a 5 categorie di oggetti (pesi); o la classificazione della Dislocazione Verticale (VM) in sole 2 categorie (ideale/non ideale);
b) la classificazione della Dislocazione Orizzontale (HM) in 3 categorie (vicina, media, lontana);
— la presenza di Dislocazione Angolare (AM) è valutata sinteticamente per ognuna delle 5 categorie di peso (mediante un valore di soglia);
— la durata giornaliera dei sollevamenti è rimasta invariata;
— la frequenza delle azioni di sollevamento è determinata specificatamente per ognuno (fino a) dei 30 sottocompiti considerati;
— la Dislocazione Verticale e la presa del carico sono considerate come costante.
Al termine di queste semplificazioni sarà possibile calcolare il LI di specifico per tutti i sottocompiti individuati (fino a 30).
Individuare fino a 30 LI (per ogni sottocompito corrispondente) risulta comunque eccessivo (in particolare considerando le frequenze individuali) per cui si procederà ad un'altra aggregazione raggruppando i possibili 30 LI in 6 possibili differenti "Categorie LI" (LI *Categories*) (secondo la loro variabilità) e calcolando la frequenza cumulativa per ognuna delle 6 categorie di LI presenti.
Al termine di questa aggregazione sarà possibile calcolare 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 necessario l'utilizzo di un software dedicato, ma la comprensione della metodologia di fondo è essenziale per un'applicazione corretta del metodo.

Raccolta dati di organizzazione e di produzione

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 (compiti) e la loro rispettiva durata, stimata 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 (il D.Lgs. n. 81/2008 impone che i lavoratori siano informati sul peso e le caratteristiche dei carichi sollevati. Pertanto, la conoscenza del peso dell'oggetto sollevato è obbligatoria e dovrebbe essere apposta sull'imballo). Occorre notare che se qualche oggetto è alzato svariate volte tra l'origine e la destinazione, il numero delle volte per cui esso è effettivamente spostato dovrà essere indicato, questo dato cambierà il numero di oggetti effettivamente sollevati.
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 compito;
— la durata netta di sollevamento manuale nel turno;
— il numero totale di oggetti alzati 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 di sollevamento (per lavoratore) di ogni categoria di peso (con un massimo di 5 raggruppamenti).
Dalle tavole tradizionali possono essere quindi scelti e usati di conseguenza i moltiplicatori di frequenza corrispondenti (FM) (Waters et al., 1993) in considerazione dello scenario di durata di sollevamento appropriato (Breve, Media, Lunga).

Semplificazione delle variabili

Per calcolare uno o più LI per ogni categoria di peso preventivamente determinata, devono essere adottate alcune semplificazioni nelle diverse variabili (e relativi moltiplicatori) dell'Equazione Sollevamento originale (Waters et al., 1993).
A seguire, sono definiti gli orientamenti da adottare per eseguire le corrette semplificazioni, in considerazione delle diverse variabili dell'equazione.

Dislocazione verticale

Dislocazione 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 "operative" e un'area estrema, come di seguito indicato:
In funzione di queste scelte potranno essere calcolati 2 sottocompiti (in effetti le aree sono 3: un'area ideale e 2 aree non ideali. Tuttavia, essendo queste ultime identiche e identicamente suddivise, poiché la relazione per il calcolo di VM è simmetrica, possono essere considerate

Tabella 13

	Altezza (cm)	Valore medio indicativo (cm)	VM
Area ideale	51 ≤ V ≤ 125	75	1
Aree non ideali	0 ≤ V ≤ 50 126 ≤ V ≤ 175	0	0,78
Area da evitare	> 175	-	0

come un'unica area) e per ogni categoria di peso (definendo quindi un numero massimo di 10 sottocompiti: 5 categorie di oggetti x 2 sottocompiti).
L'area estrema superiore a 175 cm (>175 cm) è da considerarsi come ulteriore opzione, completamente inadeguata (il calcolo risulta infatti impossibile) e deve essere evitata.

Dislocazione orizzontale

Dislocazione orizzontale (massimo punto di presa delle mani lontano dal corpo durante il sollevamento).
La distanza orizzontale è stata semplificata in tre differenti aree:
1)area ideale: distanza (cm): 25 ≤ H ≤ 40; valore medio indicativo (cm): 35; HM: 0,71;
2)area non ideale media: distanza (cm): 41 ≤ V ≤ 50; valore medio indicativo (cm): 45; HM: 0,56;
area non ideale lontana: distanza (cm): 51 ≤ V ≤ 63; valore medio indicativo (cm): 63; HM: 0,40;
3)area da evitare: distanza (cm): > 63; valore medio indicativo (cm): -; HM: 0.
In funzione di queste scelte potranno essere calcolati 3 sottocompiti per ogni categoria di peso (definendo, con questa possibilità, fino a un numero massimo di 30 sottocompiti, tenuto conto dei 10 generati dalla dislocazione verticale).

Asimmetria

Asimmetria (dislocamento angolare del carico).
Le rotazioni del tronco sono considerate sinteticamente per ognuna delle "categorie di peso."
Il Moltiplicatore Asimmetrico (AM) di valore 0,81, è assegnato a tutti i sottocompiti nella specifica categoria di peso, 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.
Dunque:
Area ideale: Gradi: A ≤ 45°; AM: 1
Area non ideale: Gradi: A > 45° per il 50% dei sollevamenti; AM: 0,81
Area da evitare: Gradi: A > 135°; AM: 0

Distanza verticale di sollevamento

Distanza 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 Dislocazione Verticale (VM), deve essere considerata sia l'altezza delle mani all'origine che quella alla destinazione del sollevamento.

Tipo di presa

Anche l'apporto del fattore Tipo di presa (accoppiamento) 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 imposto uguale a 0,90.

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

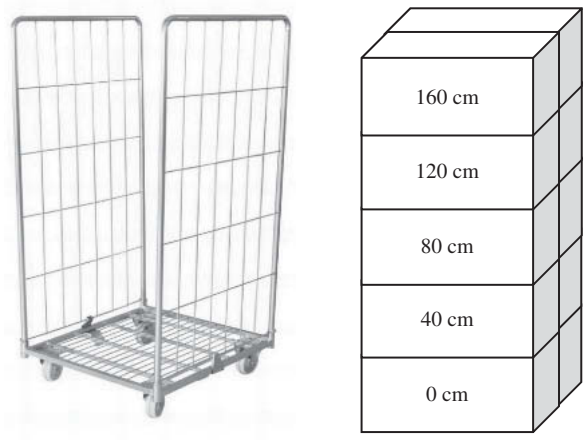
Adottando la procedura illustrata, possiamo quindi analizzare uno scenario definito da un "compito di sollevamento variabile", usando l'equazione per il sollevamento tradizionale, e produrre così fino a 30 differenti Indici di Sollevamento (LI), per 30 diversi sottocompiti (5 categorie di peso x 2 Dislocazioni Verticali x 3 Aree Orizzontali x 1 condizione di Asimmetria). Per ognuno di questi sottocompiti così come per il compito "variabile" complessivo, è valutata anche la specifica frequenza di sollevamento.
30 LI (uno per sottocompito corrispondente) sono comunque considerati un numero eccessivo, (specialmente in considerazione delle frequenze individuali di sollevamento), per applicare correttamente l'Indice di Sollevamento Composito "tradizionale" (CLI) (Waters et al, 1994). Quindi, eccetto nel caso della presenza di non più di 10 "sottocompiti" (e 10 LI corrispondenti), è consigliabile procedere 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 "sottocompiti" 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 "sottocompiti" nelle 6 categorie "di LI". Conseguentemente è determinata anche la frequenza cumulata di sollevamento per ognuna di queste 6 categorie di LI.
A questo punto è possibile calcolare, per ognuna di quelle 6 nuove categorie di "LI", il loro rispettivo FILI (compito singolo di sollevamento indipendente dalla frequenza) e STLI (compito singolo di sollevamento considerando la frequenza).
Finalmente, usando questi dati, il *Variable Lifting Index* (VLI) è calcolabile usando le modalità tradizionali del "*Composite Lifting Index*" (CLI) (Waters et al, 1994).

Esempio applicativo 4

Con riferimento al medesimo negozio appartenente alla catena di distribuzione descritto nel precedente esempio 3, oltre alle sporadiche attività di sollevamento già descritte, viene eseguito un ulteriore compito di movimentazione con caratteristiche differenti da quanto già valutato (19).
In due circostanze nel corso della giornata, il lavoratore deve occuparsi di trasportare alcune scatole dal magazzino esterno a quello interno. A tal fine egli preleva i capi di abbigliamento necessari dalle scaffalature del magazzino esterno e riempie delle scatole disposte su una gabbia metallica con ruote (Figura 18). Questa verrà riempita su due file da pile di 5 scatole, ciascuna di altezza pari a 40 cm.
La gabbia viene riempita per 2 volte nell'arco della giornata e, successivamente, spinta fino al magazzino interno nel quale le scatole vengono scaricate per terra, formando analoghe pile da 5 scatole ciascuna (disposte su un'unica fila).
La fase di riempimento delle scatole, non presenta rischi, trattandosi di prelevare alcuni capi di abbigliamento dalle scaffalature del magazzino per posizionarli in una scatola vuota e aperta posta nella gabbia. Man mano che una scatola viene riempita, sulla gabbia si posiziona un'altra scatola vuota e così via fino al completamento della gabbia (10 scatole).
La fase di trasporto della gabbia non presenta rischi, poiché rientra nelle condizioni di rischio accettabile identificate nella valutazione rapida dalla norma ISO/TR 12295 per la spinta ed il traino.

Figura 18 - Gabbia metallica con ruote



(19) Per l'esecuzione dei calcoli è stato adoperato il foglio di calcolo disponibile gratuitamente su www.epmresearch.org

La vera e propria movimentazione manuale consiste nello scaricare nel magazzino le scatole riempite nella gabbia.
La movimentazione delle scatole richiede 5 minuti a gabbia, mentre tra il termine dello scarico di una gabbia e l'inizio dello scarico di quella successiva passano 90 minuti, necessari al lavoratore per tornare al magazzino esterno e riempire una nuova gabbia.
La ricostruzione della giornata lavorativa dell'operatore è riportata in tabella A:
Essendo:
1.durata del compito di sollevamento ≤ 60 minuti;
2.durata dei compiti "leggeri" (pause ufficiali o altre attività senza sollevamento, spinta, traino, ecc.) successivi ≥ 100% della durata del compito di sollevamento;
la durata dei compiti di sollevamento è BREVE.
Si riportano in Tabella B i valori dei carichi sollevati di peso superiore a 3 kg, suddivisi in fasce di peso da 1 kg ciascuna e relativi a tutte e 20 le scatole sollevate:
Per cui:
— Durata dei compiti di sollevamento: BREVE;
— Durata del turno (min): 480;
— Durata mensa (fuori dall'orario di lavoro): 60;
— Durata del sollevamento manuale (min):1 0;
— Numero totale di oggetti di peso > 3 kg: 20;
— Frequenza di sollevamento: 2.

Tabella A

	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	**compiti senza sollevamenti**	**Sollevamento**	**compiti senza sollevamenti**
Minuti	60	**5**	90	**5**	380
Ora inizio turno	**8:00**				
Ore nel turno	9:00	**9:05**	10:35	**10:40**	16:00

Tabella B

	peso del carico (kg)	**N. di oggetti sollevati nel turno**	**N. di sollevamenti per ciascun oggetto**	**N. di oggetti realmente sollevati**	**calcolo della Massa Cumulata (ISO 11228-1) (kg)**
da 6 a 6,99	6,5	**4**	**1**	**4,0**	26
da 7 a 7,99	7,5	**1**	**1**	**1,0**	7,5
da 8 a 8,99	8,5	**3**	**1**	**3,0**	25,5
da 9 a 9,99	9,5	**3**	**1**	**3,0**	28,5
da 10 a 10,99	10,5	**2**	**1**	**2,0**	21
da 11 a 11,99	11,5	**2**	**1**	**2,0**	23
da 12 a 12,99	12,5	**1**	**1**	**1,0**	12,5
da 13 a 13,99	13,5	**2**	**1**	**2,0**	27
da 14 a 14,99	14,5	**2**	**1**	**2,0**	29
	Total			20,0	200

I 20 carichi vengono dunque raggruppati in 5 categorie di peso, dopo aver determinato il delta costituente ogni singola categoria utilizzando la seguente relazione:

$$(P_{max} - P_{min})/5$$

dove:
— P_{max} è il valore del peso più elevato tra i carichi;
— P_{min} è il valore del peso più leggero tra i carichi.
Nel caso specifico:

$$(14,5 - 6,5)/5 = 1,6 \text{ kg}$$

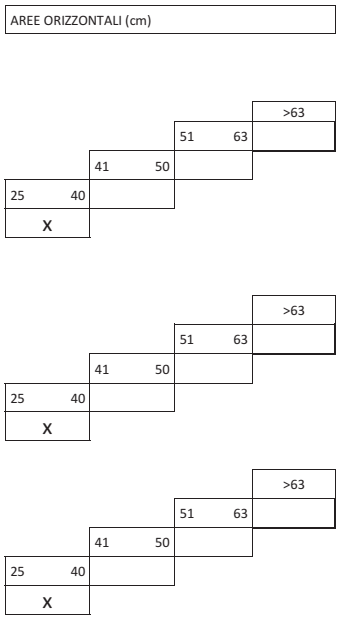
per cui si determinano cinque categorie di peso (Tabella C), calcolando, altresì, per ciascuna anche il valore del peso medio:
La distribuzione geometrica all'origine del sollevamento vede, per ciascuna categoria di peso, impiegate le altezze (20) in Tabella D. Poiché il carrello della gabbia è sollevato da terra di circa

Tabella C

	Categorie		N. oggetti	pesi medi per categoria (kg)	% oggetti sollevati per categoria	Massa cumulata trasportata nel turno
	Da	a				
C1	6,5	8,1	5,0	6,7	25,0%	33,5
C2	8,1	9,7	6,0	9	30,0%	54,0
C3	9,7	11,3	2,0	10,5	10,0%	21,0
C4	11,3	12,9	3,0	11,8	15,0%	35,4
C5	12,9	14,5	4,0	14	20,0%	56,0

Tabella D

ALTEZZA ALL'ORIGINE	CATEGORIE DI PESO (Kg)									
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a
cm	6,5	8,1	8,1	9,7	9,7	11,3	11,3	12,9	12,9	14,5
>175										
171-175										
161-170										
151-160	X		X		X		X			
141-150										
131-140										
126-130										
111-125	X		X				X		X	
101-110										
91-100										
81-90										
71-80	X		X		X				X	
61-70										
51-60										
41-50										
31-40	X		X						X	
21-30										
11-20										
up to10	X		X				X		X	



(20) I dati relativi alle altezze per ciascuna categoria di peso sono quelli effettivamente rilevati in fase di esecuzione del compito. È necessario che, in origine e destinazione, vengano inserite solo le altezze effettivamente impiegate per una valutazione precisa. In caso contrario, si otterrebbe una distribuzione percentuale dei pesi sulle varie altezze falsata.

13 cm, i piedi possono entrare sotto il carrello e la del lavoratore dal carico in fase di presa è inferiore a 40 cm:
In fase di deposito, la geometria e quella indicata in Tabella E. In questo caso, sono state osservate distanze maggiori tra il corpo del lavoratore e il baricentro del carico:
La frequenza di sollevamento per ciascun sottocompito viene calcolata nel modo che segue (si riporta, per esempio, il calcolo eseguito per la prima categoria di peso):
— il numero complessivo dei pesi costituenti la categoria di peso da 6,5 kg a 8,1 kg è pari a 5;
— la durata netta totale dei compiti di sollevamento è pari a 10 minuti;
— la frequenza della prima categoria di peso è, dunque, pari a: 5/10 = 0,5 sollevamenti/minuto.
Dall'analisi della distribuzione dei carichi, sempre con riferimento alla prima categoria di peso, si vede come, nel complesso (origine e destinazione), siano stati utilizzati 10 ripiani, con la seguente descrizione:

Aree verticali non ideali

Aree verticali non ideali (0-50 cm e 126-175 cm):
— 6 geometrie verticali (60% del totale delle geometrie verticali);
— 2 geometrie orizzontali di cui:
o 1 a 25-40 cm all'origine (50% del 60% del totale delle geometrie verticali, ovvero 30%);
o 1 a 41-50 cm alla destinazione (50% del 60% del totale delle geometrie verticali, ovvero 30%).

Area verticale ideale

Area verticale ideale (51-125cm):
— 4 geometrie verticali (40% del totale delle geometrie verticali);
— 2 geometrie orizzontali di cui:
o 1 a 25-40 cm all'origine (50% del 40% del totale delle geometrie verticali, ovvero 20%);
o 1 a 41-50 cm alla destinazione (50% del 40% del totale delle geometrie verticali, ovvero 20%).
La frequenza di sollevamento della prima categoria di peso (0,5 sollevamenti/minuto) viene quindi ricalcolata per ciascun sotto compito (Tabella F):
Si può infine calcolare il valore dell'indice di sollevamento relativo a ciascun sottocompito.
Per brevità, il calcolo verrà svolto per la sola geometria relativa all'area verticale ideale (V = 51-125 cm) ed all'area orizzontale ideale (H = 25-40 cm), per la prima categoria di peso, con riferimento alla popolazione maschile:
- LC = 25 kg (massa di riferimento per la popolazione maschile adulta);
- VM = 1 (nell'area verticale ideale, l'altezza di riferimento è V = 75 cm);
- HM = 0,71 (nell'area orizzontale ideale, la distanza orizzontale di riferimento è H = 35 cm);
- AM = 1 (angolo di asimmetria A ≤ 45°);
- CM = 0,90 (valore di default);

Tabella E

ALTEZZA ALLA DESTINAZIONE	CATEGORIE DI PESO (Kg)									
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a
cm	6,5	8,1	8,1	9,7	9,7	11,3	11,3	12,9	12,9	14,5
>175										
171-175										
161-170										
151-160	X		X				X		X	
141-150										
131-140										
126-130										
111-125	X		X		X				X	
101-110										
91-100										
81-90										
71-80	X		X				X		X	
61-70										
51-60										
41-50										
31-40	X		X						X	
21-30										
11-20										
up to10	X		X		X		X			

AREE ORIZZONTALI (cm)

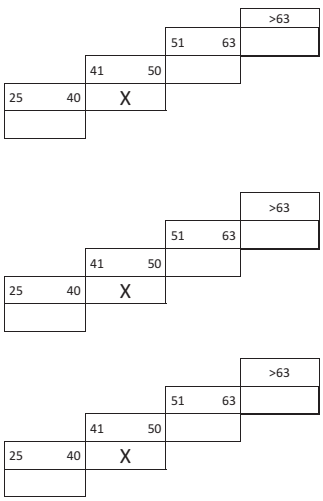


Tabella F

Aree verticali	Aree orizzontali	% oggetti	Frequenza
0-50 cm 126-175 cm	25-40 cm	30%	0,15
	41-50 cm	30%	0,15
51-125 cm	25-40 cm	20%	0,1
	41-50 cm	20%	0,1

- FM = 1 (riferito alla frequenza di 0,1 sollevamenti al minuto calcolata per questa specifica geometria).
Con questi valori si ottiene:

RWL = 15,97;
LI = 0,42.

I medesimi ragionamenti possono essere eseguiti per calcolare i corrispondenti indici di sollevamento per TUTTI gli altri 19 sottocompiti.
La Tabella G fornisce un riassunto statistico del compito di sollevamento, dal quale si può apprezzare come la prima e la seconda categoria di peso non impattino in modo rilevante sul valore finale dell'indice di sollevamento (per quanto nella seconda categoria occorrerebbe intervenire riducendo la distanza orizzontale nel sollevamento dei carichi dalle aree non ideali in fase di deposizione del carico in destinazione), nonostante costituiscano insieme il 55% del numero dei carichi sollevati (per quanto la somma dei pesi appartenenti alle due categorie sia solo il 44% del totale).
La terza categoria di peso, invece, mostra un indice di sollevamento superiore ad 1 a carico della popolazione femminile praticamente in qualunque geometria di sollevamento, anche nell'area verticale ideale. Nella popolazione maschile, un principio di rischio comincia a manifestarsi in un'unica geometria di sollevamento.
A partire dalla quarta quinta categoria di peso, il rischio per la popolazione maschile diventa più pronunciato e nella quinta è esteso a 3 geometrie di sollevamento su 4:
I valori finali dell'indice variabile di sollevamento (VLI) sono in Tabella H (i calcoli vengono omessi per brevità, ma seguono i medesimi ragionamenti eseguiti nell'esempio 2):
L'indice di sollevamento per il compito relativo allo scarico delle scatole dalla gabbia di trasporto è, dunque, superiore alla soglia di accettabilità.

Tabella G

CATEGORIE DI PESO (KG)	PESO RAPPRESENTATIVO DELLA CATEGORIA	TOT.N.OGGETTI PER CATEGORIA DI PESO	VERTICAL AREAS cm	HORIZONTAL AREAS cm	% OGGETTI PER CIASCUNA GEOMETRIA	FREQUENZA PER CIASCUN SUBTASK	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK maschi	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK femmine
from	6,7	5	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	**30,0%**	**0,150**	0,54	0,67
6,5			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**30,0%**	**0,150**	0,68	0,85
to	TOT. FREQUENCY	0,500	6	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
8,1			51-125(75)	25-40 (35)	**20,0%**	**0,100**	0,42	0,52
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**20,0%**	**0,100**	0,53	0,66
			4	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
from	9,0	6	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	**30,0%**	**0,180**	0,72	0,90
8,1			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**30,0%**	**0,180**	0,92	**1,14**
to	TOT. FREQUENCY	0,600	6	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
9,7			51-125(75)	25-40 (35)	**20,0%**	**0,120**	0,56	0,70
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**20,0%**	**0,120**	0,71	0,89
			4	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
from	10,5	2	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	**25,0%**	**0,050**	0,84	**1,05**
9,7			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**25,0%**	**0,050**	**1,07**	**1,34**
to	TOT. FREQUENCY	0,200	2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
11,3			51-125(75)	25-40 (35)	**25,0%**	**0,050**	0,66	0,82
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**25,0%**	**0,050**	0,83	**1,04**
			2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
from	11,8	3	0-50 o 126-175(0)	25-40 (35)	**33,3%**	**0,100**	0,95	**1,18**
11,3			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**33,3%**	**0,100**	**1,20**	**1,50**
to	TOT. FREQUENCY	0,300	4	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
12,9			51-125(75)	25-40 (35)	**16,7%**	**0,050**	0,74	0,92
			no.shelfs	41-50 (45)	**16,7%**	**0,050**	0,94	**1,17**
			2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
from	14,0	4	0-50 o 126-175(0)	25-40 (35)	**25,0%**	**0,100**	**1,12**	**1,40**
12,9			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**25,0%**	**0,100**	**1,42**	**1,78**
to	TOT. FREQUENCY	0,400	4	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00
14,5			51-125(75)	25-40 (35)	**25,0%**	**0,100**	0,88	**1,10**
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**25,0%**	**0,100**	**1,11**	**1,39**
			4	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00	0,00

Tabella H

Maschi (18-45 anni)	**1,51**
Femmine (18-45 anni)	**1,89**
Maschi (<18 o >45 anni)	**1,89**
Femmine (<18 o >45 anni)	**2,52**

Esempio applicativo 5

L'analisi del rischio si svolge all'interno del magazzino nel quale sono stoccati i pezzi di ricambio di una casa automobilistica. Il magazzino è suddiviso in corsie con scaffalature industriali fino all'altezza di 7 m, ciascuna corsia dedicata a specifici pezzi di ricambio (area vetri, area freni, area batterie, ecc.).
L'analisi riguarda la valutazione dei sollevamenti eseguiti nell'esecuzione del compito più gravoso, nella giornata di massimo carico lavorativo dell'anno. I dati di partenza (numero di pezzi, tempistiche di sollevamento, peso dei carichi sollevati, ecc.) sono stati ricavati dai dati di produzione forniti dall'Organizzazione.
In particolare, il compito analizzato prevede la movimentazione dei carichi disposti sulle corsie dedicate a:
— carrozzeria (cerchi, porte, cofani ...);
— articoli ad alta movimentazione destinati alla manutenzione ordinaria degli autoveicoli (filtri, spazzole tergi …);
— altri articoli ad alta movimentazione destinati alla manutenzione ordinaria degli autoveicoli (dischi e pasticche freno, fari, filtri ...);
— articoli a media movimentazione (pannelli, passaruota, rivestimenti, tappetini ...);
— ricambi pesanti.
Gli articoli vengono prelevati dalle scaffalature e disposti su ceste di metallo trasportate da un carello commissionatore a batteria. Non sono presenti, perciò attività di spinta o traino.
La giornata lavorativa dell'operatore è ricostruita in Tabella L:
In questo caso, come si può vedere, abbiamo differenti durate del singolo compito di sollevamento, seguite da differenti durate di "compiti leggeri". Al fine di definire il fattore di durata, verrà considerata la condizione più sfavorevole.
Poiché nell'orario compreso tra le 12:00 e le 12:46, si svolge un compito di sollevamento della durata di 60 minuti, seguito da un tempo di "Lavori leggeri" di soli 15 minuti (inferiore perciò al 100% della durata del compito di sollevamento precedente), la durata non può essere considerata breve.
Inoltre, poiché, la suddetta durata dei compiti leggeri è anche inferiore al 30% della durata del compito di sollevamento, la durata non può essere considerata media.
Il compito, di conseguenza, verrà valutato come di lunga durata ed essendo questa la condizione più sfavorevole che può presentarsi nell'arco della giornata, verrà utilizzata come riferimento.
Si riportano in Tabella M i valori dei carichi sollevati di peso superiore a 3 kg, suddivisi in fasce di peso da 1 kg ciascuna e relativi a tutte e 20 le scatole sollevate:
Per cui:
— durata dei compiti di sollevamento: lunga;
— durata del turno (min): 480;
— durata mensa (fuori dall'orario di lavoro): 45;
— durata del sollevamento manuale (min): 339;
— numero totale di oggetti di peso > 3 kg: 337;
— frequenza di sollevamento: 0,99.
È opportuno precisare che una procedura aziendale prevede che tutti i carichi di peso superiore a 20 kg vengano sollevati in due persone.
Le 22 fasce di peso vengono quindi raggruppate in 5 categorie, dopo aver determinato il delta costituente ogni singola categoria utilizzando la seguente relazione:

$$(P_{max} - P_{min})/5$$

dove:
— P_{max} è il valore del peso più elevato tra i carichi;
— P_{min} è il valore del peso più leggero tra i carichi.

Tabella L

	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti	**Sollevamento**	compiti senza sollevamenti
Minuti	15	**60**	15	**31**	11	**39**	52	**95**	13	**41**	35	**43**	14	**10**	16	**20**	15
Ora inizio turno	**10:45**																
Ore nel turno	11:00	12:00	12:15	12:46	12:57	13:36	14:28	16:03	16:16	16:57	17:32	18:15	18:29	18:39	18:55	19:15	19:30

Tabella M

	peso del carico (kg)	**N. di oggetti sollevati nel turno**	**N. di sollevamenti per ciascun oggetto**	**N. di oggetti realmente sollevati**	**calcolo della Massa Cumulata (ISO 11228-1) (kg)**
da 3 a 3,99	3,5	**52**	**1**	**52,0**	182
da 4 a 4,99	4,5	**48**	**1**	**48,0**	216
da 5 a 5,99	5,5	**29**	**1**	**29,0**	159,5
da 6 a 6,99	6,5	**28**	**1**	**28,0**	182
da 7 a 7,99	7,5	**11**	**1**	**11,0**	82,5
da 8 a 8,99	8,5	**68**	**1**	**68,0**	578
da 9 a 9,99	9,5	**16**	**1**	**16,0**	152
da 10 a 10,99	10,5	**10**	**1**	**10,0**	105
da 11 a 11,99	11,5	**16**	**1**	**16,0**	184
da 12 a 12,99	12,5	**3**	**1**	**3,0**	37,5
da 13 a 13,99	13,5	**10**	**1**	**10,0**	135
da 14 a 14,99	14,5	**11**	**1**	**11,0**	159,5
da 15 a 15,99	15,5	**6**	**1**	**6,0**	93
da 16 a 16,99	16,5	**10**	**1**	**10,0**	165
da 17 a 17,99	17,5	**1**	**1**	**1,0**	17,5
da 18 a 18,99	18,5	**5**	**1**	**5,0**	92,5
da 19 a 19,99	19,5	**2**	**1**	**2,0**	39
da 20 a 20,99	20,5	**7**	**1**	**7,0**	143,5

da 21 a 21,99	21,5	**-**	**-**	**-**	-
da 22 a 22,99	22,5	**-**	**-**	**-**	-
da 23 a 23,99	23,5	**-**	**-**	**-**	-
da 24 a 24,99	24,5	**1**	**1**	**1,0**	24,5
da 24,5 a 25,49	25	**-**	**-**	**-**	-
from 25 to 25,99	**25,5**	**1**	**1**	**1,0**	25,5
from 36 to 36,99	**36,5**	**1**	**1**	**1,0**	36,5
from 43 to 43,99	**43,5**	**1**	**1**	**1,0**	43,5
	Total			337,0	**2853,5**

Nel caso specifico:

(43,5 - 3,5)/5 = 8 kg

per cui le 5 categorie di peso sono quelle riportate nella Tabella N, nella quale è stato calcolato per ciascuna anche il valore del peso medio:
Come si vede, la categoria di peso C4, compresa tra 27,5 e 35,5 kg risulta essere vuota e pertanto gli oggetti sollevati sono distribuiti, in realtà in sole 4 categorie.
Inoltre, considerando che una procedura aziendale prevede che tutti i carichi di peso superiore a 20 kg vengano sollevati in due persone, il peso medio sollevato dal singolo lavoratore per la categoria C3 è pari a 10,6 kg e per la categoria C5 è pari a 20 kg.
La distribuzione geometrica all'origine del sollevamento vede, per ciascuna categoria di peso, impiegate le altezze in Tabella O:
In fase di deposito, la geometria è quella indicata in Tabella P:
Vengono riportati in Tabella Q valori finali per ciascun sottocompito, determinati utilizzando i medesimi ragionamenti visti nell'esempio precedente:
Con riferimento alla sola popolazione maschile adulta e anziana, i valori dell'indice di sollevamento variabile sono i seguenti:
— maschi (18-45 anni): 2,21;
— maschi (<18 o >45 anni): 2,76.

Tabella N

	Categorie		**N. oggetti**	**pesi medi per categoria (kg)**	**% oggetti sollevati per categoria**	**MASSA CUMULATA TRASPORTATA NEL TURNO**
	Da	**a**				
C1	3,5	11,5	262,0	6,3	77,7%	1650,6
C2	11,5	19,5	62,0	14,3	18,4%	886,6
C3	19,5	27,5	11,0	21,1	3,3%	232,1
C4	27,5	35,5	-	-	-	-
C5	35,5	43,5	2,0	40	0,6%	80,0
						2849,3

Tabella O

ALTEZZA ALL'ORIGINE	CATEGORIE DI PESO (Kg)									
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a
cm	3,5	11,5	11,5	19,5	19,5	27,5	27,5	35,5	35,5	43,5
>175										
171-175										
161-170										
151-160										
141-150										
131-140										
126-130	X									
111-125										
101-110										
91-100										
81-90	X		X		X				X	
71-80										
61-70										
51-60										
41-50	X		X		X				X	
31-40										
21-30										
11-20										
up to10										

AREE ORIZZONTALI (cm)

				>63
			51 63	
		41 50		
25 40				
X				
				>63
			51 63	
		41 50		
25 40		X		
X				
				>63
			51 63	
		41 50		
25 40				
X				

Tabella P

ALTEZZA ALLA DESTINAZIONE	CATEGORIE DI PESO (Kg)									
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a
cm	3,5	11,5	11,5	19,5	19,5	27,5	27,5	35,5	35,5	43,5
>175										
171-175										
161-170										
151-160										
141-150										
131-140	X		X							
126-130										
111-125										
101-110										
91-100										
81-90	X		X		X				X	
71-80										
61-70										
51-60										
41-50	X		X		X				X	
31-40										
21-30										
11-20										
up to 10										

AREE ORIZZONTALI (cm)

				>63
			51 63	
		41 50		
25 40				
X				
				>63
			51 63	
		41 50		
25 40				
X				
				>63
			51 63	
		41 50		
25 40				
X				

Tabella Q

CATEGORIE DI PESO (KG)	PESO RAPPRESENTATIVO DELLA CATEGORIA	TOT.N.OGGETTI PER CATEGORIA DI PESO	VERTICAL AREAS cm	HORIZONTAL AREAS cm	% OGGETTI PER CIASCUNA GEOMETRIA	FREQUENZA PER CIASCUN SUBTASK	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK maschi
from 3,5 to 11,5	6,3	262	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	**66,7%**	**0,515**	0,63
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**0,0%**	**0,000**	0,00
	TOT. FREQUENCY	0,773	4	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
			51-125(75)	25-40 (35)	**22,2%**	**0,172**	0,46
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**11,1%**	**0,086**	0,50
			2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
from 11,5 to 19,5	14,3	62	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	**60,0%**	**0,110**	**1,35**
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**0,0%**	**0,000**	0,00
	TOT. FREQUENCY	0,183	3	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
			51-125(75)	25-40 (35)	**26,7%**	**0,049**	0,90
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**13,3%**	**0,024**	**1,13**
			2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
from 19,5 to 27,5	10,6	11	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	**50,0%**	**0,016**	1,00
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**0,0%**	**0,000**	0,00
	TOT. FREQUENCY	0,032	2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
			51-125(75)	25-40 (35)	**33,3%**	**0,011**	0,78
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**16,7%**	**0,005**	0,99
			2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
from 27,5 to 35,5	0,0	0	0-50 o 126-175(0)	25-40 (35)	**0,0%**	**0,000**	0,00
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**0,0%**	**0,000**	0,00
	TOT. FREQUENCY	0,000	0	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
			51-125(75)	25-40 (35)	**0,0%**	**0,000**	0,00
			no.shelfs	41-50 (45)	**0,0%**	**0,000**	0,00
			0	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
from 35,5 to 43,5	20,0	2	0-50 o 126-175(0)	25-40 (35)	**50,0%**	**0,003**	**1,89**
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**0,0%**	**0,000**	0,00
	TOT. FREQUENCY	0,006	2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00
			51-125(75)	25-40 (35)	**33,3%**	**0,002**	**1,47**
			no.shelfs(e)	41-50 (45)	**16,7%**	**0,001**	**1,87**
			2	51-63 (63)-	**0,0%**	**0,000**	0,00

Bibliografia

— P. Buckle & J. Devereux, *Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders*, in *European Agency for Safety and Health at Work*, EU-OSHA, Bilbao, 1999.

— Kyung S. Park & Don B. Chaffin (1974) "A Biomechanical Evaluation of Two Methods of Manual Load Lifting", A I I E Transactions, 6:2, 105-113, DOI: 10.1080/05695557408974941.

— T. Waters et al., "Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks" ,1993.

— T. Waters et al., "Efficacy of the Revised NIOSH Lifting Equation to Predict Risk of Low Back Pain Due to Manual Lifting" in *JOEM,* Volume 53, numero 9, settembre 2011.

— T. Waters et al., "Efficacy of the Revised NIOSH Lifting Equation to Predict Risk of Low-Back Pain Associated With Manual Lifting: A One-Year Prospective Study" in *Human Factor*, Volume 56, numero 1, febbraio 2014.

— T. Waters et al., "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, 1994.

— D. Colombini, E. Occhipinti, M. Placci, M. Cerbai, E. Alvarez, A. Hernandez, T. Waters, "Procedura per la raccolta l'organizzazione dei dati utile per l'analisi delle attività variabili di sollevamento carichi e per il calcolo del VLI (Variable Lifting Index)", su http://www.epmresearch.org/layout.php?id=839&id_m=839.

— "Piano Nazionale della Prevenzione 2014-2018: linee di indirizzo per l'applicazione del titolo VI del D. Lgs. 81/08 e per la valutazione e gestione del rischio connesso alla Movimentazione Manuale di Carichi (MMC)", in http://olympus.uniurb.it/index.php?option=com_content&view=article&id=16448:cip-mmc&catid=81&Itemid=142.