

## Le scale portatili

Requisiti e caratteristiche proprie da determinare mediante prove sperimentali



## **Le scale portatili**

Requisiti e caratteristiche proprie  
da determinare mediante prove sperimentali

Pubblicazione realizzata da

**INAIL**

Dipartimento innovazioni tecnologiche  
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

**RESPONSABILE SCIENTIFICO**

Luigi Cortis

**AUTORI**

Luigi Cortis  
Francesca Maria Fabiani  
Luca Rossi  
Davide Geoffrey Svampa

**COLLABORAZIONI**

Carlo Ratti  
Calogero Vitale

**OPERATORI TECNICI**

Ivano Bevilacqua  
Roberto Scaccia

**contatti**

**INAIL-DIT**

Dipartimento innovazioni tecnologiche  
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici  
Via di Fontana Candida, 1  
00040 Monte Porzio Catone (Roma)  
dit@inail.it  
**www.inail.it**

© 2015 INAIL

La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-448-7

Tipolitografia INAIL - Milano, maggio 2015

# Indice

Introduzione	5
Premessa	7
<b>1. Generalità</b>	9
<b>1.1 Tipologia di scale portatili in esame</b>	9
<b>1.2 Definizioni</b>	9
<b>1.3 Caratteristiche geometriche e funzionali</b>	9
<b>1.4 Riferimenti</b>	9
<b>2. Stabilità</b>	13
<b>2.1 Attrito</b>	13
<b>2.2 Scala in appoggio</b>	16
2.2.1 Stabilità allo slittamento alla base	16
2.2.1.1 Stabilità di un corpo appoggiato	17
2.2.1.2 Grafica dell'equilibrio allo slittamento alla base	19
2.2.1.3 Considerazione analitiche sulla stabilità allo slittamento alla base	24
2.2.2 Stabilità allo slittamento laterale in sommità	30
2.2.3 Stabilità alla rotazione intorno ad un montante	36
2.2.4 Stabilità al rovesciamento all'indietro	42
<b>2.3 Scala doppia</b>	43
2.3.1 Stabilità laterale al ribaltamento	43
<b>3. Durabilità</b>	47
<b>4. Prove di stabilità</b>	49
<b>4.1 Prove di stabilità allo slittamento alla base di una scala in appoggio</b>	49
4.1.1 Prove di prima indagine per stabilire idonei fattori di riferimento e condizioni di prova	50
4.2.2 Prove di seconda indagine	64
4.2.3 Scelta della superficie di prova	74
4.2.4 Prove condotte in accordo alla procedura del paragrafo 4.2.2	77
<b>4.3 Prove con altre tipologie di instabilità</b>	81
<b>5. Prove di durabilità</b>	83
<b>5.1 Generalità</b>	83
<b>5.2 Requisiti e procedura di prova di durabilità della scala doppia</b>	83
<b>5.3 Risultati di prova di durabilità</b>	85
5.3.1 Scala doppia	85
5.3.1.1 Conclusioni sulla scala doppia	90
5.3.2 Requisiti e procedura di prova di durabilità della scala in appoggio	90
5.3.2.1 Conclusioni sulla scala in appoggio	92
<b>6. Risultati raggiunti e trasferibilità</b>	93
<b>6.1 Risultati raggiunti</b>	93
<b>6.2 Trasferibilità</b>	94
<b>Allegato 1 - Risultati di prima indagine delle prove di scivolamento alla base</b>	95
<b>Allegato 2 - Risultati di seconda indagine delle prove di scivolamento alla base</b>	122
<b>Allegato 3 - Ladders: Standing ladder durability test technical specification</b>	143
<b>Allegato 4 - Risultati delle prove di durabilità</b>	154



## Introduzione

Le scale portatili sono attrezzature largamente diffuse e usate in ambiente di lavoro e in ambiente di vita. Vengono impiegate da milioni di persone e comportano rischi elevati di incidenti, come riportato da numerosi Osservatori.

Le tipologie di incidenti riguardano principalmente la stabilità nell'uso e la resistenza strutturale nei riguardi del comportamento alle sollecitazioni cicliche.

Tali caratteristiche non sono verificate con idonee prove dalla normativa di prodotto europea vigente, in quanto parzialmente e indirettamente valutate con considerazioni geometriche per quanto concerne la stabilità, e con prove di carattere esclusivamente statico per la resistenza strutturale.

L'attuale norma di prodotto EN 131, parte seconda, del giugno 2010, elaborata in 12 anni circa, non ha condotto alla introduzione di prove specifiche per la valutazione di tali caratteristiche, sebbene da parte di alcuni stati membri ne sia stata sentita l'esigenza, anche attraverso la presentazione di esperienze sperimentali nazionali (Italia, Regno Unito, Olanda, Belgio). Il mancato accordo tecnico è dovuto, oltre che alle resistenze di carattere commerciale, anche alla mancata introduzione di idonei requisiti condivisi tra le parti e da tipologie di prove spesso non confrontabili fra loro.

Il Comitato Tecnico TC 93, tenutosi a Berlino il 23 e 24 aprile 2009, ha impostato nuove strategie condivise per la revisione della norma che tengono conto della stabilità e della durabilità della scala e ha costituito un nuovo gruppo di lavoro, il WG 10. Il compito è di stabilire un programma di lavoro per esaminare i requisiti di stabilità e di durabilità nonché una possibile classificazione delle scale portatili che tenga conto di quest'ultimo requisito. Il WG 10 ha istituito due gruppi di lavoro *ad hoc*, composti ognuno da cinque esperti, per procedere con ulteriori approfondimenti riguardo la stabilità e le prestazioni in relazione alla durabilità valutata con test ciclici.

Al fine di ridurre al minimo il rischio di incidente, in virtù della evoluzione dei requisiti prestazionali del prodotto, in relazione al progresso tecnologico e al livello di sicurezza che i consumatori possono ragionevolmente aspettarsi, è fondamentale che le scale portatili vengano fabbricate con un livello intrinseco di sicurezza maggiore.

L'individuazione delle misure progettuali e di sperimentazione per ridurre al minimo i rischi connessi con le attività effettuate con le scale portatili coinvolge quindi direttamente l'attività di ricerca sulle caratteristiche di resistenza e di stabilità delle stesse.



## Premessa

Lo studio si inserisce nell'ambito dell'attività di ricerca L18 "L'innovazione di prodotto nelle scale portatili. Requisiti e caratteristiche proprie da determinare mediante prove sperimentali" (Responsabile Luigi Cortis), che fa parte del programma di ricerca P03 "La sicurezza nel settore delle costruzioni" (Responsabile Luigi Cortis).

La linea di ricerca L18 si propone di studiare il comportamento delle scale portatili più comuni presenti sul mercato nei riguardi della stabilità e della resistenza a fatica mediante strumenti a carattere sperimentale.

A tal fine si è provveduto a progettare e a far costruire attrezzature di prova idonee a realizzare le misurazioni dei parametri necessari per definire correttamente i requisiti di stabilità e di resistenza alle sollecitazioni di fatica, tenendo presente che le prove devono essere approntate e condotte con metodologie e procedure in grado di garantire la ripetibilità e la riproducibilità.

La redazione di specifiche e procedure di prova costituisce un obiettivo, assieme alla partecipazione attiva alla formulazione delle norme europee di prodotto.

Ulteriore obiettivo, ma non meno importante, è la divulgazione dei risultati presso le associazioni dei fabbricanti e l'informazione agli utenti professionali.

Le metodologie impiegate nella ricerca sono riferibili ad indagini, studi e prove di laboratorio effettuate nell'ambito del Laboratorio Cantieri temporanei o mobili.

Per raggiungere gli obiettivi indicati sono state seguite le seguenti fasi dell'attività di ricerca che hanno previsto:

### 1. Fase conoscitiva.

- Indagine bibliografica sulla letteratura nazionale e internazionale esistente sull'argomento.
- Valutazione sulle risultanze dei progetti preliminari di ricerca effettuati in merito dall'Istituto.

### 2. Fase realizzativa.

- Progettazione e realizzazione di attrezzature di prova idonee a realizzare le misurazioni dei parametri necessari a definire correttamente le caratteristiche di stabilità e resistenza alle sollecitazioni di fatica.
- Indagine di mercato e reperimento di modelli di scale portatili significativi per la sperimentazione.

### 3. Fase sperimentale.

- Sviluppo e messa a punto di un sistema di prove per lo studio delle caratteristiche di stabilità e resistenza alle sollecitazioni di fatica.
- Esecuzione delle indagini sperimentali.
- Elaborazione dei risultati sperimentali, validazione degli schemi e delle procedure di prova.
- Redazione di procedure per l'elaborazione dei dati sperimentali.

### 4. Fase di analisi e sviluppo.

- Analisi e studio dei risultati sperimentali in relazione ai comportamenti medio alti delle scale portatili, al fine definire correttamente i requisiti di stabilità e di resistenza alle sollecitazioni di fatica da verificare durante le prove di collaudo o di certificazione, tenendo presente il normale progresso tecnologico di fabbricazione ed il livello di sicurezza ragionevolmente atteso dai consumatori.
- Redazione di specifiche e procedure di prova che assicurino la ripetibilità e riproducibilità delle prove stesse.
- Partecipazione attiva alla formulazione delle norme europee di prodotto presso il CEN TC 93.

I risultati della ricerca verranno trasferiti attraverso:

- la stesura di documenti indirizzati alle PMI che consentano l'individuazione scale portatili idonee al tipo di attività, la valutazione dei rischi connessi e la predisposizione delle misure di prevenzione opportune per ridurre il rischio a livelli accettabili;



- le relazioni in convegni e seminari;
- l'effettuazioni di corsi di formazione indirizzati agli operatori coinvolti;
- la redazione di articoli da pubblicare sulle riviste dell'Istituto e su quelle specializzate rivolte alle PMI;
- input per la redazione della normativa UNI EN sulle scale portatili;
- divulgazione dei risultati presso le associazioni dei fabbricanti e informazione agli utenti professionali.

Va evidenziato inoltre che per lo svolgimento delle attività di ricerca, particolare importanza riveste anche il collegamento con il processo normativo in ambito nazionale (UNI), europeo (CEN), al quale il Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici, attraverso un numero adeguato di risorse umane, partecipa sia per ricevere gli "elementi di conformità" necessari ad orientare le scelte e le opzioni di settore nella ricerca, sia per riportarvi i risultati del complesso delle attività effettuate, monitorando così il progredire dello stato dell'arte e strutturare con compatibilità adeguate la definizione delle buone prassi o buone pratiche.

## 1. Generalità

### 1.1 Tipologia di scale portatili in esame

Le scale portatili presenti sul mercato sono molteplici e riconducibili principalmente a scale in appoggio e scale doppie.

I materiali di cui sono costituite principalmente sono le leghe di alluminio, l'acciaio, il legno e la vetroresina. Nell'attività di ricerca, dovendo contenere il numero di prove per il materiale, la scelta è caduta sull'alluminio e sull'acciaio, largamente impiegati nell'industria.

Per quanto concerne le altezze delle scale, esse sono state scelte tra quelle di uso più comune: 2 m circa per le scale doppie in posizione chiusa, 5 m circa per le scale in appoggio e 8 m circa per le scale trasformabili a sfilo.

La tipologia di scale da sottoporre a prova potrà essere:

- doppia a gradini con piattaforma;
- semplice in appoggio;
- a più tronchi trasformabile a sfilo.

### 1.2 Definizioni

Scala: dispositivo con gradini o pioli sui quali una persona può salire o scendere.

Scala portatile: scala che può essere trasportata e installata a mano.

Scala a pioli: scala portatile a pioli aventi una superficie di appoggio del piede la cui larghezza dal lato anteriore al lato posteriore è minore di 80 mm e comunque superiore o uguale a 20 mm.

Scala a gradini: scala portatile a gradini che sono in posizione orizzontale durante l'uso e la cui superficie di appoggio del piede ha una larghezza dal lato anteriore al lato posteriore uguale o maggiore di 80 mm.

### 1.3 Caratteristiche geometriche e funzionali

Le caratteristiche geometriche e funzionali delle scale portatili sono riportate nella norma UNI EN 131-1 e UNI EN 131-2.

### 1.4 Riferimenti

Nel presente documento valgono i seguenti riferimenti cartesiani.

*Scala in appoggio*

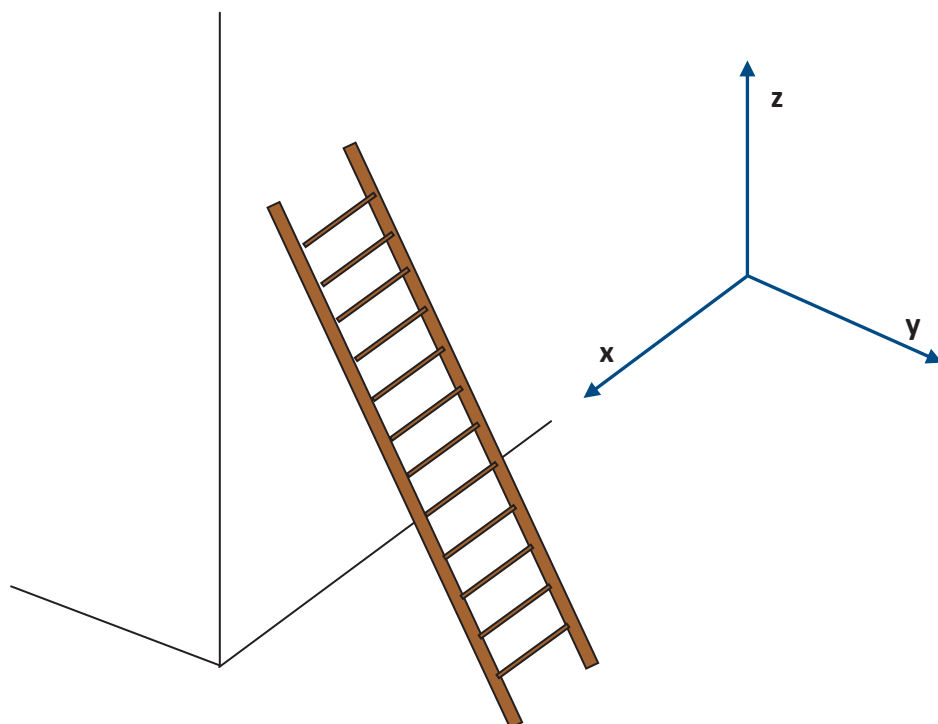


Figura 1.4-1 Sistema di riferimento cartesiano per scala in appoggio

Scala doppia

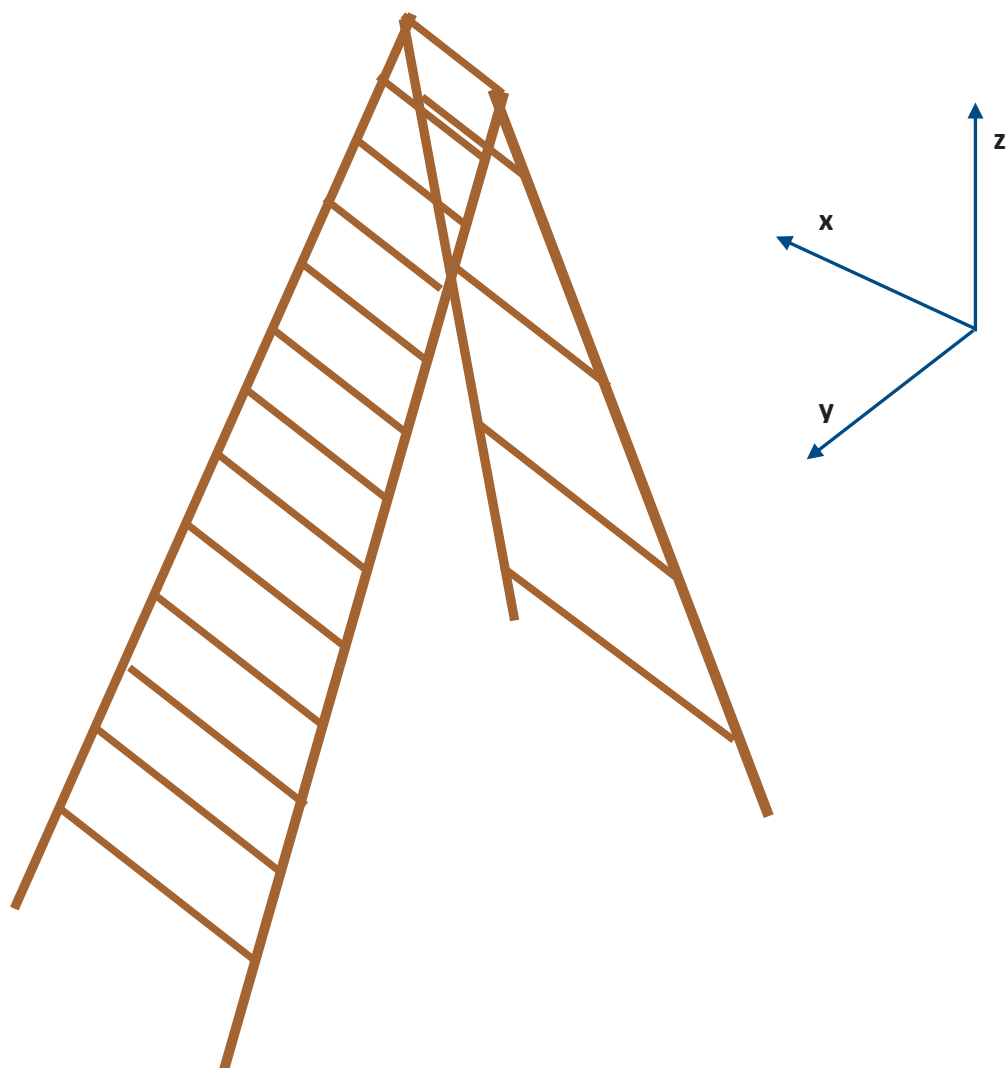


Figura 1.4-2 Sistema di riferimento cartesiano per scala doppia



## 2. Stabilità

Per stabilità di una scala si intende la capacità intrinseca della stessa ad opporsi alle azioni che determinano il suo allontanamento dalla corretta posizione di uso.

I fattori principali che contribuiscono alla stabilità di una scala sono due:

- l'attrito tra la base dei montanti e la superficie di appoggio,
- la sua geometria in relazione alle forze applicate.

### 2.1 Attrito

#### *Richiami sull'attrito tra due corpi*

Quando due corpi sono a contatto, a seguito di un tentativo di movimento reciproco, si manifesta fra loro una resistenza, chiamata forza di attrito, che si oppone al moto dell'uno sull'altro (figura 2.1-1)

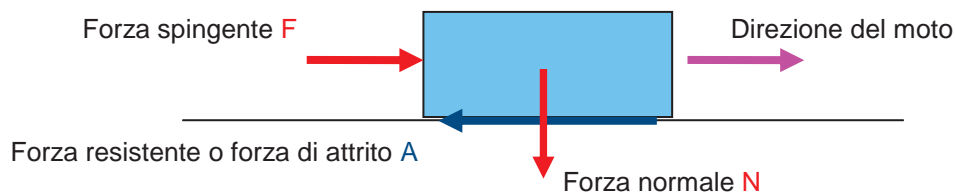


Figura 2.1-1 Schematizzazione della manifestazione della resistenza di attrito

La forza di attrito  $A$ , relativa al moto di due oggetti solidi, in prima approssimazione è proporzionale, tramite un coefficiente di proporzionalità chiamato coefficiente di attrito e indicato con  $\mu$ , alla forza normale  $N$  con cui vengono premuti l'uno contro l'altro il cui modulo viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$A = \mu N \quad (2.1-1)$$

Essa, a prima vista, è indipendente dalle dimensioni del corpo in esame, o più precisamente è indipendente dalla sua superficie apparente di contatto.

I fattori che causano l'attrito sono:

- la ruvidezza delle superfici a contatto;
- i fenomeni di adesione tra le molecole delle due superfici a contatto;
- i materiali di cui sono costituite le due superfici.

Inoltre, quando le superfici a contatto sono ricoperte da film di ossido, vapor d'acqua, gas adsorbiti o altre impurità, l'attrito è significativamente dipendente da questi.

Le forze di attrito possono essere considerate di tre tipi:

- attrito statico o radente che si manifesta all'inizio del movimento;
- attrito dinamico che si manifesta durante il moto di strisciamento;
- attrito volvente che si manifesta durante il moto di rotolamento.

Nei tre casi citati, per il calcolo della relativa forza di attrito si individuano tre relazioni specifiche:

- attrito statico

$$A = \mu_s N \quad (2.1-2)$$

con  $\mu_s$  = coefficiente di attrito statico;

- attrito dinamico

$$A_d = \mu_d N \quad (2.1-3)$$

con  $\mu_d$  = coefficiente di attrito dinamico;

- attrito volvente

$$A_v = \mu_v \frac{N}{r} \quad (2.1-4)$$

con  $\mu_v$  = coefficiente di attrito volvente  
 $r$  = raggio del corpo che rotola

Sperimentalmente si verifica che il coefficiente di attrito statico è maggiore del coefficiente di attrito dinamico che a sua volta è maggiore di quello volvente:

$$\mu_s > \mu_d > \mu_v \quad (2.1-5)$$

Nei casi in esame non viene preso in considerazione l'attrito volvente in quanto non presente nei fenomeni in studio.

Il grafico sottostante (figura 2.1.-2) mostra schematicamente il passaggio (diminuzione) tra la forza di attrito statico a quella dinamica (velocità costante).

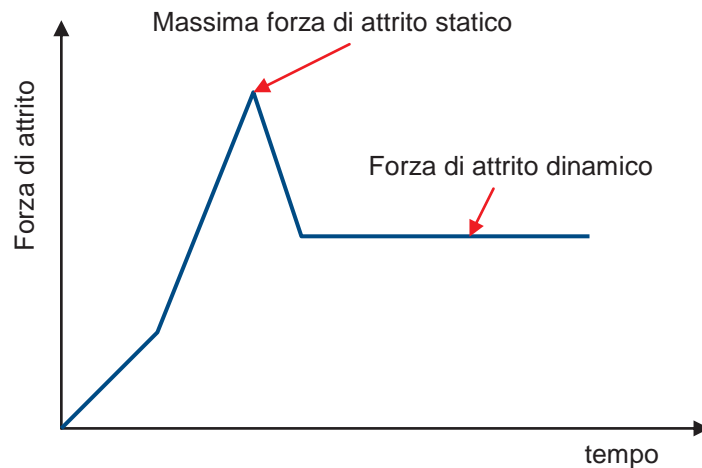


Figura 2.1-2 Forza di attrito statico e forza di attrito dinamico

#### Attrito statico o radente per materiali metallici

La teoria dell'attrito statico non è stata ancora definita in modo esauriente, è tuttavia possibile dare una spiegazione qualitativa del fenomeno.

Le superfici dei solidi, anche se opportunamente levigate, presentano a livello microscopico delle asperità più o meno accentuate e, quando due superfici sono a contatto, tali asperità tendono a incastrarsi fra loro, determinando così un ostacolo al moto relativo dei due corpi. La forza con cui i due corpi sono premuti l'un l'altro favorisce tale compenetrazione. Inoltre, essendo le zone di contatto molto piccole, la pressione specifica risulta molto alta, determinando deformazioni plastiche delle asperità, mentre il materiale sottostante si deforma elasticamente. La deformazione delle asperità fa sì che la superficie di contatto effettiva aumenti rimanendo comunque minore di quella apparente.

Alla situazione sopra esposta si aggiungono forze di adesione intermolecolari che intervengono quanto maggiore è il grado di finitura. L'adesione dipende dalle proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali a contatto.

Il fenomeno nel suo complesso porta alla formazione di microsaldature a freddo tra le superfici reali dei due corpi.

Il coefficiente di attrito è quindi strettamente legato al grado di finitura delle superfici e in generale, per quanto riguarda la rugosità superficiale, si può fare riferimento al grafico schematico a barchetta di figura 2.1-3. Dove la rugosità risulta bassa l'attrito è alto in quanto aumenta la superficie reale di contatto, aumentando così i fenomeni dovuti all'adesione; mentre laddove risulta alta l'attrito è ancora elevato in quanto è necessario superare le asperità. Nel tratto intermedio l'influenza della rugosità sull'attrito è bassa.

Si può pensare che la causa dell'attrito dipenda da due fattori: nel caso di superfici con finitura grossolana la forza resistente è dovuta principalmente alla compenetrazione delle asperità mentre con finitura più spinta entrano in gioco le forze di coesione intermolecolari.

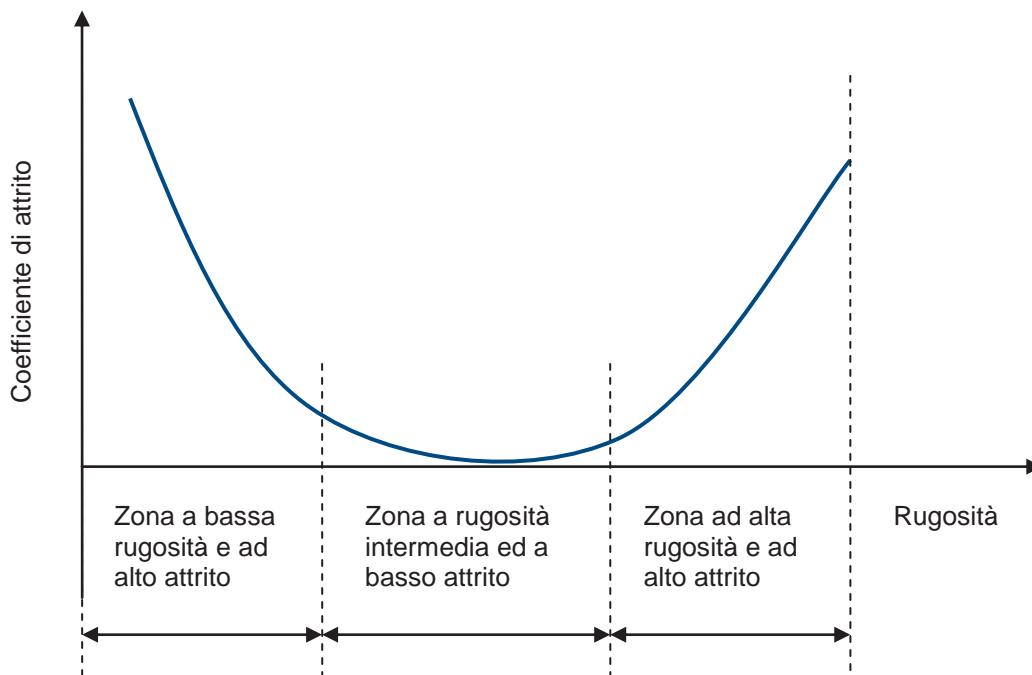


Figura 2.1-3 Variazione del coefficiente di attrito in funzione della rugosità

#### La formulazione dell'attrito per materiali metallici

Per ottenere lo scorrimento tra due superfici a contatto è necessario rompere i legami fra le giunzioni. La relativa forza minima per ottenere lo scorrimento è data dalla forza di taglio A:

$$A = \tau S_r \quad (2.1-6)$$

dove:  $\tau$  = resistenza specifica di rottura della giunzione allo sforzo di taglio;  
 $S_r$  = superficie reale di contatto.

Se il carico normale tra le due superfici è N e la tensione di snervamento sotto compressione del materiale meno duro è  $\sigma$ , allora l'area reale  $S_r$  di contatto si può supporre essere:

$$S_r = \frac{N}{\sigma} \quad (2.1-7)$$

che, sostituendo nella (2.1-6), fornisce:

$$A = \frac{\tau N}{\sigma} \quad (2.1-8)$$

Posto:

$$\mu_s = \frac{\tau}{\sigma} \quad (2.1-9)$$



si ottiene la formulazione (2.1-2), dove in  $\mu_s$  si riconosce il coefficiente di attrito, che esprime la relazione semplificata della teoria dell'attrito sopra esposta.

Dalla relazione (2.1-9) si evince che per ottenere alti coefficienti di attrito sono necessarie forti interfacce che richiedono quindi sforzi di taglio elevati e caratteristiche dei materiali basse.

Le caratteristiche di resistenza dei materiali sono generalmente direttamente proporzionali alla durezza degli stessi per cui, quando un materiale duro striscia su uno più tenero, tende a scavare su quest'ultimo dei solchi per cui l'attrito aumenta: normalmente la durezza è un fattore abbastanza trascurabile.

Quanto sopra è stato esposto per superfici di materiali metallici perfettamente puliti e non inquinati da ossidi o altri tipi di inclusioni.

Nel caso di superfici metalliche reali, separate nella zona di contatto da un film contaminante più debole del materiale base, esse presentano una tensione di rottura al taglio nella zona di interfaccia più bassa di quella della massa del materiale base. Pertanto, è ancora possibile utilizzare la relazione semplificata (2.1-9) tenendo conto della tensione critica di taglio più bassa.

#### *Attrito statico o radente per materiali polimerici*

Allo stato delle conoscenze attuali, nei materiali elastomerici, il legame tra il coefficiente di attrito e i parametri da cui esso dipende (pressione locale, rugosità delle superfici a contatto, temperatura, velocità di scorrimento ecc.), può essere individuato solo con indagini sperimentali in quanto non c'è una teoria che possa fornire una spiegazione del fenomeno in maniera quantitativa esaustiva.

In genere, nel caso in cui una o entrambe le superfici siano di materiale polimerico, non risulta applicabile la relazione 2.1-2, in quanto tale materiale si deforma in maniera viscoelastica. La deformazione dipende non solo dal carico normale  $N$  ma anche dalla geometria della superficie di contatto e dal tempo di permanenza del carico. Normalmente i materiali polimerici sono caratterizzati da un coefficiente di attrito che diminuisce col crescere del carico.

Per una trattazione più esaustiva si rimanda ai testi specialistici.

## **2.2 Scala in appoggio**

La scala in appoggio, a partire dalla corretta posizione d'uso, presenta quattro modi di instabilità:

1. Instabilità allo slittamento alla base;
2. Instabilità allo slittamento laterale in sommità;
3. Instabilità alla rotazione intorno ad un montante;
4. Instabilità al rovesciamento all'indietro.

### **2.2.1 Stabilità allo slittamento alla base**

Con stabilità di una scala allo slittamento alla base, si intende la capacità che ha una scala a opporsi alle azioni che determinano lo scivolamento della base dei montanti lungo la superficie di appoggio.

La figura 2.2-1 illustra schematicamente il modo in cui si esplica l'instabilità alla base di appoggio.

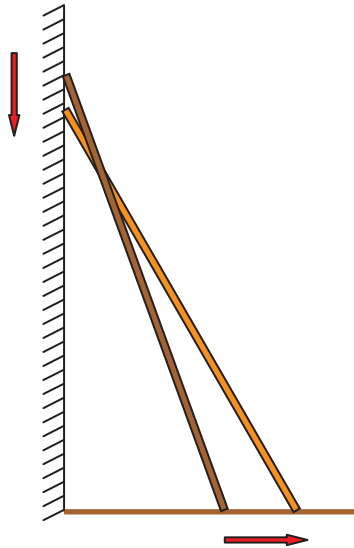


Figura 2.2.1-1 Instabilità allo slittamento alla base

Il mantenimento della scala in appoggio in posizione stabile è dovuto alla presenza dell'attrito sia sulla parete verticale sia sulla superficie orizzontale e alla consistenza delle azioni legate alla sua geometria e alla sua massa che ne determinano il movimento. Una maggiore efficacia al comportamento stabile si realizza con una migliore presa alla base.

### 2.2.1.1 Stabilità di un corpo appoggiato

#### *Corpo su un piano inclinato*

Un corpo di peso  $N$  in quiete, posto su un piano inclinato (figura 2.2.1.1-1), rimane tale se la forza di attrito  $A$  ha un modulo sufficiente a opporsi alla componente della forza peso parallela alla superficie inclinata.

Se si aumenta l'inclinazione del piano, ci sarà un angolo  $\alpha$  in corrispondenza del quale il corpo inizia a muoversi: quest'angolo è il massimo angolo di riposo per il corpo e il valore della tangente di quest'angolo ha lo stesso valore del coefficiente di attrito statico.

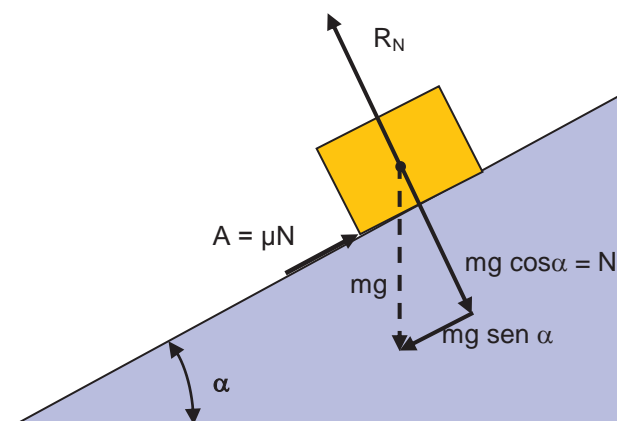


Figura 2.2.1.1-1 Condizioni di equilibrio su un piano inclinato

Le condizioni di equilibrio nella direzione del piano inclinato sono:

$$\mu N = mg \operatorname{sen} \alpha \quad (2.2.1.1-1)$$

Dalla relazione (1) si ricava  $\mu$ , dopo aver sostituito  $N = mg \operatorname{cos} \alpha$  e semplificato:

$$\mu = \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{cos} \alpha} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2.2.1.1-2)$$

*Corpo su un piano orizzontale*

Un corpo in quiete, posto su un piano orizzontale (figura 2.2.1.1-2), rimane tale fino a quando la forza spingente  $F$  non supera la forza di attrito  $A$  di primo distacco, data dalla relazione 2.1-2.

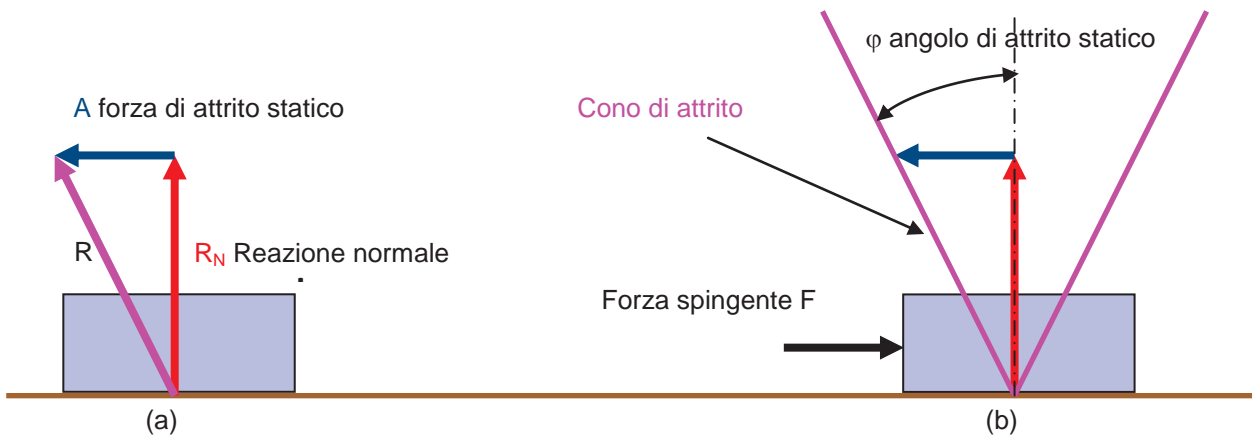


Figura 2.2.1.1-2 Triangolo delle forze e cono di attrito

La figura 2.2.1.1-2 (a) fornisce graficamente il vettore risultante  $R$  composto dal vettore reazione  $R_N = N$  con il vettore forza di attrito  $A$ . Tale somma vettoriale viene rappresentata nel piano da un triangolo (figura 2.2.1.1-2 (b)). Nello spazio, considerando il corpo in tre dimensioni, si ottiene un cono sulle cui falde giacciono i vettori delle reazioni. Esso viene chiamato cono d'attrito.

Il rapporto fra la forza di attrito  $A$  e la reazione normale  $R_N$  definisce il valore della tangente dell'angolo  $\varphi$ , che corrisponde al valore del coefficiente di attrito tra corpo e superficie di appoggio:

$$\mu = \frac{A}{R_N} = \operatorname{tg} \varphi \quad (2.2.1.1-3)$$

Fino a quando la forza spingente  $F$ , con la sua intensità, rimane all'interno del cono di attrito (figure 2.2.1.1-3), il corpo non si muove in quanto la forza di attrito  $A$  di primo distacco è maggiore. Solo quando il modulo della forza spingente  $F$  supera la falda del cono di attrito, il corpo inizia a muoversi.

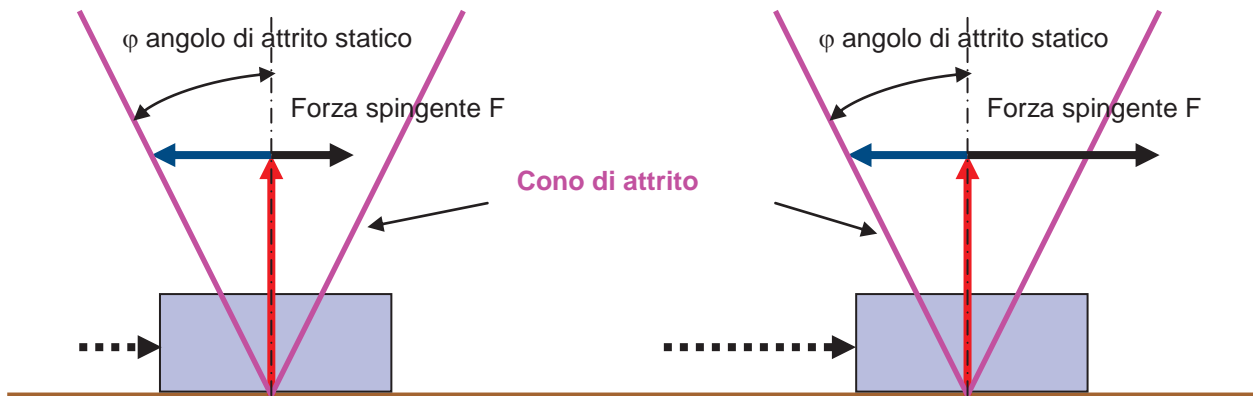


Figura 2.2.1.1-3 Forza spingente all'interno ed all'esterno del cono di attrito

### 2.2.1.2 Grafica dell'equilibrio allo slittamento alla base

A una scala in appoggio si possono applicare considerazioni di equilibrio grafico analoghe a quelle fatte in precedenza. Posta una scala in appoggio su una parete verticale e con un angolo  $\alpha$  di inclinazione rispetto alla superficie orizzontale, si consideri l'equilibrio allo slittamento alla base che presenta un coefficiente di attrito  $\mu_0$ . Per semplicità si trascuri l'attrito sulla parete verticale e il peso della scala (figura 2.2.1.2-1).

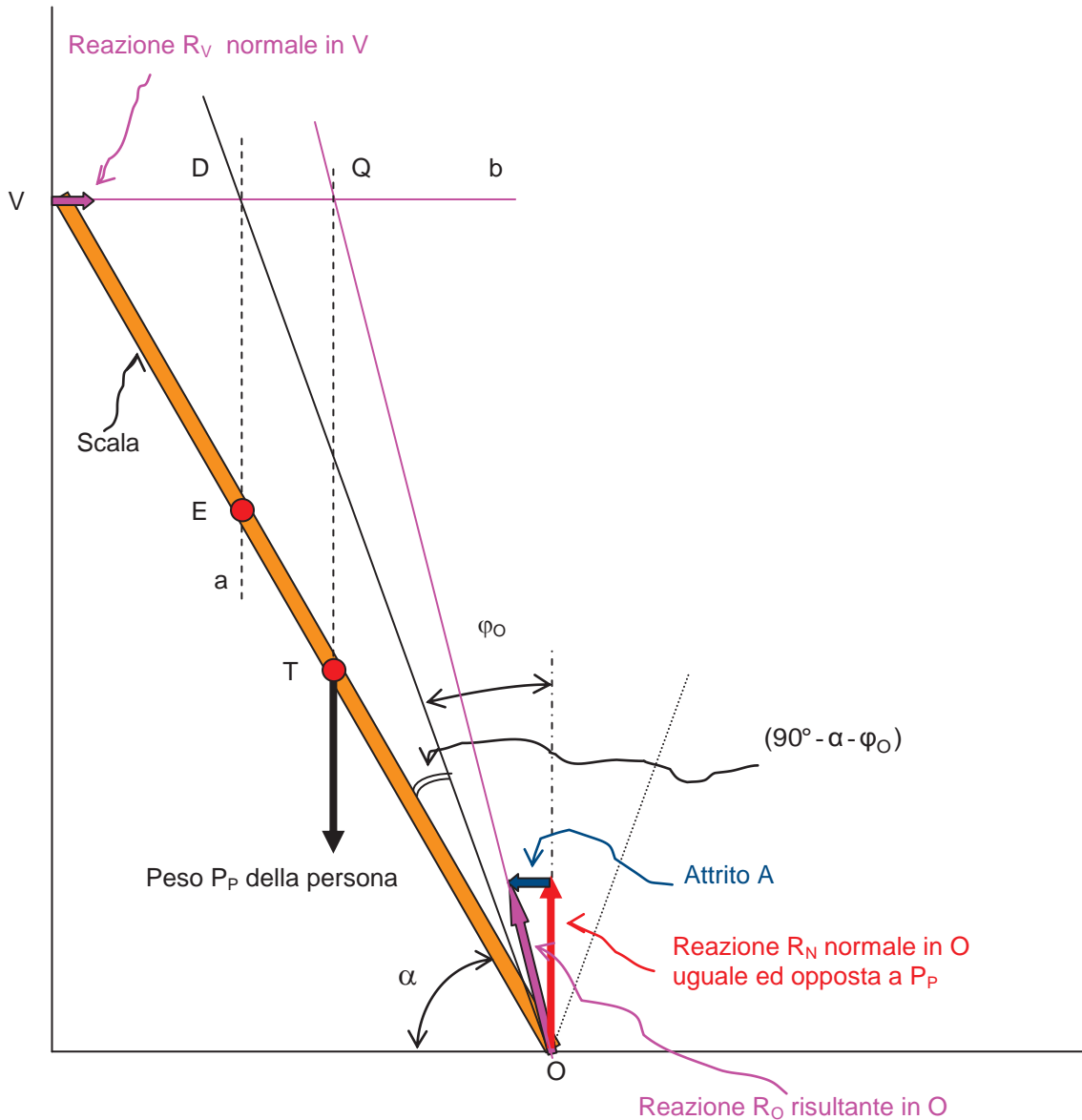


Figura 2.2.1.2-1 Cono di attrito alla base della scala

Il cono di attrito alla base ha un'apertura  $\varphi_0 = \arctg \mu_0$  mentre sulla parete, essendo  $\mu_V = 0$ , il cono di attrito si riduce alla linea "b". Pertanto, le falde dei due coni si intersecheranno nel punto D.

Per l'equilibrio della scala, le due reazioni ( $R_O$  e  $R_V$ ) devono comporsi nel punto d'incontro delle loro linee di azione Q per fornire una risultante uguale e opposta a  $P_P$ .

L'equilibrio sarà possibile fintanto che il punto T, che rappresenta la persona che sale su di una scala, si muoverà tra O ed E, in quanto ci sarà sempre una reazione (attrito A) che potrà contrastare la reazione  $R_V$ .

Il punto E, che si trova lungo la linea di azione "a" della risultante delle reazioni  $R_O$  e  $R_V$  che giacciono sulla falda dei due coni, è il punto limite oltre il quale (tratto tra T e V) la persona non potrà salire poiché la scala non sarà più in grado di fornire una sufficiente reazione dovuta all'attrito, atta a mantenere il suo equilibrio statico, per cui inizierà a slittare alla base.

Stesse considerazioni si possono fare considerando anche il peso della scala e la presenza di attrito sulla parete verticale (figura 2.2.1.2-2). Infatti, posto per semplicità lo stesso coefficiente di attrito  $\mu$  su entrambe le superfici, sulla parete verticale si avrà un cono di attrito con apertura  $\varphi$  la cui falda intersecherà quella del cono alla base nel punto C.

Il punto E è sempre il punto limite oltre il quale non si potrà salire, pena lo slittamento della scala.

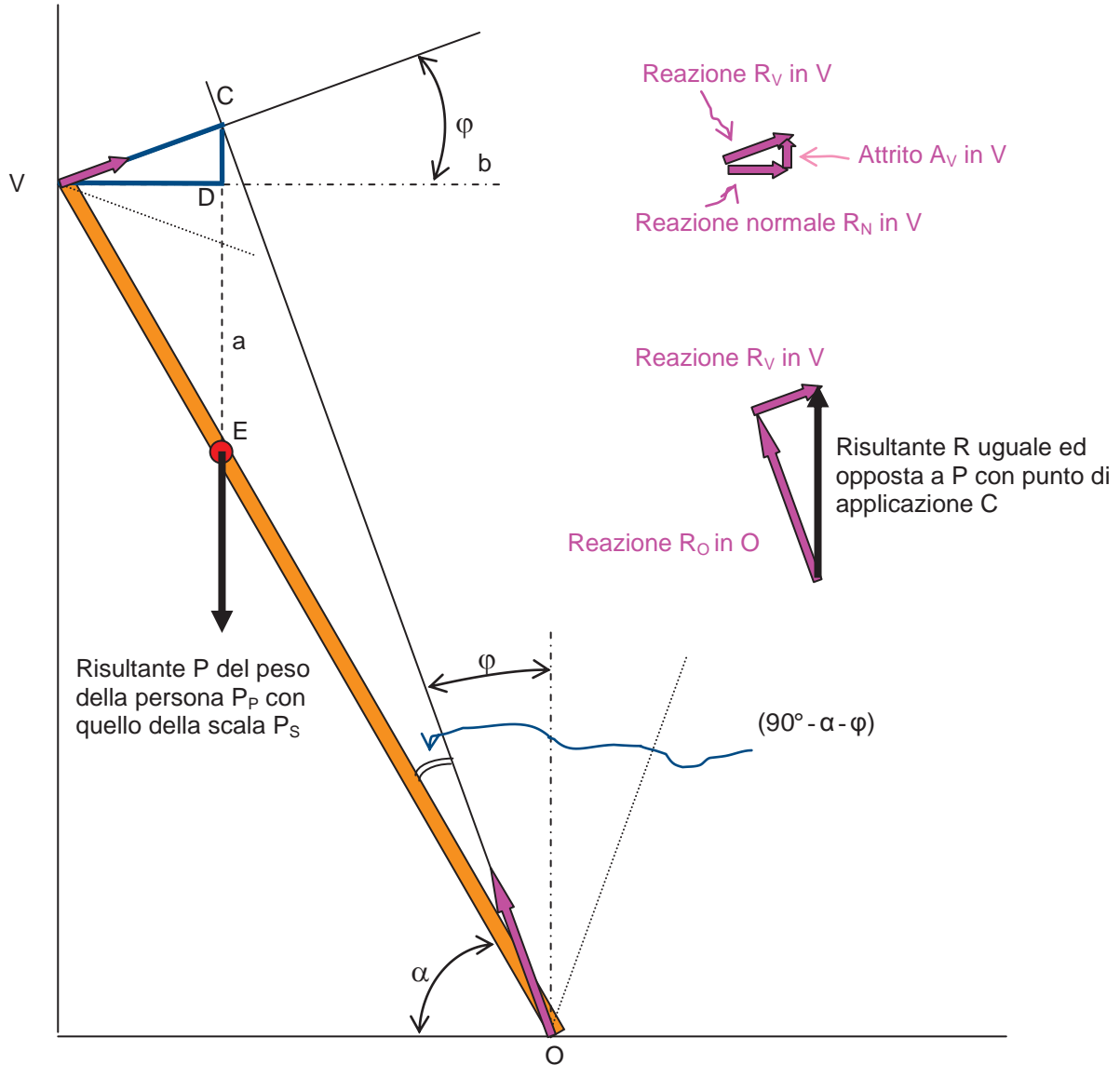


Figura 2.2.1.2-2 Cono di attrito alla base e alla sommità della scala

La figura 2.2.1.2-3 indica due zone: una a destra della linea verticale "a" in cui è possibile effettuare la salita sulla scala in condizioni di sicurezza allo slittamento; l'altra a sinistra della linea verticale "a", in cui la salita non può essere effettuata, causa lo slittamento della scala. Pertanto, la linea "a" rappresenta il confine tra la condizione di slittamento e non slittamento.

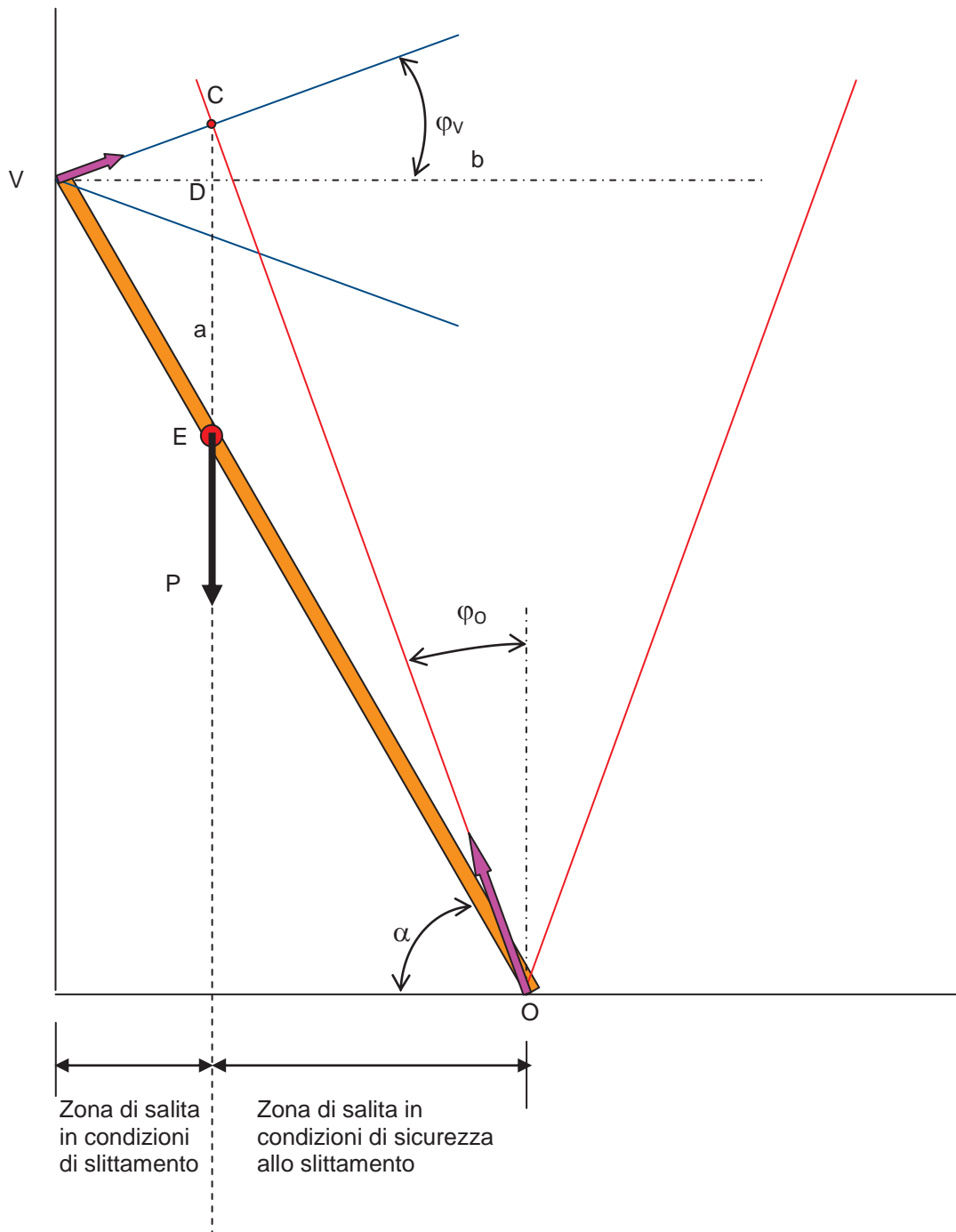


Figura 2.2.1.2-3 Zona di sicurezza e zona di slittamento

La figura 2.2.1.2-4 mostra graficamente che l'attrito sulla parete verticale contribuisce in misura minore all'equilibrio allo slittamento alla base della scala rispetto all'attrito presente sulla superficie orizzontale. Infatti, la retta verticale "a", relativa alla intersezione delle falde dei cono di attrito, è passata dal punto D (retta c) al punto C. Di conseguenza il punto limite M ( $\mu_V = 0$ ) si sposta di poco, per cui il punto limite E ( $\mu_V \neq 0$ ) è abbastanza prossimo a M.

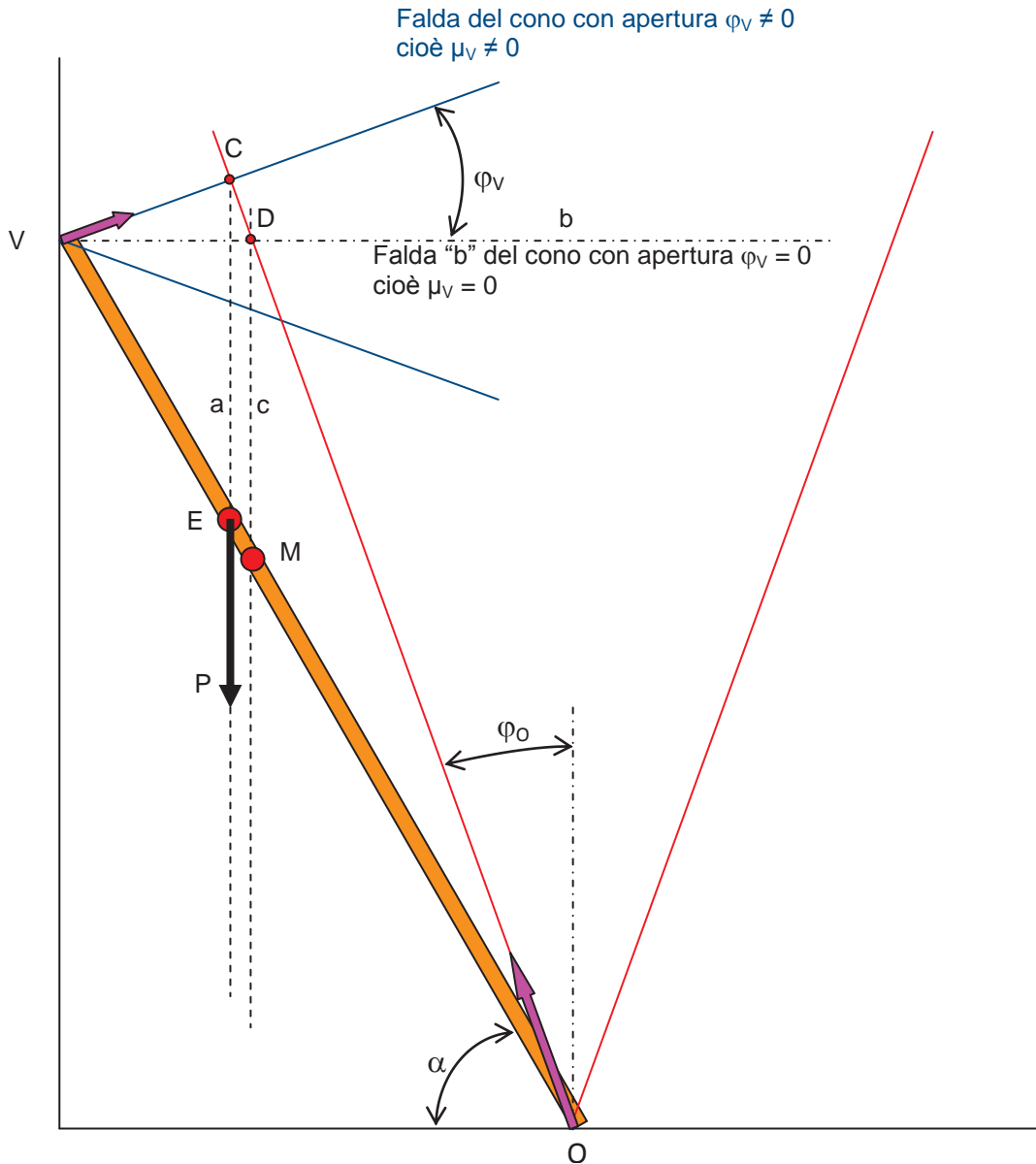


Figura 2.2.1.2-4 Confronto tra cono di attrito in sommità della scala con  $\mu_V = 0$  e  $\mu_V \neq 0$

Si è detto che una persona può salire su una scala, senza che questa scivoli alla base, fintanto che non supera il punto E. Se vuole salire fino in cima alla scala, il punto E deve portarsi nel punto V di appoggio della scala sulla parete verticale. Ciò vuol dire che la falda del cono di attrito alla base deve risultare parallela alla scala (figura 2.2.1.2-5). Si deduce pertanto che l'equilibrio della scala allo slittamento alla base è assicurato quando il coefficiente di attrito  $\mu_0$  determina un cono di attrito la cui falda ha un angolo di apertura  $\varphi \geq (90^\circ - \alpha)$ .

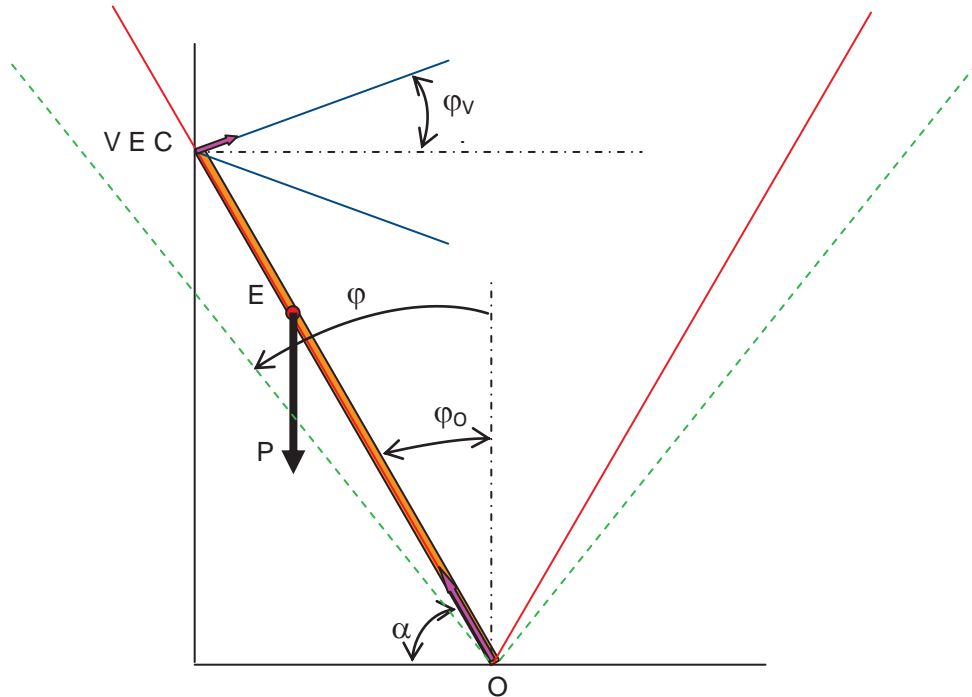


Figura 2.2.1.2-5 Cono di attrito con angolo della falda  $\varphi \geq (90^\circ - \alpha)$

Per puro esercizio (poiché in pratica l'utilizzo di una scala deve essere sempre garantito in condizioni di stabilità) si fornisce una formulazione che permette di calcolare fin dove un ipotetico utilizzatore può salire (IP) senza che la scala inizi a slittare. IP assume il valore  $l$  quando l'utilizzatore è in cima alla scala.

È sufficiente conoscere:

$l$  lunghezza della scala

$\alpha$  angolo di inclinazione della scala

$\varphi_0$  angolo di attrito alla base ( $\varphi_0 = \arctg \mu_0$ )

$\varphi_V$  angolo di attrito sulla parete verticale ( $\varphi_V = \arctg \mu_V$ )

Facendo riferimento alla figura 2.2.1.2-6, si ottiene:

$$l_p = l \frac{\sin(\alpha + \varphi_V)}{\sin(90^\circ - \varphi_V + \varphi_0)} \times \frac{\sin \varphi_0}{\sin(90^\circ + \alpha)}$$



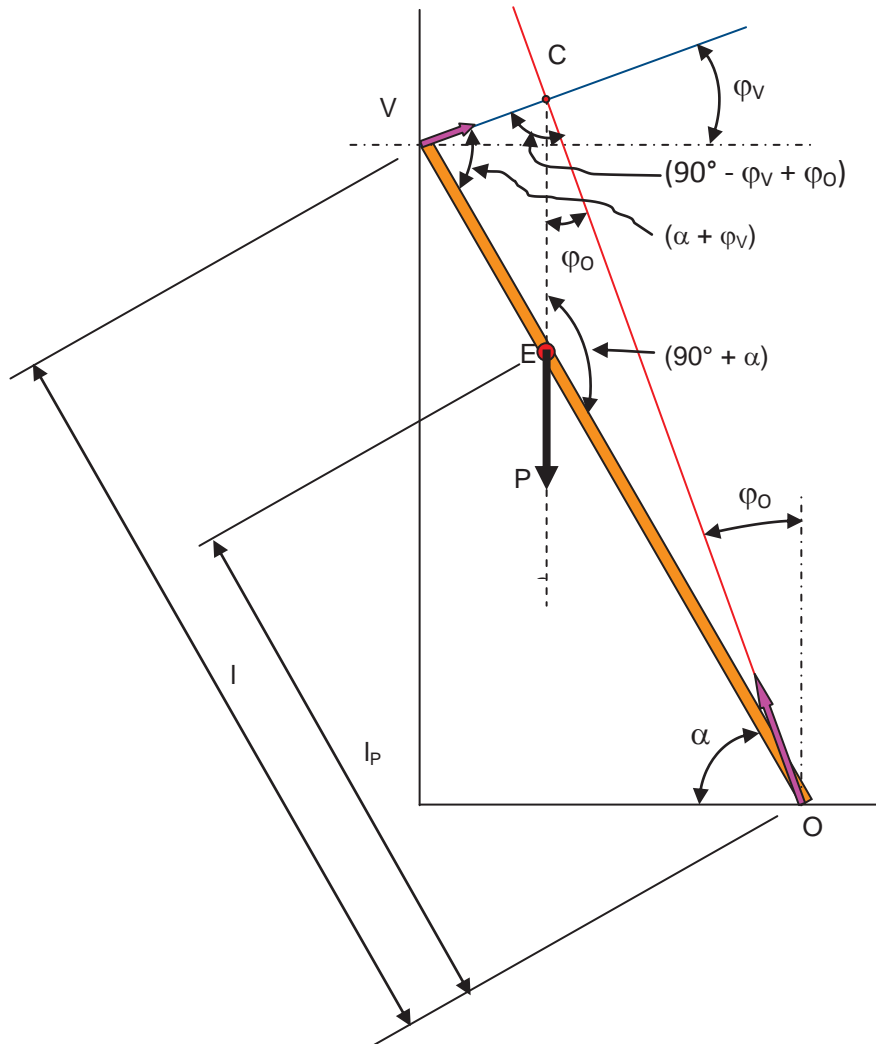


Figura 2.2.1.2-6 Punto massimo fin dove si può salire

### 2.2.1.3 Considerazione analitiche sulla stabilità allo slittamento alla base

Si consideri una persona che sale su una scala appoggiata contro una parete verticale, con la base posta su una superficie orizzontale (figura 2.2.1.3-1), dove:

$P_P$  peso della persona

$P_S$  peso della scala

$P$   $P_P + P_S$  carico totale agente sulla scala

$\alpha$  angolo di inclinazione della scala rispetto la superficie orizzontale

$l$  lunghezza della scala

$b_2$  larghezza della scala, misurata alla base tra i fianchi esterni dei montanti

$l_{GS}$  distanza del baricentro della scala, misurata a partire dalla base

$l_P$  distanza del gradino su cui poggiano i piedi della persona, misurata a partire dalla base

$\mu_V$  coefficiente di attrito tra la parete verticale e la sommità dei montanti della scala

$l_M$  distanza del punto di applicazione del carico  $P$  sulla scala, misurata a partire dalla base

$\mu_O$  coefficiente di attrito tra la superficie orizzontale e la base dei montanti della scala

$h$  distanza tra il punto di appoggio della scala sulla parete verticale e la superficie orizzontale

$b$  distanza tra il punto di appoggio della scala sulla superficie orizzontale e la parete verticale

d distanza dalla sommità della scala oltre la quale la persona non deve salire

La scala è sottoposta al proprio peso  $P_S$  e al carico dovuto al peso  $P_P$  della persona che sale. Ai fini della semplificazione della trattazione si trascura l'effetto dinamico dovuto alla salita della persona, considerando i carichi applicati statici e assumendo la scala come corpo rigido.

Le reazioni ai carichi applicati alla scala, ai fini dello slittamento alla base, sono le seguenti:

$R_{topy}$  reazione sulla sommità della scala nella direzione dell'asse y (perpendicolare alla parete)

$R_{topz}$  forza di attrito in sommità della scala in direzione z (verticale)

$R_{basey}$  forza di attrito alla base della scala in direzione y (parallela alla superficie orizzontale)

$R_{basez}$  reazione alla base della scala in direzione dell'asse z (verticale)

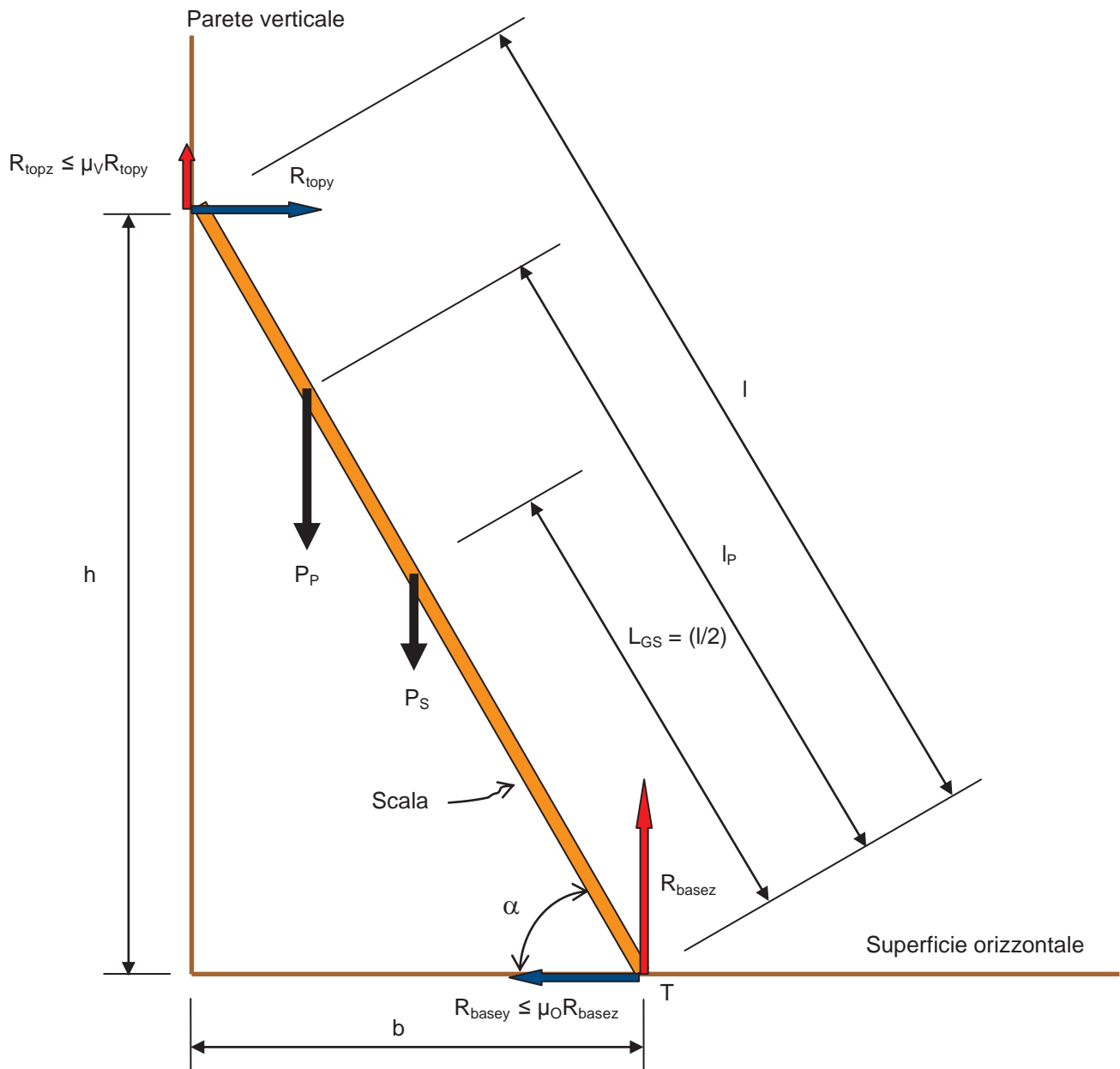


Figura 2.2.1.3-1 Carichi e reazioni sulla scala

Si vuole analizzare quanto "pesano" i carichi e le reazioni in rapporto all'equilibrio della scala e i fattori che influenzano la forza di attrito  $R_{basey}$ .

Per l'equilibrio delle forze deve sussistere la seguente condizione:

$$\Sigma F = 0$$

si ha:

$$\Sigma X = 0$$

da cui:

$$R_{basey} = R_{topy} \quad (2.2.1.3-1)$$

si ha

$$\Sigma Y = 0$$

da cui:

$$\begin{aligned} R_{basez} + R_{topz} - P_P - P_S &= 0 \\ P_P + P_S &= R_{basez} + R_{topz} \end{aligned} \quad (2.2.1.3-2)$$

Questo indica che il peso della scala e il peso della persona, applicati alla scala, vengono equilibrati dalla reazione normale alla base di appoggio e dalla forza di attrito che si sviluppa sulla parete verticale.

Considerando che  $R_{topy} = R_{basey}$  e  $R_{basey} \leq \mu_O R_{basez}$ , dalla relazione  $R_{topz} \leq \mu_V R_{topy}$  si ottiene:

$$R_{topz} \leq \mu_V R_{topy} = \mu_V R_{basey} \leq \mu_V \mu_O R_{basez}$$

La relazione 2.2.1.3-2, sostituendo  $R_{topz} = \mu_V \mu_O R_{basez}$  diventa:

$$P_P + P_S = R_{basez} + \mu_V \mu_O R_{basez} = R_{basez}(1 + \mu_V \mu_O) \quad (2.2.1.3-3)$$

Si evince che i carichi verticali sono principalmente scaricati alla base della scala, essendo normalmente il prodotto  $\mu_V \mu_O$  abbastanza piccolo, e che il rapporto  $R_{basez}/R_{topz}$  è pari a  $1/\mu_V \mu_O$ .

Con un esempio numerico, posto:  $\mu_V = 0,2$ ,  $\mu_O = 0,3$ ,  $P_P = 150$  kg,  $P_S = 10$  kg

$$\begin{aligned} R_{basez} &= \frac{P_P + P_S}{1 + \mu_V \mu_O} = \frac{150 + 10}{1 + 0,2 \times 0,3} = \frac{160}{1,06} = 150,9 \text{ kg} \\ R_{basez} &= \frac{R_{topz}}{\mu_V \mu_O} = \frac{R_{topz}}{0,2 \times 0,3} = 16,7 R_{topz} \end{aligned}$$

la reazione  $R_{basez}$  alla base della scala risulta essere circa il 94% del carico totale e 17 volte maggiore della reazione  $R_{topz}$  dovuta all'attrito in sommità.

Per l'equilibrio dei momenti deve sussistere la seguente condizione:

$$\Sigma M = 0$$

Prendendo come polo dei momenti il punto T alla base della scala e con il baricentro della scala posto a  $l/2$ , si ottiene:

$$\begin{aligned} \Sigma M_T &= 0 \\ P_P l_P \cos \alpha + P_S \frac{l}{2} \cos \alpha - R_{topy} l \sin \alpha - R_{topz} l \cos \alpha &= 0 \\ P_P l_P \cos \alpha + P_S \frac{l}{2} \cos \alpha &= R_{topy} l \sin \alpha + R_{topz} l \cos \alpha \\ P_P l_P \cos \alpha + P_S \frac{l}{2} \cos \alpha &= R_{topy} l \sin \alpha + \mu_V R_{topy} l \cos \alpha \end{aligned} \quad (2.2.1.3-4)$$

Il secondo termine del secondo membro risulta essere molto piccolo rispetto al primo. Infatti, se si effettua il rapporto tra i due risulta:

$$R_K = \frac{R_{topy} l \sin \alpha}{\mu_V R_{topy} l \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\mu_V \cos \alpha} = \frac{\tan \alpha}{\mu_V}$$

Se si pone  $\alpha = 70^\circ$  e  $\mu_V = 0,2$ , si ottiene  $R_K = 13,8$ , se  $\alpha = 65^\circ$  e  $\mu_V = 0,2$ , si ottiene  $R_K = 10,7$ .

Dalla relazione 2.2.1.3-4 si ricava dunque la  $R_{\text{topy}}$ :

$$R_{\text{topy}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( P_P \frac{l_P}{l} + \frac{P_S}{2} \right)$$

Essa è stata ricavata considerando il baricentro nella mezziera della scala ( $l/2$ ). Se ciò non è vero essa diventa:

$$R_{\text{topy}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( P_P \frac{l_P}{l} + \frac{l_{GS}}{l} P_S \right) \quad (2.2.1.3-5)$$

dove  $l_{GS}$  è la distanza del baricentro della scala, misurata a partire dalla base.

Applicando la (2.2.1.3-1) si ha:

$$R_{\text{basey}} = R_{\text{topy}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( P_P \frac{l_P}{l} + \frac{l_{GS}}{l} P_S \right) \quad (2.2.1.3-6)$$

Per la stabilità della scala, deve sussistere la condizione  $R_{\text{topy}} = R_{\text{basey}} \leq \mu_O R_{\text{basez}}$ : questo significa che  $R_{\text{basey}}$  deve essere sempre minore o uguale alla massima forza di attrito disponibile ( $\mu_O R_{\text{basez}}$ ). Quando  $R_{\text{basey}} > \mu_O R_{\text{basez}}$  la scala inizia a slittare alla base.

È interessante esaminare, mediante la relazione 2.2.1.3-6, la variazione di  $R_{\text{basey}}$  al variare di  $\alpha$  e  $\mu_V$  per una stessa scala.

Posto  $\left( P_P \frac{l_P}{l} + \frac{l_{GS}}{l} P_S \right) = K$ , ovvero costante per una stessa scala e per una determinata posizione della persona sulla stessa, si ha:

$$\frac{R_{\text{basey}}}{K} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \quad (2.2.1.3-7)$$

La tabella 2.2.1.3-1 riporta i valori numerici di  $R_{\text{basey}}/K$  al variare di  $\alpha$  tra  $65^\circ$  e  $75^\circ$  e di  $\mu_V$  tra 0,0 e 0,5.

$\alpha$	$R_{\text{basey}}/K$						
	$\mu_V = 0,0$	$\mu_V = 0,05$	$\mu_V = 0,1$	$\mu_V = 0,2$	$\mu_V = 0,3$	$\mu_V = 0,4$	$\mu_V = 0,5$
$65^\circ$	0.47	0.46	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38
$67^\circ$	0.42	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36	0.35
$69^\circ$	0.38	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.32
$70^\circ$	0.36	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31
$71^\circ$	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29
$73^\circ$	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27
$75^\circ$	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24

Tabella 2.2.1.3-1 Variazione di  $R_{\text{basey}}$  al variare di  $\alpha$  e  $\mu_V$

Alla luce dei risultati riportati si può affermare che:

- a parità di coefficiente di attrito sulla parete, passando da un angolo di inclinazione della scala da  $65^\circ$  a  $75^\circ$ , la forza di attrito richiesta diminuisce da circa il 74% al 58%.
- a parità di angolo di inclinazione della scala, passando da un coefficiente di attrito sulla parete praticamente nullo a 0,5, la forza di attrito richiesta diminuisce da circa il 24% al 13%.

Da quanto sopra esposto si evidenzia l'importanza di avere un angolo di inclinazione della scala più alto possibile (che non deve essere superiore a 75° per non incorrere nell'instabilità alla rotazione all'indietro intorno alla base dei due montanti), per conferire alla stessa una maggiore stabilità rispetto allo slittamento alla base.

Inoltre, il coefficiente di attrito sulla parete ha meno importanza nel fenomeno dell'instabilità per scivolamento alla base.

Ulteriori considerazioni sulla stabilità alla base possono essere esposte in relazione al coefficiente di attrito  $\mu_0$ , alla inclinazione della scala e alla posizione del carico su di essa.

Al fine di semplificare la trattazione algebrica, senza perdere nulla nella generalità, si considera il carico  $P = P_P + P_S$  come la risultante del peso della persona  $P_P$  e della scala  $P_S$  applicato nel punto M della scala, ricavato come intersezione della direzione della risultante P con la scala stessa.

Con questa posizione, applicando la relazione  $\Sigma M_T = 0$  e, con la notazione di figura 2.2.1.3-2, si ottiene:

$$P l_M \cos \alpha - R_{topy} l \sin \alpha + R_{topz} l \cos \alpha = 0$$

Elaborando l'espressione algebricamente e trigonometricamente si ricava:

$$R_{basey} = R_{topy} = \left( \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha + \mu_V} \right) P \frac{l_M}{l} \quad (2.2.1.3-8)$$

simile alla relazione (2.2.1.3-6), dove  $l_M$  è distanza del punto di applicazione del carico P sulla scala, misurata a partire dalla base.

Essendo:

$$\begin{aligned} R_{topy} &= R_{basey} \\ R_{basez} &= P - R_{topz} = P - \mu_V R_{topy} = P - \mu_V R_{basey} \end{aligned}$$

la relazione  $\mu_0 = \frac{R_{basez}}{R_{basey}}$ , con le opportune sostituzioni compresa la (2.2.1.3-8), diventa:

$$\mu_0 = \frac{1}{\frac{l}{l_M} (\operatorname{tg} \alpha + \mu_V) - \mu_V} \quad (2.2.1.3-9)$$

Posto  $K = \frac{l}{l_M}$ , ovvero costante per una stessa scala e per una determinata posizione della persona sulla stessa, si ha:

$$\mu_0 = \frac{1}{K(\operatorname{tg} \alpha + \mu_V) - \mu_V} \quad (2.2.1.3-10)$$

#### NOTA

In relazione al calcolo di  $l_M$ , si sottolinea che esso può essere ricavato nella maniera che segue (vedere figura 2.2.1.3-2):

$$l_M = l - d - x$$

dove:

d si può assumere pari a 0,75 m, valore che potrebbe corrispondere alla distanza del terzultimo gradino di una scala dalla sommità,

X distanza del punto di applicazione della risultante P delle due forze parallele  $P_P$  e  $P_S$  e agenti nello stesso verso, calcolata mediante la seguente relazione:

$$x = \frac{P_S}{P_P + P_S} (l - l_{GS} - d)$$

La tabella 2.2.1.3-2 riporta i valori numerici di  $\mu_0$ , al variare di  $\alpha$  tra  $65^\circ$  e  $75^\circ$  e di  $\mu_V$  tra 0,0 e 0,5 (la costante  $K = 1,23$  è relativa a una scala con  $l = 5$  m,  $l_M = 4,08$  m,  $d = 0,75$  m,  $P_P = 100$  kg,  $P_S = 10$  kg).

$\alpha$	$\mu_0$						
	$\mu_V = 0,0$	$\mu_V = 0,05$	$\mu_V = 0,1$	$\mu_V = 0,2$	$\mu_V = 0,3$	$\mu_V = 0,4$	$\mu_V = 0,5$
$65^\circ$	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37
$67^\circ$	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33
$69^\circ$	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30
$70^\circ$	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29
$71^\circ$	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27
$73^\circ$	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24
$75^\circ$	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21

Tabella 2.2.1.3-2 Variazione di  $\mu_0$  al variare di  $\alpha$  e  $\mu_V$

Alla luce dei risultati riportati si può affermare che:

- a parità di coefficiente di attrito sulla parete, passando da un angolo di inclinazione della scala da  $65^\circ$  a  $75^\circ$ , la forza di attrito richiesta varia da circa il 73% al 76%.
- a parità di angolo di inclinazione della scala, passando da un coefficiente di attrito sulla parete praticamente nullo a 0.5, la forza di attrito richiesta varia da circa lo 0.03% al 0.05%.

Quanto sopra evidenzia l'importanza di avere un angolo di inclinazione della scala più alto possibile (non superare  $75^\circ$  per non incorrere nell'instabilità alla rotazione all'indietro intorno alla base dei due montanti), per conferire alla scala una maggiore stabilità rispetto allo slittamento alla base.

Inoltre, il coefficiente di attrito sulla parete ha meno importanza nel fenomeno della instabilità per scivolamento alla base.

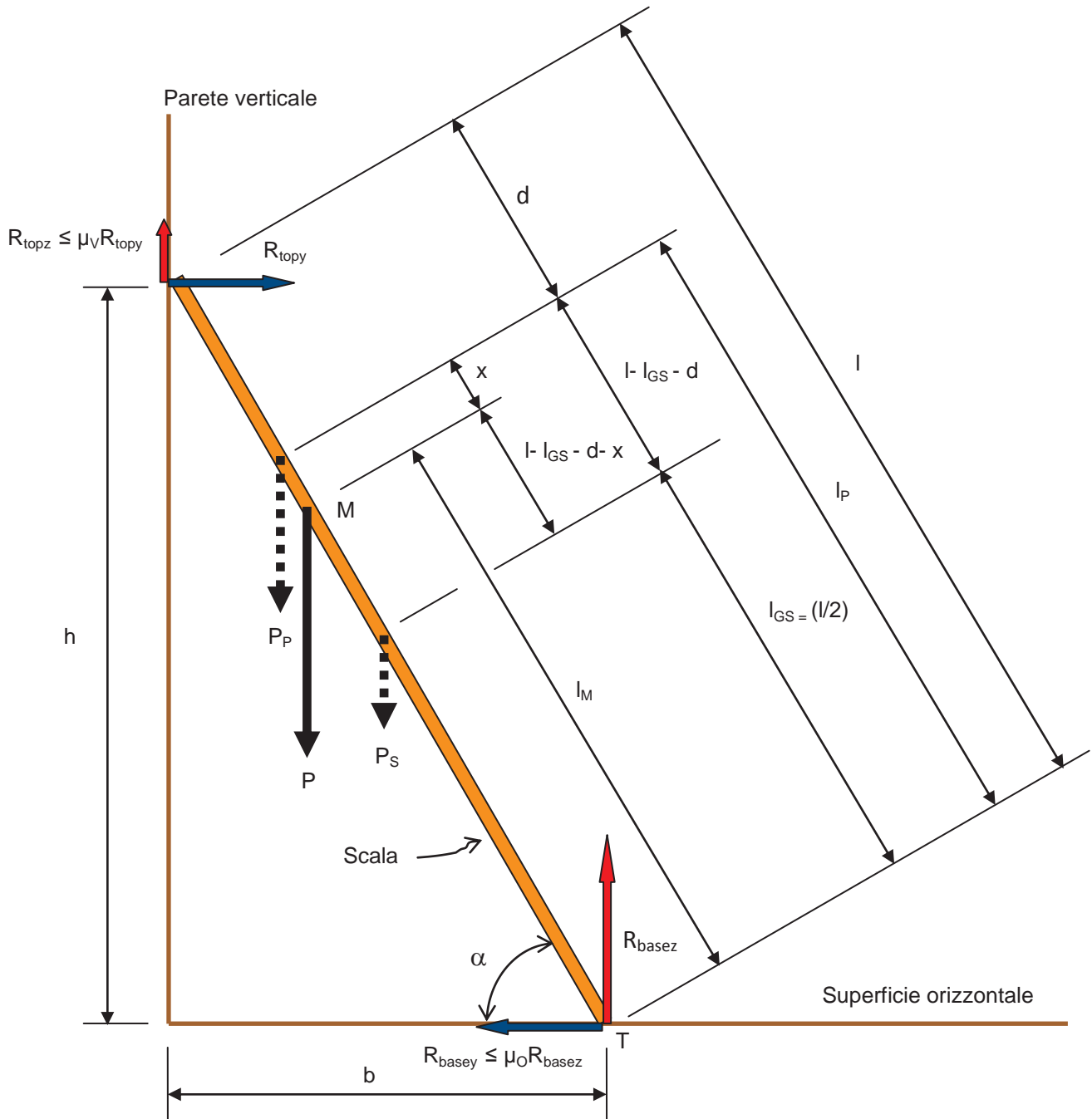


Figura 2.2.1.3-2 Carichi e reazioni sulla scala

### 2.2.2 Stabilità allo slittamento laterale in sommità

Con stabilità di una scala allo slittamento laterale in sommità, si intende la capacità che la scala ha di opporsi alle azioni che determinano lo scivolamento laterale lungo la superficie della parete verticale con una rotazione attorno alla base di appoggio di un montante.

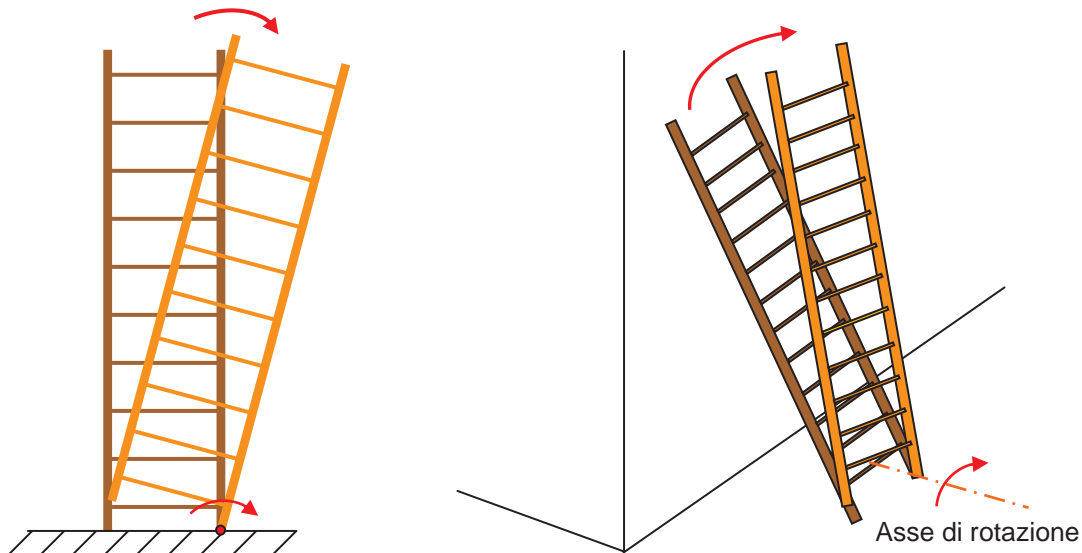


Figura 2.2.2-1 Instabilità allo slittamento laterale in sommità

La figura 2.2.2-1 illustra schematicamente il modo in cui si esplica l'instabilità allo slittamento in sommità.

Questo tipo di instabilità si manifesta:

- quando l'utilizzatore porta il corpo lateralmente alla scala, per cui il suo baricentro cade fuori dalla base di appoggio;
- quando l'utilizzatore effettua delle attività che producono delle forze ( $F$ ) sulla scala principalmente parallele al piano della stessa, anche avendo il suo baricentro entro la base di appoggio della scala: tirare a sé o spingere qualche oggetto (funi, cavi ecc.); usare il trapano, la sega ecc.; e combinazioni delle suddette attività.

Nel caso in cui l'utilizzatore ha il suo baricentro fuori dalla base di appoggio della scala o effettua un'azione di tiro o di spinta sempre in queste condizioni, si manifesta contemporaneamente sia l'instabilità allo slittamento laterale in sommità sia l'instabilità alla rotazione intorno a un montante.

Le due tipologie d'instabilità vengono trattate separatamente per poi essere analizzate insieme.

Si è visto (paragrafo 2.2.1.3) che per un carico  $P_p$ , relativo al peso di una persona, applicato sull'asse di simmetria verticale della scala si ha la reazione in sommità è data dalla relazione 2.2.1.3-5, dove  $R_{topy}$  è equiripartita fra i due montanti.



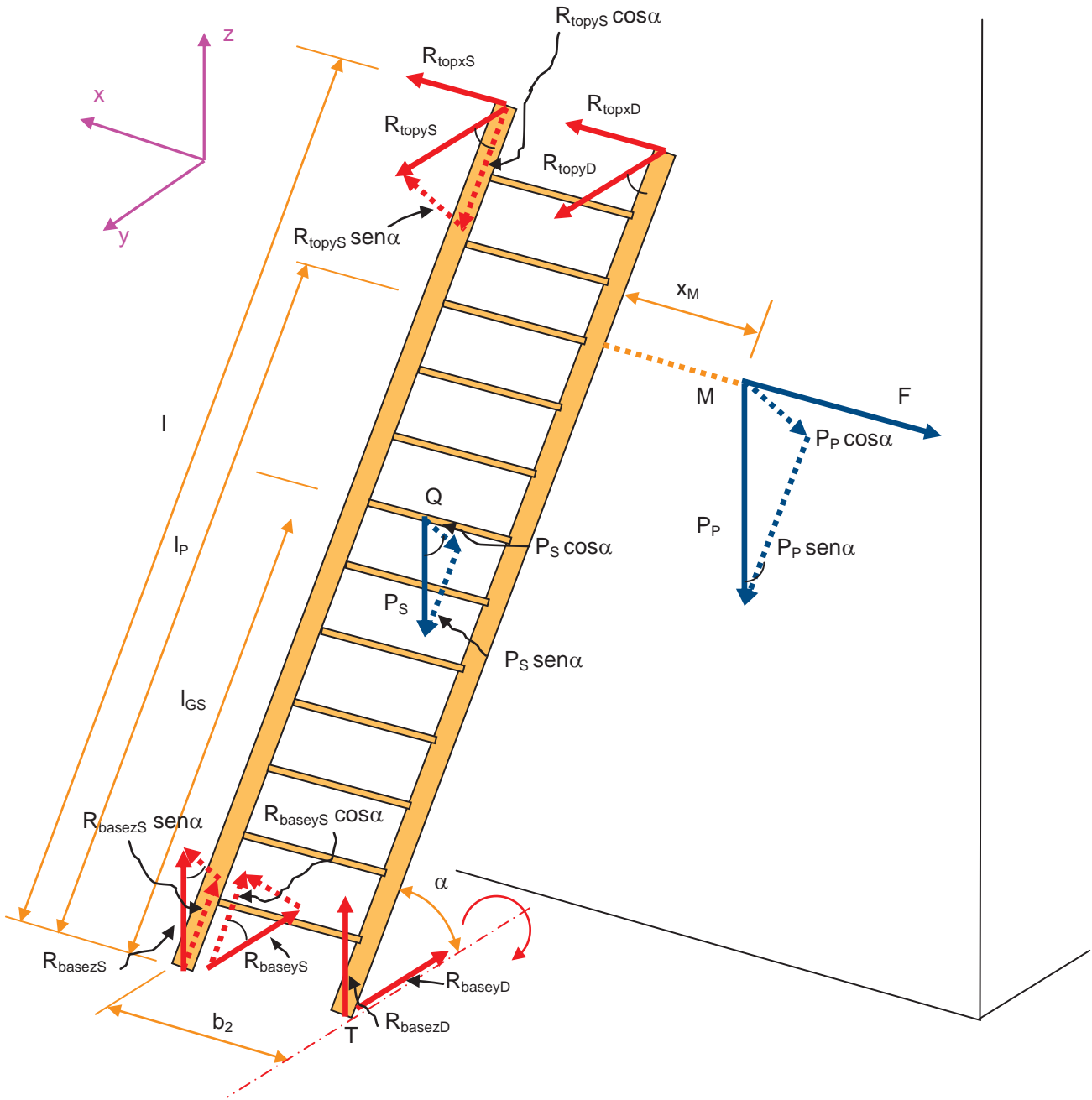


Figura 2.2.2-2 Carichi e reazioni sulla scala

Nel caso in esame, il baricentro della persona cade fuori della scala, in un punto M, posto alla distanza "x<sub>M</sub>" da essa.

Pertanto la R<sub>topy</sub> non si distribuisce in maniera uguale fra i due montanti, come nel caso della relazione 2.2.1.3-5, ma carica in misura maggiore il montante più vicino al carico P<sub>p</sub>.

Per semplicità di trattazione si può immaginare P<sub>p</sub> totalmente supportato da tale montante.

Invece il carico P<sub>s</sub>, corrispondente al peso della scala, rimane equiripartito su ambedue i montanti.

La relazione 2.2.1.3-5 diventa per:

- il montante più lontano dal punto M

$$R_{\text{topyS}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( \frac{l_{GS}}{l} \frac{P_S}{2} \right) \quad (2.2.2-1)$$

- il montante più vicino al punto M

$$R_{\text{topyD}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( \frac{l_P}{l} P_P + \frac{l_{GS}}{l} \frac{P_S}{2} \right) \quad (2.2.2-2)$$

Si effettua l'equilibrio dei momenti con rotazione intorno alla base del montante nel punto T, considerando oltre i carichi  $P_P$  e  $P_S$  anche le azioni di tiro o di spinta  $F$  (figura 2.2.2-2):

$$\Sigma M_T = 0$$

$$lR_{\text{topxS}} + lR_{\text{topxD}} + b_2R_{\text{topyS}} \cos\alpha - b_2R_{\text{baseyS}} \cos\alpha \quad (2.2.2-3)$$

$$b_2R_{\text{basezS}} \text{sen}\alpha + \frac{b_2}{2} P_S \text{sen}\alpha - x_M P_P \text{sen}\alpha - Fl_p = 0$$

Poiché:

$$R_{\text{topy}} = R_{\text{basey}} = \mu_O R_{\text{basez}}$$

$$R_{\text{topyS}} \cos\alpha = R_{\text{baseyS}} \cos\alpha$$

$$R_{\text{topxS}} = \mu_V R_{\text{topyS}}$$

$$R_{\text{topxD}} = \mu_V R_{\text{topyD}}$$

la relazione (2.2.2-3) dopo le sostituzioni e le elaborazioni algebriche diventa:

$$F = \frac{R_{\text{topyS}} \left( l\mu_V - b_2 \frac{\text{sen}\alpha}{\mu_O} \right) + l\mu_V R_{\text{topyD}} + \left( \frac{b_2}{2} P_S - x_M P_P \right) \text{sen}\alpha}{l_p} \quad (2.2.2-4)$$

Tale relazione fornisce la forza  $F$  orizzontale che destabilizza una scala per slittamento in sommità.

Nel caso in cui il punto M di applicazione della forza peso della persona (baricentro) sia all'interno dei montanti della scala la relazione (2.2.2-4) diventa:

$$F = \frac{R_{\text{topyS}} \left( l\mu_V - b_2 \frac{\text{sen}\alpha}{\mu_O} \right) + l\mu_V R_{\text{topyD}} + \left( \frac{b_2}{2} P_S + x_M P_P \right) \text{sen}\alpha}{l_p} \quad (2.2.2-5)$$

dove il termine  $x_M P_P$  assume valore positivo aumentando conseguentemente la forza  $F$  necessaria per iniziare lo slittamento laterale in sommità. Le relazioni  $R_{\text{topyS}}$  (2.2.2-1) e  $R_{\text{topyD}}$  (2.2.2-2) diventano:

$$R_{\text{topyS}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( \frac{x_M l_p}{b_2} P_P + \frac{l_{GS}}{l} \frac{P_S}{2} \right) \quad (2.2.2-6)$$

$$R_{\text{topyD}} = \frac{1}{\text{tg}\alpha + \mu_V} \left( \frac{b_2 - x_M l_p}{b_2} P_P + \frac{l_{GS}}{l} \frac{P_S}{2} \right) \quad (2.2.2-7)$$

secondo lo schema di figura 2.2.2 -3:

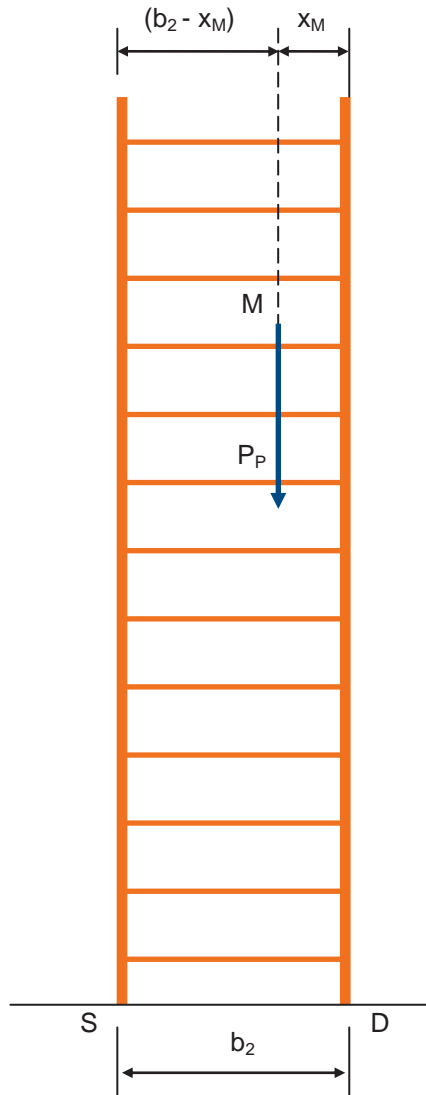


Figura 2.2-3 Posizione del baricentro della persona sulla scala nella direzione orizzontale

Come si vedrà successivamente, il termine  $(\frac{b}{2}P_S - x_M P_P)$  della relazione (2.2.2-4) determina anche l'instabilità alla rotazione intorno ad un montante, la quale non si innesca, se il termine  $x_M P_P$  assume valore zero o positivo, cioè quando il baricentro della persona si trova tra i due montanti.

La relazione (2.2.2-3) dopo le sostituzioni e le elaborazioni algebriche diventa anche:

$$\mu_V l (R_{topoS} + R_{topoD}) + \frac{b_2}{2} P_S \text{sen} \alpha = \frac{b_2}{\mu_O} R_{tiyoS} \text{sen} \alpha + x_M P_P \text{sen} \alpha + I_P F \quad (2.2.2-8)$$

Il termine a sinistra della relazione (2.2.2-8) individua il momento stabilizzante della scala, mentre quello a destra determina quello destabilizzante.

Consideriamo le condizioni di equilibrio allo slittamento laterale in sommità (figura 2.2-3) con la scala avente una barra stabilizzatrice alla base.

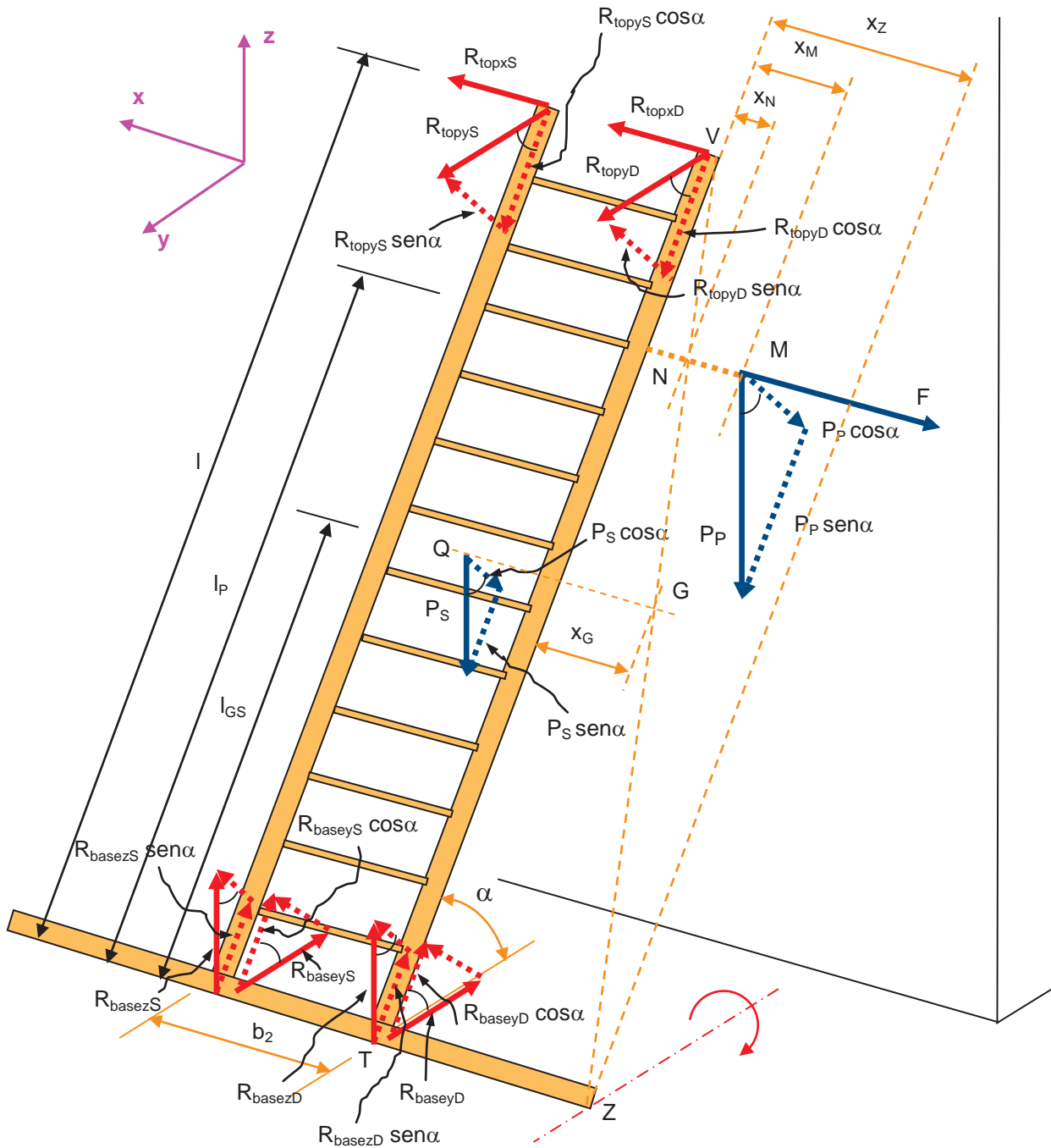


Figura 2.2.2-4 Carichi e reazioni sulla scala

La retta VZ è la retta intorno alla quale avviene la rotazione della scala determinando l'instabilità alla rotazione intorno ad un "montante" quando la base della scala è dotata di una barra stabilizzatrice.

Per determinare la forza F che determina l'instabilità allo slittamento in sommità, si effettua l'equilibrio dei momenti con rotazione intorno alla barra stabilizzatrice, nel punto Z (figura 2.2.2-4).

Per quanto concerne  $P_s$  e  $P_p$  si possono effettuare le stesse considerazioni del caso precedente.

Per l'equilibrio dei momenti deve sussistere la seguente condizione:

$$\Sigma M_Z = 0$$

Considerando che  $R_{topyS} \cos \alpha = R_{baseyS} \cos \alpha$  e  $R_{topyD} \cos \alpha = R_{baseyD} \cos \alpha$  non se ne tiene conto nella equazione di equilibrio, in quanto intervengono con segno opposto:

$$IR_{topxS} + IR_{topxD} - (b_2 + x_Z)R_{basezS} \operatorname{sen} \alpha - x_Z R_{basezD} \operatorname{sen} \alpha + \left(\frac{b_2}{2} + x_Z\right)P_S \operatorname{sen} \alpha - (x_Z - x_M)P_P \operatorname{sen} \alpha - Fl_p = 0 \quad (2.2.2-9)$$

Poiché:

$$R_{topy} = R_{basey} = \mu_O R_{basez}$$

$$R_{topxS} = \mu_V R_{topyS}$$

$$R_{topxD} = \mu_V R_{topyD}$$

la relazione (2.2.2-9) dopo le sostituzioni e le elaborazioni algebriche diventa:

$$F = \frac{R_{topyS} \left[ \mu_V - (b_2 + x_Z) \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\mu_O} \right] + R_{topyD} \left[ \mu_V - x_Z \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\mu_O} \right] + \left(\frac{b_2}{2} + x_Z\right)P_S - (x_Z - x_M)P_P \operatorname{sen} \alpha}{l_p} \quad (2.2.2-10)$$

Tale relazione ci fornisce la forza F che destabilizza una scala, munita di stabilizzatore alla base, per slittamento in sommità.

Una elaborazione differente della (2.2.2-9) porta a:

$$\mu_V l (R_{topyS} + R_{topyD}) + \left(\frac{b_2}{2} + x_Z\right)P_S \operatorname{sen} \alpha = \left[ (b_2 + x_Z)R_{topyS} + x_Z R_{topyD} \right] \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\mu_O} + (x_Z - x_M)P_P \operatorname{sen} \alpha + l_p F \quad (2.2.2-11)$$

Il termine a sinistra della relazione (2.2.2-10) individua il momento stabilizzante della scala, mentre quello a destra determina quello destabilizzante.

### 2.2.3 Stabilità alla rotazione intorno ad un montante

Con stabilità di una scala alla rotazione intorno a un montante, si intende la capacità di opporsi alle azioni che ne determinano il ribaltamento attorno a un montante considerato come asse di rotazione.

La figura 2.2.3-1 illustra schematicamente il modo in cui si esplica l'instabilità alla rotazione intorno a un montante.

Questo tipo d'instabilità a volte può presentarsi in modo più complesso di quello illustrato in figura, in quanto si può aggiungere anche lo slittamento alla sommità.

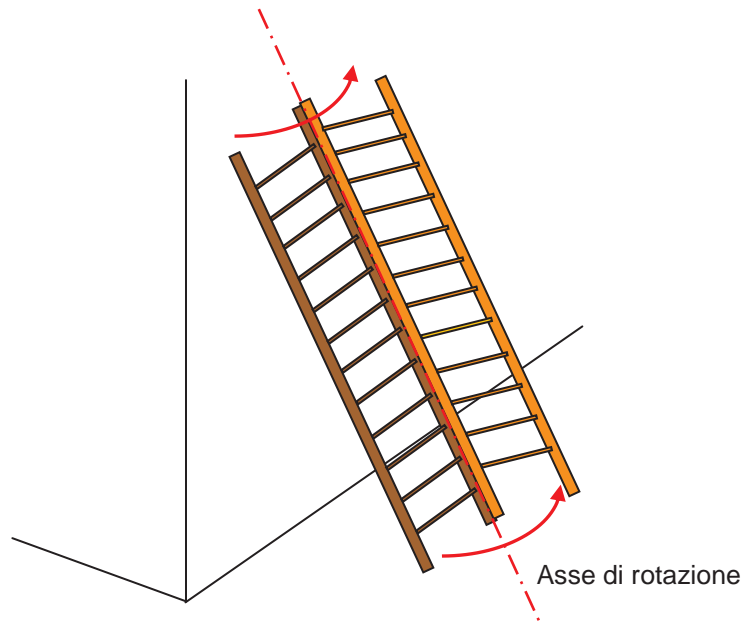


Figura 2.2.3-1 Instabilità alla rotazione intorno ad un montante

Consideriamo le condizioni di equilibrio alla rotazione intorno ad un montante con la scala senza barra stabilizzatrice alla base.

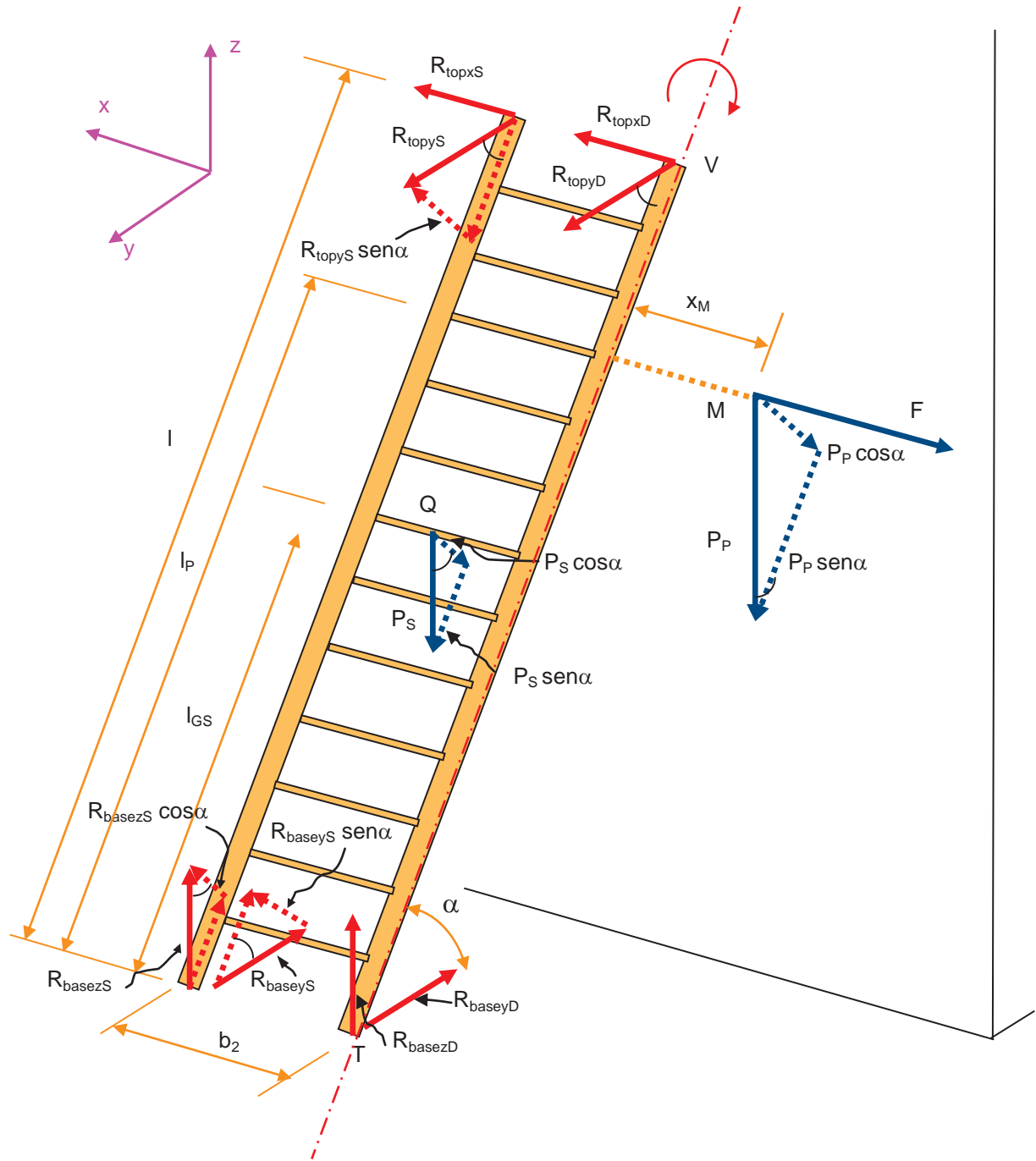


Figura 2.2.3-2 Carichi e reazioni sulla scala

Si considera la rotazione della scala intorno al montante di destra passante per il punto T (figura 2.2.3-2):

Per l'equilibrio dei momenti deve sussistere la seguente condizione:

$$\sum M_{VT} = 0$$

$$b_2 R_{topyS} \text{sen} \alpha - b_2 R_{basezS} \text{cos} \alpha + \frac{b_2}{2} P_S \text{cos} \alpha - x_M P_P \text{cos} \alpha = 0 \quad (2.2.3-1)$$

Poiché:

$$R_{\text{topy}} = R_{\text{basey}} = \mu_0 R_{\text{basez}}$$

sostituendo e raccogliendo a fattore comune si ottiene:

$$\left(\frac{b_2}{2} P_S - x_M P_P\right) \cos \alpha - b_2 R_{\text{topyS}} \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu_0}\right) = 0 \quad (2.2.3-2)$$

$$\frac{b_2}{2} P_S \cos \alpha = [x_M P_P \cos \alpha + b_2 R_{\text{topyS}} \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu_0}\right)] \quad (2.2.3-3)$$

Il termine a sinistra della relazione (2.2.3-3) individua il momento stabilizzante della scala, mentre quello a destra determina quello destabilizzante.

La rotazione della scala non avviene quando:

$$P_S \geq \frac{2}{b_2 \cos \alpha} [x_M P_P \cos \alpha + b_2 R_{\text{topyS}} \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu_0}\right)] \quad (2.2.3-4)$$

Inoltre nel primo termine della (2.2.3-2) si ritrova il fattore  $\left(\frac{b_2}{2} P_S - x_M P_P\right)$ , già presente nella relazione (2.2.2-4), relativa alla instabilità allo slittamento in sommità, nel caso del baricentro della persona situato all'esterno della scala.

La rotazione della scala non avviene quando  $\left(\frac{b_2}{2} P_S - x_M P_P\right) \geq 0$ , il che sia ha nel caso di  $P_P \leq \frac{b_2}{2x_M} P_S$  o di

$$x_M \leq \frac{b_2}{2} \frac{P_S}{P_P}.$$

Consideriamo le condizioni di equilibrio alla rotazione intorno ad un montante con la scala munita di barra stabilizzatrice alla base.

Si considera l'equilibrio dei momenti con rotazione intorno all'asse passante per la sommità del montate nel punto V e l'estremità della barra stabilizzatrice nel punto Z (figura 2.2.3-3 e figura 2.2.3-4):

Per l'equilibrio dei momenti deve sussistere la seguente condizione:

$$\begin{aligned} \Sigma M_{VZ} = 0 \\ BB'R_{\text{topyS}} \sin \alpha + SS'R_{\text{basezS}} \cos \alpha + SS'R_{\text{baseyS}} \sin \alpha + TT'R_{\text{basezD}} \cos \alpha + TT'R_{\text{baseyD}} \sin \alpha + \\ QQ'P_S \cos \alpha + MMP_P \cos \alpha = 0 \end{aligned} \quad (2.2.3-5)$$

Poiché:

$$R_{\text{topy}} = R_{\text{basey}} = \mu_0 R_{\text{basez}}$$

sostituendo e raccogliendo a fattore comune si ottiene:

$$R_{\text{topyS}} \left[ BB' \sin \alpha + SS' \left(\frac{\cos \alpha}{\mu_0} + \sin \alpha\right) \right] + R_{\text{topyD}} \left[ TT' \left(\frac{\cos \alpha}{\mu_0} + \sin \alpha\right) + (MMP_P - QQ'P_S) \cos \alpha \right] = 0 \quad (2.2.3-6)$$



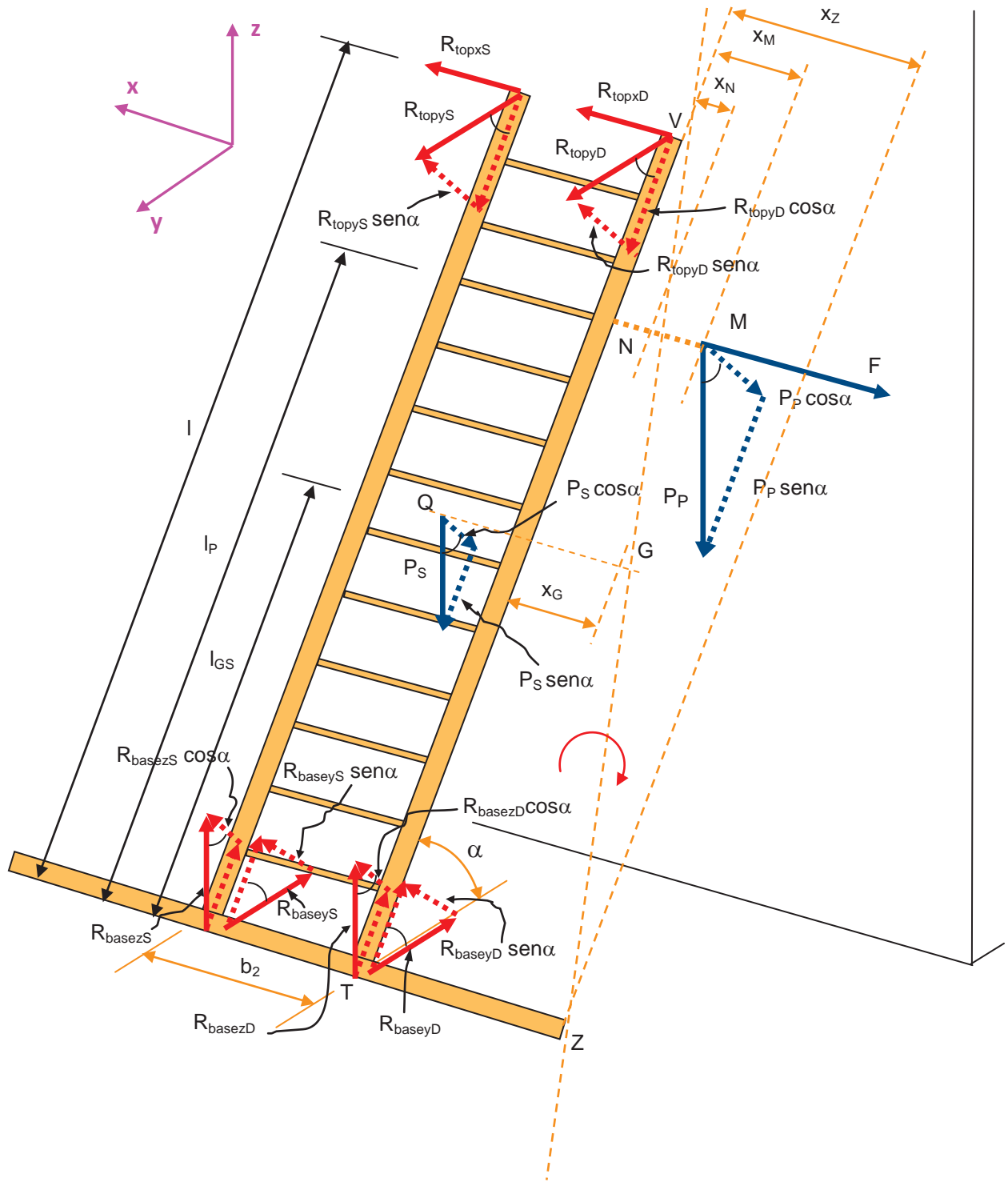
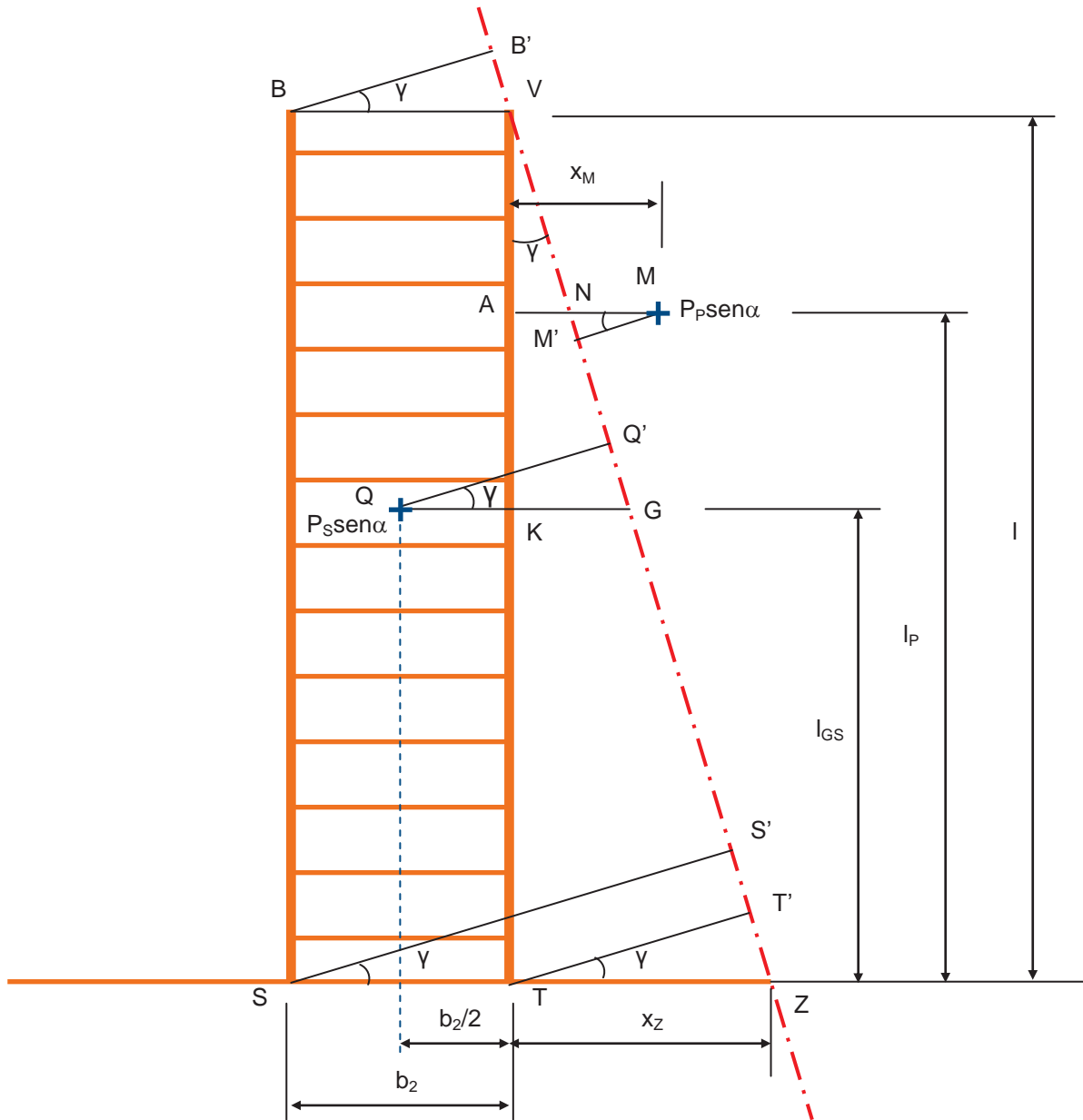


Figura 2.2.3-3 Carichi e reazioni sulla scala

$$(QQ'P_s - MMP_p) \cos \alpha = R_{topyS} \cdot BB' \sin \alpha + SS' \left( \frac{\cos \alpha}{\mu_O} + \sin \alpha \right) + R_{topyD} \cdot TT' \left( \frac{\cos \alpha}{\mu_O} + \sin \alpha \right) \quad (2.2.3-7)$$



$$\begin{aligned}
 BB' &= b_2 \cos \gamma \\
 MM' &= [x_M - (l - l_P) \operatorname{tg} \gamma] \cos \gamma \\
 QQ' &= [(b_2/2) + (l - l_{GS}) \operatorname{tg} \gamma] \cos \gamma \\
 SS' &= (b_2 + x_Z) \cos \gamma \\
 TT' &= x_Z \cos \gamma
 \end{aligned}$$

Figura 2.2.3-3 Relazioni geometriche e trigonometriche

$$QQ' P_s \cos \alpha = MM' P_p \cos \alpha + R_{\text{topyS}} BB' \operatorname{sen} \alpha + SS' \left( \frac{\cos \alpha}{\mu_O} + \operatorname{sen} \alpha \right) + R_{\text{topyD}} TT' \left( \frac{\cos \alpha}{\mu_O} + \operatorname{sen} \alpha \right) \quad (2.2.3-8)$$

Il termine a sinistra della relazione (2.2.3-6) individua il momento stabilizzante della scala, mentre quello a destra quello destabilizzante.

La rotazione della scala non avviene quando:

$$P_S \geq \frac{1}{QQ' \cos \alpha} (MM P_P \cos \alpha + R_{topyS} BB' \sin \alpha + SS' \left( \frac{\cos \alpha}{\mu_O} + \sin \alpha \right) + R_{topyD} TT' \left( \frac{\cos \alpha}{\mu_O} + \sin \alpha \right)) \quad (2.2.3-9)$$

Inoltre nel primo termine della (2.2.3-7) si trova il fattore  $(QQ' P_S - MM P_P)$ : nel caso del baricentro della persona situato all'esterno dell'asse VZ, la rotazione della scala non avviene quando  $(QQ' P_S - MM P_P) \geq 0$ , il

che sia ha nel caso di  $P_P \leq \frac{QQ'}{MM} P_S$  o di  $MM \leq QQ' \frac{P_S}{P_P}$ .

Pertanto esaminando la figura 2.2.3-3, non si ha rotazione quando  $AM \leq (l - l_P) \operatorname{tg} \gamma + QQ' \frac{P_S}{P_P}$ , ovvero il punto d'applicazione della  $P_P$  si trova ad una distanza dal montante AM tale da soddisfare la suddetta disuguaglianza.

#### 2.2.4 Stabilità al rovesciamento all'indietro

Con stabilità della scala al rovesciamento all'indietro si intende la capacità che ha una scala a opporsi alle azioni che ne determinano il ribaltamento all'indietro, con una rotazione intorno a un'asse passante per la base dei due montanti.

La figura 2.2.4-1 illustra schematicamente il modo in cui si esplica l'instabilità al rovesciamento all'indietro.

Questo tipo d'instabilità dipende soprattutto dall'angolo di inclinazione della scala rispetto alla superficie orizzontale: quanto più la scala si avvicina alla verticale tanto maggiore risulta la possibilità di tale instabilità.

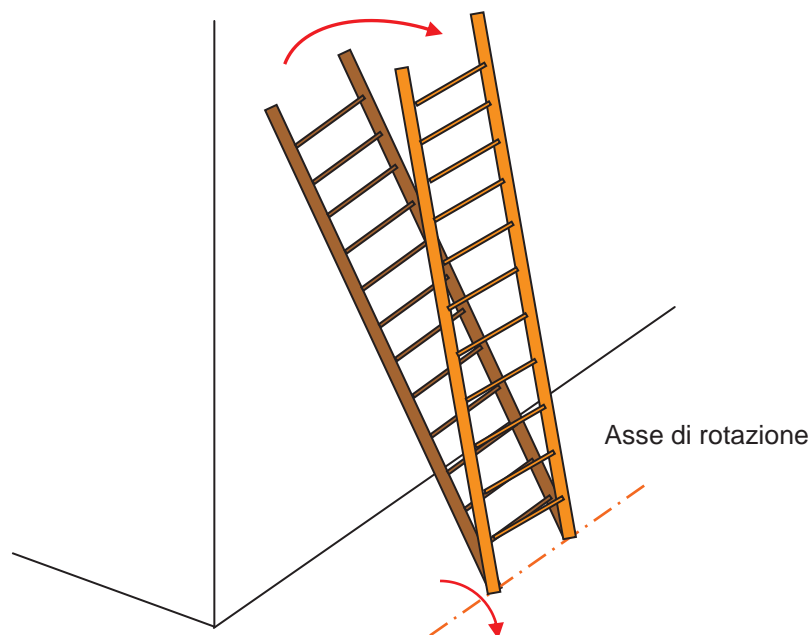


Figura 2.2.4 – 1 Instabilità alla rotazione all'indietro intorno alla base dei due montanti

## 2.3 Scala doppia

### 2.3.1 Stabilità laterale al ribaltamento

La scala doppia, a partire dalla corretta posizione d'uso presenta instabilità al ribaltamento laterale.

Con stabilità di una scala doppia al ribaltamento laterale s'intende la capacità della scala a opporsi alle azioni che ne determinano il ribaltamento attorno a un'asse passante alla base di due montanti laterali, uno relativo al tronco di salita e l'altro relativo al tronco di supporto, considerato come asse di rotazione.

La figura 2.3.1-1 illustra schematicamente il modo in cui si esplica l'instabilità alla rotazione intorno a un montante.

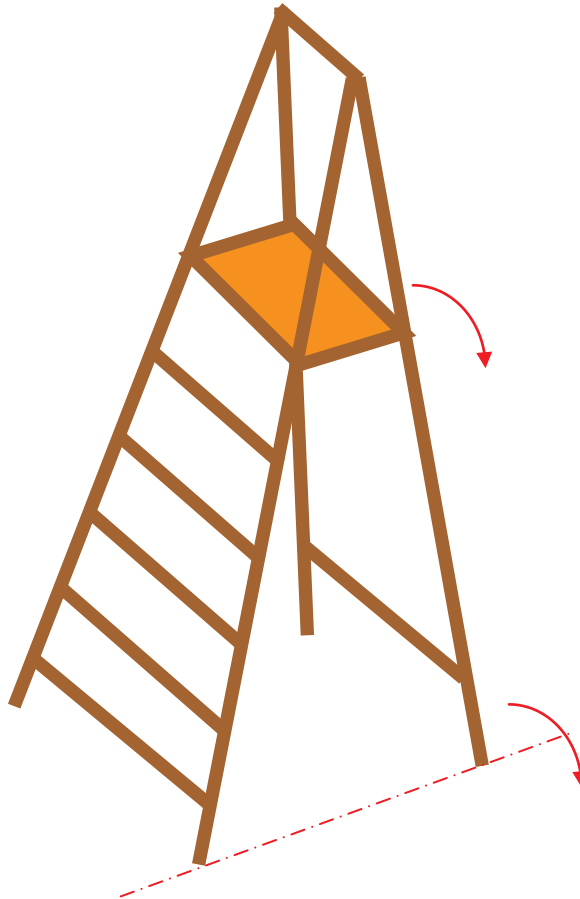


Figura 2.3.1-1 Instabilità laterale al ribaltamento

Consideriamo le condizioni di equilibrio al ribaltamento laterale con rotazione intorno ad un asse passante alla base dei montanti anteriori e posteriori.

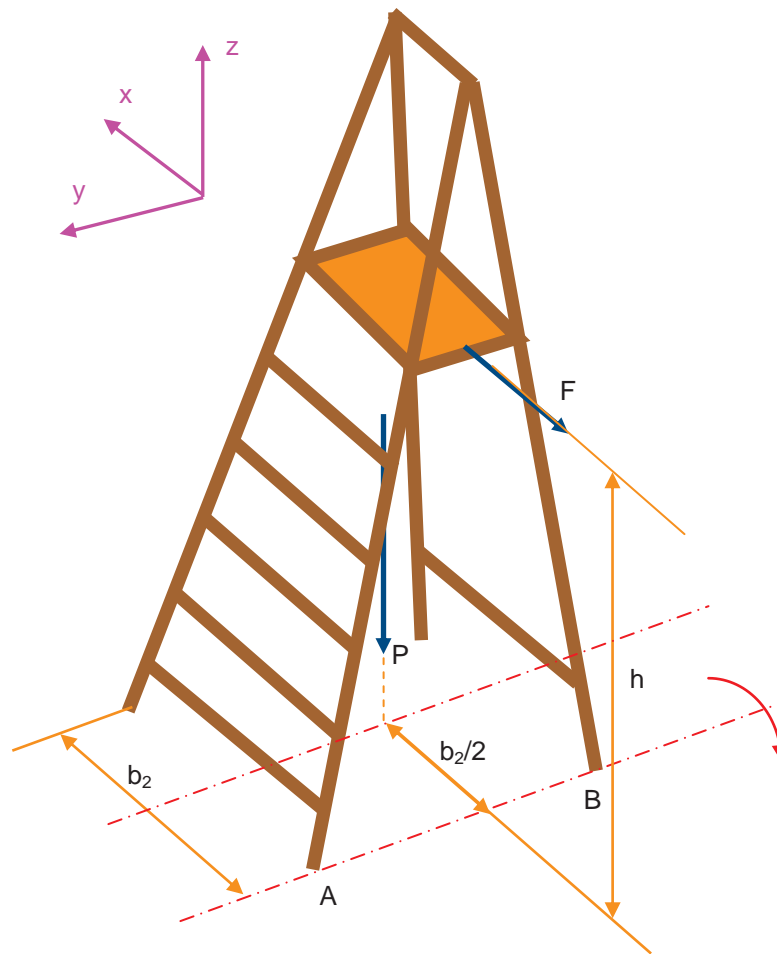


Figura 2.3.1 - 2 Carichi sulla scala

Si considera la rotazione intorno all'asse passante per i punti A e B (figura 2.3.1-2).

Posto:

F forza ribaltante

P peso complessivo (scala + operatore)

H altezza dal suolo del punto di applicazione della azione ribaltante

$b_2$  larghezza della scala, misurata alla base tra i fianchi esterni dei montanti

tronco di salita e tronco di supporto paralleli all'asse x

Per l'equilibrio dei momenti deve sussistere la seguente condizione:

$$\Sigma M_{AB} = 0$$

cioè:

$$Fh - P \frac{b_2}{2} = 0$$

$$Fh = P \frac{b_2}{2}$$

Il momento ribaltante deve essere uguale a quello stabilizzante.

La forza ribaltante minima è data da:

$$F = P \frac{b_2}{2h} \quad (2.3.1-1)$$

La scala doppia inizierà a ribaltarsi quando l'azione ribaltante raggiunge il valore minimo espresso dalla relazione (2.3.1-1).

Da essa si deduce che quanto è più alta la scala, tanto più larga deve essere, per mantenere la stessa forza minima ribaltante.

Consideriamo le condizioni di equilibrio al ribaltamento laterale, di una scala doppia con barra stabilizzatrice applicata alla base del tronco di salita, con rotazione intorno ad un asse passante per l'estremità della barra e per la base del montante posteriore.

Si considera l'equilibrio dei momenti con rotazione intorno all'asse passante per i punti C e B (figura 2.3.1-3):

Posto:

scala doppia simmetrica rispetto la mezzeria

d distanza tra i due montanti laterali

$\beta$  angolo di inclinazione del tronco di salita = angolo di inclinazione del tronco di supporto)

$\gamma$  angolo tra la direzione dell'asse y e l'asse di ribaltamento CB

s incremento del braccio stabilizzante dovuto alla presenza della barra stabilizzatrice, nel caso di scala doppia simmetrica rispetto la mezzeria:  $s = \frac{b-b_2}{4}$

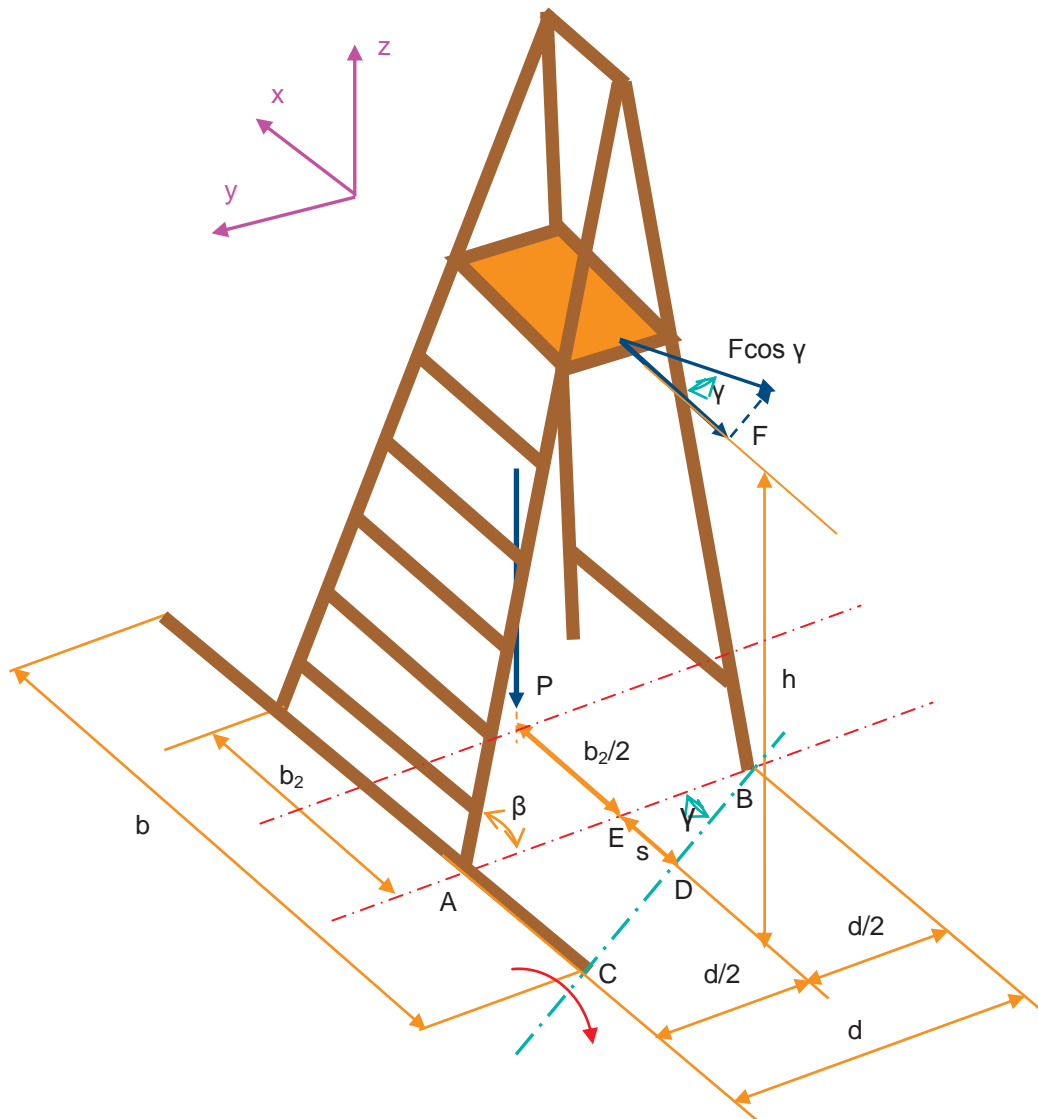


Figura 2.3.1-3 Carichi sulla scala

Per l'equilibrio dei momenti deve sussistere la seguente condizione:

$$\Sigma M_{CB} = 0$$

cioè:

$$F \cos \gamma h - P \left( \frac{b}{2} + s \right) \cos \gamma = 0$$

$$Fh = P \left( \frac{b}{2} + s \right)$$

Il momento ribaltante deve essere uguale a quello stabilizzante.

La forza ribaltante minima è data da:

$$F = \frac{P}{h} \left( \frac{b}{2} + s \right) \quad (2.3.1-2)$$

L'aumento della forza minima ribaltante con lo stabilizzatore rispetto a quella senza stabilizzatore è in relazione al rapporto:

$$i_{FR} = \frac{\frac{b}{2} + s}{\frac{b}{2}} = \frac{b + 2s}{b}$$

Da essa si deduce che la forza con barra  $F_{cb}$  è uguale alla forza senza barra  $F_{sb}$  moltiplicata per  $i_{FR}$ .

Nel caso più generale di scala ad apertura non simmetrica dei due tronchi, ponendo:

$$s = \frac{d_2}{d} - \frac{b - b_2}{2}$$

dove  $d_2 = EB$

si ottiene la forza minima:

$$F = \frac{P}{h} \left( \frac{b}{2} + \frac{d_2}{d} - \frac{b - b_2}{2} \right) \quad (2.3.1-3)$$

### 3. Durabilità

La durabilità di una scala portatile può essere definita come la capacità di questa a conservare i previsti requisiti di resistenza, stabilità, funzionalità e sicurezza, durante tutta la vita operativa attesa, senza richiedere manutenzione straordinaria e ripristino.

Una scala portatile è composta da diversi elementi collegati fra di loro. Tali collegamenti oltre ai requisiti di resistenza e funzionalità devono mantenere durante l'uso i giochi previsti in fase di progetto o comunque essi devono essere tali da rimanere entro tolleranze funzionali atte a garantire la stabilità della scala in condizioni di sicurezza.

A esempio, l'ovalizzazione dei fori delle cerniere di collegamento dei montanti di una scala doppia crea un disallineamento dei tronchi di salita e di supporto (figura 3 - 1), con conseguente appoggio della scala sul pavimento su tre montanti anziché su quattro. In tale condizione, durante la salita dell'operatore e/o durante l'uso, la scala può presentare sia dei movimenti longitudinali e/o laterali improvvisi che di oscillazione, tali da minare la stabilità della stessa.

Per quanto concerne le scale in appoggio, con particolare riferimento a quelle a più tronchi, una maggiore flessione sotto carico potrà derivare dalla deformazione delle interfacce di giunzione fra i vari tronchi, soprattutto se la scala è stata realizzata con i montanti aventi profili aperti (a C).

In ultimo non è da trascurare la consistenza dell'interfaccia gradino/montante.

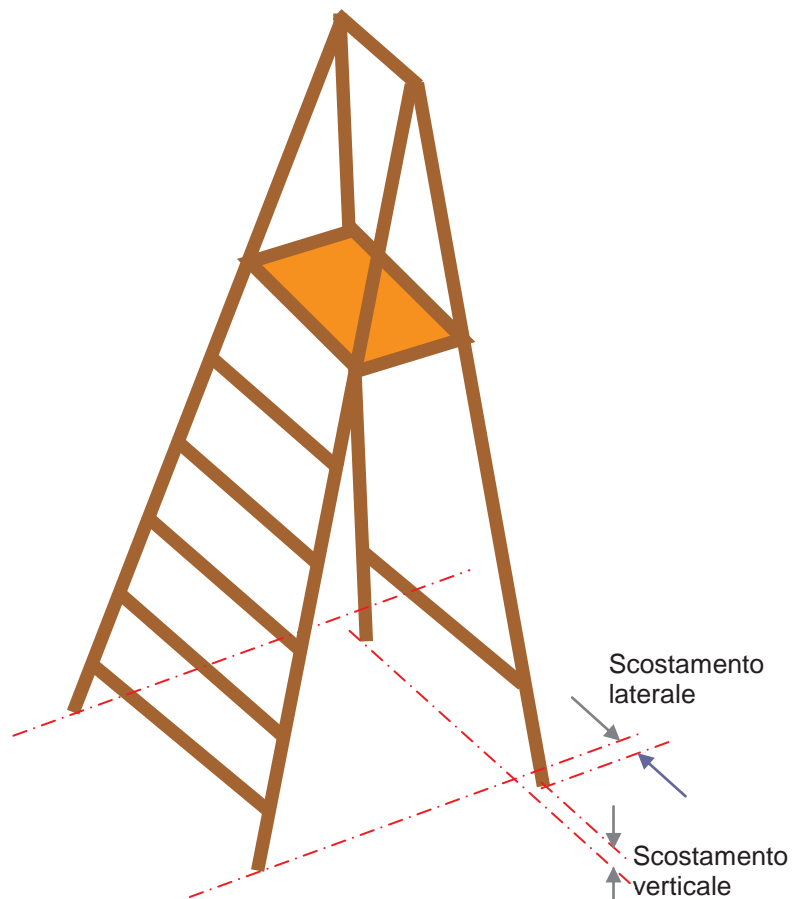


Figura 3-1 Disallineamento tronco di salita e di supporto





## 4. Prove di stabilità

### 4.1 Prove di stabilità allo slittamento alla base di una scala in appoggio

La prova di stabilità allo slittamento alla base dovrebbe simulare la posizione di una persona di peso  $P_P$  nel punto più sfavorevole su una scala di peso  $P_S$  e lunghezza  $l$ , posta in appoggio con un angolo  $\alpha$  su di una parete verticale che con la sua attività produce un'azione sulla scala che favorisce lo slittamento alla base della stessa.

Con tale prova si vuole determinare quale forza massima si oppone allo slittamento della scala a contatto con le superfici di prova.

Tale forza è determinata:

- dalle “condizioni di attrito” presenti all’interfaccia scala/superfici di prova che dipendono dalle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali, dallo stato di finitura delle superfici a contatto, dai carichi gravanti sulla scala (compreso il peso proprio) e dalla natura statica o dinamica di questi ultimi,
- dall’inclinazione della scala, a esempio rispetto alla superficie orizzontale.

Si sottolinea che una prova di laboratorio è una prova di riferimento che deve avvenire in condizioni standardizzate, essere ripetibile e riproducibile, ma che non replichi esattamente le svariate condizioni che si trovano nell’ambiente di utilizzo.

Una condizione essenziale ai fini della ripetibilità e della riproducibilità è che l’effettuazione della prova di slittamento alla base sia eseguita in assenza di disturbi provenienti dall’ambiente esterno quali, a esempio:

- vibrazioni che poi si propagano sul terreno e/o sulle strutture a contatto con la scala;
- vento;
- forti variazioni termiche

Eventuali disturbi residui devono essere di intensità tale che l’energia trasmessa alla scala non alteri sensibilmente i risultati di prova.

In tale contesto è importante che qualsiasi carico/forza applicata volutamente alla scala sia di carattere statico o quasi statico.

La metodologia di prova impiegata presenta le seguenti caratteristiche (schema in figura 4.1-1):

- lunghezza della scala:  $l = 4 \text{ m}$ ;
- inclinazione della scala:  $65^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$ ;
- tamponi di serie inseriti alla base dei montanti se la scala non è di legno;
- tamponi di serie inseriti alla sommità dei montanti se la scala non è di legno;
- ruotini inseriti alla sommità dei montanti se la scala presenta tale soluzione in uso;
- superficie di prova alla base: lastra di acciaio inossidabile (SS = Stainless Steel) di spessore  $\geq 2 \text{ mm}$ ;
- laminato in legno a alta pressione (HPL = High pressure laminate) di spessore  $\geq 2 \text{ mm}$ ;
- superficie di prova alla sommità: come la superficie di appoggio;
- carico  $F_1$  (peso morto = dead weight) applicato al centro del terz’ultimo gradino dalla sommità;
- forza tirante di prova  $F_2$  applicata alla base della scala ad altezza prefissata;
- azione che determina la forza  $F_2$  espletata da una massa d’acqua che si accumula lentamente in un contenitore sospeso mediante un collegamento alla base della scala;
- struttura di sostegno di adeguato peso o fissa;
- temperatura ambientale di prova:  $(20 \div 25) \text{ }^\circ\text{C}$

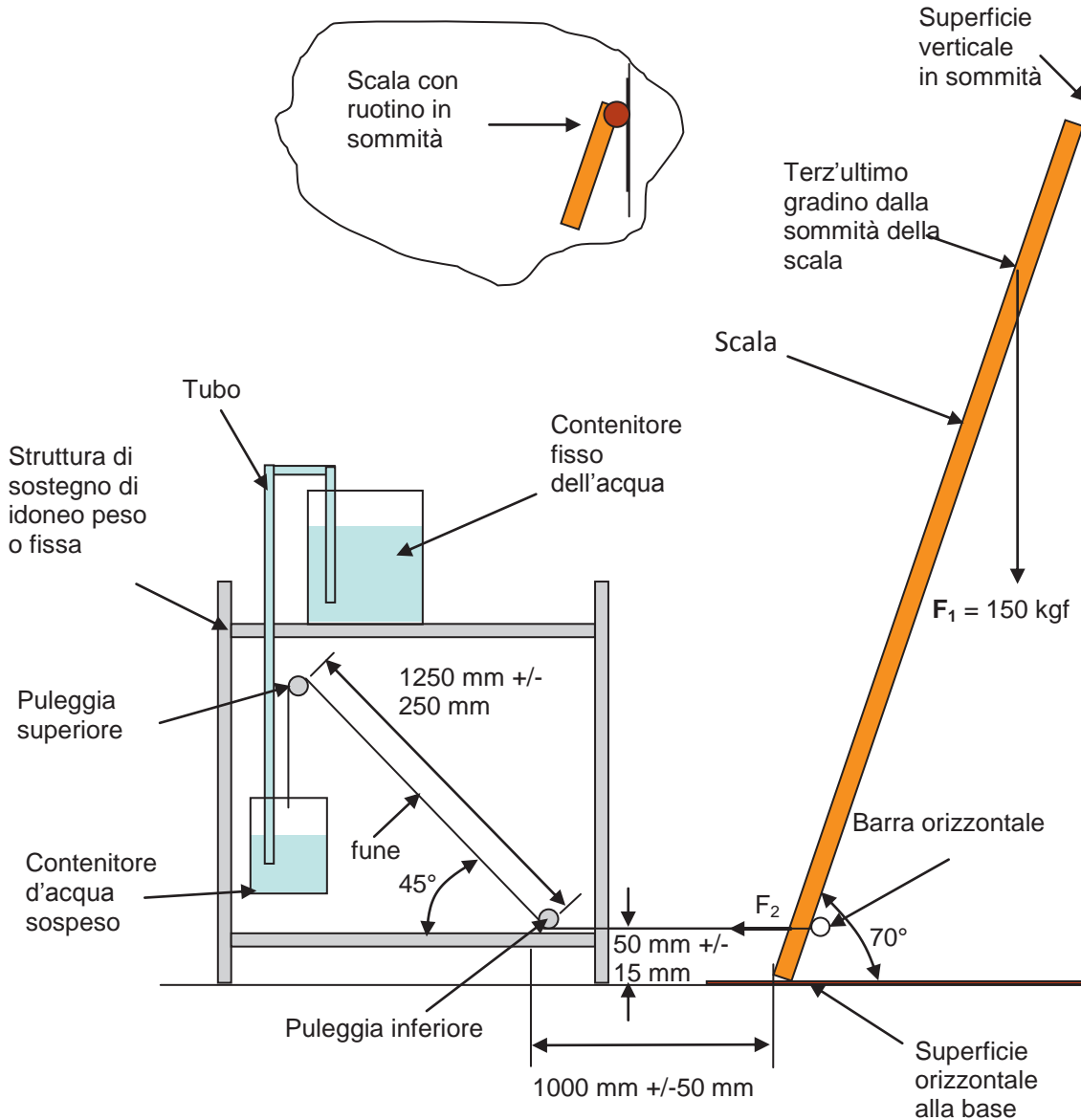


Figura 4.1-1 Schema dell'approntamento della prova

#### 4.1.1 Prove di prima indagine per stabilire idonei fattori di riferimento e condizioni di prova

Al fine di studiare il fenomeno viene condotta una serie di prove di prima indagine:

- facendo variare l'angolo  $\alpha$  di inclinazione della scala;
- con la presenza alla sommità della scala di:
  - tamponi in differenti materiali e con differenti geometrie del rilievo della superficie;
  - ruotini in sommità della scala per ridurre l'attrito;
- con la presenza alla base della scala di tamponi in differenti materiali e con differenti geometrie del rilievo della loro superficie;
- con differenti superfici di prova: lamiera di acciaio inossidabile 1.4301, tipo 2B di spessore pari a 2 mm minimo e laminato in legno ad alta pressione conforme alla EN 438-S333 di spessore pari a 2 mm minimo;
- con la presenza della forza di tiro alla base e sua modulazione secondo criteri stabiliti o la sua assenza;

- con la presenza di un peso (dead weight) sul terzultimo gradino o sua la assenza;
- con la presenza di un peso sul terzultimo gradino e il suo aumento progressivo.

La tabella 4.2.1-1 riporta in maniera sintetica le prove di primo approccio effettuate con le modalità sopra esposte.

Sono stati utilizzati n. 7 tamponi in pvc di diversa provenienza:

- il tipo A (n. 5) da fornitore italiano;
- il tipo B (n. 1) da fornitore austriaco;
- il tipo C (n. 1) da fornitore britannico;

La figura 4.1.1 – 1 rappresenta i sette tamponi citati e la relativa durezza Shore A.

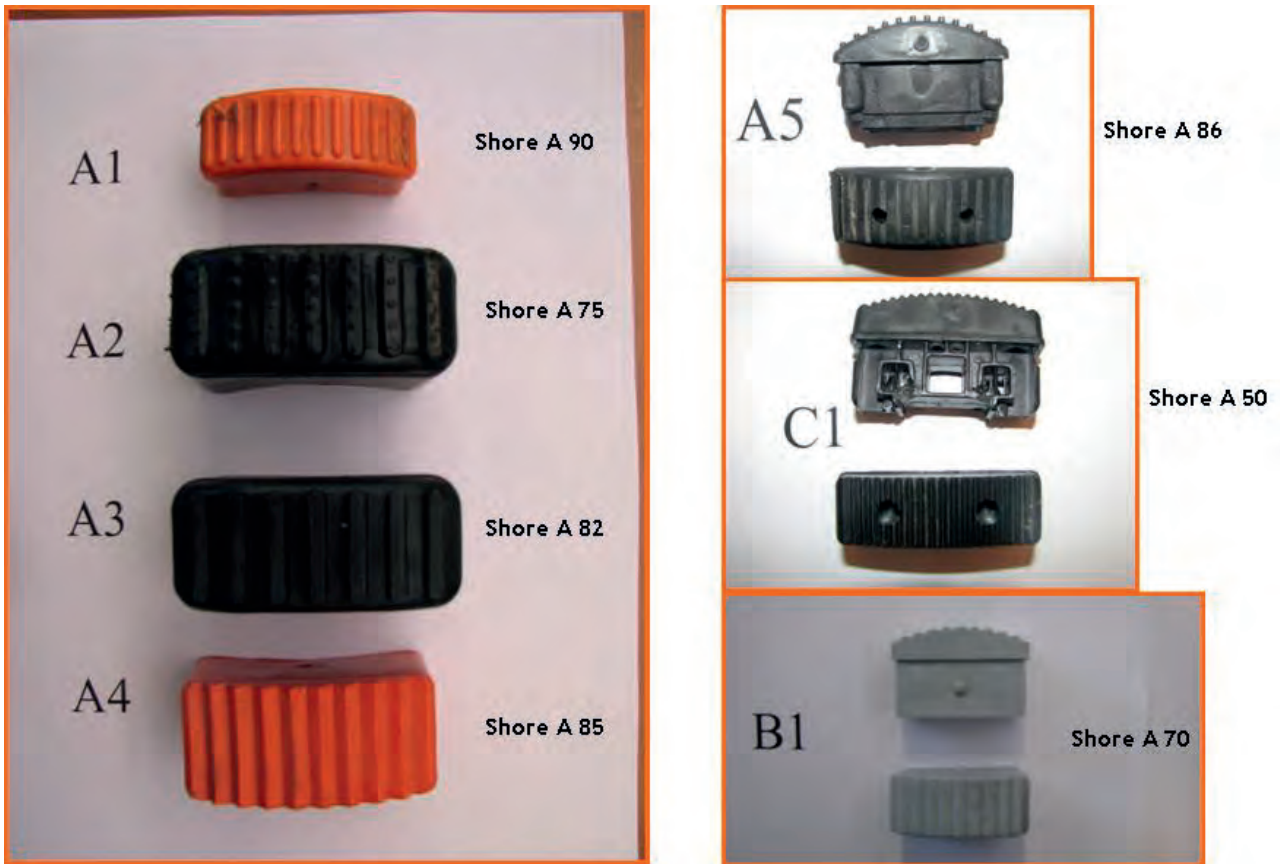


Figura 4.1.1 -1 Tamponi in pvc e relativa durezza shore A

Le due scale utilizzate sono di lunghezza pari a 4 metri (figura 4.2.1 - 2), la prima a un tronco solo, la seconda con un tronco leggermente più corto di 4 metri e l'aggiunta di un tronchetto per raggiungere la lunghezza di 4 metri. Tale soluzione si è resa necessaria per poter utilizzare i tamponi A5, B1 e C1 che presentavano una interfaccia con la scala diversa da A1, A2 e A3.

La misurazione della distanza di scivolamento è stata effettuata mediante asta graduata in millimetri.

La misurazione della forza di tiro alla base della scala, realizzata con la quantità di acqua travasata in un contenitore o della misura del peso applicato alla scala, è stata effettuata mediante bilancia con sensibilità di 1 grammo.

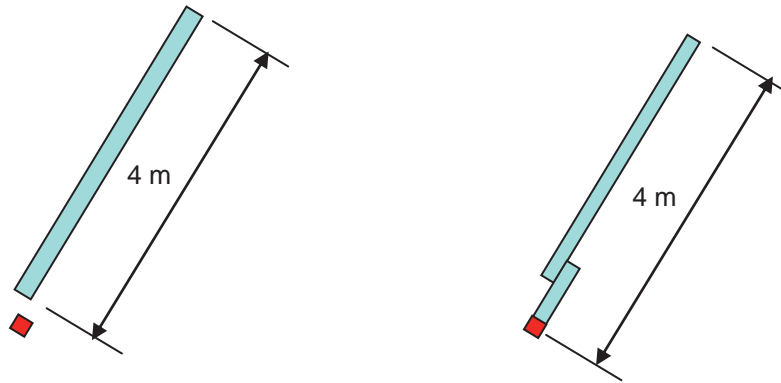


Figura 4.2.1 -1 - Tipi di scale utilizzate nel test di scivolamento alla base

Le figure che seguono illustrano l'attrezzatura utilizzata per la prova ed esempi di scala con relativi particolari.



Figura 4.2.1-2 Scala a tronco unico, superficie alla base in HPL e tiro alla base



Figura 4.2.1-3 Scala con tronchetto, ruotino in sommità, superficie di prova in HPL e tiro alla base



Figura 4.2.1-4 Particolare del ruotino in sommità e del sistema di misurazione della distanza di scivolamento



Figura 4.2.1-5 Prova su scala senza tiro alla base e con aumento progressivo del carico appeso



Figura 4.2.1-6 Scale inclinate a 65° e 70°

Test n.	$\alpha$	Tampone alla base	Tampone in sommità o ruotino W	Superficie di prova	Aumento a gradini della forza di tiro F2	Forza di tiro F2	Peso morto Pp terzultimo gradino	Slittamento improvviso	NOTE Scala
1	65°	A1	W	HPL	NO	SI	SI fisso	NO	1 tronco
2	65°	A1	A1	HPL	NO	SI	SI fisso	Si o quasi subito	1 tronco
3	65°	A2	A1	HPL	NO	SI	SI fisso	NO	1 tronco
4	65°	A3	A1	HPL	NO	SI	SI fisso	NO	1 tronco
5	65°	A4	A1	HPL	NO	NO	SI fisso	SI	1 tronco
6	65°	A3	W	HPL	NO	SI	SI fisso	NO	1 tronco
7	70°	A3	W	HPL	SI	SI	SI fisso	NO	1 tronco
8	70°	A4	W	HPL	NO	NO	SI fisso	SI	1 tronco
9	70°	A3	W	SS	SI	SI	SI fisso	NO	1 tronco
10	70°	A3	W	SS	SI	SI	SI fisso	NO	1 tronco
11	65°	A5	W	HPL	NO	NO	NO	SI	2 tronchi
12	65°	A5	W	HPL	NO	SI	NO	Quasi subito	2 tronchi
13	70°	A5	W	HPL	NO	SI	NO	Quasi subito	2 tronchi
14	65°	A5	W	HPL	NO	NO	Incremento	NO	2 tronchi
15	65°	B1	W	HPL	NO	NO	SI fisso	NO	2 tronchi
16	65°	B1	W	HPL	NO	SI	SI fisso	NO	2 tronchi
17	65°	C1	W	HPL	NO	NO	SI fisso	NO	2 tronchi
18	65°	C1	W	HPL	NO	SI	SI fisso	NO	2 tronchi

Tabella 4.2.1-1 Riassunto delle prove di scivolamento di prima indagine

### Risultati delle prove di prima indagine

I risultati delle prove effettuate vengono riportati nelle schede inserite nell'allegato 1.

Nelle figure che seguono vengono riportati dei grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.

*Legenda:*

A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, C1 = tipologia di tamponi applicati ai montanti

W = ruotino in sommità al posto del tampone

65°, 70° = angolo di inclinazione della scala rispetto l'orizzontale

HPL = high pressure laminate = laminato in legno ad alta pressione (superficie di prova)

SS = stainless steel = acciaio inossidabile (superficie di prova)

Pp = peso morto applicato al terzultimo gradino

Ps = peso della scala



Prova n. 7

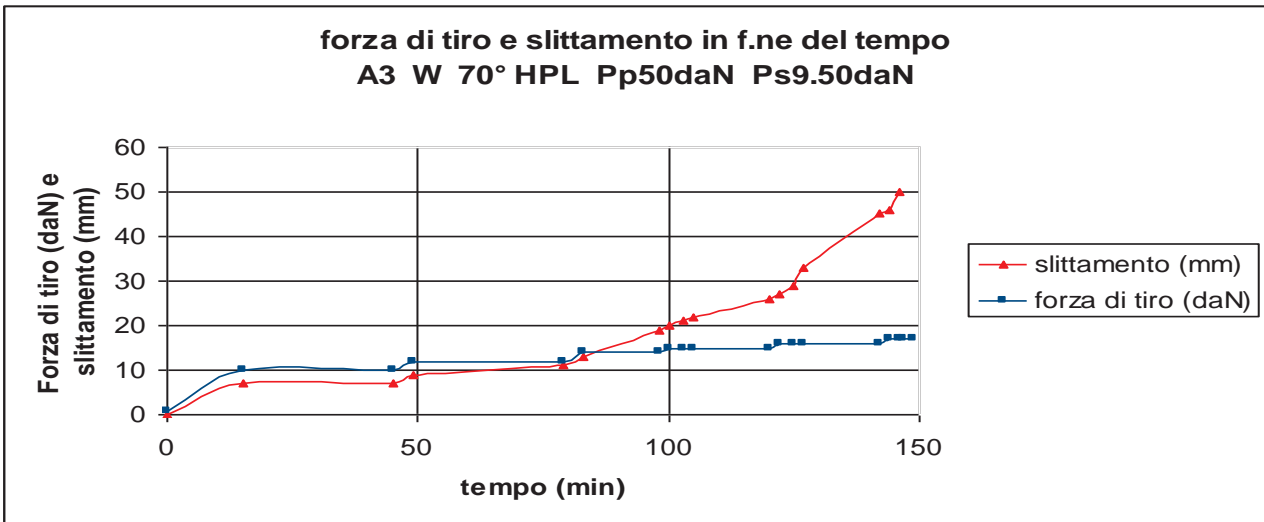


Figura 4.2.1-7 Forza di tiro e slittamento in funzione del tempo

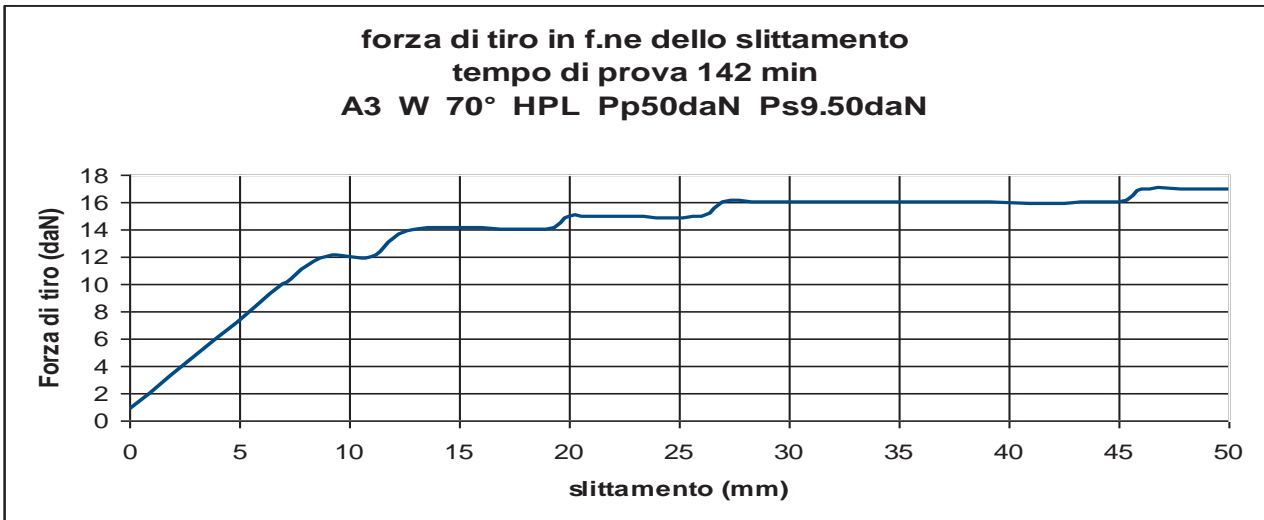


Figura 4.2.1-8 Forza di tiro in funzione dello slittamento

La prova n. 7 è stata realizzata applicando un peso morto di 50 daN al terzultimo gradino e con un aumento della forza di tiro a gradini (periodi di stasi della forza e periodi di aumento continuo) come rappresentato in figura 4.2.1-7. La superficie di prova è in HPL. La prova viene interrotta quando la scala ha raggiunto uno slittamento di 50 mm in un tempo di circa 2,5 ore, in corrispondenza di una forza di tiro di 17 daN.

La lettura combinata delle figura 4.2.1-7 e 4.2.1-8 permette di verificare che intorno ai 12 daN a piccoli aumenti della forza di tiro si verificano consistenti slittamenti della scala: si noti l'impennata della curva degli slittamenti intorno agli 80 min. Lo slittamento corrispondente risulta di 12 mm.

La scala presenta sotto carico e sotto tiro uno slittamento fin dall'istante iniziale della loro applicazione.

Prova n. 9

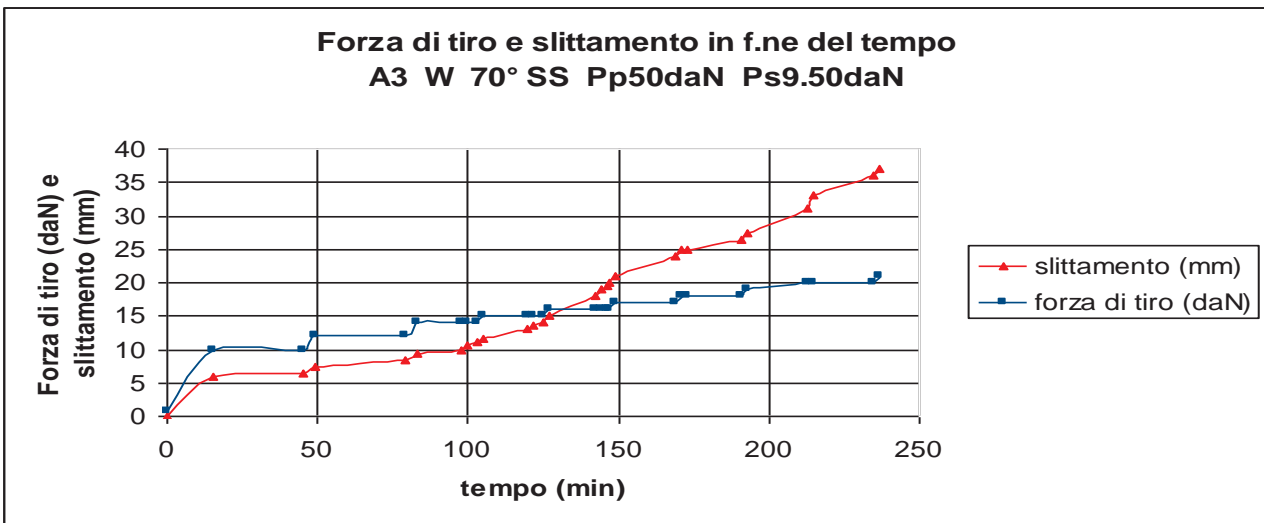


Figura 4.2.1-9 Forza di tiro e slittamento in funzione del tempo

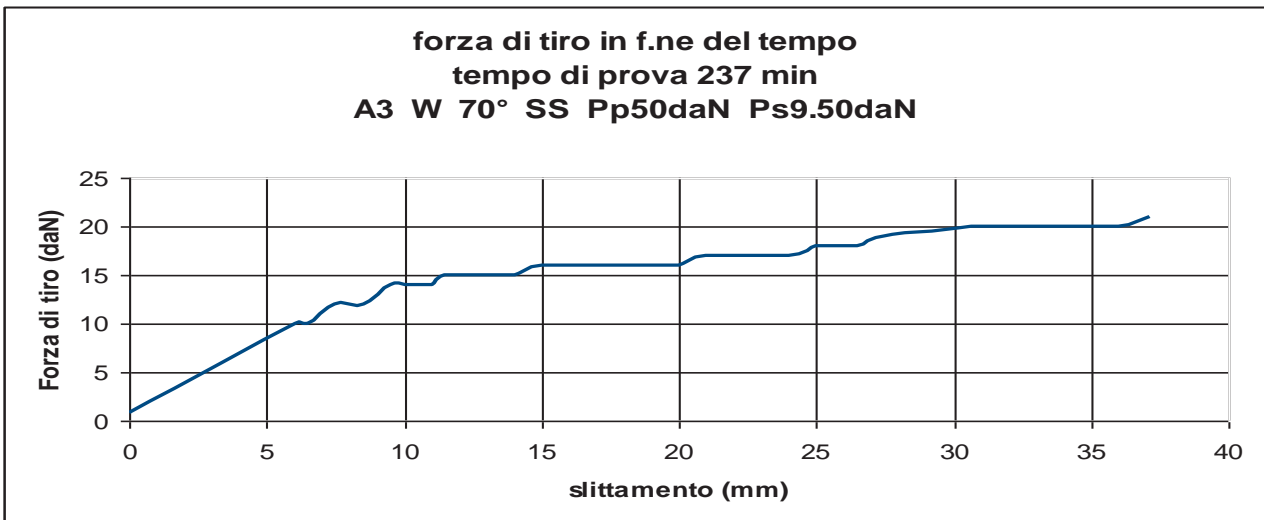


Figura 4.2.1-10 Forza di tiro in funzione dello slittamento

La prova n. 9 è stata realizzata applicando un peso morto di 50 daN al terzultimo gradino e con un aumento della forza di tiro a gradini (periodi di stasi della forza e periodi di aumento continuo) come rappresentato in figura 4.2.1-9. La superficie di prova è in SS. La prova è stata interrotta dopo circa 4 ore, con uno slittamento di 37.5 mm ed una corrispondente forza di tiro di 21 daN.

La lettura combinata delle figure 4.2.1-9 e 4.2.1-10 permette di verificare che intorno ai 14 daN a piccoli aumenti della forza di tiro si verificano consistenti slittamenti della scala: si noti l'inizio di un aumento più ripido della curva degli slittamenti intorno ai 100 min. Lo slittamento corrispondente risulta di 10 mm.

La scala presenta sotto carico e sotto tiro uno slittamento fin dall'istante iniziale della loro applicazione.

Prova n. 10

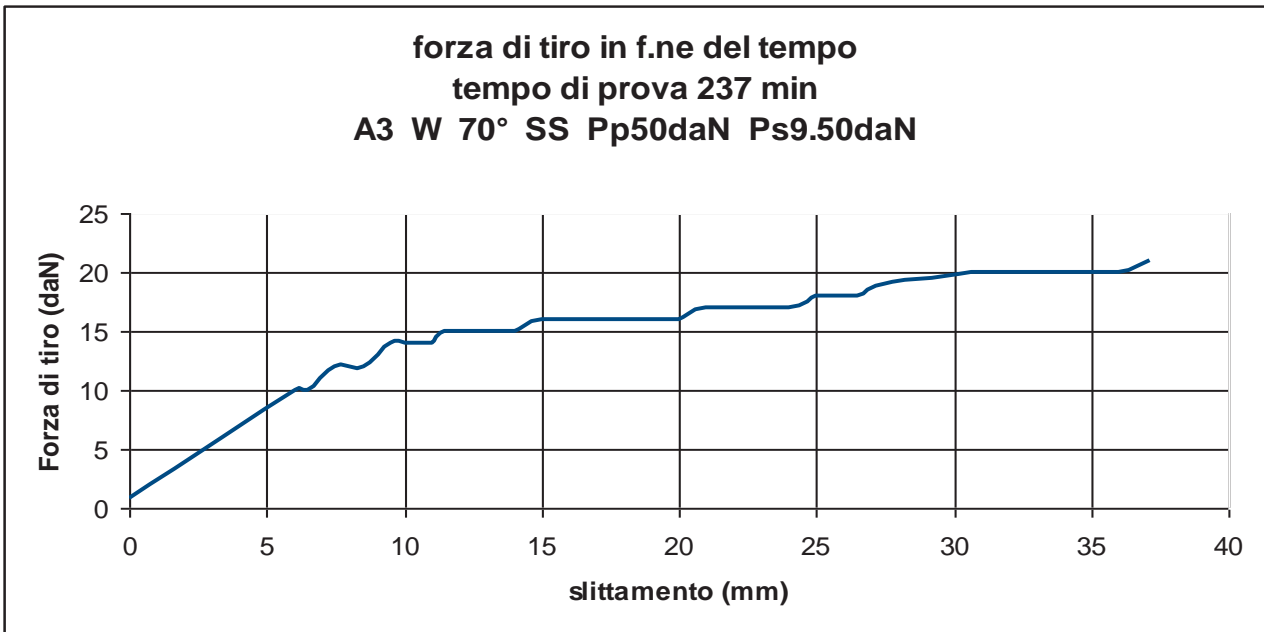


Figura 4.2.1-11 Forza di tiro e slittamento in funzione del tempo

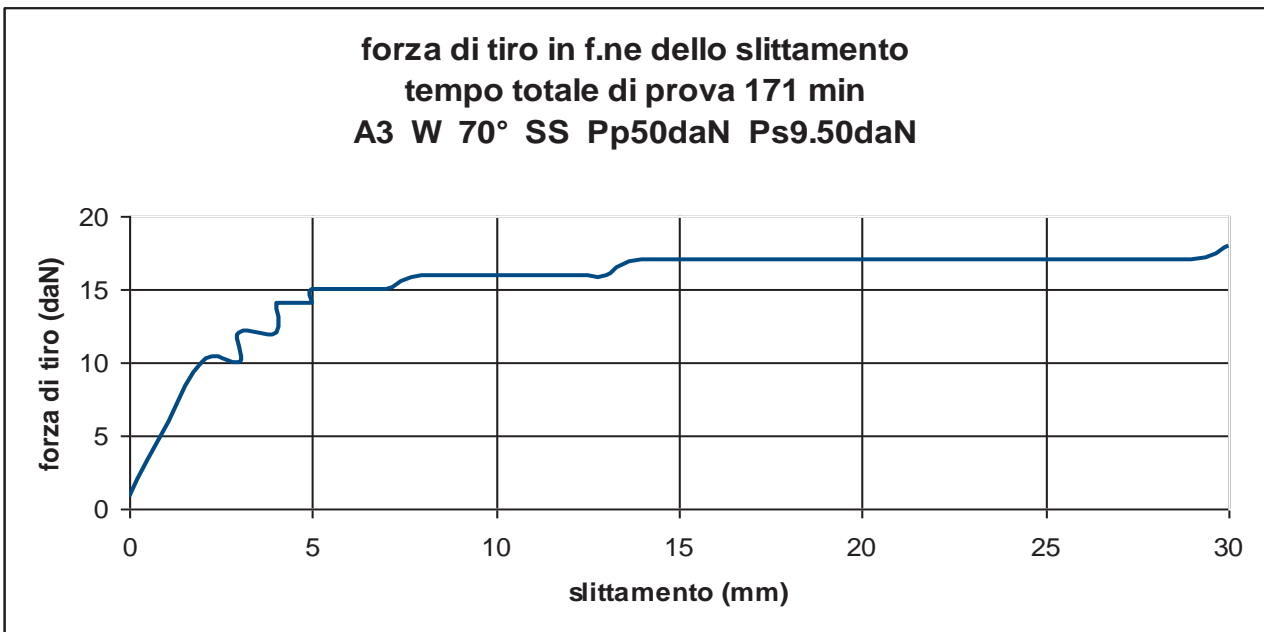


Figura 4.2.1-12 Forza di tiro in funzione dello slittamento

La prova n. 10 è stata realizzata applicando un peso morto di 50 daN al terzultimo gradino e con un aumento della forza di tiro a gradini (periodi di stasi della forza e periodi di aumento continuo) come rappresentato in figura 4.2.1-11. La superficie di prova è in SS. La scala slitta definitivamente, perdendo la stabilità, dopo un tempo di circa 3 ore, dopo aver effettuato uno slittamento di 30 mm con una corrispondente forza di tiro di 19 daN.

La lettura combinata delle figura 4.2.1-11 e 4.2.1-12 permette di verificare che intorno ai 14 daN a piccoli aumenti della forza di tiro si verificano consistenti slittamenti della scala: si noti l'inizio di un aumento più ripido della curva degli slittamenti intorno agli 100 min. Lo slittamento corrispondente risulta essere di 5 mm.

La scala presenta sotto carico e sotto tiro uno slittamento fin dall'istante iniziale della loro applicazione.

### **Osservazioni sulle prove 7, 9 e 10**

I grafici delle tre prove presentano un andamento generale sostanzialmente analogo: ad esempio, nel grafico “forza di tiro e slittamento in funzione del tempo”, lo slittamento in un primo momento presenta un andamento leggermente inclinato per poi aumentare rapidamente nel tempo. Nel grafico “forza di tiro in funzione dello slittamento” la forza di tiro, in un primo momento, deve aumentare consistentemente per produrre piccoli scivolamenti, mentre in un secondo momento sono necessari piccoli aumenti per produrre grandi slittamenti.

Tali andamenti permettono di individuare così la zona dove i grafici cambiano decisamente inclinazione. I corrispondenti valori della forza di tiro potrebbero essere presi come indicativi del momento in cui il fenomeno “attrito” sta mutando in sfavore della instabilità della scala.

Prova n. 14

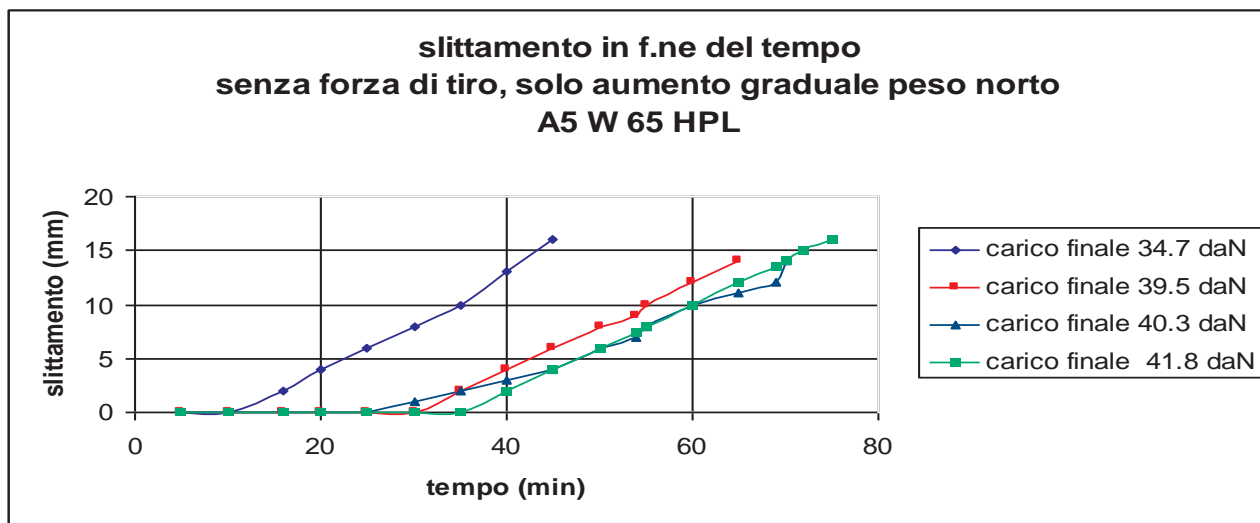


Figura 4.2.1-13 Slittamento in funzione del tempo

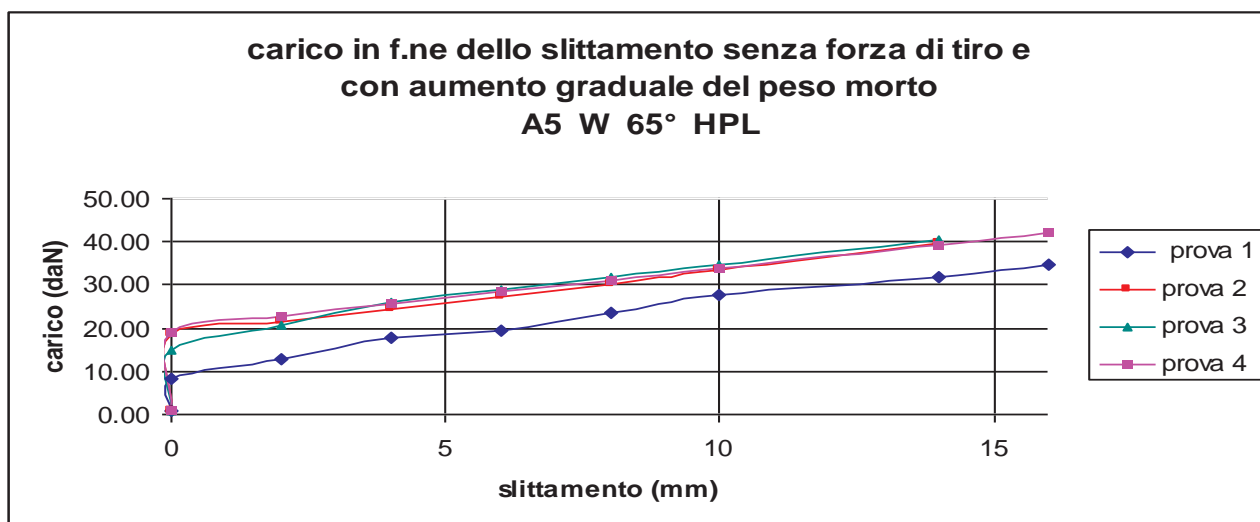


Figura 4.2.1-14 Carico (peso morto) in funzione dello slittamento

La prova tipo n. 14 è stata realizzata applicando al terzultimo gradino un carico (peso morto) con aumento graduale a partire da zero e senza forza di tiro. La superficie di prova è in HPL.

Al raggiungimento dei carichi massimi la scala slitta rapidamente perdendo la sua stabilità tra i 50 ed i 90 minuti dopo aver iniziato la prova.

I grafici delle figure 4.2.1-13 e 4.2.1-14 rappresentano n. 4 prove effettuate in condizioni simili: i carichi massimi si attestano fra 35 daN e 42 daN.

#### Osservazioni sulla prova 14

I grafici delle quattro prove presentano un andamento analogo sia nel caso slittamento in funzione del tempo che del carico in funzione dello slittamento.

La prova n.1, rispetto alle altre tre, fornisce dei valori di slittamento e di carico finale più bassi. Si ritiene ciò dovuto ad una prima fase di stabilizzazione dei tamponi utilizzati, i quali quando impiegati nelle tre prove successive, conferiscono al fenomeno risultanze più omogenee con risultati meno dispersi (carichi massimi tra 39.5 daN e 42 daN).

Prova n. 16

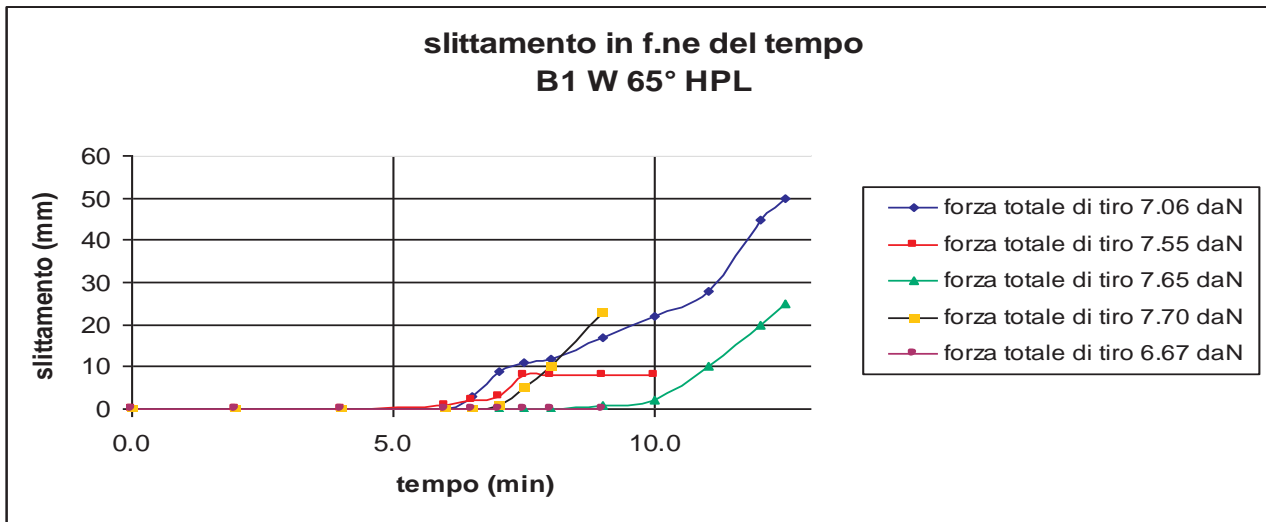


Figura 4.2.1-15 Slittamento in funzione del tempo

La prova tipo n. 16 è stata realizzata applicando al terzultimo gradino un carico (peso morto) di 50 daN e con aumento graduale della forza di tiro. La superficie di prova è in HPL.

Il grafico di figura 4.2.1-15 rappresenta n. 5 prove effettuate in condizioni simili: i carichi massimi si attestano intorno tra i 7 daN e gli 8 daN.

#### Osservazioni sulla prova 16

Ad eccezione della prima prova (assestamento del tampone della scala), dove al tempo di 13 minuti, fornisce uno slittamento di 50 mm, le altre quattro prove, in tempi di circa 10 minuti, realizzano, dopo un breve slittamento, uno scivolamento rapido con conseguente perdita di stabilità della scala.

In tutti i casi la forza massima di tiro è bassa (8 daN) rispetto a quelle registrate con altri tamponi e, la scala perde subito la sua stabilità indicando la scarsa efficacia dei tamponi.

Prova n. 18

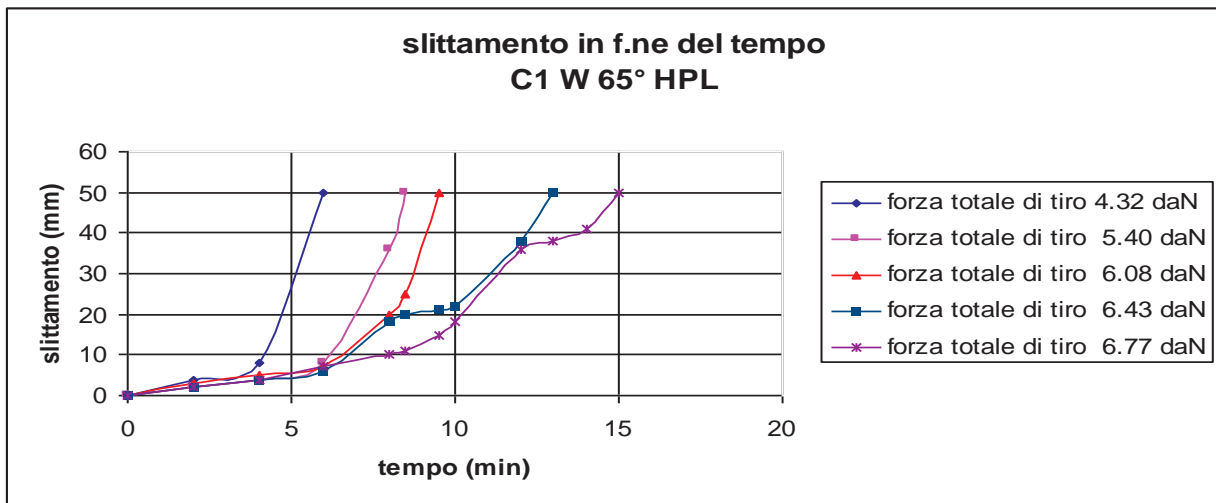


Figura 4.2.1-16 Slittamento in funzione del tempo

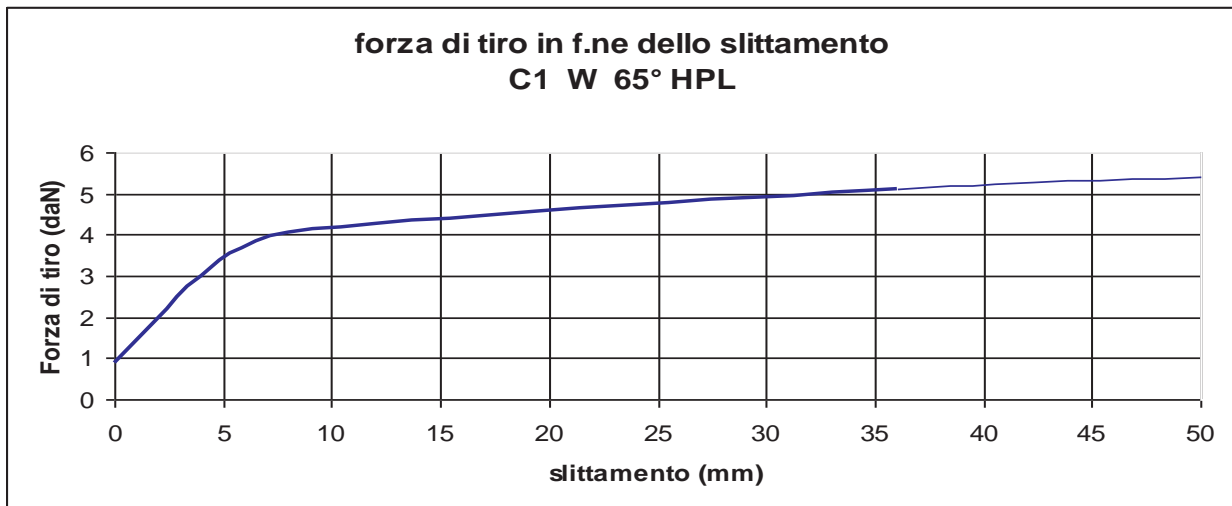


Figura 4.2.1-17 Forza di tiro in funzione dello slittamento (prova n. 2)

La prova tipo n. 18 è stata realizzata applicando al terzultimo gradino un carico (peso morto) di 50 daN e con aumento graduale della forza di tiro. La superficie di prova è in HPL. Le prove vengono fermate quando la scala ha raggiunto i 50 mm di slittamento, con tempi compresi tra i 6 e i 15 minuti.

Il grafico di figura 4.2.1-16 rappresenta n. 5 prove effettuate in condizioni simili: i carichi massimi si attestano tra i 4 daN e i 7 daN.

### Osservazioni sulla prova 18

Si rilevano forze di tiro massime basse rispetto ad altre prove effettuate con tamponi differenti evidenziandone la scarsa efficacia.

La figura 4.2.1 – 17 mostra l'andamento della forza di tiro in funzione dello slittamento per la prova n. 2. Andamenti analoghi vengono registrati per le altre quattro prove. Si evidenzia che intorno agli 8 mm di slittamento e con una forza di tiro di circa 4 daN, tutti i grafici riducono la loro inclinazione, per cui lo slittamento procede verso i 50 mm con piccoli aumenti della forza traente.

### Conclusioni sulle prove di prima indagine

I risultati delle prove di prima indagine presentano indicazioni favorevoli in merito alla riproducibilità delle prove. La tabella 4.2.1-2 riassume i principali risultati delle prove di scivolamento di primo approccio.

Test n.	$\alpha$	Tampone alla base	Tampone in sommità o ruotino W	Superficie di prova	Forza di tiro max F2 (daN)	Peso morto Pp terzultimo gradino (daN)	Slittamento improvviso	NOTE Slittamento (mm)
1	65°	A1	W	HPL	6 ÷ 10	50 fisso	NO	50 in 10 min.
2	65°	A1	A1	HPL	3 ÷ 4	50 fisso	Si o quasi subito	50 in 3 min o slitt.
3	65°	A2	A1	HPL	5 ÷ 7	50 fisso	NO	50 in 3 ÷ 6 min.
4	65°	A3	A1	HPL	10 ÷ 15	50 fisso	NO	50 in 17 ÷ 27 min.
5	65°	A4	A1	HPL	NO	50 fisso	SI	/
6	65°	A3	W	HPL	9 ÷ 13	50 fisso	NO	50 in 13 ÷ 20 min.
7	70°	A3	W	HPL	17	50 fisso	NO	50 in 147 min.
8	70°	A4	W	HPL	NO	50 fisso	SI	/
9	70°	A3	W	SS	21	50 fisso	NO	37 in 237 min.
10	70°	A3	W	SS	19	50 fisso	NO	30 in 173 min. slit
11	65°	A5	W	HPL	NO	NO	SI	/
12	65°	A5	W	HPL	4	NO	Quasi subito	0
13	70°	A5	W	HPL	4	NO	Quasi subito	0 ÷ 3 in 6 min.
14	65°	A5	W	HPL	NO	Incremento fino a 35 ÷ 42	NO	54 ÷ 88 in 35 ÷ 42 min slitt.
15	65°	B1	W	HPL	NO	50 fisso	NO	8 in 10 min.
16	65°	B1	W	HPL	7 ÷ 8	50 fisso	NO	8 ÷ 25 in 13 min. slitt.
17	65°	C1	W	HPL	NO	50 fisso	NO	50 in 13 ÷ 125 min.
18	65°	C1	W	HPL	3 ÷ 4	50 fisso	NO	50 in 9 ÷ 15 min.

Tabella 4.2.1-1 Riassunto delle prove di scivolamento di prima indagine

Da un esame dei grafici e dei risultati si evidenzia:

- una ripetizione dell'andamento dei grafici che mostrano la rappresentatività della legge che governa il fenomeno;
- una sufficiente ripetitività dei risultati, dopo un assestamento del tampone;
- una differenziazione sostanziale tra tamponi con scarsa efficacia, nei confronti dello scivolamento, da quelli migliori;
- un addensamento dei valori della forza di tiro, per ciascuna tipologia di tamponi utilizzati, in base alle condizioni di prova;
- lo slittamento è improvviso o quasi istantaneo già sotto il peso proprio della scala o con forze di tiro al di sotto dei 5 daN e un carico sul terz'ultimo gradino di 50 daN;
- uno slittamento di 50 mm in tempi compresi tra i 5 e i 10 minuti e forze di tiro tra i 5 e i 10 daN;
- uno slittamento di 50 mm in tempi superiori ai 100 minuti e con forze di tiro comprese tra i 15 e 20 daN.



Alla luce dell'esperienza acquisita durante le prove di primo approccio si può passare a una fase di indagine successiva (seconda indagine), introducendo i seguenti criteri sia per la conduzione delle prove sia per i fattori da prendere in considerazione per l'accettazione delle prove:

- appoggiare la scala con un angolo  $\alpha$  rispetto all'orizzontale pari a  $70^\circ \pm 0.5^\circ$ ;
- controllare che la scala appoggi con ambedue i montanti alla parete verticale e che il montante abbia un angolo laterale di  $90^\circ \pm 1^\circ$  rispetto all'orizzontale;
- prima di iniziare la prova la scala/tampone deve subire un primo assestamento con un carico pari al peso medio di una persona (circa 75 daN);
- per superficie di prova alla base della scala viene scelta la lastra d'acciaio (SS), in quanto meno soggetta a modifiche superficiali di usura;
- per superficie di prova alla sommità della scala viene scelta o la lastra in acciaio inossidabile o un laminato in legno ad alta pressione,
- pulire i tamponi con un panno di cotone umido d'acqua e aspettare che si asciughino.

#### 4.2.2 Prove di seconda indagine

Al fine di studiare sotto vari aspetti il fenomeno in esame è stata condotta una serie di prove di seconda indagine.

In tale contesto sono state effettuate delle prove facendo variare i seguenti fattori e misurando lo slittamento:

- peso morto  $F_1$  sul terzultimo gradino: 50, 100, 125, 150 (daN);
- forza di tiro a incremento continuo a partire da 0.87 daN;
- forza di tiro  $F_2$ : variabile a incremento fisso di 1 daN a partire da 10 daN;
- tempo massimo di prova: 30 minuti;

Sono state utilizzate due tipologie di tamponi applicate ai montanti delle scale A1 e A3.

I risultati delle prove sono riportate nell'allegato 2.

#### Conclusioni sulle prove di seconda indagine

I risultati delle prove di seconda indagine mostrano indicazioni favorevoli nei riguardi della riproducibilità delle prove.

La tabella 4.2.2 -1 riporta una sintesi delle prove presentate nell'allegato 2.

n. prova da... a...	Tampone tipo	Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di forza di tiro applicata F2	Intensità forza F2 (daN)				Slittamento (mm)	Tempo (s)	Commenti (*)
				costante	incremento continuo					
					da	a				
					min	max				
1÷5	A3	50	Incremento continuo	/	0.87	11.5	15.8	0 ÷ 5	30	La scala si muove, ma non slitta
6 ÷ 13	A3	50	Incremento continuo		0.87	15.3	16.2	10 ÷ 74	30	La scala si muove, ma non slitta
14 ÷ 19	A3	50	costante	10	/	/	/	0	30	La scala non si muove
20 ÷ 22	A3	50	costante	15	/	/	/	0	30	La scala non si muove
23 ÷ 24	A3	50	costante	16 e 17	/	/	/	/	20	La scala si muove e slitta a 20' Dopo 10', 23 mm a 16 daN Dopo 10', 65 mm a 17 daN
25	A3	100	costante	0	/	/	/	0	30	La scala non slitta sotto il peso proprio
26	A3	100	costante	10	/	/	/	0	30	La scala non si muove
27 ÷ 28	A3	100	costante	15	/	/	/	/	30	La scala: Dopo 30', 0 mm Dopo 30', 10 mm
29	A3	100	costante	15	/	/	/	10	30	Dopo 18 ore la scala si è mossa di 310 mm
30	A3	100	costante	10	/	/	/	0	30	La scala non si muove (come prova 26)

(\*)Angolo inclinazione della scala uguale a 70°

Superficie di prova: acciaio inox

Peso della scala: 9.28 daN

Fino alla prova 72 stesso tampone A3.

Tabella 4.2.2 -1 - Sintesi delle prove presentate nell'annesso

n. prova da... a...	Tampone tipo	Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di forza di tiro applicata F2	Intensità forza F2 (daN)				Slittamento (mm)	Tempo (s)	Commenti (*)
				costante	incremento continuo					
					da	a				
				min	max					
31	A3	100	costante	10	/	/	/	0	30	Dopo 48 ore la scala non si è mossa
32 ÷ 34	A3	100	costante	11-12-13	/	/	/	0	30	La scala non si muove durante i tiri a 11 daN, 12 daN, 13 daN
35	A3	100	costante	14	/	/	/	2	30	Dopo 48 ore la scala si è mossa di 3 mm
36 ÷ 52	A3	125	costante	10÷26	/	/	/	0	30	La scala non si muove. Forza di tiro costante per ogni singola prova. Ogni prova incrementa di 1 daN. In tutte le 17 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
53	A3	125	costante	27	/	/	/	50	10	La scala inizia a muoversi lentamente

(\*)Angolo inclinazione della scala uguale a 70°

Superficie di prova: acciaio inox

Peso della scala: 9.28 daN

Fino alla prova 72 stesso tampone A3.

Tabella 4.2.2 -1 - Sintesi delle prove presentate nell'annesso

n. prova da... a...	Tampone tipo	Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di forza di tiro applicata F2	Intensità forza F2 (daN)				Slittamento (mm)	Tempo (s)	Commenti (*)
				costante	incremento continuo					
					da	a				
					min	max				
54 ÷ 56	A3	150	costante	25÷27	/	/	0	/	30	La scala non si muove. Forza di tiro costante per ogni singola prova. Ogni prova incrementa di 1 daN. In tutte le 3 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
57	A3	150	costante	28	/	/	/	/	/	La scala inizia a slittare subito.
58 ÷ 59	A3	50	costante	14	/	/	/	/	/	La scala inizia a slittare dopo 2 minuti.
60 ÷ 61	A3	50	costante	10÷11	/	/	/	0	30	La scala non si muove. Ogni prova incrementa di 1 daN.
62	A3	50	costante	12	/	/	/	/	/	La scala inizia a muoversi e slittare subito
62	A3	50	costante	12	/	/	/	/	/	La scala inizia a muoversi e slittare subito

(\*)Angolo inclinazione della scala uguale a 70°

Superficie di prova: acciaio inox

Peso della scala: 9.28 daN

Fino alla prova 72 stesso tampone A3.

Tabella 4.2.2 -1 - Sintesi delle prove presentate nell'annesso

n. prova da...a ...	Tampone tipo	Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di forza di tiro applicata F2	Intensità forza F2 (daN)				Slittamento (mm)	Tempo (s)	Commenti (*)
				costante	incremento continuo					
					da	a				
					min	max				
63 ÷ 68	A3	75	costante	12÷17	/	/	/	0	30	La scala non si muove. Forza di tiro costante per ogni singola prova. Ogni prova incrementa di 1 daN. In tutte le 6 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
69	A3	75	costante	18	/	/	/	/	/	La scala si muove di 30 mm in 4', poi slitta.
70 ÷ 71	A3	100	costante	18÷19	/	/	/	0	30	La scala non si muove. Ogni prova incrementa di 1 daN.
72	A3	100	costante	20	/	/	/	/	/	La scala si muove di 40 mm in 3', poi slitta.

(\*)Angolo inclinazione della scala uguale a 70°

Superficie di prova: acciaio inox

Peso della scala: 9.28 daN

Fino alla prova 72 stesso tampone A3.

Tabella 4.2.2 -1 - Sintesi delle prove presentate nell'annesso

n. prova da... a...	Tampone tipo	Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di forza di tiro applicata F2	Intensità forza F2 (daN)				Slittamento (mm)	Tempo (s)	Commenti (*)
				costante	incremento continuo					
					da	a				
					min	max				
73	A3	100	costante	18	/	/	/	0	30	Vengono sostituiti i tamponi A3 usati fino alla prova n. 72 con tamponi A3 nuovi. La scala non si muove.
74	A3	100	costante	19	/	/	/	/	/	La scala slitta dopo 1 minuto.
75	A3	125	costante	19	/	/	/	/	/	Dopo 22 minuti con uno scorrimento di 35 mm, la fune del tiro si spezza. La prova viene interrotta.
76	A3	125	costante	19	/	/	/	24	30	La scala si muove, ma non slitta.
77	A3	125	costante	20	/	/	/	22	30	La scala si muove, ma non slitta.
78	A3	125	costante	21	/	/	/	35	30	La scala si muove, ma non slitta.
79 ÷ 81	A3	150	costante	21	/	/	/	30÷60	30	La scala si muove, ma non slitta.
82	A1	50	costante	0	/	/	/	0	5	La scala non si muove.
83	A1	50	costante	10	/	/	/	/	/	La scala slitta immediatamente
84	A1	50	costante	13	/	/	/	/	/	La scala slitta immediatamente

(\*) Angolo inclinazione della scala uguale a 70°

Superficie di prova: acciaio inox

Peso della scala: 9.28 daN

Fino alla prova 72 stesso tampone A3.

A partire dalla prova 82 si sostituiscono i tamponi A3 con quelli A1

Tabella 4.2.2 -1 - Sintesi delle prove presentate nell'annesso

n. prova da... a...	Tampone tipo	Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di forza di tiro applicata F2	Intensità forza F2 (daN)				Slittamento (mm)	Tempo (s)	Commenti (*)
				costante	incremento continuo					
					da	a				
				min	max					
85	A1	50	costante	5	/	/	/	0	5	La scala non si muove.
86	A1	50	costante	6	/	/	/	15	0.5	La scala slitta subito poi si ferma.
87	A1	50	costante	6	/	/	/	/	/	La scala non si muove
88	A1	50	costante	7	/	/	/	2	5	La scala si muove ma non slitta.
89 ÷ 90	A1	50	costante	8÷9	/	/	/	0	5	La scala non si muove. Ogni prova incrementa di 1 daN.
91 ÷ 93	A1	50	costante	10	/	/	/	/	/	La scala slitta immediatamente
94	A1	75	costante	0	/	/	/	0	5	La scala non si muove.
95 ÷ 98	A1	75	costante	10	/	/	/	/	/	La scala slitta immediatamente
99	A1	75	costante	9	/	/	/	0	5	La scala non si muove.
100	A1	100	costante	9	/	/	/	0	5	La scala non si muove.
101	A1	100	costante	10	/	/	/	2	7	La scala si muove ma non slitta.
102 ÷ 105	A1	100	costante	11÷14				0÷2	5	La scala si muove ma non slitta.
106 ÷ 108	A1	100	costante	15	/	/	/	/	/	La scala slitta immediatamente.
109	A1	150	costante	15	/	/	/	/	/	La scala slitta immediatamente.

(\*) Angolo inclinazione della scala uguale a 70°

Superficie di prova: acciaio inox

Peso della scala: 9.28 daN

Fino alla prova 72 stesso tampone A3.

A partire dalla prova 82 si sostituiscono i tamponi A3 con quelli A1

Tabella 4.2.2 -1 - Sintesi delle prove presentate nell'annesso

Dalla tabella 4.2.2-1 emergono alcuni risultati che si possono riassumere nella tabella 4.2.2-2.

Peso Pp applicato al terz'ultimo gradino (daN)	Tipo di tampone	Intensità forza di tiro F2 minima alla quale la scala non si muove (daN)
50	A3	15
75	A3	17
100	A3	18
125	A3	26
150	A3	27
50	A1	9
75	A1	9
100	A1	9
150	A1	14

Tabella 4.2.2-2 Intensità F2 minima alla quale la scala non si muove

I dati mostrano la differenza di comportamento di due tamponi diversi (A3 e A1): il tipo A3 ha un comportamento decisamente migliore nei riguardi della resistenza allo slittamento sulla superficie di prova rispetto al tipo A1.

Nell'ambito di una stessa tipologia di tampone si evidenzia che, all'aumentare del peso Pp applicato al terzultimo gradino, la forza di tiro F2 necessaria a far muovere la scala aumenta in accordo alla relazione  $F2 = \mu Pp$ .

Tale comportamento è maggiormente rappresentato con il tampone migliore A3.

Pertanto, ai fini di una migliore riproducibilità e ripetibilità della prova si prende in considerazione l'applicazione di un carico  $Pp = 150$  daN.

Un possibile valore discriminante per la scelta di F2 minimo, come criterio passa/non passa, potrebbe essere un valore compreso tra 10 daN e 15 daN.

### Considerazioni sulla procedura di prova di seconda indagine

Alla luce dell'esperienza acquisita durante le prove di seconda indagine si può passare a una fase di indagine successiva, introducendo i seguenti criteri sia per la conduzione delle prove secondo lo schema dell'approntamento prova di figura 4.1-1.:

- appoggiare la scala con un angolo  $\alpha$  rispetto all'orizzontale paria a  $70^\circ \pm 0.5^\circ$ ;
- controllare che la scala appoggi con ambedue i montanti alla parete verticale e che il montante abbia un angolo laterale di  $90^\circ \pm 1^\circ$  rispetto all'orizzontale;
- prima di iniziare la prova la scala/tampone deve subire un primo assestamento con un carico pari al peso medio di una persona (circa 75 daN);
- la prova può essere iniziata con una forza di tiro pari a 5 daN, considerando questo valore un primo criterio di accettazione della scala/tampone per eseguire o meno il test;
- per superficie di prova alla base della scala viene scelta la lastra di acciaio (SS) grado 2B, in quanto meno soggetta a modifiche superficiali di usura;
- per superficie di prova alla sommità della scala viene scelta o la lastra in acciaio inossidabile o un laminato in legno ad alta pressione;
- i ruotini in sommità alla scala vengono usati durante la prova quando sono a corredo della scala;



- pulire i tamponi con un panno di cotone umido d'acqua e aspettare che si asciugano;
- pulire le superfici di prova con un panno di cotone umido d'acqua e aspettare che si asciugano.

La prova deve essere condotta secondo la procedura seguente:

- 1) Posizionare la scala come descritto in precedenza;
- 2) Posizionare il righello per la misura dello spostamento con riferimento al montante;
- 3) Bloccare la base della scala per prevenire il suo slittamento prima di applicare il peso Pp al centro del terzultimo gradino;
- 4) Aspettare 2 minuti. Durante questo periodo registrare la temperatura dell'aria vicino al tampone (distanza minore o uguale a 100 mm).
- 5) Applicare una forza orizzontale F2 di 5 daN, rilasciare il blocco della scala;
- 6) Aggiungere acqua nel contenitore con una portata inferiore a 3 l/min  $\pm$  0,2 l/min;
- 7) Osservare il piede del montante e monitorare il movimento rispetto al righello;
- 8) Assicurarsi che la superficie di prova rimanga ferma sotto l'azione della scala;
- 9) Quando la scala si è mossa di 40 mm fermare la prova;
- 10) Fermare l'ingresso dell'acqua nel contenitore;
- 11) Sollevare la scala dalla superficie di prova e mantenerla sospesa da 10 a 15 minuti tra due prove successive;
- 12) Pesare il contenitore con l'acqua introdotta e fornire il valore di F2;
- 13) Pulire il tampone della scala con un panno umido di acqua e aspettare che si asciughi;
- 14) Pulire la superficie di prova con un panno umido di acqua e aspettare che si asciughi;
- 15) La prova deve essere ripetuta quattro volte a partire dal punto 1;
- 16) Registrare i dati di prova e della scala secondo la tabella 4.2.2-3;
- 17) Elaborare statisticamente come descritto in tabella 4.2.2-3.

Tipo di scala	Lunghezza della scala (m)	Larghezza del montante (mm)	Profondità del montante(mm)	Peso della scala (daN)
Informazione sul tipo di tampone:				
Provino n. 1	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio α(°)	Angolo laterale γ(°)	Commenti
Prova n.				
1				
2				
3				
4				
Media				
Provino n. 2	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio α(°)	Angolo laterale γ(°)	Commenti
Prova n.				
1				
2				
3				
4				
Media				
Media totale		Media totale su 8 misure		
STDV		STDEV su 8 misure		
Lamiera (2 mm min. di spessore) SS tipo2B				

Tabella 4.2.2-3. Registrazione misure e trattamento statistico

### 4.2.3 Scelta della superficie di prova

La superficie di prova in acciaio inox che viene utilizzata come superficie di prova è quella risultante dalla lamiera fornita dal fabbricante senza ulteriore modifica quale, ad esempio, la preparazione mediante abrasione con carta abrasiva e successiva misura della rugosità da mantenere in un determinato intervallo di valori.

Tale modifica presenterebbe aspetti di aleatorietà del risultato della ruvidezza, in quanto funzione delle modalità di esecuzione e delle caratteristiche manuali dell'operatore che effettua l'abrasione.

Si ritiene pertanto che la lavorazione effettuata durante il processo di realizzazione della lamiera sia più affidabile e contenga la rugosità entro limiti più uniformi lungo tutta la superficie della stessa.

La tabella 4.2.3 – 1 riporta dei valori rilevati su superficie abrasa e non abrasa:

	Superficie SS abrasa		Superficie SS non abrasa
R <sub>z</sub>	2.99	2.69	2.02
STDEV	0.42	0.59	0.32

Tabella 4.2.2-3. Confronto rugosità rilevata su superficie abrasa e non abrase

La figura 4.2.3 -1 riporta la modalità di 20 misure di rugosità rilevate lungo il percorso previsto per lo slittamento della scala.

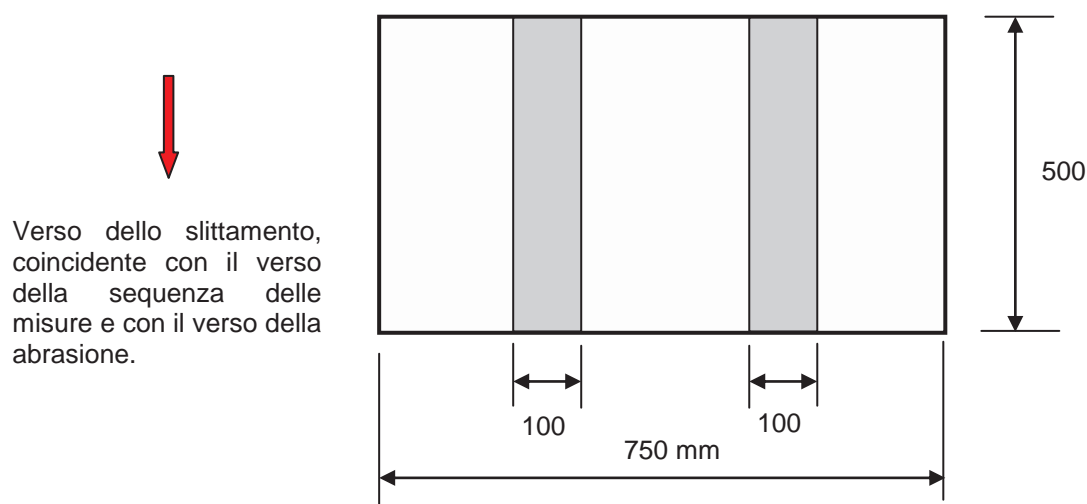


Figura 4.2.3-1 Versi di slittamento, di lavorazione e di misura

Le misurazione, con una sequenza da 1 a 20, sono state effettuate nel verso della abrasione che coincide con il verso dello slittamento della scala.

Nella figura 4.2.3 -2 viene mostrata l'attrezzatura di misura.

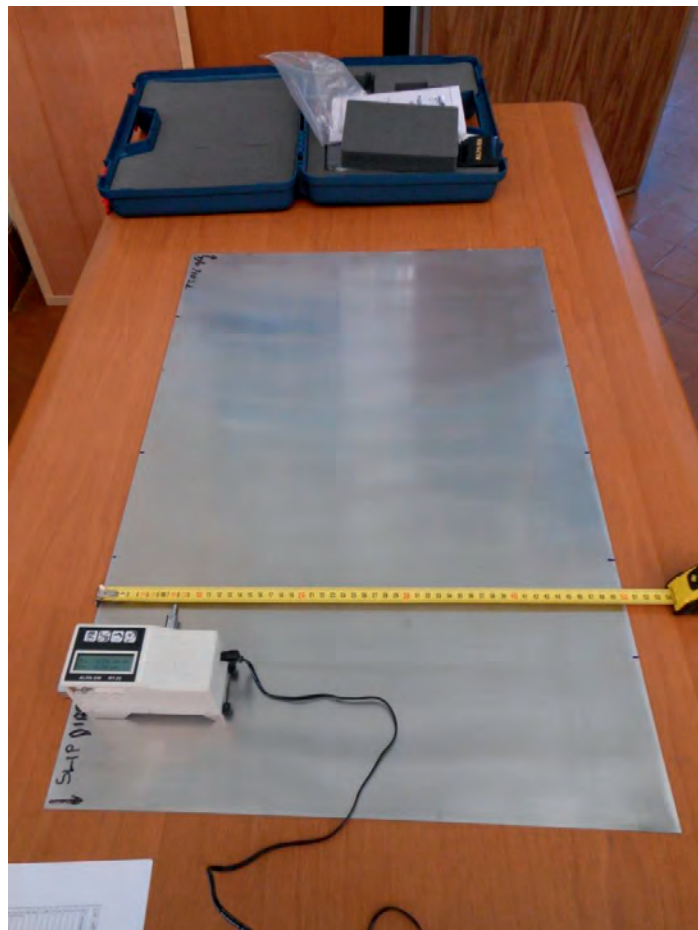
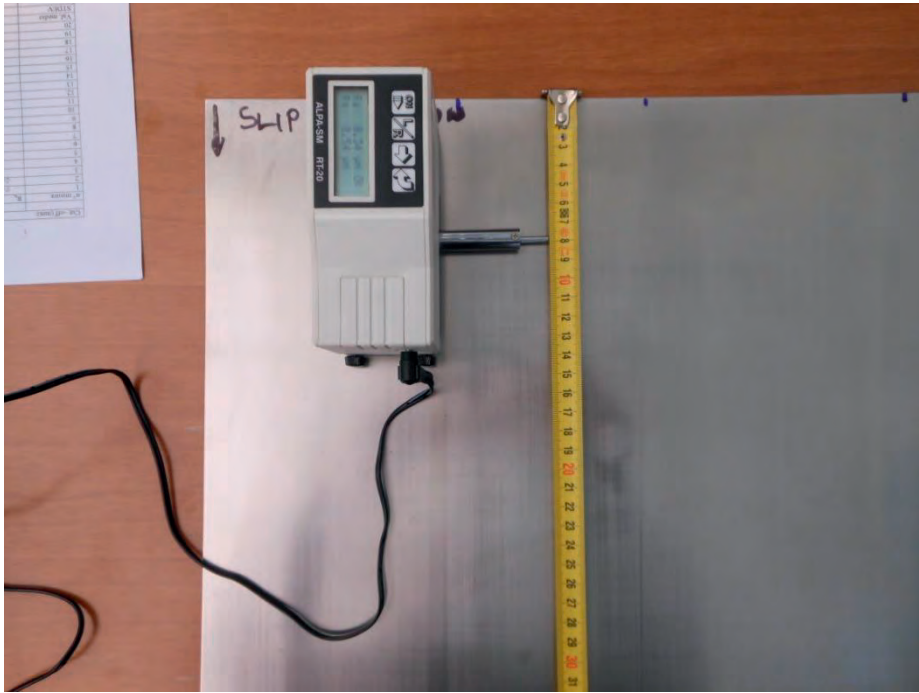


Figura 4.2.3 – 2 Attrezzatura di misura

Le tabelle 4.2.3-2 e 4.2.3-3 riportano in dettaglio le misure effettuate rispettivamente su superficie abrasa e non abrasa

<b>Lamiera in acciaio inox SS tipo 2G (Rif. TG 12a/2)</b>		
	Lato sinistro	Lato destro
Misura n.	R <sub>z</sub>	R <sub>z</sub>
1	2.82	3.99
2	3.53	4.30
3	3.25	2.54
4	2.99	2.50
5	3.04	2.30
6	2.43	2.37
7	3.90	3.09
8	3.41	2.87
9	2.99	2.59
10	3.11	2.80
11	3.29	2.31
12	3.17	2.42
13	2.71	2.68
14	3.10	3.01
15	3.06	2.97
16	2.77	2.59
17	2.92	2.07
18	3.34	2.37
19	1.95	2.02
20	2.00	1.99
Media	2.99	2.69
STDEV	0.42	0.59

Tabella 4.2.3-2 Superficie abrasa

La tabella 4.2.3.2 fornisce dei valori di rugosità che sono diversi su due diverse traiettorie e nel contempo la ruvidezza decresce nel verso della abrasione. Cioè significa che l'azione pressoria della mano dell'operatore è più pressante all'inizio e diminuisce man mano che si ha l'allungamento del braccio.

Tale fenomeno non accade in una superficie non abrasa manualmente, ma utilizzata così come viene fornita dal laminatoio.

La tabella 4.2.3-3 fornisce valori di ruvidezza distribuiti in maniera più uniforme lungo il percorso di slittamento.

Alla luce delle misure rilevate e delle considerazioni effettuate si decide di utilizzare una lamiera così come viene fornita dal fabbricante.

Stato della superficie di prova: come spedita dal fabbricante Materiale: acciaio inossidabile (SS) tipo 2B	
Misura n.	Rz
1	1.88
2	2.19
3	2.33
4	1.79
5	2.13
6	2.00
7	1.67
8	2.75
9	1.56
10	1.91
11	2.08
12	1.72
13	2.82
14	1.96
15	2.02
16	2.82
17	1.74
18	1.93
19	2.02
20	2.06
Media	2.02
STDEV	0.32

Tabella 4.2.3-3 – Superficie non abrasa

#### 4.2.4 Prove condotte in accordo alla procedura del paragrafo 4.2.2

Le prove che seguono sono condotte in accordo alla procedura predisposta nel paragrafo 4.2.2, finalizzate alla conferma della ripetibilità e riproducibilità della prova.

Le tabelle 4.2.4-1 e 4.2.4-2 mostrano i risultati delle prove di slittamento eseguite su una superficie trattata con carta abrasiva secondo la procedura standardizzata.

Tipo di scala UK	Lunghezza della scala (m) 4.02	Larghezza del montante (mm) 25	Profondità del montante (mm) 88	Peso della scala (daN) 9.40
Informazione sul tipo di tampone: tampone giallo				
Provino n. 1	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio α (°)	Angolo laterale γ (°)	Commenti
Prova n.				
1	16.0	70.3	89.9	1° movimento 15 mm dopo 0.5 min; slittamento dopo 18 min
2	16.3	70.3	90.1	1° movimento 4 mm dopo 15 min; slittamento dopo 20 min
3	16.1	70.1	89.9	1° movimento 13 mm dopo 9 min; slittamento dopo 17 min
4	18.5	70.1	90.0	1° movimento 21 mm dopo 12 min; slittamento dopo 24 min
Media	16.7			
Provino n. 2	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio α (°)	Angolo laterale γ (°)	Commenti
Prova n.				
1	21.5	70.1	89.9	Nessun 1° movimento; slittamento dopo 28 min
2	16.2	69.9	90.0	1° movimento 30 mm dopo 15 min; slittamento dopo 18 min
3	17.0	70.1	89.9	1° movimento 5 mm dopo 0.5 min; slittamento dopo 19 min
4	21.8	70.2	89.8	1° movimento 38 mm dopo 18 min; slittamento dopo 29 min
Media	19.1			
Media totale	17.9	Media totale su 8 misure		
STDV	2.4	STDEV su 8 misure		
Lamiera SS grado 2G (Rif. TG 12a/2) con superficie abrasa				

Tabella 4.2.4-1 Risultato prove con scala/tampone UK su superficie trattata con carta abrasiva

Tipo di scala DE	Lunghezza della scala (m) 4.10	Larghezza del montante (mm) 25	Profondità del montante (mm) 75	Peso della scala (daN) 9.15
Informazione sul tipo di tampone: tampone giallo				
Provino n. 1	F <sub>2</sub> quando il montante/tampon e si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio $\alpha$ (°)	Angolo laterale $\gamma$ (°)	Commenti
Prova n.				
1	22.1	70.4	90.7	1° movimento 10 mm dopo 9 min Slittamento dopo 20 min
2	25.2	70.1	90.8	Nessun movimento; Slittamento dopo 26 min
3	26.0	70.3	90.9	Nessun movimento; Slittamento dopo 26 min
4	24.9	70.3	90.6	Nessun movimento; Slittamento dopo 25 min
Media	24.6			
Provino n. 2	F <sub>2</sub> quando il montante/tampon e si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio $\alpha$ (°)	Angolo laterale $\gamma$ (°)	Commenti
Prova n.				
1	22.3	70.2	90.5	Nessun 1° movimento; slittamento dopo 23 min
2	23.2	70.4	90.6	Nessun movimento; Slittamento dopo 24 min
3	24.1	70.3	90.7	Nessun movimento; Slittamento dopo 25 min
4	22.0	70.3	90.4	Nessun movimento; Slittamento dopo 23 min
Media	22.9			
Media totale	23.7	Media totale su 8 misure		
STDV	1.5	STDEV su 8 misure		
Lamiera SS grado 2G (Rif. TG 12a/2) con superficie abrasa				

Tabella 4.2.4-2 Risultato prove con scala/tampone DE su superficie trattata con carta abrasiva



Le tabelle 4.2.4-3 e 4.2.4-4 mostrano i risultati delle prove di slittamento eseguite su una superficie non abrasa ed impiegata come ricevuta dal fabbricante.

Tipo di scala UK	Lunghezza della scala (m) 4.02	Larghezza del montante (mm) 25	Profondità del montante (mm) 88	Peso della scala (daN) 9.40
Informazione sul tipo di tampone: tampone giallo				
Provino n. 1	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio $\alpha$ (°)	Angolo laterale $\gamma$ (°)	Commenti
Prova n.				
1	12.5	70.2	90.1	Nessun 1° movimento; slittamento dopo 15 min
2	11.2	70.1	89.7	Nessun movimento; Slittamento dopo 13 min
3	11.6	70.0	90.2	Nessun movimento; Slittamento dopo 14 min
4	14.6	69.9	91.2	Nessun movimento; Slittamento dopo 12 min
Media	12.5			
Provino n. 2	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio A (°)	Angolo laterale $\gamma$ (°)	Commenti
Prova n.				
1	14.2	70.2	89.9	Nessun 1° movimento; slittamento dopo 15 min
2	14.5	70.1	90.1	Nessun movimento; Slittamento dopo 14 min
3	13.8	69.9	89.7	Nessun movimento; Slittamento dopo 12 min
4	11.7	70.1	90.0	Nessun movimento; Slittamento dopo 13 min
Media	13.6			
Media totale	13.0	Media totale su 8 misure		
STDV	1.4	STDEV su 8 misure		
Lamiera SS grado 2B (Piatto n°1) con superficie non abrasa				

Tabella 4.2.4-3 Risultato prove con scala/tampone UK su superficie non abrasa

Tipo di scala DE	Lunghezza della scala (m) 4.02	Larghezza del montante (mm) 25	Profondità del montante (mm) 88	Peso della scala (daN) 9.40
Informazione sul tipo di tampone: tampone giallo				
Provino n. 1	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio $\alpha$ (°)	Angolo laterale $\gamma$ (°)	Commenti
Prova n.				
1	25.0	70.1	90.2	1° movimento 2 mm dopo 16 min; slittamento dopo 26 min
2	24.9	69.9	90.3	1° movimento 3 mm dopo 12 min; slittamento dopo 21 min
3	23.1	70.2	90.1	1° movimento 2 mm dopo 10 min; slittamento dopo 18 min
4	24.4	70.0	90.2	1° movimento 2 mm dopo 7 min; slittamento dopo 19 min
Media	24.4			
Provino n. 2	F <sub>2</sub> quando il montante/tampone si è mosso di 40 mm minimo (daN)	Angolo di appoggio $\alpha$ (°)	Angolo laterale $\gamma$ (°)	Commenti
Prova n.				
1	24.9	70.1	90.3	1° movimento 2 mm dopo 12 min; slittamento dopo 22 min
2	23.1	70.2	90.1	Nessun movimento; Slittamento dopo 19 min
3	24.9	69.9	90.2	1° movimento 2 mm dopo 7 min; slittamento dopo 21 min
4	24.7	70.0	90.2	Nessun movimento; Slittamento dopo 23 min
Media	24.4			
Media totale	24.4	Media totale su 8 misure		
STDV	0.8	STDEV su 8 misure		
Lamiera SS grado 2B (Piatto n. 2) con superficie non abrasa				

Tabella 4.2.4-4 Risultato prove con scala/tampone DE su superficie non abrasa

Le prove effettuate su superficie della lamiera non abrasa, impiegata così come ricevuta dal fabbricante, mostrano un deviazione standard più contenuta della forza orizzontale F<sub>2</sub> (1.4 e 0.8) rispetto a quelle effettuata con superficie abrasa (2.4 e 1.5).

Si ritiene che la superficie trattata con carta abrasiva, per quanto effettuata con cura, risenta della variazione della pressione della mano durante l'applicazione, come evidenziato in precedenza.

Inoltre tali ulteriori 4 set di prove indicano che una possibile scelta del valore di F<sub>2</sub> minimo, da utilizzare come criterio passa/non passa, potrebbe essere compresa tra 10 daN e 15 daN.

### 4.3 Prove con altre tipologie di instabilità

L'esame delle modalità di instabilità, per le scale in appoggio e delle relative equazioni presentate nel capitolo 2.2 per quelle in appoggio e capitolo 2.3 per quelle doppie, rivela che il miglioramento della stabilità è legato soprattutto alla geometria della scala in aggiunta alla presenza dei giochi fra le connessioni degli elementi che le compongono.

Pertanto, dopo aver eseguito alcuni test (figura 4.3 - 1) condotti a guisa d'investigazione preliminare si decide di non procedere ulteriormente con le prove di slittamento laterale in sommità e rotazione intorno a un montante,

per le scale in appoggio, e con le prove di ribaltamento laterale, per le scale doppie, in quanto il miglioramento della stabilità va attuato con l'introduzione di accessori (es.: barre stabilizzatrici alla base o in sommità). Essi vanno studiati opportunamente per l'applicazione specifica in maniera tale da modificare la geometria e introdurre momenti stabilizzanti sempre maggiori, pur mantenendo un'adeguata brandeggiabilità della scala.

Tale approccio viene anche attuato a livello di gruppo di lavoro normativo del CEN.

Si è potuto così avere a disposizione più tempo per la messa a punto delle prove relative all'instabilità allo slittamento alla base delle scale in appoggio raggiungendo un buon risultato ai fini della ripetibilità e riproducibilità della prova stessa.



Figura 4.3 - 1 Prova di instabilità laterale su scala doppia

## 5. Prove di durabilità

### 5.1 Generalità

Le prove di durabilità vengono eseguite secondo i criteri riportati nel paragrafo 5.2.

La scelta dei modelli di scala da sottoporre a prova è stata effettuata prendendo in considerazione il materiale costituente la scala, le tipologie di scala e il fissaggio dei gradini ai montanti.

I materiali presi in esame sono l'acciaio e le leghe di alluminio, le tipologie di scala esaminate sono state la doppia, quella semplice in appoggio e quella a tre tronchi trasformabile (in appoggio e doppia).

I fissaggi dei gradini ai montanti considerati sono stati la rivettatura e la ribordatura.

La prova di durabilità viene considerata come una prova di condizionamento della scala e, se essa supera il criterio di accettazione relativo al test di durabilità, viene poi sottoposta a una prova di resistenza al carico prestabilito secondo la norma UNI EN 131 parte 2a, paragrafo 5.2 (*strength test of the style*) per le scale in appoggio e paragrafo 5.8 (*test of opening restraints and hinges of standing ladders*) per quelle doppie.

La metodologia di prova e il criterio di accettazione in studio comportano quindi un test di condizionamento (durabilità) seguito da una prova di resistenza, se il primo viene superato.

Uno degli scopi della ricerca è individuare anche il numero di cicli massimo cui sottoporre la scala, come prova di condizionamento.

La procedura utilizzata è la seguente:

- 1) Effettuare la prova di durabilità fino al numero di cicli massimo prefissato.
- 2) Dopo la prova di durabilità verificare il seguente criterio di accettazione:
  - nessun danno visibile alle cerniere, ai perni e loro sedi, agli elementi di connessione, ai dispositivi contro l'apertura, agli elementi portanti;
  - deformazioni permanenti sono ammesse solo se non compromettono l'idoneità all'uso della scala.
- 3) Se la scala supera il criterio di durabilità:
  - sottoporre la scala alla prova di resistenza del paragrafo 5.2 (UNI EN 131-2), se la scala è in appoggio;
  - sottoporre la scala alla prova di resistenza al paragrafo 5.8 (UNI EN 131-2), se la scala è doppia.
- 4) Dopo la prova di resistenza verificare il seguente criterio di accettazione:
  - nessun danno visibile alle cerniere, ai perni e loro sedi, agli elementi di connessione, ai dispositivi contro l'apertura, agli elementi portanti;
  - deformazioni permanenti sono ammesse solo se non compromettono l'idoneità all'uso della scala.

### 5.2 Requisiti e procedura di prova di durabilità della scala doppia

Le prove di durabilità vengono eseguite secondo il documento riportato in allegato 3.

Questo documento è stato redatto dal referente del laboratorio sulla base di esperienze effettuate nella presente ricerca e proposto poi al gruppo di lavoro europeo CEN/TC93/WG10 (Scale portatili - Miglioramento della norma EN 131-2:2010). Attualmente, il documento è individuato al CEN con il codice TC 93 WI 00093189 e il titolo "*Standing ladder test specification*".

Lo schema di principio del test è rappresentato in figura 5.2-1.

La scala è posta in posizione di uso su una superficie di prova in acciaio inossidabile, con i quattro montanti vincolati a una parte fissa mediante degli elastici, per prevenire il progressivo movimento della scala sotto l'azione del carico.

Due carichi uguali (150 daN) vengono applicati alternativamente in due punti della scala seguendo un ben definito profilo di carico in funzione del tempo (da 0 daN a 150 daN in 1 secondo nella fase di carico e da 150

daN a 0 daN in 1 secondo nella fase di scarico). Il carico  $P_1$  è applicato sulla piattaforma o sul gradino più alto e il carico  $P_2$  all'estremità del gradino posto al centro della scala (in figura 5.2-2).

Il ciclo del carico  $P_1$  (2.0 s) sommato al ciclo del carico  $P_2$  (2.0 s) costituisce il ciclo (4.0 s) di durabilità.

L'applicazione dei carichi continua fin quando è possibile mantenere il valore di 150 daN o fino alla rottura della scala. Il numero dei cicli in corrispondenza di questi eventi definisce il numero di cicli massimo sopportabile dalla scala.

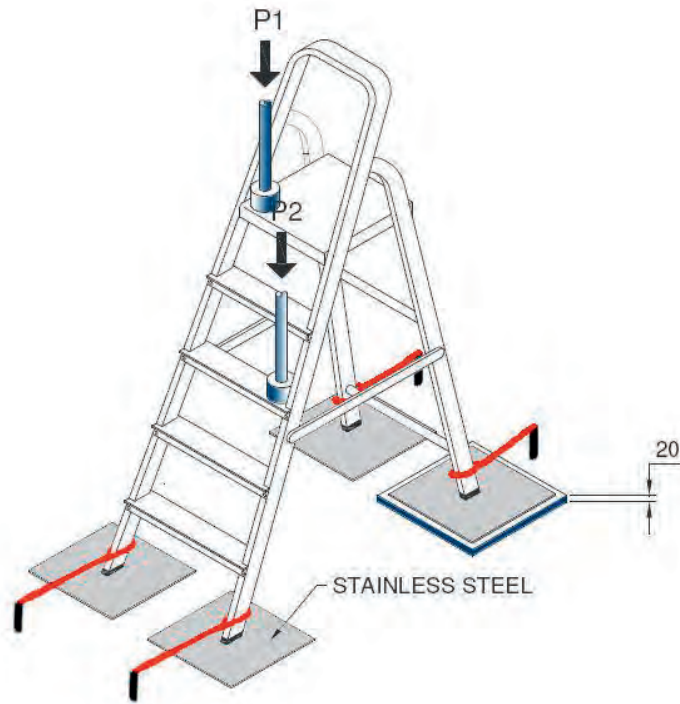


Figura 5.2 -1 Schema di principio del test di durabilità per le scale portatili

L'esecuzione delle prove secondo la procedura è stata resa possibile a seguito di un'accurata e minuziosa messa a punto della procedura mediante l'effettuazione di numerose prove di calibrazione del sistema macchina-scala.

$P = P_1$  cylinder    - - - - -  
 $P = P_2$  cylinder    —————

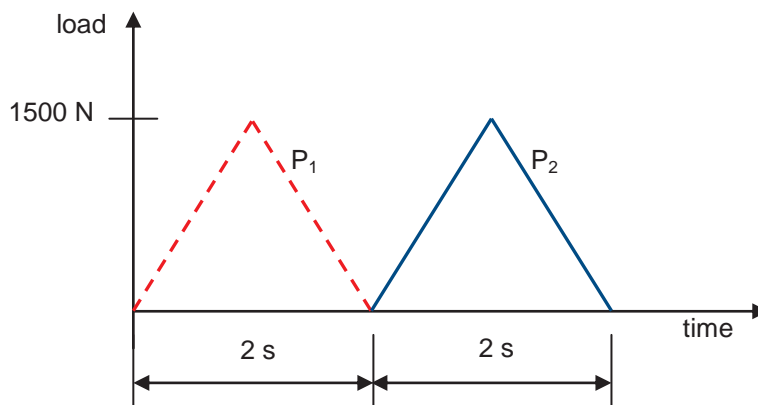


Figura 5.2 - 2 Schema sequenza di carico

La figura 5.2 - 3 mostra l'attrezzatura di prova impiegata per le prove di durabilità.



Figura 5.2 – 3 - Attrezzatura di prova per test di durabilità

### 5.3 Risultati di prova di durabilità

I dettagli dei risultati di prova sono riportati nell'allegato 4.

Le prove di durabilità condotte nel punto 5.3.1 vengono eseguite fino al collasso o alla rottura della scala, al fine di individuare un possibile valore di numero massimo di cicli, utile per il condizionamento della scala, prima che questa arrivi a collasso per fatica ciclica.

Per collasso della scala s' intende che essa non reagisce più al carico a cui è sottoposta dal pistone.

#### 5.3.1 Scala doppia

##### A. Fabbricante S

Per il fabbricante S sono stati presi in considerazione tre modelli di scala doppia e per ognuno di essi effettuate 3 prove di durabilità, ciascuna eseguita su differenti esemplari di scala, per un totale di 9 prove (schema figura 5.3.1-1).

Le scale in prova sono a un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma, in lega di alluminio la scala e in laniera di acciaio la piattaforma. Le scale sono dichiarate dal fabbricante rispondenti alla UNI EN 131 e al D.lgs. 81/08.

Vengono effettuate solo prove di durabilità.

## A.1 Modello SC

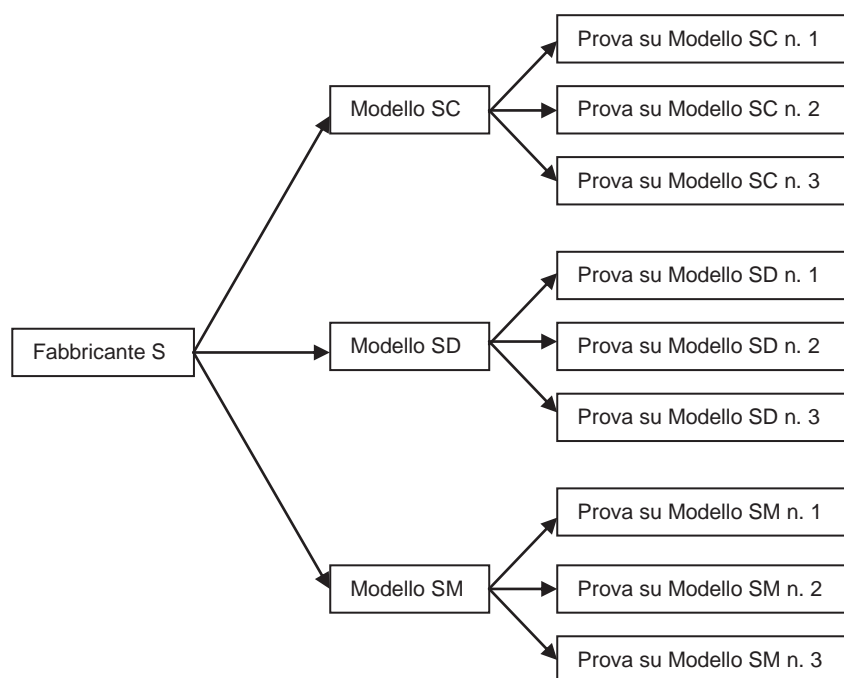


Figura 5.3.1-1 - Schema di esecuzione delle prove in relazione al modello e al numero di scale

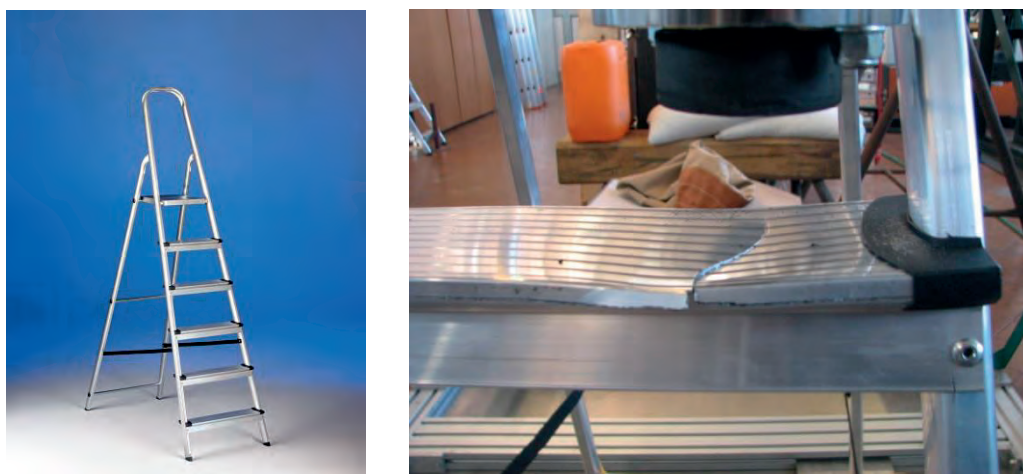


Figura 5.3.1-2 - Scala modello SC

L'inizio della cricca sul gradino avviene quando esso è sollecitato tra i 12000 e i 21000 cicli mentre il carico di collasso massimo è intorno ai 38000 cicli.

## A.2 Modello SD

Viene adottato lo stesso schema del modello SC per l'esecuzione delle prove in relazione al modello e al numero di scale.

Le scale sono dichiarate dal fabbricante rispondenti alla UNI EN 131 e al D.lgs. 81/08.

Sugli esemplari n. 1 e n. 2 l'inizio delle deformazioni permanenti avviene a circa 4000 cicli; l'inizio della rottura del punto di saldatura del gradino a circa 25500 cicli; il carico di collasso si raggiunge intorno a 25500 cicli. Si rileva infine l'ovalizzazione del foro che accoglie la barra anteriore di supporto della piattaforma.

Sugli esemplari n. 3 l'inizio della rottura del punto di saldatura del gradino avviene a 27870 cicli; il carico di

collasso si raggiunge a 31250 cicli. Si rileva infine l'ovalizzazione del foro che accoglie la barra anteriore di supporto della piattaforma a 20000 cicli.



Figura 5.3.1- 3 Scala modello SD

### A.3 Modello SM

Viene adottato lo stesso schema del modello SC per l'esecuzione delle prove in relazione al modello e al numero di scale.

Le scale sono dichiarate dal fabbricante rispondenti alla UNI EN 131 e al D.lgs. 81/08.

La piattaforma è in PVC.

Sui tre esemplari l'inizio di una leggera deformazione della piattaforma e del tubo che la sorregge avviene a circa 1500 cicli; il carico di collasso non è stato mai raggiunto a 50000 cicli; a 50000 cicli la freccia massima della piattaforma è compresa tra 12 e 17 mm.



Figura 5.3.1- 4 Scala modello SD



## B. Fabbricante U

Per il fabbricante U sono stati presi in considerazione due modelli di scala doppia, uno di classe 1 e uno di classe 3. Per ciascuna classe sono stati testati due esemplari.

La scala di classe 1 (con caratteristiche migliori rispetto alla classe 3) è a un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma, in lega di alluminio la scala e in lamiera di acciaio la piattaforma. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente alla norma BS 2037 per la classe 1.

La scala di classe 3 (con caratteristiche più basse rispetto alla classe 1) è a un tronco di salita, 4 gradini + piattaforma, in lega di alluminio la scala e in lamiera di acciaio la piattaforma. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente alla norma BS 2037 per la classe 3.

Vengono effettuate solo prove di durabilità.

### B.1 Modello U1 - Classe 1

Sono state effettuate 2 prove di durabilità su due esemplari differenti.

Sull'esemplare n. 1 l'inizio della cricca avviene sullo spigolo della piattaforma lato del carico a 140 cicli; la crescita della cricca, la cui lunghezza raggiunge i 250 mm, a 37910 cicli; il carico di collasso si raggiunge a 37910 cicli.

Sull'esemplare n. 2 l'inizio della cricca avviene sullo spigolo della piattaforma lato del carico a 480 cicli; la crescita della cricca, la cui lunghezza raggiunge i 100 mm, a 37520 cicli; il carico di collasso si raggiunge a 37520 cicli.



Figura 5.3.1- 5 Scala modello U1 classe 1 BS 2037

### B.1 Modello U2 - Classe 3

Sono state effettuate 2 prove di durabilità su due esemplari differenti.

Sull'esemplare n. 1 si verifica una leggera deformazione della piattaforma a 1000 cicli; l'inizio della rottura della piattaforma a partire dallo spigolo in prossimità del carico a 2000 cicli; la rottura totale della piattaforma e uscita della barra dalla sede a 4350 cicli; il carico di collasso si raggiunge a 4350 cicli.

Sull'esemplare n. 2 si verifica una leggera deformazione della piattaforma a 1000 cicli; l'inizio della rottura della piattaforma a partire dallo spigolo in prossimità del carico a 2000 cicli; la rottura totale della piattaforma e uscita della barra dalla sede a 3140 cicli; il carico di collasso si raggiunge a 3140 cicli.



Figura 5.3.1- 6 Scala modello U2 classe 3 BS 2037

### C. Fabbricante F

Per il fabbricante F è stato preso in considerazione un modello di scala doppia e su questa eseguita una prova di durabilità seguita da una di resistenza.

La scala in prova è a un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma, in lega di alluminio e piattaforma in alluminio pressofuso. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente alla UNI EN 131.

Sull'esemplare l'inizio della cricca nella zona centrale della piattaforma avviene a 8000 cicli; la deformazione con rottura (circa 20 mm) della piattaforma nella zona centrale anteriore a 33000 cicli; il carico di collasso si raggiunge a 33000 cicli.

Dopo la prova di durabilità (33000 cicli) viene effettuata una prova di resistenza con carico di 2600 N sulla piattaforma, in accordo al paragrafo 5.8 della UNI EN 131-2:2010. La scala rimane funzionale e non risultano ulteriori danni.

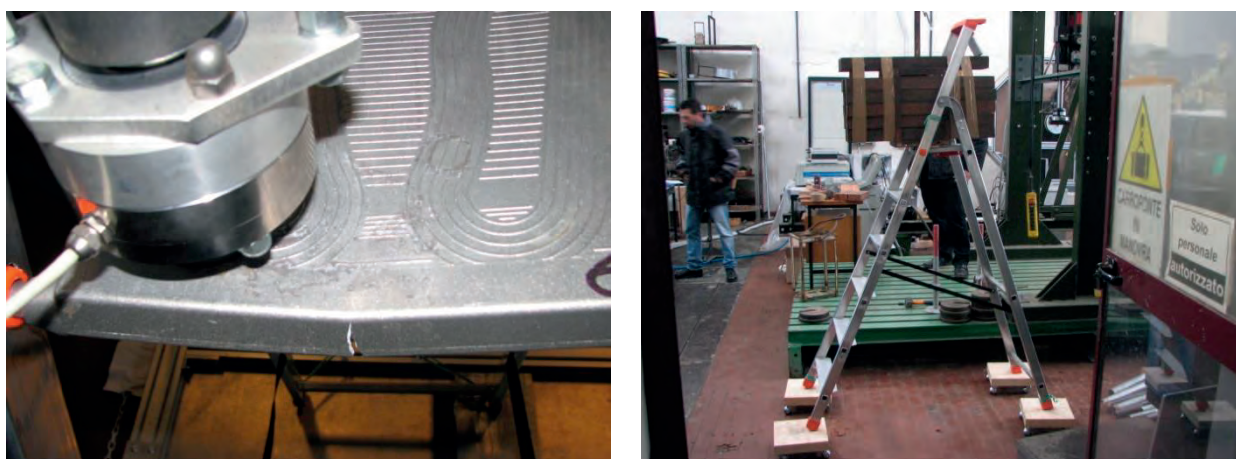


Figura 5.3.1- 7 Scala modello F

### D. Fabbricante MF

Per il fabbricante MF è stato preso in considerazione un modello di scala doppia e su questa eseguita una prova di durabilità seguita da una di resistenza.

La scala in prova è a un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma, in lega di alluminio e piattaforma in alluminio pressofuso. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente alla UNI EN 131.

Sull'esemplare l'inizio della cricca sul gradino caricato e sulla piattaforma avviene a 18000 cicli; la rottura della lamiera della piattaforma e del gradino a 41850 cicli; il carico di collasso si raggiunge a 41850 cicli.

Dopo la prova di durabilità (41850 cicli) viene effettuata una prova di resistenza con carico di 2600 N sulla piattaforma, in accordo al paragrafo 5.8 della UNI EN 131-2:2010. La scala rimane funzionale e non risultano ulteriori danni.



Figura 5.3.1- 8 Scala modello MF

### E. Fabbricante L

Per il fabbricante L è stato preso in considerazione un modello di scala doppia e su questa eseguita una prova di durabilità.

La scala in prova è a due tronchi di salita, 7 gradini, in legno massiccio. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente al DPR 547/55.

Sull'esemplare i cicli totali effettuati sono stati 44000, non è stato riscontrato nessun danno visivo ma un leggero disallineamento delle cerniere metalliche di collegamento dei montanti. La scala rimane funzionale.



Figura 5.3.1- 9 Scala modello L

#### 5.3.1.1 Conclusioni sulla scala doppia

L'andamento dei risultati evidenziano che il collasso e/o rottura per le scale doppie avviene ampiamente sopra i 30000 cicli sia per scale normate UNI EN 131 sia per quelle BS 2037 (classe 1) e anche per quelle DPR 547/55 e che quelle provate a resistenza secondo il paragrafo 5.8 della norma UNI EN 131-2:20110 non hanno ceduto e sono rimaste funzionali. Si ritiene in prima istanza che il numero di cicli, da impiegare come criterio passa/non passa per il condizionamento della scala, possa essere fissato a 30000,

Si sottolinea che le scale normate BS 2037 classe 3 sono di caratteristiche inferiori a quelle normate secondo la UNI EN 131. Il carico di collasso/rottura si è infatti verificato intorno ai 3000/4000 cicli.

Ciò conferma la validità della scelta del valore di 30000 cicli per una scala di qualità medio - alta.

### 5.3.2 Requisiti e procedura di prova di durabilità della scala in appoggio

Le prove vengono eseguite in accordo al contenuto dell'allegato 3, con la variante principale del posizionamento della scala in orizzontale, posta su due cavalletti, di cui uno con appoggio ruotante ed inclinazione dei cilindri tale da simulare il carico applicato durante la posizione in appoggio della scala (figure 5.3.2 - 1 e 5.3.2 - 2).

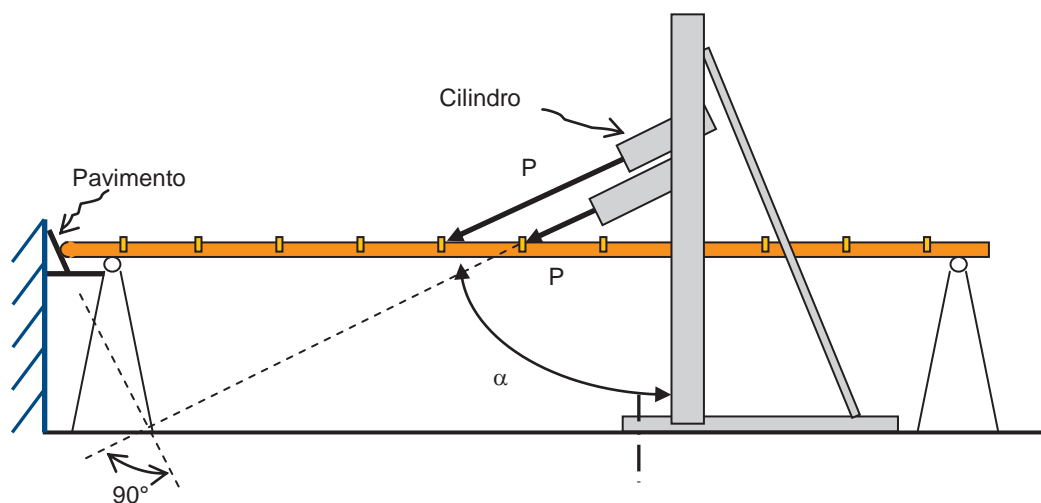


Figura 5.3.2 - 1 Posizionamento della scala in appoggio per la prova di durabilità

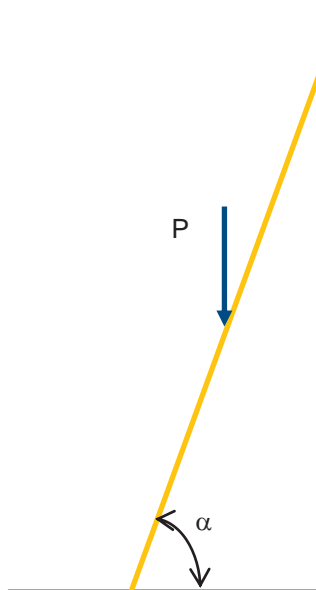


Figura 5.3.2 - 2 Scala in appoggio in posizione di uso

#### A. Fabbricante FC

Per il fabbricante FC è stato preso in considerazione un modello di scala a tre montanti trasformabile e su questa eseguita una prova di durabilità in configurazione di appoggio.

La scala in prova è a tre tronchi di salita, 7 gradini per ciascun tronco, in lega di alluminio. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente alla UNI EN 131, al D.Lgs 81/08 e al Decreto francese n. 96333 del 10 aprile 1996.

Sull'esemplare i cicli totali effettuati sono stati 100000, non è stato riscontrato nessun danno visivo nessun cedimento strutturale e nessuna usura del materiale degna di nota. La scala rimane funzionale.



Fig, 5.3.2 - 3 Scala in appoggio modello FC

### B. Fabbricante M

Per il fabbricante M è stato preso in considerazione un modello di scala ad un montante e su questa eseguita una prova di durabilità in configurazione di appoggio.

La scala in prova è a un tronco di salita, 13 gradini, in lega di alluminio. La scala è dichiarata dal fabbricante rispondente alla UNI EN 131 ed al D.Lgs 81/08.

Sull'esemplare i cicli totali effettuati sono stati 100000, non è stato riscontrato nessun danno visivo nessun cedimento strutturale e nessuna usura del materiale degna di nota. La scala rimane funzionale.

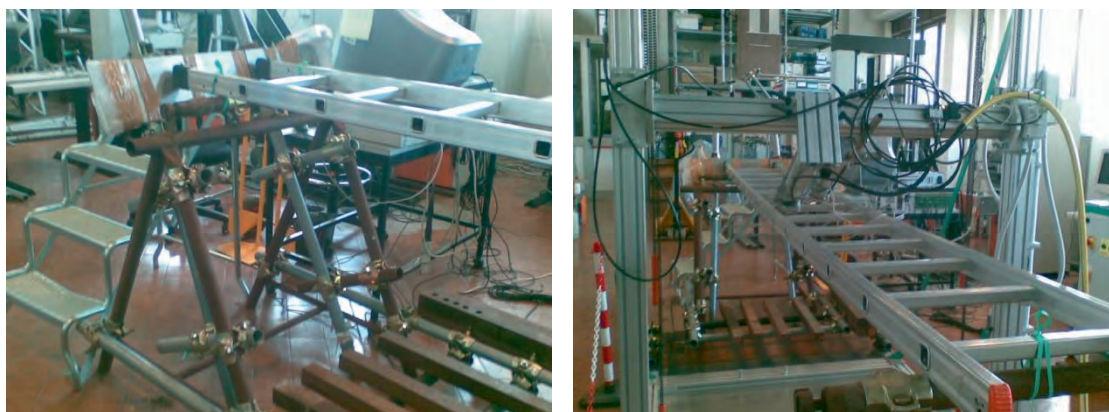


Figura 5.3.2 - 4 Scala in appoggio modello M

#### 5.3.2.1 Conclusioni sulla scala in appoggio

L'andamento dei risultati evidenziano che il collasso e/o rottura per le scale in appoggio provate (n. 2) rimane ampiamente lontano da quello doppie (30000/45000 cicli) in quanto supera i 100000 cicli. Con l'apparecchiatura in dotazione si hanno difficoltà operative di esecuzione della prova, a causa della ampia freccia che assume una scala molto lunga e flessibile quando è sottoposta al carico esercitato dai pistoni che non riescono a mantenere la loro zona di spinta sulla scala. Per tale motivo si decide di non continuare le prove sulle scale in appoggio, rimandando tale attività ad una ricerca del triennio successivo, con la predisposizione di una attrezzatura idonea anche alle scale in appoggio di consistente lunghezza.

## 6. Risultati raggiunti e trasferibilità

### 6.1 Risultati raggiunti

La linea di ricerca si proponeva di studiare il comportamento delle scale portatili più comuni presenti sul mercato nei riguardi della stabilità e della resistenza a fatica, mediante strumenti sia teorici che a carattere sperimentale.

A tal fine sono state progettate e realizzate le seguenti attrezzature di prova:

- attrezzatura idonea a realizzare la verifica sperimentale del comportamento delle scale alla resistenza allo scivolamento alla base (denominata “water bottle test”);
- attrezzatura idonea a realizzare la verifica sperimentale del comportamento delle scale alla resistenza alle sollecitazioni dinamiche (durabilità).

Le attrezzature di prova hanno soddisfatti i seguenti requisiti, richiesti sia dalla attività di normazione che dai laboratori di prova:

- basso costo, tale caratteristica ha raggiunto il costo “quasi zero” per l’attrezzatura per la verifica della resistenza allo scivolamento alla base, in quanto essa può essere realizzata con materiale normalmente disponibile in un laboratorio.
- basso disturbo indotto sui risultati di prova;
- ripetibilità e riproducibilità della prova;
- facilità di esecuzione della prova.

Le prove effettuate (a seguito delle metodologie e procedure specifiche) sono dunque riproducibili e ripetibili.

L’attività di ricerca ha permesso la determinazione di possibili parametri che potrebbero permettere l’individuazione dei criteri di accettabilità relativamente alle:

- scale in appoggio per quanto riguarda la resistenza allo scivolamento alla base;
- scale doppie per quanto riguarda la resistenza alle sollecitazioni dinamiche (durabilità).

Sono state prodotte inoltre metodologie e procedure di prova per:

- scale in appoggio per quanto riguarda la resistenza allo scivolamento alla base;
- scale doppie per quanto riguarda la resistenza alle sollecitazioni dinamiche (durabilità).

I documenti ed i report realizzati nell’attività di ricerca sono stati utilizzati dai gruppi di lavoro del CEN/TC 93 “Scale portatili” per la redazione dell’aggiornamento della EN 131-2 “Requisiti e Prove”. In particolare è stata redatta, per il CEN, una specifica di prova per l’effettuazione del test di durabilità delle scale doppie, da mettere a disposizione dell’utenza (fabbricanti, laboratori, ecc.), al fine di far effettuare ulteriori prove di validazione sul campo e così incorporarla più velocemente nella norma EN 131-2: Documento CEN/TC 93 N 763 - TC 93 WI 000931xx - Standing ladder durability test specification.

La linea di ricerca ha determinato la redazione di numerosi documenti, sia teorici e procedurali, in relazione alla validazione della prova di resistenza allo slittamento alla base della scala in appoggio ed ha permesso l’effettuazione di scambi di esperienze e informazioni tecnico-scientifiche fra diversi laboratori di prova europei, con partecipazione attiva alla formulazione della norma europea di prodotto.

Il Laboratorio Cantieri temporanei o mobili del Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici ha acquisito inoltre una profonda sensibilità ed esperienza unica nella esecuzione sia dei test sulla resistenza allo scivolamento alla base delle scale in appoggio che dei test sulla durabilità delle scale doppie, che potrebbero essere inseriti fra i possibili servizi a pagamento che l’Istituto offre, in aggiunta a quelli richiesti dalla attuale norma UNI EN 131-2.

Tali metodologie, inoltre, sono state prese in considerazione dalla Commissione Europea per poter giungere, attraverso un sottogruppo del Comitato GPSD (Direttiva sulla Sicurezza Generale dei prodotti) alla elaborazione di requisiti applicabili al miglioramento delle scale portatili.

La stessa Commissione ha richiesto al Ministero dello Sviluppo Economico di contattare l’INAIL per la nomina di un funzionario del Laboratorio Cantieri temporanei o mobili del Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici presso il suddetto sottogruppo della GPSD.

Tali requisiti si tramuteranno poi in raccomandazioni che la Commissione trasferirà al CEN che, attraverso il gruppo di lavoro TC 93, sta aggiornando la norma EN 131-2: 2010 riguardante i requisiti e le prove delle scale portatili.

## 6.2 Trasferibilità

I risultati dell'attività di ricerca sono stati trasferiti attraverso:

- la partecipazione alla normazione europea sulle scale portatili con la produzione di numerosi documenti di lavoro specifici;
- l'inserimento delle metodologie di prova sperimentate ed elaborate, nelle valutazioni della Commissione Europea, Comitato GPSD, per essere prese in considerazione come possibili raccomandazioni per il CEN/TC 93, il Comitato preposto per la redazione delle norme sulle scale portatili;
- la divulgazione tramite esperienze interlaboratori europei;
- il supporto alla redazione del Quaderno Tecnico per Cantieri temporanei o mobili "Scale portatili", ricerca P03 DTS L16;
- la docenza al Corso di formazione INAIL per "Coordinatori per la Progettazione e la esecuzione dei lavori" SOGIN (ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.) organizzato da Direzione Centrale Formazione. Roma EUR \_dic.. 2012\_genn. 2013;
- la redazione di un articolo: L. Cortis - "I fattori di rischio e la normativa per la sicurezza delle scale portatili" pubblicato su Ambiente & Sicurezza n.12, Il Sole 24 Ore, 5 luglio 2011.

I risultati dell'attività di ricerca verranno trasferiti attraverso:

- la partecipazione alle formulazione delle norme europee di prodotto;
- le relazioni in convegni e seminari a cui il personale del Laboratorio Cantieri temporanei o mobili del Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici (SAIE, Ambiente Lavoro, Expo Edilizia);
- l'effettuazione di corsi di formazione indirizzati agli operatori coinvolti (ASL);
- la redazione di articoli da pubblicare sulle riviste dell'Istituto e su quelle specializzate rivolte alle PMI;
- la divulgazione dei risultati presso le associazioni dei fabbricanti e l'informazioni degli utenti professionali.

## Allegato 1 - Risultati di prima indagine delle prove di scivolamento alla base

Le schede sono redatte in inglese in quanto facenti parte della proposta di normazione per il miglioramento della EN 131-2.

Simboli:

P = measured pulling force (N)

W = ladder weight (N)

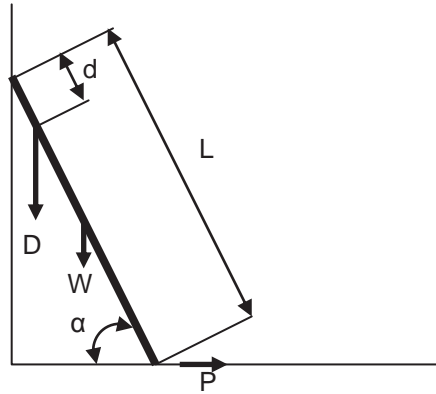
D = dead weight (N)

$\alpha$  = angle of leaning ladder inclination respect to the horizontal surface

d = distance of dead weight from the top of ladder

$$\text{Coefficient of friction } \mu = \frac{1}{\text{tg}\alpha} \left( \frac{P \text{tg}\alpha + \frac{W}{2} + D \frac{L-d}{L}}{W+D} \right)$$

Stiles cap = tampone





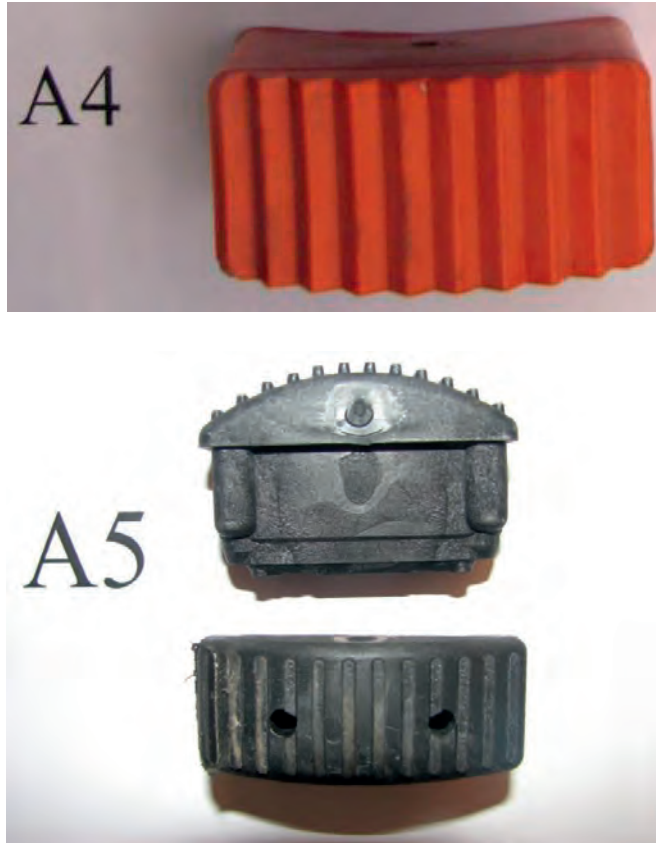


Figura A1 - 1 Tamponi utilizzati nelle prove di slittamento

Test: A n. 1							
Model: A1			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: Yes			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of the uppermost third rung d (m): 0.910			No cap	A1
Specimen n.	Weight of ladder W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Friction of coefficient $\mu$
1	9.28	50	1	13': 53"	50	10.25	
			2	12': 44"	50	9.84	
			3	11': 40"	50	7.95	
			4	11': 18"	50	7.31	
			5	09': 51"	50	6.01	
The sliding starts at beginning of each test and proceeds continuously. The test has been stopped at 50 mm of sliding. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

Test: A n. 2							
Model: <b>A1</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>NO</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of the uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.910</b>			<b>A1</b>	<b>A1</b>
Specimen n.	Weight of ladder <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at s <b>t</b>	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s <b>P</b> (daN)	Note
12	9.28	50	1	5'	50	4.22	a)
			2	2': 15"	/	2.34	b)
			3	3': 50"	50	3.78	a)
			4	0'			c)
			5	0'			c)
The sliding starts at beginning of each test and proceeds continuously. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle). a) the test has been stopped at 50 mm of sliding b) the ladder slides suddenly at time 2': 15" c) the ladder slides suddenly at the beginning of the test							

Test: A n. 3							
Model: <b>A2</b>			Length of ladder (m):			Test surface: HPL	
With wheels on the top: <b>NO</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of the uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.910</b>			<b>A1</b>	<b>A2</b>
Specimen n.	Weight of ladder <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at s <b>t</b>	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s <b>P</b> (daN)	Friction of coefficient $\mu$
1	9.28	50	1	03': 30"	50	3.34	
			2	07': 07"	50	7.06	
			3	06': 12"	50	4.81	
			4	06': 48"	50	4.91	
			5	07': 13'	50	5.13	
The sliding starts at beginning of each test and proceeds continuously. The test has been stopped at 50 mm of sliding. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

<b>Test: A n. 4</b>							
Model: <b>A3</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top:  <b>NO</b>			Angle of inclination $\alpha$ :  <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of the uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.910</b>			<b>A1</b>	<b>A3</b>
Specime n n.	Weight of ladder  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  <b>n.</b>	Sliding time at s  <b>t</b>	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	9.28	50	1	17': 15"	50	10.43	a)
			2	23': 20"	50	12.75	b)
			3	24': 30"	50	14.13	c)
			4	24': 45"	50	14.52	d)
			5	27': 56"	50	15.50	e)
<p>The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).                      The sliding starts at beginning of each test and proceeds to move slowly for 5'; than it slides continuously.                      The test has been stopped at 50 mm of sliding.</p> <p>a) the ladder slides of 1 mm in 4': 49"                      b) the ladder slides of 1 mm in 5': 10"                      c) the ladder slides of 1 mm in 5': 06"                      d) the ladder slides of 1 mm in 5': 22"                      e) the ladder slides of 1 mm in 5': 30"</p>							

<b>Test: A n. 5</b>							
Model: <b>A4</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>NO</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of the uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>A1</b>	<b>A4</b>
Specimen n.	Weight of ladder <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at s <b>t</b>	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s <b>P</b> (daN)	Note
1	9.28	50	1				a)
			2				a)
			3				a)
			4				a)
			5				a)
a) the ladder slides immediately at beginning of the each test							
<b>Test: A n. 6</b>							
Model: <b>A3</b>			Length of ladder (m):			Test surface: HPL	
With wheels on the top: <b>Yes</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>No cap</b>	<b>A3</b>
Specimen n.	Weight of ladder <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at s <b>t</b>	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s <b>P</b> (daN)	Note
1	9.28	50	1	13': 45"	50	9.12	a)
			2	17': 38"	50	10.89	b)
			3	17': 50"	50	11.04	c)
			4	17': 57"	50	11.13	d)
			5	19': 43"	50	12.46	e)
The test has been stopped at 50 mm a) the ladder slides slowly until 20 mm in 12': 51"; then the rate increases quickly b) the ladder slides slowly until 20 mm in 16': 02"; then the rate increases quickly c) the ladder slides slowly until 20 mm in 16': 30"; then the rate increases quickly d) the ladder slides slowly until 20 mm in 16': 58"; then the rate increases quickly e) the ladder slides slowly until 20 mm in 19': 18"; then the rate increases quickly							

Test: A n. 7									
Model: <b>A3</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>			
With wheels on the top:  <b>Yes</b>			Angle of inclination $\alpha$ :  <b>70°</b>			Stiles cap			
						At top		At bottom	
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>No cap</b>		<b>A3</b>	
Specimen  n°	Weight of ladder  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Step  n°	Increase of time  $\Delta t$ (min.)	Total time  <b>t</b> (min.)	Increase of pulling force <b><math>\Delta P</math></b> (daN)	Total pulling force  <b>P</b> (daN)	Increase of sliding  <b><math>\Delta s</math></b> (mm)	Total sliding  <b>s</b> (mm)
1	9.50	50	0	0	0	0.86	0.86	0	0
			1	15	15	9.14	10	7	7
			2	30	45	0	10	0	7
			3	4	49	2	12	2.5	9.5
			4	30	79	0	12	1.5	11
			5	4	83	2	14	2	13
			6	15	98	0	14	6	19
			7	2	100	1	15	1	20
			8	20	120	0	15	6	26
			9	2	122	1	16	1	27
			10	20	142	0	16	18	45
			11	2	144	1	17	1	46
12	2	146	0	17	4	50			
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).									

Test: A n. 8							
Model: <b>A4</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top:  <b>yes</b>			Angle of inclination $\alpha$ :  <b>70°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>No cap</b>	<b>A4</b>
Specimen  n.	Weight of ladder  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  n.	Sliding time at s  <b>t</b>	Sliding  <b>s</b> (mm)	Siding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	9.28	50	1	1'. 20"	50	1.86	a)
			2				b)
			3				b)
			4				b)
			5				b)
a) At the beginning the ladder slides of 40 mm in 10"; the test has been stopped at 50 mm of sliding. b) The ladder slides under (W + D) only without pulling force							

Test: A n. 9									
Model: A3			Length of ladder (m): 4			Test surface: SS			
With wheels on the top:  Yes			Angle of inclination $\alpha$ :  70°			Stiles cap			
						At top		At bottom	
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP		A3	
Specimen  n°	Weight of ladder  W (daN)	Dead weight  D (daN)	Step  n°	Increase of time  $\Delta t$ (min.)	Total time  t (h : m)	Increase of pulling force $\Delta P$ (daN)	Total pulling force  P (daN)	Increase of sliding $\Delta s$ (mm)	Total sliding  s (mm)
1	9.50	50	0	0	0	0	0.86	0	0
			1	15	15	9.14	10	6	6
			2	30	45	0	10	1.5	6.5
			3	4	49	2	12	1	7.5
			4	30	79	0	12	1	8.5
			5	4	83	2	14	1	9.5
			6	20	103	0	14	1.5	11
			7	2	105	1	15	0.5	11.5
			8	20	125	0	15	2.5	14
			9	2	127	1	16	1	15
			10	20	147	0	16	5	20
			11	2	149	1	17	1	21
			12	20	169	0	17	3	24
			13	2	171	1	18	1	25
			14	20	191	0	18	1.5	26.5
			15	2	193	1	19	1	27.5
			16	20	213	0	19	3.5	31
			17	2	215	1	20	2	33
			18	20	235	0	20	3	36
19	2	237	1	21	1.5	37.5			
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).									

Test: A n. 10									
Model: <b>A3</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>SS</b>			
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>70°</b>			Stiles cap			
						At top		At bottom	
			Distance of upper most third rung <b>d (m): 0.981</b>			<b>NO CAP</b>		<b>A3</b>	
Specimen  n°	Weight of ladder  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Step  n°	Increase of time  $\Delta t$ (min.)	Total time  <b>t</b> (min.)	Increase of pulling force <b><math>\Delta P</math></b> (daN)	Total pulling force  <b>P</b> (daN)	Increase of sliding  <b><math>\Delta s</math></b> (mm)	Total sliding  <b>s</b> (mm)
1	9.50	50	0	0	0	0	0.86	0	0
			1	15	15	9.14	10	2	2
			2	30	45	0	10	1	3
			3	4	49	2	12	0	3
			4	30	79	0	12	1	4
			5	4	83	2	14	0	4
			6	20	103	0	14	1	5
			7	2	105	1	15	0	5
			8	20	125	0	15	2	7
			9	2	127	1	16	1	8
			10	20	147	0	16	5	13
			11	2	149	1	17	1	14
			12	20	169	0	17	15	29
			13	2	171	1	18	1	30
14	2	173	1	19	sliding				
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).									

Test: A n. 11							
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d (m): 0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>A5</b>
Specimen  n.	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  n.	Sliding time at s  <b>t</b> (min sec)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.59	NO	1	0	0	NO	Sliding immediately
				0	0	NO	Sliding immediately
				0	-	NO	Sliding immediately

Test: A n. 12							
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>A5</b>
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
n.	W (daN)	D (daN)	n.	t (min sec)	s (mm)	P (daN)	
1	10.59	NO	1	0	0	0	
				2'	0	increasing	
				5' 45"	-	4.28	sliding fast

Test: A n. 13							
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>70°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>A5</b>
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
n.	W (daN)	D (daN)	n.	t (min sec)	s (mm)	P (daN)	
1	10.59	NO	1	0	0	0	
			2	2'	0	increasing	
			3	6'	3	increasing	
			4	6' 10"	-	4.37	sliding fast



Test: A n. 14/1							
Model: A5 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	A5
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
n.	W (daN)	D (daN)	n.	t (min)	s (mm)	P (daN)	
1	10.59	Increasing dead weight continuously until 39.10	1	0	0	NO	Sliding quickly
				84	0	NO	

Test: A n. 14/2							
Model: A5 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	A5
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
n.	W (daN)	D (daN)	n.	t (min)	s (mm)	P (daN)	
1	10.59	Increasing dead weight continuously until 34.66	2	5	0		
				10	0		
				16	2		
				20	2		
				25	2		
				30	2		
				35	2		
				40	3		
				45	3		
				54	sliding		quickly
				Total = 16 mm			

Test: A n. 14/3							
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>A5</b>
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
<b>n.</b>	<b>W</b> (daN)	<b>D</b> (daN)	<b>n.</b>	<b>t</b> (min)	<b>s</b> (mm)	<b>P</b> (daN)	
1	10.59	Increasing dead weight continuously until 39.53	3	5	0		
				10	0		
				16	0		
				20	0		
				25	0		
				30	0		
				35	2		
				40	2		
				45	2		
				50	2		
				55	2		
				60	2		
				65	2		
				72	sliding		quickly
				Total = 14 mm			

Test: A n. 14/4							
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>A5</b>
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
<b>n.</b>	<b>W</b> (daN)	<b>D</b> (daN)	<b>n.</b>	<b>t</b> (min)	<b>s</b> (mm)	<b>P</b> (daN)	
1	10.59	Increasing dead weight continuously until 40.32	4	5	0		
				10	0		
				16	0		
				20	0		
				25	0		
				30	1		
				35	1		
				40	1		
				45	1		
				50	2		
				55	2		
				60	2		
				69	2		
				70	2		
77	sliding		quickly				
				Total = 14 mm			

Test: A n. 14/5							
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>A5</b>
Specimen	Weight of specimen	Dead weight	Test	Sliding time at s	Sliding	Sliding pulling force at sliding s	Note
<b>n.</b>	<b>W</b> (daN)	<b>D</b> (daN)	<b>n.</b>	<b>t</b> (min)	<b>s</b> (mm)	<b>P</b> (daN)	
1	10.59	Increasing dead weight continuously until 41.84	5	5	0		
				10	0		
				16	0		
				20	0		
				25	0		
				30	0		
				35	0		
				40	2		
				45	2		
				50	2		
				55	2		
				60	2		
				65	2		
				70	2		
				75	2		
				88	sliding		quickly
				Total = 16 mm			

Test: A n. 14 - Summary 4 tests										
Model: <b>A5 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>				Test surface: <b>HPL</b>			
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>				Stiles cap			
							At top		At bottom	
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>				<b>NO CAP</b>		<b>A5</b>	
Specimen <b>n.</b>	Weight of specimen <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test <b>n.</b>	Sliding time at s <b>t</b> (min)	Sliding <b>s</b> (mm)					
1	10.59	Increasing dead weight continuously	2 3 4 5	5	0	0	0	0		
				10	0	0	0	0		
				16	2	0	0	0		
				20	2	0	0	0		
				25	2	0	0	0		
				30	2	0	1	0		
				35	2	2	1	0		
				40	3	2	1	2		
				45	3	2	1	2		
				50		2	2	2		
		54		Slid.						
		55			2	2	2			
		60			2	2	2			
		65			2		2			
		69				2				
		70				2	2			
		72			Slid.					
		75					2			
		77				Slid.				
		88					Slid.			
Total s	16	14	14	16						
Total dead weight	34.7	39.5	40.3	41.8						
sliding quickly										

<b>Test: B n. 15</b>							
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>
Specimen  n.	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  n.	Sliding time at s  <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.79	50	1	1	3	NO	
				2	4	NO	
				3	5	NO	
				4	5.5	NO	
				5	6	NO	
				6	6.5	NO	
				7	7	NO	
				8	7.5	NO	
				9	7.5	NO	
				10	7.5	NO	No sliding
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

<b>Test: B n. 16/1</b>							
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>
Specimen  n.	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  n.	Sliding time at s  <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.79	50	1	0	0	0.86	
				2	0		
				7	9		
				8	12		
				9	17		
				10	22		
				11	28		
				12	45		
				12' 30"	50	7.06	No sliding
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

<b>Test: B n. 16/2</b>							
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>
Specimen  <b>n.</b>	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  <b>n.</b>	Sliding time at s  <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.79	50	2	0	0	0.86	
				4	0		
				6	1		
				7	3		
				7' 30"	8		
				8	8		
				10	8		
				12' 30"		7.55	Sliding quickly
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

<b>Test: B n. 16/3</b>							
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>
Specimen  <b>n.</b>	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  <b>n.</b>	Sliding time at s  <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.79	50	3	0	0	0.86	
				2	0		
				4	0		
				7	0.5		
				10	2		
				10' 30"	25		
				12' 30"	25		
				12' 40"		7.65	Sliding quickly
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

Test: B n. 16/4							
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>
Specimen  <b>n.</b>	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  <b>n.</b>	Sliding time at s  <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.79	50	4	0	0	0.86	
				2	0		
				4	0		
				6	0		
				7	23		
				9	23		
				12' 50"		7.70	Sliding quickly
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

Test: B n. 16/5							
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>
Specimen  <b>n.</b>	Weight of specimen  <b>W</b> (daN)	Dead weight  <b>D</b> (daN)	Test  <b>n.</b>	Sliding time at s  <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s  <b>P</b> (daN)	Note
1	10.79	50	5	0	0	0.86	
				2	0		
				4	0		
				6	0		
				8	0		
				10' 29"		6.67	Sliding quickly
				The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).			



Test: B n. 16 - Summary 5 tests										
Model: <b>B1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>				Test surface: <b>HPL</b>			
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>				Stiles cap			
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>				At top	At bottom		
							<b>NO CAP</b>	<b>B1</b>		
Specimen n.	Weight of specimen <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at <b>s</b> <b>t</b> (min)	Sliding <b>s</b> (mm)					
1	10.79	50	1	0	0	0	0	0	0	
				2	0	0	0	0	0	
				4		0	0	0	0	
				6		1	0	0	0	
				6.5				0	0	
				7	9	3	0.5		0	
				7.5		8			0	
				8	12	8			0	
				9	17	8		23	0	
				10	22	8	2			
				11	28	.				
				12	45					
				12.5	50	Slid.	25	Slid.	Slid.	
				13			Slid.			
				Total sliding =	50	8	25	23	0	
Total p. force	7.06	7.55	7.65	7.70	6.67					

Test: C n. 17/1							
Model: <b>C1(two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			At top	At bottom
						<b>NO CAP</b>	<b>C1</b>
Specimen n.	Weight of specimen <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at <b>s</b> <b>t</b> (min)	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding <b>s</b> <b>P</b> (daN)	Note
1	11.48	50	1	0	0	NO	
				2	14	NO	
				4	20	NO	
				6	28	NO	
				9	35	NO	
				10	42	NO	
				12	47	NO	
				13' 03"	50	NO	

The sliding starts at beginning of each test.  
The test has been stopped at 50 mm of sliding.

Test: C n. 17/2							
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	C1
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Note
1	11.48	50	2	0	0	NO	
				2	4	NO	
				4	4	NO	
				6	5	NO	
				8	7	NO	
				10	9	NO	
				12	12	NO	
				14	15	NO	
				16	18	NO	
				18	21	NO	
				20	24	NO	
				22	28	NO	
				24	30	NO	
				26	33	NO	
				28	36	NO	
				30	39	NO	
32	43	NO					
34	46	NO					
36	49	NO					
			36' 30"	50	NO		

The sliding starts at beginning of each test.  
The test has been stopped at 50 mm of sliding.

Test: C n. 17/3							
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	C1
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Note
1	11.48	50	3	0	0	NO	
				2	2	NO	
				4	2	NO	
				6	2	NO	
				8	2	NO	
				10	4	NO	
				12	5	NO	
				14	7	NO	
				16	8	NO	
				18	10	NO	
				20	13	NO	
				22	15	NO	
				24	17	NO	
				26	20	NO	
				28	24	NO	
				30	26	NO	
				32	28	NO	
				34	32	NO	
				36	35	NO	
				38	38	NO	
40	41	NO					
42	44	NO					
44	46	NO					
			45' 30"	50	NO		

P = measured pulling force (N)  
 W = ladder weight (N)  
 D = dead weight (N)  
 $\alpha$  = angle of leaning ladder inclination respect to the horizontal surface  
 d = Distance of dead weight from the top of ladder

The sliding starts at beginning of each test.  
 The test has been stopped at 50 mm of sliding.

Test: C n. 17/4							
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	C1
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Note
1	11.48	50	4	0	0	NO	
				2	1	NO	
				12	1	NO	
				14	3	NO	
				16	3	NO	
				18	4	NO	
				20	4	NO	
				22	5	NO	
				24	6	NO	
				26	7	NO	
				28	8	NO	
				30	9	NO	
				32	12	NO	
				34	14	NO	
				36	16	NO	
				38	16	NO	
				40	20	NO	
				42	22	NO	
				44	24	NO	
				46	26	NO	
				48	28	NO	
50	30	NO					
52	33	NO					
54	36	NO					
56	38	NO					
58	40	NO					
60	42	NO					
62	44	NO					
64	46	NO					
66	48	NO					
				67' 07"	50	NO	

P = measured pulling force (N)  
W = ladder weight (N)  
D = dead weight (N)  
 $\alpha$  = angle of leaning ladder inclination respect to the horizontal surface  
d = Distance of dead weight from the top of ladder

The sliding starts at beginning of each test. The test has been stopped at 50 mm of sliding.

Test: C n. 17/5							
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	C1
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Note
1	11.48	50	5	0	0	NO	
				2	1	NO	
				14	1	NO	
				16	2	NO	
				34	2	NO	
				36	3	NO	
				42	3	NO	
				44	4	NO	
				54	4	NO	
				56	6	NO	
				58	6	NO	
				60	8	NO	
				62	10	NO	
				64	12	NO	
				66	14	NO	
				68	16	NO	
				70	18	NO	
				80	18	NO	
				82	19	NO	
				84	19	NO	
				86	20	NO	
				88	20	NO	
				90	21	NO	
				92	21	NO	
				94	22	NO	
96	22	NO					
98	24	NO					
100	26	NO					
102	28	NO					
104	30	NO					
106	32	NO					
108	32	NO					
110	34	NO					
112	36	NO					
114	38	NO					
116	40	NO					
118	42	NO					
120	44	NO					
122	46	NO					
124	48	NO					
125	50	NO					

P = measured pulling force (N)  
 W = ladder weight (N)  
 D = dead weight (N)  
 $\alpha$  = angle of leaning ladder inclination respect to the horizontal surface  
 d = Distance of dead weight from the top of ladder  
 The sliding starts at beginning of each test. The test has been stopped at 50 mm of sliding

Test: C n. 17 - Summary of 5 tests									
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL			
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap			
						At top		At bottom	
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP		C1	
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)				
1	11.48	50	1	0	0	0	0	0	0
				2	14	4	2	1	1
				4	20	4	2	1	1
				6	28	5	2	1	1
				8		7	2	1	1
				9	35	7	3	1	1
				10	42	9	4	1	1
				12	47	12	5	1	1
				13	50		6	1	1
				14		15	7	3	1
				16		18	8	3	2
				18		21	10	4	2
				20		24	13	4	2
				22		28	15	5	2
				24		30	17	6	2
				26		33	20	7	2
				28		36	24	8	2
				30		39	26	9	2
				32		43	28	12	2
				34		46	32	14	2
				36		49	35	16	3
				36,5		50	36	16	3
				38			38	16	3
				40			41	20	3
				42			44	22	3
				44			46	24	4
				45,5			50	25	4
				46				26	4
				48				28	4
				50				30	4
52				33	4				
54				36	4				
56				38	6				
58				40	6				
60				42	8				
62				44	10				
64				46	12				
66				48	14				
67				50	15				
68					16				
70					18				
80					18				
82					19				
84					19				
86					20				
88					20				
90					21				
92					21				
94					22				
96					22				
98					24				
100					26				
102					28				
104					30				

				106					32
				108					32
				110					34
				112					36
				114					38
				116					40
				118					42
				120					44
				122					46
				124					48
				125					50

P = measured pulling force (N)  
W = ladder weight (N)  
D = dead weight (N)  
 $\alpha$  = angle of leaning ladder inclination respect to the horizontal surface  
d = Distance of dead weight from the top of ladder

The sliding starts at beginning of each test.  
The test has been stopped at 50 mm of sliding.  
No pulling force applied

Test: C n. 18/1							
Model: C1 (two pieces)		Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL		
With wheels on the top: YES		Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap		Note
		Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			At top NO CAP	At bottom C1	
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	
1	11.48	50	1	0	0		
				2	4		
				4	8		
				6	50	4.32	

The sliding starts at beginning of each test.  
The test has been stopped at 50 mm of sliding.  
The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).

Test: B n. 18/2							
Model: <b>C1 (two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>C1</b>
Specimen n.	Weight of specimen <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at s <b>t</b> (min)	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s <b>P</b> (daN)	Note
1	11.48	50	2	0	0		
				2	2		
				4	4		
				6	8		
				8	36		
				8' 26"	50	5.40	
The sliding starts at beginning of each test. The test has been stopped at 50 mm of sliding. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

Test: C n. 18/3							
Model: <b>C1(two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>	
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>	<b>C1</b>
Specimen n.	Weight of specimen <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n.	Sliding time at s <b>t</b> (min)	Sliding <b>s</b> (mm)	Sliding pulling force at sliding s <b>P</b> (daN)	Note
1	11.48	50	3	0	0		
				2	3		
				4	5		
				6	7		
				8	20		
				9' 40"	50	6.08	
The sliding starts at beginning of each test. The test has been stopped at 50 mm of sliding. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							



Test: C n. 18/4							
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	C1
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Note
1	11.48	50	4	0	0		
				2	2		
				4	4		
				6	6		
				8	18		
				10	22		
				12	38		
				13	50	6.43	
The sliding starts at beginning of each test. The test has been stopped at 50 mm of sliding. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

Test: C n. 18/5							
Model: C1 (two pieces)			Length of ladder (m): 4			Test surface: HPL	
With wheels on the top: YES			Angle of inclination $\alpha$ : 65°			Stiles cap	
						At top	At bottom
			Distance of uppermost third rung d (m): 0.981			NO CAP	C1
Specimen n.	Weight of specimen W (daN)	Dead weight D (daN)	Test n.	Sliding time at s t (min)	Sliding s (mm)	Sliding pulling force at sliding s P (daN)	Note
1	11.48	50	5	0	0		
				2	2		
				4	4		
				6	7		
				8	10		
				10	18		
				12	36		
				14	41		
				15	50	6.77	
The sliding starts at beginning of each test. The test has been stopped at 50 mm of sliding. The test starts with a pulling force of 0.86 daN (weight of empty bottle).							

Test: C n. 18 - Summary of 5 tests													
Model: <b>C1(two pieces)</b>			Length of ladder (m): <b>4</b>			Test surface: <b>HPL</b>							
With wheels on the top: <b>YES</b>			Angle of inclination $\alpha$ : <b>65°</b>			Stiles cap							
						At top		At bottom					
			Distance of uppermost third rung <b>d</b> (m): <b>0.981</b>			<b>NO CAP</b>		<b>C1</b>					
Specimen n.	Weight of specimen <b>W</b> (daN)	Dead weight <b>D</b> (daN)	Test n°	Sliding time at s <b>t</b> (min)	Sliding  <b>s</b> (mm)								
1	11.48	50	1	0	0	0	0	0	0				
				2	4	2	3	2	2				
				4	8	4	5	4	4				
				6	50	8	7	6	7				
				8		36	20	18	10				
				8.5		50							
				9.5			50						
				10				22	18				
				12				38	36				
				13				50					
				14					41				
				15					50				
								Pulling force at 50 mm	4.32	5.40	6.08	6.43	6.77
				<p>P = measured pulling force (N)                      W = ladder weight (N)                      D = dead weight (N)  <math>\alpha</math> = angle of leaning ladder inclination respect to the horizontal surface                      d = Distance of dead weight from the top of ladder</p> <p>The sliding starts at beginning of each test.                      The test has been stopped at 50 mm of sliding.                      No pulling force applied</p>									

## Allegato 2 - Risultati di seconda indagine delle prove di scivolamento alla base

Condizioni:

- Temperatura ambientale di prova:  $19 \div 23$  °C
- Usati stesso set di tamponi A3 dalla prova n. 1 alla prova n. 72,
- Usati altro set di tamponi A3 dalla prova n. 73 alla prova n. 81
- Usati stesso set di tamponi A1 dalla prova 82 alla prova 103
- Peso morto  $F_1$  sul terzo gradino: 50, 100, 125, 150 (daN);
- Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN;
- Forza di tiro  $F_2$ : variabile ad incremento fisso di 1 daN a partire da 10 daN;
- Tempo massimo di prova: generalmente 30 minuti.

Peso morto 50 daN – Forza di tiro ad incremento continuo

Prova: A n. 1					
Tampone: <b>A3</b>		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: <b>SS</b>	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : <b>70°</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	2		
		20	3		
		30	5	11.5	
		40	6		
		50	slitta	20.0	

(\*)  $d$  = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 2					
Tampone: <b>A3</b>		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: <b>SS</b>	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : <b>70°</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	2		
		20	3		
		30	5	11.8	
		40	11	16.6	

(\*)  $d$  = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 3					
Tampone: <b>A3</b>		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: <b>SS</b>	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : <b>70°</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	1		
		20	4		
		30	5	11.7	
		40	55	16.5	

(\*)  $d$  = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 4					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	0		
		30	0	15.8	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro ad incremento continuo

Prova: A n. 5					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	0		
		30	0	11.7	
		49	slitta	20.0	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Prova: A n. 6					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	1		
		30	20	16.2	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Prova: A n. 7					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	0		
		30	10	16.2	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Prova: A n. 8					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	12		
		30	43	15.3	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 50 daN – Forza di tiro ad incremento continuo

Prova: A n. 9					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	4		
		20	30		
		30	slitta	15.6	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 10					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	4		
		20	50		
		30	74	15.4	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 11					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	12		
		30	56	15.8	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 12					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*): 0.981 m</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	2		
		20	11		
		30	41	15.5	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro ad incremento continuo

Prova: A n. 13					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*): 0.981 m</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro ad incremento continuo a partire da 0.87 daN
9.28	50	10	0		
		20	2		
		30	46	15.4	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 10 daN

Prova: A n. 14, 15, 16, 17, 18, 19					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*): 0.981 m</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 10 daN per ogni singola prova. In tutte le 6 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
9.28	50	10	0	10	
		20	0	10	
		30	0	10	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 15 daN

Prova: A n. 20, 21, 22					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*): 0.981 m</b>		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 15 daN per ogni singola prova. In tutte le 6 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
9.28	50	10	0	15	
		20	0	15	
		30	0	15	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 17 daN

Prova: A n. 23					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	10	65	17	Forza di tiro costante a 17 daN
		20	slitta	17	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 16 daN

Prova: A n. 24					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	10	23	16	Forza di tiro costante a 16 daN
		20	slitta	16	
		30	/	/	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 0 daN

Prova: A n. 25					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	0	Forza di tiro costante a 0 daN
		20	0	0	
		30	0	0	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 10 daN

Prova: A n. 26					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	10	Forza di tiro costante a 10 daN
		20	0	10	
		30	0	10	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala



Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 15daN

Prova: A n. 27					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	15	Forza di tiro costante a 15 daN
		20	0	15	
		30	0	15	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 28					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	15	Forza di tiro costante a 15 daN
		20	0	15	
		30	10	15	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 15daN

Prova: A n. 29					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	15	Forza di tiro costante a 15 daN <b>Prova durata 18 ore</b>
		20	0	15	
		30	10	15	
		1080 (18h)	310	15	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 10daN

Prova: A n. 30					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	10	Forza di tiro costante a 10 daN
		20	0	10	
		30	0	10	

(\* ) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 31					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 10 daN <b>Prova durata 48 ore</b>
9.28	100	10	0	10	
		20	0	10	
		30	0	10	
		2880 (48h)	0	10	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 11daN

Prova: A n. 32					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 11 daN
9.28	100	10	0	11	
		20	0	11	
		30	0	11	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 12 daN

Prova: A n. 33					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 12 daN
9.28	100	10	0	12	
		20	0	12	
		30	0	12	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 13 daN

Prova: A n. 34					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 13 daN
9.28	100	10	0	13	
		20	0	13	
		30	0	13	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 14 daN

Prova: A n. 35					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala <b>P<sub>p</sub></b> (daN)	Peso morto <b>F<sub>1</sub></b> (daN)	Tempo <b>t</b> min.	Slittamento <b>s</b> (mm)	Forza di tiro al tempo t <b>F<sub>2</sub></b> (daN)	<b>Note</b>
9.28	100	10	0	14	Forza di tiro costante a 14 daN <b>Prova durata 48 ore</b>
		20	0	14	
		30	2	14	
		2880 (48h)	3	14	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 125 daN – Forza di tiro costante  
per ogni singola prova a partire da 10 daN (n. 17 prove)

Prova: A n. 36 (10), 37(11), 38 (12), 39(13), 40 (14), 41(15), 42(16), 43(17), 44(18), 45(19), 46(20), 47(21), 48(22), 49(23), 50(24), 51(25), 52(26),					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala <b>P<sub>p</sub></b> (daN)	Peso morto <b>F<sub>1</sub></b> (daN)	Tempo <b>t</b> min.	Slittamento <b>s</b> (mm)	Forza di tiro al tempo t <b>F<sub>2</sub></b> (daN)	<b>Note</b>
9.28	125	10	0	Vedi nota	<b>Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 36 (10 daN), prova n. 37 (11 daN) ecc. In tutte le 17 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti</b>
		20	0	Vedi nota	
		30	0	Vedi nota	
		/	/	/	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 125 daN – Forza di tiro costante 27 daN

Prova: A n. 53					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala <b>P<sub>p</sub></b> (daN)	Peso morto <b>F<sub>1</sub></b> (daN)	Tempo <b>t</b> min.	Slittamento <b>s</b> (mm)	Forza di tiro al tempo t <b>F<sub>2</sub></b> (daN)	<b>Note</b>
9.28	125	2	10	27	Forza di tiro costante a 27 daN. <b>La scala, a differenza del gruppo delle 17 prove precedenti, a 27 daN inizia a slittare in breve tempo.</b>
		5	20	27	
		8	30	27	
		9	40	27	
		10	50	27	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

**Peso morto 150 daN – Forza di tiro costante  
per ogni singola prova a partire da 25 daN (n. 3 prove)**

Prova: A n. 54(25), 55(26), 56(27),					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*)</b> : 0.981 m		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 54(25 daN), prova n. 55 (26 daN) ecc. In tutte le 3 prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
9.28	150	10	0	Vedi nota	
		20	0	Vedi nota	
		30	0	Vedi nota	
		/	/	/	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

**Peso morto 150 daN – Forza di tiro costante 28 daN**

Prova: A n. 57					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*)</b> : 0.981 m		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 28 daN. La scala, a differenza del gruppo delle 3 prove precedenti, a 28 daN inizia a slittare in breve tempo.
9.28	150	1	slitta	28	
		/	/	/	
		/	/	/	
		/	/	/	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

**Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 14 daN (n. 2 prove)**

Prova: A n. 58 (14), 59(14)					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70° <b>d (*)</b> : 0.981 m		Tampone sui montanti	
				In sommità <b>A3</b>	Alla base <b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante per ogni singola prova: prova n. 58 (14 daN), prova n. 59 (14 daN) In tutte le 2 prove la scala slitta dopo circa 2 minuti
9.28	50	2	slitta	14	
		/	/	/	
		/	/	/	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante a partire da 10 daN (n. 2 prove)

Prova: A n. 60 (10), 61 (11)					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala <b>P<sub>p</sub></b> (daN)	Peso morto <b>F<sub>1</sub></b> (daN)	Tempo <b>t</b> min.	Slittamento <b>s</b> (mm)	Forza di tiro al tempo t <b>F<sub>2</sub></b> (daN)	<b>Note</b>
9.28	50	10	0	Vedi nota	<b>Forza di tiro costante per ogni singola prova: prova n. 60 (10 daN), prova n. 61 (11 daN) In tutte le 2 prove la scala non scivola dopo 30 minuti</b>
		20	0	Vedi nota	
		30	0	Vedi nota	
<b>(*) d</b> = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante a 12 daN

Prova: A n. 62					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala <b>P<sub>p</sub></b> (daN)	Peso morto <b>F<sub>1</sub></b> (daN)	Tempo <b>t</b> min.	Slittamento <b>s</b> (mm)	Forza di tiro al tempo t <b>F<sub>2</sub></b> (daN)	<b>Note</b>
9.28	50	10	0	12	<b>Forza di tiro costante a 12 daN . La scala inizia a muoversi subito.</b>
		20		12	
		30	100	12	
<b>(*) d</b> = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 75 daN – Forza di tiro costante a partire da 12 daN (n. 6 prove)

Prova: A n. 63 (12), 64 (13), 65 (14), 66 (15), 67 (16), 68 (17),					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala <b>P<sub>p</sub></b> (daN)	Peso morto <b>F<sub>1</sub></b> (daN)	Tempo <b>t</b> min.	Slittamento <b>s</b> (mm)	Forza di tiro al tempo t <b>F<sub>2</sub></b> (daN)	<b>Note</b>
9.28	75	10	0	Vedi nota	<b>Forza di tiro costante per ogni singola prova: prova n. 63 (12daN), prova n. 64 (13daN) , ecc. In tutte le 2 prove la scala non scivola dopo 30 minuti</b>
		20	0	Vedi nota	
		30	0	Vedi nota	
<b>(*) d</b> = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 75 daN – Forza di tiro costante a 18 daN

Prova: A n. 69					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	75	0	0	18	Forza di tiro costante a 18 daN . La scala si muove di circa 30 mm in 4 minuti, poi slitta definitivamente
		4	30	18	
		5	slitta	18	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante  
per ogni singola prova a partire da 18 daN (n. 2 prove)

Prova: A n. 70(18), 71(19)					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	Vedi nota	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 70( 18 daN), prova n. 71 (19 daN) ecc. In tutte le 2prove lo slittamento è di 0 mm dopo 30 minuti
		20	0	Vedi nota	
		30	0	Vedi nota	
		/	/	/	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 20 daN

Prova: A n. 72					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	0	0	20	Forza di tiro costante a 20daN. La scala, a differenza del gruppo delle 2 prove precedenti, si muove di 40 mm in 3 minuti, poi slitta definitivamente.
		3	40	20	
		4	slitta	20	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Da questo punto in poi viene cambiato il set di tamponi A3

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 18 daN

Prova: A n. 73					
Tamponi: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°  d (*): 0.981 m		Tamponi sui montanti	
				In sommità	Alla base
				A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	10	0	18	Forza di tiro costante a 18 daN. <b>La scala, dopo 30 min, non slitta</b>
		20	0	18	
		30	0	18	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 19 daN

Prova: A n. 74					
Tamponi: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°  d (*): 0.981 m		Tamponi sui montanti	
				In sommità	Alla base
				A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	1	40	19	Forza di tiro costante a 19 daN. <b>La scala, dopo 1min, slitta</b>
			slitta	19	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 125 daN – Forza di tiro costante 19 daN

Prova: A n. 75					
Tamponi: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°  d (*): 0.981 m		Tamponi sui montanti	
				In sommità	Alla base
				A3	A3
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo $t$ $F_2$ (daN)	Note
9.28	125	10	10	19	Forza di tiro costante a 19daN. <b>Dopo 22 min si spezza la fune che sospende il peso morto. Prova interrotta.</b>
		20	23	19	
		22	35	19	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Prova: A n. 76					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 19daN. <b>La scala ,dopo 30 min, non slitta.</b>
9.28	125	10	12	19	
		20	23	19	
		30	24	19	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 125 daN – Forza di tiro costante 20 daN

Prova: A n. 77					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 20daN. <b>La scala ,dopo 30 min, non slitta.</b>
9.28	125	10	8	20	
		20	14	20	
		30	22	20	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 125 daN – Forza di tiro costante 21 daN

Prova: A n. 78					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 21daN. <b>La scala ,dopo 30 min, non slitta.</b>
9.28	125	10	15	21	
		20	27	21	
		30	35	21	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala

Peso morto 150 daN – Forza di tiro costante 21 daN

Prova: A n. 79					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A3</b>	<b>A3</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>  Forza di tiro costante a 21daN. <b>La scala ,dopo 30 min, non slitta.</b>
9.28	150	10	20	21	
		20	40	21	
		30	60	21	

(\*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala



Prova: A n. 80					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°  d (*): 0.981 m		Tampone sui montanti	
				In sommità A3	Alla base A3
Peso scala P <sub>p</sub> (daN)	Peso morto F <sub>1</sub> (daN)	Tempo t min.	Slittamento s (mm)	Forza di tiro al tempo t F <sub>2</sub> (daN)	Note
9.28	150	10	21	21	Forza di tiro costante a 21daN. <b>La scala ,dopo 30 min, slitta.</b>
		20	40	21	
		30	60	21	
			slitta		
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Prova: A n. 81					
Tampone: A3		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°  d (*): 0.981 m		Tampone sui montanti	
				In sommità A3	Alla base A3
Peso scala P <sub>p</sub> (daN)	Peso morto F <sub>1</sub> (daN)	Tempo t min.	Slittamento s (mm)	Forza di tiro al tempo t F <sub>2</sub> (daN)	Note
9.28	150	10	12	21	Forza di tiro costante a 21daN. <b>La scala ,dopo 30 min, slitta.</b>
		20	25	21	
		30	30	21	
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Da questo punto si cambia il tipo di tampone da A3 ad A1

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 0 daN

Prova: A n. 82					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	5	0	0	Forza di tiro costante a 0 daN per 5 min <b>La scala non slitta.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 10 daN

Prova: A n. 83					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	0	slitta	10	Forza di tiro costante a 10 daN <b>La scala slitta immediatamente.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 13 daN

Prova: A n. 84					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	0	slitta	13	Forza di tiro costante a 13 daN <b>La scala slitta immediatamente.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 5 daN

Prova: A n. 85					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	5	0	5	Forza di tiro costante a 5 daN <b>La scala non slitta.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 6 daN

Prova: A n. 86					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A1</b>	<b>A1</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>
9.28	50	0	15	6	Forza di tiro costante a 6 daN <b>La scala slitta subito di 15 mm e poi si ferma.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 6 daN

Prova: A n. 87					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A1</b>	<b>A1</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>
9.28	50	5	0	6	Forza di tiro costante a 6 daN <b>La scala non slitta.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 7 daN

Prova: A n. 88					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		<b>d (*)</b> : 0.981 m		<b>A1</b>	<b>A1</b>
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	<b>Note</b>
9.28	50	5	2	7	Forza di tiro costante a 7 daN <b>La scala slitta di 2 mm.</b>
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante a partire da 8 daN

Prova: A n. 89 (8), 90 (9)					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	5	0	Vedi nota	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 89( 8 daN), prova n. 90 (9 daN) ecc. In tutte le 2prove lo slittamento è di 0 mm dopo 5 minuti
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 50 daN – Forza di tiro costante 10 daN

Prova: A n ° 91 (10), 92 (10), 93 (10)					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	50	0	slitta	10	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 90( 10 daN), ecc. In tutte le 3prove lo slittamento della scala è immediato.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 75 daN – Forza di tiro costante 0 daN

Prova: A n ° 94					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	75	5	0	0	Forza di tiro costante a 0 daN La scala non slitta
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 75 daN – Forza di tiro costante 10 daN

Prova: A n ° 95 (10), 96 (10), 97 (10), 98 (10),					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	75	0	slitta	10	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 94( 10 daN), ecc. In tutte le 4 prove lo slittamento della scala è immediato.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 75 daN – Forza di tiro costante 9 daN

Prova: A n ° 99					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	75	5	0	9	Forza di tiro a 9 daN Dopo 5 min l a scala non slitta
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 9 daN

Prova: A n ° 100					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	5	0	9	Forza di tiro a 9 daN Dopo 5 min la scala non slitta
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 10 daN

Prova: A n ° 101					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	7	2	10	Forza di tiro a 10 daN Dopo 7 min la scala slitta di 2 mm
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante a partire da 11 daN

Prova: A n ° 102 (11), 103 (12), 104 (13), 105 (14),					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	5	0÷2	Vedi nota	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 102( 11 daN), ecc. Incremento 1 daN per ogni singola prova. Lo slittamento della scala è compreso tra 0 e 2 mm.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 100 daN – Forza di tiro costante 15 daN

Prova: A n ° 106 (15), 107 (15), 108 (15)					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	100	0	slitta	15	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 106( 15 daN), ecc. Lo slittamento della scala è immediato.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 150 daN – Forza di tiro costante 15 daN

Prova: A n ° 109					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: NO		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	150	0	slitta	15	Forza di tiro costante a 15 daN. La scala slitta immediatamente.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 150 daN – Forza di tiro costante 14 daN

Prova: A n ° 110					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	150	5	0	14	Forza di tiro costante a 14 daN. La scala non slitta.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

Peso morto 150 daN – Forza di tiro costante 15 daN

Prova: A n ° 111 (15), 112 (15), 113(15)					
Tampone: A1		Lunghezza della scala: 4 m		Superficie di prova: SS	
Ruotino in sommità: <b>NO</b>		Angolo di inclinazione $\alpha$ : 70°		Tampone sui montanti	
				In sommità	Alla base
		d (*): 0.981 m		A1	A1
Peso scala $P_p$ (daN)	Peso morto $F_1$ (daN)	Tempo $t$ min.	Slittamento $s$ (mm)	Forza di tiro al tempo t $F_2$ (daN)	Note
9.28	150	0	slitta	15	Forza di tiro costante per ogni singola prova: es. prova n. 111( 15 daN), ecc. Lo slittamento della scala è immediato.
(*) d = distanza del terzultimo gradino dalla sommità della scala					

## Allegato 3 - Ladders: Standing ladder durability test technical specification

CEN/TC93

Date: 2012.02.29

Doc. N.:Draft

Secretariat: DIN



## Contents

### Foreword

### Introduction

1. Scope
2. Normative references
3. Terms and definitions
4. Durability test method
  - 4.1 General
  - 4.2 Principle
  - 4.3 Apparatus
    - 4.3.1 General
    - 4.3.2 Thrust surface/pad
    - 4.3.3 Rigid structure to secure the cylinders and pads position
    - 4.3.4 Testing surface
    - 4.3.5 Elastic ropes/tapes
  - 4.4 Test condition
    - 4.4.1 Ambient condition
  - 4.5 Test requirements
  - 4.6 Test procedure
  - 4.7 Test report

## Foreword

This document has been prepared by .....

## Introduction

The use of a CEN Technical Specification has been agreed by CEN/TC93 to enable further testing and validation of a Standing Ladder Durability Test and ultimately rapid incorporation into a EN 131-2 standard.

## 1. Scope

This technical specification specifies method of test for ladders. The purpose of this test is to enable assessment of the performance of the ladders as specified in the ladders standard.

This technical specification specifies the method of the test for the standing ladder durability requirements evaluation.

## 2. Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN 131-1:2007 Ladders – Part 1 - Terms, types functional sizes

EN 10088-2:2005 Stainless steels - Part 2 -Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes

## 3. Terms and definitions

For the purposes of this document, terms and definitions given in this standard may be found in the EN 131-1 ladders standard.

In addition the following terms are added:

Ladder collapse: the ladder collapse happens when the defined load value of  $(1500 \pm 50)$ N is not maintained by the thrust device.

Ladder rupture: the ladder rupture happens when the ladder breaks and this impairs the fitness for use of the ladder.

Test step: the test step is the sequence of 10,000 cycles as per clause 4.5 of this specification.

## 4. Durability test method

### 4.1 General

This test is for standing ladders or combination ladders used as standing ladders.

### 4.2 Principle

The standing ladder is placed in position of use on the testing surface with the 4 standing ladder stiles constrained to a fixed part by elastic rope/tape to prevent excessive progressive movement of the standing ladder (see figure 1).

Two equal loads are applied to the standing ladder by testing apparatus following a well defined load vs time law of cycles: one load is applied to the topmost climbing rung/step/surface and the other one is applied to the rung/step in the middle of the climbing support.

The loads application shall continue until the defined load value is maintained by the thrust device or until to the collapse of standing ladder.

The maximum number of cycles is registered.

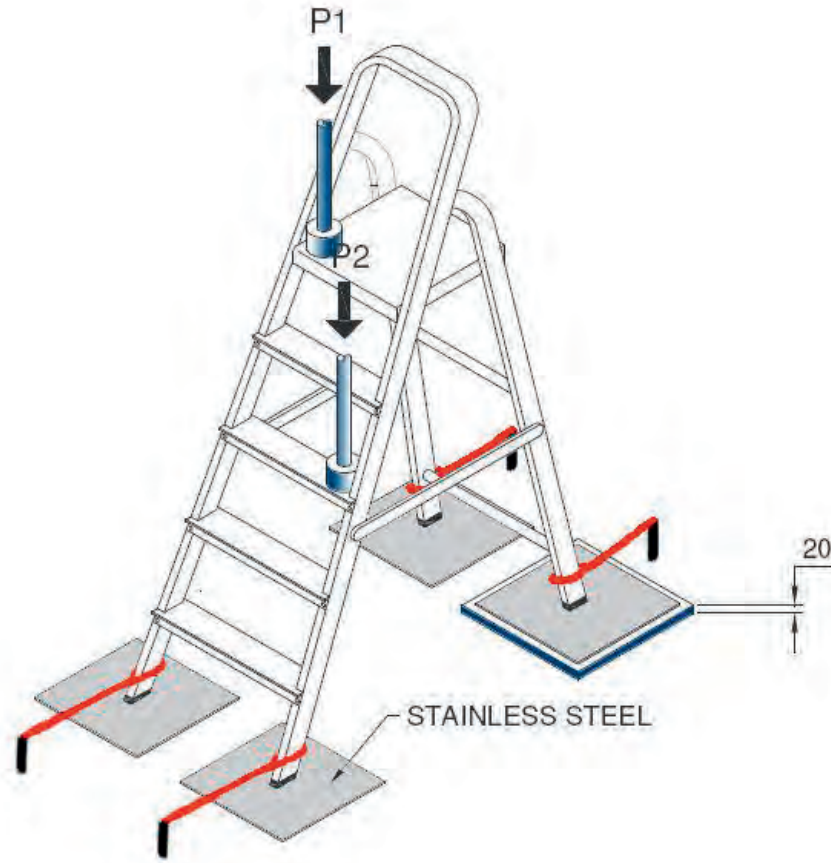


Figura 1 Scheme of principle of the test durability for standing ladder

### 4.3 Apparatus

#### 4.3.1 General

The load shall be provided by pneumatically or oleodynamic system. An equipment of control and of check of the overall system shall be installed in order to guarantee the requirements of clause 4.5.

The apparatus shall include:

1. a rigid testing surface;
2. 2 rigid uprights;
3. 1 rigid cross bar to join permanently the two uprights;
4. 1 rigid upper mobile cross bar to secure one cylinder;
5. 1 rigid lower mobile cross bar to secure one cylinder;
6. 2 cylinders;
7. 2 cylindrical pads as thrust surface;
8. 2 load cells;
9. 1 flat element of 20 mm of thickness;
10. 4 elastic ropes/tapes.

The arrangement of the apparatus is shown in Figure 2

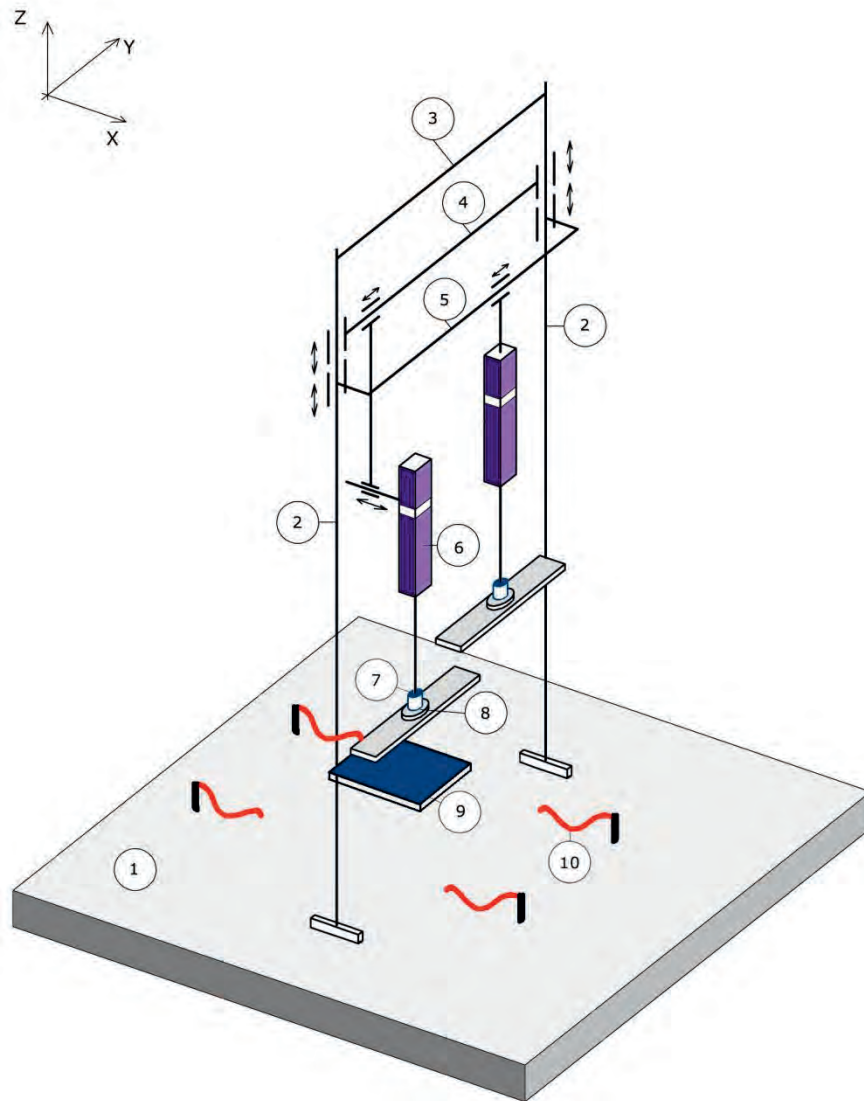


Figure 2 - Arrangement of test apparatus

#### 4.3.2 Thrust surface/pad

The two loads shall be applied to the rung/step/platform by a cylindrical rubber pad as thrust surface.

Pad dimension shall be the following:  $(60 \pm 5)$  mm of diameter and an height of  $(25 \pm 5)$  mm (see Figure 3).

Pad shore hardness shall be in the following range:  $(60 \pm 5)$  SHA

#### 4.3.3 Rigid structure to secure the cylinders and pads position

The structure shall be so rigid in such manner to be capable to support the two cylinders so that during the test their central vertical axes are indeed vertical and so that it does not move.

The structure shall permit to adjust the two cylinders position in x, y and z direction (see Figure 2) in order to meet the pads position respect to the stile both to the rung/step and platform as shown in Figures 3 and 4.

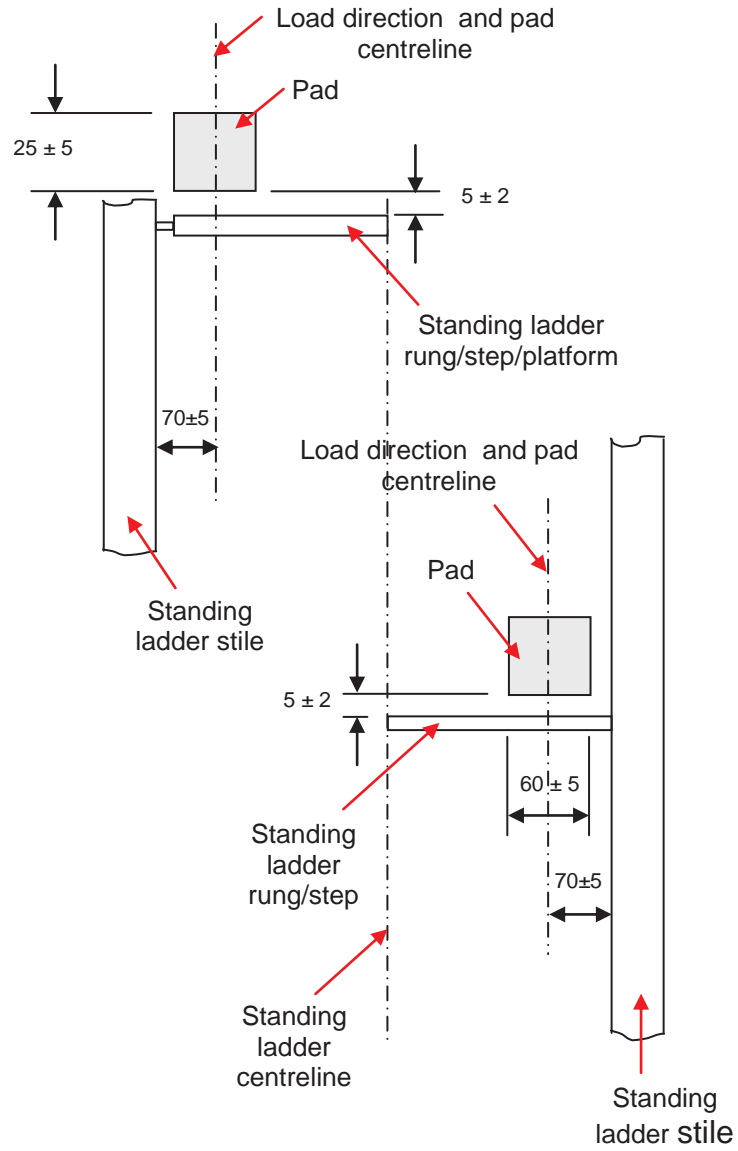


Figure 3 - Position of the pad (dimension in mm)

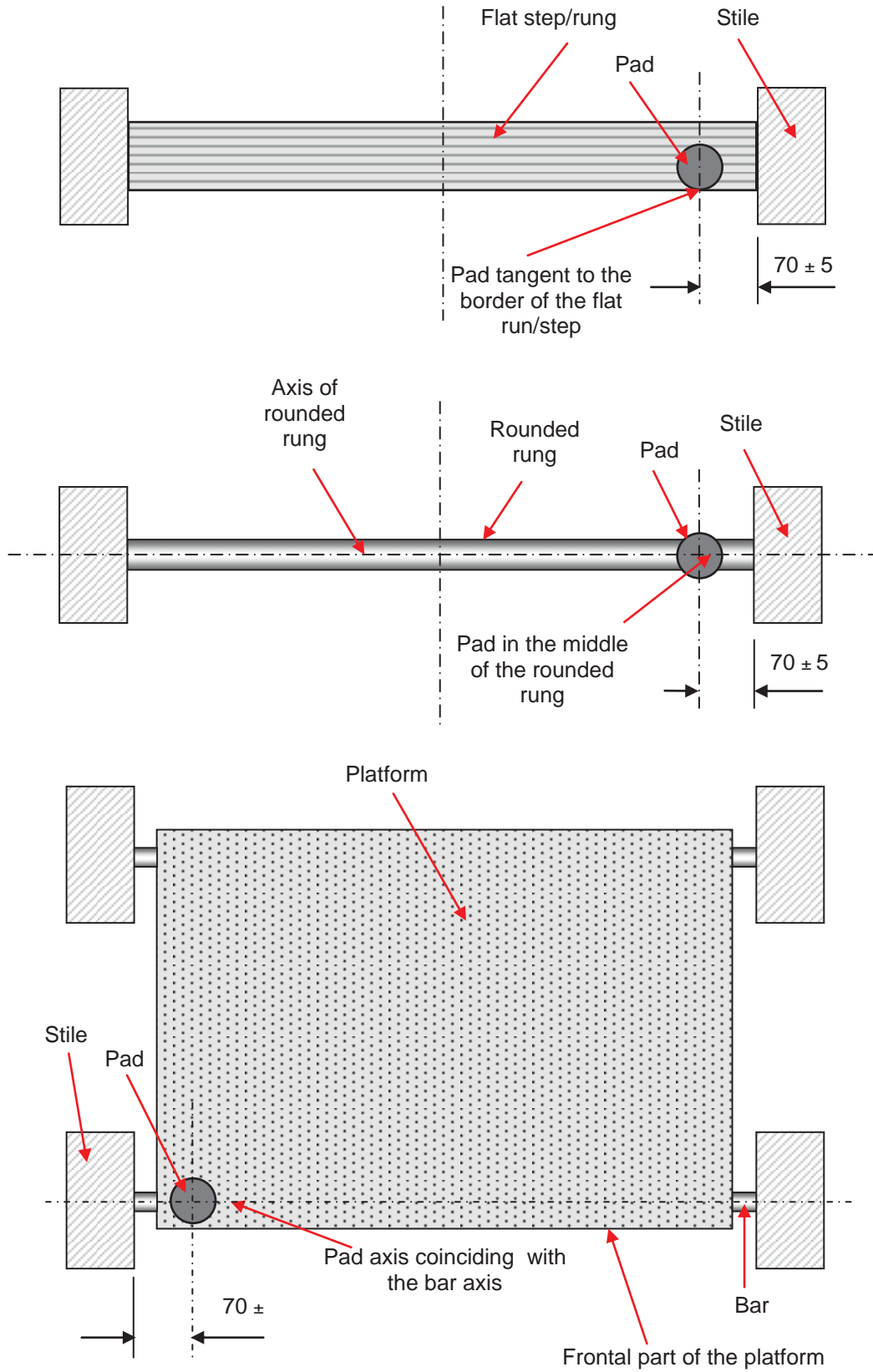


Figure 4 - Position of the pad (dimension in mm)



#### 4.3.4 Testing surface

Stainless steel plate such as number 1.4301, type 2B (cold rolled ground) conforming to EN 10088-2 2005 shall be used as testing surface.

#### 4.3.5 Elastic ropes/tapes

The four elastic ropes/tapes shall be installed in order to maintain the ladder position during the test in an average position respect to the initial position. The characteristics of the ropes/tapes shall not produce measurable changes in the constrains of simple support between the base of the uprights and the test surface.

### 4.4 Test condition

#### 4.4.1 Ambient condition

The ambient temperature shall be  $(20^{\circ}\text{C} \pm 2.0)$  °C before testing and remain within this temperature range during the test.

### 4.5 Test requirements

The law of the loads application is described figure 5.

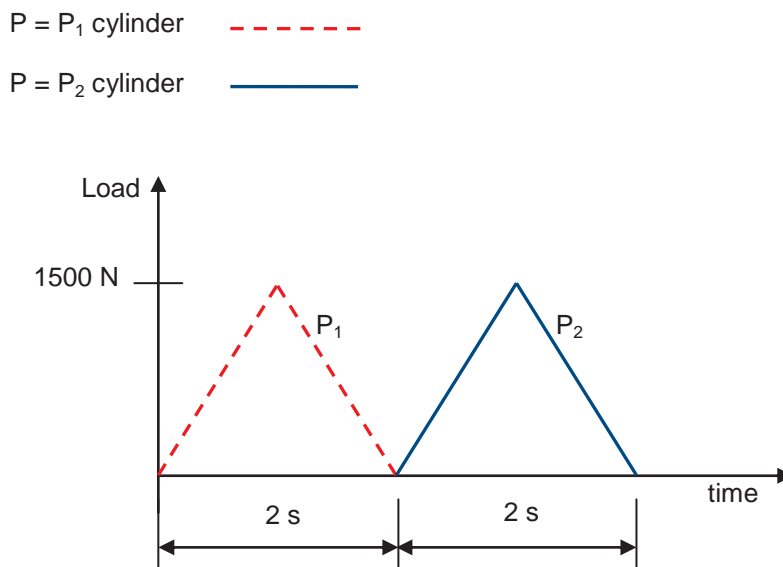


Figura 5 - Test load sequence (cycles of loads application)

$P_1$  load reaches  $(1,500 \pm 50)\text{N}$  and decreases until zero value: this first cycle shall be performed in 2.0 s.  $P_2$  load starts to increase when  $P_1$  load reaches zero value, reaches  $(1,500 \pm 50)\text{N}$  and decreases until zero value: this second cycle shall be performed in 2.0 s.

The sum of first cycle and the second cycle constitutes the durability test cycle (4.0 s).

### 4.6 Test procedure

1. Open the standing ladder in the position of use at the maximum extension with opening restraints engaged and verify no defects are present.
2. Place the standing ladder in the position of use at the maximum extension with opening restraints engaged on the test surface with one of the rear stile base put on the flat element of 20 mm of thickness to simulate an uneven surface(see figura 1).
3. Individuate the rung/step in the middle of the supporting leg: for this scope platform shall be considered as

rung/step. In case of number of steps/rungs as above defined is an even number, the individuated rung/step shall be the middle one plus one.

4. Place one pad/cylinder (e.g.P2) on the individuated rung/step nearest to the front stile corresponding to the side in which the rear stile is on the flat element making thickness.
5. Adjust the pad/cylinder of the point 4 as described in figure 3 and 4 at a vertical distance of  $(5 \pm 2)$  mm from the rung/step surface.
6. Place the other pad/cylinder (e.g. P1) on the rung/step/platform and adjust it as described in figure 3 and 4 at a vertical distance of  $(5 \pm 2)$  mm from the rung/step/platform surface.
7. Constrain the 4 ladder stiles to a fixed part by elastic (e.g. rubber) rope/tape to prevent excessive progressive movement of the ladder.
8. Verify separately the reaching of the test load of  $(1,500 \pm 50)$ N by two pads/cylinders.
9. Set the first test step at 10,000 cycle.
10. Start the test as per test load sequence described in clause 4.5 of this specification.
11. The loads application shall continue until the defined load value of  $(1,500 \pm 50)$ N is maintained (ladder collapse) by the thrust device or until to the rupture of standing ladder. The maximum number of cycles of the first step is registered.
12. In case no collapse or no rupture is verified, set the second test step at an additional 10,000 cycle (total cycles 20,000).
13. The loads application, as per clause 4.5 of this specification, shall continue until the defined load value of  $(1500 \pm 50)$ N is maintained (ladder collapse) by the thrust device or until to the rupture of standing ladder. The maximum number of cycles of the second step is registered.
14. Continue the steps adding 10,000 cycles at the time until the defined load value of  $(1,500 \pm 50)$ N is maintained (ladder collapse) by the thrust device or until to the rupture of standing ladder. The maximum number of cycles of the each step is registered.
15. The total cycles of the durability test is the sum of each cycle.
16. In any case stop the durability test at 50,000 cycles.

#### **4.7 Test report**

The test report shall contain at least:

1. The total cycles of the durability test;
2. The description of the mode failure if any: ladder collapse or ladder rupture;
3. The damaged element if any, e.g.: hinge joint, pivots/seats, element connections, opening restrain devices and their attachments, bearing elements, rung/step, platform, etc.
4. Significant photos of the ladder after the durability test including damages if any.

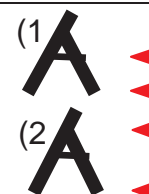
## Allegato 4 - Risultati delle prove di durabilità

### 1. Prove di durabilità su scala doppia

#### 1.1 Scala doppia fabbricante S

##### 1.1.1 Modello SC

Caratteristiche della scala Modello SC			
Tipologia di scala	Scala doppia ad un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma		
Peso (kg)	5.1		
Rispondenza	UNI EN 131 e D.Lgs. 81/08		
Portata (kg)	150		
Montanti			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	40 x 20	1.2
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	35 x 20	1.2
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega di alluminio	80	1.3
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lamiera di acciaio	275 x 280	1.0
Note	Tamponi antisdrucchio in PVC Pedata (profondità) dei gradini: 80 mm Passo (distanza) dei gradini: 220 mm Gradini piani rivettati con 3 rivetti a ciascun montante Collegam. montanti: cerniere a perno Piattaforma in lamiera di acciaio Sistema antiapertura: piattaforma con gancio + cinghia tra i montanti Altezza da terra della piattaforma (1): 1270 mm Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): 1510 mm		



1ª Prova di durabilità modello SC		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
15000	15000	A 12000 cicli inizia una cricca orizzontale lungo il fronte verticale del gradino nella zona del carico. A 15000 cicli la cricca si è estesa per circa 100 mm.

<b>2<sup>a</sup> prova di durabilità modello SC</b>		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
20000	20000	Solo deformazioni elastiche fino a circa 15000 cicli.
18000	38000	<p>A 21000 si deforma il piano del gradino sotto il carico</p> <p>A 22000 cicli inizia una cricca orizzontale lungo il fronte verticale del gradino nella zona del carico.</p> <p>A 34500 cicli inizia una cricca verticale sul fronte verticale posteriore del gradino in corrispondenza del carico, che si propaga per circa 7 mm (per tutto lo spessore del fronte a 36000 cicli).</p> <p>A circa 35000 cicli si è innescata una cricca sul frontale del gradino sotto carico, sotto il rivetto che fissa il gradino al montante, propagandosi fino al rivetto.</p> <p>Nel contempo a circa 35500 cicli inizia una cricca verticale sul fronte anteriore del gradino che si propaga per tutto il fronte a circa 36000 cicli.</p> <p>Il gradino, in corrispondenza del carico presenta una deformazione plastica verticale (abbassamento di circa 15 mm): tale deformazione passa a circa 30 mm sotto il carico di 1500 N.</p> <p>A 38000 il gradino non sostiene più il carico.</p>

<b>3<sup>a</sup> prova di durabilità modello SC</b>		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
20000	20000	<p>Solo deformazioni elastiche fino a circa 15000 cicli.</p> <p>A 15000 cicli Inizio deformazioni plastiche con successiva cricca orizzontale lungo il fronte verticale del gradino nella zona del carico.</p>
20000	37960	<p>A circa 20000 cicli la cricca sul frontale del gradino si è propagata per circa 50 mm con rottura del lamierino.</p> <p>A circa 28000 cicli la cricca sul frontale si è propagata sul piano orizzontale del gradino.</p> <p>A circa 32000 cicli si è innescata una cricca sul frontale del gradino sotto carico, sotto il rivetto che fissa il gradino al montante, propagandosi fino al rivetto stesso.</p> <p>Nel contempo la cricca sul frontale orizzontale del gradino si è estesa per circa 200 mm.</p>
		A 37960 cicli vi è la rottura della lamiera intorno al rivetto.

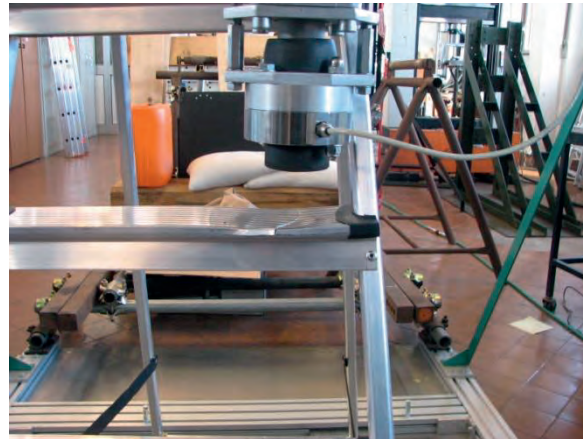
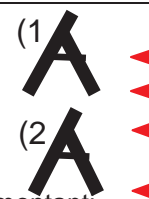


Figura A4 - 1.1.1 -1 Modello SC prova n. 1

### 1.1.2 Modello SD

Caratteristiche della scala Modello SD			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia ad un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma		
<b>Peso (kg)</b>	8.5		
<b>Rispondenza</b>	UNI EN 131 e D.Lgs. 81/08		
<b>Portata (kg)</b>	150		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Profilato in acciaio	35 x 20	1.1
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Profilato in acciaio	30 x 20	1.1
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lamiera in acciaio	80	1.0
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lamiera in acciaio	260 x 260	1.0
Note	Tamponi antisdrucchiolo in PVC Pedata (profondità) dei gradini: 80 mm Passo (distanza) dei gradini: 210 mm Gradini piani saldati al montante Collegam. montanti: cerniere a perno Piattaforma in lamiera di acciaio Sistema antiapertura: piattaforma con gancio + cinghia tra i montanti Altezza da terra della piattaforma (1): 1255mm Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): 1490 mm		



1ª Prova di durabilità modello SD		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
20000	20000	Intorno ai 4000 cicli inizia la deformazione permanente del gradino per la parte a sbalzo prima del punto di saldatura al montante. Dopo 8200 cicli aumento consistente della deformazione del gradino e deformazione della piattaforma.
5460	25500	Rottura del primo punto di saldatura del gradino e susseguente aumento della deformazione iniziale del gradino fino al secondo punto di saldatura.
		NOTA: a 25500 il gradino non è più in grado di sostenere il carico di 1500 N. A tale numero di cicli la piattaforma tiene ancora il carico di 1500 N mentre si rileva la ovalizzazione del foro che accoglie la barra anteriore di supporto della piattaforma.

2ª prova di durabilità Modello SD		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
20000	20000	Idem prima

3 <sup>a</sup> prova di durabilità Modello SD		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
20000	20000	Deformazione per ovalizzazione del foro che accoglie la barra anteriore di supporto della piattaforma.
7870	27870	Rottura del primo punto di saldatura tra gradino e montante con conseguente piegamento del gradino lato montante sotto carico.
3380	31250	A 31250 cicli il gradino non prende più il carico di 1500 N. A tale numero di cicli la piattaforma tiene ancora il carico di 1500 N mentre si rileva la ovalizzazione del foro che accoglie la barra anteriore di supporto della piattaforma.

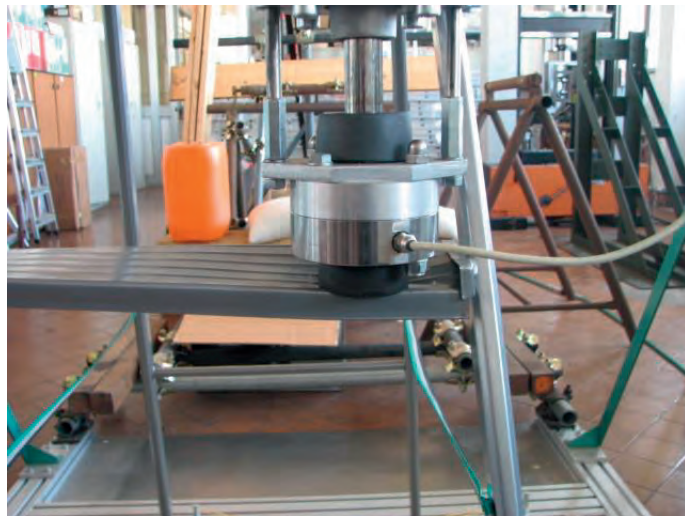
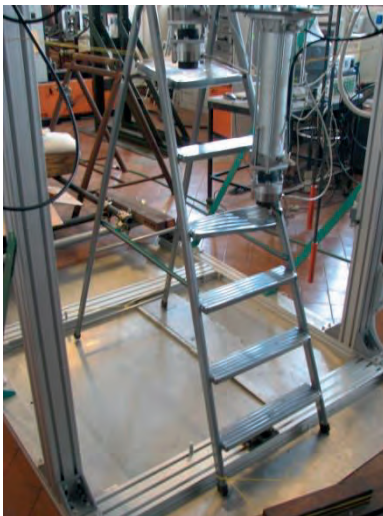
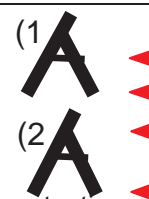


Figura A4 1.1.1 - 2 Modello SD

### 1.1.3 modello SM

Caratteristiche della scala Modello SM			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia ad un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma		
<b>Peso (kg)</b>	7.0		
<b>Rispondenza</b>	UNI EN 131 e D.Lgs. 81/08		
<b>Portata (kg)</b>	150		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio estruso nervato	50 x 25	1.2
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio estruso nervato	50 x 25	1.2
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega alluminio	80	2.4
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Polipropilene	300 x 260	3.0
Note	Tamponi antisdrucchio in PVC Pedata (profondità) dei gradini: 80 mm Passo (distanza) dei gradini: 250 mm Gradini piani ribordati Collegam. montanti: cerniere in pressofusione di alluminio Piattaforma rinforzata con nervature Sistema antiapertura: piattaforma con gancio + cinghie tra i montanti Altezza da terra della piattaforma (1): 1350 mm Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): 1550 mm		



1 <sup>a</sup> Prova di durabilità Modello SM		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
5000	5000	A circa 1500 cicli leggera deformazione della piattaforma e del tubo di supporto anteriore
10000	15000	Leggera deformazione della piattaforma e del tubo di supporto anteriore
10000	25000	A circa 16200 cicli il piede del montante sospeso tocca il terreno
5000	30000	A Circa 29200 la piattaforma ed il tubo di supporto anteriore risultano sensibilmente flessi.
10000	40000	Il tubo di supporto anteriore e la piattaforma si mantengono flessi.
10000	50000	Il tubo di supporto anteriore e la piattaforma si mantengono flessi. Freccia massima del tubo: 17 mm
		NOTA: dopo 50000 cicli non si rileva alcuna rottura al controllo visivo e la scala rimane funzionale.



<b>2<sup>a</sup> prova di durabilità Modello SM</b>		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
18000	18000	A circa 1000 cicli leggera deformazione della piattaforma e del tubo di supporto anteriore
18000	36000	La piattaforma ed il tubo di supporto anteriore risultano sensibilmente flessi.
14000	50000	Il tubo di supporto anteriore e la piattaforma si mantengono flessi. Freccia massima del tubo: 12 mm
		NOTA: dopo 50000 cicli non si rileva alcuna rottura al controllo visivo e la scala rimane funzionale.

<b>3<sup>a</sup> prova di durabilità Modello SM</b>		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
50000	50000	La piattaforma ed il tubo di supporto anteriore risultano sensibilmente flessi.
		NOTA: dopo 50000 cicli non si rileva alcuna rottura al controllo visivo e la scala rimane funzionale. Freccia massima del tubo: 12 mm

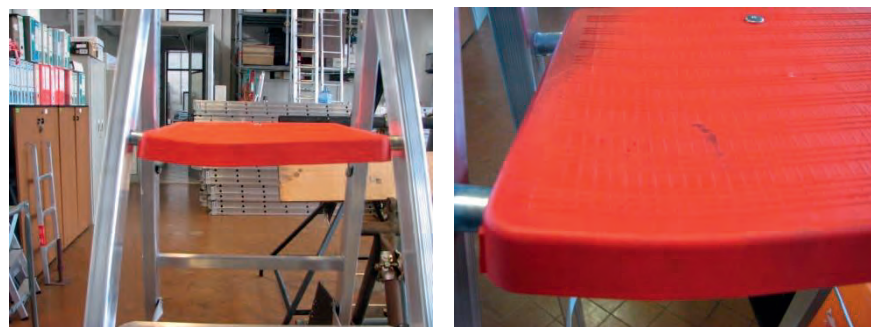
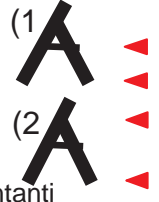


Figura A4 1.1.1 - 3 Modello SM

## 1.2 Fabbricante U

### 1.2.1 Modello U1

Caratteristiche della scala modello U1			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia ad un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma		
<b>Peso (kg)</b>	8.1		
<b>Rispondenza</b>	BS 2037 classe 1		
<b>Portata (kg)</b>	130		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Profilato in lega di alluminio estruso	70 x 20	1.5
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Profilato in lega di alluminio estruso	40 x 20	1.5
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Profilato a C in lega alluminio	85 (pedata)	1.5
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lamiera di acciaio	280x 360	1.8
Note	<p>Tamponi antisdrucchiolo in PVC                      Pedata (profondità) dei gradini: 85 mm                      Passo (distanza) dei gradini: 210 mm                      Gradini piani in lamiera profilata a C fissati con 4 rivetti                      Piattaforma in lamiera di acciaio non rinforzata                      Collegamento montanti con lamierino in alluminio (cerniera)                      Sistema antiapertura: piattaforma con gancio + aste tra i montanti                      Altezza da terra della piattaforma (1): 1280 mm                      Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): 1590 mm</p> 		

1 <sup>a</sup> Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Osservazioni
140	140	Inizio della cricca a partire dallo spigolo della piattaforma, lato applicazione del carico P <sub>1</sub> .
4240	4380	Crescita della cricca nella lamiera della piattaforma (circa 20 mm).
2580	6960	Crescita della cricca. La lamiera della piattaforma tocca la barra di acciaio piena che collega i due montanti anteriori.
31010	37970	La cricca aumenta sino a raggiungere una dimensione rilevante: circa 250 mm. La scala non è in grado di reagire ad un carico di 1500 N.
		NOTA: la scala viene caricata staticamente fino a 1400 N sulla piattaforma con il pistone P <sub>1</sub> e, la barra di acciaio fuoriesce dalla sua sede sul lato opposto in cui è posizionato il carico.

2 <sup>a</sup> prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Osservazioni
480	480	Inizio della cricca a partire dallo spigolo della piattaforma, lato applicazione del carico P <sub>1</sub> .
9040	9520	Crescita della cricca. La lamiera della piattaforma tocca la barra di acciaio piena che collega i due montanti anteriori.
10480	20000	Crescita della cricca nella lamiera della piattaforma.
10000	30000	Crescita della cricca nella lamiera della piattaforma.
7520	37520	La cricca aumenta sino a raggiungere una dimensione rilevante: circa 100 mm. La scala non è in grado di reagire ad un carico di 1500 N.
		NOTA: la scala viene caricata staticamente fino a 1400 N sulla piattaforma con il pistone P <sub>1</sub> e, la barra di acciaio fuoriesce dalla sua sede sul lato opposto in cui è posizionato il carico.



Figura A4 1.2.1 - 1 Modello U1

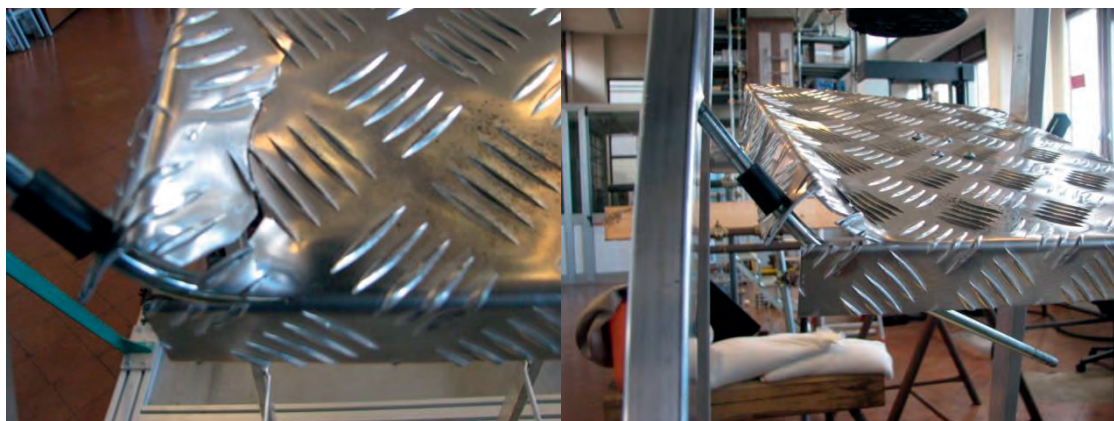
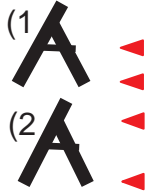


Figura A4 1.2.1 - 2 Modello U1

### 1.2.2 Modello U2

Caratteristiche della scala modello U2			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia ad un tronco di salita, 4 gradini + piattaforma		
<b>Peso (kg)</b>	3.3		
<b>Rispondenza</b>	BS 2037 classe 3		
<b>Portata (kg)</b>	95		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Profilato in lega di alluminio	42 x 20	1.0
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Profilato in lega di alluminio	33 x 20	1.0
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Profilato a C in lega alluminio		1.0
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lamiera in lega di alluminio	250 x 270	1.4
Note	<p>Tamponi antisdrucchiolo in PVC                      Pedata (profondità) dei gradini: 80 mm                      Passo (distanza) dei gradini: 240 mm                      Gradini piani in lamiera profilata a C fissati con 4 rivetti                      Piattaforma in lamiera di alluminio non rinforzata                      Collegamento montanti con perni in alluminio (cerniera)                      Sistema antiapertura: piattaforma con gancio                      Altezza da terra della piattaforma (1): 950 mm                      Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): 1200 mm</p> 		

1 <sup>a</sup> Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Osservazioni
1000	1000	Leggera deformazione della piattaforma.
1000	2000	Inizio rottura della piattaforma a partire dallo spigolo in prossimità del carico.
2350	4350	Totale rottura della piattaforma ed uscita della barra dalla sede.

2 <sup>a</sup> prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Osservazioni
1000	1000	Leggera deformazione della piattaforma.
1000	2000	Consistente taglio sulla piattaforma a partire dallo spigolo in prossimità del carico.
1140	3140	Totale rottura della piattaforma ed uscita della barra dalla sede.



Figura A4 1.2.2 - 1 Modello U2



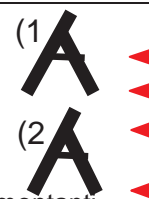
Figura A4 1.2.2 - 2 Modello U2

### 1.3 Fabbricante F

#### 1.3.1 Modello F

Su questa scala viene effettuata sia la prova di durabilità che quella di resistenza

Caratteristiche della scala modello F			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia ad un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma		
<b>Peso (kg)</b>			
<b>Portata (kg)</b>	150		
<b>Rispondenza</b>	UNI EN 131		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	50 x 25	1.3
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	50 x 25	1.3
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega di alluminio	80	
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Pressofusione in alluminio	260 x 270	3
Note	Tamponi antisdrucciolo in PVC Pedata (profondità) dei gradini: 80 mm Passo (distanza) dei gradini: mm Gradini piani ribordati Piattaforma in pressofusione di alluminio Collegam. montanti: cerniere in pressofusione di alluminio Sistema antiapertura: Piattaforma con gancio + cinghie tra i montanti Altezza da terra della piattaforma (1): mm Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): mm		



1ª Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
8000	8000	Inizio cricca in zona centrale anteriore della piattaforma
25000	33000	Deformazione con rottura (circa 20 mm) della piattaforma in zona centrale anteriore.
		NOTA: dopo i 33000 cicli si applica un carico di 2600 N, come da paragrafo 5.8 della UNI EN 131-2:2010; non risultano ulteriori danni e la scala rimane funzionale.

Dopo la prova di durabilità (33000 cicli) viene effettuata una prova di resistenza con carico di 2600 N sulla piattaforma in accordo paragrafo 5.8 della UNI EN 131-2:2010.



Figura A4 1.3.1 - 1 Modello F prova n. 1

## 1.4 Fabbricante MF

### 1.4.1 Modello MF

Su questa scala viene effettuata sia la prova di durabilità che quella di resistenza

Caratteristiche della scala			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia ad un tronco di salita, 5 gradini + piattaforma		
<b>Peso (kg)</b>	5.4		
<b>Portata (kg)</b>	150		
<b>Rispondenza</b>	UNI EN 131		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	40 x 22	
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	35 x 22	
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega di alluminio	80	1.4
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega di alluminio	275 x 275	1.5
Note	<p>Tamponi antisdrucchio in PVC                      Pedata (profondità)dei gradini: 230 mm                      Passo (distanza) dei gradini: 80 mm                      Gradini piani scatolati a C fissati con 4 rivetti                      Piattaforma in lamiera di alluminio                      Collegamento montanti: perno                      Sistema antiapertura: : piattaforma con gancio + fettuccia tra i montanti                      Altezza da terra della piattaforma (1): 1270 mm                      Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti(2): 1510 mm</p>		

1 <sup>a</sup> Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
2000	2000	Nessun danno visibile
8000	10000	Nessun danno visibile
8000	18000	Inizio rottura sotto il carico sia sul gradino che sulla piattaforma
23850	41850	Rottura della lamiera del gradino sotto il carico. Rottura della lamiera della piattaforma sotto il carico
		NOTA: : dopo i 41850 cicli si applica un carico di 2600 N, come da paragrafo 5.8 della UNI EN 131-2:2010; non risultano ulteriori danni e la scala rimane funzionale.





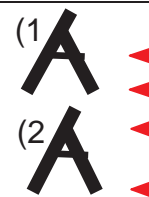
Figura A4 1.4.1 - 1 Modello MF prova n. 1

## 1.5 Fabbricante L

### 1.5.1 Modello L

Su questa scala in legno viene effettuata solo la prova di durabilità.

Caratteristiche della scala Modello L			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala doppia due tronchi di salita, 7 gradini		
<b>Peso (kg)</b>	11.5		
<b>Portata (kg)</b>	100		
<b>Rispondenza</b>	DPR 547/56		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Legno massiccio	28 x 67	pieno
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Legno massiccio	28 x 67	pieno
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Legno massiccio	40 x25	pieno
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	/	/	/
Note	Tamponi antisdrucchio in / Pedata (profondità)dei gradini: 27 mm Passo (distanza) dei gradini: 28 mm Gradini piani in legno 40 x 25 Piattaforma in / Collegamento montanti): cerniere metalliche Sistema antiapertura: blocca cerniere + catenella Altezza da terra della piattaforma (1): / mm Altezza da terra delle cerniere collegamento supporti (2): 1790 mm		



Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
44000	44000	Nessun danno visivo. Leggero disallineamento delle cerniere metalliche di collegamento dei montanti. La scala rimane funzionale



Figura A4 1.5.1 - 1 Modello L prova n. 1

## 2. Prove di durabilità su scala in appoggio

### 2.1 Fabbricante FC

Caratteristiche della scala Modello FC			
Tipologia di scala	Scala trasformabile tre tronchi di salita, 7 gradini per ciascun tronco		
Peso (kg)	/		
Portata (kg)	/		
Rispondenza	UNI EN 131, al D.Lgs 81 e al Decreto francese n. 96 333 del 10 aprile 1996.		
Montanti			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	/	/
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	/	/
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega di alluminio	/	/
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	/	/	/

Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
	100000	La scala si presenta in buone condizioni. Non risulta, da esame visivo, nessun cedimento strutturale e nessuna usura degna di nota del materiale. La scala rimane funzionale.



Figura A4 2.1.1 - 1 Modello FC

## 2.2 Fabbricante M

Caratteristiche della scala Modello M			
<b>Tipologia di scala</b>	Scala in appoggio ad un tronco, 13 gradini		
<b>Peso (kg)</b>	/		
<b>Portata (kg)</b>	/		
<b>Rispondenza</b>	UNI EN 131, al D.Lgs 81/08		
<b>Montanti</b>			
Salita	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	/	/
Supporto	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore(mm)
	Lega di alluminio	/	/
Gradini	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	Lega di alluminio	/	/
Piattaforma	Materiale	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)
	/	/	/

Prova di durabilità		
Cicli parziali	Cicli totali	Note
	100000	La scala si presenta in buone condizioni. Non risulta, da esame visivo, nessun cedimento strutturale e nessuna usura degna di nota del materiale. La scala rimane funzionale.

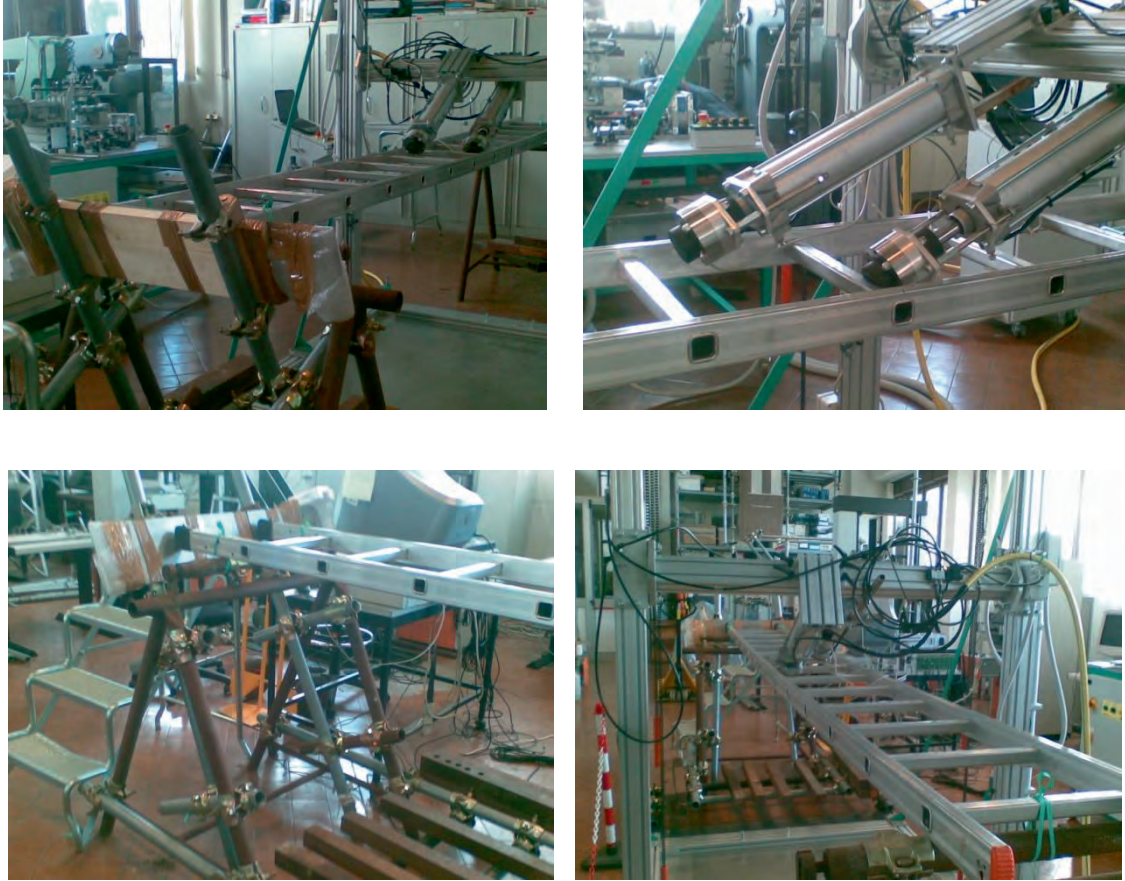


Figura A4 2.2.1 - 1 Modello M









