

**VALUTAZIONE TRAMITE VIDEOANALISI DELLA  
DISTRIBUZIONE RITMICA DEGLI ULTIMI 3 PASSI DI  
RINCORSA NEL SALTO IN LUNGO E CONFRONTO  
TRA GIOVANI E ATLETI TOP LEVEL**

Allenatore: **CARNIATO GIULIA**  
Tutor: **MAZZAUFO CLAUDIO**

Corso allenatori specialisti settore **SALTI**

## ABSTRACT

In questo lavoro sarà eseguita un'analisi degli ultimi 3 passi di rincorsa nel salto in lungo di atleti giovani appartenenti alla categoria cadetti e atleti.

I dati sono stati ricavati dalle riprese video effettuate durante il raduno estivo regionale Veneto organizzato a Longarone (BL).

Lo scopo del lavoro è valutare la distribuzione ritmica e i parametri biomeccanici più efficaci per ottenere la migliore prestazione nel salto in lungo.

Sono state effettuate delle riprese video utilizzando videocamere e fotocamere ad alta velocità.

È stata svolta l'analisi dei dati raccolti attraverso un programma di video analisi.

I parametri analizzati sono stati: *Misura effettiva; Tempi di contatto e tempi di volo degli ultimi 3 passi di rincorsa; Ampiezza degli ultimi 3 passi di rincorsa; Durata del tempo di contatto allo stacco; Angolo d'impostazione allo stacco; Angolo di uscita allo stacco; Angolo di proiezione del C.d.G.;*

Al termine dell'analisi è stato fatto un confronto degli stessi parametri con atleti juniores che hanno partecipato ai campionati europei a Rieti e infine con i dati ottenuti dall'analisi effettuata a Berlino durante i mondiali nel 2009.

## **RINGRAZIAMENTI**

Desidero ringraziare il Comitato Regionale Veneto per avermi dato la possibilità di effettuare le riprese video necessarie allo svolgimento di questo lavoro.

In modo particolare ringrazio Enzo Agostini, fiduciario tecnico regionale Veneto, per la possibilità di partecipare al raduno estivo di Longarone, durante il quale sono state fatte le riprese video, ed Enrico Lazzarin, tecnico regionale e nazionale del settore salti, per avermi aiutato nella creazione del protocollo di lavoro e durante le riprese.

Un ringraziamento anche a Francesco Uguagliati per avermi fornito i dati ottenuti dalle analisi dei campionati Europei juniores di Rieti, necessari per il confronto con gli atleti giovani.

<b>1. SOMMARIO</b>	<b>Pag. 4</b>
<b>2. INTRODUZIONE</b>	<b>Pag. 5</b>
<b>CAPITOLO 1- CENNI STORICI SUL SALTO IN LUNGO</b>	<b>Pag. 7</b>
<b>CAPITOLO 2- ANALISI TECNICA DEL SALTO IN LUNGO</b>	<b>Pag. 9</b>
<b>CAPITOLO 3- ANALISI BIOMECCANICA DEL SALTO IN LUNGO</b>	<b>Pag. 14</b>
<b>CAPITOLO 4- STRUMENTAZIONE UTILIZZATA, CAMPIONE ANALIZZATO E STRUTTURAZIONE DEL RILEVAMENTO</b>	<b>Pag. 18</b>
<b>CAPITOLO 5- ANALISI DEI DATI</b>	<b>Pag. 24</b>
<b>CAPITOLO 6- CONFRONTO</b>	<b>Pag. 61</b>
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>Pag. 74</b>
<b>BIBLIOGRAFIA, ARTICOLI E SITOGRAFIA</b>	<b>Pag. 76</b>

## 2. INTRODUZIONE

Il salto in lungo è una disciplina assai praticata fin dall'età giovanile.

È infatti una delle prime specialità insegnata nell'avviamento all'Atletica, subito dopo la corsa, perché rappresenta un gesto, per certi aspetti, naturale. Al tempo stesso, però, man mano che si procede con la specializzazione tecnica, questa specialità diventa più complessa e l'atleta dovrà essere in grado di adottare tutti gli accorgimenti tecnici corretti per ottenere un salto il più lungo possibile.

Il salto in lungo passa infatti dal essere un gioco e la prima esperienza di staccarsi da terra e sperimentare il volo, al divenire la ricerca della migliore prestazione nella lunghezza del salto.

Per ottenere ciò molti sono i parametri che andranno a determinare la prestazione. Primo fra tutti la rincorsa, che può variare nella lunghezza in base alle caratteristiche dell'atleta e alla sua esperienza. Fondamentali sono inoltre gli ultimi 6 passi della rincorsa, nei quali l'atleta si prepara per effettuare l'ultimo passo decisivo e, successivamente, lo stacco che lo porterà alla fase di volo e infine alla chiusura.

Le moderne tecnologie a disposizione di tecnici e atleti permettono di effettuare un'analisi accurata delle fasi che compongono il salto. È possibile valutare semplicemente, attraverso un cronometro, la velocità della rincorsa, oppure utilizzare una videocamera per filmare le varie fasi che compongono il salto e mettere a disposizione dell'atleta e del tecnico una visione completa del salto effettuato, evidenziando così gli eventuali errori tecnici. Infine è possibile utilizzare i filmati ottenuti con fotocamere ad alta velocità per rielaborarli con appositi software che ci permettono di ottenere alcuni parametri biomeccanici come ampiezza dei passi, tempi di contatto dei piedi a terra, tempi di volo, angoli, etc.

Partendo da queste premesse, il lavoro che verrà presentato nelle prossime pagine di questa trattazione, si pone come obiettivo quello di comprendere come alcuni parametri biomeccanici legati agli ultimi passi possano influire sulla prestazione nel salto in lungo.

L'idea di analizzare questi parametri è derivata da una curiosità personale sulla reale efficacia tecnica dell'analisi degli stessi, in accordo anche con i dati ricavati ai campionati europei di Berlino 2010.

Inizialmente l'obiettivo era quello di analizzare gli ultimi 6 passi della rincorsa che, come riporta la letteratura, risultano essere i più correlati con l'efficacia del risultato del salto.

Questo purtroppo non si è potuto attuare perché, dopo una serie di prove, ci si è resi conto che le attrezzature richieste per effettuare questa operazione non erano disponibili.

Ci si è potuto servire infatti di due telecamere che permettevano la ripresa degli ultimi 3 passi della rincorsa e dello stacco, mentre per riprenderne 6 sarebbero state necessarie dalle 3 alle 4 fotocamere.

Un altro fattore che ha influito in modo determinante sulla completa fattibilità del progetto è stata la mancata possibilità di accedere al campo gara, e quindi di effettuare le riprese, durante manifestazioni di un certo livello, quali ad esempio i Campionati Italiani, ed avere quindi l'opportunità di riprendere anche atleti di alto livello in modo da poterli mettere a confronto con gli atleti delle categorie giovanili.

Inizialmente infatti il lavoro era nato come un'analisi degli ultimi 6 passi di rincorsa del salto in lungo e la comparazione tra atleti giovani e atleti top level.

Purtroppo questo obiettivo per le ragioni sopra elencate è stato tramutato in analisi degli ultimi tre passi di rincorsa nel salto in lungo in atleti della categoria cadetti e allievi. Si è aggiunto poi, a completamento del lavoro, un confronto di alcuni parametri quali ampiezza dei passi e tempi di contatto e volo con atleti juniores i cui dati erano stati rilevati nel corso dei Campionati Europei Juniores di Rieti 2013, e alcuni parametri ottenuti dall'analisi biomeccanica effettuata durante i mondiali di Berlino 2009.

## **CAPITOLO 1**

### **CENNI STORICI SUL SALTO IN LUNGO**

Secondo gli storici la specialità del salto in lungo nacque dall'esigenza dei nostri antenati di superare gli ostacoli naturali che si incontravano sulla strada. Successivamente venne inserito tra le specialità sportive facenti parte del pentathlon a partire dai giochi olimpici nel 708 a.C.

Già ai suoi esordi tale specialità aveva delle regole precise per quanto riguardava lo stacco e l'atterraggio. Tuttavia non risultano chiare le tecniche di salto utilizzate in quel periodo della storia, da alcuni scritti e incisioni risulta che gli atleti saltassero con dei pesi (*alteres*) legati alle mani. Questi pesi variavano da un 1kg fino a 4kg circa e vennero poi utilizzati in anche in altre epoche fino alla metà dell'800.

Nel 1800 il salto in lungo non era una disciplina di grande complessità tecnica, consisteva più che altro in un proseguimento della corsa veloce. L'atleta, dopo aver eseguito lo stacco, raccoglieva le ginocchia al petto e terminava il salto riabbassandole nella fase discendente, atterrando in piedi nella zona di caduta. Nonostante una tecnica elementare e materiali discutibili, i risultati di quegli anni furono comunque sorprendenti, con misure che si aggiravano oltre i 7 metri. La posizione prima dello stacco e lo stacco stesso non erano compiute con particolari tecniche e anche la fase di volo era lasciata alla completa interpretazione dell'atleta in base alla sua coordinazione e sensazione.

Successivamente nella metà del 1900, furono fatte molte ricerche e analisi che portarono a un sostanziale miglioramento della specialità; sia per quanto riguarda i materiali usati per piste e pedane, sia nello studio della tecnica di salto dedito all'obiettivo di protrarre la fase di volo. Il salto in lungo, quindi, smise di essere una specialità affidata all'istinto umano e divenne una disciplina a cui applicarsi con allenamenti specifici.

Importanti nello sviluppo della tecnica del salto in lungo e della specialità in generale furono anche gli atleti che portarono tale disciplina ai vertici. Tra questi da ricordare, Jesse Owens atleta degli anni '30, che alle Olimpiadi di Berlino del 1936, ottenne il record di quattro ori negli stessi Giochi Olimpici. L'unico in grado di eguagliarlo è stato Carl Lewis a Los Angeles 1984, suo connazionale, che durante gli anni di attività ottenne venti medaglie tra Mondiali di Atletica Leggera e Olimpiadi, stabilendo anche diversi record tra cui 8,79 m nel salto in lungo.

Importante è stato anche Bob Beamon detentore di uno dei record più longevi nel salto in lungo con 8,90 m, e ovviamente Mike Powell l'attuale detentore del record del mondo a 8,95 m.

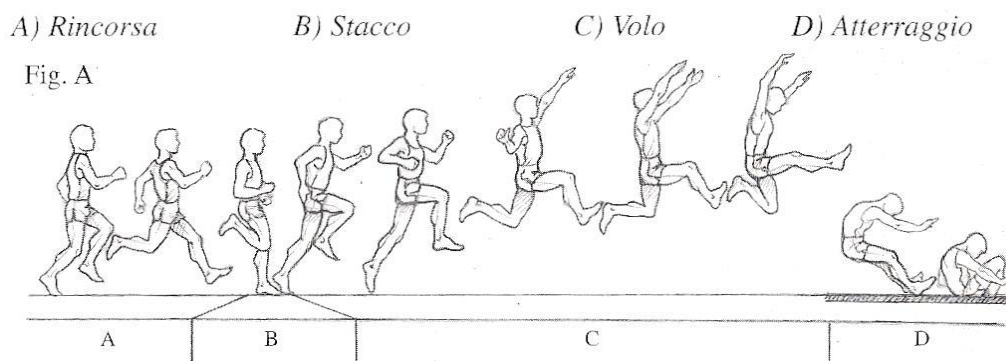


## CAPITOLO 2

### ANALISI TECNICA DEL SALTO IN LUNGO

Il salto in lungo è una specialità dell'atletica leggera il cui scopo è il maggior salto in estensione possibile. Tale specialità è composta da 4 fasi ben distinte:

#### RINCORSA-STACCO-VOLO-ATTERRAGGIO



#### 1) RINCORSA

Lo scopo principale della rincorsa è il raggiungimento da parte dell'atleta della velocità più adatta per permettere uno stacco efficace, aumentando gradualmente l'ampiezza e la frequenza dei suoi passi in prossimità dello stacco

Elementi della rincorsa:

-**AVVIO**: da "fermo" o in "movimento".

-**LUNGHEZZA**: varia in funzione a età, sesso, velocità che l'atleta è in grado di esprimere e alla preparazione tecnica-condizionale raggiunta.

-**PRECISIONE**

-**RITMICA**:

- *La prima parte* rappresenta 1/3 del numero dei passi dell'intera rincorsa, realizzata con grandi e decise spinte insieme a un incremento della frequenza.
- *La seconda parte*, in cui l'ampiezza media del passo aumenta mantenendo la frequenza raggiunta.
- *La terza parte*, prevede il mantenimento dell'ampiezza del passo e un sostanziale incremento della frequenza fino al raggiungimento della massima velocità nell'entrata-stacco.

-**TECNICA DI CORSA:** una leggera inclinazione del busto in avanti facilita la corretta azione del piede nella fase di spinta, senza impedire tuttavia un forte e facile avanzamento delle ginocchia. Il ritmo del movimento degli arti superiori rende più fluida la velocità generale dell'azione. In tale fase il contatto con il terreno avviene con l'avampiede, tramite un gesto dall'alto al basso richiamato verso il corpo stesso.

- **VELOCITÀ:** deve essere sviluppata in modo progressivamente crescente. Il valore massimo viene raggiunto tendenzialmente nei tre passi precedenti lo stacco e si quantifica intorno al 95 - 98 % della massima velocità esprimibile dall'atleta.

## 2) STACCO

Alla potenza dell'impulso allo stacco concorrono l'arto di spinta, la flessione chiusa ed alta dell'arto libero, il raddrizzamento del tronco e del capo e l'oscillazione coordinata ed energica delle braccia.

Di seguito si riportano i particolari di questa fase:

- Il piede di stacco risulta essere attivo e compie un'azione "griffata" mentre il contatto alla battuta è di tutta pianta.
- L'arto di stacco è esteso naturalmente. (Fig. 1a)
- L'arto libero è flesso, la coscia arriva in posizione orizzontale e il piede leggermente più arretrato rispetto al ginocchio.
- Estensione completa delle articolazioni di caviglia, ginocchio e anca. (Fig. 1b)
- Busto in posizione eretta.

Indipendentemente dalla tecnica di volo utilizzata l'azione di stacco rimane invariata.

Durante la fase di stacco si vengono a creare degli angoli:

### A) Entrata allo stacco

- Angolo d'impostazione della gamba: è acuto e formato dall'asse della tibia e dal suolo ( $64^{\circ}$ - $68^{\circ}$ ).
- Angolo di piegamento dell'anca: è formato dall'asse del femore e l'asse longitudinale del corpo (circa  $110^{\circ}$ - $120^{\circ}$ ).
- Angolo di piegamento del ginocchio: è formato dall'asse del femore e dal prolungamento verso l'alto dell'asse della tibia (circa  $35^{\circ}$ - $43^{\circ}$ ).

### B) Uscita dallo stacco

- Angolo di stacco o di allontanamento: è formato dall'asse tibiale e dal suolo, anteriormente alla tibia stessa ( $70^{\circ}$ - $75^{\circ}$ ).

- Angolo di estensione dell'anca: è acuto e formato dall'asse del femore e dall'asse longitudinale del corpo ( $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ).
- Angolo di estensione del ginocchio, femore e tibia sono quasi allineati.
- Angolo di volo ( $16^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ).

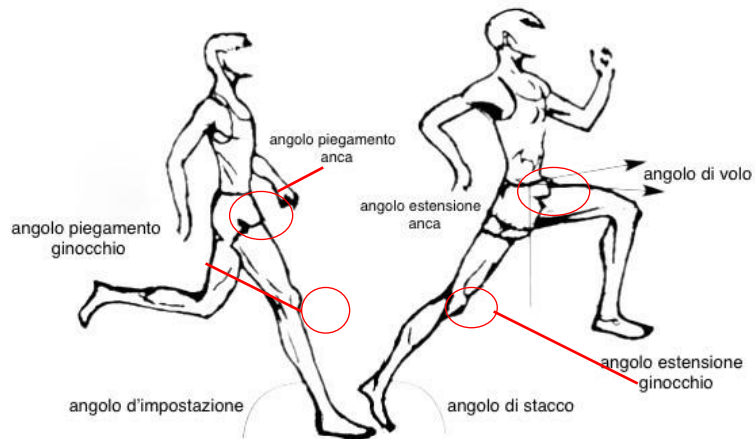


Fig. 1a

Fig. 1b

### 3) VOLO

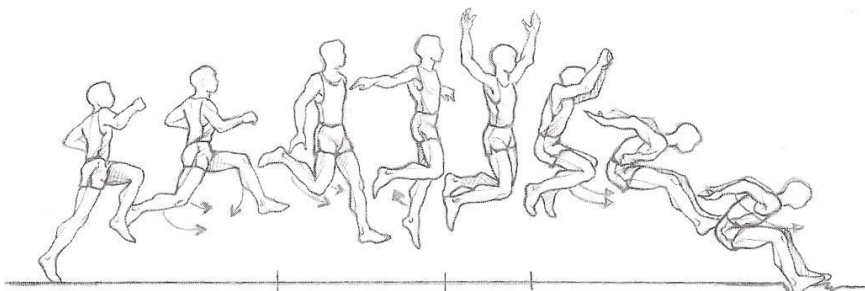
I movimenti delle braccia, delle gambe e del tronco che l'atleta compie nella fase di volo servono a mantenere l'equilibrio. In base al tipo di movimento si possono distinguere 3 diverse tecniche di volo:

- VELEGGIATO

In questa tecnica dopo lo stacco l'arto libero si abbassa a livello dell'articolazione dell'anca e la gamba di stacco raggiunge la gamba libera rimanendo parallela a essa.

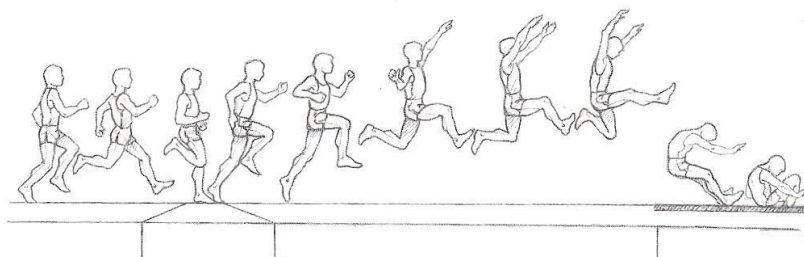
Le braccia in un movimento unico passano per dietro-fuori-alto così assumendo il tipico atteggiamento ad arco nella parte centrale della parabola. Nella fase discendente del

salto le braccia si portano in “avanti-basso” con le gambe che contemporaneamente si riportano avanti per chiudere il movimento, il busto si piega avanti.



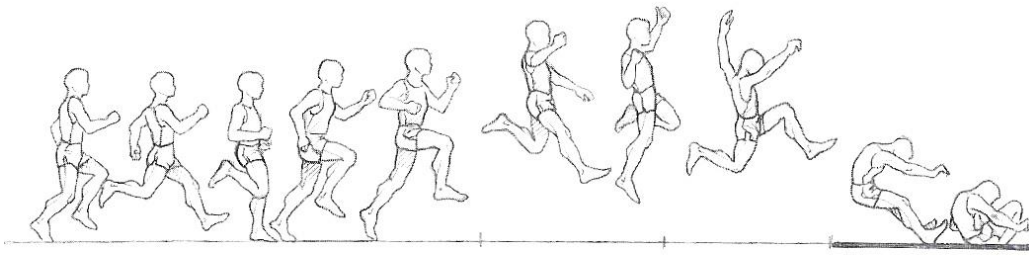
- **A RACCOLTA**

Nella tecnica *a raccolta* l'arto libero viene mantenuto nella posizione di stacco (coscia parallela a terra), mentre l'arto di stacco rimane dietro per la maggior parte della fase ascendente. Nella parte finale della parabola, l'arto di stacco si piega, si porta “avanti-alto” e va ad affiancare l'arto libero mentre le braccia si portano in avanti-basso. La fine del volo vede il busto piegarsi avanti con entrambe le gambe che si estendono per l'atterraggio.



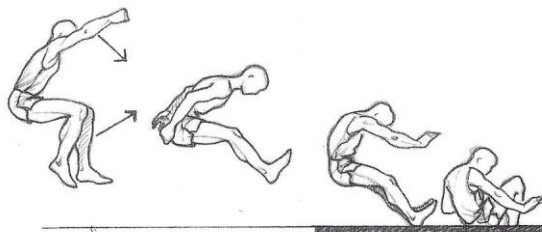
- **PASSI IN ARIA (1 e ½, 2 e ½, 3 e ½)**

Nella pratica dei *passi in aria*, dopo aver rispettato le fasi di stacco, l'arto libero si porta sulla perpendicolare e si sposta indietro. L'arto di stacco flesso viene portato contemporaneamente verso avanti con la coscia che raggiunge la posizione orizzontale rispetto al suolo. A questo punto gli arti si ricongiungono in avanti, con le braccia che assecondano tutto il movimento preparandosi alla fase di atterraggio.



#### 4) ATTERRAGGIO

In questa fase lo scopo è quello di ridurre al minimo la perdita di lunghezza del salto. Nell'ultima parte di parabola l'atleta si trova con le gambe verso avanti-alto, busto leggermente inclinato in direzione delle ginocchia e braccia che si muovono dall'avanti-alto verso il basso-dietro. L'atterraggio avviene prima coi talloni sulla sabbia, lasciando il segno da cui poi si misura il salto, con il resto del corpo che passa sul segno dei talloni. L'atleta può arrivare: seduto a ginocchia piegate, su un fianco a ginocchia piegate oppure in avanti o lateralmente la buca dopo aver toccato la sabbia con entrambi gli arti inferiori.



## CAPITOLO 3

### ANALISI BIOMECCANICA DEL SALTO IN LUNGO

Nei salti si supera la distanza tramite il volo. Nel salto in lungo si deve raggiungere la maggiore lunghezza del salto.

La traiettoria del baricentro dell'atleta in volo si determina con la formula:

$$l = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} \quad h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

dove  $l$  rappresenta la lunghezza e  $h$  l'altezza della traiettoria del baricentro (senza considerare la sua altezza al momento della partenza e dell'atterraggio),  $v$  è la velocità iniziale del baricentro in volo,  $\alpha$  è l'angolo di inclinazione del vettore della velocità orizzontale al momento della partenza e  $g$  è l'accelerazione del corpo che si muove liberamente.

Da questa formula si deduce che il valore della velocità iniziale del baricentro e l'angolo di "decollo" sono fattori molto importanti.

Nella rincorsa si risolvono due problemi: lo sviluppo della velocità necessaria al momento dell'arrivo sul punto di stacco e la creazione delle condizioni ottimali per l'interazione dell'appoggio. Negli atleti forti nel salto in lungo la maggiore velocità della rincorsa si ottiene circa tra i 40 e i 50 m e fra il 19° e 24° passo della rincorsa.

Prima dell'impostazione della gamba di spinta dal punto di stacco, gli ultimi passi variano: alcuni si allungano abbassando la posizione del baricentro e l'ultimo passo viene eseguito più rapidamente e di solito è anche più corto.

Al momento dello stacco la gamba arriva con caratteristici movimenti di arresto. Ciò diminuisce la velocità orizzontale ed aumenta quella verticale; permette di ottenere la posizione iniziale, nel caso in cui la gamba di spinta sia flessa in maniera ottimale, i suoi muscoli sufficientemente allungati e tesi e si abbia l'opportuna disposizione del baricentro e la necessaria velocità di effettuazione della rincorsa.

Lo stacco si compie per raddrizzamento della gamba di spinta, dei movimenti di slancio coordinati delle braccia, del tronco e dell'altra gamba.

Il compito dello stacco è quello di assicurare la massima grandezza del vettore della velocità iniziale del baricentro e la sua direzione ottimale. Dopo lo stacco, in volo, il corpo dell'atleta compie sempre dei movimenti attorno ad un asse. Perciò inizialmente nel compito dello stacco rientra anche il controllo di questi movimenti.

Dal momento dell'impatto della gamba sull'appoggio inizia l'ammortizzamento. I muscoli antagonisti si allungano e si tendono, gli angoli delle articolazioni assumono

valori simili a quelli ottimali per l'inizio dello stacco. Il baricentro del corpo ritorna nella posizione iniziale per la comparsa dell'accelerazione (aumento del valore dell'accelerazione del baricentro). Mentre avviene l'ammortizzamento (flessione della gamba nell'articolazione del ginocchio) e il punto di appoggio si trova ancora davanti al baricentro, l'atleta, estendendo la gamba di spinta dell'articolazione coxofemorale, aiuta lo spostamento del corpo in avanti.

Nel corso dell'ammortizzamento la velocità orizzontale del baricentro diminuisce, durante l'allontanamento si crea la velocità verticale del baricentro. Al momento dello stacco della gamba dall'appoggio si ha il necessario angolo di volo del baricentro.

Il raddrizzamento della gamba di spinta ed i movimenti di slancio, creando l'accelerazione delle parti del corpo in alto e avanti, provocano le loro forze d'inerzia, che sono dirette in basso e dietro. Queste ultime, assieme alla forza di gravità, determinano il peso dinamico cioè la forza agente esercitata sull'appoggio e provocano la corrispondente reazione d'appoggio. L'azione di stacco verso avanti si verifica solamente negli ultimi centesimi di secondo: gli sforzi del saltatore sono diretti allo stacco verso l'alto per ottenere un angolo di stacco (volo) del baricentro sufficientemente grande, necessario alla lunghezza del salto.

Durante il volo la traiettoria del baricentro è determinata dalla grandezza e dalla direzione del vettore della velocità iniziale (angolo di volo). I movimenti si presentano come movimenti delle parti attorno all'asse trasversale passante per il baricentro.

L'obiettivo è quello di atterrare il più lontano possibile, tenendo il piede il più in alto possibile. Inoltre esiste un considerevole spostamento del corpo in avanti dopo l'atterraggio. Gli atleti al momento dell'atterraggio, cercano di sollevare in alto e in avanti le gambe tese e di portare le braccia in avanti: questo permette, dopo l'atterraggio, tramite uno slancio delle braccia in avanti e con l'ultima estensione del corpo (colpo di reni) di spingersi in avanti rispetto al punto di atterraggio.

Come riportano alcuni studi (Hay, Miller e Canterna, 1986; Hay e Nohara, 1990; Nixdorf e Bruggemann, 1990; Less, Smith e Fowler, 1994) la rincorsa e lo stacco sono i due fattori più importanti che influiscono sul risultato.

Dal punto di vista biomeccanico, il problema fondamentale risiede nel trasformare nella fase di stacco la velocità orizzontale data dalla rincorsa in velocità verticale. Si deve cioè cercare di creare la migliore velocità verticale possibile con la minima perdita di velocità orizzontale.

La lunghezza del salto è definita secondo il modello teorico (Ballreich e Bruggeman, 1986) dalla distanza dello stacco, dalla lunghezza del volo e dalla distanza dell'atterraggio. La parabola di volo del centro di massa CM è definita dai parametri: altezza relativa del CM allo stacco, risultante della velocità orizzontale e verticale allo stacco, angolo di stacco e resistenza dell'aria (Hay, Miller e Canterna, 1986).

Per un allenatore i risultati che possono derivare dall'analisi biomeccanica del gesto dell'atleta, risultano avere una duplice valenza: la correzione dell'errore tecnico sulla base del modello teorico, la formulazione e la modulazione di esercizi tecnici specifici per il problema riscontrato.

Negli atleti di massima qualificazione mediamente si riscontra che il penultimo passo è maggiore dell'ultimo. Quindi il tragitto di percorrenza del CdG tende ad abbassarsi. Anche i tempi di appoggio e di volo dimostrano una tendenza simile, cioè aumento della durata del tempo di appoggio e una diminuzione della fase di volo, passando dal penultimo all'ultimo appoggio.

In questo lavoro per analizzare i parametri biomeccanici legati alla rincorsa e allo stacco nel salto in lungo elencati precedentemente si è utilizzata l'analisi video realizzata tramite fotocamera.

Il sistema di analisi video tramite fotocamera richiede che essa sia disposta su un piano molto distante da quello in cui si muove l'atleta per ridurre al minimo gli errori di parallasse. Questi sono legati all'angolo con cui ciascun punto compreso nel campo visivo viene visto rispetto all'asse ottico della fotocamera (tanto maggiore è la distanza tanto minore è tale angolo, per ogni determinato punto all'interno del campo visivo).

Il metodo utilizzato in questa ricerca prevede il bloccaggio della cinepresa in una determinata posizione, con l'asse ottico perpendicolare al piano di movimento (piano verticale parallelo alla pista, generalmente passante per la linea mediana della pista stessa).

La lunghezza focale dell'obiettivo è stata scelta in modo tale che il campo visivo fosse sufficiente a contenere la parte del salto da analizzare.

La regolazione dell'ampiezza del campo visivo è stata resa possibile sia grazie ad un obiettivo zoom, cioè un obiettivo a lunghezza focale variabile che regola la distanza dal piano sul quale si svolge il movimento dell'atleta.

Occorre però tener presente che se si deve analizzare un movimento che si svolge in uno spazio ampio, quale può essere il salto in lungo, è necessario allargare il campo visivo. Questo però può far risultare un'immagine dell'atleta molto piccola all'interno del



fotogramma; quindi il rapporto tra le dimensioni dell'atleta e quelle del fotogramma sarà relativamente piccolo. L'esiguità della dimensione dell'immagine aumenta il margine di errore nella localizzazione dei punti di repere nell'analisi dell'immagine. Ingrandendo invece l'immagine in fase di analisi si andrebbe a ridurre la definizione dell'immagine stessa senza diminuire però la probabilità di errore.

Nel caso in oggetto in questa analisi sono state utilizzate due fotocamere una allo stacco e una per i passi precedenti lo stacco. Si è cercato di sincronizzarle il più possibile cercando di farle partire nello stesso momento. In questo modo si sono analizzati con più precisione e meno errori di parallasse tutti i parametri oggetto di questa analisi.

## **CAPITOLO 4**

### **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA, CAMPIONE ANALIZZATO E STRUTTURAZIONE DEL RILEVAMENTO**

#### **FOTOCAMERE**

Per le riprese video sono state utilizzate due fotocamere CASIO EXILIM EX-F.

Queste fotocamere effettuano delle riprese ad alta velocità consentendo di cogliere particolari che ad occhio nudo sfuggirebbero.

La percezione che abbiamo della realtà infatti è limitata dai nostri sensi. In base a questi limiti fisiologici di comprensione della realtà, non siamo in grado di distinguere eventi che si svolgono a velocità rapidissime, come la rotazione delle ruote di un'automobile in forte movimento, lo sbattere delle ali di un colibrì o di un insetto, oppure di un semplice bicchiere d'acqua che, cadendo, si rompe in mille pezzi. Azioni che si svolgono così rapidamente da non consentire al nostro sistema visivo di percepire i dettagli quindi di "congelare" il movimento dell'azione. Chiunque abbia guardato le trasmissioni sportive in TV è in grado di attestarne l'emozione e l'efficacia della moviola, che altri non è che una ripresa mostrata al rallentatore. Gli sport di oggi sono quasi tutti incentrati intorno al replay, perché consente a tutti di rivedere chiaramente quello che avviene in forma dinamica durante una determinata azione sportiva.

La tecnologia moderna ci viene quindi in aiuto offrendo telecamere/fotocamere capaci di registrare delle sequenze video ad un numero elevatissimo di fotogrammi al secondo. La possibilità di filmare ad elevati frame rate permette di visualizzare al rallentatore un'azione dinamica, potendone osservare e valutare il movimento.

Lo "slow motion", è di fatto una ripresa a frame rate superiori a quelli usati in fruizione di visione che genera una percezione "allungata" nel tempo quindi, al rallentatore. Il rallenty è una tecnica video molto utilizzata in ambito cinematografico che consiste nel riprodurre una ripresa video a una velocità più lenta di quella di acquisizione del filmato originale. La possibilità di gestire le riprese al rallentatore è garantita dalle elevate prestazioni, in termini di cattura di fotogrammi, raggiunte negli ultimi anni dalle attrezzature video e dalla loro componentistica elettronica. La tecnologia moderna ci consente di aumentare la percezione di questi movimenti attraverso le fotocamere - telecamere di ultima generazione capaci di registrare ad un elevato numero di fotogrammi al secondo. Si è in grado, quindi, di percepire una qualunque rapida azione

nella sua interezza valutandone i dettagli e le sfumature. Le sequenze registrate a un numero elevato di fotogrammi, registrate attraverso “High Speed” con frame rate superiori ai 400fps fino a 1.000fps, consentono di rendere visibili alla vista umana, o analizzabili strumentalmente, una serie di fenomeni che avvengono troppo velocemente per poter essere osservati in tempo reale.

La ripresa di clip video da utilizzare per lo slow motion può essere ottenuta attraverso l'utilizzo di camere capaci di registrare elevati frame rate, variando alcune impostazioni di ripresa prima dell'avvio della registrazione video come la risoluzione e il frame rate, oppure in fase di postproduzione ricreando i fotogrammi mancanti attraverso l'impiego di opportune tecniche di interpolazione via software. Ma come realizzare uno slow motion corretto?

Innanzitutto si ricorda che il frame rate rappresenta la frequenza con la quale vengono catturati i fotogrammi video nell'unità di tempo (secondo) o la frequenza con cui vengono riprodotti nel televisore HD connesso in HDMI alla fotocamera, nel player video del computer o nel software di editing. Normalmente la presenza di un maggior numero di fotogrammi al secondo in un filmato permette, per il fenomeno della persistenza retinica della visione, di far percepire all'occhio come più fluido un filmato. Visualizzando un filmato si ha l'impressione che le immagini siano in movimento, in realtà si sta osservando una serie di immagini in sequenza che sono fisse (fotogrammi video).

La possibilità di impiegare durante le riprese video fotocamere o telecamere con un più alto frame rispetto a quello classico di riproduzione 24 (23,976 fps) fotogrammi al secondo per le riprese cinematografiche, di 25 fotogrammi al secondo per lo standard televisivo PAL o 30 fotogrammi al secondo per lo standard NTSC, permette di catturare sequenze video che possono essere rallentate in fase di postproduzione a un “metraggio” di frame rate inferiore.

Lo slow motion è ottenuto con fotocamere ad elevato frame rate di ripresa, dette anche “High Speed Camera”; tale tecnica permette in fase di editing video di ridistribuire i fotogrammi catturati in un arco di tempo maggiore (dilatazione del tempo), facendo perdere appositamente la normale fluidità di movimento delle riprese video ad elevati frame rate a favore di un rallentamento delle stesse. Lo slow motion si ottiene in pratica quando il frame rate di ripresa è più rapido rispetto al frame rate di riproduzione. Il rapporto tra questi due valori rappresenta la misura del rallentamento ottenuto. Se ad esempio un soggetto viene ripreso a 100fps e la sequenza finale viene riprodotta a

25fps, il rallentamento conseguito sarebbe pari a 4 volte (riduzione al 25%). La chiave per ottenere un vero slow motion è quindi rappresentata dalla cattura di una clip con un elevato frame rate e dalla riproduzione lenta della stessa sequenza video. È bene ricordare che riprese destinate a slow motion, dovranno essere riprese con tempi di posa coerenti quindi più veloci rispetto a quanto su riprese da riprodurre alla stessa velocità di ripresa.

Se per la creazione di slow motion su soggetti in movimento si utilizzasse la sequenza di ripresa standard 25/30p si otterrebbe un filmato scattoso e non fluido. All'opposto se si impiegasse unicamente il frame rate più elevato previsto dalla camera in uso, senza il rallentamento della sequenza video, si otterrebbe solamente un video più fluido ma riprodotto a velocità reale.

Normalmente, nelle riprese cinematografiche, lo slow motion è reso possibile grazie all'impiego di costose telecamere in grado di registrare una quantità elevata di fotogrammi al secondo rispetto alle telecamere / fotocamere.

Il grado di rallentamento di un filmato può variare a seconda del campo d'applicazione. Un rallentamento di 2 o 4 volte è considerato standard per i replay o per ottenere effetti artistici; significa quindi riprendere con dei frame rate pari a 50-100fps nello standard PAL o 48-96fps per applicazioni cinematografiche.

La cattura di filmati con frame rate vicini o superiori ai 300fps sono invece l'occasione per far scorgere allo spettatore fenomeni cui la vista umana non sarebbe mai capace di visualizzare. Basti pensare agli spruzzi dell'acqua in movimento, agli insetti che volano, al rapido movimento degli atleti e altre situazioni della durata di una frazione di secondo che possono essere finalmente visti e apprezzati nella loro interezza.

L'utilizzo di un frame rate elevato permette di far visualizzare una normale azione come se fosse realizzata a un ritmo molto più lento. Tuttavia le scene che mostrano un'elevata velocità di esecuzione o un rapido movimento dei soggetti non appariranno come slow motion a meno che non vengano utilizzati frame rate elevatissimi, di gran lunga superiori ai 1.000fps, come nel caso di un'esplosione.

La possibilità di registrare filmati ad un elevato frame rate sta ad indicare un maggior numero di fotogrammi catturati nell'unità di tempo, il che significa rispetto ai frame rate standard di ottenere un maggior numero di "informazioni" (fotogrammi).

Un numero più elevato di fotogrammi comporta quindi un aumento considerevole del bitrate video, ossia del numero di Mbit al secondo di informazioni del flusso audio-video.

L'elevato frame rate di ripresa causa un aumento vertiginoso dei dati provenienti dal sensore;

istantaneamente i dati vengono inviati tramite la circuiteria al processore per essere elaborati e compressi.

L'aumento considerevole di potenza di calcolo necessaria all'elaborazione di un così enorme numero di pixel / dati al secondo permette alle camere High Speed Video di registrare sequenze per lo slow motion solo per un numero limitato di secondi.

La possibilità di utilizzare in ripresa frame rate di 50/60 fotogrammi progressivi al secondo, garantisce la cattura del doppio delle informazioni video (fotogrammi) in un secondo. In fase di riproduzione operando a un frame rate dimezzato (24p/25p/30p), sarà possibile apprezzare l'effetto slow motion che apparirà preciso e senza scatti.

## **SOFTWARE PER ANALISI VIDEO:**

### **TRACKER**

Per analizzare i video ottenuti con le due fotocamere è stato utilizzato un programma di video analisi scaricato da internet e non a pagamento di nome Tracker.

Questo programma è stato scelto perché al pari di un altro programma free scaricabile da internet (Kinovea) risulta essere molto più preciso.

E' stato preferito a programmi più complessi e più completi quali Dartfish perché quest'ultimo è a pagamento e per poter avere tutte le funzionalità e la versione più aggiornata è necessario comprare il programma.

Tracker invece pur non essendo a pagamento si aggiorna costantemente e permette di avere comunque tutte le funzionalità.

Questo programma permette di analizzare i video e in particolare attraverso strumenti di taratura da inserire nell'immagine si possono ricavare dati quali la lunghezza dei passi; i tempi di contatto e i tempi di volo e gli angoli.

## **CAMPIONE**

Sono stati analizzati 4 atleti due della categoria cadetti (Z. V. e B. F.) e due della categoria allievi (M. D.; B. I.).

Questi atleti sono stati selezionati dal Comitato Regionale Veneto per i loro risultati ed hanno partecipato al raduno estivo a Longarone organizzato dal Comitato stesso a cui partecipano i migliori atleti della regione.

Gli atleti analizzati vantano i seguenti personali nel salto in lungo:

Z. V.: 5.69 m

B. F.: 6.64 m

M. D.: 6.84 m

B. I.: 5.60 m

Come termine di paragone assoluto sono stati presi i dati analizzati durante i Campionati Juniores di Atletica Leggera 2013 tenutisi dal 18 al 20 luglio 2013 a Rieti presso lo stadio Raul Guidobaldi.

## **STRUTTURAZIONE DEL RILEVAMENTO**

Prima di posizionare le due fotocamere per l'analisi video, sono stati posti a terra a partire dalla battuta di stacco, dei segni ogni metro per 10 m. Sopra questi segni è stato posto un cono sul lato del quale verticalmente era applicato un pezzetto di scotch bianco.

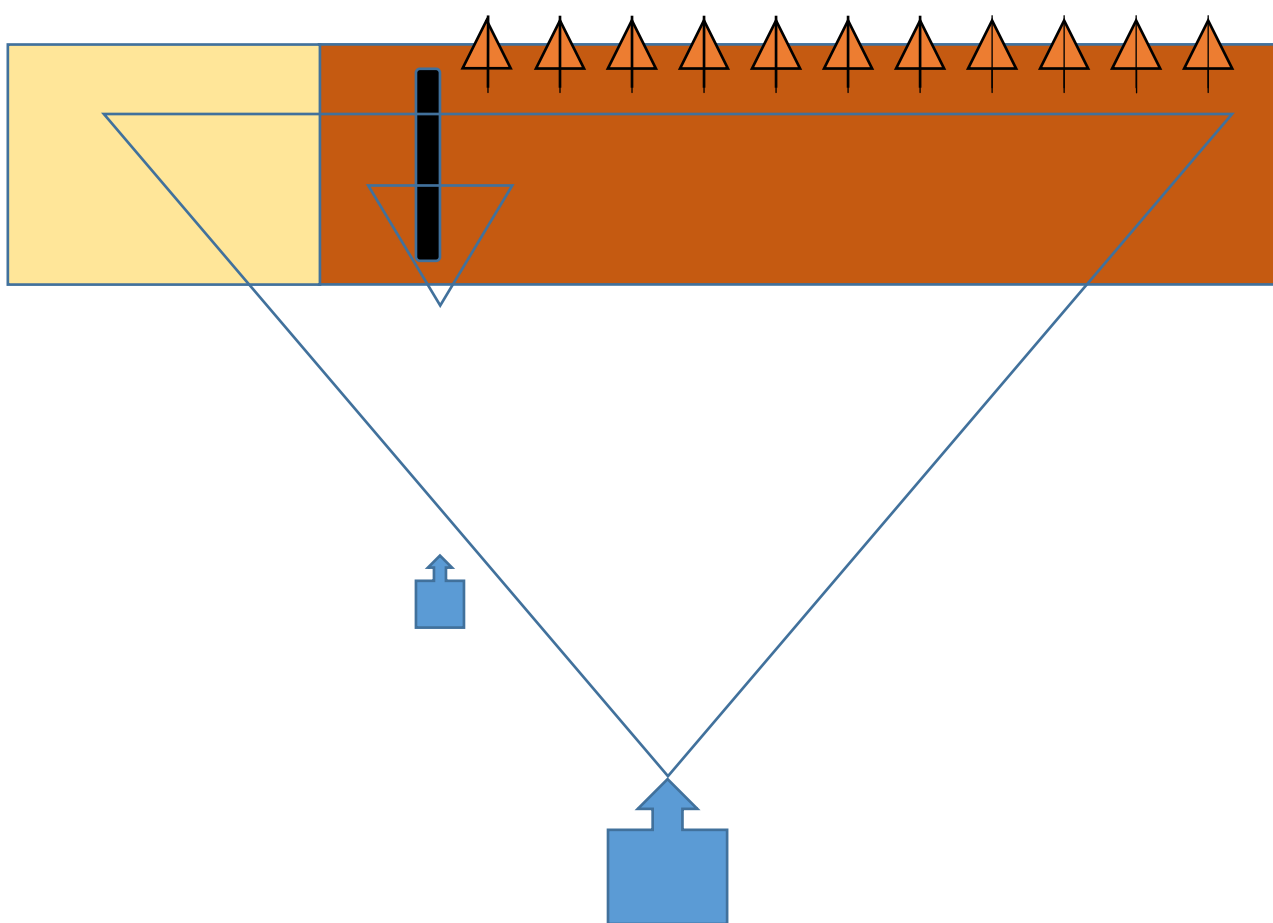
Questa procedura è stata effettuata per poter permettere poi durante le analisi video di dare al software di analisi un metro di misura di riferimento sulla base del quale calcolare le ampiezze dei passi.

Sempre lungo la pedana, a lato, sono stati poi posti degli ostacoli alti un metro circa per permettere di avere una linea dritta come orizzonte di riferimento.

Le due fotocamere sono state posizionate in questo modo: la prima era fissa e in linea con la battuta di stacco dal lato della gamba di stacco, in modo tale che riprendesse almeno due metri prima e due metri dopo lo stacco per poter analizzare angoli di entrata e di uscita; la seconda era distante circa 10 m dalla pedana, anche questa fissa e permetteva di riprendere gli ultimi quattro passi della rincorsa, lo stacco, il volo e

l'atterraggio. La prima fotocamera, quella allo stacco riprendeva con una velocità di 360 fps; mentre la seconda riprendeva a 120 fps.

Quindi la pedana era attrezzata secondo lo schema seguente:



## **CAPITOLO 5**

### **ANALISI DEI DATI**

L'analisi dei dati è stata fatta seguendo alcuni passaggi. Prima di tutto i video catturati attraverso la fotocamera sono stati rinominati secondo la sequenza di salto e suddivisi per atleta. I video così catalogati sono stati poi tagliati attraverso il programma di video analisi Tracker in modo da evidenziare l'inizio e la fine del salto eliminando i momenti vuoti del video.

Una volta tagliati i video si è proceduto con l'analisi degli stessi.

Prima di procedere all'analisi occorre fornire al programma la velocità con cui la fotocamera effettua le riprese in modo tale da permettere al programma di tarare i fotogrammi secondo la velocità di ripresa.

In prima battuta sono stati selezionati i tempi di contatto e i tempi di volo scegliendo con il puntatore il momento in cui il piede dell'atleta toccava terra fino al momento in cui questo si staccava completamente dal terreno. Questo rappresenta il tempo di contatto. Inserendo poi i dati di inizio contatto e di fine contatto in un foglio di calcolo del programma Excel per differenza si ottiene il tempo in cui il piede rimane in appoggio sul terreno.

Allo stesso modo selezionando il momento in cui il piede dell'atleta si solleva da terra fino al momento in cui questo ritocca il terreno si ottengono i tempi di volo.

Ogni atleta ha effettuato tre salti.

Di seguito troviamo i tempi di contatto e i tempi di volo degli atleti analizzati per ognuno dei tre salti.

In tabella sono segnati in sequenza i tempi di ciascun fotogramma la cui somma rappresenta il tempo totale di contatto o di volo di ciascun passo e dello stacco.



TABELLA TC E TV ATLETA 1-SALTO 1

Atleta 1: B. F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 1

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc3</b>	<b>tv3</b>	<b>tc stacco</b>
0,000	0,125	0,242	0,367	0,525	0,667	0,767
0,008	0,133	0,250	0,375	0,533	0,675	0,775
0,017	0,142	0,258	0,383	0,542	0,683	0,783
0,025	0,150	0,267	0,392	0,550	0,692	0,792
0,033	0,158	0,275	0,400	0,558	0,700	0,800
0,042	0,167	0,283	0,408	0,567	0,708	0,808
0,050	0,175	0,292	0,417	0,575	0,717	0,817
0,058	0,183	0,300	0,425	0,583	0,725	0,825
0,067	0,192	0,308	0,433	0,592	0,733	0,833
0,075	0,200	0,317	0,442	0,600	0,742	0,842
0,083	0,208	0,325	0,450	0,608	0,750	0,850
0,092	0,217	0,333	0,458	0,617	0,758	0,858
0,100	0,225	0,342	0,467	0,625		0,867
0,108	0,233	0,350	0,475	0,633		0,875
0,117		0,358	0,483	0,642	0,092	0,883
			0,492	0,650		0,892
0,117	0,108	0,117	0,500	0,658		0,900
			0,508			
			0,517			
				0,133		0,133
			0,150			
<b>tc1=117</b>	<b>tv1=108</b>	<b>tc2=117</b>	<b>tv2=150</b>	<b>tc3=133</b>	<b>tv3=92</b>	<b>tc stacco=133</b>

Lunghezza salto: 6.12 m

TABELLA TC E TV ATLETA 1-SALTO 2

Atleta 1: B. F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 2

Lunghezza salto: 6.21 m

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc stacco</b>
0,125	0,250	0,392	0,525	0,617
0,133	0,258	0,400	0,533	0,625
0,142	0,267	0,408	0,542	0,633
0,150	0,275	0,417	0,550	0,642
0,158	0,283	0,425	0,558	0,650
0,167	0,292	0,433	0,567	0,658
0,175	0,300	0,442	0,575	0,667
0,183	0,308	0,450	0,583	0,675
0,192	0,317	0,458	0,592	0,683
0,200	0,325	0,467	0,600	0,692
0,208	0,333	0,475	0,608	0,700
0,217	0,342	0,483		0,708
0,225	0,350	0,492	0,083	0,717
0,233	0,358	0,500		0,725
0,242	0,367	0,508		0,733
	0,375	0,517		0,742
0,117	0,383			0,750
		0,125		
	0,133			0,133
<b>tc1=117</b>	<b>tv1=133</b>	<b>tc2=125</b>	<b>tv2=83</b>	<b>tc stacco=133</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 1-SALTO 3

Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 3

Lunghezza salto: 6.36 m

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc stacco</b>
0,142	0,258	0,400	0,525	0,633
0,150	0,267	0,408	0,533	0,642
0,158	0,275	0,417	0,542	0,650
0,167	0,283	0,425	0,550	0,658
0,175	0,292	0,433	0,558	0,667
0,183	0,300	0,442	0,567	0,675
0,192	0,308	0,450	0,575	0,683
0,200	0,317	0,458	0,583	0,692
0,208	0,325	0,467	0,592	0,700
0,217	0,333	0,475	0,600	0,708
0,225	0,342	0,483	0,608	0,717
0,233	0,350	0,492	0,617	0,725
0,242	0,358	0,500	0,625	0,733
0,250	0,367	0,508		0,742
	0,375	0,517	0,100	0,750
0,108	0,383			0,758
	0,392	0,117		
				0,125
	0,133			
<b>tc1=108</b>	<b>tv1= 133</b>	<b>tc2=117</b>	<b>tv2=100</b>	<b>tc stacco=125</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 2-SALTO 1

Atleta 2: Z.V.

Categoria: CADETTE

Salto n°: 1

Lunghezza salto: 5.41

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc stacco</b>
1,958	2,108	2,233	2,383	2,467
1,967	2,117	2,242	2,392	2,475
1,975	2,125	2,250	2,400	2,483
1,983	2,133	2,258	2,408	2,492
1,992	2,142	2,267	2,417	2,500
2,000	2,150	2,275	2,425	2,508
2,008	2,158	2,283	2,433	2,517
2,017	2,167	2,292	2,442	2,525
2,025	2,175	2,300	2,450	2,533
2,033	2,183	2,308	2,458	2,542
2,042	2,192	2,317		2,550
2,050	2,200	2,325	0,075	2,558
2,058	2,208	2,333		2,567
2,067	2,217	2,342		2,575
2,075	2,225	2,350		2,583
2,083	2,233	2,358		2,592
2,092	2,242	2,367		2,600
2,100	2,250	2,375		2,608
				2,617
0,142	0,142	0,142		
				0,150
<b>tc1=142</b>	<b>tv1=142</b>	<b>tc2=142</b>	<b>tv2=75</b>	<b>tc stacco= 150</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 2-SALTO 2

Atleta 2: Z.V.

Categoria: CADETTE

Salto n°: 2

Lunghezza salto: 5.26

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc stacco</b>
0,067	0,200	0,350	0,500	0,592
0,075	0,208	0,358	0,508	0,600
0,083	0,217	0,367	0,517	0,608
0,092	0,225	0,375	0,525	0,617
0,100	0,233	0,383	0,533	0,625
0,108	0,242	0,392	0,542	0,633
0,117	0,250	0,400	0,550	0,642
0,125	0,258	0,408	0,558	0,650
0,133	0,267	0,417	0,567	0,658
0,142	0,275	0,425	0,575	0,667
0,150	0,283	0,433	0,583	0,675
0,158	0,292	0,442		0,683
0,167	0,300	0,450		0,692
0,175	0,308	0,458		0,700
0,183	0,317	0,467		0,708
0,192	0,325	0,475		0,717
	0,333	0,483		0,725
	0,342	0,492		0,733
0,125	0,142	0,142	0,083	0,142
<b>tc1=125</b>	<b>tv1=142</b>	<b>tc2=142</b>	<b>tv=83</b>	<b>tc stacco=142</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 3-SALTO 1

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:1

Lunghezza salto: 6.64 m

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc stacco</b>
0,175	0,283	0,425	0,542	0,625
0,183	0,292	0,433	0,550	0,633
0,192	0,300	0,442	0,558	0,642
0,200	0,308	0,450	0,567	0,650
0,208	0,317	0,458	0,575	0,658
0,217	0,325	0,467	0,583	0,667
0,225	0,333	0,475	0,592	0,675
0,233	0,342	0,483	0,600	0,683
0,242	0,350	0,492	0,608	0,692
0,250	0,358	0,500	0,617	0,700
0,258	0,367	0,508		0,708
0,267	0,375	0,517	0,075	0,717
0,275	0,383	0,525		0,725
	0,392	0,533		0,733
0,100	0,400			0,742
	0,408	0,108		0,750
	0,417			
				0,125
	0,133			
<b>tc1=100</b>	<b>tv1=133</b>	<b>tc2=108</b>	<b>tv2=75</b>	<b>tc stacco=125</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 3-SALTO 2

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:2

Lunghezza salto: 6.26 m

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc stacco</b>
0,117	0,250	0,350
0,125	0,258	0,358
0,133	0,267	0,367
0,142	0,275	0,375
0,150	0,283	0,383
0,158	0,292	0,392
0,167	0,300	0,400
0,175	0,308	0,408
0,183	0,317	0,417
0,192	0,325	0,425
0,200	0,333	0,433
0,208	0,342	0,442
0,217		0,450
0,225		0,458
0,233		0,467
0,242		
0,125	0,092	0,117
<b>tc1= 125</b>	<b>tv1= 92</b>	<b>tc stacco=117</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 3-SALTO 3

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:3

Lunghezza salto: 6.30 m

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc stacco</b>
0,092	0,200	0,350	0,467	0,558
0,100	0,208	0,358	0,475	0,567
0,108	0,217	0,367	0,483	0,575
0,117	0,225	0,375	0,492	0,583
0,125	0,233	0,383	0,500	0,592
0,133	0,242	0,392	0,508	0,600
0,142	0,250	0,400	0,517	0,608
0,150	0,258	0,408	0,525	0,617
0,158	0,267	0,417	0,533	0,625
0,167	0,275	0,425	0,542	0,633
0,175	0,283	0,433	0,550	0,642
0,183	0,292	0,442		0,650
0,192	0,300	0,450	0,083	0,658
	0,308	0,458		0,667
0,100	0,317			0,675
	0,325	0,108		0,683
	0,333			
	0,342			0,125
	0,142			
<b>tc1=100</b>	<b>tv1=142</b>	<b>tc2=108</b>	<b>tv2=83</b>	<b>tc stacco=125</b>



TABELLA TC E TV ATLETA 4-SALTO 1

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 1

Lunghezza salto: 5.14

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc3</b>	<b>tv3</b>	<b>tc stacco</b>
0,125	0,267	0,417	0,550	0,667	0,800	0,883
0,133	0,275	0,425	0,558	0,675	0,808	0,892
0,142	0,283	0,433	0,567	0,683	0,817	0,900
0,150	0,292	0,442	0,575	0,692	0,825	0,908
0,158	0,300	0,450	0,583	0,700	0,833	0,917
0,167	0,308	0,458	0,592	0,708	0,842	0,925
0,175	0,317	0,467	0,600	0,717	0,850	0,933
0,183	0,325	0,475	0,608	0,725	0,858	0,942
0,192	0,333	0,483	0,617	0,733	0,867	0,950
0,200	0,342	0,492	0,625	0,742	0,875	0,958
0,208	0,350	0,500	0,633	0,750		0,967
0,217	0,358	0,508	0,642	0,758		0,975
0,225	0,367	0,517	0,650	0,767	0,075	0,983
0,233	0,375	0,525	0,658	0,775		0,992
0,242	0,383	0,533		0,783		1,000
0,250	0,392	0,542	0,108	0,792		1,008
0,258	0,400					
	0,408	0,125		0,125		0,125
0,133						
	0,142					
<b>tc1=133</b>	<b>tv1=142</b>	<b>tc2=125</b>	<b>tv2=108</b>	<b>tc3=125</b>	<b>tv3=75</b>	<b>tc stacco=125</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 4-SALTO 2

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 2

Lunghezza salto: 5.16

tc1	tv1	tc2	tv2	tc3	tv3	tc4	tv4	tc stacco
0,033	0,167	0,300	0,425	0,558	0,675	0,800	0,917	1,008
0,042	0,175	0,308	0,433	0,567	0,683	0,808	0,925	1,017
0,050	0,183	0,317	0,442	0,575	0,692	0,817	0,933	1,025
0,058	0,192	0,325	0,450	0,583	0,700	0,825	0,942	1,033
0,067	0,200	0,333	0,458	0,592	0,708	0,833	0,950	1,042
0,075	0,208	0,342	0,467	0,600	0,717	0,842	0,958	1,050
0,083	0,217	0,350	0,475	0,608	0,725	0,850	0,967	1,058
0,092	0,225	0,358	0,483	0,617	0,733	0,858	0,975	1,067
0,100	0,233	0,367	0,492	0,625	0,742	0,867	0,983	1,075
0,108	0,242	0,375	0,500	0,633	0,750	0,875	0,992	1,083
0,117	0,250	0,383	0,508	0,642	0,758	0,883	1,000	1,092
0,125	0,258	0,392	0,517	0,650	0,767	0,892		1,100
0,133	0,267	0,400	0,525	0,658	0,775	0,900		1,108
0,142	0,275	0,408	0,533	0,667	0,783	0,908		1,117
0,150	0,283	0,417	0,542		0,792			1,125
0,158	0,292		0,550					1,133
0,125	0,125	0,117	0,125	0,108	0,117	0,108	0,083	0,125
<b>tc1= 125</b>	<b>tv1=125</b>	<b>tc2=117</b>	<b>tv2=125</b>	<b>tc3=108</b>	<b>tv3=117</b>	<b>tc4=108</b>	<b>tv4=83</b>	<b>tc stacco=125</b>

TABELLA TC E TV ATLETA 4-SALTO 3

Atleta 4:B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 3

Lunghezza salto: 4.89

<b>tc1</b>	<b>tv1</b>	<b>tc2</b>	<b>tv2</b>	<b>tc3</b>	<b>tv3</b>	<b>tc stacco</b>
0,267	0,392	0,517	0,650	0,775	0,892	1,000
0,275	0,400	0,525	0,658	0,783	0,900	1,008
0,283	0,408	0,533	0,667	0,792	0,908	1,017
0,292	0,417	0,542	0,675	0,800	0,917	1,025
0,300	0,425	0,550	0,683	0,808	0,925	1,033
0,308	0,433	0,558	0,692	0,817	0,933	1,042
0,317	0,442	0,567	0,700	0,825	0,942	1,050
0,325	0,450	0,575	0,708	0,833	0,950	1,058
0,333	0,458	0,583	0,717	0,842	0,958	1,067
0,342	0,467	0,592	0,725	0,850	0,967	1,075
0,350	0,475	0,600	0,733	0,858	0,975	1,083
0,358	0,483	0,608	0,742	0,867	0,983	1,092
0,367	0,492	0,617	0,750	0,875	0,992	1,100
0,375	0,500	0,625	0,758	0,883		1,108
0,383	0,508	0,633	0,767			
		0,642				
0,117	0,117	0,125	0,117	0,108	0,100	0,108
<b>tc1=117</b>	<b>tv1=117</b>	<b>tc2= 125</b>	<b>tv2=117</b>	<b>tc3=108</b>	<b>tv3=100</b>	<b>tc stacco=108</b>

Come si nota dalle tabelle, per alcuni atleti si sono calcolati i tempi di contatto e di volo degli ultimi tre appoggi prima dello stacco in quasi tutti i salti. Questo è stato possibile solo nei salti in cui gli atleti hanno aumentato la frequenza negli ultimi appoggi rimanendo quindi nel campo visivo della fotocamera.

Gli atleti invece che hanno avuto la tendenza ad aumentare l'ampiezza eccessivamente negli ultimi passi non sono stati ripresi dalla fotocamera.

Questo perché, avendo la fotocamera fissa e tarata su determinati riferimenti a terra, non era possibile spostarla ogni volta per ciascun atleta, altrimenti questo avrebbe causato un errore ancora maggiore.

Per un atleta, Z. V., non è stato possibile effettuare l'analisi del terzo salto in quanto l'atleta non lo ha completato.

Come si evince dai dati raccolti nelle tabelle, per tutti gli atleti sia della categoria cadetti che allievi, il penultimo passo prima dello stacco ha dei tempi di contatto e di volo molto più ridotti dei passi precedenti.

Questo perché la maggior parte degli atleti giovani tende a "tagliare" il penultimo passo per cercare di eseguire un maggiore controllo e preparazione dello stacco.

Per l'atleta B. F., il salto migliore (6.37 m) è avvenuto con un tempo di contatto allo stacco (125 ms) inferiore a quello dei salti precedenti (gli altri salti avevano un tempo di contatto allo stacco di 133 ms) e un tempo di volo del penultimo appoggio superiore (100 ms) agli stessi (92 e 83 ms).

L'atleta Z. V. ha effettuato il suo miglior salto (5.41 m) con un tempo di contatto allo stacco (150 ms) superiore a quello successivo (secondo salto 142 ms) e un tempo di volo del penultimo appoggio inferiore (75 ms) rispetto allo stesso (83 ms).

M. D. invece ha effettuato il salto migliore (6.64 m) con un tempo di contatto allo stacco di 125 ms, come nel terzo salto in cui ha registrato la misura di 6.30 m; ma mentre nel terzo salto il tempo di volo del penultimo appoggio è stato di 83 ms nel salto migliore risulta di 75 ms.

L'allieva B. I. ha ottenuto il miglior salto con un tempo di contatto allo stacco di 125 ms, pari al salto precedente in cui ha fatto 5.14, ma il tempo di volo nel salto migliore è stato superiore (83 ms contro 75).

Il tempo di contatto allo stacco per tutti gli atleti è stato sempre superiore rispetto ai passi precedenti tranne che per l'atleta B. I. che ha invece mantenuto e in alcuni casi ridotto il tempo di contatto allo stacco.

Dopo aver analizzato i tempi di contatto e di volo si è proceduto all'analisi delle ampiezze degli ultimi tre appoggi.

Di seguito vengono riportati gli screenshot di tali dati.

#### TABELLA AMPIEZZE ATLETA 1-SALTO 1

Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 1

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>terzultimo</i></b>	1.88 m	<b>tc1=117</b>	<b>tv1=108</b>
<b><i>penultimo</i></b>	2.59 m	<b>tc2=117</b>	<b>tv2=150</b>
<b><i>ultimo</i></b>	2.27 m	<b>tc3=133</b>	<b>tv3=92</b>
<b><i>salto</i></b>	6.12 m	<b>tc</b> <b>stacco=133</b>	



TABELLA AMPIEZZE ATLETA 1-SALTO 2

Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 2

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>penultimo</i></b>	2.37 m	<b>tc1=117</b>	<b>tv1=133</b>
<b><i>ultimo</i></b>	2.10 m	<b>tc2=125</b>	<b>tv2=83</b>
<b><i>salto</i></b>	6.21 m	<b>tc</b> <b>stacco=133</b>	



### TABELLA AMPIEZZE ATLETA 1-SALTO 3

Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 3

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>penultimo</i></b>	2.40 m	<b>tc1=108</b>	<b>tv1= 133</b>
<b><i>ultimo</i></b>	2.22 m	<b>tc2=117</b>	<b>tv2=100</b>
<b><i>salto</i></b>	6.36 m	<b>tc</b> <b>stacco=125</b>	



TABELLA AMPIEZZE ATLETA 2-SALTO 1

Atleta 2: Z.V.

Categoria: CADETTE

Salto n°: 1

<b>AMPIEZZE</b>			
<i>penultimo</i>	<b>2.19 m</b>	<b>tc1=142</b>	<b>tv1=142</b>
<i>ultimo</i>	<b>1.88 m</b>	<b>tc2=142</b>	<b>tv2=75</b>
<i>salto</i>	<b>5.41 m</b>	<b>tc stacco= 150</b>	





TABELLA AMPIEZZE ATLETA 2-SALTO 2

Atleta 2: Z.V.

Categoria: CADETTE

Salto n°: 2

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>penultimo</i></b>	2.41	<b>tc1=125</b>	<b>tv=142</b>
<b><i>ultimo</i></b>	2.08	<b>tc2=142</b>	<b>tv=83</b>
<b><i>salto</i></b>	5.26	<b>tc</b> <b>stacco=142</b>	



## TABELLA AMPIEZZE ATLETA 3-SALTO 1

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:1

<b>AMPIEZZE</b>			
<i>penultimo</i>	2.27 m	<b>tc1=100</b>	<b>tv1=133</b>
<i>ultimo</i>	2.12 m	<b>tc2=108</b>	<b>tv2=75</b>
<i>salto</i>	6.64 m	<b>tc stacco=125</b>	



TABELLA AMPIEZZE ATLETA 3-SALTO 2

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:2

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>ultimo</i></b>	2.19 m	<b>tc1= 125</b>	<b>tv1= 92</b>
<b><i>salto</i></b>	6.25 m	<b>tc</b> <b>stacco=117</b>	



TABELLA AMPIEZZE ATLETA 3-SALTO 3

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:3

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>penultimo</i></b>	2.47 m	<b>tc1=100</b>	<b>tv1=142</b>
<b><i>ultimo</i></b>	2.24 m	<b>tc2=108</b>	<b>tv2=83</b>
<b><i>salto</i></b>	6.31 m	<b>tc stacco=125</b>	





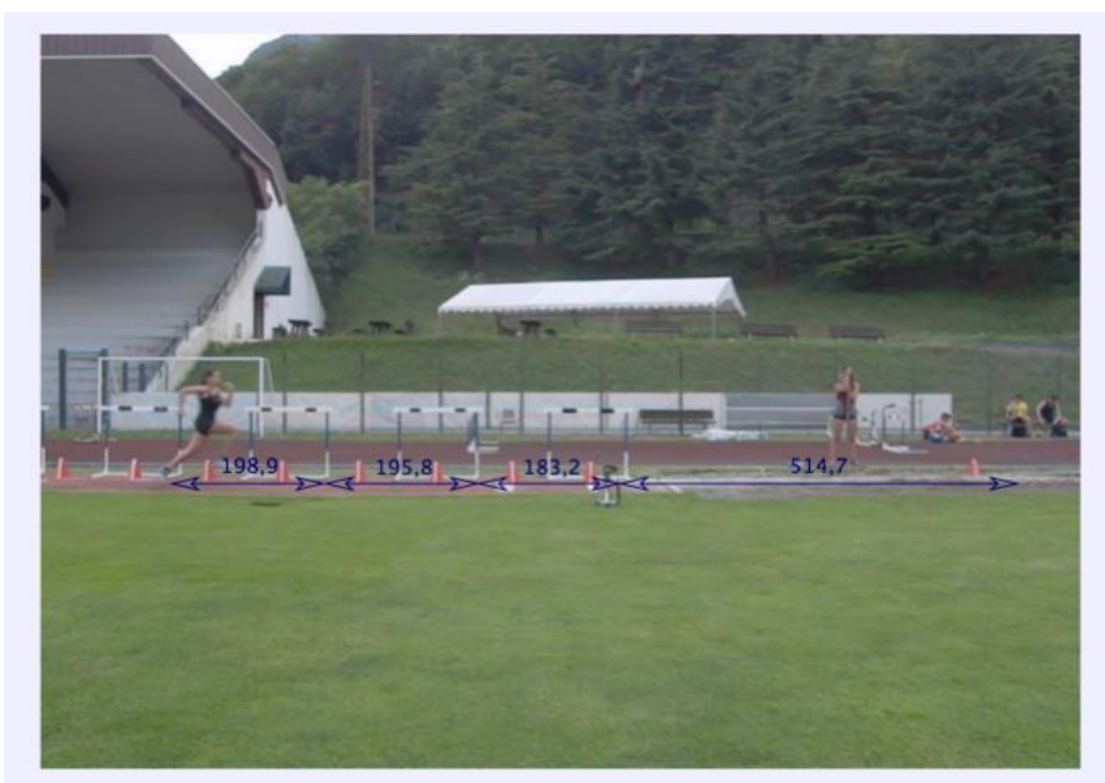
TABELLA AMPIEZZE ATLETA 4-SALTO 1

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 1

<b>AMPIEZZE</b>			
<b>terzultimo</b>	1.98	<b>tc1=133</b>	<b>tv1=142</b>
<b>penultimo</b>	1.95	<b>tc2=125</b>	<b>tv2=108</b>
<b>ultimo</b>	1.83	<b>tc3=125</b>	<b>tv3=75</b>
<b>salto</b>	5.14	<b>tc stacco=125</b>	



## TABELLA AMPIEZZE ATLETA 4-SALTO 2

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 2

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>quartultimo</i></b>	1.92	<b>tc1= 125</b>	<b>tv1=125</b>
<b><i>terzultimo</i></b>	1.93	<b>tc2=117</b>	<b>tv2=125</b>
<b><i>penultimo</i></b>	1.92	<b>tc3=108</b>	<b>tv3=117</b>
<b><i>ultimo</i></b>	1.95	<b>tc4=108</b>	<b>tv4=83</b>
<b><i>salto</i></b>	5.16	<b>tc stacco=125</b>	



TABELLA AMPIEZZE ATLETA 4-SALTO 3

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 3

<b>AMPIEZZE</b>			
<b><i>terzultimo</i></b>	1.88	<b>tc1=117</b>	<b>tv1=117</b>
<b><i>penultimo</i></b>	1.84	<b>tc2= 125</b>	<b>tv2=117</b>
<b><i>ultimo</i></b>	1.87	<b>tc3=108</b>	<b>tv3=100</b>
<b><i>salto</i></b>	4.89	<b>tc stacco=108</b>	



Dalle tabelle proposte nelle pagine precedenti, analizzando le ampiezze relative agli appoggi si deduce quanto segue per gli atleti analizzati.

Tutti gli atleti sviluppano ampiezze sugli ultimi tre passi superiori ai 2m tranne l'atleta B. I. che mantiene sempre ampiezze inferiori.

Gli atleti analizzati nel complesso hanno la tendenza ad accorciare, rispetto ai passi precedenti, la lunghezza del penultimo appoggio prima dello stacco; l'unica atleta che non lo fa è B. I. che tende a mantenere un'ampiezza costante in tutti gli appoggi e nel salto migliore aumenta anche l'ampiezza di qualche centimetro.

Questa tendenza comune è in linea con i dati ottenuti dai tempi di volo analizzati nelle tabelle precedenti, che sottolineano come gli atleti giovani siano soliti "tagliare" l'ultimo appoggio prima dello stacco per preparare lo stesso.

L'atleta B. I., molto probabilmente, manifesta invece la tendenza a mantenere le stesse ampiezze perché, provenendo dalla velocità, mantiene lo stesso stile di corsa anziché puntare negli ultimi appoggi ad aumentare le frequenze.

In ultima analisi sono stati poi considerati i diversi angoli ed in particolare: l'angolo di impostazione, l'angolo di uscita e l'angolo di proiezione del CdG.



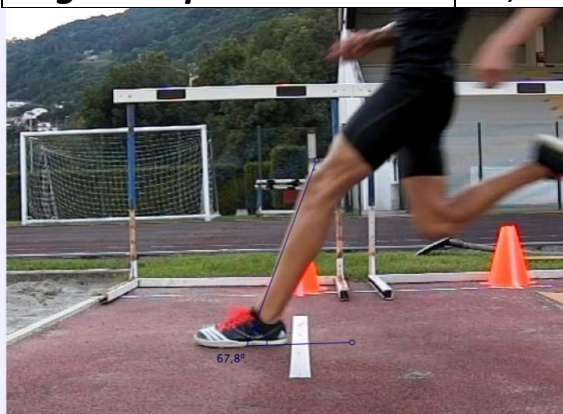
## TABELLA ANGOLI ATLETA 1-SALTO 1

Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 1

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	67,8°
<i>angolo d'uscita</i>	62,1°
<i>angolo di proiezione</i>	17,4°



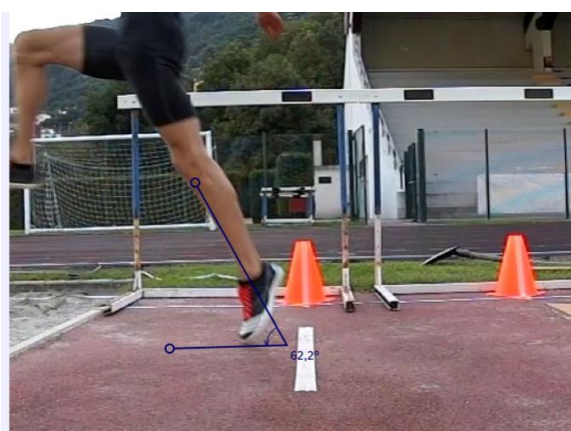
## TABELLA ANGOLI ATLETA 1-SALTO 2

Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 2

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	67,8°
<i>angolo d'uscita</i>	62,2°
<i>angolo di proiezione</i>	17,7°



## TABELLA ANGOLI ATLETA 1-SALTO 3

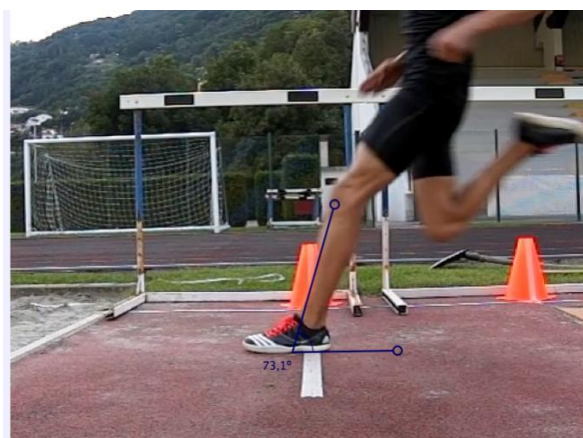
Atleta 1: B.F.

Categoria: CADETTI

Salto n°: 3

### **ANGOLI**

<i><b>angolo d'impostazione</b></i>	73,1°
<i><b>angolo d'uscita</b></i>	60,4°
<i><b>angolo di proiezione</b></i>	14,6°



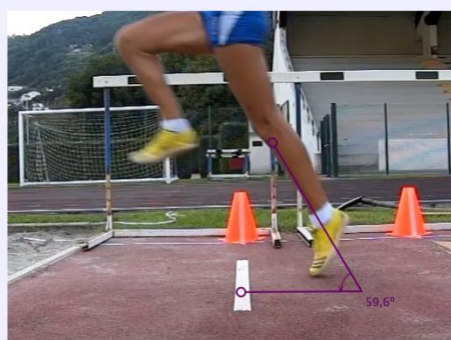
## TABELLA ANGOLI ATLETA 2-SALTO 1

Atleta 2: Z.V.

Categoria: CADETTE

Salto n°: 1

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo impostazione</i>	<b>68,8°</b>
<i>angolo di uscita</i>	<b>59,6°</b>
<i>angolo di proiezione</i>	<b>13,9°</b>





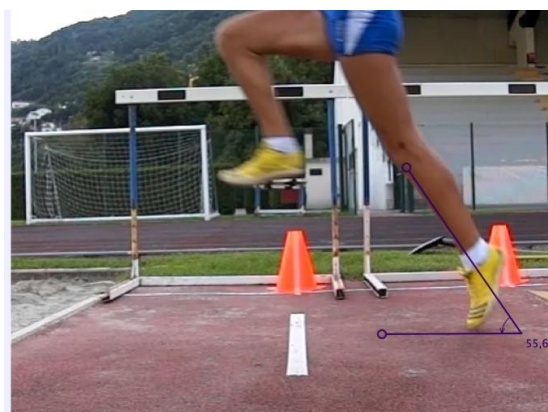
## TABELLA ANGOLI ATLETA 2-SALTO 2

Atleta 2: Z.V.

Categoria: CADETTE

Salto n°: 2

ANGOLI	
<i>angolo d'impostazione</i>	72,7°
<i>angolo d'uscita</i>	55,6°
<i>angolo di proiezione</i>	10,7°



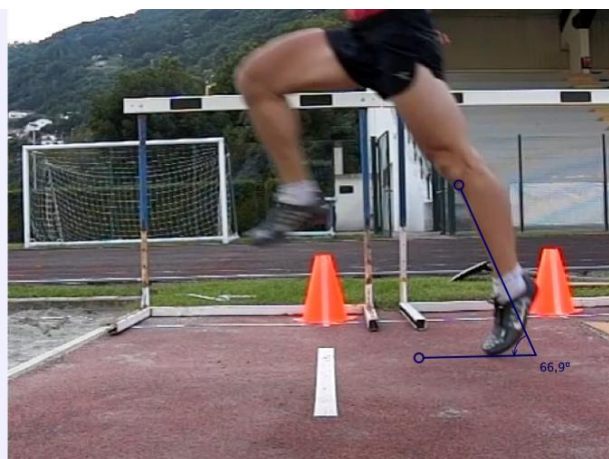
## TABELLA ANGOLI ATLETA 3-SALTO 1

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:1

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	73,3°
<i>angolo d'uscita</i>	66,9°
<i>angolo di proiezione</i>	15,6°



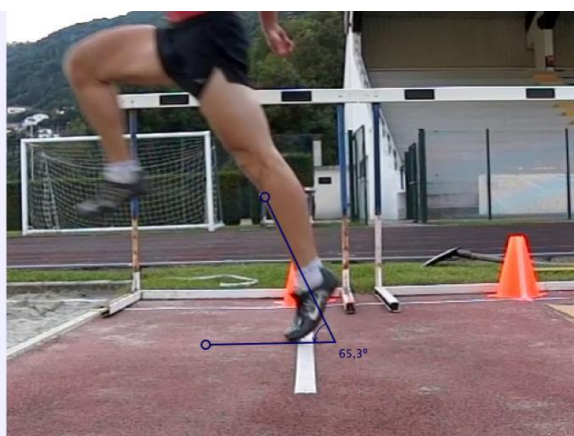
## TABELLA ANGOLI ATLETA 3-SALTO 2

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:2

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	69,2 °
<i>angolo d'uscita</i>	65,3°
<i>angolo di proiezione</i>	15,5°





### TABELLA ANGOLI ATLETA 3-SALTO 3

Atleta 3: M.D.

Categoria: ALLIEVI

Salto n°:3

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	69,2°
<i>angolo d'uscita</i>	58 °
<i>angolo di proiezione</i>	13,1°





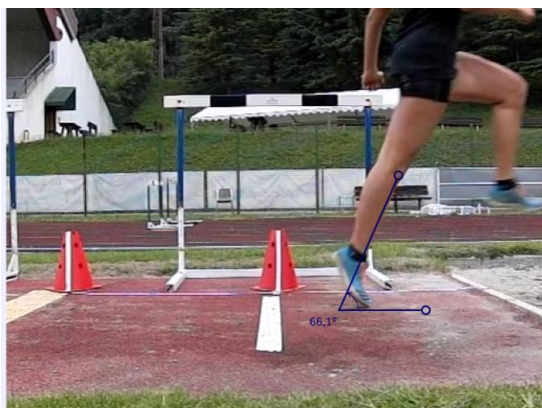
## TABELLA ANGOLI ATLETA 4-SALTO 1

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 1

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	68,9°
<i>angolo d'uscita</i>	66,1°
<i>angolo di proiezione</i>	13,7°



## TABELLA ANGOLI ATLETA 4-SALTO 2

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 2

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	72,3°
<i>angolo d'uscita</i>	72,0°
<i>angolo di proiezione</i>	14,9°



## TABELLA ANGOLI ATLETA 4-SALTO 3

Atleta 4: B.I.

Categoria: ALLIEVE

Salto n°: 3

<b>ANGOLI</b>	
<i>angolo d'impostazione</i>	70,7°
<i>angolo d'uscita</i>	70,8°
<i>angolo di proiezione</i>	13,2°



Si passa ora all'analisi degli angoli d'impostazione, di uscita e di proiezione del CdG .  
Nel salto migliore (6.63 m) l'atleta B. F. ha mantenuto un angolo d'impostazione allo stacco di  $73,1^\circ$ , un angolo di uscita di  $60,4^\circ$  e un angolo di proiezione del CdG di  $14,6^\circ$ .  
L'atleta Z. V. invece ha effettuato il salto migliore (5.41 m) con un angolo di impostazione allo stacco di  $68,8^\circ$ , un angolo di uscita di  $59,6^\circ$  e un angolo di proiezione del CdG di  $13,9^\circ$ .

M. D. nel suo salto migliore (6.64 m) aveva un angolo di impostazione di  $73,3^\circ$ , un angolo di uscita di  $66,9^\circ$  e un angolo di proiezione di  $15,6^\circ$ .

Infine l'allieva B. I. si presentava nel suo salto con lunghezza maggiore (5.16 m) con un angolo d'impostazione di  $72,3^\circ$ , un angolo di uscita di  $72^\circ$  e un angolo di proiezione di  $14,9^\circ$ .

I dati della letteratura riportano che per poter ottenere la migliore prestazione, dal punto di vista biomeccanico, l'angolo d'impostazione dovrebbe essere tra i  $64^\circ$  e i  $68^\circ$ ; l'angolo di uscita tra i  $70^\circ$  e  $75^\circ$  e infine l'angolo di proiezione tra i  $16^\circ$  e i  $25^\circ$ .

Tutti gli atleti qui analizzati hanno invece tenuto angoli d'impostazione maggiori, angoli di uscita e di proiezione inferiori.

Questo perché la maggior parte degli atleti giovani tende a caricare lo stacco, effettuando quindi un leggero piegamento al ginocchio che fa aumentare l'angolo d'impostazione. Di conseguenza anche l'angolo di uscita si trova spostato con la tibia che scappa verso avanti risultando così minore.

L'angolo di proiezione, essendo collegato agli altri due, e derivante dalla posizione tenuta dal baricentro, in conseguenza dell'abbassamento dello stesso a causa dell'eccessivo caricamento allo stacco, risulterà essere anch'esso minore.

Tutto questo comporta una fase di volo molto radente con perdita in termini di prestazione finale.

Questa tendenza, come si evince dalle tabelle sovrastanti, viene ripetuta in tutti i salti degli atleti analizzati.

## CAPITOLO 6

### CONFRONTO

Passiamo ora al confronto dei dati ottenuti dagli atleti analizzati al raduno Regionale Veneto con i risultati degli atleti analizzati durante i Campionati Europei Juniores di Atletica Leggera che si sono svolti a Rieti presso lo stadio Raoul Guidobaldi dal 18 al 19 luglio.

Durante questa gara sono stati utilizzati come strumenti l'optojump.



Questo strumento è un sistema di rilevamento ottico, costituito da una barra trasmittente e una ricevente.

I led posizionati sulla barra trasmittente comunicano di continuo con quelli sulla barra ricevente. Il sistema rileva eventuali interruzioni e ne calcola la durata, mentre il software dedicato consente di ottenere con la massima precisione ed in tempo reale una serie di parametri legati alla prestazione dell'atleta.

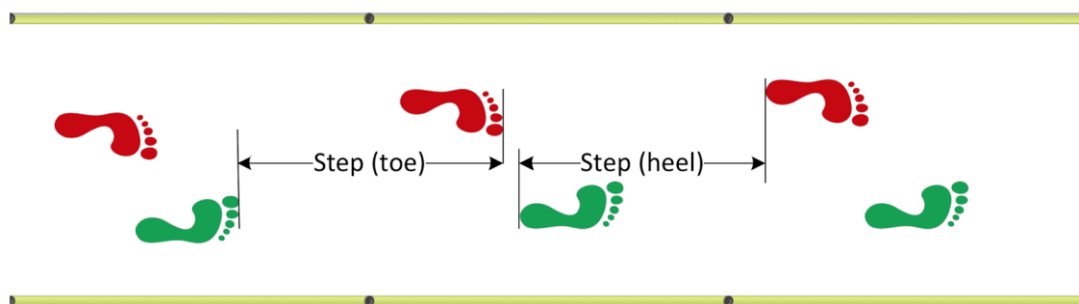
Può avere diverse configurazioni in base all'utilizzo:

- **METRO SINGOLO:** consente di svolgere *Test di Salto* (es. squat jump, salti mono podalici), *Test di Frequenza* (utili per analisi separata arto dx e sx) e *Test di Reazione* (misura il tempo di reazione tra impulso ottico/acustico e il movimento dell'atleta).
- **METRO SINGOLO SU TAPIS ROULANT:** analisi della corsa.
- **SISTEMA MODULARE:** consente di svolgere *Test di Camminata*, *Test di Corsa*.
- **SISTEMA BIDIMENSIONALE**



Per quanto riguarda i test di sprint e camminata sono rilevati dati come:

- **Passo (Step):** si definisce come la distanza tra le due punte (toe) dei piedi successivi o come la distanza tra i due talloni (heel) dei piedi successivi in funzione della scelta del parametro “Calcolo lunghezza passi”.



- **TCont. [s]:** Tempi di contatto.
- **TVolo [s]:** Tempi di volo.
- **Fase di contatto [s | %]:** è il tempo intercorso dal primo contatto del tallone al completo appoggio del piede; la percentuale indica il valore rispetto al tempo di contatto totale.

Il sistema optojump è stato posizionato nella gara di salto in lungo sulla pedana di rincorsa per una lunghezza di circa 25m a partire dall'asse di battuta. Dunque non per la lunghezza completa della rincorsa degli atleti ma per circa gli ultimi 10-12 passi. Bisogna sottolineare che date le condizioni meteo avverse nel giorno della gara alcuni dati alla fine del rilevamento si sono dimostrati mancanti o non corretti dato che l'optojump in alcuni punti per via della pioggia e del vento non ha funzionato nella maniera regolare.

In ogni caso la gara si è svolta nella sua completa totalità senza problemi o interferenze per gli atleti.

L'analisi è stata effettuata attraverso diversi passaggi, grazie all'utilizzo di tabelle e grafici, si è potuto riassumere i dati, così da poter interpretare meglio questi ultimi.

La comparazione dei dati si è concentrata sul confronto tra i valori degli ultimi passi prima dello stacco e i valori rilevati all'inizio dell'optojump.

Prima di analizzare qualsiasi dato bisogna fare delle precisazioni riguardo il funzionamento dell'optojump: alcuni dati rilevati risultavano errati per problema di sensore. Per errati si intende che non rientravano nella medie degli altri dati perché visibilmente alterati in eccesso. Nonostante la consapevolezza di questi errori,

trattandosi di una tesi basata su analisi di dati essi sono stati lasciati inalterati per quanto possibile. Riportata qui di seguito, la **Tabella I**, con i risultati della gara.

In giallo è evidenziato il miglior salto di ogni atleta.

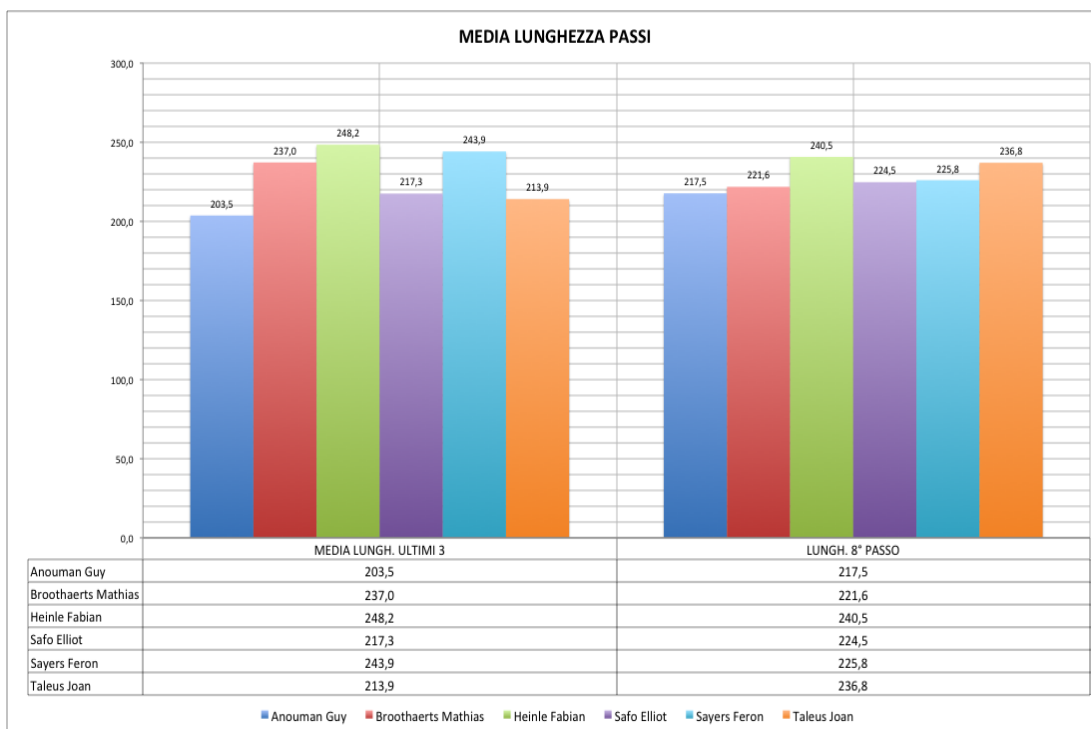
**Tabella . Risultati Gara**

---

<b>RISULTATO GARA</b>						
<b>LONG JUMP 19 luglio</b>						
<b>1</b>	<b>ELLIOT SAFO</b>	GBR	4 Feb 94	7.86 (-0.3)	<b>PB</b>	
				<b>7.71/0.1 7.71/-0.1 7.82/-0.1 7.60/-0.5 7.86/-0.3 7.77/-0.6</b>		
<b>2</b>	<b>MATHIAS BROOHAERTS</b>	BEL	12 Jul 94	7.84 (-0.1)	<b>PB</b>	
				<b>7.45/0.1 7.49/0.4 7.40/-0.6 7.50/0.2 7.84/-1.0 7.61/-0.8</b>		
<b>3</b>	<b>GUY-ELPHÉGE ANOUMAN</b>	FRA	13 Jul 94	7.60 (-0.4)	<b>SB</b>	
				<b>7.43/-0.1 7.28/-0.1 7.45/-0.7 7.35/-0.2 7.60/-0.4 7.19/-0.7</b>		
<b>4</b>	<b>FABIAN HEINLE</b>	GER	14 May 94	7.56 (0.5)		
				<b>7.46/0.3 7.56/0.5 X/-1.0 7.42/-0.2 X/-0.2 X/-0.5</b>		
<b>5</b>	<b>JOHAN TALÉUS</b>	SWE	2 Mar 94	7.49 (0.0)		
				<b>X/0.3 7.49/0.0 5.96/-0.9 X/0.3 X/-0.4 5.71/-0.8</b>		
<b>6</b>	<b>FERON SAYERS</b>	GBR	15 Oct 94	7.48 (-0.5)		
				<b>7.29/0.5 7.32/-0.4 7.12/-0.2 7.42/0.4 7.36/-0.8 7.48/-0.5</b>		
<b>7</b>	<b>BENJAMIN GABRIELSEN</b>	DEN	13 Jun 95	7.44(-0.5)		
				<b>X/0.6 7.37/-0.4 X/-0.3 X/0.6 X/-0.7 7.44/-0.5</b>		
<b>8</b>	<b>STEPHAN HARTMANN</b>	GER	13 Jan 94	7.26 (0.0)		
				<b>6.97/0.1 7.26/0.0 7.18/-1.0 X/0.0 3.66/-0.5 X/0.1</b>		
<b>9</b>	<b>LAMONT MARCELL JACOBS</b>	ITA	26 Sep 94	7.20 (0.0)		
				<b>X/0.5 7.20/0.0 7.17/-0.2</b>		
<b>10</b>	<b>FYODOR KISELKOV</b>	RUS	3 Jun 95	7.17 (0.5)		
				<b>X/0.3 7.16/0.5 7.11/-1.2</b>		
<b>11</b>	<b>SERGIO ACERA</b>	ESP	15 Jan 94	7.09 (-0.8)		
				<b>X/0.1 X/0.0 7.09/-0.8</b>		
<b>12</b>	<b>IONUT ANDREI NEAGOE</b>	ROU	11 Jun 94	6.73 (-0.7)		
				<b>X/0.4 6.73/-0.7 X/-0.2</b>		

---

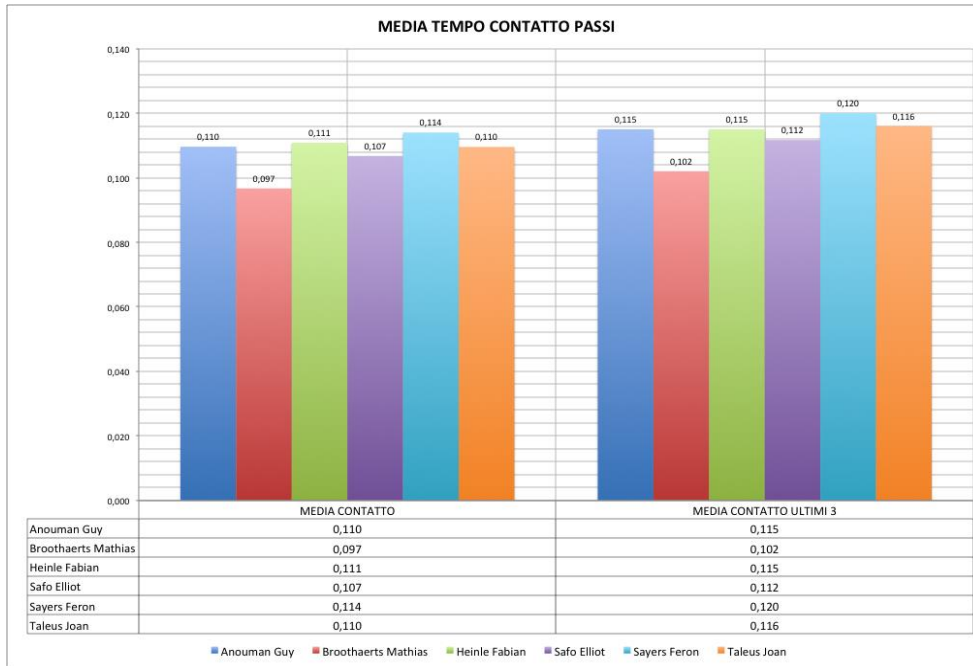
**Grafico I.** Media lunghezza(cm) tre passi finali e ottavo passo prima della battuta dei primi 6 atleti



Nel **Grafico I** è necessario specificare che la media della lunghezza dei passi era stata calcolata su tutti i salti, ma non per tutti i salti, in quanto in alcuni salti la pedana non aveva rilevato dei dati corretti. La media è stata dunque fatta sui salti che presentano tutti i dati. Sono stati tralasciati anche i salti i cui dati erano fuori norma per evitare di alterare eccessivamente i risultati.



**Grafico II. Sintesi media tempo(s) contatto primi 6 atleti**



Di seguito vengono proposti poi i dati relativi alla lunghezza dei passi e ai tempi di contatto e di volo dei primi tre atleti.

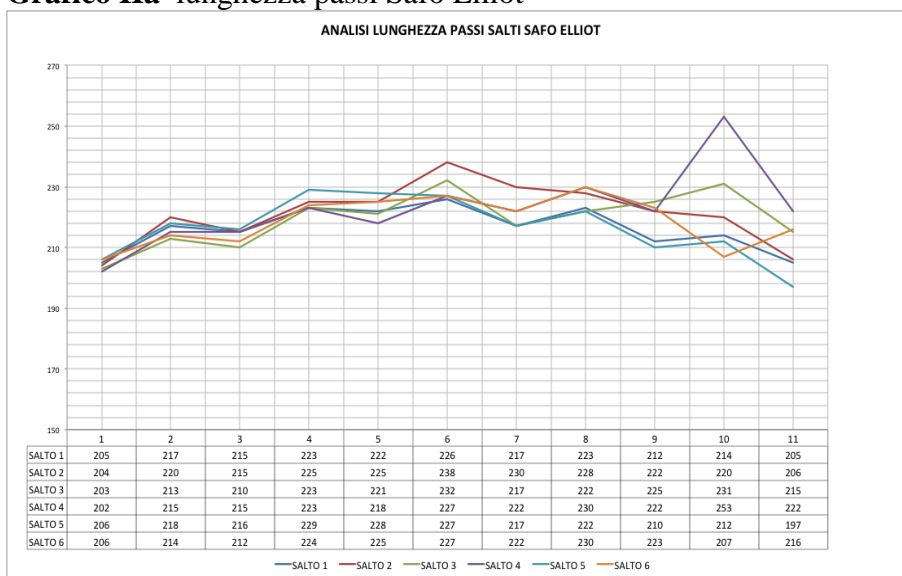


Al centro il primo Safo Elliot, a sinistra il secondo Broothaerts Mathias e a destra il terzo Anouman Guy

**Tabella IIa. Salti Safo Elliot**

ORDINE SALTO	LUNGHEZZA TERZULTIMO (cm)	LUNGHEZZA PENULTIMO (cm)	LUNGHEZZA ULTIMO (cm)	LUNGHEZZA MEDIA ULTIMI 3	TEMPO DI COTATTO ULTIMI 3	RISULTATO SALTO (m)
1°SALTO	212	214	205	210,3	0,11	<b>7.71</b>
2°SALTO	222	220	206	216	0,11	<b>7.71</b>
3°SALTO	225	231	215	223,7	0,11	<b>7.82</b>
4°SALTO	222	253	222	232,3	0,11	<b>7.60</b>
5°SALTO	210	212	197	206,3	0,11	<b>7.86</b>
6°SALTO	223	207	216	215,3	0,12	<b>7.77</b>

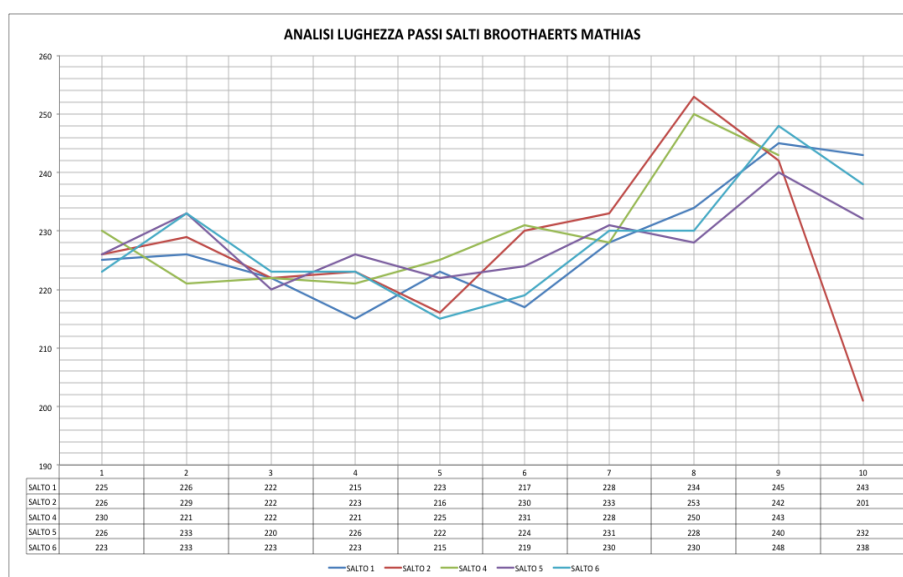
**Grafico IIa lunghezza passi Safo Elliot**



**Tabella IIb. Salti Broothaerts Mathias**

ORDINE SALTO	LUNGHEZZA TERZULTIMO (cm)	LUNGHEZZA PENULTIMO (cm)	LUNGHEZZA ULTIMO (cm)	LUNGHEZZA MEDIA ULTIMI 3	TEMPO DI COTATTO ULTIMI 3	RISULTATO SALTO (m)
1°SALTO	234	245	243	240,7	0,10	<b>7.45</b>
2°SALTO	253	242	201	232	0,10	<b>7.49</b>
3°SALTO	Dati incompleti*					
4°SALTO	228	250	243	240,3	0,10	<b>7.50</b>
5°SALTO	228	240	232	233,3	0,11	<b>7.84</b>
6°SALTO	230	248	238	238,7	0,11	<b>7.61</b>

**Grafico IIb. Lunghezza passi salti Broothaerts Mathias**



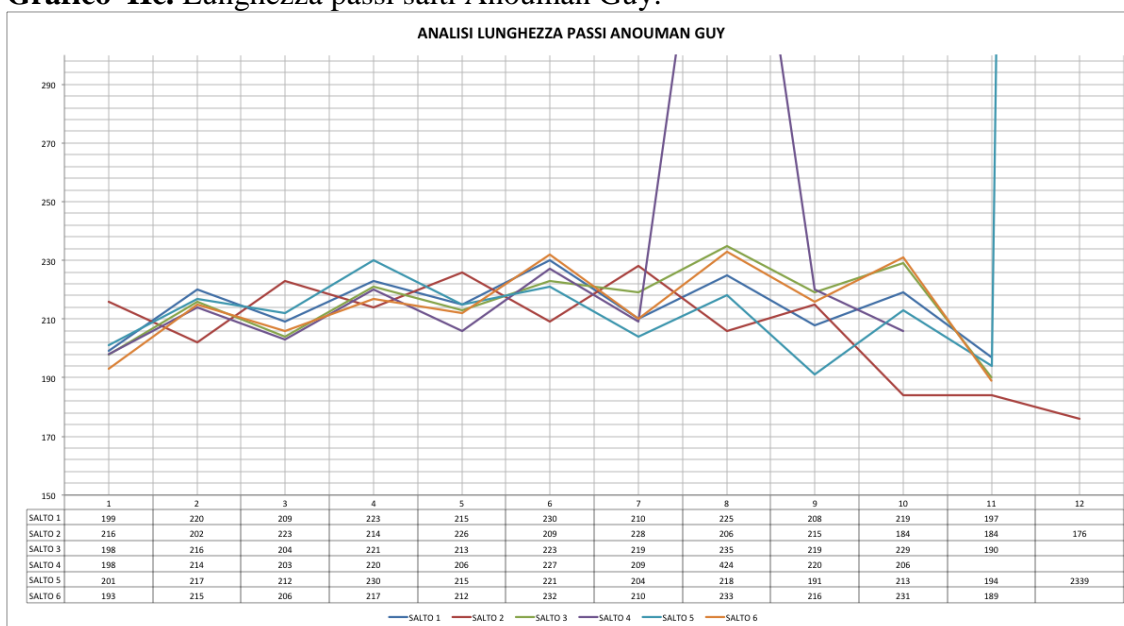
**Tabella IIc. Salti Anouman Guy**

ORDINE SALTO	LUNGHEZZA TERZULTIMO (cm)	LUNGHEZZA PENULTIMO (cm)	LUNGHEZZA ULTIMO (cm)	MEDIA ULTIMI 3	TEMPO DI COTATTO ULTIMI 3	RISULTATO SALTO (m)
1°SALTO	208	219	197	208	0,11	<b>7.43</b>
2°SALTO	184	184	176	181,3	0,11	<b>7.28</b>
3°SALTO	219	229	190	212,7	0,12	<b>7.45</b>
4°SALTO	424(208)*	220	206	211,3	0,11	<b>7.35</b>
5°SALTO	213	194	2339(194)**	199,3	0,12	<b>7.60</b>
6°SALTO	216	231	189	212	0,12	<b>7.19</b>

\*i dati sono stati riportati come quelli originali presenti in excel senza modifiche, ma come si può notare alcuni non sono nella norma. Si tratta di due casi differenti: il primo sembra un dato errato mentre il secondo sembra un dato di troppo preso perché il sensore è ripartito rilevando una misura in più.

Al fine di ovviare a questo problema per il primo dato è stata proposta tra parentesi una media ricavata dagli altri salti.

**Grafico IIc. Lunghezza passi salti Anouman Guy.**

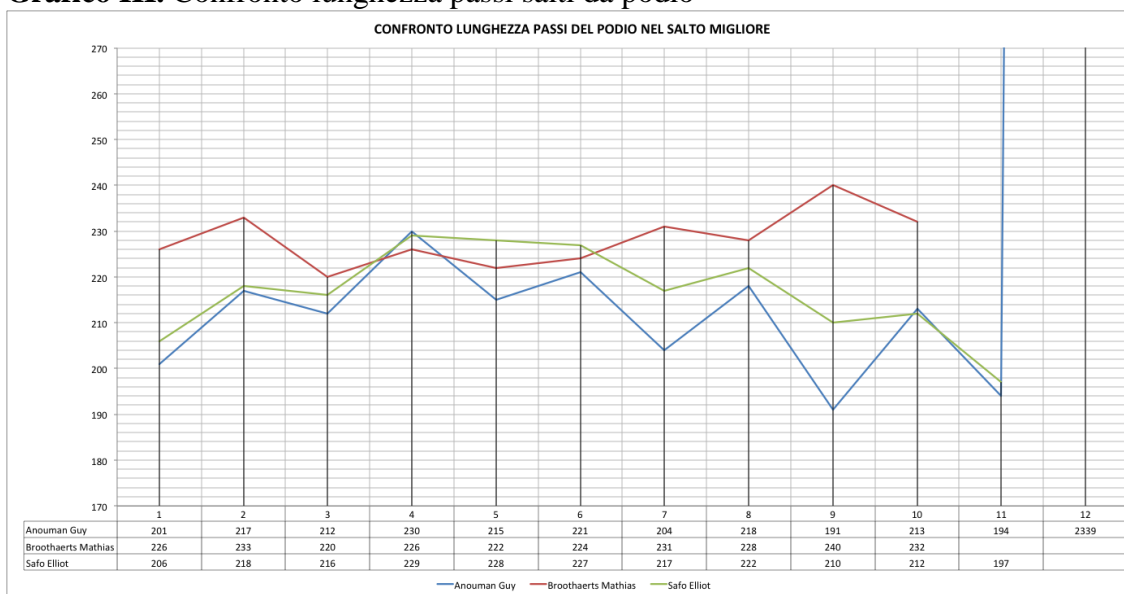


Quindi andando a raccogliere tutti i dati in un'unica tabella i dati sono i seguenti.

**Tabella III. Confronto salti da podio**

ATLETA	MEDIA LUNGHEZZA TRE PASSI FINALI(cm)	LUNGHEZZA OTTAVO PASSO(cm)	MEDIA CONTATTO TRE PASSI FINALI	RISULTATO FINALE
SAFO ELLIOT	206,3	229	0,11	<b>7.86</b>
BROOTHAERTS MATHIAS	233,3	220	0,11	<b>7.84</b>
ANOUMAN GUY	915 (*199)	215	0,12	<b>7.60</b>

**Grafico III. Confronto lunghezza passi salti da podio**



Confrontando questi dati con quelli ottenuti dagli atleti analizzati si possono dedurre alcune considerazioni.

Primo tra tutti occorre considerare il fatto che le analisi fatte durante il raduno si riferiscono a dati ottenuti da salti non effettuati in gara ma in un “clima” di allenamento privo quindi di tensioni e stress.

Per quanto riguarda l’ampiezza media degli ultimi 3 appoggi la media ottenuta dagli atleti analizzati durante il raduno Regionale Veneto si discosta di poco rispetto a quella degli atleti juniores analizzati a Rieti.

In media comunque gli atleti juniores di Rieti hanno sviluppato delle ampiezze leggermente maggiori.

**Tabella ampiezze medie ultimi 3 passi atleti raduno regionale (cadetti-allievi)**

	B. F.	Z. V.	M. D.	B. I.
Salto 1	2.25	2.09	2.19	1.92
Salto 2	2.23	2.24	2.19	1.93
Salto 3	2.31		2.35	1.86
	2.26	2.16	2.24	1,90

**Tabella ampiezze medie ultimi 3 passi atleti campionati europei (juniores)**

Anouman Guy	2.03
Broothaerts Mathias	2.37
Heinle Fabian	2.48
Safo Elliot	2.17
Sayers Feron	2.43
Taleus Joan	2.13

Riguardo invece i tempi di contatto sempre degli ultimi tre appoggi le considerazioni sono le seguenti.

**Tabella tempi di contatto ultimi tre passi atleti raduno regionale (cadetti-allievi)**

	B. F.	Z. V.	M. D.	B. I.
Salto 1	0.122	0.142	0.104	0.127
Salto 2	0.121	0.133	0.121	0.114
Salto 3	0.112		0.104	0.116
	0.118	0.137	0.109	0.119

**Tabella tempi di contatto ultimi tre passi atleti campionati europei (juniores)**

Anouman Guy	0.115
Broothaerts Mathias	0.102
Heinle Fabian	0.115
Safo Elliot	0.112
Sayers Feron	0.120
Taleus Joan	0.116

Anche in questo caso i risultati non si discostano di molto ma gli atleti della categoria juniores (Campionati Europei Rieti) sembrano avere mediamente dei tempi di appoggio leggermente inferiori rispetto a quelli della categoria cadetti e allievi (Raduno Regionale Veneto).

Nelle pagine successive verrà proposto invece lo studio effettuato a Berlino 2009 durante i campionati Mondiali di Atletica Leggera.

Questo era lo studio dai cui era partita tutta l'idea di questo progetto purtroppo non è stato possibile eseguire rilevamenti con atleti delle categorie assolute per l'impossibilità di accedere con le attrezzature adatte nelle manifestazioni a carattere nazionale.

Ritengo comunque utile riportare questo studio con l'idea di effettuare qualche confronto con i dati ottenuti dalle analisi durante il raduno Regionale Veneto e questi ultimi dati.

### Tabella analisi biomeccanica salto in lungo maschile Berlino 2009

**Biomechanical Analysis of the Long Jump Men Final**  
12th IAAF World Championships in Athletics - Berlin 22. August 2009

Name / Attempt	Distance [m]				Stride length [m]						lowering of CM	Velocity [m/s]				
	officially measured	real	loss at take-off (toe-to-board)	loss by landing	3last	2last	1last	relative length 2last / 3last [%]	relative length 1last / 2last [%]	3last		2last	1last	take-off instant	loss at take-off	vertical velocity at take-off
Phillips D. 2nd	8.54	8.59	0.05	0.00	2.30	2.62	2.00	114	77	0.06	11.08	11.12	10.78	9.23	1.55	3.35
Mokoena G. 2nd	8.47	8.48	0.01	0.00	2.27	2.32	2.19	102	94	0.08	10.36	10.44	10.34	8.67	1.68	3.79
Watt M. 5th	8.37	8.44	0.07	0.00	2.45	2.63	2.42	107	92	0.11	10.51	10.59	10.43	8.83	1.60	3.71
Lapierre F. 5th	8.21	8.33	0.12	0.00	2.24	2.36	2.28	105	97	0.08	10.30	10.33	10.28	7.99	2.30	4.23
Rutherford G. 6th	8.17	8.23	0.06	0.00	2.23	2.19	2.24	98	102	0.07	10.36	10.39	10.44	9.16	1.28	3.14
Sdiri S. 3rd	8.07	8.07	0.00	0.00	2.24	2.59	2.16	116	83	0.06	10.23	10.31	10.17	8.69	1.48	3.15
Garenamotse G. 1st	8.06	8.14	0.08	0.00	2.30	2.38	2.22	104	93	0.06	10.51	10.61	10.41	9.17	1.25	3.17
Tomlinson C. 5th	8.06	8.10	0.04	0.00	2.40	2.49	2.14	104	86	0.15	10.33	10.40	10.31	8.53	1.78	3.72

Name / Attempt	Take-off						Lead leg		Landing			
	duration [s]	inclination angle [°]	trunk-angle [°]	trunk rotation [°]	minimal knee-angle [°]	angle of take-off [°]	thigh-angle at take-off [°]	average velocity [°/s]	distance [m]	trunk angle [°]	knee angle [°]	hip angle [°]
Phillips D. 2nd	0.11	27	103	13	137	20.0	-9	794	0.44	51	129	55
Mokoena G. 2nd	0.11	26	99	13	143	23.6	-12	835	0.55	74	151	96
Watt M. 5th	0.11	22	97	6	143	22.8	-5	797	0.59	92	148	115
Lapierre F. 5th	0.12	28	102	11	147	27.9	15	938	0.36	61	143	92
Rutherford G. 6th	0.12	23	95	9	149	18.9	4	863	0.40	49	143	64
Sdiri S. 3rd	0.12	23	98	9	139	19.9	-9	764	0.70	108	127	106
Garenamotse G. 1st	0.12	26	99	13	136	19.1	-7	793	0.67	94	153	109
Tomlinson C. 5th	0.13	30	104	7	132	23.6	-17	657	0.47	76	133	94

© Olympiastützpunkt Hessen  
297 x 210 mm

Biomechanics Report World Championships 2009 Berlin © Deutscher Leichtathletik-Verband

Page: 3

## Tabella analisi biomeccanica salto in lungo femminile Berlino 2009

Biomechanical Analysis of the Long Jump Women Final  
12th IAAF World Championships in Athletics - Berlin 23. August 2009

Name / Attempt	Distance [m]				Stride length [m]						lowering of CM	Velocity [m/s]				
	officially measured	real	loss at take-off (toe-to-board)	loss by landing	3last	2last	1last	relative length 2last / 3last [%]	relative length 1last / 2last [%]	3last		2last	1last	take-off instant	loss at take-off	vertical velocity at take-off
Reese B. 3rd	7.10	7.18	0.08	0.00	1.91	2.45	1.97	128	81	0.09	9.77	9.89	9.59	8.31	1.28	3.14
Lebedewa T. 2nd	6.97	6.97	0.00	0.00	2.04	2.21	2.17	108	98	0.12	9.38	9.53	9.34	7.62	1.71	3.40
Mey Mellis K. 3rd	6.80	6.85	0.05	0.00	2.06	2.16	1.95	105	90	0.07	9.14	9.23	9.13	7.87	1.26	3.42
Gomes N. 1st	6.77	6.86	0.09	0.00	2.41	2.61	2.08	108	80	0.08	9.33	9.47	9.43	8.10	1.33	3.22
Kucherenko O. 3rd	6.77	6.77	0.00	0.00	2.17	2.32	2.09	107	90	0.05	9.19	9.29	9.14	7.39	1.75	3.37
Proctor S. 3rd	6.71	6.76	0.05	0.00	2.07	2.16	2.09	105	97	0.03	9.25	9.34	9.07	7.64	1.43	3.10
Maggi M. 1st	6.68	6.81	0.13	0.00	2.30	2.44	2.28	106	93	0.01	9.58	9.60	9.52	8.30	1.22	2.64
Balta K. 1st	6.62	6.64	0.02	0.13	1.91	2.15	1.94	112	90	0.03	9.57	9.55	9.39	8.04	1.35	2.96

Name / Attempt	Take-off					Lead leg		Landing				
	duration [s]	inclination angle [°]	trunk-angle [°]	trunk rotation [°]	minimal knee-angle [°]	angle of take-off [°]	thigh-angle at take-off [°]	average velocity [m/s]	distance [m]	trunk angle [°]	knee angle [°]	hip angle [°]
Reese B. 3rd	0.13	29	97	5	128	20.7	-1	859	0.52	68	150	83
Lebedewa T. 2nd	0.11	25	101	15	134	24.0	-12	702	0.49	70	148	84
Mey Mellis K. 3rd	0.11	27	100	5	136	23.5	-8	855	0.53	87	158	106
Gomes N. 1st	0.12	28	99	2	137	21.7	-21	668	0.49	75	135	85
Kucherenko O. 3rd	0.12	27	98	7	141	24.5	-1	840	0.46	60	158	79
Proctor S. 3rd	0.13	27	96	2	131	22.1	-2	738	0.44	77	128	82
Maggi M. 1st	0.11	21	102	8	142	17.6	5	840	0.49	66	137	69
Balta K. 1st	0.11	27	97	1	138	20.2	-16	802	0.52	81	148	98

© Olympiastützpunkt Hessen  
http://www.osp-hessen.de  
297 x 210 mm

Biomechanics Report World Championships 2009 Berlin © Deutscher Leichtathletik-Verband

Page: 12

Sintetizzando in un'unica tabella i dati analizzati a Berlino e quelli degli atleti del raduno regionale si ottengono le seguenti tabelle:

### Tabella dati campionati europei Berlino maschile

	Lunghezza salto	Ampiezza terzultimo	Ampiezza penultimo	Ampiezza ultimo	Tempo contatto stacco	Angolo proiezione stacco
Phillips D.	8.54	2.30	2.62	2.00	0.11	20°
Mokoena G.	8.47	2.27	2.32	2.19	0.11	23°
Watt M.	8.37	2.45	2.63	2.42	0.11	22°
Lapierre F.	8.21	2.24	2.36	2.28	0.12	27°
Rutherford G.	8.17	2.23	2.19	2.24	0.12	18°
Sdiri S.	8.07	2.24	2.59	2.16	0.12	19°
Garenamotse G.	8.06	2.30	2.38	2.22	0.12	19°
Tomlinson C.	8.06	2.40	2.49	2.14	0.13	23°

### Tabella dati campionati europei Berlino femminile

	Lunghezza salto	Ampiezza terzultimo	Ampiezza penultimo	Ampiezza ultimo	Tempo contatto stacco	Angolo proiezione stacco
Reese B.	7.10	1.91	2.45	1.97	0.13	20°
Lebedewa T.	6.97	2.04	2.21	2.17	0.11	24°
Mey Melis K.	6.80	2.06	2.16	1.95	0.11	23°
Gomes M.	6.77	2.41	2.61	2.08	0.12	21°
Kucherenko O.	6.77	2.17	2.32	2.09	0.12	24°
Proctor S.	6.71	2.07	2.16	2.09	0.13	22°
Maggi M.	6.68	2.30	2.44	2.28	0.11	17°
Balta K.	6.62	1.91	2.15	1.94	0.11	20°

### Tabella dati atleti raduno regionale Veneto

	Lunghezza salto	Ampiezza terzultimo	Ampiezza penultimo	Ampiezza ultimo	Tempo contatto stacco	Angolo proiezione stacco
B.F.	6.36		2.40	2.22	0.12	15°
Z.V.	5.41		2.19	1.88	0.15	14°
M.D.	6.64		2.27	2.12	0.12	15°
B.I.	5.16	1.93	1.92	1.95	0.12	15°

Confrontando questi dati la prima cosa da ribadire che i dati presi dagli atleti del raduno regionale si riferiscono a prove effettuate in allenamento mentre i dati di Berlino si riferiscono ad una situazione di gara

Detto ciò dalle si evince che il valore che più si discosta tra i dati ricavati dall'analisi di Berlino e quella del raduno regionale sono gli angoli di proiezione allo stacco.

Come si può notare gli atleti assoluti di Berlino rispettano gli angoli di proiezione riproposti dalla letteratura mentre i ragazzi del raduno hanno degli angoli notevolmente inferiori.

Questo perché, come si riportava nell'analisi iniziale, gli atleti più giovani hanno la tendenza a caricare la gamba di stacco all'uscita dallo stacco flettendo leggermente il ginocchio e andando così ad impostare un angolo di uscita che sarà sicuramente inferiore.



Il tempo di contatto allo stacco risulta essere maggiore per gli atleti giovani rispetto agli atleti esperti, anche questo per l'eccessivo caricamento che questi effettuano in questa fase.

La lunghezza del penultimo passo sull'ultimo negli atleti assoluti risulta essere maggiore, mentre negli atleti giovani questa differenza non è così evidente.

Questo è indice della tendenza comune agli atleti giovani ad aprire i passi finali anziché aumentare la frequenza proprio per la ricerca del caricamento dello stacco.

## CONCLUSIONI

Questo lavoro si è rivelato molto interessante per i risultati che ha portato.

Era partito come idea da un interesse personale per quelle che sono le tecnologie e gli strumenti di analisi che possono essere utilizzati da tecnici e atleti in campo.

Purtroppo non è stato possibile svilupparla e completarla come previsto inizialmente per la mancanza di attrezzature, atleti e spazi corretti di analisi.

Sarebbe stato utile e interessante effettuare l'analisi durante competizioni importanti quali campionati italiani sia per le categorie giovanili che quelle assolute.

Ancora più utile sarebbe stato poter progettare un protocollo di lavoro per l'analisi semplice da mettere a disposizione di tutti i tecnici e atleti, e poterlo usare durante le gare e in allenamento.

La video analisi è uno strumento molto utile che può fornire al tecnico, assieme ai dati che egli in grado di percepire ad occhio nudo, una serie di elementi che possono portarlo a comprendere le cause di errori e di mancate prestazioni.

ad una tecnica sostanzialmente corretta poiché permette di cogliere quegli aspetti che l'occhio magari non riuscirebbe a cogliere.

Per gli atleti in generale ma, soprattutto quelli giovani, privi ancora della percezione delle corrette sensazioni, può rivelarsi uno strumento più diretto e immediato per far loro comprendere quelli che sono gli errori e le impostazioni scorrette.

Detto ciò dall'analisi fatta è emerso che gli atleti giovani faticano a impostare degli angoli allo stacco efficaci al fine della prestazione in quanto tendono, per la maggior parte dei casi, a caricare l'arto di stacco con un eccessivo piegamento al ginocchio cosa che non permette loro successivamente di realizzare uno stacco e quindi una prestazione ottimale.

Questo eccessivo caricamento è dimostrato anche dai tempi di contatto del piede allo stacco. Essi infatti, se confrontati con atleti più esperti, appaiono essere maggiori.

Il tempo di volo del penultimo appoggio sullo stacco risulta per tutti gli atleti giovani notevolmente inferiore rispetto agli altri passi, indice anche questo della ricerca di caricamento allo stacco.

Per quanto riguarda le ampiezze dei passi gli atleti giovani hanno la tendenza ad accorciare tutti gli ultimi tre passi prima dello stacco mentre gli atleti assoluti hanno la predisposizione ad allungare il penultimo sull'ultimo in modo da trovarsi in posizione corretta allo stacco.

I dati ottenuti da queste analisi hanno permesso quindi di capire quali possono essere gli errori più frequenti effettuati dalle categorie giovanili e quali dovrebbero essere quindi i parametri da correggere. Chiaramente, essendo il salto in lungo una specialità che tecnicamente è composta da più parti, ognuna di esse andrà ad influire su quello che sarà il risultato finale.

La considerazione per un allenatore che riscontra questi valori nei suoi atleti giovani, potrebbe essere prima di tutto quella di andare ad impostare una corretta esecuzione della rincorsa. Questa dovrebbe tenere conto della ritmica migliore e della giusta impostazione dell'arto a terra.

Successivamente, una volta acquisita la corretta impostazione, si potrà intervenire analiticamente sullo stacco e quindi anche qui sulla posizione dell'arto a terra, ginocchio, bacino e busto.

La cosa più importante resta comunque far percepire all'atleta la corretta sensazione da tenere durante la rincorsa e allo stacco. Questa può essere ottenuta sia attraverso informazioni visive, facendo ad esempio vedere al giovane l'esecuzione di un movimento eseguito da un atleta più esperto; sia attraverso la trasmissione orale

La videoanalisi dunque si rivela uno strumento molto utile che può essere applicato su più campi e può aiutare tecnici e atleti sotto molteplici aspetti delle diverse discipline.

## **BIBLIOGRAFIA**

FIDAL., *“Il nuovo manuale dell’istruttore”*, FIDAL Centro studi e ricerche, Roma, pagine 179-188, 2011.

FIDAL., *“Il manuale dell’istruttore”*, FIDAL Centro studi e ricerche, Roma, pagine 169-180, 1999

D.D. Donskoj, V.M. Zatziorskij, *“Biomeccanica”*, Società Stampa Sportiva, Roma, pagine 235-237

## **ARTICOLI**

R.Pozzo, M. Jahn, *“Analisi biomeccanica dei passi preparatori e dello stacco nel salto in lungo. Aspetti valutativi delle caratteristiche tecnico-condizionali”*, *AtleticaStudi* 4 pag. 312-326, 1994

De Leva P. *“Cinematografia con camera in movimento per l’analisi biomeccanica del salto in lungo”*, *AtleticaStudi* 1-2 pag.39-57, 1990

## **SITOGRAFIA**

- -Three Dimensional Kinematic Analysis of the Long Jump at the 2008 IAAF World Indoor Championships in Athletics
- Biomechanical Analysis of the Horizontal Jumping Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics
- [www.iaaf.org](http://www.iaaf.org)
- <http://centrostudi.fidal.it>
- <http://www.optojump.com>
- [http://www.treccani.it/enciclopedia/atletica-le-specialita-i-salti\\_\(Enciclopedia-dello-Sport\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/atletica-le-specialita-i-salti_(Enciclopedia-dello-Sport)/)
- <http://www.optojump.com/OptojumpNext/Media/Manuals/Manual-IT.PDF>
- [www.fidal.it](http://www.fidal.it)