

Analisi annuale delle prime tre allieve martelliste in ambito regionale (FVG) e rivisitazione di un metodo di analisi video dei lanci tramite un solo punto di osservazione

Autore: Alessandro Saccà
sacca.alessandro@gmail.com

1. Introduzione

La stagione estiva 2017 è stata, all'interno della regione Friuli Venezia Giulia, ricca di contenuti tecnici per quanto riguarda la disciplina del lancio del martello femminile della categoria Allieve. Il risultato tecnico più significativo è sicuramente il primato regionale realizzato da Isabella Martinis (61,92m), nonché la conquista del titolo di campionessa italiana di categoria da parte della stessa atleta, ma questo non è da intendersi come un risultato isolato, bensì come la punta di un movimento che interessa differenti realtà di tutta la regione. A partire dal 2012, anno di introduzione del martello da 3kg per le atlete della categoria allieve, l'anno appena trascorso è stato quello che ha fatto registrare i migliori risultati tecnici da parte delle prime tre atlete in graduatoria, dato che la seconda e la terza in graduatoria, peraltro entrambe al primo anno di categoria, hanno migliorato i loro primati personali fino alla soglia dei 50m.

Un aspetto ulteriormente interessante è che le prime tre atlete in graduatoria vengono allenate da tecnici differenti, avente ciascuno le proprie esperienze e metodologie d'allenamento. Questo lavoro è quindi volto ad analizzare e confrontare le tecniche esecutive delle atlete in modo da avere un'istantanea del movimento del lancio del martello femminile giovanile in Friuli Venezia Giulia.

Le tre atlete in questione sono Isabella Martinis, Federica Riosa, ed Elisa Iob delle quali la Tabella 1 riassume alcune generalità. La prima delle tre è sicuramente la più evoluta dal punto di vista tecnico, sia per i risultati ottenuti che per il numero di anni finora dedicati alla disciplina. Le altre due hanno un'esperienza ancora limitata (tre anni per Federica e due per Elisa) ed entrambe hanno svolto l'intera stagione con una tecnica di lancio a tre giri, invece che a quattro come Isabella, con alcuni primi tentativi della tecnica a quattro giri durante le ultime gare della stagione.

Atleta	Primato personale (martello 3 kg)
Isabella Martinis (2000)	61,92 m (4 giri) – Bressanone 04/06/2017
Federica Riosa (2001)	49,03 m (3 giri) – Gorizia 13/05/2017
Elisa Iob (2001)	47,76 m (3 giri) – Tolmezzo 10/06/2017

Tabella 1 – generalità delle tre atlete analizzate, aggiornate a novembre 2017.

2. Tecnica

La prestazione di un lancio (cioè la gittata dell'attrezzo) è descrivibile per mezzo della funzione

$$g(v, \vartheta, h) = \frac{v^2 \cdot \cos \vartheta}{g} \cdot \left(\sin \vartheta + \sqrt{\sin^2 \vartheta + \frac{2 \cdot h \cdot g}{v^2}} \right) \quad 2.1$$

dove

- v è la velocità di rilascio dell'attrezzo
- ϑ è l'angolo di rilascio
- h è l'altezza di rilascio
- g è l'accelerazione di gravità

Questa descrizione di un lancio vale per tutti gli attrezzi nell'approssimazione in cui l'attrito con l'aria sia trascurabile. Tale approssimazione è tanto più corretta per attrezzi con un basso impatto aerodinamico, come peso e martello, anche se nel caso del martello il contributo non sarebbe del tutto trascurabile: come discusso in altri articoli (1)(2) il modello dell'equazione 2.1 sovrastima la reale prestazione di un lancio femminile fino anche a 5 m per lanci con una gittata di circa 70 m. Ai fini della successiva trattazione il fattore aerodinamico non sarà rilevante, quindi questo aspetto non verrà ulteriormente approfondito. Delle tre variabili dell'equazione 2.1 quella che meno influenza il risultato è l'altezza h poiché per tutti i lanciatori questa coincide circa con l'altezza da terra delle spalle, e una variazione di h corrisponde a una variazione della gittata della stessa entità. Per quanto riguarda l'angolo di rilascio è bene notare che il suo valore ottimale per un lancio avente, a esempio, $v = 24$ m/s e $h = 1.50$ m è circa 44° (con questi valori si ottiene una gittata pari a 60 m), e una variazione di tale angolo di $\pm 5^\circ$ comporta una variazione della prestazione inferiore a 1 m.

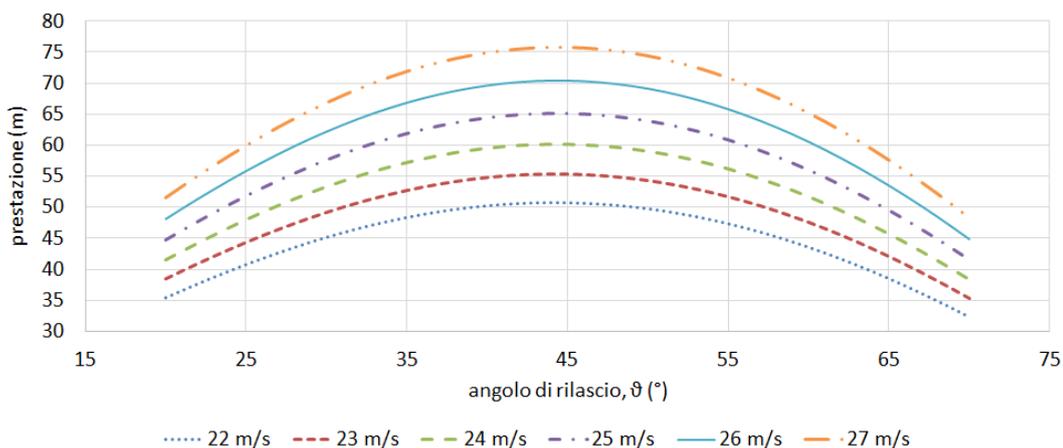


Figura 1 - andamento della prestazione al variare dell'angolo di rilascio, per differenti velocità di uscita dell'attrezzo. Tutte le curve sono state ottenute con un'altezza di rilascio $h=1.50$ m e in tutti i casi l'angolo ottimale è circa 44° .

La Figura 1 rappresenta la variabilità della prestazione al variare dell'angolo di rilascio per differenti velocità di rilascio del martello. La figura evidenzia un fatto ben noto, e cioè che il parametro che più pesantemente influenza le discipline di lancio (e in generale ogni disciplina dell'atletica leggera) è la velocità di rilascio dell'attrezzo: l'aumento di v di 1 m/s comporta un aumento della prestazione di circa 5 m. La forte dipendenza della gittata dalla velocità è evidente anche dall'equazione 2.1 poiché la gittata di un attrezzo è

proporzionale al quadrato della velocità di rilascio. Noto inoltre che la velocità tangenziale di un oggetto in moto circolare è

$$v = \omega \cdot r \quad 2.2$$

con

- ω velocità angolare del sistema atleta-attrezzo
- r distanza del baricentro del martello dal baricentro del sistema atleta-attrezzo

ciò significa che anche ω ed r influenzano la prestazione in modo significativo. Questa considerazione è alla base dell'evoluzione della tecnica del lancio del martello, nella continua ricerca dell'aumento della velocità di rilascio, spesso tramite un aumento del raggio del sistema supportato sia da valutazioni statistiche (3) che da considerazioni analitiche (4), oppure riducendo il più possibile il tempo nella fase di Singolo Appoggio (5). Proprio in merito a quest'ultima considerazione, in letteratura si trovano numerosi studi aventi lo scopo di indagare l'influenza sulla prestazione della durata delle fasi di **Doppio Appoggio (DA)** e di **Singolo Appoggio (SA)**. Quasi tutti gli autori sono concordi nell'affermare che l'incremento della velocità avviene solo durante la fase di DA (6)(7)(8)(9)(10), anche se esistono differenti interpretazioni secondo le quali l'accelerazione avviene tra il punto alto e il punto basso della testa del martello (11)(13). Sulla base di queste considerazioni si fonda l'idea di molti tecnici e autori che l'aumento dell'intervallo angolare dedicato alla fase di DA, a discapito della fase di SA, porti benefici alla prestazione poiché viene così aumentata la fase di accelerazione del sistema (14)(15), anche se dall'analisi video di lanci di atleti di livello internazionale alcuni autori hanno riscontrato delle discrepanze in questa teoria (16)(17). Questo punto verrà ripreso nel corso della discussione dei risultati.

Con riferimento all'equazione 2.2, la velocità angolare del sistema atleta-attrezzo è un valore facilmente ricavabile per mezzo delle analisi in seguito descritte tramite un solo punto di osservazione del lancio. La determinazione del raggio del sistema, e quindi della velocità tangenziale del martello, necessiterebbe di mezzi e metodi più sofisticati quali a esempio una ricostruzione tridimensionale per mezzo di più punti di vista (18)(19), oppure una strumentazione con sensori del sistema atleta-attrezzo (10).

3. Analisi: setup e metodi

La rapida diffusione negli ultimi anni di strumenti digitali per l'acquisizione di video ha permesso a chiunque di potersi dotare di videocamere aventi un'ottima risoluzione e un elevato *frame rate*. Con un'attenta posizione del punto di vista e con un'analisi dei video per mezzo di computer è quindi possibile oggi realizzare con facilità indagini molto raffinate di moltissimi gesti tecnici.

Sono stati analizzati numerosi video acquisiti in competizioni ufficiali nel corso dell'anno 2017 relativi alle prime tre atlete in graduatoria di quell'anno utilizzando un metodo di indagine basato su acquisizione video tramite una camera a elevato *frame rate*. Il metodo proposto prende spunto da un lavoro realizzato alcuni anni addietro da V. Superina (11), affinandolo con l'individuazione più precisa delle fasi di Doppio Appoggio (DA) e Singolo Appoggio (SA) ottenuta per mezzo di una differente analisi dei dati nonché grazie a una strumentazione più sofisticata.

L'acquisizione è avvenuta per mezzo di una videocamera Xiaomi YI dotata di un obiettivo f16mm e f/2.8. Questa strumentazione è in grado di ottenere acquisizioni a un *frame rate* di 240 frames/s con una risoluzione di 1280x720 pixel. Queste impostazioni hanno permesso di distinguere con accuratezza gli istanti chiave del lancio, quali le transizioni tra le fasi di DA e SA, nonché il passaggio da un quadrante all'altro della testa del martello, come in seguito spiegato più dettagliatamente.

Con riferimento alla Figura 2, ciascun lancio è stato filmato per mezzo di una videocamera posta lungo la bisettrice del settore di lancio a una distanza L dal centro della pedana. Un metodo ormai consolidato (6) per la descrizione dell'orientamento del martello nelle varie fasi del lancio consiste nel suddividere il cerchio della pedana in 360° , con l'origine orientata in direzione della videocamera. Per convenzione si stabilisce che un lancio cominci nel momento in cui il martello transita dall'angolo 0° all'inizio del primo giro e che termini nell'istante di rilascio dell'attrezzo.

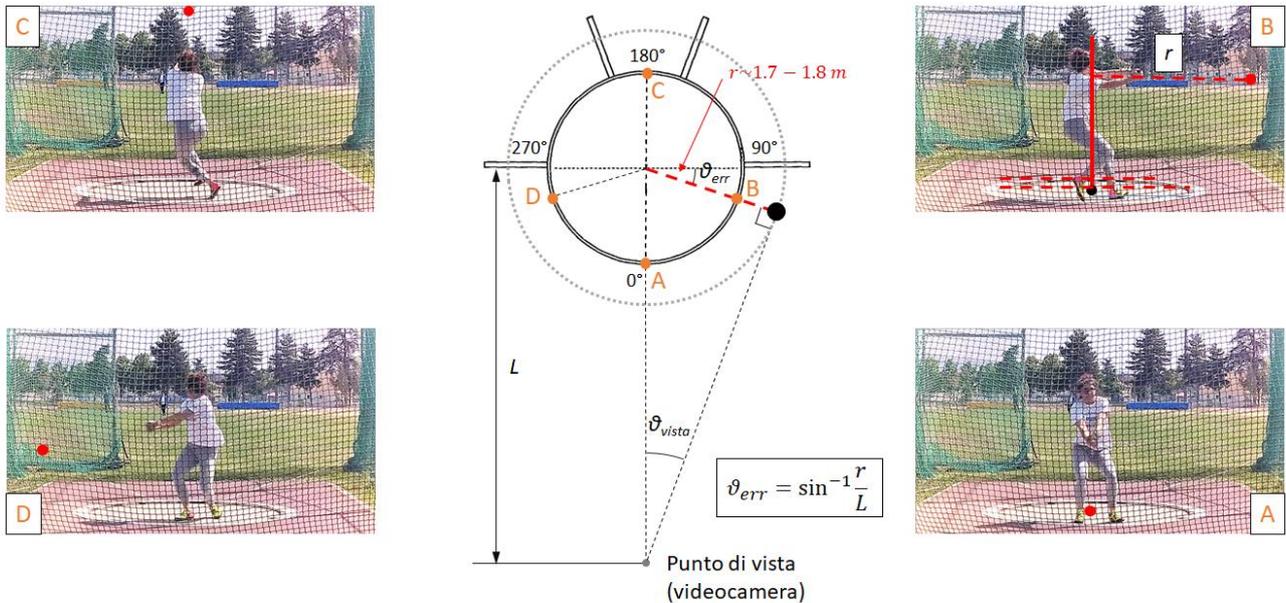


Figura 2 – setup di acquisizione ed analisi dei lanci documentati. Una videocamera posta a una distanza L dal centro della pedana acquisisce un video a 240 fps e per ogni giro vengono registrati gli istanti di passaggio del martello dai punti A,B,C,D nonché gli istanti di transizione tra le fasi di singolo appoggio e il rilascio del martello.

Di ogni lancio sono stati determinati:

- gli istanti di passaggio della testa del martello dai punti A, B, C, e D di Figura 2, dove B e D sono in particolare gli istanti di passaggio del martello dai punti estremi destro e sinistro all'interno dell'inquadratura;
- gli istanti di transizione tra le fasi di SA e DA;
- l'istante di rilascio del martello.

Poiché gli istanti descritti nel punto a. non corrispondono esattamente agli istanti nei quali il martello si trova nella posizioni 0° , 90° , 180° , e 270° a causa di un errore di parallasse dovuto alla distanza L , è stata necessaria una correzione di tali punti al fine di poterli successivamente elaborare. Come descritto graficamente in Figura 2, conoscendo la distanza L (misurata in ogni competizione documentata) e sapendo la lunghezza del martello e , indicativamente, la lunghezza degli arti superiori del lanciatore è possibile calcolare l'angolo di errore dei punti B e D e quindi stimare l'istante di passaggio del martello dai riferimenti 90° e 270° . Una volta eseguita questa correzione gli istanti descritti al punto a. sono occorsi per il calcolo dell'andamento della velocità angolare del sistema atleta-attrezzo, nell'ipotesi in cui all'interno dello stesso quadrante la velocità angolare sia costante. Questi dati sono serviti anche per calcolare la durata di ciascun giro, nonché del lancio completo. Noti gli istanti del punto a., gli istanti del punto b. sono quindi serviti per la determinazione dell'orientamento del martello negli istanti di transizione tra le fasi di SA e DA. Noti i valori appena presentati, per la descrizione di ciascun lancio sono stati usati tre differenti grafici.

- Grafico a spirale (Figura 3.A): permette di rappresentare i valori angolari delle fasi di SA e DA per mezzo di una spirale in modo da rendere immediatamente evidenti le ampiezze angolari di tali fasi. La linea verde continua rappresenta le fasi di DA mentre la linea arancio tratteggiata rappresenta le fasi di SA.
- Grafico della velocità angolare (Figura 3.B): rappresenta l'andamento della velocità angolare nell'approssimazione in cui tale velocità sia costante all'interno di ciascun quadrante di pedana. Il grafico parte dall'ultimo preliminare (compreso) e si conclude con il rilascio dell'attrezzo.
- Barra temporale (Figura 3.C): barra riassuntiva della durata di ogni fase del lancio quali la durata di ogni giro e la durata delle fasi di SA e DA. Per ogni fase sono state riportate le durate in termini di numero di frames, nonché la durata totale di ciascun giro. I settori colorati in verde rappresentano le fasi di DA mentre quelle arancio le fasi di SA.

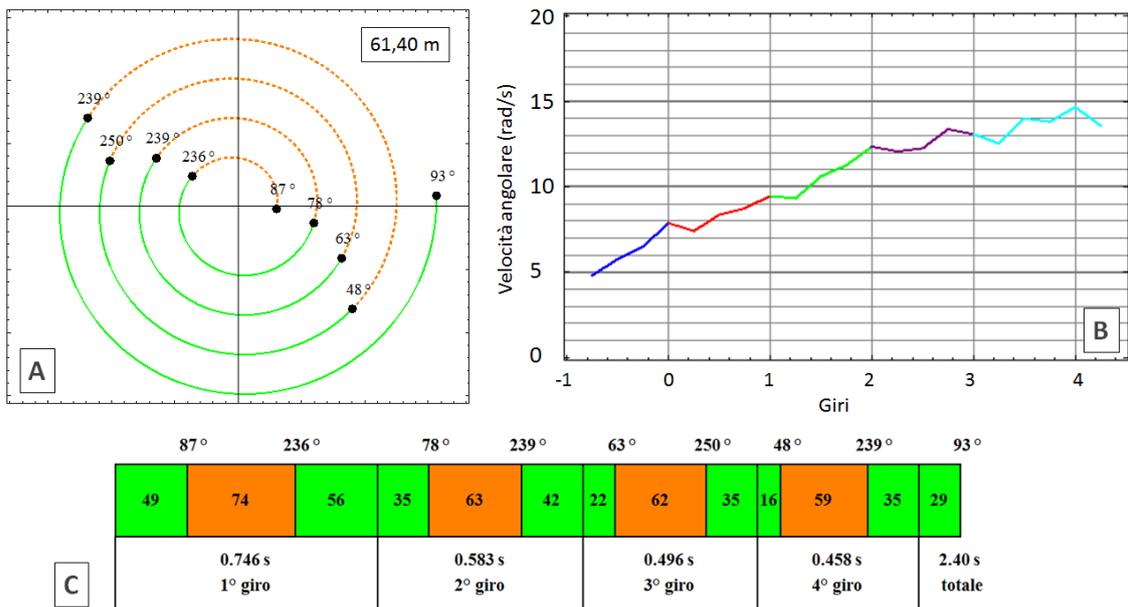


Figura 3 – rappresentazione grafica di una lancio. Nello specifico, lancio da 61.40m eseguito da Isabella Martinis a Tolmezzo (UD) in data 10/06/2017. Tale lancio è visionabile online al riferimento (20).

4. Analisi: risultati

Di ciascuna delle tre atlete in esame sono stati analizzati numerosi video.

- Isabella Martinis: 29 video in 8 differenti competizioni. Uno dei video è stato incluso nei grafici ma non considerato nell'analisi a causa del contatto della maniglia con la rete della gabbia.
- Federica Riosa: 5 video in 2 differenti competizioni.
- Elisa Iob: 20 video in 7 differenti competizioni. I lanci sono stati suddivisi in due gruppi, comprendenti rispettivamente le prestazioni precedenti e successive ai campionati italiani di categoria. Come sarà evidente dall'analisi, questa distinzione è stata necessaria per evidenziare delle sostanziali differenze tecniche introdotte nel corso dei mesi estivi. Raggruppare tutti i lanci all'interno della stessa analisi condurrebbe a conclusioni non del tutto corrette, oltre che mascherare alcuni utili risultati.

I dati ricavati dai lanci analizzati coi metodi descritti nella sezione 3 sono stati utilizzati per ottenere degli andamenti delle prestazioni rispetto ad alcuni parametri. L'analisi delle tecniche seguirà il seguente schema

- progressione, confronto dei tempi di esecuzione di ciascun giro;
- fasi di DA e di SA, rapporto della durata totale delle fasi di DA e SA;
- finale, valutazione dell'ampiezza della fase finale di DA.

Progressione: durata temporale dei giri

Un primo parametro analizzato è la velocità di esecuzione di ciascun giro. Per una migliore leggibilità dei risultati i grafici di Figura 4, Figura 5, e Figura 6 non rappresentano l'andamento delle prestazioni rispetto alla velocità angolare, bensì rispetto al tempo di esecuzione di un giro, in modo da avere una percezione più tangibile delle velocità e dei tempi in gioco. A questo proposito si ricorda che la velocità angolare ω e il periodo T di un giro sono legate dalla relazione $\omega=2\pi/T$.

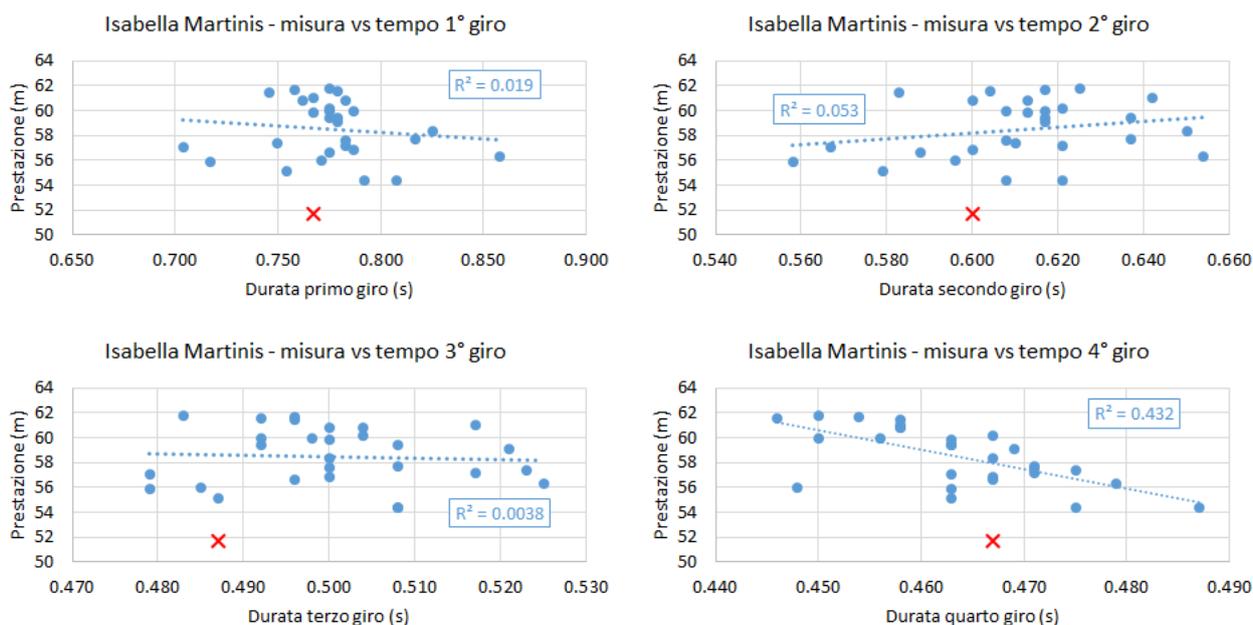


Figura 4 – Isabella Martinis. Andamento della prestazione rispetto ai periodi di esecuzione di ciascuno dei quattro giri del lancio. Per completezza è stato riportato, senza averlo inserito nell'analisi complessiva, anche un lancio inferiore a 52m, tecnicamente in linea con molti altri ma influenzato dal fatto che la maniglia del martello ha toccato la rete uscendo dalla gabbia (croce rossa).

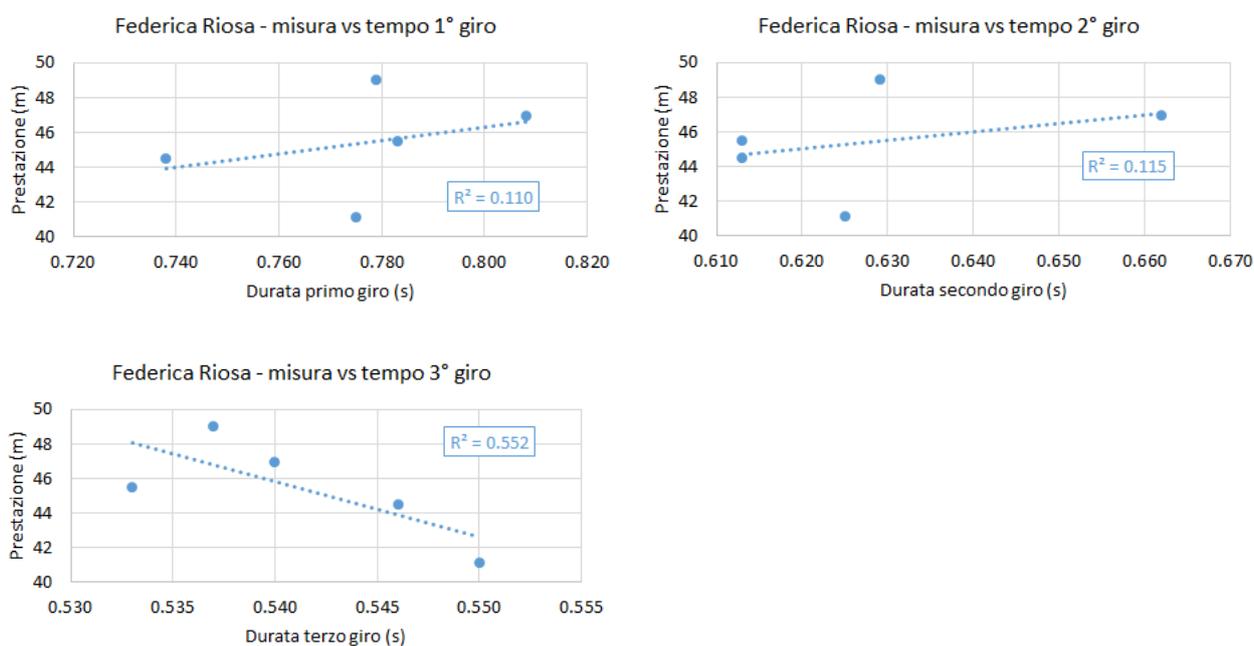
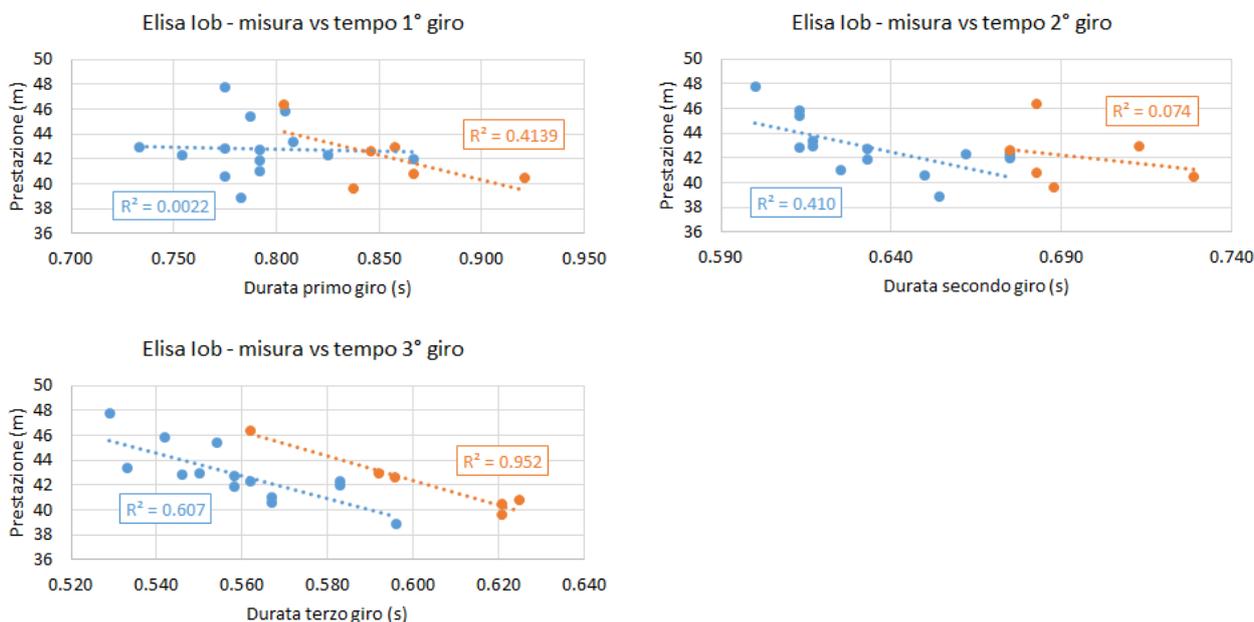


Figura 5 – Federica Riosa. Andamento della prestazione rispetto ai periodi di esecuzione di ciascuno dei tre giri del lancio.



della prestazione, ma la ricerca di elevate velocità di rotazione nei primi due giri a discapito del raggio del sistema non porta benefici. Queste osservazioni, note dalla letteratura (3), trovano un ottimo riscontro nei lanci analizzati (Figura 4, Figura 5, e Figura 6) poiché tutte le prestazioni in esame mostrano tempi di esecuzione dei primi giri non correlate con le distanze ottenute. A questo proposito è interessante notare che

- Isabella Martinis: il tempo di esecuzione del primo giro di tutti lanci superiori ai 60m è limitato all'intervallo temporale 0.75-0.79s, mentre tale valore per tutti gli altri lanci spazia nell'intervallo 0.70-0.86s;
- Elisa Iob: il tempo di esecuzione del primo giro di tutti lanci superiori ai 45m è limitato all'intervallo temporale 0.77-0.81s, mentre tale valore per tutti gli altri lanci spazia nell'intervallo 0.73-0.92s;
- Federica Riosa: non è possibile azzardare valutazioni simili a causa della scarsa statistica;

Questi risultati sono indici del fatto che tutti i migliori lanci nascono dai medesimi presupposti, costruiti appunto durante il primo giro, avente una velocità ripetibile e controllata. Per quanto riguarda invece l'ultimo giro la velocità angolare mostra per tutte le atlete, come atteso, una correlazione significativa con il valore della prestazione, soprattutto per l'atleta Iob. Relativamente a questa atleta è interessante notare come i lanci della seconda parte della stagione (punti arancio) abbiano fatto registrare una velocità di esecuzione del terzo giro inferiore a quelli della prima parte della stagione, pur avendo prestazioni di pari livello. Questo risultato evidenzia che i lavori di affinamento del finale del lancio svolti durante i mesi estivi hanno condizionato in modo tangibile e positivo la tecnica di lancio.

Pur avendo potuto analizzare pochi lanci relativi all'atleta Riosa, è comunque possibile evidenziare che tra tutte è lei l'atleta che esegue il gesto tecnico nel modo più ripetitivo, dato che le variabilità dei tempi di esecuzione di ciascun giro sono decisamente inferiori alle altre due atlete.

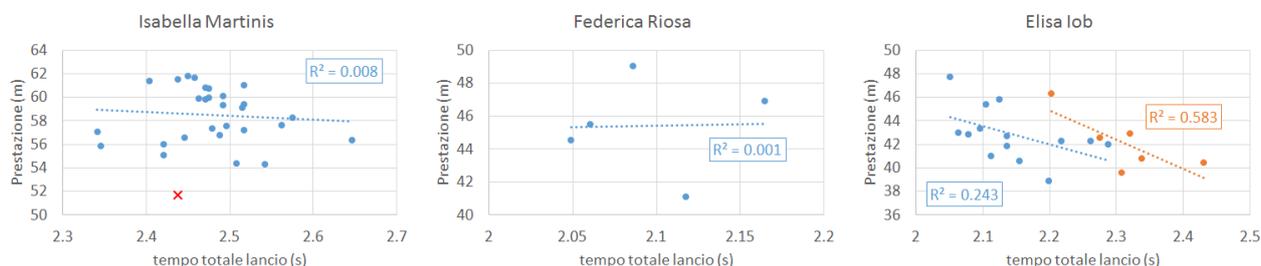


Figura 7 – Andamento della prestazione rispetto al tempo totale di esecuzione del lancio.

Sulla base di queste considerazioni è possibile ipotizzare che la prestazione non sia correlata alla durata temporale totale del lancio, dato che un presupposto fondamentale per l'esecuzione di un buon lancio è una corretta progressione della velocità a partire da una velocità del primo giro calibrata sulle caratteristiche tecniche dell'atleta. Questa valutazione è rispettata dai lanci delle atlete Martinis e Riosa, dato che i grafici di Figura 7 non mostrano alcuna correlazione tra la prestazione e la durata totale del lancio. Nel caso dell'atleta Iob, invece, questa correlazione non è del tutto trascurabile e questo è probabilmente frutto di incertezze tecniche più evidenti rispetto alle altre due atlete: una tecnica non consolidata, soprattutto se eseguita ad una velocità controllata, potrebbe trarre beneficio da un incremento della velocità dei primi giri, pur nel rispetto della ricerca di una progressione ottimale della velocità nei giri seguenti. L'incertezza della tecnica dell'atleta Iob è evidente dalla variabilità della durata totale del lancio (2.05-2.45s) rispetto alle atlete Martinis (2.35-2.65s) e soprattutto Riosa (2.05-2.15s).



Figura 8 – incremento percentuale della velocità tra i vari giri.

L'aspetto della progressione della velocità è valutabile confrontando l'incremento percentuale della velocità tra i vari giri. La Figura 8 evidenzia che la prestazione è correlata con l'incremento percentuale di velocità tra il penultimo e l'ultimo giro. Dai grafici risulta inoltre che per le atlete Riosa e Lob tale incremento è compreso, rispettivamente, nell'intervallo 12-23% e 9-22%, mentre per la Martinis l'incremento è del 3-13%.

Ampiezza angolare e temporale delle fasi di Singolo Appoggio e di Doppio Appoggio

Un'ulteriore indagine svolta riguarda il confronto tra le fasi di DA e di SA. Il confronto può essere inteso come il rapporto tra la durata angolare delle due fasi oppure tra la durata temporale delle stesse. Partendo dal presupposto che il sistema atleta-martello può essere accelerato solo durante la fase di DA è plausibile aspettarsi che all'aumentare dell'ampiezza angolare totale delle fasi di DA (Θ_{DA}) rispetto al corrispettivo delle fasi di SA (Θ_{SA}) si ottenga un beneficio in termini di prestazioni. Analogamente sono stati analizzati i tempi totali dedicati alle fasi di DA (t_{DA}) rispetto a quelli delle fasi di SA (t_{SA}) sempre guidati dall'idea che una più lunga fase di DA porti un incremento della prestazione.

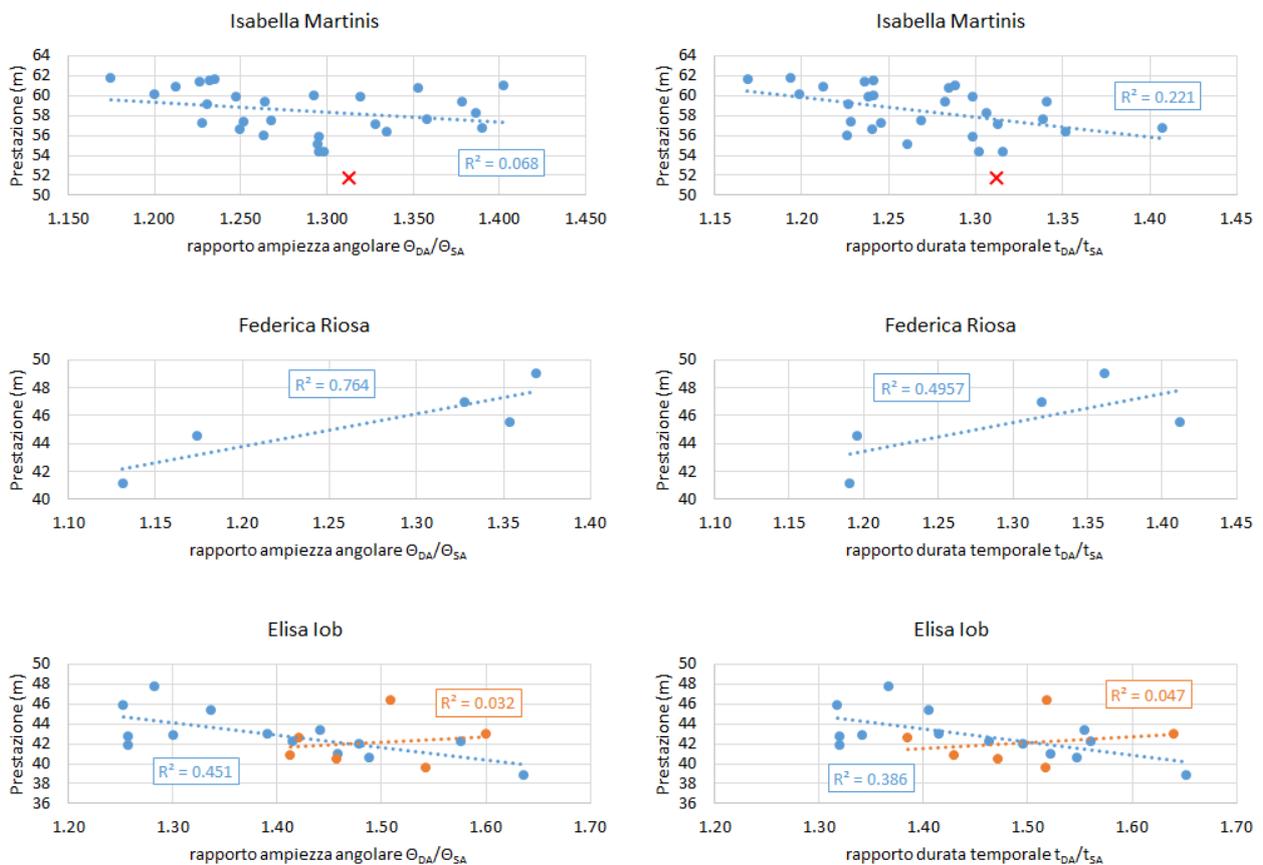


Figura 9 – Sinistra: rapporto tra l'ampiezza angolare totale delle fasi di DA (Θ_{DA}) rispetto al corrispettivo delle fasi di SA (Θ_{SA}).
Destra: rapporto tra il tempo totale delle fasi di DA (t_{DA}) rispetto al corrispettivo delle fasi di SA (t_{SA}).

I grafici di Figura 9 non evidenziano un andamento univoco per tutte le atlete. Nel caso delle atlete Martinis e Iob non esiste una forte relazione tra le ampiezze (angolari o temporali) delle fasi di DA e di SA, e i dati non sembrano suggerire che un aumento della fase di DA porti un incremento della prestazione. I dati relativi all'atleta Riosa, invece, trovano riscontro con quanto atteso dato che suggeriscono che un aumento della fase di DA, soprattutto in termini angolari, contribuisca ad un aumento della prestazione.

Finale: angolo di passaggio da SA a DA dell'ultimo giro

Un parametro di interesse relativamente al finale di un lancio è l'ampiezza angolare dell'ultima fase di DA. Ciò significa analizzare l'angolo al quale il martello è orientato nell'istante di transizione tra SA e DA dell'ultimo giro. È ragionevole attendersi che una fase finale ampia permetta all'alteta di concludere il lancio in modo più efficace. In termini di angoli azimutali nel riferimento della pedana ciò significa che più questo angolo è inferiore a 270° (fase finale più ampia) migliore è la prestazione attesa. Viceversa più questo angolo è superiore a 270° (fase finale meno ampia) peggiore è la prestazione attesa.

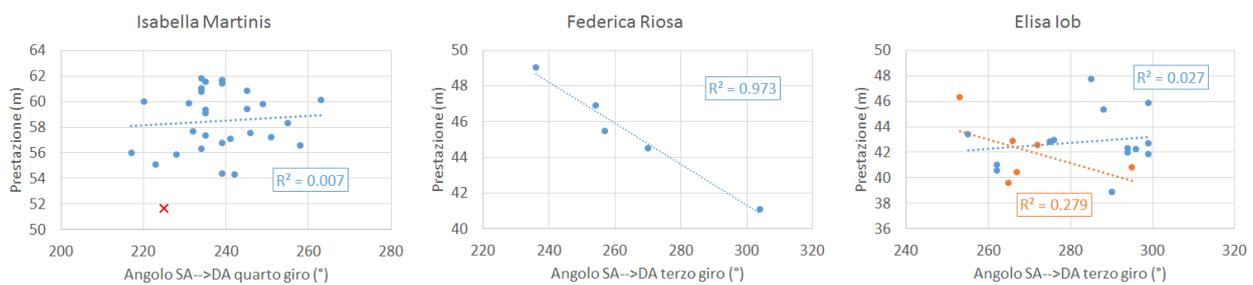


Figura 10 – prestazioni rispetto all'angolo al quale il martello è orientato all'inizio della fase di DA dell'ultimo giro (finale)

I grafici di Figura 10, relativamente alle atlete Martinis e Iob, non mostrano alcuna correlazione tra questo parametro e la prestazione realizzata. L'atleta Riosa mostra invece una forte correlazione tra questi due parametri. Questa analisi deve però essere completata con la visione delle tecniche delle tre atlete, in modo da comprenderne pregi e difetti della fase finale. In particolare la Martinis inizia l'ultima fase di DA con angoli 215-265°, in linea con quanto previsto dalla letteratura (5), ma commette l'errore di distendere precocemente le gambe, perdendo quindi il contatto tra il puntello sinistro e la pedana e non riuscendo ad accelerare efficacemente il martello. Lo stesso errore lo si riscontra anche nella visione dei lanci della Iob, la quale inoltre aggiunge l'errore di iniziare l'ultima fase di DA molto tardi, ad angoli 255-300°. Il suo è sicuramente il finale che necessita di maggiori accorgimenti. L'atleta Riosa, invece, pur avendo una grande variabilità nell'inizio dell'ultima fase di DA (varia nell'intervallo 235-305°) non distende affatto le gambe durante il finale, continuando a far ruotare i piedi e tenendo sempre il puntello sinistro a terra. Tra le tre atlete in esame il suo è sicuramente il finale meglio eseguito, pur mostrando ancora errori da sistemare quali ad esempio un incorretto atteggiamento delle spalle, che tendono a "tirare" il martello. Dopo queste considerazioni i grafici di Figura 10 devono quindi essere interpretati in questo senso: se il finale di un lancio è eseguito correttamente, la sua ampiezza è fortemente correlata con la prestazione. Come già evidenziato con la Figura 6, l'atleta Iob mostra due tecniche diverse tra la prima e la seconda parte della stagione. Il suo grafico di Figura 10 evidenzia che il lavoro di miglioramento dell'esecuzione del finale del lancio sta conducendo nella direzione desiderata, dato che i lanci della seconda parte della stagione mostrano una, seppur lieve, correlazione tra l'ampiezza del finale e la prestazione.

5. Conclusioni

Con questo documento è stata presentata una rivisitazione di un metodo di indagine di lanci del martello alla luce di nuove tecnologie, oggi giorno alla portata di ogni tecnico. Il metodo presentato si distingue in particolare per l'accuratezza nella determinazione degli angoli e degli istanti delle fasi di SA e DA. Tale metodo è stato utilizzato per analizzare tre giovani lanciaatrici e ciò ha permesso di trarre delle conclusioni di natura statistica, valide per le tecniche da loro attualmente adottate.

L'analisi ha seguito un percorso coerente con il gesto tecnico, indagando quindi la progressione della velocità nei vari giri, la distribuzione delle fasi di DA e di SA, e il gesto finale del lancio.

Ogni atleta esaminata mostra personali peculiarità, ulteriormente accentuate dal fatto che le tecniche eseguite sono ancora in fase di sviluppo.

Un dato che non sorprende, coerente tra tutte le atlete, è che la velocità esecutiva dell'ultimo giro è strettamente correlata con la prestazione e questo è tanto più vero per le atlete Riosa e Iob, aventi una velocità di esecuzione dell'ultimo giro nettamente inferiore rispetto alla Martinis. Questi dati sono stati inoltre utili per valutare la ripetibilità del gesto tecnico, stimando la variabilità del tempo di esecuzione di ciascun giro tra i vari lanci, con la Martinis e soprattutto la Riosa che sono risultate le più costanti. Per quanto riguarda la progressione della velocità la Martinis mostra un potenziale ancora inespresso, dato che è risultata essere l'atleta con il minore incremento di velocità tra il penultimo e l'ultimo giro. Il suo incremento, stimato attorno al 3-13%, è ben al di sotto di quello delle altre due atlete, peraltro entrambe in linea con analisi di atleti di alto livello (16)(19).

Un risultato inaspettato riguarda il rapporto tra le fasi di DA e di SA. Nel caso delle atlete Martinis e Iob la durata di tali fasi non sembra correlata, e anzi nel caso della Martinis sembra che se una correlazione esiste questa non suggerisce di allungare a dismisura la fase di DA, come invece asserito spesso in letteratura. Diversa invece è l'analisi della Riosa, la tecnica della quale sembra allineata con l'idea che la fase di DA debba essere prolungata. Non è possibile però trarre conclusioni certe a causa della scarsità di dati relativi a questa atleta. È inoltre interessante notare che l'atleta avente il maggior rapporto DA/SA (sia esso angolare o temporale) è la Iob, nonostante sia la più lacunosa dal punto di vista tecnico. Questo è sicuramente un punto da continuare a monitorare per cercare di capire se il rapporto tra le fasi di DA e SA ha qualche correlazione con la prestazione e se questa valutazione sia valida per tutti gli atleti.

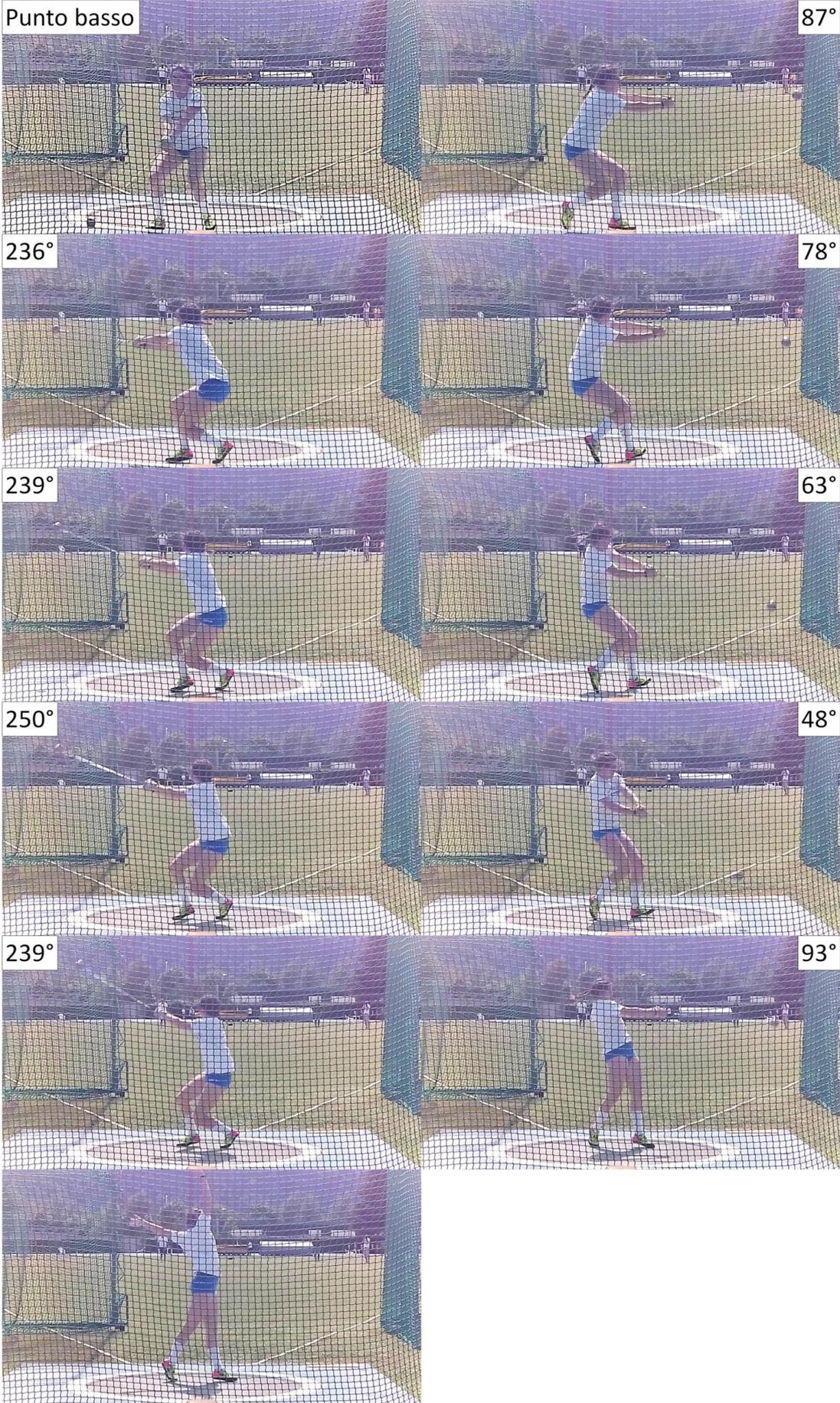
L'analisi del finale ha messo in evidenza evidenti lacune di alcune atlete, in particolare della Martinis, che non sfrutta appieno l'ampia azione del suo finale a causa di una incorretta azione delle gambe, ma soprattutto della Iob alla quale si aggiunge anche il difetto di un'azione troppo contratta.

Al fine di meglio comprendere le tecniche discusse con questo documento si consiglia la visione di alcuni lanci delle tre atlete analizzate, reperibili in appendice e ai riferimenti (20)(21)(22).

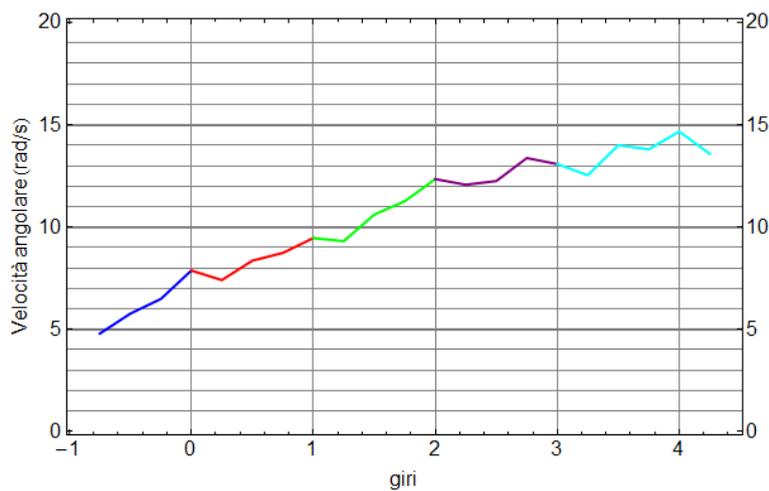
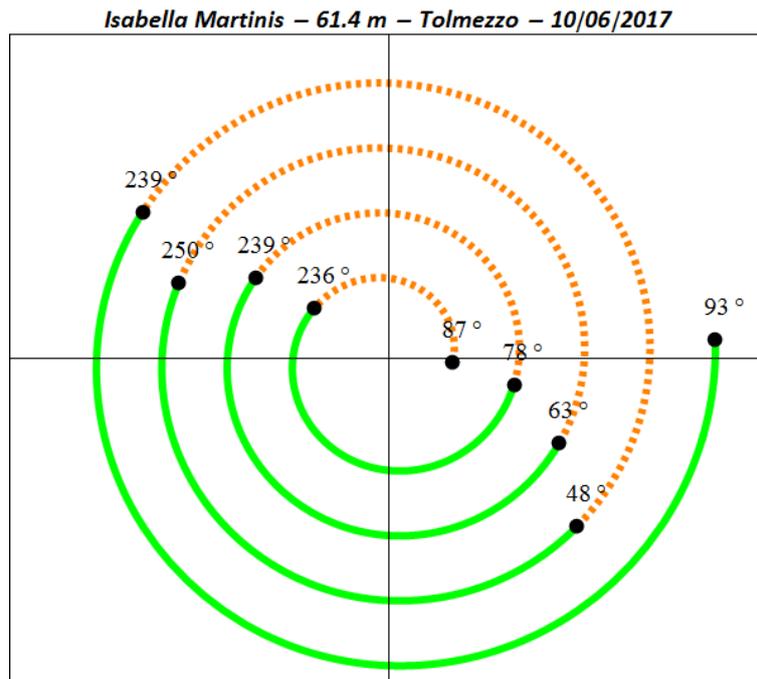
6. Bibliografia

- (1) Hubbard, M. (2000). The flight of sports projectiles. *Biomechanics in sport*, 381-400.
- (2) Dapena, J., Gutierrez-Davila, M., Soto, V., & Rojas, F. (2003). Prediction of distance in hammer throwing. *Journal of sports sciences*, 21(1), 21-28.
- (3) Dapena, J., & Feltner, M. E. (1989). Influence of the direction of the cable force and of the radius of the hammer path on speed fluctuations during hammer throwing. *Journal of biomechanics*, 22(6-7), 565-575.
- (4) Maroński, R. (1991). Optimal distance from the implement to the axis of rotation in hammer and discus throws. *Journal of biomechanics*, 24(11), 999-1005.
- (5) Bondarchuk, A. P. (1980). Modern trends in hammer technique. *Track Field Quart Rev*, 80, 39-40
- (6) Samozvetov, A. (1971). The acceleration of the hammer. *Legkaya Atletika*, 11, 18-20.
- (7) Bondarchuk, A. (1977). Uri Sedikh throws the hammer. *Legk. Atletika*, 1, 32-33.
- (8) Jabs, R. G. (1979). Velocity in hammer throwing. *Track Technique*, 77, 2449-2450.
- (9) Gaede, E. (1990). Model technique analysis sheets for the throwing events. PART V: The Hammer Throw. *New Studies in Athletics*, 5 (1), 61-67.
- (10) Murofushi, K., Sakurai, S., Umegaki, K., & Kobayashi, K. (2005). Development of a system to measure radius of curvature and speed of hammer head during turns in hammer throw. *International Journal of Sport and Health Science*, 3, 116-128.
- (11) Superina V. (2008). L'analisi tecnica con mezzi da campo: una esperienza pratica per l'analisi della fase di doppio appoggio (arco di forza) su atlete praticanti il lancio del martello. *Atletica Studi*, 1, 15-34.
- (12) Kuznetsov, V. (1965). Path and speed of the hammer in the turns. *Legkaya Atletika*, 11, 11-12.
- (13) Dapena, J. (1984). The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuations. *Journal of biomechanics*, 17(8), 553-559.
- (14) Kriwonossov, M. (1972) J. Gamski throws the hammer. *Yessis Review*, 7: 65-99.
- (15) Bondarchuk, A. (1981) Modern trends in hammer throwing. *Aaodem AtAlete and Coach*, 19: 3032
- (16) Gutiérrez, M., Soto, V. M., & Rojas, F. J. (2002). A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship, 1999. *New studies in Athletics*, 17(2), 15-28.
- (17) Rojas-Ruiz, F. J., & Gutiérrez-Dávila, M. (2009). The relation between angular displacement of the hammer in the double support phase and its velocity in the hammer throw. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(III).
- (18) Dapena, J., Harman, E. A., & Miller, J. A. (1982). Three-dimensional cinematography with control object of unknown shape. *Journal of Biomechanics*, 15(1), 11-19.
- (19) Isele, R., & Nixdorf, E. (2010). Biomechanical analysis of the hammer throw at the 2009 IAAF world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 25(3/4), 37-60.
- (20) <https://youtu.be/3nzRSbgKxqk> - 2017_06_10 Tolmezzo - XVII Trofeo Modena - martello AF - Isabella Martinis 61.40m
- (21) <https://youtu.be/DqyU9IIIQ0c> - 2017_05_13 Gorizia - CdS Allievi/e - 1^ fase regionale - martello AF - Federica Riosa 49.03m
- (22) <https://youtu.be/IR7U6p9Ybbs> - 2017_06_10 Tolmezzo - XVII Trofeo Modena - martello AF - Elisa Iob 47.76m

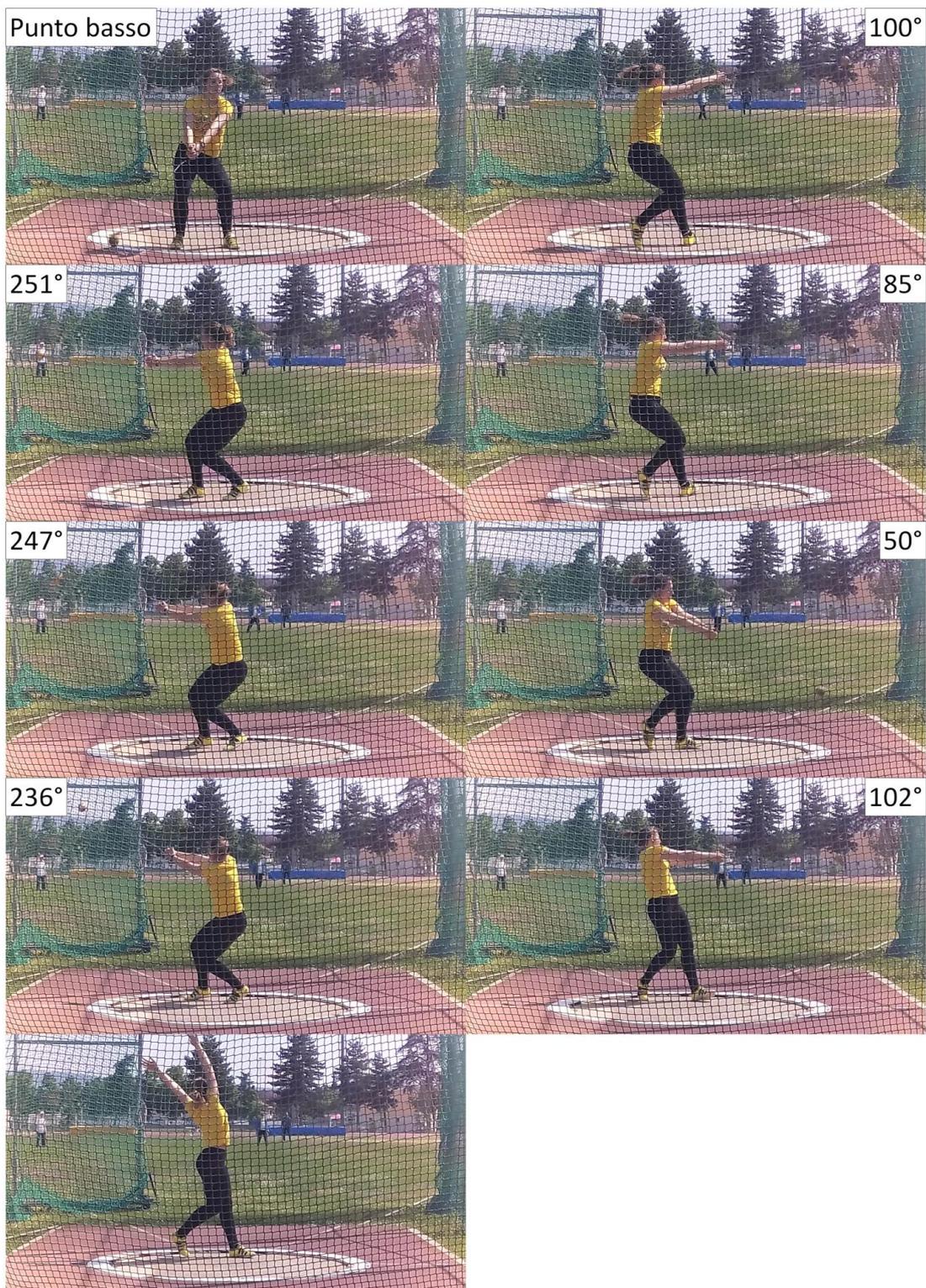
A. Isabella Martinis – 10/06/2017 – Tolmezzo – 61.40 m



87°	236°	78°	239°	63°	250°	48°	239°	93°				
49	74	56	35	63	42	22	62	35	16	59	35	29
0.746 s 1° giro				0.583 s 2° giro				0.496 s 3° giro		0.458 s 4° giro		2.40 s totale

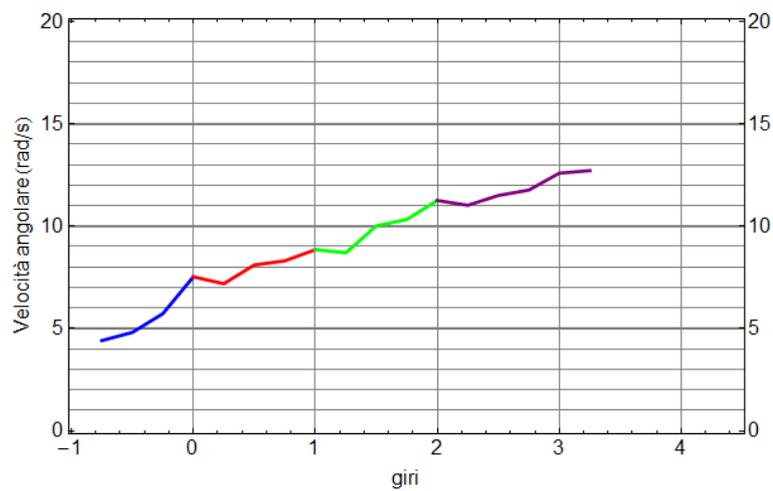
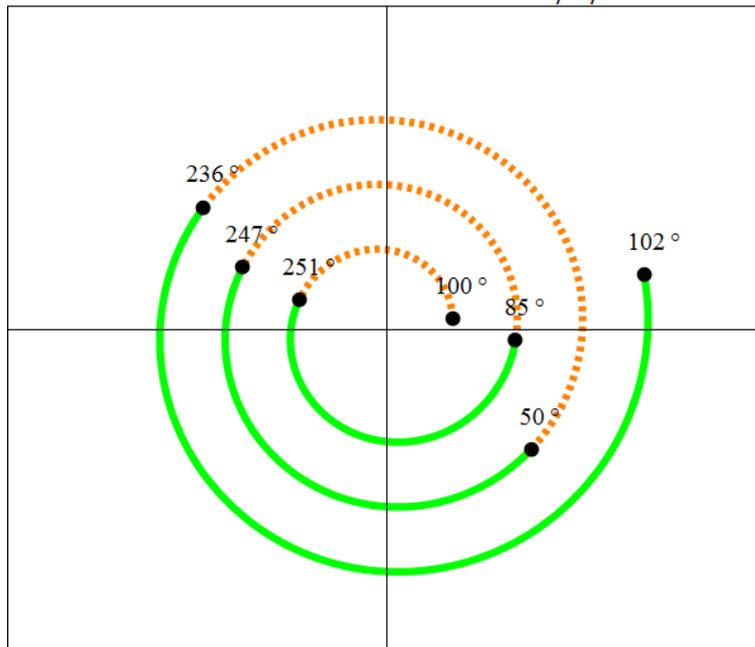


B. Federica Riosa – 13/05/2017 – Gorizia – 49.03 m

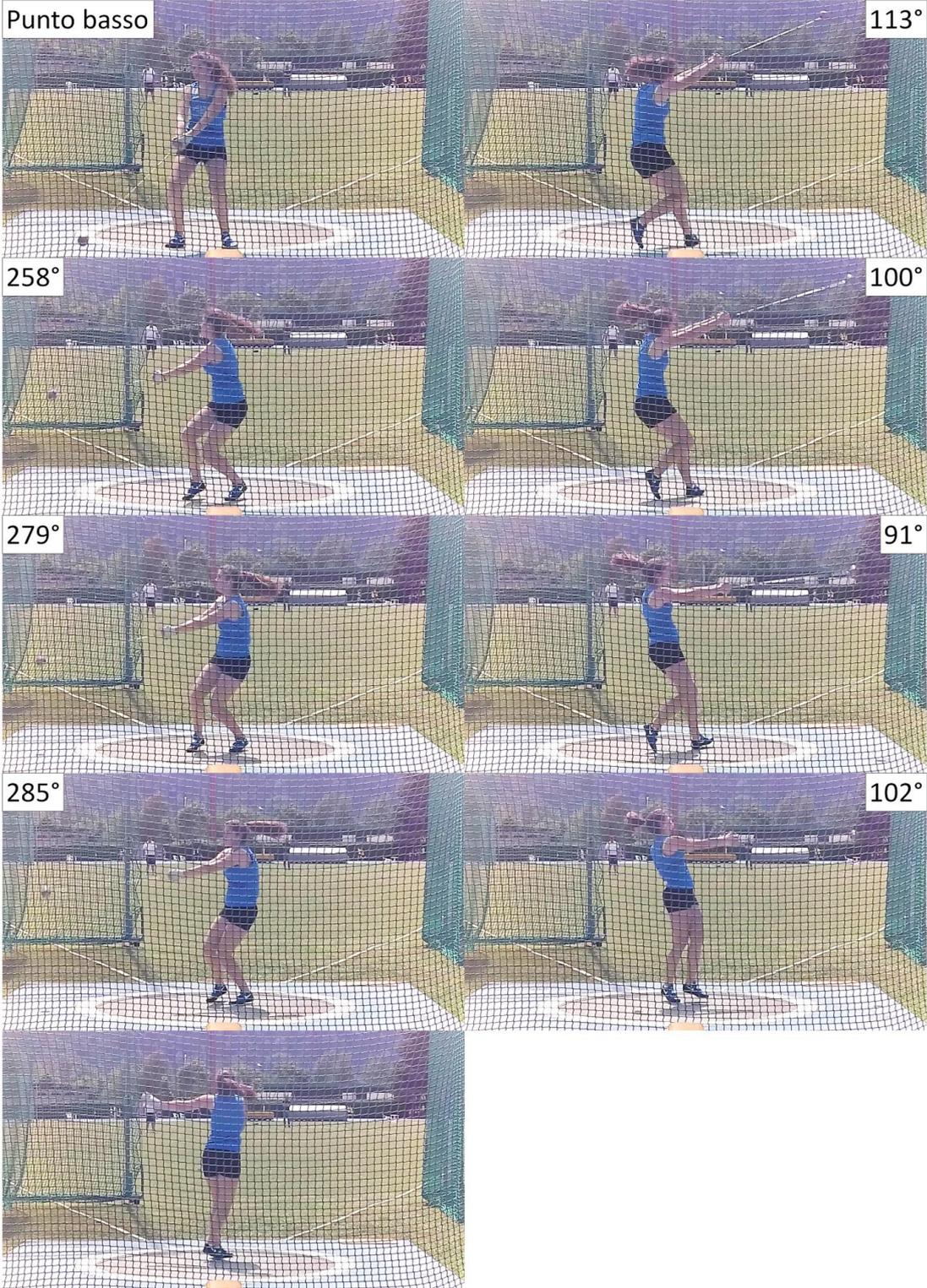


	100°	251°	85°	247°	50°	236°	102°			
	58	77	52	41	67	43	19	68	42	34
	0.779 s 1° giro			0.629 s 2° giro			0.537 s 3° giro		2.09 s totale	

Federica Riosa – 49.03 m – Gorizia – 13/05/2017



C. Elisa Iob – 10/06/2017 – Tolmezzo – 47.76 m



	113°	258°	100°	279°	91°	285°	102°			
	70	71	45	45	69	30	34	68	25	35
	0.775 s 1° giro			0.600 s 2° giro			0.529 s 3° giro		2.05 s totale	

Elisa lob – 47.76 m – Tolmezzo – 10/06/2017

