Studio comparativo della prestazione fisica di atleti dilettanti effettuata su diverse superfici di gioco.

Case Study 2: Prato (PO) 22-23 settembre 2014

12

ecopneus
il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi

in collaborazione con

UISP sportpertutti

Università di Roma Tor Vergata

Analisi comparata di parametri cinematici, dinamici, fisiologici e baropodometrici in atleti dilettanti, registrati su diverse superfici di gioco.

Sommario

UNIVERSITÀ degli STUDI di ROMA TOR VERGATA

Gruppo di Ricerca "Tor Vergata"

Direttore Scientifico: Prof. Stefano D'Ottavio
Prof. Antonio Buglione - Prof. Mario Esposito
Prof. Bruno Ruscello - Dott. Filippo Partipilo
Dott. Diego Adamo - Dott.ssa Michela Di Claudio
Prof.ssa Laura Pantanella

Introduzione 7

Analisi della letteratura e considerazioni iniziali inerenti lo studio 9
Analisi dell'interazione prestazione-superfici 10
Analisi della meccanica degli urti 12
Influenza delle proprietà delle superfici sulla prevenzione degli infortuni 12

Metodi di studio, materiali e strumentazione 15

Disegno di studio 16
Campione 17
Procedure di studio 18
Prove di valutazione condotte 18
Strumentazione e Software 20
Analisi statistiche 20

Risultati **23**

Attrito volvente (rotolamento) 29
Attrito radente a seguito di urto di masse inerziali 35
Test di sprint lineare su 20 metri 42
Test di sprint a spola 10 + 10 metri (shuttle sprinting) 48
Test Counter Movement Jump (CMJ) 54
Test della Stiffness (15”) 60
Studio della Frequenza Cardiaca media in prova di Endurance 66
Baropodometria elettronica dinamica 72

Conclusioni **93**

Bibliografia **97**

Introduzione

L'impatto delle pavimentazioni sintetiche (tartan, astro turf, ecc.) e naturali (erba, terra battuta, ecc.) sulla performance umana è stata ampiamente studiata. Alla data del 29 settembre 2014, digitando sul motore di ricerca indicizzato PubMed alcune stringhe del tipo: [artificial pitches (n=24); artificial surfaces sport (n=68); indoor sport surfaces n=18; indoor sport surfaces injuries (n=4)] il numero di pubblicazioni scientifiche disponibili negli ultimi anni è di parecchie decine. La sintesi di quanto riportato in letteratura è che sicuramente l'impatto di alcune superfici sulla prestazione può essere suddivisa in:

- resa ed influenza della superficie sulla prestazione umana (**effetti acuti**);
- influenza della superficie sulla sopportabilità dei carichi di lavoro e dei microtraumi ripetuti (**effetti cronici**).

Scopo della presente ricerca, eseguita presso il Centro Promozionale Polisportivo 2A di Prato, sito in via Roma 264, successiva ad una analoga ricerca sviluppata nel 2013, presso gli impianti sportivi di Medolla (MO) è stato quello di verificare, comparando più superfici di gioco o di attività fisica, **l'impatto acuto delle superfici sottoposte a studio (n=4, tabella 1) sulla performance umana, valutata attraverso alcuni test da campo.**

Le superfici studiate sono state:

- due campi outdoor per tennis (denominati in seguito, **campo 1** e **campo 2**). Entrambi con materassino antishock costituito da granulo in gomma legato con resine poliuretaniche e trasformato in rotoli che sono stati stesi sulla pavimentazione per formare un'unica superficie. Sopra lo strato di gomma da riciclo è stata applicata una resina acrilica colorata e poi tracciate le linee per definire i campi da gioco. Nel campo 1 il materassino ha uno spessore di 9 mm, nel campo 2 di 12 mm. Entrambi sono colato in opera[1];

- due campi indoor per tennis e calcio a 5 in erba sintetica (denominati in seguito, **campo 3** e **campo 4**). Entrambi con materassino antishock costituito da granulo in gomma legato con resine poliuretaniche, con tappeto in erba artificiale intasato in sabbia quarzifera. Nel campo 3 il materassino ha uno spessore di 10 mm ed è colato in opera, nel campo 4 è di 6 mm, ed è prefabbricato[2].

Tabella 1 - Campi oggetto di studio (complesso sportivo sito in Prato) - Tavola riassuntiva

Identificativo	Tipologia, uso	Spessore del materassino anti shock in gomma (mm)
Campo 1	Outdoor - Tennis resina acrilica	09
Campo 2	Outdoor - Tennis resina acrilica	12
Campo 3	Indoor - Tennis, Calcio a 5 - erba sintetica	10
Campo 4	Indoor - Tennis, Calcio a 5 - erba sintetica	06

[1] Informazioni tecniche fornite direttamente da UISP/Ecopneus
[2] Informazioni tecniche fornite direttamente da UISP/Ecopneus

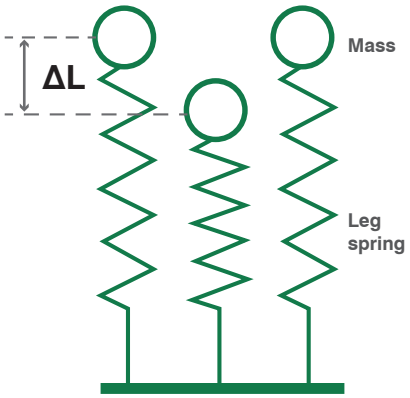
Sono state inoltre studiate alcune caratteristiche prettamente fisiche delle pavimentazioni, riconducibili a fenomeni di restituzione elastica, attrito radente ed attrito volvente, **ma solo nell'ambito di una ricerca mirata ad ottenere informazioni pertinenti sulla fisiologia dell'esercizio fisico umano sviluppato su superfici diverse.** L'ipotesi di ricerca era, infatti, quella di comparare le risposte in acuto ottenute in alcuni test di valutazione funzionale e posturale-funzionale da alcuni atleti dilettanti e svolti sulle diverse superfici di studio.

Analisi della letteratura e considerazioni iniziali inerenti lo studio

La prestazione sportiva, in termini generali, è stato definito come il risultato di un'attività fisica misurata secondo parametri cinematici e dinamici. L'incremento della performance si basa fortemente sulla trasformazione efficiente dell'energia chimica cellulare in energia meccanica attraverso il sistema muscolo-scheletrico (Nigg, BM., and. Segesser B., 1992). L'energia meccanica prodotta permette al corpo di muoversi durante le attività sportive.
Tutte le forme di locomozione antigravitazionale sia umane che animali, sono caratterizzate dal rimbalzo sul terreno dove i muscoli, i tendini e i legamenti giocano un ruolo cruciale nell'accumulare e restituire energia meccanica (Cavagna GA et al, 1977; Alexander RM, 1988). Difatti, quando l'energia meccanica viene considerata come miglioramento dello sviluppo dell'attività fisica, tre strategie principali devono essere poste al centro dell'attenzione: (a) ottimizzare il sistema muscolo-scheletrico, (b) massimizzare il riuso di energia e (c) ridurre al minimo la perdita di energia (Nigg, BM., and. Segesser B., 1992, 2000).

Analisi dell'interazione prestazione-superfici

Durante i salti, il trotto e la corsa, il sistema neuromuscolare si comporta come un singolo modello a molla lineare il cui punto di massa è equivalente alla massa del corpo (Blickhan R., 1989). Pertanto, durante la locomozione, la stiffness degli arti inferiori rappresenta la stiffness di un sistema muscolo-scheletrico integrato dove il modello a molla lineare viene compresso durante la prima metà del tempo di contatto al suolo per poi allungarsi nella seconda metà del tempo di contatto (Farley CT., et al., 1998) Modello 1.



Modello 1. *Modello lineare molla-massa. Rappresenta il comportamento meccanico del sistema muscolo-scheletrico integrato durante la fase di contatto al suolo. La massa è equivalente alla massa corporea e la molla agli arti inferiori. Il modello è mostrato all'inizio della fase di contatto al suolo (a sinistra), a metà della fase di contatto al suolo dove raggiunge il punto di massima compressione (al centro), e al termine della fase di contatto col suolo (a destra) (da Farley CT., et al., 1998, modificato).*

Quindi, la stiffness soprattutto degli arti inferiori, rappresenta la caratteristica più importante dell'interazione tra il sistema biologico e l'ambiente esterno (terreno) durante la fase di contatto al suolo in tutte le forme di locomozione antigravitarie (McMahon TA & Greene PR., 1979).

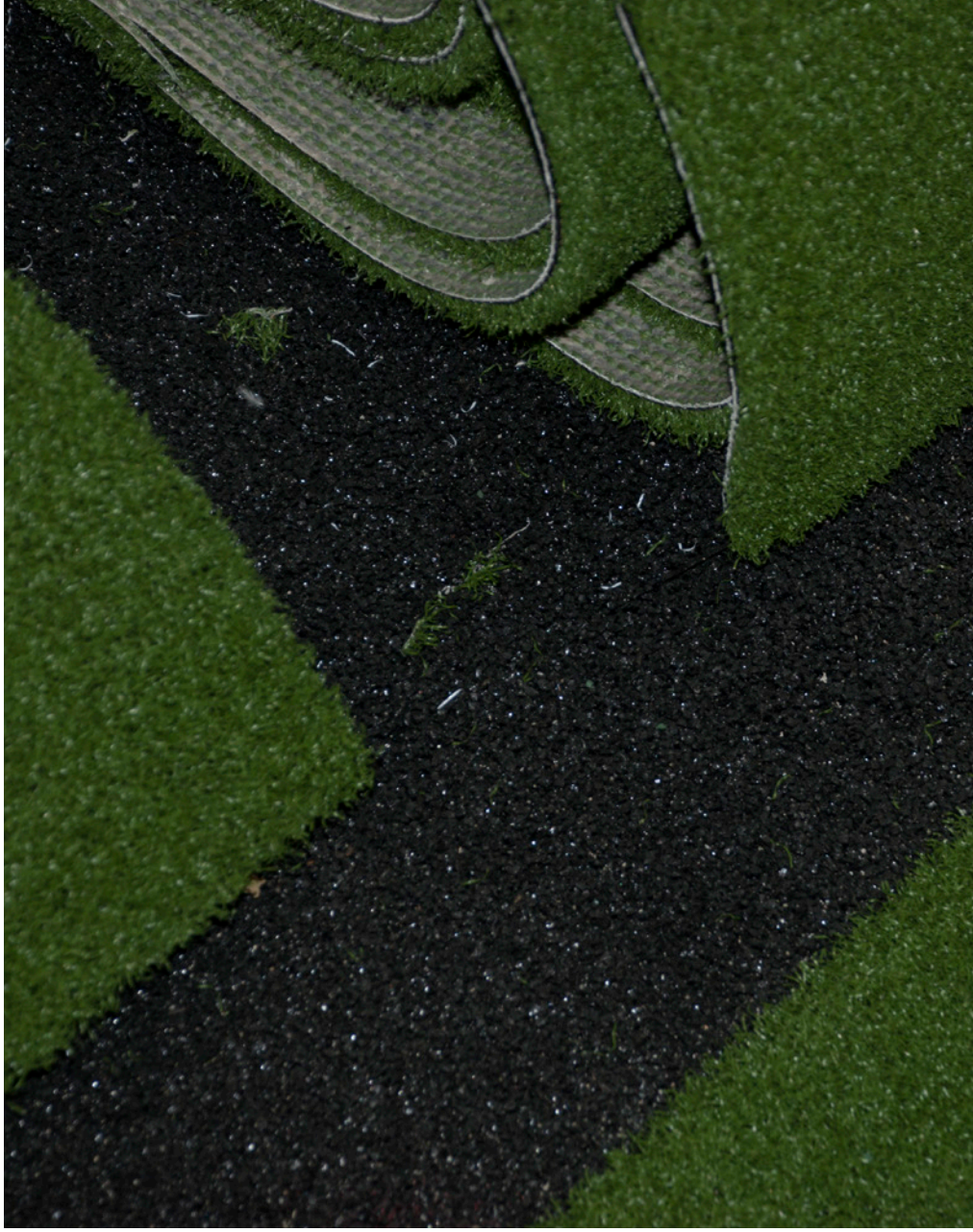
Recenti studi hanno dimostrato che il comportamento degli arti inferiori durante il tempo di contatto si modifica in funzione delle diverse superfici di contatto (Ferris DP and Farley CT, 1997; Ferris DP et al., 1998, Katkat D. et al., 2009). Pertanto, se le prestazioni sportive avvengono su superfici morbide la stiffness degli arti inferiori si riduce e la prestazione di conseguenza peggiora. Così, l'interesse della letteratura scientifica internazionale sul miglioramento della prestazione, che da sempre è stato indirizzato verso l'ottimizzazione del sistema muscolo-scheletrico, da qualche tempo comincia a considerare gli aspetti legati alla dissipazione e al riuso dell'energia meccanica dell'impatto al suolo affrontando lo studio sia delle calzature sportive e soprattutto delle superfici di gioco. Parecchi studi, in tal senso, si sono interessati all'influenza che la stiffness delle superfici di gioco ha su eventi singoli come l'atterraggio dopo salto verticale o salto verso il basso (Drop Jump) (Gollhofer A., 1987; McNitt-Gray JL., et al., 1993, 1994; Belli A. and Bosco C., 1992; Sanders RH. and Allen JB, 1992, 1993). In questo tipo di prestazioni è stata osservata una maggiore stiffness degli arti inferiori quando i soggetti atterravano su una superficie compatibile rispetto a superfici estremamente rigide diminuendo così l'assorbimento di energia da parte del loro sistema muscolo-scheletrico e aumentando l'assorbimento di energia dalla superficie. Anche per quanto riguarda la corsa, è stato osservato che l'uomo può correre più velocemente su superfici compatibili che su superfici estremamente dure come il cemento (McMahon TA & Greene PR., 1979).

Analisi della meccanica degli urti

In considerazione della capacità dell'essere umano di adottare differenti strategie neuromuscolari in funzione della diverse caratteristiche del terreno, nello studio delle caratteristiche meccaniche di elasticità e di attrito delle superfici si utilizzano dei gravi. Questi, di massa nota, lasciati cadere da una data altezza, acquisiscono una energia cinetica che in parte viene dissipata durante l'impatto e la frazione residua ne caratterizza il rimbalzo successivo. La frazione residua di energia cinetica determina il grado di stiffness della superficie.
Oltre alla capacità di assorbimento delle forze di impatto, un'altra proprietà delle superfici che viene analizzata è quella legata all'attrito volvente e radente. Per lo studio della prima proprietà il parametro utilizzato è la distanza percorsa dal rotolamento di una sfera di massa nota lasciata cadere da un'altezza e con un'inclinazione nota (Kolitzus HJ, wwwISSS.sportsciencesurface.org).

Influenza delle proprietà delle superfici sulla prevenzione degli infortuni

Oltre alla prestazione, le caratteristiche di compliance delle superfici di gioco possono risultare determinanti nella incidenza degli infortuni. Difatti, durante movimenti ad alto impatto come correre, atterrare da un salto ecc., l'abilità delle strutture cartilaginee di assorbire impatti nel tempo decresce al crescere dell'intensità degli impatti aumentando il rischio di traumi non solo alla cartilagine ma anche all'osso sub condrale (Jhonson et al., 1998; Meyer et al., 2009; Yeow et al. 2009). Ultimamente molti autori hanno concentrato i loro studi sugli infortuni derivanti dai manti sintetici nei campi di calcio (Taylor SA et al. 2012; Drakos MC, et al. 2013). Pochi studi hanno riguardato le superfici indoor. Tra questi, Pasanen (Pasanen K, et al., 2008) ha riportato un maggiore rischio su superfici artificiali indoor rispetto alle superfici in legno (parquet) per una maggior forza di attrito registrata tra le prime e le scarpe da gioco.



Metodi di studio, materiali e strumentazione

Disegno di studio

Alla luce dell'analisi della letteratura scientifica e come descritto in precedenza, l'obiettivo di questo studio sperimentale è stato quello di studiare gli effetti in acuto, sulla performance umana, delle proprietà meccaniche delle superfici di gioco in PFU, site nel Centro Promozionale Polisportivo 2A di Prato.
Per ottenere ciò sono state eseguite le seguenti prove.

Meccaniche:
- caduta di gravi per lo studio della restituzione elastica;
- rotolamento di gravi per lo studio dell'attrito volvente;
- studio degli urti fra masse, per la stima dell'attrito radente.

Fisiche e fisiologiche:
- capacità di sprint (20 m lineari);
- capacità di cambio di direzione (corsa a spola su 10+10 m);
- capacità di forza esplosivo-elastica attraverso test CMJ;
- capacità di stiffness (15").

Posturali e Funzionali:
- baropodometria elettronica dinamica.

Il nostro disegno di studio ha preso in considerazione una matrice a quadrato latino 4 x 4 (vedi Tabella 2), al fine di mantenere sotto controllo le variabili che vengono influenzate da fenomeni di affaticamento (fatigue effect) o di apprendimento (learning/testing effect). I soggetti sono stati suddivisi in quattro gruppi ed hanno eseguito i diversi test, organizzati in 4 batterie:

- test di Sprint (batteria 1);
- test di Salto (batteria 2);
- test di Endurance (batteria 3);
- test baropodometrici (batteria 4).

Tabella 2 - Disegno Sperimentale a Quadrato Latino 4 x 4. I test, organizzati in batteria, sono stati eseguiti nei diversi campi secondo l'ordine descritto

	Batteria Test 1	Batteria Test 2	Batteria Test 3	Batteria Test 4
Campo 1	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	Gruppo D
Campo 2	Gruppo B	Gruppo A	Gruppo D	Gruppo C
Campo 3	Gruppo C	Gruppo D	Gruppo A	Gruppo B
Campo 4	Gruppo D	Gruppo C	Gruppo B	Gruppo A

Campione

È stata analizzata la prestazione di dieci atleti dilettanti (n=10; n_{maschi}=6; $n_{femmine}$=4). Alcuni dati bio-antropometrici sono riportati nella tabella n.3. Gli atleti erano in ottime condizioni fisiche, ed informati preventivamente delle procedure di studio condotte. Prima dei test gli atleti hanno eseguito una normale procedura di riscaldamento. Non tutti gli atleti hanno portato a termine le prove.

Tabella 3 - Dati antropometrici del campione

	N (10)	Anni	Peso (Kg)	Altezza (m)	BMI ($kg \cdot m^{-2}$)
Femmine	4	26.0 ± 7.4	53.6 ± 5.6	1.71 ± 0.04	18.4 ± 1.5
Maschi	6	21.7 ± 2.1	65.5 ± 7.3	1.78 ± 0.05	20.9 ± 3.0

Procedure di studio

Nel corso delle sessioni di test effettuate, sono state registrate varie misure, di tipo:

cinematico e dinamico:
- riprese ad alta velocità (HS) ed uso di piattaforme di forza per lo studio delle risposte meccaniche delle pavimentazioni oggetto di ricerca a cadute o spostamento di gravi: restituzione elastica, attrito radente e volvente;
- misura delle accelerazioni umane in task di salto (forza reattivo-elastica);
- misure di velocità umane in diversi task motori di locomozione (sprint e shuttle sprint, tramite cronometria automatica (sistema con fotocellule);

fisiologico:
- test di endurance a velocità costante e studio dell'impegno cardiaco degli atleti impegnati tramite cardio-frequenziometria;

baropodometriche in dinamica:
- misure di pressione (massimale e media) esercitate dal piede sulle superfici in studio da drop jump e tempo di contatto al suolo.

Le prove sono state effettuate presso i quattro campi sintetici descritti, nei giorni 22 – 23 settembre 2014, in quattro sessioni (come da disegno sperimentale, tabella 2) negli orari 09.00-13.00 e 15.00-18.00. Trascurabile l'effetto meteorologico nelle prove effettuate (cielo sereno, temperatura ottimale (≈24°) per le prove fisiologiche effettuate).

Prove di valutazione condotte

Test di Rapidità:
- accelerazioni lineari su 20 metri (sprint); accelerazioni a navetta su 10+10 metri (shuttle sprinting);
- cronometraggio automatico con partenza libera del soggetto.

Test di Forza Reattivo Elastica
È stata effettuata una analisi dei dati raccolti riguardanti il test di Stiffness (15" di salti continui) e del CMJ (braccia libere), applicando sul corpo dell'atleta il dispositivo FreePower Sensorize™.

Test di Endurance a velocità costante e monitoraggio cardiaco
Numerose palestre indoor hanno una dimensione che contiene a stento un campo di pallavolo e la maggior parte delle attività svolte prevedono numerosi cambi di senso, perciò abbiamo scelto di svolgere una corsa a navetta sulla distanza di 15,60 metri. La corsa è stata svolta dai partecipanti allo studio (campione; N=7) alla velocità sub-massimale di 2,23 m/s, 15,6 metri in 7 secondi (8,0 km/h), che è stata scelta in base al costo energetico di questa tipologia di corsa (Colli et. Al, 2007; Buglione e di Prampero, 2013). L'esercizio sub-massimale di corsa è stato svolto per cinque minuti, durante i quali è stata misurata e valutata la frequenza cardiaca, per mezzo di cardiofrequenzimetri a fascia toracica. I dati riportati si riferiscono alla media delle FC medie individuali, registrate nell'ultimo minuto di prova, nel campione di studio (N=7) che ha eseguito la prova sui quattro campi analizzati.

Baropodometria elettronica dinamica
È stata eseguito l'esame baropodometrico elettronico (BPE) in dinamica, indagine strumentale che ha consentito di misurare la percentuale di carico esercitata dal piede, durante l'esecuzione di un Drop Jump partendo da un'altezza di 30 cm, sulla pedana baropodometrica di analisi ultra sottile (spessore 1 mm, quattro sensori per cm^2).
Tra le varie rilevazioni e misurazioni raccolte durante l'esame, quelle prese in considerazione in questo contesto sono state:

- pressione massima (g/cm^2);
- pressione media (g/cm^2);
- tempo di contatto (s).

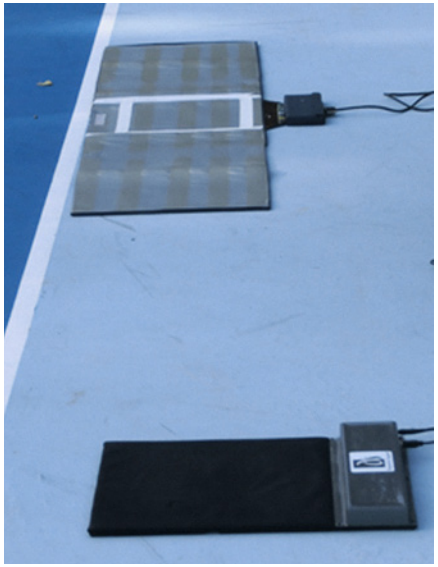


Figura 1 – Strumentazione baropodometrica e software di analisi

Strumentazione e Software

Per lo studio sono stati utilizzati i seguenti strumenti e software di analisi.

Analisi Cinematica:

- videocamere Casio Exilim FX-H20 e Casio Exilim ZR100 (con campionamento variabile fra 1000-480-420-240-210 fps). Software Kinovea ver. 08.21;
- sistema di cronometraggio elettronico Witty (Microgate, Bolzano, Italy).

Analisi della forza esplosiva degli arti inferiori:

- sensorize FreePower™.

Analisi parametri fisiologici
Cardiofrequenzimetri Suunto Memory Belts®, Suunto Oy, Vantaa, Finland.

Analisi Baropodometrica dinamica
Pedane: DIASU; Software: Milletrix.

Analisi statistiche

I dati raccolti sono stati analizzati con il software IBM SPSS 20.0 e presentati come Media e Deviazione Standard, laddove opportuno.
Le differenze nelle risposte fisiche e fisiologiche sono state valutate tramite Anova per misure ripetute.
Ogni matrice di dati ottenuti tramite misure ripetute è stata sottoposta a test di Sfericità di Mauchly. Nel caso di violazione della sfericità è stata adottata la correzione di epsilon (ε) di Greenhouse-Geisser.
Per stimare la grandezza dell'effetto, è stato calcolato il d di Cohen (Cohen d, Effect Size, t-test), e l'η^2 parziale (ANOVA per misure ripetute). La significatività statistica è stata accettata con $p<0.05$.

Risultati

Comparazione di alcune proprietà fisiche delle pavimentazioni oggetto di studio.

Restituzione elastica

Per valutare il coefficiente di restituzione elastica delle quattro superfici esaminate, è stato studiato il comportamento di un grave di 1 kg cadente da un'altezza standard fissata a 0,74 m (figure 2-3). Si è registrato quindi il tempo di volo del primo rimbalzo a terra dopo il contatto del grave in caduta. Le differenze misurate nei tempi registrati di rimbalzo sulle quattro superfici considerate nello studio (tabella 1) sono risultate statisticamente significative al test ANOVA per misure ripetute ($F_{1.67;10.06}=2099{,}317$; $p<0.0001$; η^2 parziale = 0,997; potenza= 1,000; tabelle 4-7 e figura 4).

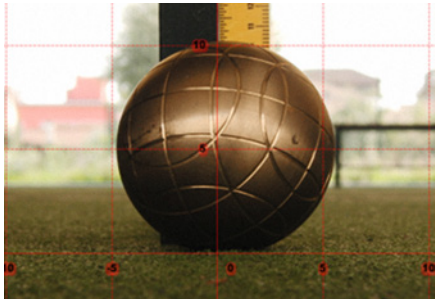


Figura 2 - Campo n. 3 (indoor, tennis, calcio a 5 – shock absorber 10 mm)

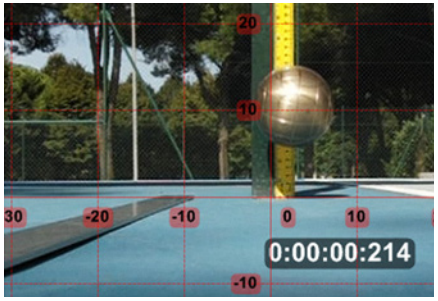


Figura 3 - Setting strumentale per valutare la restituzione elastica (campo n.1 – outdoor, spessore shock absorber 9 mm)

Tabella 4 - Statistica descrittiva: tempo di rimbalzo (s) misurato sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	Intervallo di confidenza (95%)		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	7	0,276	0,000	0,000	0,276	0,276	0,276	0,276
Campo 2	7	0,262	0,001	0,000	0,261	0,263	0,262	0,265
Campo 3	7	0,243	0,001	0,000	0,242	0,243	0,241	0,243
Campo 4	7	0,227	0,002	0,001	0,225	0,229	0,224	0,229
Totale	28	0,252	0,019	0,004	0,245	0,259	0,224	0,276

Tabella 5 - Test di sfericità di Mauchly - si adotta la correzione ε di Greenhouse-Geisser

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	Epsilon[b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,000		5		0,559	0,751	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati.
I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 6 - Analisi della Varianza per misure ripetute sui tempi di rimbalzo misurati sulle quattro diverse superfici: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,010	3	0,003	2099,317	0,000	0,997	6297,951	1,000
Greenhouse-Geisser	0,010	1,677	0,006	2099,317	0,000	0,997	3520,338	1,000
Huynh-Feldt	0,010	2,253	0,004	2099,317	0,000	0,997	4728,948	1,000
Limite inferiore	0,010	1,000	0,010	2099,317	0,000	0,997	2099,317	1,000
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	2,793E-005	18	1,552E-006					
Greenhouse-Geisser	2,793E-005	10,061	2,776E-006					
Huynh-Feldt	2,793E-005	13,516	2,066E-006					
Limite inferiore	2,793E-005	6,000	4,655E-006					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 7 - Test Post Hoc con correzione secondo Bonferroni: confronti a coppie

(I) tipo_campo	(J) tipo_campo	Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[b]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%* [b] Limite inferiore	Limite superiore
1	2	0,014*	0,000	0,000	0,012	0,015
	3	0,033*	0,000	0,000	0,032	0,034
	4	0,049*	0,001	0,000	0,046	0,052
2	1	-0,014*	0,000	0,000	-0,015	-0,012
	3	0,020*	0,001	0,000	0,017	0,022
	4	0,035*	0,001	0,000	0,033	0,038
3	1	-0,033*	0,000	0,000	-0,034	-0,032
	2	-0,020*	0,001	0,000	-0,022	-0,017
	4	0,016*	0,001	0,000	0,012	0,019
4	1	-0,049*	0,001	0,000	-0,052	-0,046
	2	-0,035*	0,001	0,000	-0,038	-0,033
	3	-0,016*	0,001	0,000	-0,019	-0,012

Basato sulle medie marginali stimate / *. La differenza media è significativa al livello ,05.

b. Correzione per confronti multipli: Bonferroni

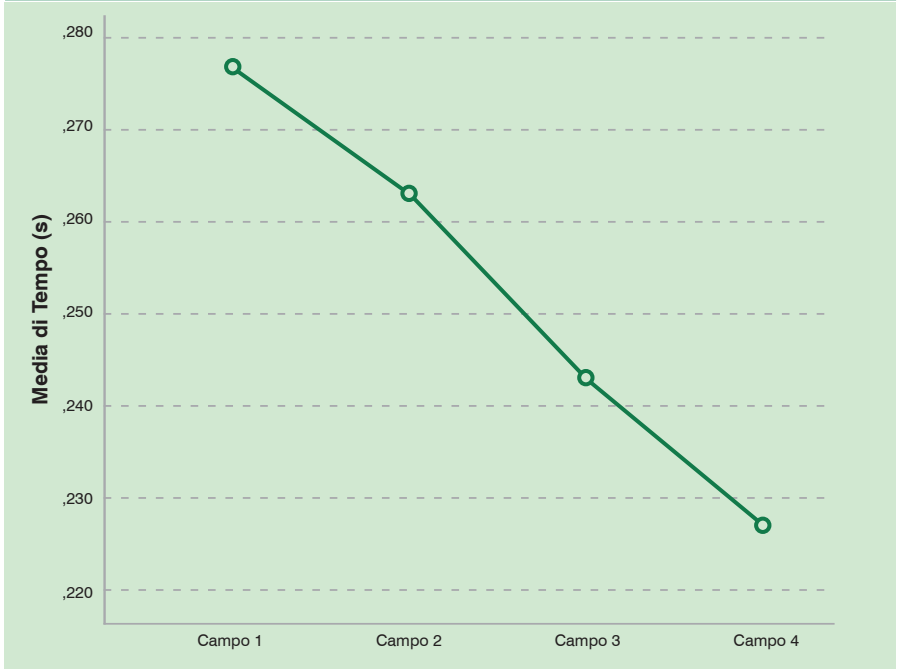


Figura 4 – Tempi medi di volo (s) del grave da 1 kg, lasciato cadere da altezza standard di 0,74 m.

Attrito volvente (rotolamento)

Per valutare il coefficiente di attrito volvente (rotolamento) delle quattro superfici esaminate, è stato videoregistrato ad alta velocità (1000 fps) il comportamento di un grave di 1 Kg che rotolasse a terra, dopo una discesa su piano inclinato a 28° della lunghezza di un metro (figura 5). Sono stati quindi misurati il tempo necessario per percorrere un metro sulla pavimentazione, la velocità e l'accelerazione media ottenute. Le differenze misurate nei tempi registrati di rotolamento sulle quattro superfici considerate nello studio (tabella 1) sono risultate statisticamente significative al test ANOVA per misure ripetute ($F_{1;5}$=862,375; $p<0.0001$; η^2 parziale = 0,994; potenza= 1,000; tabelle 8-11 e figura 6).

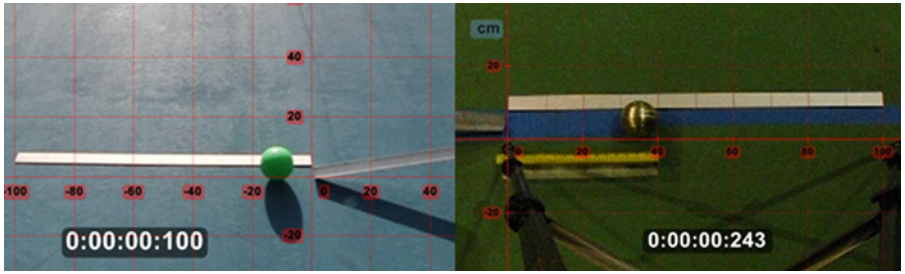


Figura 5 – Setting strumentale per valutare l'attrito volvente delle 4 superfici analizzate

Tabella 8 - Statistica descrittiva: tempo di rotolamento (s) misurato sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	I.C. 95%		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	6	0,610	0,001	0,000	0,609	0,611	0,610	0,612
Campo 2	6	0,610	0,001	0,000	0,609	0,611	0,610	0,612
Campo 3	6	0,624	0,001	0,000	0,623	0,625	0,622	0,624
Campo 4	6	0,605	0,000	0,000	0,605	0,605	0,605	0,605
Totale	24	0,612	0,007	0,001	0,609	0,615	0,605	0,624

Tempo (s)

Tabella 9 - Test di sfericità di Mauchly - si adotta la correzione ε di Greenhouse-Geisser

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	Epsilon[b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,000		5		0,333	0,333	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati.
I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 10 - Analisi della Varianza per misure ripetute sui tempi di rimbalzo misurati sulle quattro diverse superfici: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,001	3	0,000	862,375	0,000	0,994	2587,125	1,000
Greenhouse-Geisser	**0,001**	**1,000**	**0,001**	**862,375**	**0,000**	**0,994**	**862,375**	**1,000**
Huynh-Feldt	0,001	1,000	0,001	862,375	0,000	0,994	862,375	1,000
Limite inferiore	0,001	1,000	0,001	862,375	0,000	0,994	862,375	1,000
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	6,667E-006	15	4,444E-007					
Greenhouse-Geisser	6,667E-006	**5,000**	1,333E-006					
Huynh-Feldt	6,667E-006	5,000	1,333E-006					
Limite inferiore	6,667E-006	5,000	1,333E-006					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 11 - Test Post Hoc con correzione secondo Bonferroni: confronti a coppie

(I) tipo_campo	(J) tipo_campo	Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[b]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[b]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	0,000	0,000	1,000	-0,001	0,002
	3	-0,013*	0,001	0,000	-0,016	-0,011
	4	0,005*	0,000	0,000	0,004	0,007
2	1	0,000	0,000	1,000	-0,002	0,001
	3	-0,014*	0,000	0,000	-0,015	-0,012
	4	0,005	0,000		0,005	0,005
3	1	0,013*	0,001	0,000	0,011	0,016
	2	0,014*	0,000	0,000	0,012	0,015
	4	0,019*	0,000	0,000	0,017	0,020
4	1	-0,005*	0,000	0,000	-0,007	-0,004
	2	-0,005*	0,000		-0,005	-0,005
	3	-0,019*	0,000	0,000	-0,020	-0,017

Basato sulle medie marginali stimate / *. La differenza media è significativa al livello ,05.

b. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

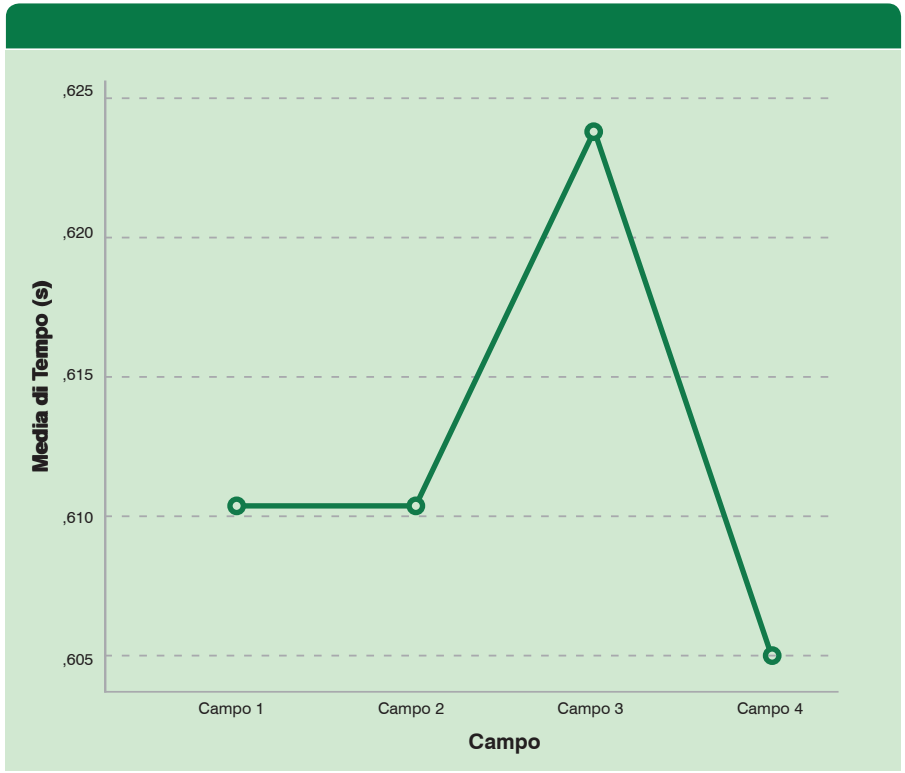


Figura 6 – Tempo medio di rotolamento di un grave sferico da 1 kg, cadente da piano inclinato di 1 m. a 28°.

Attrito radente a seguito di urto di masse inerziali

Per valutare il coefficiente di attrito radente delle quattro superfici studiate (Centro Sportivo 2A Prato), si è analizzato lo spostamento risultante dall'urto di un grave di 1 Kg, rotolante su piano inclinato di 1 metro a 28° e di una massa inerziale di 0.700 Kg a contatto con le superfici di studio (figura 7), e costruita con la parte aderente al terreno in materiale plastico utilizzato per la costruzione di suole da scarpe da ginnastica. Per tale studio, videoregistrato ad alta velocità, è stato utilizzato anche un accelerometro triassiale (Freesense Sensorize – vedi foto). Sono stati quindi misurati il tempo necessario alla massa inerziale per giungere al punto finale dopo il primo urto e lo spostamento (m) ottenuto dopo il primo urto.
Le differenze misurate negli spostamenti ottenuti, a seguito degli urti, nelle quattro superfici

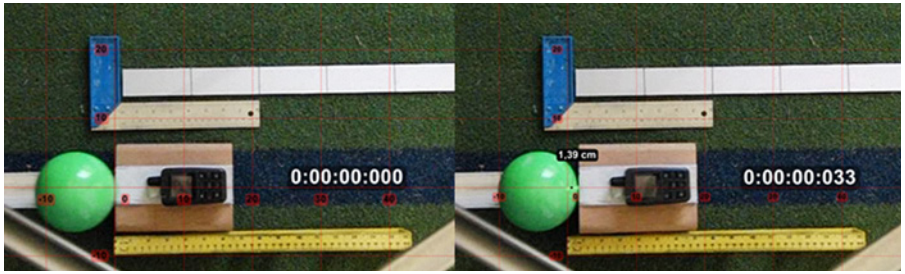


Figura 7 – Setting sperimentale: spostamento della massa inerziale all'urto del grave da 1 kg: t0 (urto iniziale); t1 (tempo e misura dello spostamento ottenuto).

considerate sono risultate statisticamente significative al test ANOVA per misure ripetute ($F_{3;\,15}$=40,955; $p<0.0001$; η^2 parziale = 0,891; potenza= 1,000; tabelle 12-15 e figura 8).

Tabella 12 - Statistica descrittiva: spostamento (m) misurato sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	I.C. 95%		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	6	0,037	0,002	0,001	0,035	0,039	0,034	0,038
Campo 2	6	0,031	0,003	0,001	0,028	0,034	0,029	0,035
Campo 3	6	0,016	0,002	0,001	0,014	0,018	0,014	0,019
Campo 4	6	0,029	0,005	0,002	0,023	0,034	0,020	0,036
Totale	24	0,028	0,008	0,002	0,025	0,032	0,014	0,038

Tabella 13 - Test di sfericità di Mauchly - si assume la sfericità

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	Epsilon[b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,119	7,928	5	0,173	0,476	0,613	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati.
I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 14 - Analisi della Varianza per misure ripetute sullo spostamento della massa misurato sulle quattro diverse superfici (m)

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,001	3	0,000	40,955	0,000	0,891	122,866	1,000
Greenhouse-Geisser	0,001	1,428	0,001	40,955	0,000	0,891	58,475	1,000
Huynh-Feldt	0,001	1,838	0,001	40,955	0,000	0,891	75,286	1,000
Limite inferiore	0,001	1,000	0,001	40,955	0,001	0,891	40,955	0,999
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	0,000	15	1,121E-005					
Greenhouse-Geisser	0,000	7,139	2,355E-005					
Huynh-Feldt	0,000	9,191	1,829E-005					
Limite inferiore	0,000	5,000	3,363E-005					

a. Calcolato usando alfa =0,05

Tabella 15 - Test Post Hoc con correzione secondo Bonferroni: confronti a coppie

(I) tipo_campo	(J) tipo_campo	Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[b]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%[b]*	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	0,006*	0,001	0,023	0,001	0,010
	3	0,021*	0,001	0,000	0,017	0,024
	4	0,008	0,002	0,086	-0,001	0,017
2	1	-0,006*	0,001	0,023	-0,010	.-0,001
	3	0,015*	0,001	0,000	0,010	0,020
	4	0,002	0,003	1,000	-0,009	0,014
3	1	-0,021*	0,001	0,000	-0,024	-0,017
	2	-0,015*	0,001	0,000	-0,020	-0,010
	4	-0,013*	0,003	0,025	-0,023	-0002
4	1	-0,008	0,002	0,086	-0,017	0,001
	2	-0,002	0,003	1,000	-0,014	0,009
	3	0,013*	0,003	0,025	0,002	0,023

Basato sulle medie marginali stimate / *. La differenza media è significativa al livello ,05.

b. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

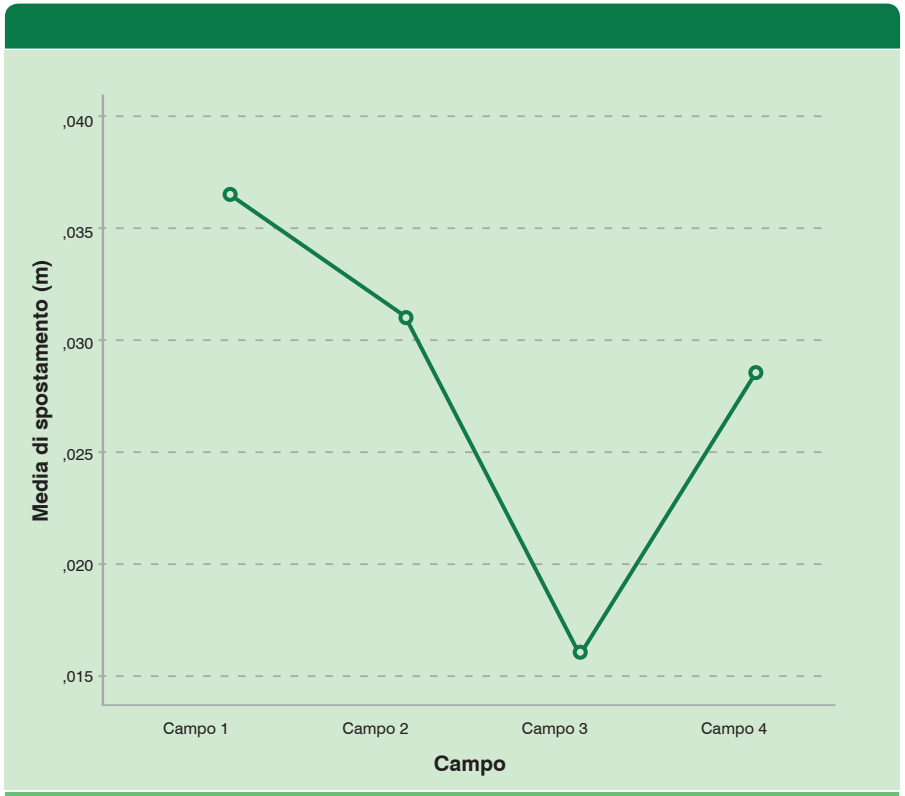


Figura 8 – Spostamento medio della massa inerziale (m), a seguito di urto con un grave da 1 kg, rotolante da piano inclinato di 1 metro a 28°

Test di sprint lineare su 20 metri

Tabella 16 - Statistica descrittiva: tempo (s) nei 20 m lineari sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	Intervallo di confidenza 95%		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	7	3.38	0.30	0.11	3.10	3.66	3.01	3.87
Campo 2	7	3.38	0.29	0.11	3.12	3.65	3.06	3.85
Campo 3	7	3.31	0.28	0.11	3.05	3.57	3.01	3.79
Campo 4	7	3.28	0.28	0.11	3.02	3.54	2.96	3.75
Totale	28	3.34	0.28	0.05	3.23	3.45	2.96	3.87

Tabella 17 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	Epsilon[b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,119	10,039	5,000	0,080	0,472	0,576	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati.
I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 18 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,056	3,000	0,019	18,226	0,000	0,752	54,679	1,000
Greenhouse-Geisser	0,056	1,417	0,040	18,226	0,001	0,752	25,820	0,986
Huynh-Feldt	0,056	1,727	0,032	18,226	0,001	0,752	31,480	0,995
Limite inferiore	0,056	1,000	0,056	18,226	0,005	0,752	18,226	0,941
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	0,018	18,000	0,001					
Greenhouse-Geisser	0,018	8,500	0,002					
Huynh-Feldt	0,018	10,363	0,002					
Limite inferiore	0,018	6,000	0,003					

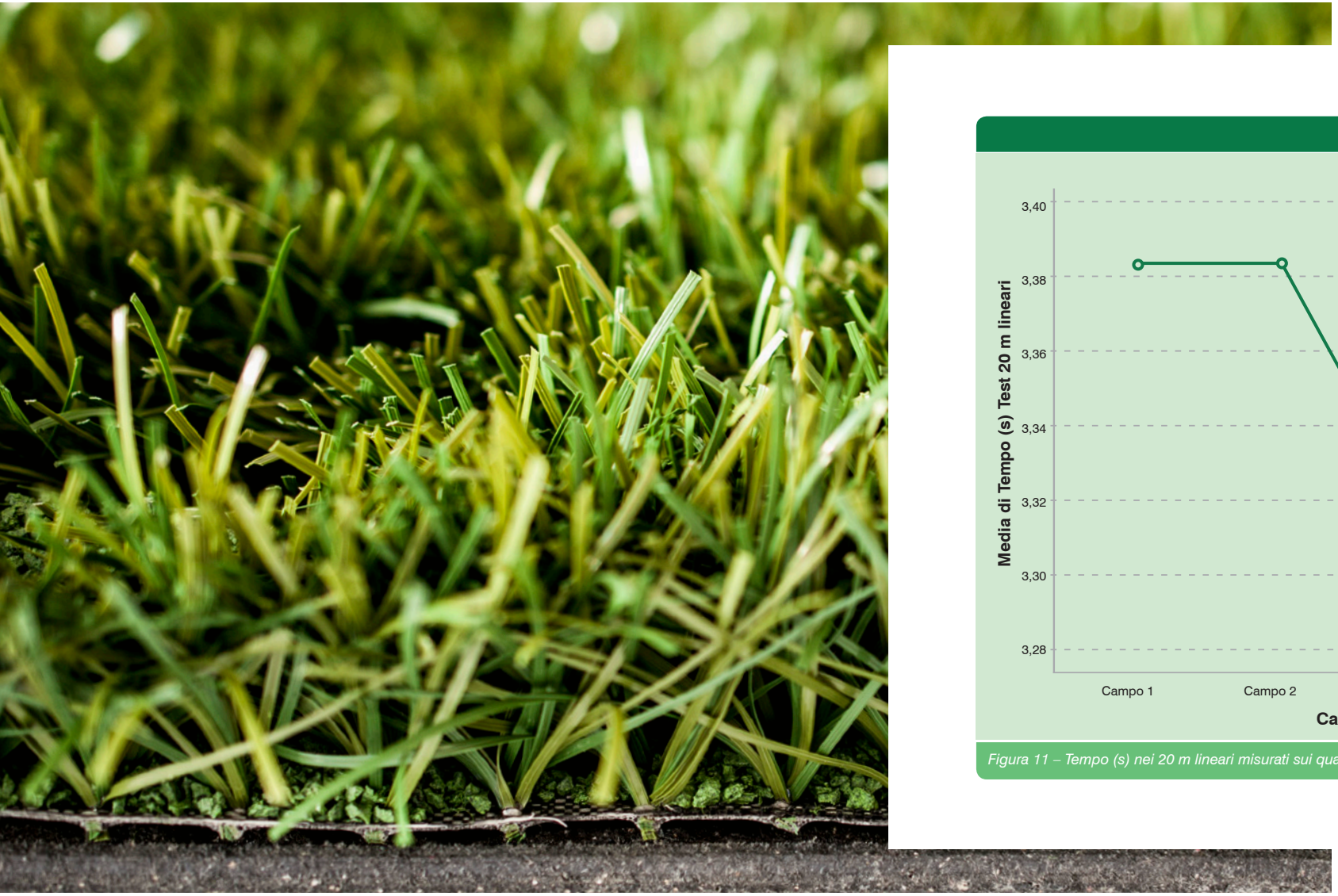
a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 19 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo		Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[b]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[b]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	0,000	0,011	1,000	-0,041	0,041
	3	0,070	0,022	0,124	-0,017	0,157
	4	,103*	0,016	0,004	0,041	0,165
2	1	0,000	0,011	1,000	-0,041	0,041
	3	0,070	0,023	0,134	-0,018	0,158
	4	,103*	0,017	0,005	0,039	0,167
3	1	-0,070	0,022	0,124	-0,157	0,017
	2	-0,070	0,023	0,134	-0,158	0,018
	4	0,033	0,009	0,070	-0,003	0,068
4	1	-,103*	0,016	0,004	-0,165	-0,041
	2	-,103*	0,017	0,005	-0,167	-0,039
	3	-0,033	0,009	0,070	-0,068	0,003

Basato sulle medie marginali stimate / *. La differenza media è significativa al livello ,05.

b. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.



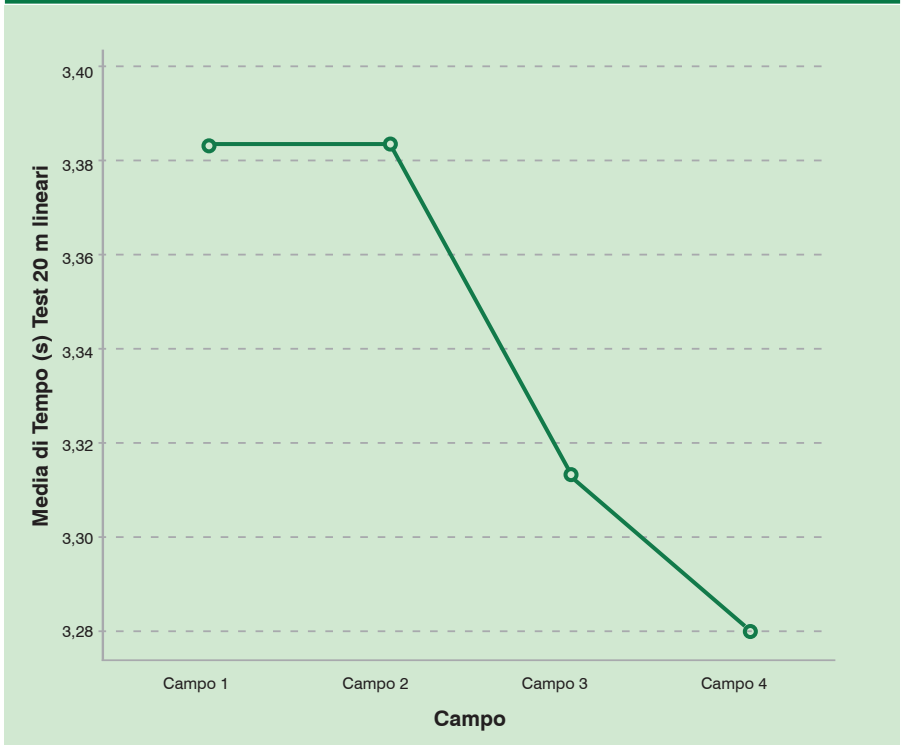


Figura 11 – Tempo (s) nei 20 m lineari misurati sui quattro campi oggetto di studio

Test di sprint a spola 10 + 10 metri (shuttle sprinting)

Tabella 20 - Statistica descrittiva: tempo (s) nei 10+10 m shuttle sprinting sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	Intervallo di confidenza 95%		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	7	4.66	0.32	0.12	4.37	4.95	4.31	5.11
Campo 2	7	4.64	0.32	0.12	4.35	4.94	4.29	5.19
Campo 3	7	4.68	0.32	0.12	4.39	4.98	4.27	5.18
Campo 4	7	4.55	0.29	0.11	4.28	4.82	4.25	4.99
Totale	28	4.63	0.30	0.06	4.52	4.75	4.25	5.19

Tabella 21 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	Epsilon[b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,491	3,358	5,000	0,651	0,665	0,997	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati.
I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 22 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,071	3,000	0,024	5,177	0,009	0,463	15,530	0,855
Greenhouse-Geisser	0,071	1,996	0,035	5,177	0,024	0,463	10,332	0,717
Huynh-Feldt	0,071	2,990	0,024	5,177	0,009	0,463	15,477	0,854
Limite inferiore	0,071	1,000	0,071	5,177	0,063	0,463	5,177	0,480
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	0,082	18,000	0,005					
Greenhouse-Geisser	0,082	11,976	0,007					
Huynh-Feldt	0,082	17,939	0,005					
Limite inferiore	0,082	6,000	0,014					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 23 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo		Differenza media (I-J)	Errore std	Sig.[b]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[b]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	0,013	0,025	1,000	-0,083	0,109
	3	-0,026	0,043	1,000	-0,193	0,142
	4	,107*	0,025	0,029	0,012	0,202
2	1	-0,013	0,025	1,000	-0,109	0,083
	3	-0,039	0,046	1,000	-0,217	0,140
	4	0,094	0,028	0,085	-0,012	0,201
3	1	0,026	0,043	1,000	-0,142	0,193
	2	0,039	0,046	1,000	-0,140	0,217
	4	0,133	0,042	0,119	-0,030	0,296
4	1	-,107*	0,025	0,029	-0,202	-0,012
	2	-0,094	0,028	0,085	-0,201	0,012
	3	-0,133	0,042	0,119	-0,296	0,030

Basato sulle medie marginali stimate / *. La differenza media è significativa al livello ,05.

b. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

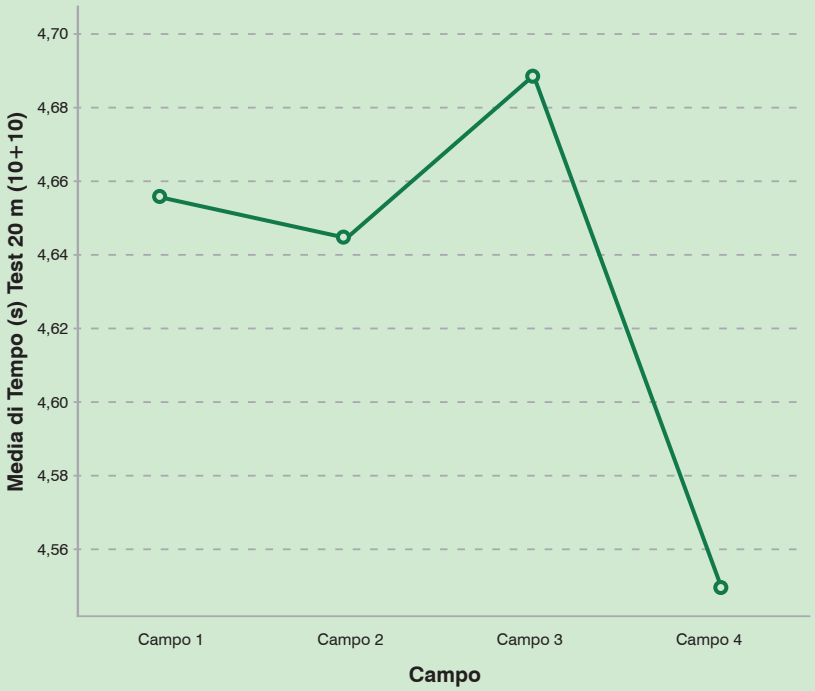


Figura 12 - Tempo (s) nei 10+10 m shuttle sprinting misurato sui quattro campi oggetto di studio

Test Counter Movement Jump (CMJ)

Tabella 24 - Statistica descrittiva: del CMJ (cm) sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	Intervallo di confidenza 95%		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	7	41.1	6.2	2.4	35.4	46.9	31.0	48.0
Campo 2	7	42.1	6.7	2.5	36.0	48.3	34.0	51.0
Campo 3	7	42.4	5.9	2.2	36.9	47.9	33.0	48.0
Campo 4	7	41.9	6.1	2.3	36.2	47.5	30.0	48.0
Totale	28	41.9	5.9	1.1	39.6	44.2	30.0	51.0

Tabella 25 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df		Sig.	Epsilon[b]		
						Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,121	9,979	5,000	.	0,082	0,486	0,602	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati.
I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 26 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	6,393	3,000	2,131	0,516	0,677	0,079	1,548	0,135
Greenhouse-Geisser	6,393	1,458	4,383	0,516	0,559	0,079	0,752	0,105
Huynh-Feldt	6,393	1,807	3,537	0,516	0,593	0,079	0,932	0,112
Limite inferiore	6,393	1,000	6,393	0,516	0,500	0,079	0,516	0,094
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	74,357	18,000	4,131					
Greenhouse-Geisser	74,357	8,750	8,498					
Huynh-Feldt	74,357	10,845	6,856					
Limite inferiore	74,357	6,000	12,393					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 27 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo		Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[a]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[a]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	-1,000	0,951	1,000	-4,674	2,674
	3	-1,286	0,421	0,134	-2,910	0,339
	4	-0,714	0,993	1,000	-4,551	3,122
2	1	1,000	0,951	1,000	-2,674	4,674
	3	-0,286	1,149	1,000	-4,723	4,152
	4	0,286	1,686	1,000	-6,228	6,800
3	1	1,286	0,421	0,134	-0,339	2,910
	2	0,286	1,149	1,000	-4,152	4,723
	4	0,571	0,922	1,000	-2,991	4,134
4	1	0,714	0,993	1,000	-3,122	4,551
	2	-0,286	1,686	1,000	-6,800	6,228
	3	-0,571	0,922	1,000	-4,134	2,991

Basato sulle medie marginali stimate / a. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

Figura 9 – Altezza di salto CMJ (cm) misurati sui quattro campi oggetto di studio

Test della Stiffness (15”)

Tabella 28 - Statistica descrittiva: indice di Stiffness (kN/m/Kg) sulle quattro diverse superfici

	N	Media	Deviazione std	Errore std	Intervallo di confidenza 95%		Minimo	Massimo
					Limite inferiore	Limite superiore		
Campo 1	7	0.48	0.10	0.04	0.39	0.57	0.36	0.66
Campo 2	7	0.49	0.11	0.04	0.38	0.59	0.39	0.71
Campo 3	7	0.60	0.14	0.05	0.47	0.73	0.40	0.83
Campo 4	7	0.57	0.11	0.04	0.47	0.67	0.42	0.74
Totale	28	0.53	0.12	0.02	0.49	0.58	0.36	0.83

Tabella 29 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df		Sig.	Epsilon [b]		
						Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,233	6,875	5,000	.	0,239	0,693	1,000	0,333

Verifica l’ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell’errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati. I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 30 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,071	3,000	0,024	4,997	0,011	0,454	14,990	0,841
Greenhouse-Geisser	0,071	2,078	0,034	4,997	0,025	0,454	10,382	0,715
Huynh-Feldt	0,071	3,000	0,024	4,997	0,011	0,454	14,990	0,841
Limite inferiore	0,071	1,000	0,071	4,997	0,067	0,454	4,997	0,467
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	0,085	18,000	0,005					
Greenhouse-Geisser	0,085	12,466	0,007					
Huynh-Feldt	0,085	18,000	0,005					
Limite inferiore	0,085	6,000	0,014					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 31 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo	(J) tipo_campo	Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[a]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[a]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	-0,004	0,013	1,000	-0,053	0,045
	3	-0,114	0,037	0,126	-0,257	0,028
	4	-0,087	0,042	0,491	-0,248	0,074
2	1	0,004	0,013	1,000	-0,045	0,053
	3	-0,110	0,038	0,171	-0,258	0,038
	4	-0,083	0,042	0,557	-0,243	0,077
3	1	0,114	0,037	0,126	-0,028	0,257
	2	0,110	0,038	0,171	-0,038	0,258
	4	0,027	0,040	1,000	-0,129	0,183
4	1	0,087	0,042	0,491	-0,074	0,248
	2	0,083	0,042	0,557	-0,077	0,243
	3	-0,027	0,040	1,000	-0,183	0,129

Basato sulle medie marginali stimate / a. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

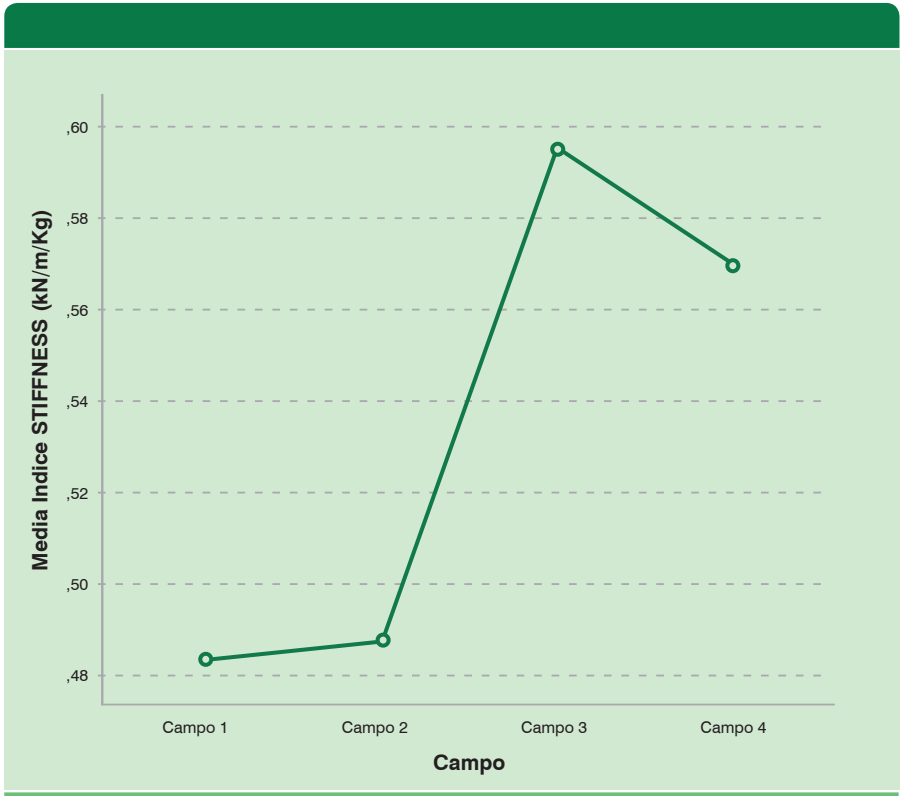


Figura 10 – Indice di Stiffness (Kn/m/Kg) misurati sui quattro campi oggetto di studio

Studio della Frequenza Cardiaca media in prova di Endurance

Test di corsa a navetta a velocità costante e misura della frequenza cardiaca

Tabella 32 - Statistica descrittiva: FC media (bpm) riscontrata sulle quattro diverse superfici (media dei valori medi riscontrati nei soggetti nell'ultimo minuto di prova)

Campo	Media dei valori medi* (bpm)	Deviazione standard	Errore standard	*Intervallo di confidenza 95%*	
				Limite inferiore	Limite superiore
Campo 1	149,010	14,263	5,043	137,087	160,934
Campo 2	155,563	16,094	5,690	142,108	169,017
Campo 3	158,865	18,712	6,616	143,221	174,508
Campo 4	160,099	17,520	6,194	145,452	174,745

*FC ultimo minuto (N=7)

Tabella 33 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	*Epsilon* [b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
campo	0,289	7,099	5	0,219	0,576	0,747	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati. I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 34 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	591,994	3	197,331	10,574	0,000	0,602	31,722	0,995
Greenhouse-Geisser	591,994	1,728	342,666	10,574	0,003	0,602	18,268	0,942
Huynh-Feldt	591,994	2,242	264,043	10,574	0,001	0,602	23,708	0,978
Limite inferiore	591,994	1,000	591,994	10,574	0,014	0,602	10,574	0,796
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	391,898	21	18,662					
Greenhouse-Geisser	391,898	12,093	32,406					
Huynh-Feldt	391,898	15,694	24,971					
Limite inferiore	391,898	7,000	55,985					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 35 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo	(J) tipo_campo	Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[b]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[b]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	-6,552	1,895	0,064	-13,443	0,339
	3	-9,854	3,145	0,099	-21,289	1,581
	4	-11,089*	2,432	0,016	-19,931	-2,247
2	1	6,552	1,895	0,064	-0,339	13,443
	3	-3,302	1,734	0,591	-9,606	3,002
	4	-4,536	1,571	0,140	-10,248	1,175
3	1	9,854	3,145	0,099	-1,581	21,289
	2	3,302	1,734	0,591	-3,002	9,606
	4	-1,234	1,767	1,000	-7,657	5,188
4	1	11,089*	2,432	0,016	2,247	19,931
	2	4,536	1,571	0,140	-1,175	10,248
	3	1,234	1,767	1,000	-5,188	7,657

Basato sulle medie marginali stimate / *. La differenza media è significativa al livello 0,05.

b. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

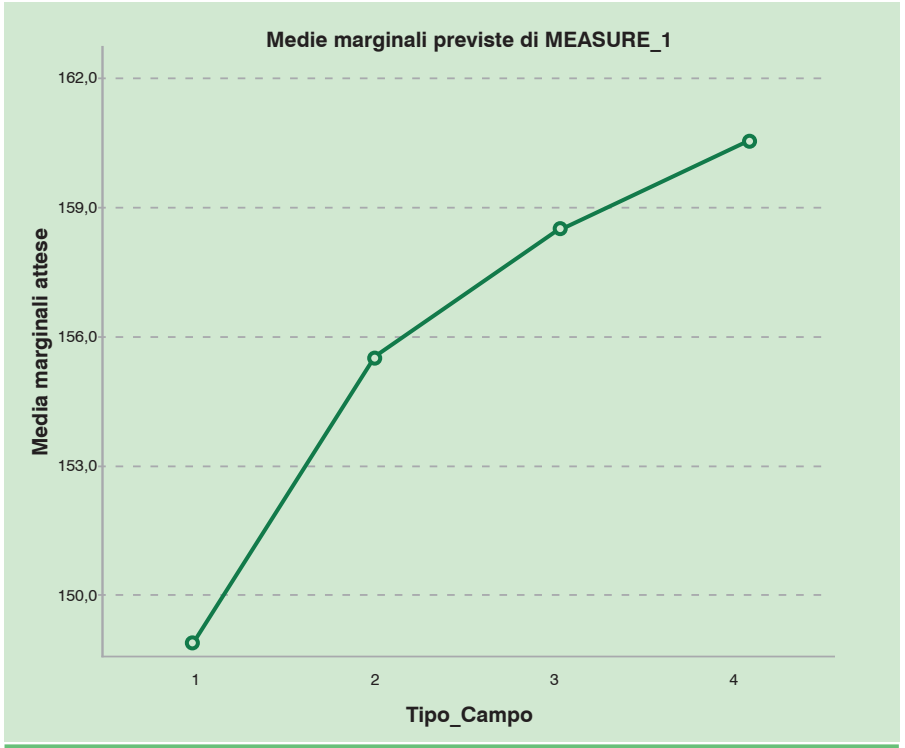


Figura 13 – Andamento della Frequenza Cardiaca media (bpm) in prova di Endurance svolta sulle quattro diverse superfici.

Baropodometria elettronica dinamica

Pressione massima

Tabella 36 - Statistica descrittiva: pressione max (g/cm^2)

tipo_campo	Media	Errore Std	*Intervallo di confidenza 95%*	
			Limite inferiore	Limite superiore
1	4612,93	643,43	2958,94	6266,93
2	2600,80	386,40	1607,53	3594,07
3	2821,18	422,42	1735,33	3907,04
4	2958,22	340,02	2084,16	3832,28

Tabella 37 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	*Epsilon* [b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,489	2,663	5,000	0,759	0,711	1,000	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati. I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 38 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	15288344,22	3,000	5096114,74	4,048	0,027	0,447	12,145	0,730
Greenhouse-Geisser	15288344,22	2,133	7168079,19	4,048	0,047	0,447	8,635	0,604
Huynh-Feldt	15288344,22	3,000	5096114,74	4,048	0,027	0,447	12,145	0,730
Limite inferiore	15288344,22	1,000	15288344,22	4,048	0,100	0,447	4,048	0,372
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	18881851,87	15,000	1258790,12					
Greenhouse-Geisser	18881851,87	10,664	1770585,58					
Huynh-Feldt	18881851,87	15,000	1258790,12					
Limite inferiore	18881851,87	5,000	3776370,37					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 39 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo	(J) tipo_campo	Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[a]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[a]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	2012,133	554,390	,090	-327,008	4351,275
	3	1791,750	666,110	,260	-1018,772	4602,272
	4	1654,717	791,127	,544	-1683,291	4992,724
2	1	-2012,133	554,390	,090	-4351,275	327,008
	3	-220,383	692,527	1,000	-3142,370	2701,603
	4	-357,417	688,770	1,000	-3263,551	2548,718
3	1	-1791,750	666,110	,260	-4602,272	1018,772
	2	220,383	692,527	1,000	-2701,603	3142,370
	4	-137,033	432,031	1,000	-1959,906	1685,840
4	1	-1654,717	791,127	,544	-4992,724	1683,291
	2	357,417	688,770	1,000	-2548,718	3263,551
	3	137,033	432,031	1,000	-1685,840	1959,906

Basato sulle medie marginali stimate / a. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

Figura 14 - Valori baropodometrici dinamici della Pressione Max (g/cm^2) esercitata nell'esecuzione del Drop Jump (30 cm) sulle quattro superfici di studio

Pressione media

Tabella 40 - Statistica descrittiva: pressione media (g/cm²)

tipo_campo	Media	Errore std	*Intervallo di confidenza 95%*	
			Limite inferiore	Limite superiore
1	2646,47	422,83	1559,55	3733,38
2	1452,25	237,79	841,00	2063,50
3	1608,78	247,62	972,26	2245,30
4	1640,57	210,04	1100,64	2180,49

Tabella 41 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	*Epsilon* [b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,663	1,530	5,000	0,912	0,803	1,000	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati. I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 42 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	5363626,48	3,000	1787875,49	3,774	0,034	0,430	11,321	0,696
Greenhouse-Geisser	5363626,48	2,408	2227090,51	3,774	0,047	0,430	9,088	0,615
Huynh-Feldt	5363626,48	3,000	1787875,49	3,774	0,034	0,430	11,321	0,696
Limite inferiore	5363626,48	1,000	5363626,48	3,774	0,110	0,430	3,774	0,351
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	7106589,68	15,000	473772,65					
Greenhouse-Geisser	7106589,68	12,042	590161,10					
Huynh-Feldt	7106589,68	15,000	473772,65					
Limite inferiore	7106589,68	5,000	1421317,94					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 43 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo		Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[a]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%[a]*	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	1194,217	376,587	0,149	-394,719	2783,153
	3	1037,683	402,364	0,297	-660,014	2735,381
	4	1005,900	484,700	0,556	-1039,200	3051,000
2	1	-1194,217	376,587	0,149	-2783,153	394,719
	3	-156,533	396,205	1,000	-1828,245	1515,178
	4	-188,317	407,790	1,000	-1908,908	1532,275
3	1	-1037,683	402,364	0,297	-2735,381	660,014
	2	156,533	396,205	1,000	-1515,178	1828,245
	4	-31,783	292,619	1,000	-1266,432	1202,865
4	1	-1005,900	484,700	0,556	-3051,000	1039,200
	2	188,317	407,790	1,000	-1532,275	1908,908
	3	31,783	292,619	1,000	-1202,865	1266,432

Basato sulle medie marginali stimate / a. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

Figura 15 - Valori baropodometrici dinamici della Pressione Media esercitata nell'esecuzione del Drop Jump (30 cm) sulle quattro superfici di studio

Tempo di contatto

Tabella 44 - Statistica descrittiva: tempo di contatto (s)

tipo_campo	Media	Errore Std	*Intervallo di confidenza 95%*	
			Limite inferiore	Limite superiore
1	1,48	0,25	0,83	2,13
2	1,21	0,14	0,86	1,56
3	1,21	0,10	0,94	1,47
4	1,17	0,09	0,94	1,41

Tabella 45 - Test di sfericità di Mauchly

Effetto entro soggetti	W di Mauchly	Approssimazione chi-quadrato	Df	Sig.	*Epsilon* [b]		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferiore
tipo_campo	0,295	4,543	5,000	0,487	0,575	0,850	0,333

Verifica l'ipotesi nulla per la quale la matrice di covarianza dell'errore della variabile dipendente trasformata ortonormalizzata è proporzionale a una matrice identità.
a. Disegno: Intercetta
Disegno entro soggetti: Tipo_campo
b. È possibile utilizzarlo per regolare i gradi di libertà per i test di significatività mediati. I test corretti vengono visualizzati nella tabella dei test sugli effetti entro soggetti.

Tabella 46 - Anova per misure ripetute: test degli effetti entro soggetti

Sorgente	Somma dei quadrati Tipo III	Df	Media dei quadrati	F	Sig.	Eta quadrato parziale	Non centralità Parametro	Potenza osservata[a]
TIPO_CAMPO								
Assumendo la sfericità	0,370	3,000	0,123	0,796	0,515	0,137	2,387	0,181
Greenhouse-Geisser	0,370	1,725	0,215	0,796	0,464	0,137	1,373	0,140
Huynh-Feldt	0,370	2,550	0,145	0,796	0,500	0,137	2,029	0,167
Limite inferiore	0,370	1,000	0,370	0,796	0,413	0,137	0,796	0,113
ERRORE (TIPO_CAMPO)								
Assumendo la sfericità	2,328	15,000	0,155					
Greenhouse-Geisser	2,328	8,626	0,270					
Huynh-Feldt	2,328	12,752	0,183					
Limite inferiore	2,328	5,000	0,466					

a. Calcolato usando alfa = ,05

Tabella 47 - Anova per misure ripetute: confronti a coppie (post hoc Bonferroni)

(I) tipo_campo		Differenza media (I-J)	Errore Std	Sig.[a]	*Intervallo di confidenza per la differenza al 95%*[a]	
					Limite inferiore	Limite superiore
1	2	0,273	0,297	1,000	-0,978	1,525
	3	0,273	0,273	1,000	-0,880	1,427
	4	0,308	0,292	1,000	-0,923	1,539
2	1	-0,273	0,297	1,000	-1,525	0,978
	3	0,000	0,145	1,000	-0,611	0,611
	4	0,035	0,167	1,000	-0,668	0,738
3	1	-0,273	0,273	1,000	-1,427	0,880
	2	0,000	0,145	1,000	-0,611	0,611
	4	0,035	0,117	1,000	-0,460	0,530
4	1	-0,308	0,292	1,000	-1,539	0,923
	2	-0,035	0,167	1,000	-0,738	0,668
	3	-0,035	0,117	1,000	-0,530	0,460

Basato sulle medie marginali stimate / a. Correzione per confronti multipli: Bonferroni.

Figura 16 - Valori baropodometrici dinamici dei Tempi di Contatto esercitati nell'esecuzione del Drop Jump (30 cm) sulle quattro superfici di studio

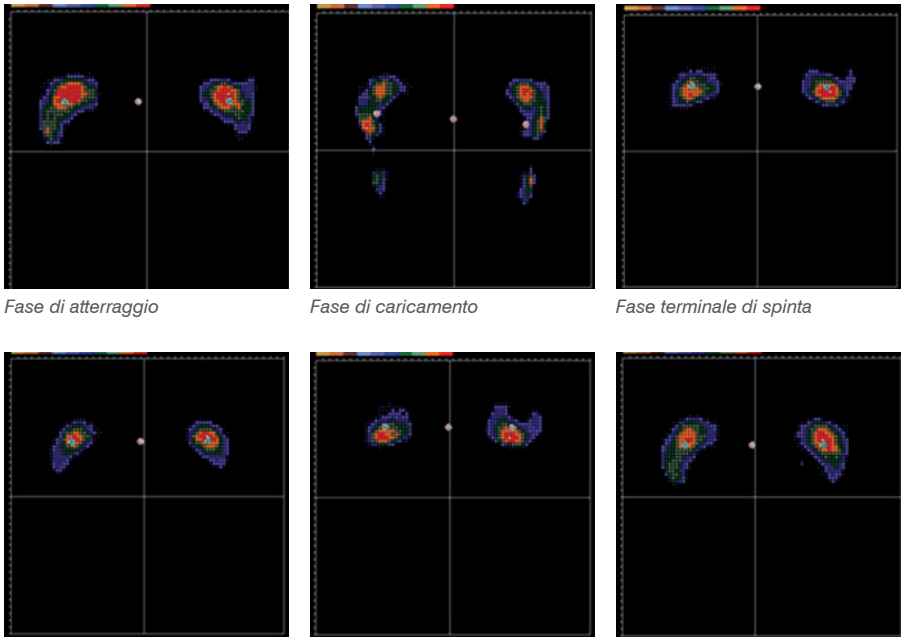


Figura 17 – Baropodometria elettronica: si riporta a titolo esemplificativo lo studio dei Momenti Notevoli attuato: atterraggio (fase eccentrica), caricamento (transizione eccentrico-concentrica) e fase terminale di spinta (concentrica), su due diverse pavimentazioni (campo 1, campo 4).

Legenda scala pressoria figura 17: valori incrementali da sinistra a destra

Dall'analisi dei dati del test Drop Jump effettuato su pedana baropodometrica elettronica, si è riscontrato che le pressioni (massime e medie) e i tempi di contatto al suolo sono diversi tra i quattro campi oggetto di studio (ANOVA per misure ripetute con $p<0.05$: pressione massima: tabelle 36-39, figura 14; pressione media: tabelle 40-43, figura 15; tempi di contatto tabelle 44-47, figura 16).
Tali differenze sono visibili anche in analisi qualitativa, (come riportato in figura 17), dove le diverse pressioni esercitate durante lo svolgimento del test Drop Jump, sono illustrate graficamente dalla diversa scala cromatica adottata (vedi legenda scala pressoria). Le figure presentate si riferiscono a tre Momenti Notevoli identificati per la loro rilevanza biomeccanica (fase di atterraggio o fase eccentrica, fase di caricamento o fase di inversione eccentrica-concentrica, fase terminale di spinta o fase concentrica). Si sottolinea che tali Momenti Notevoli rappresentano un campionamento arbitrario esercitato su un fenomeno continuo (analogico) per motivi di studio.
Si potrebbe ipotizzare, nonostante i soggetti analizzati non fossero atleti professionisti e con presumibili difficoltà coordinative di esecuzione del Drop Jump, una maggiore proprietà elastica, quindi ammortizzante e di conseguenza meno traumatizzante, della pavimentazione in sperimentazione n. 1.

Conclusioni

Questo lavoro rappresenta la naturale continuazione di una analoga esperienza di studio condotta precedentemente (test di Medolla, novembre 2013) sul tema della comparazione degli effetti di superfici derivate da tecnologia di riciclo di materiali provenienti da Pneumatici Fuori Uso ed altre tipologie di pavimentazione standard utilizzate nella costruzione di palestre o campi da gioco.
In questo studio si sono posti a confronto le possibili influenze che le 4 diverse superfici testate (variabili indipendenti) producevano su misure di tipo meccanico, fisico, fisiologico e posturali-funzionali (variabili dipendenti).
Queste prime analisi consentono di confermare che le superfici studiate a Prato presentino caratteristiche fra loro assolutamente dissimili, in termini di deformazione, resa elastica e fenomeni di attrito considerati ($p<0.0001$) e, conseguentemente, una possibile influenza, in acuto, sulla performance umana studiata (riscontrate differenze nelle misure di stiffness muscolare ($p=0.011$), nelle espressioni di accelerazioni/sprint lineari ed a spola ($p=<0.00001$; $p=0.009$), nell'impatto sul costo energetico della corsa stimato attraverso Frequenza Cardiaca ($p<0,00001$).

Dal punto di vista baropodometrico e posturale-funzionale le variabili studiate confermano la diversa risposta indotta dalle diverse superfici sull'appoggio podalico, con alte significatività statistiche (pressione massima totale del piede all'impatto da drop jump, $p=0.027$; pressione media $p=0.034$) e minime differenze statistiche nei tempi di contatto rilevati ($p>0.05$), seppure evidenti nel campo n. 1.

In senso generale possiamo quindi ritenere i 4 campi idonei a soddisfare un range piuttosto ampio di necessità d'uso, che vanno dalla ricerca della **massima prestazione in termini di sprint** (campo 4 – poco elastico con basso attrito) ad una possibilità d'uso più orientata **alla prevenzione** di micro-traumi ripetuti (campo 1 e 2 - più elastici con basso attrito). Un discorso a parte merita il campo numero 3, dove l'alto livello di **attrito radente** riscontrato lo rende particolarmente adatto a prestazioni che richiedano un alto livello di "grip" fra piede-calzatura-suolo, ma con evidenti probabilità di un "bloccaggio" del piede in particolari situazioni, che potrebbero risultare in fenomeni distorsivi sulle articolazioni interessate di caviglia e ginocchio.

Tabella 48 – Tavola indicativa sulle possibilità d'uso consigliabili sulle diverse superfici

Identificativo	Tipologia, uso	Spessore del materassino anti shock in gomma (mm)	Uso consigliato
Campo 1	Outdoor – Tennis resina acrilica	09	Performance, Gara, Allenamento **(elastico)**
Campo 2	Outdoor – Tennis resina acrilica	12	Allenamento **(ammortizzante)**
Campo 3	Indoor –Tennis, Calcio a 5 erba sintetica	10	Allenamento; **attenzione: alto livello di "grip".**
Campo 4	Indoor –Tennis, Calcio a 5 erba sintetica	06	Performance, Gara, Allenamento –**"campo molto duro"**

Bibliografia

1. Alexander, R. M. *Elastic Mechanisms in Animal Movement.* Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1988.
2. Belli A, Bosco C. *Influence of stretch-shortening cycle on mechanical behaviour of triceps surae during hopping.* Acta Physiol Scand. 1992 Apr;144(4):401-8.
3. Blickhan, R. *The spring-mass model for running and hopping.* J. Biomech. 22: 1217–1227, 1989.
4. Bogdanov P., Ivanov S.; *BIOMECCANICA DEGLI ESERCIZI FISICI;* 1989 SSS; Roma
5. Buglione A, di Prampero *PE THE ENERGY COST OF SHUTTLE RUNNING* Eur J Appl Physiol. 2013 Jun;113(6):1535-43. doi: 10.1007/s00421-012-2580-9. Epub 2013 Jan 9.
6. Cavagna GA, Heglund NC, and Taylor CR. *Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure.* Am J Physiol Regulatory Integrative CompPhysiol 233: R243–R261, 1977
7. Colli R, Buglione A, Introini E, D'Ottavio S *L'allenamento intermittente tra scienza e prassi.* Scuola dello Sport n° 72 Gennaio-Marzo 2007 pag. 45-52
8. de Koning JJ, Nigg BM, Gerritsen KG. Assessment of the mechanical properties of area-elastic sport surfaces with video analysis. Med Sci Sports Exerc. 1997 Dec;29(12):1664-8.

9. Donnskoj D., Zatziorskij V.; *BIOMECCANICA*; 1983; SSS; Roma

10. Drakos MC, Taylor SA, Fabricant PD, Haleem AM. S*ynthetic playing surfaces and athletes health.* J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2013; 21: 293-302.

11. Ekstrand J, Nigg BM. *Surface-related injuries in soccer.* Sports Med. 1989 Jul;8(1):56-62.

12. Farley CT., Houdijk HHP., Van Strien C. and Louie M. *Mechanism of leg stiffness adjustment for hopping on surfaces of different stiffness.* J Appl Physiol 85:1044-1055, 1998.

13. Ferris, D. P., and C. T. Farley. *Interaction of leg stiffness and surface stiffness during human hopping.* J. Appl. Physiol. 82: 15–22, 1997.

14. Ferris, D. P., M. Louie, and C. T. Farley. *Running in the real world: adjustments in leg stiffness for different locomotion surfaces.* Proc. Roy. Soc. B. 265: 989–994, 1998.

15. Gollhofer, A. *Innervation characteristics of m. gastrocnemius during landing on different surfaces.* In: Biomechanics X-B, edited by B. Jonsson. Champaign, IL: Human Kinetics, 1987, p. 701–706.

16. Katkat D., Bulut Y., Demir M., Akar S. *Effects of different sport surfaces on muscle performance.* Biol Sport, 26 (3), 285-96; 2009.

17. Kerdok AE., Biewener AA., McMahon TA. Weyand PPG. and Herr HM. *Energetic mechanism of human running on surfaces of different stiffness.* Appl Physiol 92:469-478, 2002.

18. Kolitzus HJ. Ball Roll Behavior *The Functional Relationship of the Ball Roll Distance and the Timing Gate Method*. IST Switzerland, United States Sports Surfacing Laboratory USSL www.isss.sportsurfacescience.org

19. Kolitzus HJ. *Artificial Turf Surfaces for Soccer*. IST Switzerland, United States Sports Surfacing Laboratory USSL www.isss.sportsurfacescience.org

20. Johnson DL,Urban WP, Caborn DN, Vanarthos WJ, Carlson CS, 1998.*Articular cartilage changes seen with magnetic resonance imaging-detected bone bruises associated with acute anterior cruciate ligament rupture*. American Journal of Sports Medicine26,409–414.

21. Mcmahon, T. A., and P. R. Greene. *The influence of track compliance of running*. J. Biomech. 12:893–904, 1979.

22. McNitt-Gray, J. L., T. Yokoi, and C. Millward. *Landing strategy adjustments made by female gymnasts in response to drop height and mat composition*. J. Appl. Biomech. 9: 173–190, 1993.

23. McNitt-Gray, J. L., T. Yokoi, and C. Millward. *Landing strategies used by gymnasts on different surfaces*. J. Appl.Biomech. 10: 237–252, 1994.

24. Meyer EG., Willwock MR., Haut RC., 2009. *Osteochondrtal microdamage from valgus bending of the human knee*. Clinical Biomechanics 24, 557-582.

25. Nigg, B. M., and B. Segesser. *Biomechanical and orthopedic concepts in sport shoe construction*. Med. Sci. Sports Exerc. 24: 595–602, 1992.

26. Nigg, B. M., D. Stefanyshyn, and J. Denoth. *Mechanical considerations of work and energy.* In: Biomechanics and Biology of Movement, B. M. Nigg, B. R. MacIntosh, and J. Mester (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2000, pp. 5–18.

27. Pasanen K, Parkkari J, Rossi L, Kannus P. *Artificial playing surface increases the injury risk in pivoting indoor sports: a prospective one-season follow-up study in Finnish female floorball.* Br J Sports Med. 2008 Mar;42(3):194-7. Epub 2007 Oct 11.

28. Picerno P, Camomilla V, Capranica L. *Countermovement jump performance assessment using a wearable 3D inertial measurement unit* J Sports Sci. 2011 Jan;29(2):139-46. doi: 10.1080/02640414.2010.523089.

29. Ruscello B, Tozzo N, Briotti G, Padua E, Ponzetti F, D'Ottavio S. *Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation*. J Strength Cond Res. 2013 Jul;27(7):1904-19. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182736adf.

30. Sacripanti A.; *BIOMECCANICA DEGLI SPORT*; 2004; Edizioni Il Vascello; Roma

31. Sanders, R. H., and B. D. Wilson. *Modification of movement patterns to accommodate to a change in surface compliance*

in a drop jumping task. Hum. Mov. Sci. 11: 593–614, 1992.

32. Sanders, R. H., and J. B. Allen. *Changes in net joint torques during accommodation to change in surface compliance in a drop jumping task*. Hum. Mov. Sci. 12: 299–326, 1993.

33. Shorten MR, and Himmelsbach JA. *Sports surfaces and the risk of traumatic brain injury*. BioMechanica, LLC, Portland, Oregon, USA. www.isss.sportsurfacescience.org

34. Yeow CH., Lau ST., Lee PVS., Goh JCH. 2009. D*amage and degenerative changes in meniscal-covered and exposed tibial osteochondral regions after simulated landing impact compression*. J. Orthopaedic Res. 27, 1100-08.

35. Taylor SA., Fabricant PD., Khair MM., Haleem AM., *Drakos MC. A review of synthetic playing surfaces, the shoe-surfaces interface and lower extremity injuries in athletes.* The Physician and sportsmedicine; 40 (4) 66-72. 2012.

Progetto grafico: *Peja Design*
Fotografie: *ICP, Videoservice Italia, Gabriele Peja.*
Stampa: *TMB Stampa Roma.*
Finito di stampare nel mese di marzo 2016.

Ecopneus Scpa
Via Messina, 38 Torre B
20154 Milano

Tel.: +39 02.92.970.1
Fax: +39 02.92.970.299

E-mail: info@ecopneus.it
Web: www.ecopneus.it