I vantaggi della gomma riciclata per l'equitazione

Studi e ricerche

18

ecopneus
il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi

UISP aps
sportpertutti

C.R.C.S
centro ricerca sul consulto sportivo

Sommario

Introduzione 4

1. CONFRONTO TRA CAMPI IN SABBIA E CAMPI IN GOMMA RICICLATA TRAMITE L'AUSILIO DI SISTEMI INERZIALI 6

MATERIALI E METODI 8
RISULTATI 12
DISCUSSIONE 32

2. VALUTAZIONE DELLA CARICA MICROBICA AMBIENTALE IN BOX PER CAVALLI CON PAVIMENTI IN GOMMA RICICLATA: RISULTATI PRELIMINARI 36

BOX 38
PAVIMENTAZIONE OVUD DI PERUGIA 48
PAVIMENTAZIONE CeMiVet 54

3. ESPOSIZIONE A POLVERI NELLE ATTIVITÀ EQUESTRI 58

RISULTATI 61

4. VALUTAZIONE DELLO STATO SANITARIO DELLE VIE AEREE INFERIORI IN CAVALLI DA MANEGGIO 62

5. PROVE PER LA STIMA DELL'ESPOSIZIONE INALATORIA E DERMICA IN CAMPI IPPICI CON GRANULO DA PFU 74

PREMESSA 76
1 .CARATTERISTICHE DEL SITO MONITORATO 77
2. MATERIALI E METODI 78
3. RISULTATI ANALITICI 90
4. ANALISI DI RISCHIO 100
5. VALUTAZIONI FINALI 106
6. BIBLIOGRAFIA DEL CAPITOLO 5 108

INTRODUZIONE

L'utilizzo di materiali in gomma riciclata è stato recentemente indirizzato in moltissimi settori, inclusi quelli relativi all'equitazione e alle strutture veterinarie. Negli ultimi 30 anni nel settore dell'equitazione sono stati introdotti notevoli accorgimenti per le varie superfici utilizzate come campi di gara o di allenamento, sia nel salto ostacoli sia nel dressage. Relativamente ai campi da equitazione, si è passati da terreni in erba, spesso poco regolari e di diversa compattezza, a superfici in sabbia, di diversa composizione, spesso più soffici e apparentemente più confortevoli e performanti in diverse condizioni climatiche, con lo scopo di un sempre più corretto utilizzo del cavallo.

Di pari passo lo stesso approccio è stato utilizzato, con qualche anno di anticipo, in altre discipline sportive umane, dall'atletica al calcio, dove, proprio in quest'ultimo, oggi molte competizioni ad alto livello si svolgono su campi di tipo sintetico, manti simil-erbosi con diversi materiali di riempimento di base tra cui la gomma riciclata, proveniente da Pneumatici Fuori Uso (PFU).

Ecopneus è la società senza scopo di lucro che si occupa della raccolta, il trasporto e il riciclo dei PFU in Italia, gestendone mediamente 210.000 tonnellate ogni anno. Dal loro riciclo provengono granuli e polverino di gomma che portano vantaggi sotto diversi profili alle pavimentazioni per lo sport: ad esempio, nel calcio, sul piano economico il campo è più duraturo dei manti erbosi naturali e non richiede costi di irrigazione e cure fitosanitarie. La gomma riciclata da PFU consente di non avvalersi di altre materie prime più costose, trovando allo stesso tempo una destinazione d'uso per un valido materiale derivato da un prodotto a fine vita. I granuli di gomma aumentano il comfort di gioco e facilitano il drenaggio dell'acqua piovana così tanto che, su un campo in erba sintetica, è possibile giocare anche 24 ore al giorno tutti i giorni della settimana, senza rischio di usura dell'impianto. Le performance sportive sono spesso ottimali in quanto l'elasticità del terreno accompagna i movimenti dell'atleta restituendo l'energia impressa al terreno nel gioco senza subire grosse deformazioni per la pressione e gli urti.

La strada di Ecopneus ha presto incontrato quella dell'**Unione Italiana Sport Per tutti (Uisp)**, un'associazione di promozione sportiva e sociale che ha l'obiettivo di estendere il diritto allo sport per tutti i cittadini. Sin dal 1948, anno della sua fondazione, l'Uisp ha affermato il valore sociale dello sport come bene sociale che interessa la salute, la qualità della vita, l'ambiente, l'integrazione, l'educazione e le relazioni tra le persone, in tutte le età della vita.

Al fine di promuovere una cultura della sostenibilità ambientale attraverso lo sport, Ecopneus e UISP sostengono un sempre maggiore utilizzo dellagomma da riciclo in ambito sportivo. Dal 2012 è attiva una partnership che mira ad unire sinergicamente l'impegno di Ecopneus per lo sviluppo delle applicazioni della gomma riciclata con una politica avviata da UISP verso la sostenibilità delle strutture impiantistiche delle società sportive associate.

L'equitazione è un settore che può beneficiare molto dei campi in gomma riciclata.
Soprattutto grazie all'eccezionale impatto che questi campi possono avere sulla riduzione drastica della inalazione delle polveri silicee e non, nei confronti del cavallo del cavaliere e degli operatori del settore.

Per tale motivo, Ecopneus da qualche anno sta lavorando alla messa a punto di un campo di equitazione completamente in PFU.

Da questo obiettivo è nata una stretta collaborazione scientifica tra Ecopneus, Uisp e Dipartimento di Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Perugia per lo studio delle implicazioni dell'utilizzo dei campi in PFU nell'equitazione e per le superfici in gomma riciclata nelle strutture ospedaliere dell'Ospedale Veterinario Didattico del Dipartimento di Medicina Veterinaria di Perugia. Questo dossier racchiude tutte le ricerche prodotte finora.

1. CONFRONTO TRA CAMPI IN SABBIA E CAMPI IN GOMMA RICICLATA TRAMITE L'AUSILIO DI SISTEMI INERZIALI

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di confrontare il comfort dei campi in gomma riciclata rispetto ai normali campi in sabbia per gli sport equestri.

Per fornire dati più accurati ed oggettivi riguardanti l'interazione tra i campi e l'apparato muscolo-scheletrico del cavallo è stato utilizzato un sistema di valutazione delle andature del cavallo, il Lameness Locator (Equinosis®).

MATERIALI E METODI

CAMPO IN GOMMA RICICLATA

Presso il Centro Ippico Happy Horse di Orvieto sono stati istallati due campi in PFU (Pneumatici Fuori Uso): prima il campo "PFU1" che dopo tre settimane è stato sostituito dal campo "PFU2" (Tabella 1).
I cavalli sono quindi stati testati due volte con un intervallo di 3 settimane tra il campo in PFU1 e il campo in PFU2.

TABELLA 1 - STRATIGRAFIA CAMPI

PFU1	PFU2
Piastra in gomma negativa da 4 cm	Piastra in gomma positiva da 4 cm
Piastra in gomma positiva da 4 cm	Piastra in gomma positiva da 4 cm
Spessore totale delle piastre: 6 cm	Spessore totale delle piastre: 6 cm
Strato di 5 cm di gomma nobilitata	Erba sintetica da 4 cm
Rullo Marini 100VS2	Intaso sabbia nobilitata e gomma nobilitata di 4 cm d'erba
	Strato di 5 cm di gomma nobilitata

***(Tabella 1)**. I cavalli sono quindi stati testati due volte con un intervallo di 3 settimane tra il campo in PFU1 e il campo in PFU2.*

CAMPO IN GOMMA RICICLATA

Nello studio sono stati inclusi 14 cavalli (Tabella 2) di età compresa tra gli 8 e i 32 anni (con una media di 16 anni).
Ognuno dei soggetti è stato sottoposto ad una visita clinica per valutare la presenza di eventuali zoppie. In seguito alla visita clinica i cavalli sono stati divisi in due gruppi: "Fit To Compete" (9 soggetti) e "Lame" (5 soggetti).

Nei soggetti "Fit To Compete" sono stati inclusi i cavalli con grado di zoppia inferiore/uguale ad 1 (AAEP); nel gruppo "Lame" sono stati collocati tutti i cavalli con grado di zoppia maggiore di 1/5. Durante la visita clinica è stato anche valutato il grado di asimmetria dei tuber sacrali, dove presente (4 soggetti presentavano asimmetria dei tuber sacrali).

Sono stati utilizzati per ogni singola prova tutti e 14 i cavalli. Soltanto i cavalli ritenuti zoppi, ovvero "Fit To Compete" o "Lame" non sono stati esaminati montati.

TABELLA 2 - IDENTIFICAZIONE SOGGETTI

Caso	Razza	Sesso	Età	Asimmetrie tuber-sacrale	Gruppo	Zoppia
1	Paint	MC	12	NO	Fit to compete	Assente
2	Pura Raza Espanola	M	/	NO	Fit to compete	1/5 gradi AS, PD
3	Puro Sangue Arabo	F	19	NO	Lame	3/5 gradi AS
4	Maremmano	MC	20	Sinistro più basso	Fit to compete	1/5 gradi PD
5	Lusitano	MC	10	NO	Fit to compete	1/5 gradi PD
6	Frisone	MC	13	NO	Fit to compete	1/5 gradi PD/AS
7	Maremmano	M	32	NO	Fit to compete	Assente
8	Maremmano	MC	20	Sinistro più basso	Lame	3/5 gradi AD
9	Puro Sangue Inglese	F	10	Sinistro più basso	Lame	2/5 gradi PD
10	Hannover	MC	18	Destro più basso	Fit to compete	1/5 grado PD/AD
11	Quarter Horse	F	21	NO	Lame	2/5 gradi AS
12	Quarter Horse	F	11	NO	Lame	2/5 gradi AS
13	Quarter Horse	MC	8	NO	Fit to compete	Assente
14	Puro Sangue Arabo	MC	15	NO	Fit to compete	1/5 grado AS

Legenda. *MC: Castrone; M: Maschio; F: Femmina; AS: Anteriore Sinistro; AD: Anteriore Destro; PS: Posteriore Sinistro; PD: Posteriore Destro.*

STRUMENTAZIONE

Una volta assegnati i cavalli alle due categorie si è proceduto con l'analisi oggettiva della eventuale zoppia tramite il sistema di sensori inerziali Lameness Locator (Equinosis®).

Ad ogni soggetto sono stati applicati tre sensori (Figura 38):

- 1 giroscopio applicato sull'arto anteriore destro del cavallo (sull'aspetto dorsale del pastorale); questo sensore è stato fissato grazie all'utilizzo della fascia in dotazione con aggiunta di Tensoplast per evitare rotazioni indesiderate del sensore.
- 1 accelerometro collocato sulla nuca del cavallo; questo sensore è stato alloggiato nella cuffia in dotazione che viene a sua volta fissata alla cavezza/testiera del cavallo.
- 1 accelerometro collocato tra i due tuber sacrali del cavallo; questo sensore è stato applicato con l'aiuto dell'apposito pad adesivo con l'aggiunta di nastro americano per una migliore tenuta.

In aggiunta a questi tre sensori un quarto è stato collocato sul cavaliere a livello della cintura, all'altezza del sacro.

***Figura 38**. Cavallo equipaggiato con i 3 sensori.*

Una volta collocati ed attivati i sensori i cavalli sono stati bardati e portati in campo.
In entrambi i campi sono stati eseguiti 5 prove o trials (minimo 25 strides ciascuno) per ogni cavallo:

1. Linea retta (Straight line) al trotto alla mano (Figura 39);
2. Circolo alla longia a mano sinistra (Lounge left) al trotto;
3. Circolo alla longia a mano destra (Lounge Right) al trotto;
4. Trotto montato a mano sinistra (Ride Left) sia seduto che battuto;
5. Trotto montato a mano destra (Ride right) sia seduto che battuto.

ANALISI DEI DATI

Dai fogli di sintesi forniti dal software Lameness Locator sono stati estrapolati i seguenti dati grezzi per essere sottoposti ad un'analisi quantitativa:

1. Media della differenza massima della testa (Diff Max Head Mean);
2. Media della differenza minima della testa (Diff Min Head Mean);
3. Differenza totale della testa (Total Diff Head);
4. "Q score" degli anteriori (Q Score Fore);
5. "Q score" dei posteriori (Q Score Hind).

Per ogni gruppo ("Fit To Compete" e "Lame") è stato eseguito il confronto dei singoli parametri tra PFU1 e Sabbia, tra PFU2 e Sabbia e tra PFU1 e PFU2.

I dati numerici sono stati analizzati per verificare l'omoschedasticità della distribuzione con il test di normalità di Shapiro-Wilk e di omogeneità della varianza con il test di Levene. I dati sono stati quindi comparati con il test t di Student o Wilcoxon per dati appaiati, quando appropriati.

La significatività è stata posta a $p < 0.05$.
I parametri qualitativi forniti dalle schede di sintesi del software sono stati analizzati per identificare se presenti delle modificazioni nell'entità e nell'evidenza dell'irregolarità dell'andatura; a questa tipologia di dati non è stata applicata un'analisi inferenziale ma bensì si è proceduto con una valutazione di tipo descrittivo.

***Figura 39**. Trotto in linea retta alla mano su PFU1.*

RISULTATI

LINEA RETTA

Per quanto riguarda i dati quantitativi degli **arti anteriori** (Tabella 3) non è stata rilevata nessuna differenza statisticamente significativa tra i diversi terreni (sabbia, PFU1, PFU2).

Analizzando i dati relativi alla media della differenza massima dello spostamento della testa è risultato che:

1. Nel gruppo “Fit to compete” la media della differenza massima dello spostamento della testa si è rivelata maggiore sulla sabbia e PFU1 rispetto a PFU2.

2. Il gruppo “Lame” presentava una media della differenza massima dello spostamento della testa maggiore sulla superficie in sabbia rispetto a PFU1 e ancora maggiore rispetto a PFU2. Per quanto riguarda la media della differenza della posizione minima della testa non è stata evidenziata nessuna differenza significativa tra sabbia e PFU1 e 2 anche se era presente un trend che indicava che sulla sabbia la differenza era maggiore in PFU1 e ancora di più su PFU2. Non esisteva differenza significativa tra gruppo “Fit to compete” e “Lame”.
   Nel gruppo “Lame” era presente una notevole differenza della posizione minima della testa che era maggiore in PFU1 rispetto al PFU2 e sabbia.

La differenza totale della posizione della testa mostrava una differenza statisticamente significativa tra il gruppo “Fit to compete” ed il gruppo “Lame”: nel gruppo “Fit to compete” l’escursione totale della testa era sovrapponibile su tutti i terreni mentre nel gruppo “Lame” la differenza totale della posizione della testa era molto più alta in PFU1 rispetto alla sabbia ed ancora di più rispetto a PFU2.

TABELLA 3 - ANTERIORI - LINEA RETTA

	Gruppo	"Fit To Compete"	Gruppo	"Lame"
	Media	Deviazione Standard	Media	Deviazione Standard
Media della Differenza Massima della Testa (Sabbia)	3,87	8,07	-13,8	30,34
Media della Differenza Massima della Testa (PFU1)	4,00	7,78	-8,14	23,52
Media della Differenza Massima della Testa (PFU2)	0,82	6,61	-8,71	18,0
Media della Differenza Minima della Testa (Sabbia)	0,61	6,16	-9,72	31,81
Media della Differenza Minima della Testa (PFU1)	0,18	8,32	20,14	46,83
Media della Differenza Minima della Testa (PFU2)	-4,28	7,43	-13,57	33,34
Differenza Totale della Testa (Sabbia)	10,18	3,78	35,88	30, 56
Differenza Totale della Testa (PFU1)	10,43	6,11	40,24	39,42
Differenza Totale della Testa (PFU2)	10,72	1,77	31,57	26,47
Q Score Anteriori (Sabbia)	10,18	3,78	35,88	30,56
Q Score Anteriori (PFU1)	10,43	6,11	40,24	39,42
Q Score Anteriori (PFU2)	10,73	1,76	31,57	26,47

Per quanto riguarda gli arti posteriori (Tabella 4) la differenza massima dell'escursione della pelvi non mostrava differenze statisticamente significative tra le superfici. Esisteva una differenza tra il gruppo "Fit to compete" ed il gruppo "Lame" e, questa differenza, era maggiore nella sabbia rispetto a PFU 1 e 2.
Nel gruppo "Lame" l'escursione della pelvi era maggiore nella superficie PFU 1 rispetto a PFU 2 e ancora maggiore rispetto alla sabbia.

Per quanto riguarda la differenza minima della escursione della pelvi non è stato possibile riscontrare differenze statisticamente significative tra le diverse superfici. Una differenza era rilevabile tra i gruppi "Fit to compete" e "Lame": nel campo in sabbia la Diff Min della pelvi era maggiore rispetto a PFU 1 e ancora di più rispetto al PFU 2 nel gruppo "Fit to compete". Nel gruppo "Lame" la differenza minima per la posizione della pelvi era maggiore nella superficie PFU 2 rispetto a PFU 1 e ancora di più sulla sabbia.

TABELLA 4 - POSTERIORI - LINEA RETTA

	Gruppo	"Fit To Compete"	Gruppo	"Lame"
	Media	Deviazione Standard	Media	Deviazione Standard
Differenza Massima della Pelvi (Sabbia)	-0,40	5,04	4,54	4,80
Differenza Massima della Pelvi (PFU1)	0,64	5,61	6,08	5,14
Differenza Massima della Pelvi (PFU2)	-2,12	4,05	4,22	1,86
Differenza Minima della Pelvi (Sabbia)	-0,02	2,67	3,40	4,23
Differenza Minima della Pelvi (PFU1)	-0,28	2,93	3,84	3,70
Differenza Minima della Pelvi (PFU2)	-1,41	3,54	4,67	3,09
Q Score Posteriori (Sabbia)	4,45	2,47	7,34	3,04
Q Score Posteriori (PFU1)	4,87	2,95	7,94	3,16
Q Score Posteriori (PFU2)	4,41	2,61	5,77	1,95

Nel gruppo “Fit to compete” non ci sono state differenze nei dati qualitativi (Tabelle 5-8).
È stato possibile notare delle differenze solo in 4 cavalli:

- In 3 cavalli con irregolarità posteriore, l’asimmetria peggiorava in ordine di grandezza su PFU 1 e PFU 2 rispetto alla superficie in sabbia.
- Un cavallo manifestava irregolarità intermittenti, diverse in merito a localizzazione, della zoppia. La localizzazione variava in base al campo su cui si faceva lavorare il cavallo (i diversi arti erano comunque l’anteriore e il posteriore del medesimo diagonale).

Nel gruppo “Lame”, in 1 cavallo non si sono evidenziate differenze tra le diverse superfici. Tuttavia tra gli altri soggetti del medesimo gruppo è stato possibile osservare:

- Due cavalli con zoppia posteriore presentavano irregolarità dell’andatura più evidenti su superficie PFU 1 e 2 rispetto alla superficie in sabbia.
- Due cavalli sono migliorati su superficie PFU 1 e 2 rispetto alla sabbia e, in questi questi casi erano entrambe irregolarità dell’andatura localizzate agli arti anteriori.

TABELLA 5 - LINEA RETTA CASI 1-4

Caso	1	2	3	4
Linea Retta (Sabbia)	Nessuna zoppia	Evidenza moderata di una lieve zoppia AS (Impatto). Evidenza moderata di una lieve zoppia PD (Impatto).	Evidenza forte di una moderata/severa zoppia AS (Impatto). Evidenza forte di una lieve/moderata zoppia PD (Propulsione). La zoppia primaria è AS.	Evidenza lieve di una zoppia molto lieve AD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Propulsione). La zoppia primaria è PD.
Linea Retta (PFU1)	Evidenza debole di una asimmetria molto lieve PS (Propulsione). Evidenza debole di una asimmetria molto debole PD (Impatto).	Evidenza moderata di una zoppia lieve PS (Propulsione). Evidenza debole di una zoppia lieve PD (Impatto).	Evidenza forte di una zoppia moderata/severa AS (Impatto). Evidenza forte di una zoppia forte/moderata PD (Propulsione). La zoppia primaria è AS.	Non zoppo
Linea Retta (PFU2)	Evidenza moderata di una lieve zoppia AS (Propulsione).	Evidenza moderata di una zoppia lieve PS (Propulsione).	Evidenza forte di una zoppia moderata/severa AS (Impatto). Evidenza forte di una zoppia forte/moderata PD (sia Propulsione che Impatto). La zoppia primaria è AS.	Nessuna zoppia.
Confronto (Sabbia-PFU1)	Asimmetria sul campo in PFU1.	Zoppia differente sui posteriori.	Peggioramento della zoppia posteriore.	Nessuna zoppia posteriore.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Zoppia AS.	Zoppia differente sui posteriori.	Zoppia del posteriore più evidente.	Nessuna zoppia posteriore.
Confronto (PFU1-PFU2)	Zoppia AS.	Nessuna differenza sulla zoppia posteriore sinistra. Zoppia posteriore destra peggiore su PFU1.	Zoppia del posteriore anche in fase di impatto.	Nessuna differenza.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.

TABELLA 6 - LINEA RETTA CASI 5-8

Caso	5	6	7	8
Linea Retta (Sabbia)	Evidenza debole di una asimmetria molto lieve AD (Propulsione). Evidenza moderata/lieve di una zoppia moderata PD (Propulsione). La zoppia primaria è PD.	Evidenza moderata di una zoppia lieve AS (Propulsione). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Propulsione).	Evidenza moderata di una lieve zoppia AS (Impatto). Evidenza debole di una zoppia lieve PS (Impatto).	Evidenza forte di una zoppia moderata/severa AD (Impatto).
Linea Retta (PFU1)	Evidenza moderata di una zoppia lieve PS (Impatto). Evidenza forte di una zoppia moderata PD (Propulsione).	Evidenza moderata di una zoppia lieve AS (Propulsione). Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata PD (Propulsione).	Evidenza moderata di una zoppia lieve AS (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PS (Propulsione). La zoppia primaria è PS.	Evidenza forte di una zoppia moderata AD (Appoggio). Evidenza debole di una zoppia lieve PS (Propulsione). La zoppia primaria è AD.
Linea Retta (PFU2)	Evidenza moderata di una lieve zoppia AD (Appoggio). Evidenza moderata di una lieve zoppia PS (Propulsione). La zoppia primaria è AD.	Evidenza moderata di una zoppia lieve AS (Impatto). Evidenza forte di una zoppia lieve/moderata PS (Impatto e Propulsione). La zoppia primaria è PS.	Evidenza debole di una lieve zoppia AS (Impatto). Evidenza debole di una lieve zoppia PD (Propulsione). La zoppia primaria è AS.	Evidenza forte di una zoppia moderata AD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Impatto).
Confronto (Sabbia-PFU1)	Zoppia che coinvolge anche l'altro posteriore.	Peggioramento della zoppia posteriore in Propulsione ma non si presenta più la componente di Impatto.	Peggioramento della zoppia posteriore.	Peggioramento della zoppia PS (Propulsione) sul PFU1.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Zoppia differente.	Zoppia differente.	Zoppia differente.	La zoppia AD è leggermente peggiore sulla sabbia.
Confronto (PFU1-PFU2)	Zoppia differente.	Zoppia differente.	Zoppia differente.	Zoppia PS (Propulsione) peggiora sul PFU1.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro; AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.*

TABELLA 7 - LINEA RETTA CASI 9-12

Caso	9	10	11	12
Linea Retta (Sabbia)	Evidenza forte di una zoppia moderata PD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata PD (Propulsione).	Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata AD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PS (Impatto). Evidenza forte di una zoppia lieve/moderata PD (Propulsione). La zoppia primaria è PD.	Evidenza forte di una zoppia lieve AS (Propulsione). Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata PD (Propulsione).	Evidenza forte di una zoppia moderata AS (Impatto). Evidenza debole di una zoppia lieve PD (Propulsione). La zoppia primaria è AS.
Linea Retta (PFU1)	Evidenza forte di una zoppia moderata PD (Impatto). Evidenza forte di una zoppia lieve/ moderata PD (Propulsione).	Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata AD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PS (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Propulsione).	Evidenza forte di una zoppia moderata AS (Propulsione). Evidenza debole di una zoppia lieve PD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata PD (Propulsione). La zoppia primaria è AS.	Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata AS (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Propulsione). La zoppia primaria è AS.
Linea Retta (PFU2)	Evidenza forte di una zoppia lieve/moderata PD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Propulsione).	Evidenza forte di una zoppia lieve/moderata PS (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Propulsione).	Non esaminato	Evidenza forte di una zoppia lieve/moderata AS (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve PD (Impatto e Propulsione). La zoppia primaria è AS.
Confronto (Sabbia-PFU1)	Evidenza moderata di una lieve zoppia AD (Impatto) su PFU1. Non ci sono differenze per la zoppia PD.	La zoppia PD (Propulsione) è leggermente peggio sulla sabbia.	La zoppia AS (Propulsione) peggiora sul PFU1. La zoppia PD è anche di Impatto su PFU1.	La zoppia AS (Impatto) è peggiore sulla sabbia. La zoppia PD è peggiore su PFU1.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna differenza.	La zoppia AD (Impatto) e PD (Propulsione) sono leggermente peggio sulla sabbia.	Non valutabile.	La zoppia PD è peggiore su PFU2.
Confronto (PFU1-PFU2)	Leggermente peggiore su PFU2.	La zoppia PS (Impatto) è leggermente peggiore su PFU2. La zoppia AD è peggiore su PFU2. La zoppia AD e PS non mostrano differenze.	Non valutabile.	La zoppia AS è peggiore su PFU2.

TABELLA 8 - LINEA RETTA CASI 13-14

Caso	13	14
Linea Retta (Sabbia)	Evidenza moderata di una lieve zoppia AD (Impatto).	Evidenza debole di una lieve zoppia AD (Propulsione). Evidenza debole di una lieve zoppia PS (Propulsione). La zoppia primaria è AD
Linea Retta (PFU1)	Evidenza moderata di una lieve zoppia AD (Impatto).	Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata AD (Impatto). Evidenza moderata di una zoppia lieve/moderata PS (Propulsione). La zoppia primaria è AD.
Linea Retta (PFU2)	Evidenza moderata di una zoppia lieve AD (Impatto).	Evidenza debole di una zoppia lieve AS (Appoggio). Evidenza debole di una zoppia lieve PS (Propulsione). La zoppia primaria è PS.
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	La zoppia AD (Impatto) e PS (Propulsione) sono leggermente peggio sulla sabbia.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia anteriore su arti diversi.
Confronto (PFU1-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia anteriore su arti diversi. La zoppia PS (Propulsione) è leggermente peggio su PFU1.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro;
PS: Posteriore Sinistro;
PD: Posteriore Destro.

CIRCOLO ALLA LONGIA

Per questo trial i dati della mano destra e sinistra sono stati analizzati insieme.
Per quanto riguarda gli **arti anteriori** (Tabella 9) non è stata rilevata nessuna differenza statisticamente significativa nella differenza massima della posizione della testa ad ambo le mani, tra diagonale destro e sinistro e tra i diversi terreni mentre, nel gruppo "Lame" è stata riscontrata una oscillazione maggiore della testa rispetto al gruppo "Fit to compete". Analizzando la media della differenza della posizione minima della testa il risultato era identico alla "Diff max": non c'era differenza tra i terreni (Sabbia rispetto a PFU1 e PFU2) mentre era presente una differenza tra i gruppi "Fit to compete" e "Lame".

TABELLA 9 - ANTERIORI - CIRCOLO

	Gruppo	"Fit To Compete"	Gruppo	"Lame"
	Media	Deviazione Standard	Media	Deviazione Standard
Media della Differenza Massima della Testa (Sabbia)	3,40	7,48	-7,40	23,30
Media della Differenza Massima della Testa (PFU1)	4,76	9,13	-9,91	25,21
Media della Differenza Massima della Testa (PFU2)	1,86	9,70	-5,51	17, 26
Media della Differenza Minima della Testa (Sabbia)	0,81	7,99	-13,70	35,80
Media della Differenza Minima della Testa (PFU1)	1,82	9,25	6,82	40,42
Media della Differenza Minima della Testa (PFU2)	-1,02	9,68	-10,4	23,56
Differenza Totale della Testa (Sabbia)	10,35	4,98	32,77	33,62
Differenza Totale della Testa (PFU1)	12,58	6,09	33,73	35,71
Differenza Totale della Testa (PFU2)	11,62	5,70	23,12	21,37
Q Score Anteriori (Sabbia)	10,35	4,98	32,77	33,62
Q Score Anteriori (PFU1)	12,58	6,09	33,73	35,71
Q Score Anteriori (PFU2)	11,62	5,70	23,12	21,37

Per quanto riguarda gli **arti posteriori** (Tabella 10): nella differenza massima dell'escursione della pelvi non c'era differenza tra superfici in sabbia, PFU 1 e 2.
Nella differenza minima dell'escursione della pelvi non c'era differenza tra superfici in sabbia, PFU 1 e 2.

TABELLA 10 - POSTERIORI - CIRCOLO

	Gruppo	"Fit To Compete"	Gruppo	"Lame"
	Media	Deviazione Standard	Media	Deviazione Standard
Differenza Massima della Pelvi (Sabbia)	-1,20	6,40	3,50	6,03
Differenza Massima della Pelvi (PFU1)	-1,50	6,56	3,77	4,91
Differenza Massima della Pelvi (PFU2)	-2,69	6,09	2,81	4,18
Differenza Minima della Pelvi (Sabbia)	1,35	6,15	4,36	9,77
Differenza Minima della Pelvi (PFU1)	0,76	6,58	3,81	8,61
Differenza Minima della Pelvi (PFU2)	-0,50	5,78	5,78	6,47
Q Score Posteriori (Sabbia)	7,38	3,73	10,55	3,92
Q Score Posteriori (PFU1)	7,74	3,87	9,19	3,76
Q Score Posteriori (PFU2)	7,45	3,00	8,55	3,44

Nel gruppo “Fit to compete” non si sono registrate differenze tra superfici in sabbia, PFU 1 e 2 per quanto riguarda i dati qualitativi (Tabelle 11-14).

Solo un soggetto peggiorava sulla gomma ovvero, già irregolare sulla sabbia, era più irregolare su PFU 1 e PFU 2.
Nel gruppo “Lame” non si sono riscontrate differenze tra superfici in sabbia, PFU 1 e 2.

TABELLA 11 - LINEA RETTA CASI 1-4

Caso	1	2	3	4
Circolo (Sabbia)	Nessuna zoppia	Nessuna zoppia	Zoppia AS (Impatto)	Zoppia AD (Impatto) e PD (Propulsione).
Circolo (PFU1)	Nessuna zoppia	Nessuna zoppia	Zoppia AS (Impatto).	Zoppia AD (Impatto) e PD (Propulsione).
Circolo (PFU2)	Nessuna zoppia	Zoppia PS (Propulsione).	Zoppia AS (Impatto), zoppia PD (Impatto) a mano destra e PD (Propulsione) a mano sinistra.	Zoppia AD (Impatto) e PS (Propulsione).
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	Nessuna zoppia	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia PS (Propulsione) su PFU.	Nessuna differenza.	Zoppia PS (Propulsione).
Confronto (PFU1-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia PS (Propulsione) su PFU2.	Interferenza tra i posteriori.	Zoppia differente sul posteriore.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.

TABELLA 12 - LINEA RETTA CASI 5-8

Caso	5	6	7	8
Circolo (Sabbia)	Zoppia AD (Impatto).	Zoppia AD (Propulsione).	Zoppia AS (Impatto) e PS (Propulsione).	Zoppia AD (Impatto).
Circolo (PFU1)	Zoppia AD (Impatto).	Zoppia PD (Propulsione).	Zoppia AS (Impatto) e PS (Propulsione).	Zoppia AD (Impatto).
Circolo (PFU2)	Zoppia AD (Impatto).	Zoppia PS (Propulsione).	Zoppia AS (Impatto) e PS (Propulsione).	Nessuna zoppia.
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia differente	Nessuna differenza.	Peggiora su sabbia.
Confronto (PFU1-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia differente	Nessuna differenza.	Peggiora su PFU1.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.

TABELLA 13 - LINEA RETTA CASI 9-12

Caso	9	10	11	12
Circolo (Sabbia)	Zoppia PD (Impatto).	Zoppia AD (Impatto) e PS (Impatto).	Zoppia AD (Appoggio) e PS (Impatto).	Zoppia AS (Impatto) e PD (Propulsione).
Circolo (PFU1)	Zoppia PD (Impatto).	Zoppia AD (Impatto) e PS (Impatto).	Zoppia AD (Appoggio) e PS (Impatto).	Zoppia AS (Impatto) e PD (Propulsione).
Circolo (PFU2)	Zoppia PD (Impatto).	Zoppia PS (Impatto).	Non esaminato.	Zoppia AS (Impatto) e PD (Propulsione).
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna differenza.	Zoppia AD (Impatto) peggiora sulla sabbia.	Non esaminato.	Zoppie AS (Impatto) e PD (Propulsione) peggiorano sulla sabbia.
Confronto (PFU1-PFU2)	Nessuna differenza.	La zoppia AD (Impatto) peggiora su PFU1.	Non esaminato.	Zoppie AS (Impatto) e PD (Propulsione) peggiorano sulla sabbia.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro;* *PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; *PD: Posteriore Destro.*

TABELLA 14 - LINEA RETTA CASI 13-14

Caso	13	14
Circolo (Sabbia)	Zoppia PD (Propulsione).	Nessuna zoppia.
Circolo (PFU1)	Zoppia PD (Propulsione).	Zoppia AD (Appoggio).
Circolo (PFU2)	Zoppia PD (Propulsione).	Zoppia AS (Impatto).
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna Differenza.	Zoppia AD (Appoggio) su sabbia.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna Differenza.	Zoppia AS (Impatto) su sabbia.
Confronto (PFU1-PFU2)	Nessuna Differenza.	Zoppie anteriori differenti.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.

MONTATO

Analizzando la media della differenza della posizione della testa (Tabella 15) e la differenza media massima, minima e totale di escursione della pelvi (Tabella 16) non è stata rilevata nessuna differenza statisticamente significativa tra i terreni.

TABELLA 15 - ANTERIORI - MONTATO

	Gruppo	"Fit To Compete"
	Media	**Deviazione Standard**
Media della Differenza Massima della Testa (Sabbia)	0,30	10,35
Media della Differenza Massima della Testa (PFU1)	1,20	8,97
Media della Differenza Massima della Testa (PFU2)	2,74	8,33
Media della Differenza Minima della Testa (Sabbia)	-0,17	7,59
Media della Differenza Minima della Testa (PFU1)	2,04	9,58
Media della Differenza Minima della Testa (PFU2)	-3,98	8,46
Differenza Totale della Testa (Sabbia)	11,80	5,32
Differenza Totale della Testa (PFU1)	11,67	6,44
Differenza Totale della Testa (PFU2)	11,70	5,23

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro; AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.*

Solo i cavalli appartenenti al gruppo "Fit to compete" sono stati testati e questi presentavano regolarità/irregolarità costante senza differenze nei dati qualitativi (Tabelle 17-20). In un solo cavallo l'irregolarità era più evidente sulla superficie PFU 1 rispetto a PFU 2 e sabbia.

TABELLA 16 - POSTERIORI - CIRCOLO

	Gruppo	"Fit To Compete"
	Media	**Deviazione Standard**
Differenza Massima della Pelvi (Sabbia)	-2,98	14,10
Differenza Massima della Pelvi (PFU1)	-0,29	6,80
Differenza Massima della Pelvi (PFU2)	-3,05	5,82
Differenza Minima della Pelvi (Sabbia)	0,77	4,30
Differenza Minima della Pelvi (PFU1)	0,45	3,43
Differenza Minima della Pelvi (PFU2)	0,55	4,07
Differenza Totale della Testa (Sabbia)	11,80	5,32
Differenza Totale della Testa (PFU1)	11,67	6,44
Differenza Totale della Testa (PFU2)	11,70	5,23

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro; AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.*

TABELLA 17 - MONTATO CASI 1-4

Caso	1	2	3	4
Montato (sabbia)	Nessuna zoppia.	Nessuna zoppia.	Non esaminato.	Zoppia PS (Impatto) e AD (Impatto).
Montato (PFU1)	Nessuna zoppia.	Nessuna zoppia.	Non esaminato.	Zoppia AD (Impatto), AS (Propulsione) e PS (Impatto).
Montato (PFU2)	Nessuna zoppia.	Nessuna zoppia.	Non esaminato.	Zoppia AD (Impatto) e PS (Impatto).
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Non esaminato.	La zoppia è presente anche su AS su PFU1.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Non esaminato.	Nessuna differenza.
Confronto (PFU1-PFU2)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Non esaminato.	La zoppia è presente anche su AS su PFU1.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro; PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; PD: Posteriore Destro.

TABELLA 18 - MONTATO CASI 5-8

Caso	5	6	7	8
Montato (sabbia)	Zoppia AD (Impatto).	Zoppia AS (Impatto) e PD (Impatto).	Zoppia AS (Impatto) e PS (Propulsione).	Non esaminato.
Montato (PFU1)	Zoppia AD (Impatto).	Zoppia AS (Impatto) e PD (Impatto).	Zoppia AS (Impatto e Propulsione) e PS (Propulsione).	Non esaminato.
Montato (PFU2)	Non esaminato.	Zoppia PS (Impatto).	Zoppia AS (Impatto) e PS (Propulsione).	Non esaminato.
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.	Zoppia AS anche Propulsione su PFU1.	Non esaminato.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Non valutabile.	Differente zoppia.	Nessuna differenza.	Non esaminato.
Confronto (PFU1-PFU2)	Non valutabile.	Differente zoppia.	La zoppia AS è anche Propulsione su PFU1.	Non esaminato.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro;* *PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; *PD: Posteriore Destro.*

TABELLA 19 - MONTATO CASI 9-12

Caso	9	10	11	12
Montato (sabbia)	Non esaminato.	Zoppia PS (Impatto).	Non esaminato.	Non esaminato.
Montato (PFU1)	Non esaminato.	Zoppia AD (Impatto) e PS (Impatto).	Non esaminato.	Non esaminato.
Montato (PFU2)	Non esaminato.	Zoppia PS (Impatto).	Non esaminato.	Non esaminato.
Confronto (Sabbia-PFU1)	Non esaminato.	Zoppia AD presente su PFU1.	Non esaminato.	Non esaminato.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Non esaminato.	Nessuna differenza.	Non esaminato.	Non esaminato.
Confronto (PFU1-PFU2)	Non esaminato.	Nessuna differenza.	Non esaminato.	Non esaminato.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro;* *PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; *PD: Posteriore Destro.*

TABELLA 20 - MONTATO CASI 13-14

Caso	13	14
Montato (sabbia)	Zoppia AD (Propulsione) e PS (Propulsione).	Zoppia AD (Appoggio) e PS (Propulsione).
Montato (PFU1)	Zoppia AD (Propulsione) e PS (Propulsione).	Zoppia AD (Appoggio) e PS (Propulsione).
Montato (PFU2)	Zoppia AS (Propulsione) e PS (Propulsione).	Zoppia AD (Appoggio) e PS (Propulsione).
Confronto (Sabbia-PFU1)	Nessuna differenza.	Nessuna differenza.
Confronto (Sabbia-PFU2)	Diversa zoppia anteriore.	Nessuna differenza.
Confronto (PFU1-PFU2)	Diversa zoppia anteriore.	Nessuna differenza.

Legenda. *AS: Anteriore Sinistro;* *PS: Posteriore Sinistro;*
AD: Anteriore Destro; *PD: Posteriore Destro.*

DISCUSSIONE

Le prestazioni ed il rispetto del comfort sono fattori importantissimi in un cavallo, indipendentemente che questo sia utilizzato per lo sport, per il lavoro o per il tempo libero. Mantenere un cavallo "in buona salute", mentre lavora al livello desiderato di prestazioni, dipende da una complessa interazione tra il cavallo e l'ambiente. Per questo motivo Ecopneus sta lavorando sulle superfici per i campi da equitazione cercando di renderli un luogo ove il cavallo si possa allenare, lavorare e competere nel rispetto del suo benessere, cercando di limitare il rischio di lesioni e di migliorare la sua capacità di lavoro. L'obbiettivo di questo studio, come accennato nell'introduzione, è stato comparare differenti caratteristiche dell'andatura tra il comune campo in sabbia e due diverse superfici in PFU, simili nella qualità del materiale ma diverse per quello che riguarda la base del campo: la tipologia morfologica del PFU (PFU1) e la presenza di un manto erboso sintetico sotto i granuli di PFU (PFU2).

LINEA RETTA

La comparazione delle andature dei vari soggetti in linea retta non mostrava nessuna differenza significativa per quanto riguarda gli arti anteriori tra i diversi terreni (Sabbia rispetto a PFU1 e PFU2) e nemmeno tra i due gruppi di soggetti ("Fit to compete" e "Lame") se si analizzavano i dati quantitativi.
Osservando la media della differenza della posizione massima della testa, questa è risultata, nei cavalli "Fit to compete", maggiore nel campo in sabbia e PFU 1 rispetto a PFU 2 e, nel gruppo "Lame", la media della differenza della posizione massima della testa è risultata maggiore nella sabbia rispetto a PFU1 e 2.
Nei terreni in gomma è stato possibile riscontrare una minor differenza probabilmente dovuta ad una maggiore regolarità del terreno in PFU. È possibile che il cavallo percepisca i terreni in PFU come più regolari e stabili dal momento che lo strato sottostante il polverino in gomma era molto regolare e omogeneo rispetto ai terreni in sabbia drenanti.
Verosimilmente in virtù di questa regolarità del sottofondo i cavalli potrebbero aver messo più energia nel lavoro ed aver lavorato in maniera più uniforme.
Il gruppo "Lame" mostrava uno spostamento della testa più limitato su PFU2.
Questa differenza, che può essere letta come una minor evidenza della zoppia nel gruppo "Lame" su PFU 2, poteva essere interpretata come una migliore tollerabilità da parte del cavallo della superficie PFU2 relativa ad un miglior comfort nel lavoro su questa superficie rispetto alla sabbia ed al PFU1.
Relativamente alla valutazione del posteriore, per l'escursione della pelvi è stata rilevata una differenza significativa tra il gruppo "Fit to compete" ed il gruppo "Lame".
Anche in questo caso si può ipotizzare o che le superfici in gomma siano più elastiche della sabbia, rilasciando quindi più energia dopo l'impatto dando una maggior spinta, oppure si poteva ipotizzare che il PFU determini un grip minore della superficie in sabbia, ovvero un minor tempo di contatto del piede con il suolo durante la fase di carico e propulsione.
La valutazione qualitativa dell'andatura in linea retta dei cavalli "Fit to compete" non ha fornito nessuna differenza fatta eccezione per 4 cavalli. L'unica osservazione logica potrebbe essere relativa al fatto che i trials su sabbia e PFU1 sono stati condotti lo stesso

giorno, mentre, a causa della modifica del campo PFU 1 in PFU 2, che ha richiesto circa 20 giorni, il trial su PFU 2 è stato condotto separatamente e, quindi, i 4 cavalli potrebbe aver subito modificazioni relative al proprio stato di salute nelle 3 settimane necessarie per allestire il campo PFU2.
Nei cavalli del gruppo "Lame", in un caso non ci sono state differenze tra i terreni mentre in due soggetti, con zoppia posteriore, l'asimmetria era più evidente sulle superficie PFU 1 e 2 rispetto alla superficie in sabbia. Atri due soggetti, con zoppie degli arti anteriori, sono migliorati sulle superficie PFU 1 e 2 rispetto alla sabbia. Questi dati risultano, al momento, di difficile interpretazione e richiedono sicuramente un approfondimento su un maggior numero di casi.

CIRCOLO

Nella valutazione dei dati quantitativi delle andature in circolo alla longia, è stata riscontrata maggior oscillazione della testa del gruppo "Lame" rispetto al gruppo "Fit to compete" su tutti i terreni. Questo dato era direttamente correlato alla presenza di una zoppia più evidente degli animali classificati come "Lame".

Per i cavalli "Fit to compete" non ci sono state differenze tra superfici sabbia, PFU 1 e 2.
Da questi dati si può desumere che le tre superfici permettono al cavallo di effettuare performance sovrapponibili quando girato alla longia.

MONTATI

Nella valutazione con il **cavaliere** non è stata rilevata alcuna differenza significativa tra i terreni. Per questa prova si segnalano molte disparità tra cavaliere e cavaliere che, nella valutazione globale, potrebbe aver reso meno oggettivabile le misurazioni. Inoltre, è stato notato che il trotto sul diagonale sbagliato talvolta produceva anomalie nei risultati. Visto che ogni cavallo testato aveva il suo cavaliere, non è stato possibile uniformare il trial almeno per il parametro cavaliere. In questo trial la differenza tra cavalieri potrebbe essere considerata sicuramente un limite di questo studio preliminare e per questo motivo meriterebbe una futura rivalutazione.
Infine i dati qualitativi per i cavalli **montati**, appartenenti al gruppo "Fit to compete", mostravano delle regolarità/irregolarità di andatura su tutte le superfici in modo costante senza differenze. In un solo cavallo l'irregolarità era più evidente sulla superficie in PFU 1 rispetto a quelle in PFU 2 e sabbia.

Secondo i dati qualitativi ottenuti i terreni in PFU testati, se paragonati con i terreni in sabbia, permettevano delle andature quasi sovrapponibili.

I limiti di questo studio sono il numero esiguo dei casi, la disomogeneità della popolazione, la mancata conoscenza delle patologie ortopediche che inducono zoppia nel gruppo "Lame", i diversi livelli dei cavalieri e la possibilità che i cavalli siano peggiorati o migliorati nelle tre settimane tra il trial su PFU1 e quello su PFU2.

In futuro sarebbe auspicabile testare questi campi anche per sport equestri quali il salto ostacoli. Per fare ciò sarebbe necessario testare il terreno in PFU avvalendosi anche di ferri dinamometrici e di test per il grip. Inoltre si potrebbe pensare di utilizzare lo stesso cavaliere, possibilmente di buon livello, al fine di uniformare le prove montate di tutti i cavalli.

CONCLUSIONI

Le forze di reazione del terreno a cui sono sottoposti gli arti del cavallo durante la locomozione possono avere un effetto biomeccanico positivo, ma possono anche avere un effetto dannoso e causare lesioni. Senza questi stimoli però il tessuto muscolo-scheletrico non si modificherà per adattarsi a una buona prestazione atletica. Trovare una superficie ottimale per l'equitazione è una sfida impegnativa che richiede una sinergia tra aziende, esperti del settore e ricerca. Da questo studio preliminare i campi in PFU possono essere paragonati, nelle circostanze valutate, relativamente alle prestazioni effettuate e al rispetto del confort del cavallo, simili alle superfici in sabbia.

L'utilizzo di PFU da materiale riciclato ha diversi vantaggi, oltre a quelli indicati, sotto diversi profili:

- Il campo è più duraturo;
- Non richiede costi di irrigazione, cure particolari e facilita il drenaggio dell'acqua tanto che è possibile utilizzarlo anche sotto la pioggia 24 ore al giorno tutti i giorni della settimana, con scarsa usura dell'impianto.
- Non ha polveri
- Potrebbe essere considerato come alternativa per i cavalli "scalzi".

Inoltre, la gomma riciclata PFU consente di non avvalersi di altre materie prime più costose favorendo un'economia circolare.
I granuli di gomma, come riportato in umana, permettono un buon comfort di utilizzo, proprietà ammortizzanti e elasticità del fondo che potrebbero garantire un miglioramento nella prevenzione delle patologie tendinee, legamentose e articolari e traumi al cavaliere. Da una prima indagine di questo tipo sembra che il nuovo fondo in gomma possa garantire alle andature una efficacia e omogeneità almeno sovrapponibile ai campi in sabbia, nonché un equilibrio tra le spinte degli anteriori e dei posteriori condotti al trotto a mano e montati.

Grazie alle sue proprietà di confort ed elasticità, queste nuove superfici in PFU ad oggi sembrano rappresentare degli ottimi campi di allenamento e di svago almeno per le andature in piano e per il dressage.

2. VALUTAZIONE DELLA CARICA MICROBICA AMBIENTALE IN BOX PER CAVALLI CON PAVIMENTI IN GOMMA RICICLATA: RISULTATI PRELIMINARI

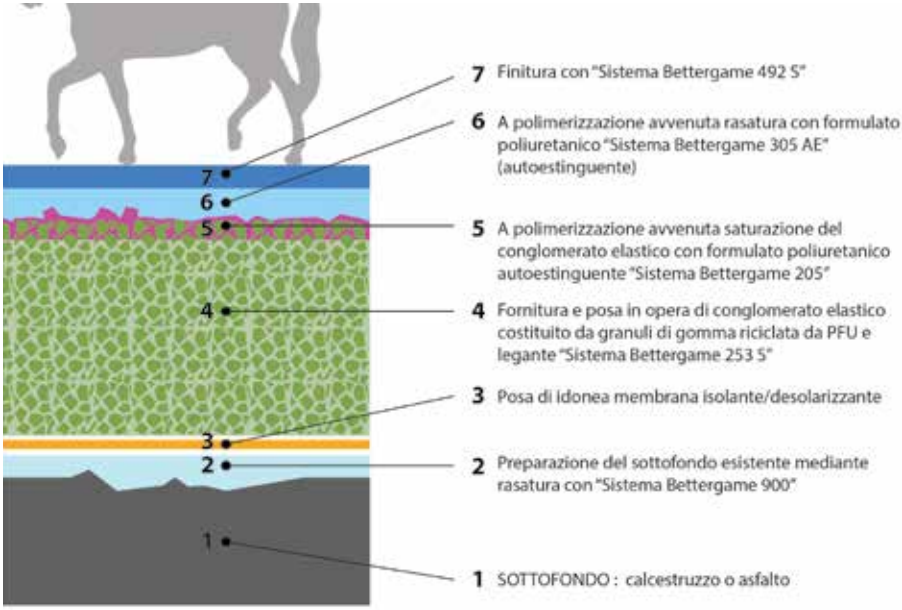
Lo scopo dello studio è stato quello di valutare la carica microbica ambientale in box per cavalli con pavimentazione in gomma riciclata (PFU) e box con pavimenti tradizionali in cemento.

BOX

Lo studio è stato condotto in due sedi: l'Ospedale Veterinario Universitario Didattico (OVUD) di Perugia ed il Centro Militare Veterinario di Grosseto (CeMiVet).
Nelle due sedi sono presenti diverse tipologie di pavimentazione che sono:

1. Box standard con una pavimentazione tradizionale in cemento;
2. Box in gomma riciclata colato in opera con sistema chiuso non drenante.
3. Box con tappeto in gomma riciclata, drenante, pressata situato presso la terapia intensiva del settore equino dell'OVUD.

I Box con pavimenti in gomma riciclata colata in opera sono stati prodotti da Ecopneus in collaborazione con Waterproofing con il fine di garantire il maggior comfort e benessere dei cavalli.
La pavimentazione presenta la seguente stratigrafia:



I box sono stati sottoposti a tre protocolli di pulizia e lavaggio che prevedevano l'utilizzo:

1. Acqua a pressione;
2. Acqua ed ipoclorito di sodio in diluizione 1:10;
3. Acqua e Lisoformio in diluizione come da indicazioni dell'azienda produttrice.

Sugli stessi sono stati condotti campionamenti con differenti metodiche.
Tutti i prelievi sono stati eseguiti in triplicato:

1. Terreno di coltura per il campionamento di superficie con "Contact slide TSA + Neutralizing" e "Contact Slide Chrom 3" (Liofilchem®) per la ricerca di Coliformi e Stafilococchi.

2. Tamponi di superficie con l'ausilio di una mascherina (10x10 cm) che sono stati seminati su terreni SPCA (Standard Plate Count Agar) e VRBA (Violet Red Bile Agar) (Liofilchem®).

3. Terreno cromogeno per la crescita di Salmonella: Contam Swab Salmonella (Liofilchem®).

Tutti i terreni sono state incubati a 37°C per 48 ore in condizione di aerobiosi.

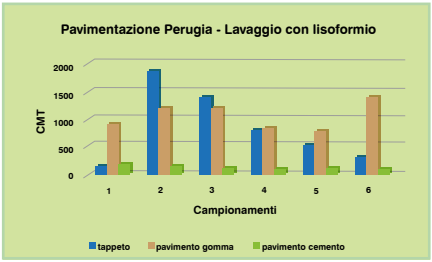
È stata inoltre indagata la carica microbica dell'aria campionando differenti punti, in triplicato, negli stessi box. A tale scopo sono state utilizzate due differenti metodiche:

1. Campionamento attivo: eseguito tramite "SAS Surface Air System portatile".

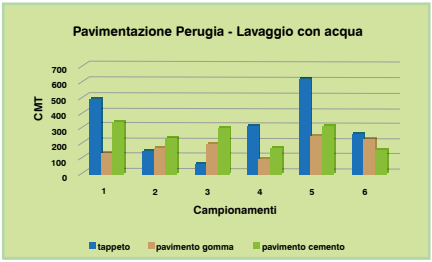
2. Campionamento passivo con il metodo delle piastre esposte.

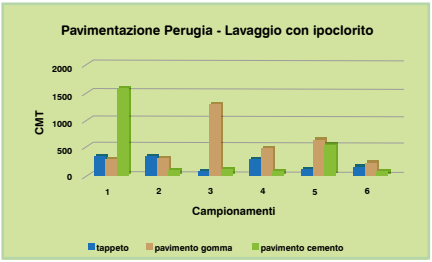
I terreni utilizzati per questa indagine sono stati:
A. Plate Count Agar + Neutralizing;
B. VRBG + Neutralizing;
C. Rose Bengal Agar + CAF. (Liofilchem®)
Le piastre sono state poi incubate a 37° C per 48 ore e a 25°C per altre 24 ore in condizioni di aerobiosi.
Le colonie ottenute sono state contate e riferite come UFC (Unità Formanti colonia) / cm2 per i pavimenti e UFC/m3 per l'aria.
I terreni utilizzati per la ricerca di salmonella consentivano solo un'analisi qualitativa di presenza/assenza del batterio imputabile al loro viraggio cromatico.
I dati ottenuti sono stati riportati nei seguenti istogrammi:

CMT PAVIMENTAZIONE DELL'OVUD DI PERUGIA

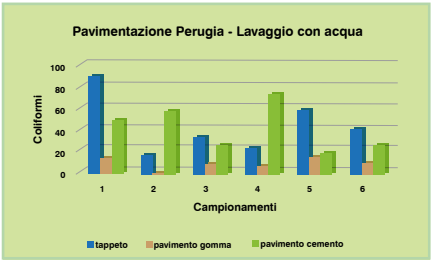


La carica microbica totale (CMT) dei box in PFU colato in opera risulta mediamente inferiore a quella rilevata nei box con il tappeto e/o in cemento se si considera il trattamento con acqua e con ipoclorito.
Per quanto riguarda il lavaggio con lisoformio la superficie con CMT minore è il cemento.

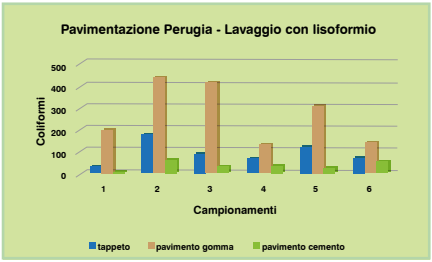


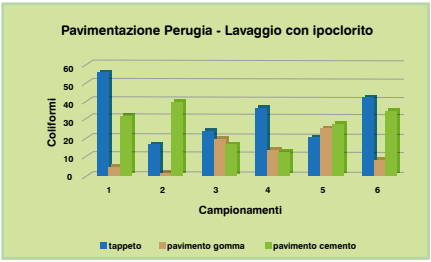


COLIFORMI PAVIMENTAZIONE DELL'OVUD DI PERUGIA

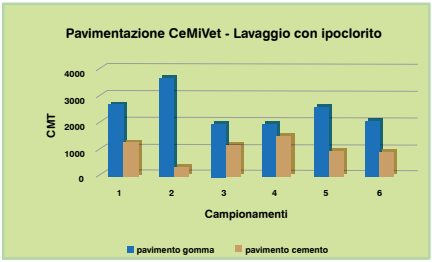


I campionamenti effettuati per la ricerca di coliformi dimostrano come il pavimento in PFU colato in opera presenta una carica microbica più bassa, quando lavato con acqua e con ipoclorito di sodio, rispetto alle altre due pavimentazioni in esame.
Tuttavia la carica dei Coliformi dei box con PFU colato in opera risulta nettamente superiore quando i box vengono lavati con lisoformio.

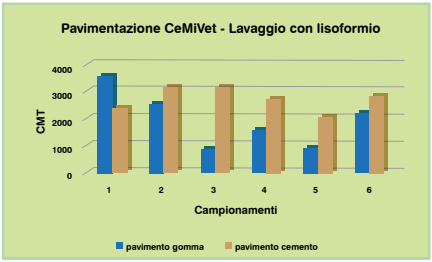


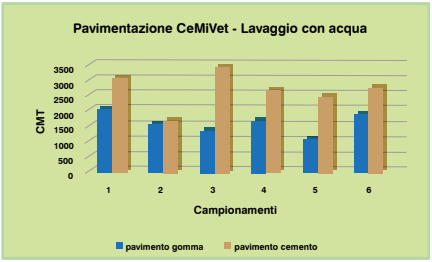


CMT PAVIMENTAZIONE CeMiVet

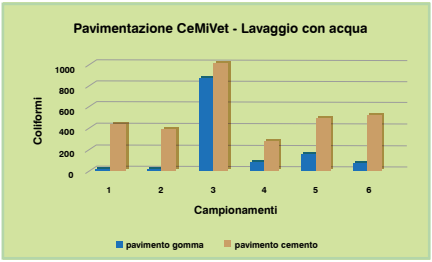


Il pavimento in gomma colata in opera presenta una CMT inferiore al pavimento in cemento se lavato con acqua o lisoformio. Tuttavia la CMT rilevata nei box in gomma colata in opera risulta superiore a quella dei box in cemento quando questi sono lavati con ipoclorito.

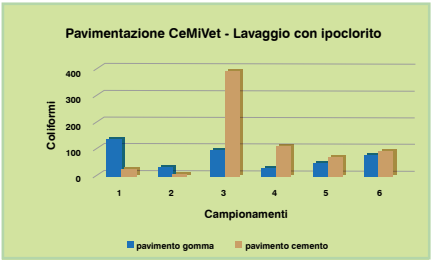


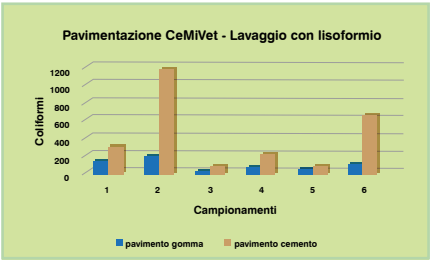


COLIFORMI PAVIMENTAZIONE CeMiVet

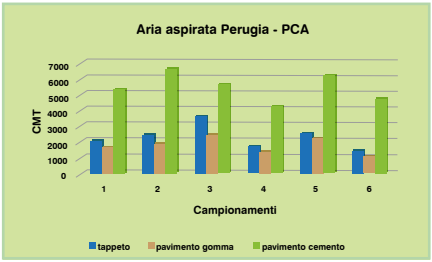


A prescindere dal tipo di lavaggio effettuata la carica di coliformi dei pavimenti in gomma colata in opera risulta essere inferiore rispetto all'altra pavimentazione.

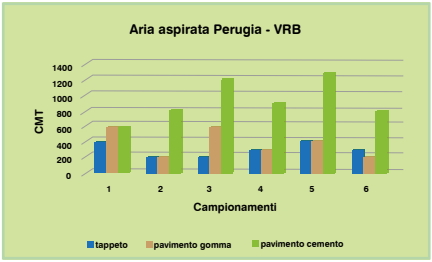


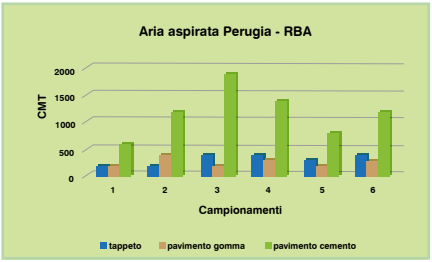


CMT ARIA (S.A.S.) OVUD DI PERUGIA

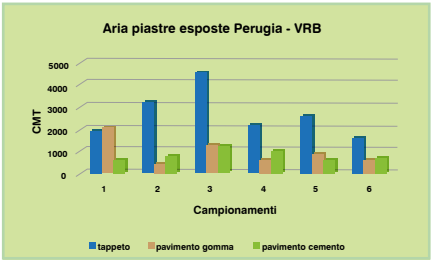


La CMT rilevata nei box con pavimenti in cemento risulta nettamente superiore a quelle rilevate sia nei box con pavimenti in gomma colata in opera che in quelli con tappeto.

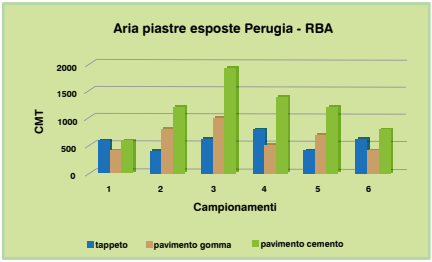


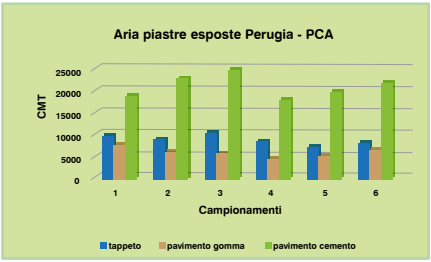


CMT ARIA (PIASTRE ESPOSTE) OVUD DI PERUGIA

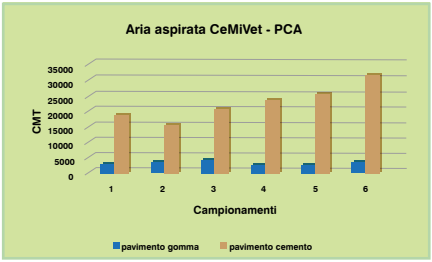


Da i dati ottenuti si evince che per i terreni RBA e TSB la carica microbica totale risulta minore nei box con i pavimenti in gomma colata in opera o con tappeto rispetto a quelli con pavimentazione in cemento; se invece si considerano i terreni VRB è evidente come la carica dei coliformi sia maggiore nei box con il tappeto rispetto al cemento e al pavimento in gomma colata in opera.

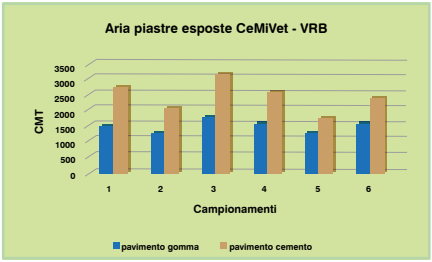


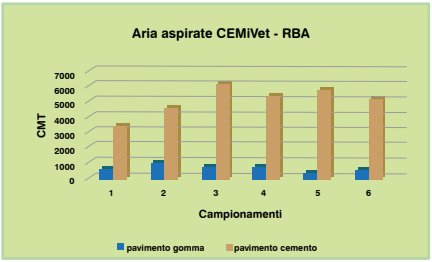


CMT ARIA (S.A.S.) CeMiVet

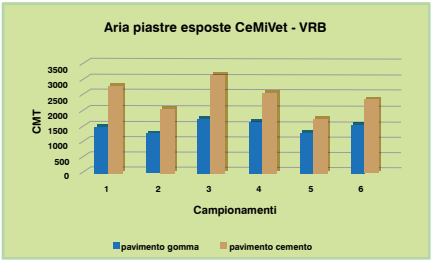


Tutti i campioni analizzati mostrano una carica microbica più elevata sul pavimento in cemento rispetto ai pavimenti in gomma colata in opera.

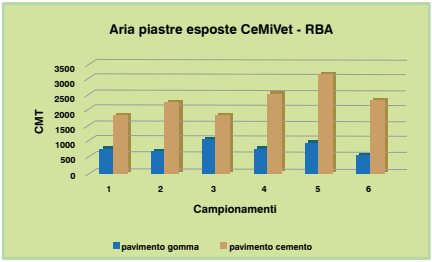


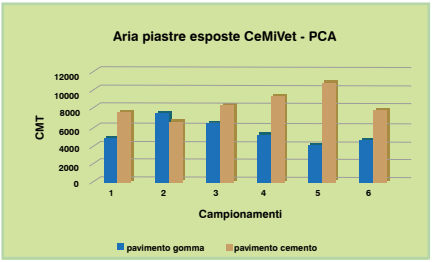


CMT (PIASTRE ESPOSTE) CeMiVet



La carica microbica, indipendentemente dal tipo di terreno utilizzato, risulta più contenuta nei pavimenti in gomma colata in opera rispetto alla pavimentazione in cemento.





Sono state inoltre calcolate le medie per tutti i campionamenti, divisi in base alla tipologia di box e di campionamento, utilizzando il T di student. I risultati sono stati espressi come: NS (Non Significativo), SS (Statisticamente Significativo), VR (Veramente Significativo) e ES (Estremamente Significativo) in base alla P (≤ 0,05) ottenuta. Nelle tabelle le celle figurate in giallo riportano i valori statisticamente significativi derivati dal confronto dei risultati ottenuti dai box in gomma riciclata colata in opera rispetto alle altre pavimentazioni; le celle figurate in rosso rappresentano invece differenze statisticamente significative ottenute dai dati raccolti dai pavimenti in tappeto e cemento rispetto ai box in gomma colata in opera.

PAVIMENTAZIONE OVUD DI PERUGIA

CMT IN RIFERIMENTO AI DIVERSI TIPI DI LAVAGGIO

Se si confrontano i tre metodi di pulizia dei box si nota come non vi siano differenze statisticamente significative per quanto riguarda i lavaggi con acqua a pressione o quelli con ipoclorito mentre si hanno differenze significative per quanto riguarda la pulizia con lisoformio; in questo caso la CMT risulta maggiore nei box in PFU colato in opera rispetto alle altre tipologie.

Perugia-CMT-Acqua

	PFU	C
T	NS (P=0,1483)	NS (P=0.4729)
C	NS (P=0,1122)	

Perugia-CMT-Ipoclorito

	PFU	C
T	NS (P=0,0878)	NS (P=0,4525)
C	NS (P=0,6802)	

Perugia-CMT-Lisoformio

	PFU	C
T	NS (P=0,5185)	SS (P=0,0232)
C	ES (P=0,0001)	

COLIFORMI IN RIFERIMENTO AI DIVERSI TIPI DI LAVAGGIO

Perugia-Col-Acqua

	PFU	C
T	SS (P=0,0112)	NS (P=0,8887)
C	VS (P=0,0047)	

Perugia-Col-Ipoclorito

	PFU	C
T	SS (P=0,0190)	NS (P=0,5153)
C	SS (P=0,0278)	

Perugia-Col-Lisoformio

	PFU	C
T	SS (P=0,0129)	SS (P=0,0316)
C	VS (P=0,0018)	

Analizzando i risultati ottenuti dai diversi lavaggi si notano cariche variabili a seconda del metodo utilizzato. Se si utilizza il lisoformio la carica dei coliformi appare più elevata nei box in PFU colato in opera rispetto alle altre tipologie di stabulazione mentre se si considerano lavaggi con acqua a pressione o ipoclorito la carica dei coliformi è minore nei box in PFU colato in opera rispetto al cemento ed al tappeto.

CONFRONTO TRA I DIVERSI TIPI DI LAVAGGIO SU PFU

Perugia-CMT-PFU

	Acqua	Lisoformio
Ipoclorito	NS (P=0,0687)	SS (P=0,0220)
Lisoformio	ES (P=0,0001)	

Perugia-Col-PFU

	Acqua	Lisoformio
Ipoclorito	NS (P=0,4461)	ES (P=0,0008)
Lisoformio	ES (P=0,0008)	

Se si prendono in analisi solo i box in PFU si nota come il lavaggio con lisoformio sia da preferirsi rispetto al lavaggio con acqua a pressione o ipoclorito sia per quanto riguarda la CMT che la carica dei coliformi.

CMT IN RIFERIMENTO ALL'ARIA ASPIRATA

Perugia-CMT-Aspirata (PCA)

	PFU	C
T	NS (P=0,1659)	ES (P=0,0001)
C	ES (P=0,0001)	

Perugia-CMT-Aspirata (VRB)

	PFU	C
T	NS (P=0,3409)	ES (P=0,0001)
C	ES (P=0,0003)	

Perugia-CMT-Aspirata (RBA)

	PFU	C
T	NS (P=0,3605)	VS (P=0,0011)
C	ES (P=0,0007)	

Osservando i risultati ottenuti si evidenziano differenze statisticamente significative.

CMT IN RIFERIMENTO ALLE PIASTRE ESPOSTE

Perugia-CMT-Piastre esposte (PCA)

	PFU	C
T	VS (P=0,0013)	ES (P=0,0001)
C	ES (P=0,0001)	

Perugia-CMT-Piastre esposte (VRB)

	PFU	C
T	VS (P=0,0072)	VS (P=0,0022)
C	NS (P=0,6285)	

Perugia-CMT-Piastre esposte (RBA)

	PFU	C
T	NS (P=0,5796)	SS (P=0,0106)
C	SS (P=0,065)	

Per quanto riguarda i dati ottenuti dalle piastre esposte questi mostrano delle differenze statisticamente significative.

PAVIMENTAZIONE CeMiVet

CMT IN RIFERIMENTO AI DIVERSI TIPI DI LAVAGGIO

CeMiVet-CMT-Acqua

	PFU
C	VS (P=0,0009)

Se viene preso in considerazione il lavaggio con acqua a pressione i box in PFU colato in opera presentano una CMT inferiore a quella presente nei box in cemento.

Perugia-CMT-Lisoformio

	PFU
C	NS (P=0,1239)

Tuttavia il lavaggio con ipoclorito mostra una carica microbica totale più alta su PFU rispetto al cemento.

COLIFORMI IN RELAZIONE AI DIVERSI TIPI DI LAVAGGIO

CeMiVet-CMT-PFU

	Acqua	Lisoformio
Ipoclorito	NS (P=0,4076)	NS (P=0,1927)
Lisoformio	NS (P=0,6120)	

Non si evidenziano differenze statisticamente significative per quanto riguarda il confronto tra i diversi lavaggi

CMT IN RIFERIMENTO ALL'ARIA ASPIRATA

CeMiVet-CMT-Aspirata (VRB)

	PFU
C	ES (P=0,0001)

CeMiVet-CMT-Aspirata (PCA)

	PFU
C	ES (P=0,0001)

CeMiVet-CMT-Aspirata (RBA)

	PFU
C	ES (P=0,0001)

I dati relativi all'aria aspirata hanno mostrato differenze estremamente significative.

CMT IN RELAZIONE ALLE PIASTRE ESPOSTE

CeMiVet-CMT-Piastre Esposte (PCA)

	PFU
C	VS (P=0,0042)

CeMiVet-CMT-Piastre esposte (VRB)

	PFU
C	VS (P=0,0013)

CeMiVet-CMT-Piastre esposte (RBA)

	PFU
C	ES (P=0,0001)

CONCLUSIONI

Dai dati ottenuti si deduce che la pavimentazione in PFU colata in opera per la stabulazione degli equidi ha caratteristiche per lo più sovrapponibili, e talvolta migliori, rispetto alle superfici in cemento o ai tappeti in gomma. Queste superfici presentano numerosi vantaggi come un elevato grip, il drenaggio dei liqui
di e la facile pulizia. Inoltre l'elasticità del pavimento in gomma colata in opera consente un minore o assente utilizzo di lettiera che come conseguenza porta ad una diminuzione sia della carica batterica che di quella funginea. La rimozione della lettiera consente anche di rimuovere stimoli allergici in cavalli con richieste particolari. Si ritiene quindi che queste superfici rappresentino una valida alternativa ai comuni box per la stabulazione dei cavalli.

3. ESPOSIZIONE A POLVERI NELLE ATTIVITÀ EQUESTRI

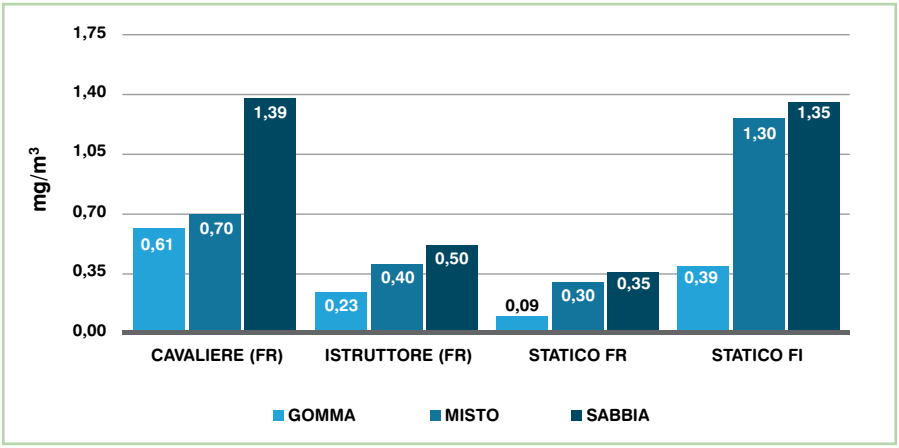
Il personale addetto alle attività equestri è esposto a notevoli livelli di polveri sollevate nei maneggi durante le attività sportive o riabilitative. Le pavimentazioni dei maneggi sono tradizionalmente costituite da sabbia o terra la cui composizione può variare in relazione alla provenienza del materiale.
Il presente studio si propone di misurare e confrontare i livelli di concentrazione di polveri inalabili e respirabili in un maneggio con “fondo tradizionale”, uno con fondo in gomma riciclata (PFU) e uno con fondo misto (PFU + sabbia), durante le attività equestri nel periodo tra Agosto e Settembre del 2017.

Relativamente alla importanza delle polveri nelle affezioni dell'apparato respiratorio è importante ricordare come le particelle di polveri vengono divise in respirabili e inalabili.

Le polveri respirabili rappresentano la frazione respirabile (FR) e sono date da una sospensione di particelle con diametro aerodinamico < 4 micron capaci di raggiungere l'alveolo polmonare. Le polveri inalabili rappresentano invece la frazione inalabile (FI) e presentano particelle di diametro variabile (10-100 micron) che non consente l'arrivo all'alveolo ma che comunque permette un'interazione con l'apparato respiratorio.

Nello studio in esame sono stati effettuati diversi campionamenti di polveri respirabili (diametro aerodinamico fino a 0,5-5 μm) ed inalabili (>10 μm) su:

1. Cavaliere (FR);
2. Istruttore a terra (FR);
3. Centro del campo (FR-FI).



Nel grafico riportato di seguito si ha un confronto tra i diversi terreni e si nota come la gomma presenti sia la minor FR che la minor FI se paragonata a campi misti ed in sabbia.

RISULTATI

I livelli di polverosità, sia come frazione respirabile (FR) che inalabile (FI), sono sicuramente contenuti nel **campo in gomma** (0,09-0,6 mg/m3) rispetto alle altre due tipologie di fondo (misto e sabbia).

Nel campo in **sabbia** l'esposizione del cavaliere a polveri (FR) è piuttosto sostenuta (1,39 mg/m3) ed è determinata dal tipo di attività equestre svolta, dalla presenza di più cavalli contemporaneamente sul campo e dalle condizioni ambientali (temperatura, umidità, ventilazione).

Eventuali considerazioni sulla significatività statistica del confronto tra livelli di polverosità nei diversi tipi di campo potranno essere fatte incrementando il numero dei campioni, il tempo di permanenza sul campo e la tipologia di attività dei cavalli nel maneggio.

4. VALUTAZIONE DELLO STATO SANITARIO DELLE VIE AEREE INFERIORI IN CAVALLI DA MANEGGIO

Il cavallo si può considerare l'atleta per eccellenza tra gli animali domestici: tutti gli organi e apparati possono essere allenati per garantire le migliori performances.

L'unico fattore limitante è l'apparato respiratorio, che oltre a non poter essere allenato, in caso di malattia riduce moltissimo le prestazioni del soggetto.

LA PERFORMANCE DEL CAVALLO ATLETA

Tra le malattie più frequenti dell'apparato respiratorio profondo ricordiamo l'asma equina. Questa nuova denominazione descrive una malattia infiammatoria dei bronchi, non infettiva, che comprende due patologie, molto conosciute, quali la IAD (malattia infiammatoria delle vie aeree) e la RAO (ostruzione ricorrente delle vie aeree). Le loro cause sono simili a quelle dell'asma umana, e sono correlabili alla presenza di allergeni ambientali e alla stabulazione. Nell'uomo, è stata descritta una correlazione con la presenza di silice, tanto che l'asma è considerata malattia professionale per lavoratori esposti a polveri contenenti questo materiale.

LO STUDIO

Lo scopo dello studio svolto è stato quello di valutare la presenza di infiammazione delle vie aeree profonde in cavalli da maneggio e di individuare eventuali differenze nello stato dell'apparato respiratorio su soggetti che lavorano in campi in sabbia, in PFU e misti PFU/sabbia.

Sono stati selezionati in totale 7 soggetti, 3 cavalli che lavoravano su fondo misto, 2 su sabbia e 2 su PFU. I soggetti, tutti di razze diverse, presentavano età compresa tra 10 e 23 anni. Sono stati chiaramente scelti cavalli da maneggio perché questi risultano essere quelli che lavorano più frequentemente sui terreni in esame.

Tutti gli animali sono stati sottoposti a visita clinica prima e dopo il lavoro, e, entro un'ora dalla fine della lezione, a endoscopia delle vie aeree profonde e lavaggio bronchiolo-alveolare, che è stato poi inviato in laboratorio per la valutazione della popolazione cellulare e per l'individuazione di un eventuale popolazione batterica segno di infezione. Tutti i soggetti sono stati esaminati due volte, a distanza di due mesi l'uno dall'altro. Inoltre durante il lavoro, i cavalli sono stati osservati e si è registrato il numero di animali che hanno presentato colpi di tosse.

Alla valutazione clinica e all'esame endoscopico delle vie aeree profonde, tutti i cavalli testati sono risultati normali, solo gli animali più anziani hanno mostrato dispnea di grado lieve dopo il lavoro, di scarso significato clinico, e un lieve aumento del muco presente in trachea, probabilmente legato al lavoro effettuato prima della endoscopia, e comunque, anche in questo caso, con scarso significato clinico.
Nella valutazione dell'esame endoscopico sono stati utilizzati i seguenti parametri di giudizio e le relative scale di punteggio:

1. Presenza di muco a livello del faringe:
0: assenza di muco;
1: scarsa quantità di muco (piccole gocce) ventralmente e lateralmente all'epiglottide.
2: grande quantità di muco ventralmente e dorsalmente all'epiglottide, saltuariamente raccolta di muco nei ventricoli e nei processi corniculati.

2. Accumulo di muco a livello tracheale:
0: nessun tipo di accumulo di muco;
1: lieve quantità di muco, in piccole ma numerose gocce;
2: moderata quantità di muco e gocce aumentate di volume;

3: marcata quantità di muco, a formare delle strie.
3. Accumulo di muco a livello bronchiale:
0: Nessun tipo di accumulo mucoso;
1: lieve quantità di muco, in piccole ma numerose gocce;
2: moderata quantità di muco, gocce aumentate di volume;
3: marcata quantità di muco presente, a formare delle strie;
4: elevata quantità di muco presente;
5: estrema quantità di muco.

Per quanto riguarda il liquido di lavaggio bronchiolo-alveolare, la popolazione cellulare non ha mostrato alterazioni, e non sono stati isolati batteri. Durante il lavoro, due animali su tre hanno mostrato tosse lavorando sul campo in sabbia, uno su due sul campo misto mentre nessun cavallo ha tossito su quello in PFU.

I soggetti da noi valutati non hanno mostrato segni di malattia respiratoria, né nel primo né nel secondo prelievo.
Questo dato andrebbe però confermato, prendendo in considerazione animali cui sia stata diagnosticata una malattia bronchiale, soprattutto alla luce della presenza di minor polvere sollevata durante il lavoro sul campo in PFU rispetto alla sabbia, e dell'assenza di colpi di tosse in cavalli che lavorano sul primo terreno. La tosse evidenziata, anche se non è segno di patologia delle vie aeree profonde, è comunque indicazione di uno stato irritativo delle prime vie aeree, che seppur transitorio, riduce il benessere sia del cavallo che del cavaliere durante il lavoro.

Questi risultati preliminari dimostrano che il campo in PFU può migliorare il benessere dei cavalli e probabilmente degli operatori che lavorano in maneggio, e dovrebbero essere confermati valutando lo stato sanitario delle vie aeree di cavalli con diagnosi di asma equina dopo il passaggio ad un campo in PFU.
Di seguito sono riportate le schede di valutazione di ogni soggetto:

SOGGETTO 1

	T0	T1
Fondo	PFU	Nessun cambiamento
Età	23	Nessun cambiamento
Razza	Sella Italiano	Nessun cambiamento
Sesso	Femmina	Nessun cambiamento
Tosse	Si	Nella Norma
Frequenza Cardiaca	44	48
Frequenza Respiratoria	15	20
Respiro	Dispnea mista	Nella Norma
Limiti polmonari	15 sia a sinistra che a destra.	Nella Norma
Auscultazione	Rantoli campi apicali e medi	Nella Norma
Frequenza Respiratoria post esercizio	36	24
Auscultazione post esercizio	Come pre esercizio	Nella Norma
Secrezione nasale	Si	No
Muco faringe	0	0
Muco tracheale	4	0
Muco bronchi	1,5	0
Spessore setto	2	2
Tosse durante endoscopia	+/-	Nella Norma
Collasso tracheale	No	Nessun cambiamento
Collasso bronchiale	No	Nessun cambiamento
Surfattante	Scarso	Nella Norma
Batteriologico	flora microbica mista; Stafilococchi coagulasi negativi; Streptococcus spp.; Pseudomonas spp	Nessun cambiamento
Neutrofili	4	Nessun cambiamento
Linfociti	24	Nessun cambiamento
Macrofagi	72	Nessun cambiamento
Eosinofili	1,5	Nessun cambiamento
Cellule giganti	4,5	Nessun cambiamento
Cellule colonnari	9,5	Nessun cambiamento
Globuli rossi	+	Nessun cambiamento

SOGGETTO 2

	T0	T1
Fondo	PFU	Nessun cambiamento
Età	15	Nessun cambiamento
Razza	Hannover	Nessun cambiamento
Sesso	Castrone	Nessun cambiamento
Tosse	Si	No
Frequenza Cardiaca	40	32
Frequenza Respiratoria	20	16
Respiro	Dispnea espiratoria	Nella Norma
Limiti polmonari	14 Sinistra; 13 Destra.	Nella Norma
Auscultazione	Nella Norma	Nessun cambiamento
Frequenza Respiratoria post esercizio	36	52
Auscultazione post esercizio	Nella Norma	Nella Norma
Secrezione nasale	Si	Nella Norma
Muco faringe	0	1
Muco tracheale	3	1,5
Muco bronchi	0	0
Spessore setto	2	2
Tosse durante endoscopia	+	-
Collasso tracheale	No	No
Collasso bronchiale	No	No
Surfattante	Scarso	Scarso
Batteriologico	Nocardia spp.	Nessun cambiamento
Neutrofili	2,5	/
Linfociti	21,5	/
Macrofagi	69	/
Eosinofili	/	/
Cellule giganti	1	/
Cellule colonnari	6	/
Globuli rossi	/	/

SOGGETTO 3

	T0	T1
Fondo	Sabbia	Nessun cambiamento
Età	12	Nessun cambiamento
Razza	Pony	Nessun cambiamento
Sesso	Femmina	Nessun cambiamento
Tosse	Si	Nessun cambiamento
Frequenza Cardiaca	36	40
Frequenza Respiratoria	12	20
Respiro	Dispnea Inspiratoria	Nella Norma
Limiti polmonari	Nella Norma	14 Destra e Sinistra
Auscultazione	Nella Norma	Nessun cambiamento
Frequenza Respiratoria post esercizio	32	52
Auscultazione post esercizio	Nella Norma	Nella Norma
Secrezione nasale	No	No
Muco faringe	0	0
Muco tracheale	3	2
Muco bronchi	0	0
Spessore setto	3	3
Tosse durante endoscopia	++	++
Collasso tracheale	Si	No
Collasso bronchiale	No	No
Surfattante	Scarso	Scarso
Batteriologico	Stafilococchi coagulasi negativi; Pseudomanas spp.	Nessun cambiamento
Neutrofili	2,5	/
Linfociti	15	/
Macrofagi	50,5	/
Eosinofili	/	/
Cellule giganti	/	/
Cellule colonnari	32	/
Globuli rossi	/	/

SOGGETTO 4

	T0	T1
Fondo	Sabbia	Nessun cambiamento
Età	10	Nessun cambiamento
Razza	Pony	Nessun cambiamento
Sesso	Castrone	Nessun cambiamento
Tosse	Si	Nessun cambiamento
Frequenza Cardiaca	40	40
Frequenza Respiratoria	16	16
Respiro	Dispnea Mista	Dispnea Mista
Limiti polmonari	14 Sinistra e 13 Destra.	Nella Norma
Auscultazione	Nella Norma	Nella Norma
Frequenza Respiratoria post esercizio	28	30
Auscultazione post esercizio	Nella Norma	Nella Norma
Secrezione nasale	No	Nessun cambiamento
Muco faringe	0	0
Muco tracheale	0	0
Muco bronchi	0	0
Spessore setto	3	3
Tosse durante endoscopia	++	+
Collasso tracheale	Si	No
Collasso bronchiale	Si	No
Surfattante	Buono	Scarso
Batteriologico	Stafilococchi coagulasi negativi;	Nessun cambiamento
Neutrofili	1,5	/
Linfociti	17,5	/
Macrofagi	72	/
Eosinofili	/	/
Cellule giganti	3	/
Cellule colonnari	26	/
Globuli rossi	/	/

SOGGETTO 5

	T0	T1
Fondo	Misto	Nessun cambiamento
Età	16	Nessun cambiamento
Razza	Maremmano	Nessun cambiamento
Sesso	Femmina	Nessun cambiamento
Tosse	No	Nessun cambiamento
Frequenza Cardiaca	36	36
Frequenza Respiratoria	20	16
Respiro	Nella Norma	Nella Norma
Limiti polmonari	Nella Norma	Nella Norma
Auscultazione	Nella Norma	Murmure rinforzat
Frequenza Respiratoria post esercizio	36	40
Auscultazione post esercizio	Nella Norma	Nella Norma
Secrezione nasale	No	No
Muco faringe	0	0
Muco tracheale	2	1
Muco bronchi	0	0
Spessore setto	3	2
Tosse durante endoscopia	+	-
Collasso tracheale	No	No
Collasso bronchiale	No	No
Surfattante	Buono	Scarso
Batteriologico	Stafilococchi coagulasi negativi; Pseudomonas spp.	Nessun cambiamento
Neutrofili	4,5	/
Linfociti	26,5	/
Macrofagi	65,5	/
Eosinofili	/	/
Cellule giganti	5,5	/
Cellule colonnari	3,5	/
Globuli rossi	/	/

SOGGETTO 6

	T0	T1
Fondo	Misto	Nessun cambiamento
Età	16	Nessun cambiamento
Razza	SCN	Nessun cambiamento
Sesso	Castrone	Nessun cambiamento
Tosse	No	Nessun cambiamento
Frequenza Cardiaca	32	36
Frequenza Respiratoria	24	24
Respiro	Lieve prolungamento espirazione	Nella Norma
Limiti polmonari	Nella Norma	Nella Norma
Auscultazione	Nella Norma	Murmure rinforzato
Frequenza Respiratoria post esercizio	48	48
Auscultazione post esercizio	Nella Norma	Murmure rinforzato
Secrezione nasale	No	No
Muco faringe	1	0
Muco tracheale	3,5	3
Muco bronchi	0	0
Spessore setto	2	2
Tosse durante endoscopia	++	+
Collasso tracheale	Si	No
Collasso bronchiale	No	No
Surfattante	Scarso	Scarso
Batteriologico	Klebsiella pneumoniae; Pseudomonas aeruginosa; Pseudomonas spp.	Nessun cambiamento
Neutrofili	7,5	/
Linfociti	20,5	/
Macrofagi	64	/
Eosinofili	1	/
Cellule giganti	5	/
Cellule colonnari	12	/
Globuli rossi	/	/

SOGGETTO 7

	T0	T1
Fondo	Misto	Nessun cambiamento
Età	17	Nessun cambiamento
Razza	Anglo Arabo	Nessun cambiamento
Sesso	Femmina	Nessun cambiamento
Tosse	No	Nessun cambiamento
Frequenza Cardiaca	36	36
Frequenza Respiratoria	14	24
Respiro	Dispnea Mista	Nella Norma
Limiti polmonari	Nella Norma	Nella Norma
Auscultazione	Nella Norma	Nella Norma
Frequenza Respiratoria post esercizio	24	58
Auscultazione post esercizio	Nella Norma	Nella Norma
Secrezione nasale	No	No
Muco faringe	0	0
Muco tracheale	3,5	2
Muco bronchi	0	0
Spessore setto	3	3
Tosse durante endoscopia	+	-
Collasso tracheale	No	No
Collasso bronchiale	No	No
Surfattante	Buono	Buono
Batteriologico	Pseudomonas spp.	Nessun cambiamento
Neutrofili	3,5	/
Linfociti	19,5	/
Macrofagi	62,5	/
Eosinofili	3	/
Cellule giganti	7	/
Cellule colonnari	24,5	/
Globuli rossi	/	/

5. PROVE PER LA STIMA DELL'ESPOSIZIONE INALATORIA E DERMICA IN CAMPI IPPICI CON GRANULO DA PFU

Waste and chemicals

Il granulato di gomma ottenuto dal recupero degli Pneumatici Fuori Uso (PFU) da anni viene utilizzato in molteplici settori, tra i quali il più diffuso e interessante per la collettività è rappresentato dall'edilizia sportiva, per la realizzazione di campi in erba artificiale, piste di atletica, superfici polivalenti indoor e outdoor per basket, tennis e pallavolo, pavimentazioni antitrauma per palestre e aree gioco, superfici per il benessere animale.

PREMESSA

Tra gli impieghi più innovativi implementati negli ultimi anni si annovera quello nei campi ippici, dove la gomma riciclata da PFU trova applicazione sia all'interno di maneggi e scuderie sottoforma di pavimentazioni in gomma sia nei campi di lavoro esterni a sostituzione completa o parziale della sabbia, materiale potenzialmente responsabili dell'insorgenza di patologie respiratorie a carico dei cavalli e degli addetti ai campi ippici.

Contestualmente all'implementazione di tale applicazione sono stati avviati dei progetti di ricerca volti a testare gli impatti sulla salute dei cavalli e del personale coinvolto sia nei campi di lavoro che nelle pavimentazioni nei box realizzate con il granulato da PFU.

In tale ambito, Ecopneus ha richiesto a WasteandChemicals di verificare la sicurezza dell'utilizzo di granulato proveniente dai PFU come materiale d'intaso nei campi di lavoro ippici, con particolare riferimento agli aspetti di esposizione inalatoria e dermica degli operatori che utilizzano, professionalmente o amatorialmente, i campi di lavoro in oggetto.

Il lavoro è stato eseguito mediante una campagna di monitoraggio svoltasi presso il centro ippico "Happy Horse" di Orvieto, dove è stato installato un campo di lavoro utilizzando una miscela di sabbia e granulato da PFU. Durante la campagna è stato simulata una normale sessione di allenamento presso il campo di lavoro esterno che ha visto coinvolti tre istruttori e due atleti non professionisti.

Nel presente documento vengono presentati i risultati ottenuti dalla suddetta campagna di monitoraggio in termini di analisi dei livelli di esposizione degli operatori coinvolti, suddividendoli per tipologia di esposizione indagata (inalatoria e dermica), per tipologia di addetto monitorato (istruttori, atleti) e per inquinante indagato (IPA, poveri respirabili). Sulla base dei risultati analitici della campagna di monitoraggio è stata inoltre condotta una analisi di rischio cancerogeno, i cui risultati sono riportati nell'ultima sezione del documento, per tre scenari che possono essere potenzialmente correlabili all'utilizzo del campo: lavoratori (istruttori del campo), atleti adulti e atleti bambini.

1. CARATTERISTICHE DEL SITO MONITORATO

La campagna di misura è stata eseguita il 29 marzo 2019 presso un campo di lavoro outdoor installato nel centro ippico “Happy Horse” di Orvieto (Figura 2) nel giugno del 2017 dall’azienda Promix.

La realizzazione del campo di lavoro ha previsto la sostituzione integrale della sabbia precedentemente presente con una miscela in parti uguali di sabbia nobilitata e di granulo di gomma da PFU nobilitato, ossia entrambi rivestiti di resine poliuretaniche colorate marrone (Figura 2).

Al di sotto dello strato è stato inoltre posato un fondo composto da circa 2.500 piastre prefabbricate realizzate con oltre 50000 kg di gomma riciclata da PFU.

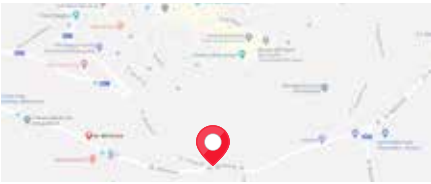


Figura 1

Figura 2

2. MATERIALI E METODI

La scelta degli inquinanti da indagare durante la campagna di monitoraggio è stata eseguita tenendo conto della composizione dei materiali utilizzati come intaso del campo di lavoro (granulo e sabbia nobilitata) e delle potenziali vie di esposizione degli inquinanti ivi contenuti in base all'utilizzo del campo.

Gli inquinanti presenti nella sabbia e nel granulato nobilitato possono essere rilasciati in atmosfera mediante due modalità principali:

1) Rilascio di sostanze allo stato gassoso. Dipende dalla temperatura, dalle caratteristiche fisico-chimiche degli inquinanti di interesse, dal modo in cui questi sono legati al polimero;

2) Rilascio in atmosfera associato alla generazione di particolato. Dipende sia dalla temperatura che dall'intensità d'uso del campo.

Considerando tali tipologie di rilascio, si è deciso quindi di valutare sia l'esposizione inalatoria che l'esposizione dermica degli operatori che utilizzano il campo, essendo gli stessi potenzialmente soggetti sia ad inalazione che ad assorbimento cutaneo degli inquinanti rilasciati in atmosfera allo stato gassoso e/o adsorbiti al particolato e depositati sulla cute degli operatori stessi.

A tal fine, sono stati eseguiti prelievi personali, applicando i dispositivi di campionamento direttamente sugli operatori impegnati nell'utilizzo del campo di lavoro, per la misura delle concentrazioni di inquinanti potenzialmente inalabili e depositabili sulla cute, e prelievi ambientali, mediante campionatore fisso posizionato al perimetro del campo di lavoro, per la misura della concentrazione "di fondo" degli stessi inquinanti nell'aria circostante le attività.

In relazione alla composizione chimica del campo di lavoro e alle modalità di rilascio individuate sono stati considerati di maggiore interesse e scelti come parametri da monitorare due tipologie di inquinanti:

- idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- polveri respirabili

Al fine di riprodurre uno scenario realistico di utilizzo del campo di lavoro è stato richiesto agli operatori coinvolti di ripetere le attività normalmente effettuate durante una sessione di allenamento presso il campo ed è stato deciso di applicare i dispositivi di campionamento sia agli istruttori, occupati a terra, che agli atleti, posizionati sopra i cavalli. Sono stati coinvolti complessivamente 5 addetti, a cui sono stati applicati i seguenti dispositivi:

1. istruttore a terra n.1: monitoraggio polveri respirabili (esposizione inalatoria) e IPA (esposizione dermica);

2. istruttore a terra n.2: monitoraggio IPA (esposizione inalatoria ed esposizione dermica);

3. istruttore a terra n.3: monitoraggio polveri respirabili (esposizione inalatoria);

4. Fantino n.1: monitoraggio IPA (esposizione inalatoria);

5. Fantino n.2: monitoraggio IPA (esposizione inalatoria);

La durata dei campionamenti è stata pari alla durata della sessione di allenamento (circa 2 ore).

2.1 ESPOSIZIONE INALATORIA

La valutazione dell'esposizione inalatoria è stata eseguita mediante campionamenti finalizzati alla misura della concentrazione di polveri (con particolare riguardo alla frazione respirabile) e di IPA, per la determinazione delle concentrazioni espositive delle figure coinvolte, ovvero per stimare la concentrazione delle suddette sostanze per ciascun operatore in un dato intervallo di tempo.

Al fine di evidenziare le dosi effettivamente inalate dai soggetti in relazione alle attività svolte nel campo di lavoro, sono stati utilizzati dei campionatori personali con dispositivo di captazione posto nella zona respiratoria dell'operatore.

Le metodiche di campionamento personale adottate sono conformi all'Allegato XLI del D.lgs. 81/08 (Metodiche standardizzate di misurazione degli agenti), in cui vengono elencate le metodiche standardizzate alle quali fare riferimento per effettuare la misurazione degli agenti chimici.

In particolare, la UNI EN 689 (2018) raccomanda l'utilizzo di dispositivi personali di campionamento applicati al corpo degli addetti per accertarne l'effettiva esposizione alle sostanze indagate.

Tale procedura è particolarmente efficace soprattutto per quelle attività, come quella oggetto della presente sperimentazione, in cui il personale non presidia con continuità una postazione di lavoro, ma si sposta in zone diverse.

Per tutte e due le tipologie di campionamento personale (di IPA e polveri respirabili) sono state perciò utilizzate pompe posizionate sugli operatori, tramite un sistema a tracolla in modo da non intralciare il normale svolgimento delle attività di allenamento, conformi alla norma UNI EN 1232:1999 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro.

Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova (1999) con controllo costante del flusso aspirato (±5 % flusso impostato) (Tecora Ayron 5 Standard Flow 750-5000 cc/min e Gilian 5000 range 800-5000 cc/min UNI EN1232).

2.1.1 CAMPIONAMENTO DI POLVERI RESPIRABILI

Per "polveri respirabili" si intende la frazione di particelle aerodisperse inalate le cui dimensioni sono tali da determinare l'interazione con l'apparato respiratorio umano, ed in particolare, la penetrazione nella zona alveolare dei polmoni (vie respiratorie prive di ciglia). Per convenzione vengono considerate particelle respirabili quelle con un diametro aerodinamico pariv a 4 μm.

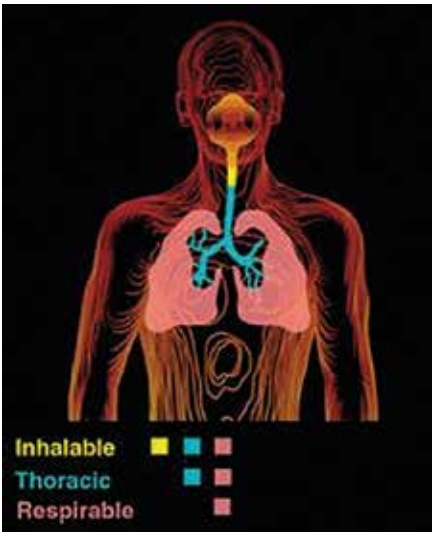


Figura 3 - Livelli di penetrazione polmonare a seconda della dimensione delle particelle inalate.

Per la misura di tale parametro, considerando che non esiste una metodologia univoca per la determinazione e sulla base degli attuali orientamenti degli enti normatori CEN e ISO (CEN, 2006; ISO, 2006) e delle caratteristiche prestazionali sperimentali dei vari sistemi di campionamento, sono stati utilizzati due sistemi di prelievo, entrambe conformi alla convenzione per il campionamento della frazione respirabile indicata nella norma UNI EN 481 (1994): il sistema preselettore Dorr Oliver (con flusso di campionamento: 1.7 l/min, conforme alla norma NIOSH 0600 (1998) e il sistema GS 3 (con flusso di campionamento a 2,75 l/min conforme alle nuove direttive ACGIH e al metodo UNICHIM M.U. 2010 (2011)). I due sistemi sono stati posizionati su due operatori distinti impegnati nelle medesime attività: rispettivamente selettore GS3 su istruttore n.1 e selettore Dorr-oliver su istruttore n.3.

Tali selettori dimensionali, basati sul funzionamento del ciclone (separazione centrifuga), permettono di prelevare la frazione respirabile di un aerosol riproducendo le caratteristiche di separazione previste dalla norma UNI EN 481 (1994) quando operano nelle condizioni e a portate dichiarate dal costruttore in conformità alla norma UNI EN 13205 (2014).

Come membrane filtranti sono stati utilizzati filtri in fibra di vetro del diametro di 25mm. La massa di particolato è stata determinata sull'aumento di peso del filtro (analisi gravimetrica) (rif. par.1.4).

1. Per convenzione si intende la relazione tra il diametro aerodinamico e la frazione che devessere raccolta o misurata, la quale approssima la frazione che penetra nella regione di interessedel tratto respiratorio" (UNICHIM, 2013).

Figura 4 - Linea delle polveri respirabili posizionata sugli operatori durante la campagna di monitoraggio.

2.1.2 CAMPIONAMENTO DI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

Gli IPA costituiscono una classe di sostanze organiche caratterizzate dalla presenza di due o più anelli aromatici. Gli IPA a maggior peso molecolare, tra i quali vanno inclusi quelli maggiormente tossici (es. benzo[a]pirene), a causa della bassa pressione di vapore e solubilità, sono presenti quasi esclusivamente adsorbiti alla matrice organica del terreno od al particolato aerodisperso.

Data la numerosità dei componenti della classe degli IPA, l'indagine è stata limitata alla determinazione di una parte di essi. Sulla base dei riferimenti bibliografici di istituzioni autorevoli (IARC, US-EPA, ACGIH, CTN, CE) e delle normative di riferimento in vigore, sono stati identificati 22 IPA. L'elenco comprende i priority pollutants proposti dal US-EPA e gli IPA attualmente normati dai regolamenti europei o dalla normativa nazionale (Tabella 1).

TABELLA 1 - ELENCO DEGLI IPA MONITORATI

PARAMETRO	CAS	Pressione di Vapore (mmHg)[2]	Cancerogenicità			
			IARC[4]	ACGIH[5]	CLP[6]	USEPA[7]
Acenaftene	83-32-9	3,54E-03	3	-	-	-
Acenaftilene	208-96-8	2,27E-03	-	-	-	D
Antracene	120-12-7	1,03E-05	3	-	-	D
Benzo[a]Antracene	56-55-3	3,75E-07	2B	A2, BEI	C 1B	B2
Benzo[b]Fluorantene	205-99-2	2,97E-09	2B	A2, BEI	C 1B	B2
Benzo[j]Fluorantene	205-82-3	-	2B	-	C 1B	-
Benzo[k]Fluorantene	207-08-9	1,41E-09	2B	-	C 1B	B2
Benzo[g,h,i]Perilene	191-24-2	1,02E-10	3	-	-	D
Benzo[a]Pirene	50-32-8	2,23E-09	1	A2, BEI	C 1B	A
Benzo[e]Pirene	192-97-2	-	3	-	C 1B	-
Crisene	218-01-9	3,48E-08	2B	A3, BEI	C 1B	B2
DiBenzo[a,h]Antracene	53-70-3	9,58E-10	2A	-	C 1B	B2
DiBenzo[a,e]Pirene	192-65-4	1,51E-12	3	-	-	-
DiBenzo[a,h]Pirene	189-64-0	2,34E-12	2B	-	C 1B prop	-
DiBenzo[a,i]Pirene	189-55-9	3,81E-12	2B	-	C 1B prop	-
DiBenzo[a,l]Pirene	191-30-0	3,81E-12	2A	-	C 1B	-
Fenantrene	85-01-8	5,60E-04	3	-	-	D
Fluorantene	206-44-0	8,65E-06	3	-	-	D
Fluorene	86-73-7	7,43E-04	3	-	-	D
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	193-39-5	1,81E-10	2B	-	-	B2
Naftalene	91-20-3	8,08E-02	2B	TLV, A4	C 2	C
Pirene	129-00-0	6,03E-06	3	-	-	D

2. Fonte: Banca dati ISS-INAIL rev. marzo 2018
3. USEPA, Priority Pollutant List (versione pubblicata a settembre 2015) (https://www.epa.gov/eg/toxic-and-priority-pollutants-under-clean-water-act).
4. Classificazione IARC (Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–123, verificata maggio 2019): classe 1: cancerogeno umano; 2A: agente probabilmente cancerogeno per l'uomo, 2B: agente possibilmente cancerogeno, 3: agente non classificabile
5. Classificazione ACGIH (2011, verificata maggio 2019): A1: carcinogeno riconosciuto per l'uomo, A2: carcinogeno sospetto per l'uomo, A3: carcinogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo; A4: non classificabile come carcinogeno per l'uomo, A5: non sospetto come carcinogeno per l'uomo. BEI: Biological Exposure Indices: tale annotazione viene riportata quando per la sostanza in esame viene raccomandato anche un Indice Biologico di Esposizione.
6. Classificazione armonizzata Allegato VI del Regolamento CLP (consultazione inventario C&L maggio 2019): C 1A: sono noti effetti cancerogeni per l'uomo, C 1B: si presumono effetti cancerogeni per l'uomo sulla base di studi su animali. C2: si sospettano effetti cancerogeni per l'uomo. C prop: proposta di classificazione armonizzata in corso (registry of classification and labelling CLH).

Mutagenicità	REGOLAMENTAZIONE				Priority Pollutants[3]
USEPA[8]	D.Lgs.152/2006 suolo e sottosuolo[9]	D.lgs.155/2010 qualità aria[10]	Restrizione REACH[11]	SVHC[12]	
					X
					X
					X
X	X		X	X	X
X	X		X	X	X
			X	X	-
X	X		X	X	X
	X			X	X
X	X	X	X	X	X
			X		-
X	X		X	X	X
X	X		X		X
					-
					-
					-
					-
				X	X
				X	X
					X
X	X				X
					X
	X			X	X

7. Classificazione USEPA-IRIS (verificata maggio 2019): classe B2: probabile cancerogeno con sufficiente evidenza in studi su animali, D: non classificabile come cancerogeno per l'uomo, A: cancerogeno per l'uomo
8. Fonte: USEPA, Regional Screening Level (RSL) Summary Table (TR=1E-06, HQ=1) Aprile 2019
9. D. lgs. n. 152/06 Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V, Tabella 1, Colonna A (Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare – siti ad uso verde pubblico, provato e residenziale).
10. D.lgs. 155/2010 Allegato XIII (articolo 9, commi 2 e 5) (Valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene).
11. IPA elencati nella Restrizione n.50 Allegato XVII Regolamento REACh (rev.maggio 2018): "PAHs restriction in consumer articles" e Proposta di restrizione "Annex XV-Eight polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in granules and mulches used as infill material in synthetic turf pitches and in loose form on playgrounds and in sport applications" July 2018.
12. IPA elencati nella "Candidate List of substances of very high concern for authorisation" (Elenco delle sostanze estremamente preoccupanti candidate all'autorizzazione, verificato maggio 2019).

Gli IPA possono essere presenti in aria sia sotto forma di vapore che di aerosol, in funzione della tensione di vapore, delle condizioni di temperatura ambiente e del processo che si sta considerando, pertanto nella scelta della tecnica di campionamento si è tenuto conto sia dell'analisi quantitativa della frazione adsorbita sul particolato che di quella in fase vapore.

Per il campionamento della frazione di IPA aerodispersa in forma particellare possono essere utilizzate diverse tecniche (filtrazione, sedimentazione, precipitazione elettrostatica, etc.), in genere si utilizza la filtrazione su membrana come indicato dai metodi ufficiali (5515.POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS by GC). Per il campionamento della fase vapore i suddetti metodi di riferimento prevedono l'adsorbimento degli IPA su un substrato solido: il sistema di captazione è generalmente costituito da una fiala contenente resina adsorbente (Figura 5). Nei casi in cui, come nella presente sperimentazione, lo studio preveda il campionamento di IPA sia in fase vapore che in forma particellare, vengono utilizzati dei sistemi combinati. La sonda di campionamento personale applicata alla pompa di aspirazione è stata quindi formata da:

- Un supporto porta filtro, che sostiene una membrana in fibra di quarzo (Munktell, MK360 diam.25mm), che consente di captare e raccogliere il materiale particellare inalabile contenente gli IPA e di sottoporlo alle successive procedure analitiche;
- Una fiala di vetro, contenente una resina di natura polistirenica (XAD-2 200/400 mg Jumbo), sotto forma granulare, ad alta capacità adsorbente, che consente di captare e raccogliere gli IPA in fase vapore mediante adsorbimento sulla superficie della resina.

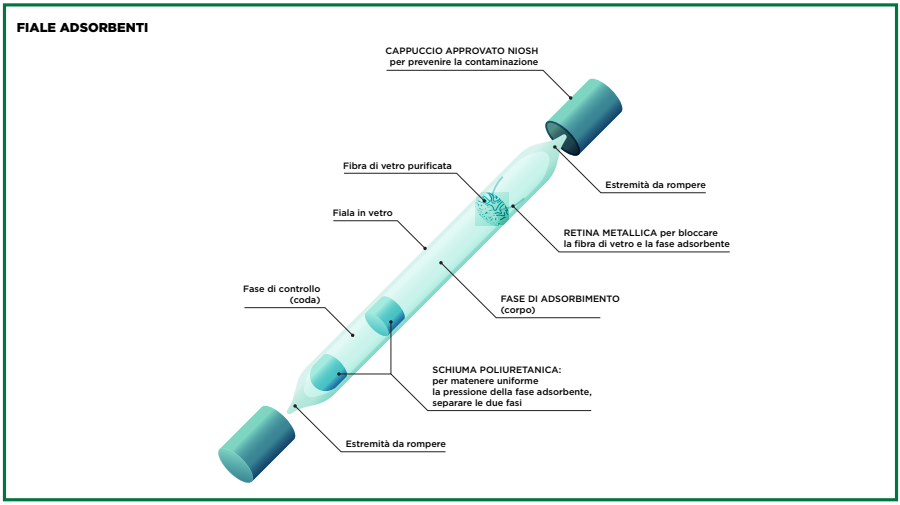


Figura 5 - Fiala adsorbente per determinazione di IPA in fase vapore.

L'utilizzo della fiala adsorbente a valle del filtro, oltre a permettere la determinazione di entrambe le frazioni di IPA, presenta anche il vantaggio di consentire il recupero sul supporto adsorbente di quegli inquinanti che, a causa dell'elevato flusso di campionamento o del volume campionato, sono soggetti a strippaggio dal filtro e che senza la presenza della fiala andrebbero persi.

L'aspirazione dell'aria ambiente attraverso la sonda di campionamento personale (filtro+fiala) è assicurata, analogamente al campionamento delle polveri, dalla pompa collegata all'operatore; in questo caso, tuttavia, la portata del flusso di aspirazione è stata mantenuta pari a 2 l/min, in accordo alla metodica NIOSH 5515.

I dispositivi utilizzati per la valutazione dell'esposizione inalatoria agli IPA sono stati applicati su tre operatori: un istruttore (istruttore n.2) e due atleti (fantini n.1 e n.2).

La durata del campionamento è stata pari alla durata usuale di una sessione di allenamento (circa 2 ore) nel campo di lavoro. Una volta raccolti, i campioni sono stati coperti con fogli di alluminio al fine di evitare la degradazione degli stessi da UV, e mantenuti a 4°C durante il trasporto fino all'arrivo ai laboratori qualificati (Eco-research S.r.l.). La procedura analitica utilizzata ha previsto l'estrazione dei filtri, con il materiale particellare raccolto, e della resina adsorbente, con i vapori captati, con soluzione estraente e analisi per via gascromatografica della soluzione risultante, dopo filtrazione, purificazione e concentrazione della stessa (metodo ad alta risoluzione: LOD: 0.1 ng).

Figura 6 - Linea delle degli IPA posizionata sugli operatori durante la campagna di monitoraggio.

2.2 ESPOSIZIONE DERMICA

L'esposizione dermica può essere valutata attraverso diverse metodiche di campionamento, non esistendo ad oggi un metodo ufficiale per tale tipologia di esposizione. Nella presente sperimentazione, sono stati nella fattispecie utilizzati come riferimento i seguenti documenti:

- EPA/600/R-07/040F (Dermal Exposure Assessment: a summary of EPA approches, 2007);
- EPA/600/R-09/052F (Exposure Factors Handbook, 2011 Edition, 2011)
- CEN/TR 15278:2006 - *Workplace exposure. Strategy for the evaluation of dermal exposure*
- CEN/TS 15279:2006 - *Workplace exposure Measurement of dermal exposure. Principles and methods*
- NIOSH CDC 2002-126 *(Exposure Assessment Method Research Needs and Priorities, 2002)*

La selezione del metodo è stata effettuata considerando le tipologia di attività che vengono usualmente svolte sul campo di lavoro outdoor e le modalità di rilascio degli inquinanti in oggetto. Sulla base di tali aspetti, è stato adottato un metodo ad "intercettazione", ossia un metodo di campionamento che prevede l'utilizzo di uno strato assorbente disposto sulla pelle o sugli indumenti, in grado di intercettare i contaminanti prima che questi raggiungano la pelle.

Il campionamento è stato eseguito, in particolare, con la tecnica dei "pads": una serie di membrane in polipropilene inserite in involucri chiusi verso il basso (base che aderisce alla cute) ed aperti verso l'alto, con una apertura circolare di superficie nota, che consente di accogliere tutto il materiale inquinante che avrebbe potuto raggiungere quella porzione superficiale di cute su cui il pad è collocato. I pads vengono applicati alla cute mediante dei cerotti dermici che presentano un'apertura esterna delle medesime dimensioni della superficie di raccolta (Figura 7).

Le variabili principali da considerare nell'utilizzo della tecnica dei pads sono: dimensione, numero, materiale costituente e localizzazione. In virtù della mancanza di una sperimentazione validata su tali fattori, per la loro scelta si è fatto riferimento alla letteratura di settore. La metodica utilizzata costituisce nella fattispecie una versione modificata di quella presentata da Jongeneelen et al. ((1988), Van Rooij et al. (1993)) e McClean et al. (2004).

La localizzazione dei pads è stata mirata alla stima della dose potenziale in soggetti esposti, per cui i pads sono stati posizionati sia sulla cute nuda non coperta da indumenti (ad es. polso) sia sui vestiti. I pads sono stati collocati in corrispondenza di regioni anatomiche strategiche da punto di vista igienistico, ovvero in tutte quelle zone della superficie cutanea in cui polveri, fumi e vapori aerodispersi possono comunque arrivare nonostante la presenza di abiti e/o tute da lavoro: collo, torace, polso e polpaccio; ciascuno di essi rappresenta un'aliquota di superficie corporea potenzialmente esposta.

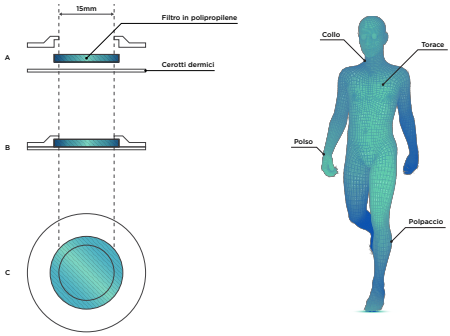


Figura 7 - Progettazione del pad – Zone cutanee dove sono stati collocati i pads al fine di monitorare la contaminazione cutanea a IPA.

Per ciascun operatore coinvolto sono stati utilizzati 4 pads (filtri in polipropilene Millipore diam.47mm), con superficie di monitoraggio effettiva pari a 3,15 cm2 (diametro esposto 20mm). La dimensione e il numero dei pads utilizzati costituiscono un accettabile compromesso tra la necessità di non ostacolare il normale svolgimento delle attività di allenamento e consentire allo stesso tempo una buona mappatura della distribuzione di contaminazione cutanea sull'intera superficie corporea degli operatori.

Al fine di ridurre i fattori di incertezza legati a questa tecnica si è scelto di eseguire nell'ambito della determinazione analitica un'estrazione cumulativa e non singola dei quattro campioni raccolti: sui campioni sono stati determinati i 22 IPA selezionati (rif.par.2.1.2).

Sia la durata del campionamento che le modalità di trasporto e conservazione dei campioni, così come i metodi analitici utilizzati sono analoghi a quelli utilizzati per la valutazione dell'esposizione inalatoria ad IPA.

Figura 8 - Posizionamento dei pads per la valutazione dell'esposizione dermica degli operatori ad IPA durante la campagna di monitoraggio.

2.3 CAMPIONAMENTI AMBIENTALI

I campionamenti ambientali rappresentano uno strumento utile a definire il contributo aggiuntivo dell'esposizione personale rispetto all'esposizione di fondo, fatto salvo comunque che il dato di riferimento per la valutazione di rischio è costituito dalla somma delle due sorgenti. La valutazione dell'esposizione inalatoria degli operatori agli IPA effettuata con campionatori personali posizionati in zona respiratoria, è stata perciò integrata con l'esecuzione di un campionamento ambientale condotto su una postazione fissa in prossimità del campo di lavoro.

Analogamente al campionamento personale, la determinazione degli IPA è stata eseguita sul particolato atmosferico campionato su un filtro (filtro in fibra di quarzo Munktell MK360 diam.102mm) e sulla frazione volatile adsorbita su schiuma poliuretanica PUF (PUF Tecora h50mm) posizionata a valle del filtro, utilizzando un campionatore ad "alto volume" (campionatore atmosferico modello ECHO HI-VOL Tecora equipaggiato con sonda per monitoraggio ambientale di inquinanti organici e PM10). Il campionatore è dotato di un modulo di campionamento costituito da un portafiltro da 102 mm e un portacartuccia adsorbente (per PUF o XAD2) che consente campionamenti simultanei di particolato e gas.

Il monitoraggio è stato eseguito impostando un flusso di aspirazione del campionatore pari a 200 l/min, per una durata pari o superiore alla durata dei campionamenti personali. Il suddetto flusso di campionamento permette di raccogliere un volume sufficiente ed evitare problemi derivanti da sovraccarichi e relative perdite di carico dovute all'intasamento del dispositivo filtrante; costituisce inoltre un valido compromesso tra quanto indicato nei metodi ufficiali in quanto soddisfa sia il metodo ISO 12884 (flusso indicato tra 100 e 240 l/min) sia il metodo US EPA TO9 (flusso tra 200 e 280 l/min). In questo modo, le modalità di campionamento sono state inoltre ottimizzate in funzione dei limiti analitici.

In accordo al metodo US EPA TO 13A, sia il filtro che il supporto PUF sono stati sottoposti nei giorni precedenti ai campionamenti ad una procedura di condizionamento. Al termine del monitoraggio, il modulo di campionamento dello strumento è stato smontato per prelevare il filtro e la cartuccia PUF. Il trasporto e lo stoccaggio dei campioni sono avvenuti con le stesse modalità utilizzate per i campioni personali.

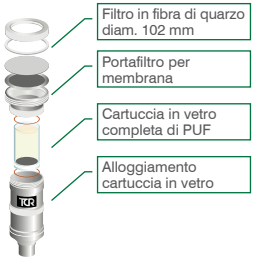


Figura 9 - Dettaglio modulo di campionamento del campionatore ad alto volume (sx) e Campionatore atmosferico modello ECHOHI-VOL Tecora usato per il monitoraggio ambientale di IPA (dx)

2.4 METODI ANALITICI

Per la determinazione degli IPA (campionamenti personali e ambientali) è stato utilizzato il metodo EPA TO 13A, e non il metodo NIOSH 5515, essendo la sperimentazione finalizzata a una valutazione del rischio associato all'utilizzo del materiale costituente il campo di lavoro che necessita di una metodologia analitica in grado di quantificare gli IPA aerodispersi anche in tracce nel sito monitorato (inferiori ai limiti analitici ottenibili con il metodo NIOSH 5515). Tale metodologia, che prevede l'utilizzo di filtri in fibra di quarzo per la misura della frazione adsorbita al particolato, anziché filtri in PTFE previsti dal metodo NIOSH 5515, consente di ottenere limiti di rilevabilità di un ordine di grandezza inferiore (10-10g) a quelli del metodo NIOSH (pari a 10^{-6}g).

Il protocollo analitico prevede per la cattura degli IPA in fase volatile l'utilizzo di filtri sia in schiuma poliuretaninca (PUF) sia in fiale XAD-2. Sia i filtri in quarzo che i filtri PUF devono essere sottoposti a un pre-trattamento (condizionamento) prima dell'utilizzo che nel caso presente è stato effettuato dal medesimo laboratorio che si è occupato delle determinazioni analitiche sui campioni (Eco-reserach srl).

La determinazione degli IPA su tutte e tre le tipologie di filtro utilizzate è stata eseguita con GC/HRMS dopo estrazione con Soxhlet. La quantificazione è stata condotta mediante taratura interna con diluizione isotopica utilizzando congeneri marcati deuterati e/o marcati carbonio C13 e lettura in spettrometria di massa in alta risoluzione. L'analisi degli IPA è stata eseguita anche sui moduli di campionamento utilizzati come bianchi (bianchi di laboratorio, bianchi esposti e bianchi non esposti).

Relativamente alla frazione respirabile, la massa di particolato è stata determinata sull'aumento di peso del filtro (analisi gravimetrica). I campioni di polveri raccolti sulle membrane filtranti sono stati sottoposti in particolare al metodo gravimetrico della doppia pesata tramite utilizzo di bilancia analitica di precisione Sartorius CP2 P-F con sensibilità pari a 10^{-6} g.

3. RISULTATI ANALITICI

L'interpretazione dei dati analitici relativi ai monitoraggi è stata eseguita, per ciascuna tipologia di campionamento, a valle della sottrazione dei valori dei bianchi di riferimento, elaborati come media tra i valori riscontrati nei bianchi non esposti e quelli riscontrati nei corrispettivi esposti durante la campagna di monitoraggio.

Al fine di validare i dati analitici ed escludere una contaminazione involontaria dei campioni durante l'intera campagna di monitoraggio, come specificato nelle metodiche di riferimento (NIOSH 5515, USEPA TO 13 A, UNICHIM 2013, UNICHIM 2010), sono stati infatti raccolti e analizzati:

- Bianchi non esposti (bianchi di controllo) prima delle attività di monitoraggio, al fine di escludere una contaminazione intrinseca dei campioni (filtri, fiale, puf) utilizzati per il monitoraggio, dovuta a errori di produzione degli stessi o al tipo di materiale utilizzato;

- Bianchi esposti (bianchi da campo) durante le attività di campionamento, al fine di escludere fenomeni di contaminazione dei campioni (filtri, fiale, puf) legati alle operazioni di trasporto e manipolazione degli stessi.

L'elaborazione dei risultati analitici ha previsto inoltre la sostituzione dei valori inferiori al LOD con il valore del limite stesso, in accordo al principio di cautela descritto nell'appendice H del "Documento di supporto Banca dati ISS-INAIL" marzo 2018.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati analitici dei monitoraggi ambientali e personali finalizzati alla valutazione dell'esposizione inalatoria e dermica degli operatori impegnati nell'utilizzo del campo di lavoro, espressi in termini di:

- Concentrazioni di IPA (ng/m^3) misurate su campioni prelevati da una postazione fissa in prossimità del campo di lavoro;

- Concentrazione di IPA (ng/m^3) massima misurate sui campioni prelevati in corrispondenza della zona di respirazione degli operatori impegnati nell'utilizzo del campo di lavoro;

- Concentrazione di IPA (ng/cm^2) massima misurata sui pads applicati agli operatori impegnati nell'utilizzo del campo di lavoro;

- Concentrazioni di polveri respirabili (mg/m^3) misurate sui campioni prelevati in corrispondenza della zona di respirazione degli operatori impegnati nell'utilizzo del campo di lavoro.

13. LOD metodo analitico per determinazione degli IPA (campionamenti personali e ambientali): 0,1 ng per ciascun congenere

CAMPO IN GOMMA RICICLATA TYREFIELD

TABELLA 2
ESPOSIZIONE DI FONDO

Concentrazione ambientali di IPA (ng/mc) rilevate in corrispondenza della postazione fissa

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE AMBIENTALE - IPA
	(NG/M³)
Acenaftene	0.00
Acenaftilene	1.54
Antracene	0.00
Benzo[a]Antracene	0.08
Benzo[b]Fluorantene	0.15
Benzo[j]Fluorantene	0.08
Benzo[k]Fluorantene	0.06
Benzo[g,h,i]Perilene	0.17
Benzo[a]Pirene	0.14
Benzo[e]Pirene	0.32
Crisene	0.14
DiBenzo[a,h]Antracene	0.04
DiBenzo[a,e]Pirene	0.00
DiBenzo[a,h]Pirene	0.00
DiBenzo[a,i]Pirene	0.00
DiBenzo[a,l]Pirene	0.00
Fenantrene	0.00
Fluorantene	0.00
Fluorene	0.00
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	0.12
Naftalene	0.00
Pirene	0.00

TABELLA 3
ESPOSIZIONE INALATORIA

Concentrazione massima di IPA (ng/mc) rilevata in corrispondenza delle zone respiratorie dei tre addetti monitorati (istruttore n.2, atleti n.1 e n.2)

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE PERSONALE - IPA
	(NG/M³)
Acenaftene	0.50
Acenaftilene	24.42
Antracene	0.00
Benzo[a]Antracene	2.90
Benzo[b]Fluorantene	0.00
Benzo[j]Fluorantene	0.00
Benzo[k]Fluorantene	0.00
Benzo[g,h,i]Perilene	0.00
Benzo[a]Pirene	0.00
Benzo[e]Pirene	0.00
Crisene	0.00
DiBenzo[a,h]Antracene	2.02
DiBenzo[a,e]Pirene	0.32
DiBenzo[a,h]Pirene	0.32
DiBenzo[a,i]Pirene	0.32
DiBenzo[a,l]Pirene	0.32
Fenantrene	0.00
Fluorantene	7.14
Fluorene	4.50
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	1.01
Naftalene	582.92
Pirene	17.02

TABELLA 4
ESPOSIZIONE DERMICA

Concentrazione massima di IPA (ng/cm^2) rilevata in corrispondenza dei pads sui due addetti monitorati (istruttore n.1 e n.2)

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE AMBIENTALE - IPA
	(NG/CM^2)
Acenaftene	0.11
Acenaftilene	0.00
Antracene	0.10
Benzo[a]Antracene	0.03
Benzo[b]Fluorantene	0.00
Benzo[j]Fluorantene	0.01
Benzo[k]Fluorantene	0.02
Benzo[g,h,i]Perilene	0.01
Benzo[a]Pirene	0.00
Benzo[e]Pirene	0.02
Crisene	0.04
DiBenzo[a,h]Antracene	0.00
DiBenzo[a,e]Pirene	0.00
DiBenzo[a,h]Pirene	0.00
DiBenzo[a,i]Pirene	0.00
DiBenzo[a,l]Pirene	0.00
Fenantrene	1.13
Fluorantene	0.14
Fluorene	0.29
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	0.02
Naftalene	0.78
Pirene	0.16

TABELLA 5
ESPOSIZIONE INALATORIA

Concentrazioni personali di IPA (ng/cm^2) rilevate in corrispondenza delle zone respiratorie dei due addetti monitorati (istruttori n.1 e n.3)

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE AMBIENTALE POLVERI RESPIRABILI	
	(MG/M^3) Istruttore n.1	(MG/M^3) Istruttore n.3
Polveri respirabili	0.53	0.38

3.1 CONFRONTO CON LIMITI NORMATIVI

Nei paragrafi che seguono si riportano gli esiti del confronto delle concentrazioni misurate durante la campagna di monitoraggio effettuata presso il campo di lavoro outdoor con i valori limite imposti dalle normative vigenti in materia di qualità dell'aria e di esposizione professionale per i parametri considerati.

Si precisa che tale confronto viene eseguito solo a titolo indicativo, in quanto la verifica del rispetto del limite in materia di qualità dell'aria richiede l'esecuzione di campionamenti nell'arco di un anno e solo della frazione adsorbita al PM10. Inoltre, il confronto con i limiti normativi risulta possibile solo per alcuni parametri e per alcune tipologie di esposizione, non essendo ad oggi stati fissati valori limite dalla normativa vigente per tutti i parametri analizzati e per tutte le tipologie di esposizione considerate.

3.1.1 LIMITI DI ACCETTABILITÀ DEGLI IPA IN ATMOSFERA

La Direttiva Europea 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente è stata recepita dal Decreto Legislativo 155/2010. Tale decreto fissa un obiettivo di qualità per il benzo (a)pirene, misurato sul particolato fine (PM10) pari a 1 ng/m3 (Tabella 6), dove per "valore obiettivo" si intende "il livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita".

In Tabella 7 si riporta il confronto della concentrazione ambientale di benzo (a) pirene rilevata nella campagna di monitoraggio con il suddetto valore obiettivo. Come detto, tale confronto può essere considerato di limitata significatività, in quanto il valore obiettivo si riferisce alla media su un anno civile nella frazione PM10 del particolato, mentre i dati misurati nella presente sperimentazione sono riferiti alla somma del particolato con la fase gassosa, e sono relativi a campionamenti di durata ampiamente inferiore al giorno.

TABELLA 6
VALORI OBBIETTIVO

per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (Allegato XIII, articolo 9, commi 2 e 5 D.Lgs.155/2010)

INQUINANTE	VALORE OBIETTIVO [1]
	(NG/M³)
Arsenico	6,0
Cadmio	5,0
Nichel	20,0
Benzo(a)pirene	1,0

[1] Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

TABELLA 7
CONFRONTO DELLE CONCENTRAZIONI AMBIENTALI

misurate nella campagna di monitoraggio con i valori limite normativi (valore obiettivo per benzo(a)pirene-D. Lgs.155/2010)

PARAMETRO	VALORE OBIETTIVO	CONCENTRAZIONE AMBIENTALE MISURATA
	(MG/M³)	(MG/M³)
Benzo(a)pirene	1,0	0.14

Di seguito il confronto delle concentrazioni misurate nella campagna di monitoraggio con le concentrazioni medie annuali (ng/mc) di B[a]P registrate nelle stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria dell'Agenzia Regionale per le Protezione Ambientale prossime al sito di monitoraggio. Anche per questo confronto valgono le considerazioni sopra descritte in merito alla significatività.

TABELLA 8
CONFRONTO DELLE CONCENTRAZIONI AMBIENTALI

di benzo(a)pirene (ng/m3) misurate nella campagna di monitoraggio con le concentrazioni medie annuali relative al 2017 rilevate nelle stazioni dell'ARPA Umbria più prossime al sito monitorato

STAZIONE	CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA BENZO(A)PIRENE (NG/M³)
Perugia - Cortonese	0.4
Terni- Le Grazie	1.0
Terni - Borgo Rivo	1.2
Terni - Carrara	0.8
Foligno - P Romana	0.8
Narni - Narni Scalo	0.8
Spoleto - S. M in Trignano	0.8
Terni - Prisciano	0.8
Terni Maratta	0.8
Campagna di misura del 29.03.19	0.14

3.1.2 LIMITI DI ACCETTABILITÀ DEGLI IPA IN ATMOSFERA

Per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, in mancanza di limiti stabili dalla normativa italiana (D.lgs.81/08) o a livello comunitario, si fa generalmente riferimento ai limiti stabiliti da altri stati o da enti di riferimento: alcuni paesi ne hanno specificati di propri, alcuni per singoli IPA (benzo(a)pirene, naftalene), altri per gli IPA totali.

Nello specifico, l'OSHA e l'ACGIH pongono per gli IPA totali (come frazione estraibile in benzene) il limite di 0,2 mg/m3, espresso come PEL e TLV-TWA , il NIOSH non stabilisce invece limiti numerici con la raccomandazione di mantenere l'esposizione, qualsiasi sia la via di esposizione, alla concentrazione più bassa rilevabile (al momento della raccomandazione pari a 0,1 mg/m3 per gli agenti volatili del catrame di carbone).
Tra i paesi UE e extra UE il limite più restrittivo risulta quello tedesco (AGS) corrispondente alla concentrazione associata a un rischio considerato accettabile pari a 0.07 μg/m3 (Figura 10).

In Tabella 9 si riporta il confronto dei livelli di esposizione inalatoria degli addetti monitorati in termini di concentrazioni di benzo(a)pirene (ng/m3) con la concentrazione limite più restrittiva proposta dagli enti di riferimento (Germania, AGS). Come si può notare, il valore massimo delle concentrazioni rilevate nella campagna di indagine risulta ampiamente inferiore al valore limite proposto.

Per quanto riguarda i risultati analitici relativi ai monitoraggi di polveri respirabili, analogamente a quanto osservato nei campionamenti personali di IPA, non si sono evidenziati superamenti del valore raccomandato dagli enti di riferimento come mostra la Tabella 10.
In questo caso è stato preso a riferimento il valore proposto dall'ACGIH , pari a 3 mg/m3.

14. PEL Permissible Exposure Limit
15. Threshold Limit Value- Time-Weighted Average concentrazione media ponderata nel tempo di una giornata lavorativa di 8 ore e per 40 ore lavorative settimanali a cui i lavoratori possono essere esposti senza effetti negativi.
16. German Committee on Hazardous Substances (Ausschuss für Gefahrstoffe – AGS).
17. "In view of the fact that health-based workplace exposure limits cannot currently be derived for the vast majority of carcinogenic substances, the AGS Committee for Hazardous Substances recently proposed a generic concept for the setting of risk-based limit values for carcinogenic substances in the context of social policy. The following limits for occupational exposure-related lifetime cancer risks were adopted: interim limit 4:10000, as of no later than 2018 4:100000. " (
18. ACGIH: Valore raccomandato per la frazione respirabile delle polveri non altrimenti classificate (PNOR Particulates Not Otherwise Regulate.)

TABELLA 9
VALORI LIMITE INTERNAZIONALI PER IL BENZO(A)PYRENE
(Fonte: database GESTIS- https://limitvalue.ifa.dguv.de/WebForm_ueliste2.aspx)

Substance CAS No.	Benzo[a]Pirene
	50-32-8

	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m³	ppm	mg/m³
Austria		0,002		0,008
Canada - Ontario	L (1)			
Canada - Québec		0,005		
Finland		0,01		
Germany (AGS)		0,0007 (1)(3)(4) 0,00007 (2)(3)(4)		0,0056 (1)(3)(4)(5)
Hungary				0,002
Latvia		0,00015		
Poland		0,002		
Sweden		0,002		0,02 (1)
Switzerland		0,002		
The Netherlands		0,0005507		

	Remarks
Austria	TRK value (based on technical feasibility)
Canada - Ontario	(1) Exposure by all routes should be carefully controlled to levels as low as possible.
Germany (AGS)	(1) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed tolerable cancer risk (see background document Germany AGS) (2) Workplace exposure concentration corresponding to the proposed preliminary acceptable cancer risk (see background document Germany AGS) (3) as key component in defined PAH-mixtures (4) inhalable fraction (5) 15 minutes average value
Sweden	15 minutes average value

TABELLA 10
CONFRONTO DEL VALORE MASSIMO DELLE CONCENTRAZIONI PERSONALI DI BENZO(A)PIRENE (NG/MC)

rilevate in corrispondenza delle zone respiratorie degli addetti monitorati con il valore limite più restrittivo posto dagli enti di riferimento

PARAMETRO	VALORE LIMITE (GERMANIA, AGS)	CONCENTRAZIONE MASSIMA PERSONALE MISURATA
	(MG/M³)	(MG/M³)
Benzo(a)pirene	70.00	0.00

TABELLA 11
CONFRONTO DEL VALORE MASSIMO DELLE CONCENTRAZIONI PERSONALI DI POLVERI RESPIRABILI (MG/MC)

rilevate in corrispondenza delle zone respiratorie degli addetti monitorati con il valore limite più restrittivo posto dagli enti di riferimento

INQUINANTE	VALORE LIMITE (ACGIH)	CONCENTRAZIONE MASSIMA PERSONALE MISURATA
	(MG/M³)	(MG/M³)
Benzo(a)pirene	3.00	0.53

4. ANALISI DI RISCHIO

4.1 METODOLOGIA PER IL CALCOLO DEL RISCHIO

4.1.1 EQUAZIONI PER IL CALCOLO DEL RISCHIO CANCEROGENO

Il rischio cancerogeno incrementale è calcolato come somma del rischio associato all'esposizione inalatoria e dermica agli IPA (equazione [1]). Nella presente sperimentazione, il rischio cancerogeno incrementale dovuto ad ingestione accidentale di materiale contaminato da IPA è stato considerato irrilevante. Al fine di conseguire gli obiettivi della presente sperimentazione, ossia verificare la sicurezza dell'utilizzo del granulo da PFU nel campo ippico, si è ritenuto opportuno calcolare il rischio per i seguenti tre scenari di esposizione:

- atleti adulti (fantini che utilizzano il campo per le sessioni di allenamento)
- atleti bambini (bambini che utilizzano il campo per motivi ludici o per sessioni di allenamento)
- lavoratori (istruttori)

Il rischio complessivo, per ciascuno di questi scenari, è dato dalla somma dei valori di rischio calcolati per ogni IPA considerato. Nella fattispecie, della lista dei 22 IPA monitorati nella campagna di indagine sono stati considerati solo gli IPA classificati come cancerogeni a livello nazionale e internazionale (rif. Tabella 1) e per cui sono stati fissati i parametri tossicologici dai principali enti di settore (rif.par.4.1.2).

Di seguito si riportano le equazioni utilizzate per il calcolo del rischio incrementale associato all'esposizione agli IPA.

$$\sum_{IPA=1}^{N} R_i + R_D \qquad [1]$$

$$R_I = IUR \frac{(C_p + C_v) \times HE \times EF \times ED)}{AT \times 365 \text{ giorni/anno}} \qquad [2]$$

Dove:

- Ri = rischio incrementale dovuto ad inalazione della sostanza;
- IUR =Inhalation Unit Risk [1/(μg/m³)];
- Cp + Cv=concentrazione della sostanza in atmosfera, come somma della sostanza adsorbita al particolato (Cp) e allo stato di vapore (Cv)[μg/m3];
- HE ((Exposure duration in hours] = durata in ore di ciascun evento di esposizione[h/giorno];
- EF (Exposure Frequency) = frequenza annua di eventi di esposizione[giorni/anno];
- ED(ExposureDuration]=duratadell'esposizione [anni];
- AT (Averaging Time) = speranza di vita media [anni];

$$R_D = SF_d \frac{C_pad \times HE \times BF \times S \times EF \times ED}{ET \times BW \times AT \times 365 \text{ giorni/anno}} \qquad [3]$$

Dove:

- Rd = rischio incrementale dovuto al contatto dermico con la sostanza;
- SFd = Slope Factor per contatto dermico [1/(mg/kg-giorno]: dato da SFo (Slope factor orale) /ABSgi (frazione del contaminante assorbito a tratto gastrointestinale=1 per IPA in oggetto);
- Cpad =concentrazione della sostanza depositata sul pad (mg/cm²);
- S = superficie cutanea esposta durante l'evento [cm²];
- BF [bioaccumulation factor] = coefficiente di assorbimento cutaneo [%];
- ET [Exposure Time] = durata esposizione effettiva del pad [h];

- HE (Exposure duration in Hours) = durata in ore di ciascun evento di esposizione[h];
- EF [Exposure Frequency] = frequenza annua di eventi di esposizione [giorni/anno];
- ED [Exposure Duration] = durata dell'esposizione [anni];
- BW [Body weight] = peso corporeo [Kg];
- AT [Average Time] = speranza di vita media [anni].

Per il calcolo del rischio incrementale Ri dovuto ad inalazione, associato all'esposizione di ciascun IPA, è stata utilizzata, in accordo a quanto riportato nel "Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL (Marzo 2018), l'equazione [2] che è indipendente dal peso corporeo (BW [kg]) e dal tasso di inalazione (IR [m3/h]) e utilizza il parametro IUR al posto dello SF inalatorio[19]. Questo perché. secondo quanto riportato nel documento dell'ISS-INAIL, i parametri tossicologici da utilizzare per la stima del rischio sanitario inalatorio dovrebbero essere espressi in termini di concentrazione e non di dose[20], come raccomandato anche nel documento dell'USEPA (USEPA, 2009) cui il report dell'ISS-INAIL fa riferimento.

Per il calcolo del rischio per contatto dermico si utilizza invece lo Slope Factor dermico, il parametro utilizzato per valutare la probabilità incrementale di tumore in seguito ad esposizione dermica ad una dose unitaria dell a sostanza per l'intera durata della vita. Tale parametro viene calcolato a partire dallo Slope Factor orale mediante l'equazione fornita da USEPA (Dermal Exposure Assessment: a summary of EPA approches, 2007). Per gli IPA selezionati, gli slope factor dermici hanno gli stessi valori di quelli orali riportati in Tabella 12, essendo i parametri ABSGI=1 per tutti gli IPA considerati.

Si sottolinea che la presente analisi di rischio è stata eseguita adottando i criteri più cautelativi presenti nella letteratura di settore ed in particolare:

1. Sia per il calcolo del rischio inalatorio che per quello dermico nelle equazioni [2] e [3] sono state utilizzate come concentrazioni di riferimento per il calcolo del rischio le concentrazioni massime rilevate nei moduli di campionamento applicati, in accordo con il principio di massima conservatività previsto nel documento dell'APAT (2008):

   - C_p+C_v è stata calcolata come valore massimo tra quelli riscontrati nei 3 operatori monitorati (atleta n.1, n.2 e istruttore n.2), ciascuno calcolato come somma del valore riscontrato nel filtro e nella fiala XAD-2;
   - C_{pad} è stata calcolata come valore massimo tra quelli riscontrati nei 2 operatori monitorati (istruttore n.1 e istruttore n.2), ciascuno calcolato come somma del valore riscontrato nei 4 pads applicati di cui è stata eseguita una estrazione cumulativa.

- Ciascuna concentrazione è stata calcolata assegnando ai valori inferiori al LOD il valore del LOD stesso, in accordo con quanto previsto nei documenti documento dell'USEPA (2002) (2000) (1989) e dell'APAT (2008);
- Sono stati selezionati come parametri fisiologici quelli più conservativi presenti nella letteratura di riferimento (si veda par. successivo).

Nel calcolo di entrambe le tipologie di rischio è stato inoltre considerato quanto raccomandato sia nel documento dell'ISS-INAIL che nei documenti ivi menzionati "Exposure Factor Handbook" (USEPA, 2011) e "Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens" (USEPA, 2005), ossia per quei IPA che, oltre ad essere classificati come cancerogeni, agiscono anche attraverso un'azione genotossica, è preferibile differenziare i valori dei parametri tossicologici (SFo, IUR) in funzione dell'età del bersaglio, moltiplicandoli wper un fattore di aggiustamento ADAF (Age Dependent Adjustment Factor), pari a "5" per la classe 0 e 6 anni, "3" tra 6 e 16 anni, "1" per un'età maggiore dei 16 anni (adulto).

19. Lo Slope Factor Inalatorio è un parametro utilizzato per valutare la probabilità incrementale di tumore in seguito ad esposizione inalatoria ad una dose unitaria della sostanza per l'intera durata della vita; è espresso in mg/kg per giorno.
20. Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL (Marzo 2018): "[..] secondo quanto riportato nel documento [EPA, 2009], non è appropriato modificare lo IUR e la RfC sulla base dei due suddetti parametri, in quanto:
    - la quantità di sostanza chimica che raggiunge il bersaglio attraverso la via di esposizione inalatoria non è una semplice funzione del peso corporeo e del tasso di inalazione;
    - la stima dello IUR e della RfC tiene conto della variabilità del dato, che quindi può essere utilizzato, senza fattori correttivi, sia per un bersaglio adulto che bambino, sia in uno scenario residenziale che ricreativo, indipendentemente dall'intensità dell'attività fisica"

4.1.2 PARAMETRI PER IL CALCOLO DEL RISCHIO

In Tabella 11 sono riportati i dati relativi ai parametri tossicologici utilizzati nel calcolo del rischio per gli IPA considerati per il calcolo del rischio cancerogeno e le fonti di letteratura da cui sono stati acquisiti.

TABELLA 12
PARAMETRI TOSSICOLOGICI utilizzati nel calcolo del rischio cancerogeno

PARAMETRO	CAS	IUR	ADAF bambini 0-6	ADAF bambini 6-16	ADAF adulti	SFo	ABS GI
		ISS-INAIL [1] USEPA [2]	ISS-INAIL [3] USEPA [2] [4] [5]			ISS-INAIL [1] USEPA [2]	USEPA [2]
Benzo[a]Antracene	56-55-3	6,00E-05	5	3	1	1,00E-01	1
Benzo[b]Fluorantene	205-99-2	6,00E-05	5	3	1	1,00E-01	1
Benzo[j]Fluorantene	205-82-3	1,10E-04				1,20E+00	1
Benzo[k]Fluorantene	207-08-9	6,00E-06	5	3	1	1,00E-02	1
Benzo[a]Pirene	50-32-8	6,00E-04	5	3	1	1,00E+00	1
Crisene	218-01-9	6,00E-07	5	3	1	1,00E-03	1
DiBenzo[a,h]Antracene	53-70-3	6,00E-04	5	3	1	1,00E+00	1
DiBenzo[a,e]Pirene	192-65-4	1,10E-03				1,20E+01	1
DiBenzo[a,h]Pirene	189-64-0	8,00E-03				7,30E+01	1
DiBenzo[a,i]Pirene	189-55-9	8,00E-03				7,30E+01	1
DiBenzo[a,l]Pirene	191-30-0	8,00E-03				7,30E+01	1
Indeno[1,2,3-cd]Pirene	193-39-5	6,00E-05	5	3	1	1,00E-01	1
Naftalene	91-20-3	3,40E-05					

[1] Fonte: Banca dati ISS-INAIL versione Marzo 2018
[2] Fonte: Regional Screening Level (RSL) Summary Table (TR=1E-06, HQ=1) Aprile 2019 USEPA
[3] Fonte: Documento di supporto alla Banca dati INAIL-ISS Marzo 2018
[4] Fonte: Exposure Factor Handbook" (USEPA, 2011)
[5] Fonte: Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens (USEPA, 2005)

I parametri fisiologici per il calcolo dell'esposizione umana sono stati acquisiti da fonti bibliografiche specialistiche. Nella tabella seguente si riportano i valori utilizzati per i tre scenari considerati e le relative fonti.

TABELLA 13
PARAMETRI FISIOLOGICI utilizzati nel calcolo del rischio cancerogeno

PARAMETRO	u.m.	ATLETI ADULTI		ATLETI BAMBINI		LAVORATORI	
		VALORE	FONTE	VALORE	FONTE	VALORE	FONTE
EH-ore/evento	ore/gg	3	[1]	3	[1]	8	[1] [2]
EF-numero di eventi anno	gg/anno	225*	[2]	100	[3]	225	[2]
ED- anni di esposizione	Anni	26	[2]	6-10**	[2]	25	[2]
AT-anni speranza di vita	Anni	70	[2]	6-10**	[1] [5]	70	[2]
BF-coeff. assorbimento cutaneo	%	1	[4]	1	[4]	1	[4]
S-superficie cutanea esposta	cm2	6032	[2]	2373	[2]	3527	[2]
ET - durata effettiva esposizione	ore	1.5	[6]	1.5	[6]	1.5	[6]
BW- peso	kg	60	[7]	15	[1],[2]	60	[7]

[1] APAT (Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati, 2008). (tabella 3.4-3. Fattori di esposizione-Ambito ricreativo)
[2] USEPA (Human Health Evaluation Manual, Supplemental Guidance: Update of Standard Default Exposure Factors, 2014)
[3] USEPA (U.S.EPA-540-R-070-002 OSWER 9285.7-82, 2009)
[4] valore assunto conservativamente sulla base di studi specifici sull'assorbimento cutaneo degli IPA reperibili in letteratura: compresi fra 0.3 e 1.4% (VanRooij JG, 1993) per il pirene, compresi fra circa 0.15 e 1.1% per il benzo(a)pirene (Stroo HF, 2005), 0,001% per il benzo(a)pirene MarioNegri (Davoli, 2016).
[5] ISS (Criteri per la valutazione del rischio sanitario connesso alla presenza di aree agricole all'interno di siti contaminati, 2012)
[6] Durata misurazioni
[7] HEEG European Commission (HEEG Opinion-Default human factor values for use in exposure assessments for biocidal products, 2013)

* Conservativamente il fattore EF per gli atleti è stato assunto uguale a quello usato per i lavoratori
** Il calcolo del rischio per gli atleti bambini è stato eseguito come somma del rischio dei bambini nella fascia 0-6 e 6-16. Per ciascuna fascia sono stati utilizzati gli ADAF e i parametri fisiologici di riferimento.

4.2 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CANCEROGENO INCREMENTALE PER GLI ADDETTI DEL CAMPO IPPICO

Di seguito si riportano i risultati relativi all'analisi del rischio cancerogeno nei tre scenari di esposizione calcolati, suddivisi per valori di rischio da esposizione inalatoria, da esposizione dermica e complessivo.

TABELLA 14
RISCHIO INCREMENTALE per gli atleti adulti, gli atleti bambini e i lavoratori associato all'esposizione agli IPA nel campo di lavoro

SCENARI	ESPOSIZIONE INALATORIA	ESPOSIZIONE DERMICA	RISCHIO TOTALE
Atleti adulti	8,35E-07	5,53E-12	**8,35E-07**
Atleti bambini	3,96E-07	3,71E-11	**3,96E-07**
Lavoratori	2,14E-06	8,30E-12	**2,14E-06**

Il confronto dei valori di rischio associati alle due tipologie di esposizione (inalatoria e dermica) evidenzia una differenza sostanziale nei valori riscontrati: per tutte e tre le tipologie di bersagli di interesse, i valori di rischio associati all'esposizione dermica risultano sempre di diversi ordini di grandezza inferiori a quelli associati all'esposizione inalatoria, segno che il contributo dell'esposizione dermica al valore di rischio complessivo risulta irrisorio nella presente indagine.

Dal confronto dei valori di rischio complessivo calcolati per ciascun scenario con i valori di rischio considerati tollerabili per la popolazione generale e i lavoratori, rispettivamente pari a 1x10-6 e 1x10-5, emerge come per tutte e tre le figure considerate i valori di rischio risultino ampiamente al di sotto, di almeno un ordine di grandezza, ai valori considerati accettabili.

21 Cancer risk levels of 10-5 and 10-6 could be seen as indicative tolerable risks levels when setting DMELs for workers and the general population, respectively." (ECHA, 2012)

5 VALUTAZIONI FINALI

Sulla base dell'analisi dell'esposizione degli operatori monitorati e dell'analisi di rischio effettuata per tre diversi scenari di esposizione (atleti adulti, atleti bambini, lavoratori) è possibile affermare quanto segue.

- L'elaborazione dei risultati analitici relativi ai monitoraggi di IPA effettuati presso il campo di lavoro realizzato con granulo da PFU non evidenzia superamenti dei limiti raccomandati dagli enti di riferimento negli ambienti di lavoro. Pur considerando il limite più restrittivo tra quelli proposti a livello nazionale e internazionale, pari a 70 ng/m3 (AGS, Germania), le concentrazioni misurate nella zona respiratoria degli operatori risultano ampiamente inferiori ad esso.

- L'elaborazione dei risultati analitici relativi ai monitoraggi di polveri respirabili, analogamente a quanto osservato nei campionamenti personali di IPA, non ha evidenziato superamenti del valore raccomandato dagli enti di riferimento, pari a 3 mg/m3; le concentrazioni sono al contrario ampiamente al di sotto di esso.

- Relativamente all'esposizione dermica degli operatori, non esistendo ad oggi limiti normativi o proposti dagli enti di riferimento in tale ambito non è stato possibile effettuare alcun confronto. Tuttavia, dai valori dell'analisi di rischio dermico, calcolati sulla base dei livelli di esposizione misurati nei pads, è stato possibile osservare come il contributo dermico all'esposizione complessiva sia fortemente limitato rispetto a quello inalatorio.
  Tale esito potrebbe essere in parte influenzato dai fattori di incertezza legati alla metodologia utilizzata, dal momento che l'entità della contaminazione può variare significativamente durante il periodo di utilizzo del campo e da soggetto a soggetto, può essere conseguente a eventi puntuali accidentali e comunque in genere non avviene in modo omogeneo. Poiché inoltre in questa indagine è stata valutata la contaminazione per deposizione (avviene quando inquinanti particellari, liquidi o solidi, si depositano sulla cute), anche le condizioni meteo-climatiche, con particolare riferimento alla presenza, alla direzione e alla velocità del vento, possono influire sull'accumulo degli inquinanti, causando la perdita di particolato atmosferico adeso al pad.

- Confrontando le concentrazioni ambientali di IPA misurate in prossimità del campo con i valori registrati dalle centraline ARPA più vicine al campo ippico, è stato possibile notare come i valori misurati siano ampiamente al di sotto di esse e in ogni caso inferiori al limite normativo in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010), seppure tale valore limite si riferisca a una concentrazione media annua, mentre nella presente indagine la misurazione sia stata effettuata solo durante un giorno e per una durata limitata (circa 2 ore)

- Complessivamente, il calcolo del rischio associato all'esposizione inalatoria e dermica degli utilizzatori del campo di lavoro non desta preoccupazioni dal momento che, seppure siano stati adottati i criteri più conservativi reperibili ad oggi nelle fonti bibliografiche di riferimento in tale ambito, sia il valore di rischio associato agli atleti che quello calcolato per i lavoratori risultano significativamente inferiori a quelli raccomandati rispettivamente per la popolazione generale ($1x10^{-6}$) e per i lavoratori ($1x10^{-5}$).

- Dal confronto dei valori di rischio associati alle due tipologie di esposizione è stato possibile osservare come il rischio associato all'esposizione cutanea degli utilizzatori risulta, per tutti e tre gli scenari considerati, significativamente inferiore a quello associato all'esposizione inalatoria: per gli atleti adulti e bambini quello inalatorio è dell'ordine di 10^{-7} a fronte di 6×10^{-12} e 4×10^{-11} del dermico; anche nel caso dei lavoratori la differenza è notevole, pari a due ordini di grandezza (2×10^{-6} inalatorio rispetto a 8×10^{-12} per il dermico).

- Confrontando i valori ottenuti per i tre scenari considerati si può notare come sia il rischio inalatorio che quello complessivo siano dello stesso ordine di grandezza per gli atleti (10^{-7}), indipendentemente dalla fascia di età considerata ed entrambi inferiori di un decimo a quello calcolato per i lavoratori (10^{-6}). Nel caso del rischio dermico invece ad essere dello stesso ordine di grandezza sono i valori calcolati per gli adulti (atleti e lavoratori): entrambi risultano inferiori a quelli riscontrati per i bambini, segno presumibilmente di come il contributo dermico abbia un peso molto più rilevante nel rischio cancerogeno associato a tale fascia di età.

- Va sottolineato che, sia nel caso dei lavoratori che in quello degli atleti, ad oggi non è possibile determinare in che misura i livelli di esposizione osservati siano riconducibili al materiale oggetto di indagine (granulato da PFU) piuttosto che da fattori esterni quali variabilità delle condizioni micro-meteorologiche, differenze nelle modalità operative dei lavoratori o nel comportamento degli atleti, concentrazioni ambientali di fondo degli inquinanti d'interesse nelle zone di monitoraggio.
  È importante notare, tuttavia, che nonostante le esposizioni osservate includano anche l'esposizione di fondo, le analisi di rischio evidenziano, in tutti gli scenari considerati, valori sostanzialmente inferiori a quelli raccomandati per la popolazione generale e per i lavoratori.w

6 BIBLIOGRAFIA DEL CAPITOLO 5

APAT. (2008). Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati.

CEN. (2006). CEN/TS 15279:2006 – Workplace exposure – Measurement of dermal exposure. Principles and methods .

CEN. (2006). CEN/TR 15278:2006 Workplace exposure. Strategy for the evaluation of dermal exposure.

Davoli, E. (2016). Human Health and theSafety of Exposure to Recycled Tire Rubber Research Project-Preliminary Results. Mario Negru.

ECHA. (2012). Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health.

Edoardo Menichini, V. A. (2011). Artificial-turf playing fields: Contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment. Science of the Total Environment, 409, 4950-4957.

European Chemicals Agency (ECHA). (2012). Guidance on information requirements and chemical safety assessment - Chapter R-8. Characterisation of dose [concentration] response for human health. Version 2.1.

HEEG European Commission. (2013). HEEG Opinion-Default human factor values for use in exposure assessments for biocidal products.

ISS. (2012). Criteri per la valutazione del rischio sanitario connesso alla presenza di aree agricole all'interno di siti contaminati.

Jongeneelen F., S. P. (1988, December). Airborne Concentrantions, Skin Contamination and Urinary Metabolite Excretion of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons among Paving Workers Exposed to Coal Tar Derived Road Tars. American Industrial Hygiene Association Journal, 49/12, 600-607.

Jongeneelen, J. G. (2007). Review of Skin Permeation Hazard of Bitumen Fumes. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 4 (81), 237-244.

McClean M. D., R. R. (2004). Inhalation and Dermal Exposure among Asphalt Paving Workers. Ann. occup. Hyg., 48 (8), 663-671.

NIOSH. (1994). 5515.POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS by GC . Manual of Analytical Methods.

Stroo HF, R. T. (2005, June). Dermal bioavailability of benzo[a]pyrene on lampblack: implications for risk assessment. Environ Toxicol Chem, 24(6), 1568-1572.

UNI. (2018). UNI EN 689:2018 - Esposizione nei luoghi di lavoro - Misurazione dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici - Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale.

UNICHIM. (1999). UNI EN 1232:1999 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova.

UNICHIM. (2002). UNI EN 12607-1:2002 - Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria - Metodo RTFOT.

UNICHIM. (2011). Ambienti di lavoro - Determinazione della frazione respirabile delle particelle aerodisperse - Metodo gravimetrico.

UNICHIM. (2013). Ambienti di lavoro - Determinazione della frazione inalabile delle particelle aerodisperse - Metodo gravimetrico.

UNICHIM. (2014). UNI EN 13205-1:2014 - Esposizione in ambienti di lavoro - Valutazione della prestazione del campionatore per la misura delle concentrazioni di particelle aerodisperse.

University of Kuopio. (2003). Dermal Exposure Assessment of Chemicals - an Essential Part of Total Exposure Assessment at Workplaces. Department of Environmental Sciences , Finland.

USEPA. (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) Volume 1: Human Helath Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002.

USEPA. (1999). Compendium Method TO-13A- Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ambient Air Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). .

USEPA. (2000). Data Quality Objectives Process for Hazardous Waste Site INVESTIGATIONS. EPAQA/G-4HW. Office of Environmental Information.

USEPA. (2002). Supplemental Guidance to RAGS: Calculating Upper Confidence Limits for exposure point concentrations at hazardous waste sites. Pubblication Number 9285.6-10. OSWER.

USEPA. (2005). Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens.

USEPA. (2007). Dermal Exposure Assessment: a summary of EPA approches.

USEPA. (2009). Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment)". Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Environmental Protection Agency Washington.

USEPA. (2011). Exposure Factor Handbook,.

USEPA. (2011). Exposure Factors Handbook, 2011 Edition.

USEPA. (2014). Human Health Evaluation Manual, Supplemental Guidance: Update of Standard Default Exposure Factors. OSWER Diretive 9200.1-120.

Vaananen V., H. M. (2005). Dermal Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons among Road Pavers. Ann. occup. Hyg.,, 49 (2), 167-178.

Van Rooij J., V. L.-B. (1993). Effect of the reduction of skin contamination on the internal dose of creosote workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. Scandinavian Journal of Work Environment & Health, 19(3), 200-207.

VanRooij JG, D. R.-B. (1993, April). Absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons through human skin: differences between anatomical sites and individuals. Journal of Toxicolocgical and Environmental Health, 38(4), 355-368.

Vermeulen R., H. J. (2000). Identification of Dermal Exposure Pathways in the Rubber Manufacturing Industry. Ann. occup. Hyg., 44 (7), 533-541.

ELENCO ACRONIMI E DEFINIZIONI

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADAF	Age Dependent Adjustment Factor
AGS	German Committee on Hazardous Substances (Ausschuss für Gefahrstoffe)
CEN	Comitato Europeo di Normazione (Comité Européen de Normalisation)
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CLP	Regolamento CE 1272/2008 (Classification, Labelling, Packaging of chemicals)
CTN	Commissione Tossicologica Nazionale
EPA	Environmental Protection Agency
IARC	International Agency for Research on Cancer (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro)
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
ISO	International Standardization Organization
LOD	Limite di rivelabilità (Limit of detection)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety & Health Administration
PFU	Pneumatici Fuori Uso
REACH	Regolamento CE 1907/2006 (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
REL	Recommended Exposure Limit (NIOSH)
PEL	Permissible Exposure Limit (OSHA)
TLV	Threshold Limit Value (ACGIH)
Campionamento ambientale	Operazione di campionamento dell'aria effettuata con un campionatore statico ovvero un dispositivo non fissato sull'operatore che campiona aria in una particolare posizione.
Campionamento personale	Operazione di campionamento dell'aria effettuata con un campionatore personale ovvero con un dispositivo assicurato sull'operatore che campiona aria nella zona respiratoria.
Determinazione gravimetrica	Misurazione a mezzo di pesata
Diametro aerodinamico di una particella	Diametro di una particella di massa volumica di 1 g/cm3 con la stessa velocità terminale della particella sotto l'azione della forza gravitazione in aria calma nelle stesse condizioni di temperatura, pressione e umidità relativa.
Limite di rivelabilità (LOD)	La più piccola quantità che può essere rivelata con ragionevole certezza eseguendo la procedura analitica.
Selettore	Dispositivo atto a separare le particelle aerodisperse in funzione del diametro aerodinamico.
Zona respiratoria	Spazio attorno al viso dell'operatore, nel quale respira. Definizione tecnica: emisfero (generalmente del raggio di 30 cm), che si estende davanti al viso della persona, centrato sulla metà del segmento che unisce le due orecchie; la base dell'emisfero è il piano che passa attraverso questo segmento, la parte superiore della testa e la laringe.

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