

Dalla lolla di riso al grip

Analisi e ottimizzazione del ciclo di vita della calzatura da arrampicata sportiva: dallo studio della risuolatura tecnica all'ingegnerizzazione di una nuova mescola elastomerica eco-compatibile

Progetto in collaborazione con
Action Directe e Guma Factory



Politecnico
di Torino



ACTION
DIRECTE



Relatore: Fabio Alessandro Deorsola

Correlatori: Fabrizio Valpreda, Giorgio Grillo

In collaborazione con: Action Directe e Guma factory

Candidato: Francesco Perron



**Politecnico
di Torino**



Indice

00

Introduzione

Abstract	8
Obiettivo	10
Metodologia	12
Introduzione	14

01

Contesto 16

1.1 <i>Storia arrampicata sportiva</i>	18
1.2 <i>Evoluzione scarpette</i>	40
1.3 <i>Evoluzione mescole gomme</i>	54
1.4 <i>Action Directe e Gumafactory</i>	62

02

Analisi 78

2.1 <i>Impatto risuolatura scarpette</i>	80
2.2 <i>Crescita servizio</i>	102
2.3 <i>Componenti scarpette</i>	112
2.4 <i>Composizione chimica suole</i>	120
2.5 <i>Analisi olistica</i>	130

03

Ricerca 150

3.1 <i>Sperimentazione</i>	152
3.2 <i>Dal laboratorio all'impianto</i>	172

04

Sviluppo 150

4.1 <i>Valutazione del sistema</i>	152
4.2 <i>Sviluppo gomma</i>	172

05

Conclusioni 210

Il presente progetto di ricerca, si colloca all'interno delle attività congiunte delle aziende Action Direct e Guma e conduce un'analisi sistematica dei benefici e degli impatti derivanti dalla pratica di risuolatura delle scarpette da arrampicata sportiva, con particolare attenzione alle dimensioni sociali, ambientale ed economica, in un'ottica di valutazione del ciclo di vita. In una seconda fase, l'indagine è stata estesa al contesto produttivo territoriale al fine di individuare e mappare i sottoprodotti di scarto generati da filiere locali, nello specifico la filiera della lolla di riso vercellese, potenzialmente idonei a essere reimpiegati come materie prime seconde nella formulazione di una miscela per suole sviluppata da Guma. Tale strategia, in linea con i principi dell'economia circolare e dell'ecodesign, ha mirato alla riduzione dell'impatto ambientale associato alla produzione della gomma, limitando il ricorso a risorse vergini e favorendo il riutilizzo di materiali a fine vita. Le fasi conclusive del progetto hanno compreso attività di sperimentazione in laboratorio, test di caratterizzazione fisico-meccanica e valutazioni prestazionali in condizioni d'uso reale, con l'obiettivo di validare la conformità del materiale ai requisiti tecnici richiesti, garantendo al contempo elevati standard di sostenibilità e prestazione sportiva.

Abstract

Il presente studio di ricerca si prefigge l'obiettivo primario di analizzare in maniera approfondita e multidisciplinare l'impatto complessivo derivante dall'implementazione della pratica di risuolatura delle calzature per l'arrampicata sportiva. L'analisi è condotta nell'ottica di una valutazione integrata delle sue implicazioni ambientali, sociali ed economiche, inquadrandole nel contesto di una transizione verso modelli di economia circolare applicati al settore outdoor.

Si procederà alla valutazione quantitativa e qualitativa dei benefici che scaturiscono dall'allungamento del ciclo di vita del prodotto, ottenuto tramite la sua rigenerazione funzionale. Sotto il profilo ambientale, l'estensione della vita utile delle scarpe riduce significativamente la domanda di materie prime vergini, minimizza l'energia inglobata associata ai processi di produzione ex novo e, contestualmente, diminuisce il volume di rifiuti destinati allo smaltimento in discarica o all'incenerimento.

Parallelamente all'analisi valutativa di cui sopra, il progetto prevede una fase intensiva di ricerca e sviluppo focalizzata sull'innovazione nella composizione chimica dei materiali elastomerici. L'obiettivo è la formulazione di una mescola polimerica innovativa destinata specificamente alla risuolatura delle calzature da arrampicata. Il focus primario è la riduzione dell'impatto ambientale intrinseco della mesco-

Obiettivo

la stessa, attraverso l'integrazione di materiali di recupero e sottoprodotti industriali. Nello specifico, la strategia prevede l'inserimento, all'interno della matrice polimerica, di biossido di silicio (silice) ricavato da un flusso di sottoprodotto di scarto generato da filiere produttive posizionate in prossimità geografica dell'unità produttiva della gomma.

Questo approccio non solo mira a migliorare il profilo di sostenibilità chimica della mescola (sostituendo parzialmente filler sintetici o di derivazione fossile), ma ottimizza anche la sostenibilità logistica riducendo le distanze di trasporto del materiale secondario. La valorizzazione di un sottoprodotto locale incarna i principi dell'ecologia industriale e del simbiosi industriale, trasformando un potenziale onere di smaltimento in una risorsa ad alto valore aggiunto, pur mantenendo o migliorando le proprietà prestazionali (es. grip, resistenza all'abrasione) richieste per l'uso tecnico in ambito sportivo.

Il presente progetto di ricerca si basa sui principi e sulla metodologia del **Design Sistemico**, di cui adotta e rimodula alcuni step fondamentali sulla base delle effettive esigenze progettuali e attingendo in modo mirato ai metodi e agli strumenti proposti dal framework di riferimento. Piuttosto che un'applicazione rigidamente lineare dell'intero percorso metodologico, nella fase progettuale sono stati selezionati e adattati gli strumenti più idonei a supportare la **ricerca preliminare** e la validazione del progetto.

In una fase iniziale, si procederà all'esecuzione di un **rilevamento olistico** del contesto operativo e delle dinamiche della filiera di produzione e trasformazione del riso nel territorio vercellese. Questa metodologia, che si rifà agli strumenti di diagnosi olistica propri della fase di comprensione della complessità, mira a ottenere una mappatura esaustiva e multidimensionale delle interconnessioni, dei flussi di materiali e delle caratteristiche presenti al suo interno. Lo scopo è identificare in dettaglio non solo le opportunità legate alla valorizzazione dei sottoprodotti cellulosici, ma anche le criticità strutturali che potrebbero influenzare l'implementazione del progetto di recupero.

Metodologia

Understanding complexity

Tackling challenges

Designing the system

Boosting the system

Successivamente, la ricerca si concentrerà sull'analisi dell'attuale sistema di approvvigionamento della silice adottato dall'azienda produttrice della miscela polimerica. Tale indagine definirà il baseline di impatto, quantificando le metriche rilevanti associate al modus operandi corrente. Tra questa fase di diagnosi dello scenario iniziale e la successiva proiezione sistemica, si innesterà un percorso progettuale di prodotto, nato e sviluppatosi direttamente a partire dalle sfide specifiche individuate sul campo. Il progetto toccherà e attraverserà attivamente anche gli step metodologici di "Tackling Challenges" e "Designing the System".

L'intervento, tuttavia, opererà con uno spettro d'azione fortemente focalizzato e verticale, concentrando l'intero sforzo di riprogettazione materiale su un'unica macro-sfida prestazionale ed ecologica.

Una volta isolata e risolta questa complessità di prodotto, il processo approderà a un'analisi di impatto comparativa che si innesterà sui dettami dello stadio conclusivo della metodologia, denominato **"Boosting the system"**.

Calibrando lo strumento sulle reali necessità tecniche del progetto, l'analisi si focalizzerà in modo specifico sulla determinazione degli **Outcomes**. In questa comparazione verranno valutati in modo esplicito gli impatti e i benefici attesi. La quantificazione di tali vantaggi fornirà la base necessaria per la validazione della strategia di simbiosi industriale proposta.

Introduzione

Introdurre un'innovazione rigenerativa nel campo delle calzature sportive ad alta prestazione richiede un inquadramento preliminare che colleghi la metodologia del **Systemic Design** alla realtà complessa del progetto di prodotto. Se si dovesse processare l'oggetto "scarpetta da arrampicata" attraverso un percorso di design sistemico nella sua totalità, il pacchetto progettuale complessivo richiederebbe lo sviluppo e la mappatura analitica di tutte le componenti che costituiscono **l'architettura della calzatura**: la tomaia, l'intersuola, il bordone, la suola e i relativi sistemi di fissaggio adesivo. Una progettazione olistica estesa valuterebbe e risolverebbe le specifiche criticità strutturali e materiche che interessano l'intero ciclo di vita di ciascuno di questi elementi.

Un processo di design così strutturato rappresenterebbe la totalità di un intervento sul prodotto. Tuttavia, l'essenza del design sistemico risiede nella capacità analitica di operare una selezione gerarchica, individuando all'interno del sistema-prodotto il suo reale punto di leva.

Questo punto critico è l'elemento chiave da cui dipendono in modo bilaterale sia il massimo impatto ambientale, sia la performance sportiva e l'incolumità dell'atleta durante il gesto atletico.

Nel sistema-scarpetta, questo punto di leva è stato identificato senza ambiguità nella **mescola elastomerica della suola** e nel circuito della sua ri-

suolatura tecnica. Sebbene elementi come la tomaia in pelle o microfibra, l'intersuola polimerica o i bordoni stampati contribuiscano al comfort, alla calzata e al contenimento del piede, è la gomma della suola a determinare la funzionalità primaria e l'efficacia stessa della calzatura. Da essa dipende la capacità visco-elastica di generare l'attrito e la deformazione microscopica. La presente ricerca, condotta in sinergia con **Guma Factory** e **Action Directe**, ha scelto pertanto di concentrare gli sforzi progettuali ed empirici esclusivamente su questo componente fondamentale. È stato necessario focalizzarsi sulla chimica del compounding e sui flussi della risuolatura per rispondere alle urgenze di sostenibilità dei processi, ottimizzazione energetica dello scale-up. Isolando la suola, la tesi non ha escluso il resto del percorso di design, ma ne ha validato la componente più complessa, prestazionale e vincolante. I risultati ottenuti con l'estrazione di una silice biogenica dalle ceneri Cenisol-A dimostra che il progetto di prodotto può ora continuare e svilupparsi su fondamentali materiali solide, etiche e scientificamente verificate.

CONTESTO



STORIA ARRAMPICATA SPORTIVA



Per gran parte del XX secolo, l'alpinismo fu definito dall'imperativo della conquista e dell'esplorazione. L'obiettivo primario era raggiungere la vetta, e il metodo di progressione era spesso considerato secondario. In questo contesto, l'utilizzo di mezzi meccanici, noti collettivamente come arrampicata artificiale, era non solo ampiamente accettato ma ritenuto necessario per superare le grandi pareti.

I chiodi, le staffe e gli altri ancoraggi venivano utilizzati attivamente per la progressione e non solo per la protezione, definendo un'etica incentrata sull'efficacia del risultato piuttosto che sulla purezza del movimento sulla roccia. Quest'approccio dominava sia le grandi salite dolomitiche in Europa sia le epiche vie su roccia negli Stati Uniti. Questa pratica storica è ciò che oggi si identifica come **arrampicata tradizionale, o "Trad"**. La distinzione fondamentale tra arrampicata sportiva e tradizionale risiede proprio nell'uso e nella filosofia degli ancoraggi. L'arrampicata tradizionale si basa sull'utilizzo esclusivo di appigli naturali offerti dalla roccia o sull'impiego di ancoraggi amovibili per la protezione (come nut e friend), ma mai per la progressione (Levissima, n.d.). Questa differenziazione etica funge da presupposto storico essenziale per l'emergenza dell'arrampicata sportiva come disciplina a sé stante.

L'eredità alpinistica e la prevalenza dell'artificiale

La definizione del confine etico

Il conflitto che portò alla nascita dell'arrampicata sportiva non fu generato semplicemente da un cambiamento tecnologico, ma da una profonda crisi filosofica e da una reazione radicale. L'eccessivo ricorso all'artificiale, soprattutto con l'introduzione dei chiodi a pressione su vie sempre più complesse, aveva portato molti teorici e praticanti a ritenere che l'essenza stessa del movimento sulla roccia fosse stata snaturata. Questa spaccatura si manifestò con particolare virulenza nella valle di Yosemite (USA) all'inizio degli anni '70, con il celebre scontro tra Royal Robbins e Warren Harding. La polemica raggiunse il suo apice quando Harding aprì la via The Wall of the Early Morning Light su El Capitan, impiegando oltre 300 chiodi a pressione (Gogna, n.d.).

Robbins, in una dimostrazione di dissenso etico, tentò di schiodare la via, sebbene poi desistette riconoscendone l'altissima difficoltà. L'atto di Robbins simboleggiava il rigetto di un metodo che valorizzava la conquista a scapito dell'integrità della roccia e della sfida fisica pura. L'arrampicata sportiva, quindi, emerse come la formalizzazione di un'etica radicale, il free climbing, che richiedeva la standardizzazione dei percorsi per isolare e misurare la difficoltà tecnica pura, rendendo necessaria una chiara separazione dalla pratica Trad (Levissima, n.d.).



Negli anni Settanta, la critica ai "metodi pesanti" si trasformò in un vero e proprio movimento internazionale. La reazione si diffuse rapidamente anche in Europa. Figure influenti come **Reinhold Messner**, sostenitore di uno stile alpino leggero e pulito (applicazione dello stile alpino persino sugli 8000, in solitaria e senza ossigeno, come sul Nanga Parbat), e i movimenti collettivi italiani come il "Nuovo Mattino" e i "Sassisti", promossero un ritorno risoluto all'arrampicata libera (Gogna, n.d.).

Questa nuova enfasi sulla limitazione dei mezzi di protezione e sull'importanza fondamentale della progressione libera stimolò una presa di coscienza cruciale: la possibilità concreta di superare la storica "barriera" del VI grado, che per decenni era stata percepita come il limite massimo delle possibilità umane nell'arrampicata (Gogna, n.d.). Il focus si spostava definitivamente dalla progressione con mezzi meccanici alla progressione eseguita con la sola forza fisica e abilità tecnica del corpo umano.

Il concetto fondamentale su cui si basa l'arrampicata sportiva moderna, la salita interamente in libera, senza l'uso di aiuti artificiali per la progressione e senza riposare sulla corda o sulle protezioni intermedie trovò la sua codificazione ufficiale nel 1975 in Germania, grazie al pioniere Kurt Albert (Wikipedia, n.d.). Albert, attivo nella regione del Frankenjura, sviluppò il sistema noto come Rotpunkt

L'epoca della critica e il ritorno alla purezza

Kurt Albert e il manifesto etico: Il Rotpunkt (1975)

(Punto Rosso). Il Rotpunkt fu un vero e proprio manifesto etico: durante i tentativi di salita in libera, Albert usava un pennarello rosso per dipingere una 'X' sulla roccia in prossimità dei chiodi che non erano stati necessari né come appigli né come punti di progressione (Wikipedia, n.d.). Una volta che l'intera via poteva essere salita interamente in libera, egli dipingeva un punto rosso alla base del percorso (Wikipedia, n.d.). Questo sistema non solo definiva in modo inequivocabile la salita libera, ma diede origine al termine inglese **"redpoint"**, universalmente utilizzato oggi in tutto il mondo (Wikipedia, n.d.).

Albert fu influenzato dagli arrampicatori dell'Elbsandstein (Sassonia, nell'ex Germania Est), che già praticavano un'arrampicata pulita a causa della friabilità della roccia che imponeva l'uso di anelli distanti come unica protezione (Up-Climbing, n.d.). Nonostante Albert avesse creato questa "norma" per definire la salita pura, la sua filosofia personale rimaneva anti-normativa, celebrando la libertà dello spirito e l'avventura (Hanwag Stories, n.d.). La sua invenzione del **Rotpunkt** stabilì inavvertitamente un nuovo standard di performance che avrebbe richiesto, per la sua corretta misurazione e ripetizione sicura, l'introduzione della chiodatura fissa di sicurezza.

Mentre il Rotpunkt definiva l'etica della progressione, il dibattito internazionale si spostava anche sulla sicurezza e sull'estetica delle vie. Negli Stati Uniti, e in particolare a Yosemite, la tensione tra vecchio e nuovo stile diede vita alle cosiddette Bolt Wars.

Queste polemiche riguardavano la chiodatura invasiva o, al contrario, la rimozione forzata dei chiodi a pressione su vie storiche o iconici massi di bouldering (Clucas, 2013).

Un esempio emblematico fu la controversia sul "fulmine" (bolt) sul Columbia Boulder, la celebre linea di bouldering Midnight Lightning aperta da Ron Kauk nel 1978 (Clucas, 2013). Le dispute riflettevano la perenne tensione tra il rispetto per la storia e la necessità di aderire a un'etica moderna. La controversia evidenzia che, nel momento in cui l'obiettivo primario divenne la difficoltà tecnica pura, la standardizzazione della chiodatura si affermò come una nuova variabile etica cruciale per la salvaguardia degli atleti.

I conflitti etici in yosemite: le "bolt wars"

Il superamento del "limite umano"

Gli anni '80 segnarono l'età d'oro dell'arrampicata libera, caratterizzata da un'accelerazione esponenziale dei livelli di difficoltà. I limiti del VI grado vennero rapidamente infranti. Questa era è caratterizzata da una tendenza a ridurre ulteriormente l'uso delle protezioni su vie lunghe, accentuando l'ingaggio psicologico (Gogna, n.d.).

Tra i protagonisti di questa fase in Europa si annoverano Heinz Mariacher, Igor Koller e, in particolare in Italia, Maurizio "Manolo" Zanolla.

Manolo, noto come "il Mago", fu un fuoriclasse che già nel 1978 aveva superato in libera vie di altissima difficoltà nelle Dolomiti, come la Carlesso alla Torre Trieste (7a+) e la Via dei Piazaroi sulla Cima della Madonna (7b) (Peterkin, 2011). Il suo stile era caratterizzato da un forte legame con l'etica alpina, aprendo vie lunghe in libera con protezioni rare ed estremamente aleatorie, aumentando l'ingaggio psicologico e il rischio biologico (Gogna, n.d.).

Nel Frankenjura, Wolfgang Güllich divenne la figura centrale nel ridefinire il tetto della performance mondiale. Güllich sviluppò tecniche di allenamento specifiche (come il Campus Board) necessarie per affrontare l'incremento di forza biocinetica richiesto. Il suo lavoro portò all'istituzione di nuovi standard mondiali: Güllich aprì il primo 8b (Kanal im Rücken), il primo 8b+ (Punks in the Gym in Australia), e il primo 8c (Wallstreet) (Climbing History, n.d.).

L'apice tecnico della sua carriera fu l'apertura, all'inizio degli anni '90, di **Action Directe**. Questa via è universalmente riconosciuta come il primo 9a al mondo (Climbing History, n.d.).

L'accelerazione vertiginosa dei gradi dal 7a+ di Manolo nel '78 al 9a di Güllich nei primi anni '90 fu una conseguenza diretta della combinazione tra l'etica del Rotpunkt e l'adozione di una chiodatura fissa e sicura. La possibilità di concentrarsi unicamente sulla performance, senza la preoccupazione costante di un volo mortale, permise agli atleti di superare i limiti psicologici.

Paradossalmente, la filosofia di Güllich era profondamente radicata in una visione non agonistica: egli vedeva l'arrampicata come un'impresa personale e sociale, uno sbocco per la creatività e la bellezza del movimento, rifuggendo la rivalità esasperata (Climbing History, n.d.).

Wolfgang Güllich: il riscritto della scala di difficoltà



L'esplosione delle difficoltà rese obsolete le scale di valutazione tradizionali, in particolare la scala UIAA, che si arrestava nominalmente al VI grado. Per gestire l'internazionalizzazione del free climbing e la necessità di misurare incrementi di difficoltà sempre più sottili, fu imperativo adottare un system più granulare e aperto verso l'alto (Guide Dolomiti, n.d.). **La scala Francese**, con la sua struttura numerica e l'aggiunta di lettere e simboli ('a', 'b', 'c', '+'), divenne lo standard de facto per l'arrampicata sportiva su corda. Sebbene altri sistemi fossero utilizzati per discipline specifiche, come la scala Hueco (V-grades) e Fontainebleau (blocchi) per il bouldering (Guide Dolomiti, n.d.), la scala francese permise di descrivere l'escalation dai gradi iniziali (es. 4a) fino alla nuova frontiera del 9a stabilita da Güllich.

Inoltre, il superamento tecnico e l'allenamento intensivo richiesti per i gradi più elevati ebbero un impatto significativo sulla salute degli atleti. L'analisi della prevalenza degli infortuni indica una correlazione diretta tra l'aumento del grado di arrampicata e il rischio di lesioni specifiche alle mani (tendini, pulegge), con un rischio che diventa clinicamente significativo a partire dal 6b (Ricchieri, 2018). Questo dato sottolinea la necessità di una professionalizzazione della preparazione fisica e della prevenzione degli infortuni in risposta alla spinta prestazionale.

**La standardizzazione tecnica:
sistemi di gradazione**

L'espansione cronologica della scala di difficoltà (Anni '70 - '90)

Periodo	Scalatore chiave	Via di riferimento	Grado	Significato storico
Pre-1970	/	(Limiti Alpinismo Classico)	Max VI	Il "Limite delle possibilità umane" percepito.
1975	Kurt Albert	(Vie Frankenjura)	IX (Rotpunkt)	Definizione dell'etica free climbing e del concetto di salita libera.
1978	Maurizio Zanolla (Manolo)	Carlesso alla Torre Trieste	7a+ (VII+)	Superamento precoce in Dolomiti, con alto ingaggio di protezione.
Metà Anni '80	Wolfgang Güllich	Punks in the Gym	8b+ (X+)	Primo grado 8b+ al mondo. Globalizzazione della prestazione.
Inizio Anni '90	Wolfgang Güllich	Action Directe	9a (XI)	Primo 9a e benchmark mondiale. Consolidazione della scala Francese.

Tabella 1



Con la diffusione dell'etica del Rotpunkt e l'innalzamento continuo delle performance, la comunità dell'arrampicata iniziò a sentire l'esigenza di un confronto diretto e misurabile. L'arrampicata sportiva nacque ufficialmente in Italia, a Torino, nel 1985, promossa da alpinisti accademici e giovani arrampicatori orientati all'evoluzione della disciplina (Bassoli, n.d.). Questa esigenza culminò nella prima gara internazionale, **Sportroccia '85**, tenuta a **Bardonecchia**, in Piemonte, nella Valle Stretta (sulla Parete dei Militi), dal 5 al 7 luglio 1985 (Comitato Olimpico Internazionale, n.d.). L'intuizione vincente fu degli organizzatori, l'architetto Andrea Mellano e il giornalista Emanuele Cassara. L'obiettivo dichiarato della competizione era "dirimere definitivamente la questione su chi fosse il più forte in parete, in un confronto che annullasse il rischio per esaltare la difficoltà" (Bassoli, n.d.). Questo principio rappresentò l'istituzionalizzazione del Rotpunkt: la performance pura poteva essere isolata solo in un ambiente controllato e sicuro.

Sportroccia '85 fu un successo straordinario, seguito dal vivo da 10000 persone e trasmesso in 7 paesi (Bassoli, n.d.). I vincitori di questa edizione storica furono il tedesco Stefan Glowacz (1° nella classifica Uomini) e la francese Catherine Destivelle (1° nella classifica Donne) (Bassoli, n.d.). Tra gli italiani si distinsero Luisa Iovane (2° F) e Roberto Bassi (7° M) (Bassoli, n.d.). La giuria includeva figure di spicco come Riccardo Cassin, Mau-

L'intuizione italiana: la genesi di Sportroccia '85

rizio Zanolla e Heinz Mariacher, a testimonianza di come il mondo alpino classico si stesse confrontando con la nuova realtà sportiva. Nello stesso periodo, a Vaulx-en-Velin, vicino a Lione, si teneva la prima gara indoor, segnando un rapido sviluppo della disciplina anche lontano dagli ambienti naturali (Bassoli, n.d.).

Il successo di Sportroccia '85 pose immediatamente le basi per la formalizzazione istituzionale a livello nazionale. Sulla scia di questo evento, nel 1987, l'architetto Andrea Mellano (che ne fu il presidente fondatore) e altri pionieri come Marco Bernardi, Paolo Merli e Marco Mola, fondarono la Federazione Arrampicata Sportiva Italiana (F.A.S.I.) (CSEN Arrampicata, n.d.). La F.A.S.I. ottenne il riconoscimento ufficiale da parte del CONI come Disciplina Associata nel 1990 (Comitato Olimpico Internazionale, n.d.). A Riccardo Cassin, figura storica dell'alpinismo, fu assegnata la tessera n. 1, sancendo simbolicamente il legame tra la nuova disciplina e la sua eredità alpina. L'anno successivo a Sportroccia '85, un'altra manifestazione destinata a diventare un evento cult del circuito internazionale, il RockMaster, prendeva vita ad Arco, consolidando la scena competitiva in Italia e nel mondo (Bassoli, n.d.).

Il processo di istituzionalizzazione rivela una tensione significativa. Sebbene l'arrampicata sportiva fosse stata spinta da figure come Güllich, la cui filosofia rifuggiva la celebrità e l'eccessiva competitività, la formalizzazione della gara (Sportroccia) si dimostrò necessaria per garantire alla disciplina riconoscimento, sviluppo e una metrica oggettiva. La presenza di pionieri del free climbing come Manolo e Mariacher in giuria a Bardonecchia illustra il difficile compromesso tra l'etica di libertà radicale e la necessità di uno standard sportivo universale.

La nascita della F.A.S.I. e la scena competitiva

La diversificazione delle specialità e l'evoluzione indoor

Nel nuovo millennio, l'arrampicata sportiva si è evoluta in tre specialità distinte, ciascuna con requisiti atletici unici, rendendo necessaria una forte specializzazione: Lead (la salita di vie lunghe contro il tempo), Bouldering (la risoluzione di brevi problemi di massima difficoltà a bassa altezza) e Speed (la corsa verticale su via standardizzate) (CSEN Arrampicata, n.d.). L'ascesa delle palestre indoor ha giocato un ruolo fondamentale. L'ambiente controllato e la possibilità di allenamento intensivo, soprattutto nel bouldering, hanno permesso agli atleti di spingere i limiti fisici in modo più sicuro ed efficace (Ricchieri, 2018). Questa evoluzione è stata essenziale sia per la crescita dei gradi in falesia, sia per la standardizzazione dei criteri di gara necessari per l'ammissione ai grandi circuiti internazionali.

L'apice dell'istituzionalizzazione dell'arrampicata sportiva è stato il suo ingresso nel programma dei Giochi Olimpici. Dopo un lungo percorso, la disciplina ha debuttato a Tokyo 2020 (svoltasi nel 2021). Il formato iniziale, tuttavia, fu oggetto di critiche, in quanto prevedeva un'unica medaglia combinata che forzava gli atleti a eccellere in tutte e tre le specialità (Bouldering, Lead e Speed), penalizzando gli specialisti (Comitato Olimpico Internazionale, n.d.). La spinta per una maggiore rappresentazione e specializzazione portò a una rapida evoluzione del formato in vista dei Giochi successivi. La decisione di includere provvisoriamente l'arrampicata sportiva nel programma di Parigi 2024 fu presa il 25 giugno 2019, durante la 134esima Sessione del Comitato Olimpico Internazionale (CIO) (Comitato Olimpico Internazionale, 2019). Il Presidente del CIO, Thomas Bach, motivò la scelta affermando che i quattro sport proposti (inclusa l'arrampicata) erano in linea con l'Agenda Olimpica 2020, contribuendo a rendere il programma più bilanciato a livello di genere, più urbano e in grado di connettersi con le giovani generazioni. La conferma definitiva arrivò successivamente, il 7 dicembre (Montagna.tv, 2020). Per Parigi 2024, il formato è stato radicalmente modificato, con l'approvazione di quattro medaglie d'oro in palio: Specialità Speed (Maschile e Femminile). Specialità Combinata Boulder & Lead (Maschile e Femminile). Questa separazione rappresenta l'at-

Il percorso olimpico e il nuovo formato di gara

to finale di riconoscimento istituzionale che l'arrampicata sportiva è, in realtà, un gruppo di attività con requisiti fisici distinti, premiando finalmente gli specialisti. Inoltre, per la prima volta nella storia olimpica della disciplina, il numero di partecipanti è aumentato da 40 (Tokyo) a 68 atleti (34 donne e 34 uomini), raggiungendo un'esatta parità di genere, obiettivo che il CIO aveva esplicitamente promosso (Salliinvetta, n.d.). L'accettazione olimpica ha amplificato la tendenza nata con Sportroccia '85: legittimare l'arrampicata come veicolo di performance misurabile e sicura, con percorsi ben chiodati e gestiti (Gogna, n.d.).

Milestones dell'arrampicata sportiva

Tabella 2

Anno	Evento/ istituzione	Luogo/ contesto	Significato/ impatto
1975	Invenzione del Rotpunkt	Frankenjura, Germania	Codificazione dell'etica della salita interamente in libera.
1985	Sportroccia '85	Bardonecchia, Italia	Prima gara internazionale su roccia. Nascita del movimento agonistico.
1987	Fondazione F.A.S.I.	Italia	Istituzionalizzazione nazionale della disciplina.
1991	Action Directe	Frankenjura, Germania	Stabilisce il 9a, consolidando la scala Francese e i limiti della prestazione.
2019	Decisione CIO	Sessione 134	Inclusione provvisoria nel programma di Parigi 2024.
2024	Giochi Olimpici	Parigi. Francia	Adozione del Nuovo Formato con 4 titoli olimpici separati. Raggiunta la parità di genere.

Sitografia

Action Directe. (n.d.). Action Directe Climbing Services. <https://actiondirecte.it>

Advnture. (2023). When and how to replace your climbing shoes. <https://www.advnture.com/features/replace-climbing-shoes>

Bassoli, M. (n.d.). Arrampicata sportiva: La storia. <https://www.massimobassoli.com/index.php/it/sport/arrampicata-sportiva-storia>

Climbing History. (n.d.). Wolfgang Güllich profile. <https://climbing-history.org/climber/525/wolfgang-g%C3%BCllich>

Climbing Magazine. (2023). The best beginner climbing shoes. <https://www.climbing.com/gear/best-beginner-climbing-shoes/>

Climbing Shoe Review. (2023). When to replace climbing shoes. <https://www.climbingshoereview.com/when-to-replace-climbing-shoes/>

Clucas, J. (2013, Aprile 26). Yosemite bolt wars. James Clucas Blog. http://jamesclucas.blogspot.com/2013/04/yosemite-bolt-wars_26.html

Comitato Olimpico Internazionale. (2019, Giugno 25). Breaking, skateboarding, sport climbing and surfing provisionally included on Paris 2024 Olympic program. Olympics. <https://www.olympics.com/it/notizie/breaking-skateboarding-sport-climbing-and-surfing-provisionally-included-on-pari>

Comitato Olimpico Internazionale. (n.d.). Arrampicata ai Giochi Olimpici di Parigi 2024. Olympics. <https://www.olympics.com/it/notizie/arrampicata-giochi-olimpici-parigi-2024-programma-calendario-sedi-biglietti>

CSEN Arrampicata. (n.d.). Storia dell'arrampicata sportiva. <https://www.csenarrampicata.it/arrampicata-sportiva-storia/>

Gogna, A. (n.d.). Riflessioni sull'etica alpinistica. GognaBlog. <https://gognablog.sherpa-gate.com/riflessioni-sulletica-alpinistica/>

Gogna, A. (n.d.). Roba da chiodatori. GognaBlog. <https://gognablog.sherpa-gate.com/roba-da-chiodatori-1/>

Guide Dolomiti. (n.d.). Gradi di difficoltà nell'arrampicata. <https://www.guidedolomiti.com/gradi-difficolta-arrampicata/>

Hanwag Stories. (n.d.). Redpoint: Kurt Albert. <https://stories.hanwag.com/en/redpoint-kurt-albert-2/>

Levissima. (n.d.). Arrampicata sportiva, libera e tradizionale: Le differenze. Levissima Magazine. <https://www.levissima.it/progetti-attivita/magazine/sport-sane-abitudini/arrampicata-sportiva-libera-tradizionale-differenze/>

Montagna.tv. (2020, Dicembre 7). Arrampicata sportiva confermata alle Olimpiadi di Parigi 2024. <https://www.montagna.tv/171330/arrampicata-sportiva-confermata-alle-olimpiadi-di-parigi-2024/>

Peterkin. (2011, Marzo). Storia dell'arrampicata libera. <https://peterkin10.files.wordpress.com/2011/03/storia-dellarrampicata-libera.pdf>

PlanetMountain. (n.d.). Action Directe: Wolfgang Güllich 25-year-old Frankenjura masterpiece. <https://www.planetmountain.com/en/news/climbing/action-directe-wolfgang-gullich-25-year-old-frankenjura-masterpiece.html>

Ricchieri. (2018). Gli infortuni nell'arrampicata sportiva: Dati di prevalenza (Tesi di Laurea). Università di Genova. <https://www.masteromt.unige.it/images/tesi2018/b/RICCHIERI%20Gli%20infortuni%20nell%20arrampicata%20sportiva%20Dati%20di%20prevalenza.pdf>

Project Canvas Shoes. (2023). How long do climbing shoes last? <https://projectcanvasshoes.com/how-long-do-climbing-shoes-last/>

Sherpa Gate. (n.d.). Le palestre di arrampicata. <https://www.sherpa-gate.com/altrispazi/palestre-arrampicata/>

Up-Climbing. (n.d.). Kurt Albert legacy. <https://www.up-climbing.com/en/boulder/news-boulder/kurt-albert/>

Wikipedia. (n.d.). Kurt Albert. https://en.wikipedia.org/wiki/Kurt_Albert

YouTube. (n.d.). Wolfgang Güllich video archive. <https://www.youtube.com/watch?v=CAr6DOw9D5c>

Immagini

Figura 1 : Museum Gherdëina. (n.d.). Archivio storico palparete [Immagine]. <https://www.geo.museumgherdeina.it/it/obj/ge0025> **Pag.10-11**

Figura 2 : Saliinvetta. (n.d.). La storia di Giusto Gervasutti il fortissimo [Immagine]. <https://www.saliinvetta.com/culture-e-tradizioni/2338-la-storia-di-giusto-gervasutti-il-fortissimo> **Pag.12**

Figura 3 : Gogna, A. (n.d.). Storia dell'arrampicata libera [Immagine]. GognaBlog. <https://gognablog.sherpa-gate.com/storia-dellarrampicata-libera-3/> **Pag.12**

Figura 4 : La Gazzetta dello Sport. (2020, Settembre 19). Il Piolet d'Or alla carriera per Catherine Destivelle [Immagine]. Alpinisti e Montagne. <https://alpinistiemontagne.gazzetta.it/2020/09/19/il-piolet-dor-alla-carriera-per-catherine-destivelle/> **Pag.13**

Figura 5 : Scoutripper. (n.d.). Reinhold Messner portrait [Immagine]. <https://scoutripper.com/blog/reinhold-messner/> **Pag.16**

Figura 6 : PlanetMountain. (n.d.). Ricordando Wolfgang Güllich: Uno dei più grandi arrampicatori di tutti i tempi [Immagine]. <https://www.planetmountain.com/it/notizie/arrampicata/ricordando-wolfgang-gullich-uno-dei-piu-grandi-arrampicatori-di-tutti-i-tempi.html> **Pag.20-21**

Figura 7 : PlanetMountain. (2025). Bardonecchia 40° anniversario Sportroccia: Prima gara di arrampicata sportiva [Immagine]. <https://www.planetmountain.com/it/notizie/bardonecchia-40-anniversario-sportroccia-prima-gara-arrampicata-sportiva/134700> **Pag.24-25**



EVOLUZIONE SCARPETTE

12

Prima dell'emergere dell'arrampicata come disciplina sportiva autonoma nel XX secolo, gli alpinisti facevano affidamento su calzature progettate per la stabilità, la protezione e la progressione su neve e ghiaccio. L'attrezzatura pre-1930 consisteva tipicamente in scarponi da montagna rigidi, spesso dotati di suole in cuoio e tela o chiodature metalliche (Scarpa, n.d.). Queste calzature erano eccellenti per il supporto e la resistenza, ma completamente inadatte all'aderenza su roccia fine o alla sensibilità necessaria per appoggi minimi.

L'evoluzione della scarpetta d'arrampicata è una storia di progressiva minimizzazione del supporto in favore della massimizzazione dell'attrito e della precisione. Questo percorso può essere mappato attraverso cinque transizioni tecnologiche fondamentali: il cambio di materiali, la riprogettazione della forma, la rivoluzione chimica delle mescole, l'iper-specializzazione del design e, infine, la recente focalizzazione sulla sostenibilità. La scarpetta è passata dall'essere un surrogato dello scarpone a diventare uno strumento biomeccanico di altissima precisione.

Dal supporto all'adesione

L'età dei pionieri e la nascita della frizione (anni '30 - '50)

Pierre Allain (PA) e l'influenza di Fontainebleau

La nascita della scarpetta d'arrampicata moderna è intrinsecamente legata a Pierre Allain, alpinista e innovatore francese che iniziò a scalare negli anni '20 (Wikipedia, n.d.). La sua influenza si manifestò principalmente a Fontainebleau. Negli anni '30, Allain e i suoi colleghi, i "Bleausards," elevarono il bouldering da semplice attività di allenamento a disciplina a sé stante, richiedendo tecniche avanzate di aderenza e frizione, come testimoniato dal celebre Allain Angle (Wikipedia, n.d.). Per facilitare questa nuova specialità, Allain sviluppò le prime calzature specificamente morbide con suola in gomma destinate all'arrampicata su roccia (Wikipedia, n.d.). Queste scarpe, note come i "PAs," furono utilizzate non solo sull'arenaria friabile di Fontainebleau ma anche sulle grandi pareti alpine, dimostrando la loro efficacia in salite storiche come la prima ascensione della parete nord del Petit Dru (Wikipedia, n.d.).

La scelta di Allain di una suola in gomma morbida fu un atto di genio intuitivo. Questo design rifletteva una comprensione profonda dei principi fisici dell'attrito, dove la morbidezza massimizzava la superficie di contatto, permettendo alla suola di conformarsi ai micro-rilievi della roccia. Questo approccio ha inaugurato l'arrampicata basata sullo smearing (frizione pura), riducendo la dipendenza dai bordi rigidi degli scarponi tradizionali. Il lavoro di Allain permise una "trasforma-



zione discreta del corpo in soggetto," dove l'attrezzatura si integrava nel movimento, massimizzando la pura interazione corporea. Negli anni '50, questo modello fondamentale fu standardizzato e il marchio evolse in "EB" (dal nome dell'associato di Allain, Edmond), continuando la sua diffusione (Wikipedia, n.d.).

Il modello EB super gratton e la diffusione

Successivamente, il modello EB Super Gratton divenne lo standard di riferimento in Europa per molti anni. Queste scarpette erano costruite interamente in pelle e utilizzavano una gomma vulcanizzata che offriva prestazioni superiori ai PAs iniziali, pur mantenendo una forma relativamente piatta e tradizionale. Tuttavia, la gomma di questa generazione era ancora un compromesso, limitata in termini di aderenza estrema a favore di una maggiore durabilità.

L'emergere di nuovi poli di innovazione

Durante questo periodo, l'industria italiana iniziò a consolidarsi come un polo chiave nella manifattura calzaturiera sportiva. Aziende storiche come SCARPA, fondata ad Asolo nel 1938, entrarono in competizione, portando un livello di industrializzazione e controllo qualità che i piccoli laboratori pionieristici non potevano eguagliare (Climbing Shoe Review, n.d.).

La standardizzazione e l'ingresso del mercato italiano (anni '50 - '70)

La consolidazione tecnica: last asimmetrici e rigidità (anni '70 - inizio '80)

L'ingresso di grandi aziende manifatturiere permise un miglioramento sistematico delle mescole di gomma e della costruzione delle tomaie (gli upper). Il modello SCARPA "Rock Star" degli anni '70 è citato come un prodotto iconico e leggendario, indicando che le scarpette non erano più solo attrezzi funzionali, ma prodotti ingegnerizzati che definivano lo standard di performance del decennio. Questo processo di industrializzazione preparò il terreno per l'evoluzione geometrica del last (la forma interna su cui viene costruita la scarpa), fondamentale per la precisione successiva.

L'ottimizzazione dei last per la verticalità

Con l'aumento dei gradi di difficoltà e lo sviluppo dell'arrampicata sportiva, divenne cruciale la capacità di applicare forza concentrata sulla punta, un'esigenza non soddisfatta dai modelli piatti come il Super Gratton. I produttori, tra cui Boreal, iniziarono a sperimentare con last che introducevano una leggera asimmetria e una curvatura più definita in punta. Questa fu la prima mossa verso la forma "a banana" delle scarpette moderne. L'innovazione si concentrò anche sul supporto interno: fu incrementata la rigidità dell'intersuola per dare sostegno al piede durante sessioni prolungate di edging (appoggio sui bordi esterni) su micro appigli.

La Pre-Rivoluzione Chimica

Durante gli anni '70 e l'inizio degli anni '80, i produttori lavorarono incessantemente per creare mescole con migliori caratteristiche di durabilità e resistenza all'abrasione, cercando al contempo di aumentare l'attrito. Nonostante i progressi ingegneristici sulla geometria e la rigidità strutturale, le scarpette di quel periodo raggiunsero un limite prestazionale imposto dalla tecnologia dei materiali esistenti. La performance era limitata dal coefficiente di attrito della gomma disponibile, indipendentemente da quanto fosse tecnico il last. Questa limitazione strutturale creò il vuoto che solo una rivoluzione chimica, e non geometrica, avrebbe potuto colmare.

La Nascita della Gomma Adesiva (Sticky Rubber)

La svolta radicale si verificò a metà degli anni '80 con l'introduzione della gomma adesiva (o sticky rubber). Questa rivoluzione fu guidata da Charles Cole III, un arrampicatore di Yosemite che fondò Five Ten nel 1985 (Adidas, n.d.). La scintilla per l'innovazione fu data dall'osservazione: i climber che acquistavano la sua approach shoe 'Five Tennie' tagliavano la suola in gomma per incollarla sui loro modelli specialistici, pur di ottenere un'aderenza superiore. Cole capì che la domanda insoddisfatta riguardava la chimica del materiale stesso. Dopo intensa ricerca, nel 1987, Five Ten lanciò la mescola proprietaria Stealth, definita da una "ricetta segreta".

La rivoluzione chimica: l'era della stealth rubber (1985 - 1990)

L'impatto fu immediato. La prima scarpetta Stealth, la Vertical, fu descritta dai redattori di riviste specializzate come "più appiccicosa della carta moschicida," stabilendo un nuovo standard di aderenza (Adidas, n.d.). La gomma Stealth, basata su elastomeri ad alto coefficiente di attrito, non offrì un miglioramento incrementale, ma un'abilitazione radicale. L'innovazione chimica sbloccò letteralmente nuove possibilità in parete, costringendo la comunità dell'arrampicata a ricalibrare i gradi di difficoltà. Questo evento diede il via alla cosiddetta "Guerra della Gomma" tra i produttori (Grivel, n.d.).

Periodo	Innovatore chiave / modello	Innovazione primaria	Impatto sull'arrampicata
Anni '30	Pierre Allain (PA)	Suole in gomma morbida, calzatura specifica	Abbandono degli scarponi, base per il bouldering su frizione
Anni '50	EB (Super Graton)	Diffusione commerciale, prime forme standard	Standardizzazione della scarpa in Europa e passaggio al marchio EB
Anni '70	SCARPA (Rock Star), Boreal	Mescole migliorate, prime forme più rigide e di supporto	Maggiore precisione verticale, elevazione dello status della calzatura
1985-90	Five Ten (Stealth Rubber, Verti-Cale)	Gomma ad altissimo coefficiente di attrito (Sticky Rubber)	Rivoluzione immediata nell'aderenza (smearing), ridefinizione dei limiti tecnici
Anni '90-'00	La Sportiva (Miura, Solution)	Last arcuati aggressivi (Downturn), sistemi di pretensione	Massima potenza sulla punta, essenziale per l'arrampicata strapiombante e indoor
2010-Oggi	La Sportiva (Mythos 30 Eco), Brand Sostenibili	Materiali ecologici (pelle senza metalli), adesivi a base acquosa	Focus sull'etica produttiva, estensione del ciclo di vita e resole

Tabella 3

La "Guerra della Gomma" e la Reazione dei Competitor

La performance ineguagliata della gomma Stealth costrinse i leader di mercato, inclusi i produttori italiani, a intensificare gli investimenti in Ricerca e Sviluppo sui polimeri. Questo portò alla creazione di mescole concorrenti e all'adozione di un approccio in cui la competitività era basata non solo sul design strutturale, ma soprattutto sulla chimica del materiale. Questa prima tabella riassume le transizioni chiave che hanno definito l'evoluzione della scarpetta d'arrampicata.

L'Ingegneria della performance: downturn e pretensionamento

Una volta che la chimica della gomma garantì un'aderenza estrema, l'innovazione tornò all'ingegneria del last per sfruttare al meglio questa maggiore capacità di attrito. L'arrampicata indoor e il bouldering, in forte espansione, richiesero attrezzi capaci di affrontare strapiombi estremi e volumi complessi. L'introduzione di modelli aggressivi e altamente specializzati, come La Sportiva Miura e Solution, divenne lo standard per l'arrampicata ad alto livello. La chiave di questi design era il downturn, o curvatura estrema verso il basso della punta, e l'asimmetria aggressiva, che incanalavano la massima potenza muscolare sulla punta, cruciale per agganci precisi e il mantenimento della presa sui tetti. Parallelamente, il rand (la fascia di gomma che avvolge il piede) smise di essere solo un elemento protettivo. Fu trasformato in un sistema di pre-

La consolidazione tecnica: last asimmetrici e rigidità (anni '70 - inizio '80)

L'iper-specializzazione geometria e l'era indoor (Anni '90 - 2010)

tensionamento dinamico che manteneva la curvatura aggressiva del last anche sotto carico, garantendo che la scarpetta funzionasse come una molla per "agganciare" gli appigli.



La polarizzazione del design in funzione del terreno

L'esplosione dell'arrampicata indoor e la crescente differenziazione delle falesie hanno richiesto una polarizzazione del design (Millet, n.d.). Oggi, una singola scarpetta non può eccellere su tutti i tipi di roccia. Ad esempio, il bouldering su granito richiede scarpette molto rigide per sfruttare i cristalli e fornire supporto. Al contrario, l'arenaria richiede scarpette morbide e aderenti, con una flessibilità sufficiente per i tallonaggi e per massimizzare il contatto in smearing. Per la falesia strapiombante, invece, la necessità è quella di scarpette flessibili, arcuate e asimmetriche, ottimizzate per il hooking (Millet, n.d.).

Questa iper-specializzazione ha generato una tensione: le scarpette ad altissime prestazioni (con downturn estremo) sono intrinsecamente scomode. Il design aggressivo deforma intenzionalmente il piede per massimizzare la leva, trasformando la calzatura in un attrezzo specialistico destinato a sessioni brevi, accettando un compromesso significativo sul comfort in favore della performance estrema. La seguente tabella illustra la correlazione tra le caratteristiche geometriche della scarpetta e i requisiti del substrato di arrampicata. Correlazione tra Geometria della Scarpetta e Terreno di Arrampicata.

Disciplina/ terreno	Caratte- ristica del Last	Rigidità della inter- suola	Obiettivo funzionale primario
Falesia stra- piombante	Molto arcuato (Downturn), Asimmetrico	Medio-Basso (Sensibile)	Trasferimento di forza in punta e <i>toe hooking</i> efficace
Blocco di granito	Neutrale/Leg- gero Down- turn	Molto rigida	Pressione su micro appigli e supporto del piede su cristalli
Blocco di arenaria	Flessibile e aderente	Bassa (Massima Sensibilità)	Aderenza su pareti lisce (smearing), flessibilità per tallonaggi
Vie Lunghe / Tradizionali	Piatto o leggermente asimmetrico	Medio-Alto	Comfort prolungato e suppor- to per evitare affaticamento muscolare

Tabella 4

L'etica produttiva e i materiali sostenibili

La fase attuale dell'evoluzione è caratterizzata da "micro-evoluzioni" nella performance (miglioramenti marginali nelle mescole e nei sistemi di chiusura) affiancate da una macro-transizione etica verso la sostenibilità. Il 2021 è stato un anno emblematico per l'avanzamento dell'attrezzatura sostenibile nell'arrampicata (Oliunid, 2021). L'attenzione si è spostata dal solo coefficiente di attrito all'intero ciclo di vita e all'impatto ambientale della produzione. Un esempio significativo è il rinnovamento di modelli classici. La Sportiva, ad esempio, ha rilasciato una versione rinnovata delle Mythos ³⁰ Eco. Questa scarpetta utilizza pelle conciata senza metalli pesanti e impiega adesivi a base acquosa (water-based glues) (Oliunid, 2021). L'eliminazione dei metalli pesanti riduce l'impatto tossicologico dell'acqua reflua e l'uso di adesivi a base acquosa elimina i solventi organici volatili (VOCs), stabilendo standard etici e di salubrità sia per i lavoratori che per l'utilizzatore finale. La sfida tecnologica in questo decennio è sviluppare polimeri bio-compatibili che possano eguagliare il coefficiente di attrito estremo della gomma chimica tradizionale, rendendo la sostenibilità un factor di competitività tecnica.

La sfida contemporanea: sostenibilità e micro-evoluzioni (2010 - Oggi)

Sitografia

Adidas. (n.d.). Five Ten and Adidas join forces. <https://www.adidas.com/us/blog/355555-five-ten-and-adidas-join-forces>

Climbing Shoe Review. (n.d.). Scarpa vs La Sportiva. <https://www.climbingshoereview.com/scarpa-vs-la-sportiva/>

Grivel. (n.d.). Stealth rubber technology. <https://grivel.com/it/products/stealth>

Millet. (n.d.). Come scegliere le scarpette da arrampicata. https://www.millet.com/it_it/guida-pratiche/come-scegliere-le-scarpette-da-arrampicata/

Oliunid. (2021, Marzo 23). Sei prodotti di arrampicata 2021 eco-friendly. <https://www.oliunid.it/blog/sei-prodotti-di-arrampicata-2021-eco-friendly/>

Scarpa. (n.d.). Scarponi da alpinismo. <https://it.scarpa.com/scarponi-alpinismo.html>

Wikipedia. (n.d.). Pierre Allain. https://en.wikipedia.org/wiki/Pierre_Allain

Immagini

Figura 1: Fioretti, N. (2020, Ottobre 2). L'evoluzione delle scarpette da arrampicata [Immagine]. <https://www.nicolafioretti.com/2020/10/02/levoluzione-delle-scarpette-da-arrampicata/> **Pag.34-35**

Figura 2 : OutdoorInov8. (n.d.). EB Super Gratton historical archive images [Immagine]. <http://www.outdoorinov8.com/ebsupergrattonimages.html> **Pag.38-39**

Figura 3 : Marex. (n.d.). Archivio storico calzature di montagna [Immagine]. <http://www.marex.no/?m=6303114> **Pag.42-43**

EVOLUZIONE
MESCOLE
COMME

13

I Precursori (Pre-Anni '40)

Prima dell'invenzione di una mescola dedicata, gli alpinisti si affidavano a calzature inadatte alla scalata tecnica. Si usavano pesanti scarponi con suola in cuoio chiodata, ideali per terreni alpini ma con una presa modesta sulla roccia (CAI SEM, n.d.). In alternativa, si utilizzavano scarpe morbide con suole in stoffa, canapa o feltro, che venivano talvolta rinforzate con pece greca per migliorare l'aderenza (Gogna, n.d.). Un altro attore, la gomma Vibram, era già presente sul mercato negli anni '60 e '70, ma le sue mescole erano note per essere rigide e scivolose. La ragione era puramente commerciale: il principale acquirente di Vibram era l'Esercito Italiano, che richiedeva suole di durata infinita e rigidità, anziché grip o sensibilità, per l'uso su scarponi polivalenti (CAI SEM, n.d.).

La nascita del concetto moderno: Pierre Allain e EB (Anni '40–'70)

Il primo passo verso la specializzazione avvenne a Fontainebleau, dove Pierre Allain (PA) intuì che per il bouldering era necessaria una calzatura leggera con una suola morbida (Vintage Climbing, n.d.).

Il Modello PA (1947): Allain progettò una scarpa specifica con suola in gomma liscia (Bouldering Info, n.d.; Vintage Climbing, n.d.). Questa gomma, sebbene primitiva per gli standard odierni, rappresentava il primo tentativo di massimizzare l'area di contatto

L'era pionieristica: dal cuoio alla gomma vulcanizzata (pre-1980)

La "guerra del grip": boreal e la svolta stealth (anni '80)

e la frizione sulla roccia, superando le limitazioni dei pesanti scarponi. EB Super Gratton (1950–1980): Il modello fu commercializzato da Edmond Bourdonneau (EB) e divenne rapidamente lo standard mondiale (Vintage Climbing, n.d.). Le EB, e in particolare il modello Super Gratton, dominarono il mercato per tre decenni grazie all'innovazione della gomma liscia vulcanizzata.

Il vero punto di svolta arrivò quando la ricerca si concentrò non solo sull'elasticità della gomma, ma sulla sua formula chimica e sulla proprietà di stickiness (adesività).

Boreal e la gomma spagnola

Il dominio di EB finì bruscamente nei primi anni '80, quando una revisione del processo produttivo per aumentare i volumi portò a una gomma stampata meno performante. La crisi di EB fu sfruttata dal marchio spagnolo Boreal, che lanciò il modello Firé nel 1984 (Bouldering Info, n.d.). La gomma super adesiva di Boreal, nota come "gomma cocida spagnola" (La Sportiva, n.d.), superò la vecchia gomma EB e definì un nuovo standard di aderenza, ponendo Boreal in prima linea nell'innovazione per un periodo di circa 40 anni (La Betulla Sport, n.d.).

La rivoluzione stealth (1986)

L'innovazione decisiva fu introdotta dall'ingegnere e scalatore americano Charles Cole, fondatore di Five Ten nel 1985 (Wikipedia, n.d.).

- **Lancio della Stealth:** Nel 1987, Five Ten presentò la gomma Stealth, una mescola proprietaria ad alto attrito la cui formula era segreta (Wikipedia, n.d.; da cui il nome). La Stealth forniva un'aderenza "senza precedenti" (Wikipedia, n.d.). Il suo successo fu tale che Five Ten vendeva la gomma in lastre e kit per la risuolatura, permettendo ai climber di applicare la mescola Stealth alle loro scarpette di altre marche (Mountain Tools, n.d.).
- **Vibram Contro-Offensiva:** Per competere con Stealth, Vibram sviluppò nuove linee di mescole ad alte prestazioni, concentrandosi sulla distinzione tra aderenza pura e stabilità (edging), in collaborazione con marchi italiani come La Sportiva e Scarpa.

L'arrampicata moderna (soprattutto bouldering e vie estreme) richiede mescole con profili di prestazione distinti. I produttori utilizzano la scala di durometro Shore A per classificare la durezza, che influenza direttamente la funzionalità: più basso è il numero, più morbida e appiccicosa è la gomma (massima frizione/sensibilità); più alto è il numero, più dura e durevole è la gomma (massima stabilità/supporto).

Chimica e specializzazione: la gomma moderna (anni '90–oggi)

Mescole leader e loro applicazioni

Mescola	Durezza (Shore A)	Caratteristiche principali	Uso ideale
Vibram XS Grip 2	78	Massima frizione, grip puro e consistenza. Naturale evoluzione della XS Grip.	Bouldering, Lead (arrampicata con corda), vie strapiombanti e lisce
Vibram XS Edge	84	Gomma più dura e duratura. Massima resistenza alla deformazione per mantenere il supporto su appoggi minuscoli	Edging (appoggio di taglio), vie lunghe tecniche, micro-tacche.
Stealth C4	79	Gomma versatile, estremamente adesiva, con buon equilibrio tra smearing (spalmare) e edging	Uso a 360°, falesia, boulder e palestra
Stealth Mi6	60	Estremamente morbida e sensibile, la più morbida delle mescole Stealth. ¹¹	Performance estrema, bouldering tecnico, agganci, e su volumi artificiali. ¹²

Tabella 5

Innovazioni di Design Correlate alla Gomma

- **Mezza Suola:** Mezza Suola: L'introduzione di mescole più morbide ha favorito la mezza suola (suola divisa in due parti), che aumenta la flessibilità e la sensibilità del piede, essenziale per i movimenti dinamici e complessi del bouldering e delle pareti strapiombanti (Bächli Bergsport, n.d.; Oliunid, n.d.).
- **No Edge:** L'innovazione No Edge (assenza di spigoli vivi sulla suola) di La Sportiva massimizza la gomma a contatto con la presa per una sensibilità estrema, sfruttando al massimo le proprietà adesive delle mescole Vibram XS Grip (Sherpa3, n.d.; YouTube, n.d.).

Sitografia

Bächli Bergsport. (n.d.). Conoscenze sulle scarpette da arrampicata. <https://www.baechli-bergsport.ch/it/blog/conoscenze-sulle-scarpette-da-arrampicata>

Bouldering Info. (n.d.). History of bouldering: History of climbing shoes. <https://boulderinginfo.online/history-of-bouldering/history-of-climbing-shoes/>

Caisem. (n.d.). Tecno-attrezzopedia. <https://caisem.org/SEZIONE/monografie/Tecno-attrezzopedia.pdf>

Climbing Shoe Review. (n.d.). La Sportiva Miura VS review. <https://www.climbingshoereview.com/la-sportiva-miura-vs-review/>

Gogna, A. (n.d.). Evoluzione delle scarpette e dell'arrampicata. GognaBlog. <https://gognablog.sherpa-gate.com/evoluzione-delle-scarpette-e-dellarrampicata/>

La Betulla Sport. (n.d.). Dettaglio brand Boreal. <https://www.labetullasport.it/dettaglio-brand.asp?ID=41>

La Sportiva. (n.d.). Un segreto industriale. <https://anniversario.lasportiva.com/it/un-segreto-inustriale/>

Mountain Tools. (n.d.). Five Ten resole kits. <https://www.mtnntools.com/cat/rclimb/rshoes/510resolekits.htm>

Oliunid. (n.d.). Le principali mescole delle scarpette da arrampicata messe a confronto. <https://www.oliunid.it/blog/le-principali-mescole-delle-scarpette-da-arrampicata-messe-a-confronto-te-lo-dice-oliunid/>

Oliunid. (n.d.). Scarpette arrampicata mezza suola o suola intera. <https://www.oliunid.it/blog/scarpette-arrampicata-mezza-suola-intera/>

OutdoorInov8. (n.d.). EB Super Gratton history. <http://www.outdoorinov8.com/ebsupergrattonhistory.html>

OutdoorInov8. (n.d.). Five Ten history. <http://www.outdoorinov8.com/fivetenhistory.html>

Reddit. (n.d.). Climbing rubber listed softest to hardest. https://www.reddit.com/r/climbing/comments/1ewjb25/climbing_rubber_listed_softest_to_hardest/?tl=it

Sherpa3. (n.d.). Scarpette da arrampicata: Come scegliere. https://www.sherpa3.com/blog/sport/scarpette_da_arrampicata_come_scegliere

Vintage Climbing. (n.d.). Climbing shoes Super Gratton. <https://vintageclimbing.com/products/climbing-shoes-super-gratton>

Wikipedia. (n.d.). Five Ten Footwear. https://en.wikipedia.org/wiki/Five_Ten_Footwear

YouTube. (n.d.). La Sportiva No-Edge technology video. <https://www.youtube.com/watch?v=UTVxFSLEXml>

Immagini

Figura 1: PlanetMountain. (n.d.). La suola Vibram: Gomma da arrampicata ad alte prestazioni [Immagine]. <https://www.planetmountain.com/it/notizie/interviste/la-suola-vibram-gomma-da-arrampicata-ad-alte-prestazioni.html> **Pag:48-49**

ACTION DIRECTEE CUMAFACORY

7

L'Evoluzione della calzatura tecnica: domanda di performance, durabilità e ciclo di vita

Il mercato globale degli sport di montagna e dell'arrampicata, in particolare le discipline in forte crescita come il bouldering e il lead climbing, impone requisiti estremi sulle calzature tecniche specialistiche. A causa della natura altamente abrasiva delle superfici d'appoggio, sia su roccia naturale che su prese artificiali, queste scarpette d'arrampicata hanno un ciclo di vita limitato, rendendo l'usura un fattore rapido e costante. Il requisito tecnico più critico per una gomma da arrampicata è l'aderenza (grip). Questa capacità è ottenuta attraverso la deformazione della suola, che le permette di replicare le micro-rugosità della superficie e creare un giunto per l'applicazione della forza senza scivolamenti. In questo contesto, la risuolatura di precisione si è evoluta da una mera necessità economica per estendere la vita della scarpa in un'opportunità di personalizzazione e potenziale upgrade della performance. Il servizio di rigenerazione non è percepito come un semplice risparmio, ma come una misura essenziale per la performance e la sicurezza, poiché la scelta della mescola può alterare sensibilmente la sensibilità, il supporto e la durata della calzatura stessa. Questa dinamica trasforma la riparazione in una scelta tecnica altamente consapevole e specializzata, che richiede know-how superiori rispetto alla calzoleria tradizionale (Action Directe, n.d.).

Contesto di mercato e fondamentali strategici

Il posizionamento geografico: Torino come baricentro logistico per il mercato alpino

La scelta strategica di stabilire la sede operativa a Torino, fin dalla costituzione operativa nel 2018, è fondamentale per Action Directe. La città funge da baricentro logistico per l'accesso alle Alpi Occidentali, collocando la cooperativa nel cuore della massima densità di utenti professionisti e amatoriali in Italia. L'ubicazione specifica in **Via Valprato 68, all'interno dell'area Docks Dora**, è altamente funzionale. Questa posizione, con connotazioni logistiche e industriali, fornisce gli spazi ampi e i costi operativi inferiori necessari per ospitare macchinari complessi e gestire l'ingente movimentazione di spedizioni in entrata e uscita. Il posizionamento ottimizza la capacità di intercettare il flusso di lavoro qualificato del Nord-Ovest, pur gestendo in modo efficiente un modello operativo primariamente basato sulle spedizioni nazionali, che riduce i costi di "frizione" per la clientela remota (Action Directe, n.d.).

La nascita e l'identità aziendale

Action Directe nasce nel 2018 dall'iniziativa di tre scalatori esperti con l'obiettivo specifico di creare a Torino il primo laboratorio interamente dedicato alla rigenerazione di alta qualità di calzature outdoor (Action Directe, n.d.). L'origine "dal campo" è una garanzia immediata di competenza, poiché i fondatori comprendono intrinsecamente i requisiti cri-

tici di aderenza, tensionamento e durabilità richiesti dagli utenti finali. La denominazione stessa, **"Action Directe"**, è un riferimento culturale studiato. Richiama una via di arrampicata sportiva di fama mondiale e di eccezionale difficoltà (storicamente 9a). Questo nome evoca precisione assoluta, massimo impegno tecnico e competenza senza compromessi, segnalando implicitamente che l'azienda si impegna a fornire un servizio di riparazione posizionato al massimo livello tecnico possibile. La missione aziendale è profondamente legata ai valori di responsabilità ambientale. La filosofia **"Repair, Recover and Reuse"** e il principio guida "Non gettare ciò che puoi recuperare" allineano la cooperativa al crescente movimento dell'economia circolare. L'attenzione alla sostenibilità non è un semplice strumento di marketing, ma la spina dorsale del modello di business, elevando il servizio a un atto di gestione responsabile delle risorse e rafforzando la fedeltà dei consumatori sensibili all'impatto ecologico.

L'Architettura duale: Action Directe (service provider) e GUMA Factory (technology developer)

Il modello di business si basa su un'architettura duale altamente integrata. **Action Directe** opera come fornitore di servizi di riparazione, offrendo consulenza specifica e tempi di restituzione rapidi. **GUMA Factory** è l'entità tecnologica interna, responsabile dello sviluppo e della commercializzazio-

Modello operativo integrato e assetto aziendale

ne delle mescole proprietarie di gomma da arrampicata. La relazione tra le due entità è sinergica: Action Directe funge da laboratorio di prova continuo per i composti GUMA. Questa integrazione garantisce che qualsiasi innovazione introdotta nel materiale GUMA venga immediatamente validata sul campo e nella pratica artigianale prima di essere offerta al mercato. L'ottenimento di dati di performance in tempo reale da Action Directe alimenta direttamente il ciclo di sviluppo di GUMA, consentendo un affinamento iterativo delle mescole che i produttori di gomma pura non possono replicare, trasformando il laboratorio di servizio in un asset cruciale di ricerca e sviluppo (Action Directe, n.d.).

La Scelta della società cooperativa

Action Directe è stata formalizzata come Società Cooperativa, con iscrizione al Registro delle Imprese il 19 febbraio 2020, sebbene la sua costituzione operativa risalgia al 2018. La scelta della forma cooperativa è strategica. Questo assetto favorisce la stabilità della forza lavoro e la ritenzione del prezioso know-how tecnico, essenziale per un'attività ultra-specializzata. Tale stabilità strutturale è un fattore di assicurazione per i clienti che affidano le loro attrezzature costose (Company Reports, n.d.).

Analisi economica e dati finanziari

I dati camerali disponibili attestano la viabilità economica dell'im-

presa. Action Directe Società Cooperativa è identificata con Partita IVA 12267070014 e registrata presso il REA di Torino con il numero TO 1277157 (Action Directe, n.d.). L'attività è classificata secondo il codice ATECO 95.23 **("Riparazione di calzature e articoli da viaggio")**. L'azienda ha realizzato un fatturato di € 160.883,00 nel 2023. Con una forza lavoro stimata in **5 dipendenti nel 2025**, l'impresa opera con una struttura lean e un'alta efficienza per addetto. Il fatturato in relazione al numero di dipendenti suggerisce la capacità di generare un elevato valore aggiunto per servizio, compensando i costi superiori derivanti dall'acquisto di materiali specifici e dall'impiego di manodopera altamente qualificata (Company Reports, n.d.).

Riconoscimento istituzionale e sostegno all'innovazione

Action Directe ha ricevuto contributi pubblici, specificamente per il sostegno a progetti di ripartenza e nuove tecnologie. L'ottenimento di finanziamenti per l'innovazione tecnologica indica una strategia mirata al miglioramento del processo produttivo. Nel contesto della risuolatura artigianale, questo si traduce in investimenti in macchinari avanzati, come presse o polimerizzatori UV, che sono cruciali per garantire un risultato tecnico più uniforme e di qualità superiore rispetto ai metodi tradizionali, rafforzando così il vantaggio competitivo (Action Directe, n.d.).

GUMA Factory: innovazione materiale e differenziazione tecnica

I fondamenti chimico-fisici del grip e la competizione globale

La miscela di gomma è l'elemento cruciale della calzatura tecnica. La sua chimica è basata sulla ricerca di un equilibrio delicato: le mescole devono possedere una notevole capacità di aderenza (ottenuta attraverso la morbidezza e la deformazione), ma una morbidezza eccessiva ne accelera l'usura (Action Directe, n.d.). L'industria utilizza elastomeri complessi, spesso derivati dall'industria degli pneumatici, a base di materiali come SBR, NR, PBR o butile. In questo settore, Vibram detiene una posizione dominante con mescole come **XS Grip** e **XS Grip 2**, spesso protette da accordi di esclusività con i produttori di scarpe come Scarpa e La Sportiva.

Questo scenario competitivo ha reso strategicamente indispensabile per GUMA sviluppare una propria gamma proprietaria di mescole, capace di offrire **prestazioni equivalenti o superiori** e una gamma di opzioni non vincolate da accordi esterni, posizionandosi come alternativa tecnica qualificata.

Le cinque mescole strategiche proprietarie

L'approccio di GUMA si distingue per l'offerta di un'architettura di Structural cinque mescole calibrate per bilanciare aderenza e durabilità. Questa offerta permette al risuolatore e al cliente finale di customizzare la calzatura, scegliendo la suola ottimale in base allo specifico stile di arrampicata richiesto (ad esempio, alta sensibilità per il bouldering veloce o massimo supporto per le vie lunghe). Questa differenziazione trasforma il servizio di risuolatura da una semplice sostituzione a un'opportunità di ottimizzazione tecnica, fornendo un chiaro vantaggio competitivo nell'adattamento della scarpa alle esigenze specifiche dell'arrampicatore (GUMA Factory, n.d.).

Analisi tecnica dettagliata

Mescola GUMA	Composizione/rigidità	spessore (mm)	Caratteristiche principali	Uso raccomandato/specialità
Indoor Race	Estremamente Morbido, Alto Grip	3,5	Massimo grip, creato per aderenza su superfici lisce.	Bouldering Indoor, Velocità, Smears.
Elite	Semi-Morbido	4	Grip eccezionale in tutte le condizioni; massimizza la precisione sul supporto.	Bouldering e Lead (Indoor/Outdoor).
Endurance	Semi-Rigido	4	Offre massimo supporto sui supporti più piccoli; buon equilibrio grip/usura.	Condizioni di "edging" (spigolatura), Vie Lunghe (Multipitch).
Eco	Fino al 30% Gomma Riciclata	4	Versatilità, buon compromesso tra grip e durabilità in tutte le condizioni.	Tutti gli usi, Bouldering e Lead (Indoor/Outdoor).
Indoor Rental	Compresso per Durabilità	4	Gomma "No-mark" (non lascia segni), compromesso rigidità/durabilità.	Scarpe da Noleggio Indoor (B2B).

Tabella 6

Dettaglio funzionale

Le mescole GUMA sono calibrate per offrire prestazioni specifiche. La mescola Indoor Race, ad esempio, è notevolmente più sottile (3.5 mm) rispetto allo standard di 4 mm. Questo spessore ridotto massimizza la sensibilità e permette una maggiore deformazione del materiale, un fattore cruciale per il massimo smearing su superfici lisce tipico del bouldering o delle competizioni di velocità.

Al contrario, la mescola Endurance è formulata per essere semi-rigida, focalizzata sull'offerta di supporto massimo sui piccoli appoggi (edging). La sua enfasi sulla resistenza all'usura la rende la scelta preferenziale per le vie lunghe (multipitch). La mescola Elite è pensata per l'arrampicatore che cerca un equilibrio ottimale, massimizzando la precisione in tutte le condizioni (GUMA Factory, n.d.).

Il modello di economia circolare e la mescola eco

GUMA ha dimostrato leadership nell'applicazione dei principi dell'economia circolare con l'introduzione della mescola Eco. Questo composto è innovativo in quanto incorpora fino al 30% di gomma riciclata, derivata direttamente dagli scarti di lavorazione interni generati dalla risuolatura delle scarpette d'arrampicata.

Sviluppare un composto riciclato che mantenga gli elevati standard di performance richiesti dall'arrampicata è

un notevole avanzamento tecnico. L'integrazione degli scarti di lavorazione come input per un nuovo prodotto di alto valore etico e commerciale chiude efficacemente il ciclo di produzione interno. Questo posizionamento è una mossa strategica che anticipa le crescenti richieste di sostenibilità del mercato, fornendo un differenziatore deontologico che rafforza l'immagine complessiva dell'azienda (GUMA Factory, n.d.).

Lo status di risuolatore ufficiale come barriera competitiva

Un elemento di validazione tecnica fondamentale per Action Directe è il suo status di risuolatore ufficiale riconosciuto da leader di mercato come **VIBRAM, SCARPA e LA SPORTIVA**. Action Directe è specificatamente elencata come servizio accreditato da La Sportiva.

Questo riconoscimento è mantenuto attraverso la partecipazione costante ai **corsi di formazione** offerti dai brand, assicurando che le procedure di riparazione e rigenerazione, compreso l'uso di forme e materiali ufficiali, siano conformi agli standard richiesti dai produttori. La capacità di aderire a protocolli rigorosi, come il "metodo La Sportiva" o il "metodo Scarpa", costituisce una significativa barriera all'ingresso per la concorrenza, assicurando i consumatori sulla qualità e preservando la performance originale della scarpa (Action Directe, n.d.).

Action Directe: esecuzione operativa e standard qualitativi

Espansione multisport: diversificazione del servizio

Benché l'arrampicata e l'alpinismo rappresentino il core business, l'offerta di servizi è stata strategicamente ampliata per includere Trekking, Running, calzature City e Sport su due ruote.

Questa diversificazione è un meccanismo efficace per mitigare la stagionalità intrinseca della domanda nell'arrampicata. Estendendo l'attività alla sostituzione di suole tecniche per l'escursionismo o la corsa, Action Directe può mantenere un flusso di lavoro più costante durante l'anno, massimizzando l'utilizzo della manodopera specializzata e delle costose attrezzature del laboratorio (Action Directe, n.d.).

Servizi di risuolatura, specializzazione e prezzi

Categoria di calzatura	Tipo di servizio primario	Esempi di specificità tecnica / costi	Base di prezzo
Arrampicata	Risuolatura Tecnica e Randing	Riparazione Puntale (€12/paio); Ricambi originali (Arpia, Mago)	€37.00 - €45.00
Alpinismo	Risuolatura per Escursioni e Alta Quota	Focus su durabilità, tenuta e rigidità strutturale.	Risuolatura generica (€37.00 -€ 42.00)
Trekking / Escursionismo	Rigenerazione Suole	Manutenzione di suole tassellate per trazione ottimale.	Risuolatura generica (€37.00 -€ 42.00)
Running, City, Bike	Riparazione/Manutenzione Suole	Sfruttamento della tecnologia di incollaggio per mescole variegiate.	Risuolatura generica (€37.00 -€ 42.00)

Tabella 7

Analisi logistica e modello operativo

La sede di Action Directe in Via Valprato 68, Docks Dora, a Torino, è stata scelta per ottimizzare la logistica delle spedizioni, supportando un modello operativo che serve primariamente un mercato nazionale. Il modello operativo è chiaramente laboratorio-centrico e non retail-centrico. Il laboratorio è aperto al pubblico solo Lunedì, Giovedì e Venerdì, con orari spezzati. Al contrario, Martedì e Mercoledì sono dedicati alla produzione intensiva e ininterrotta. Questo schema operativo è essenziale per massimizzare il throughput del laboratorio e ottimizzare l'uso continuo dei macchinari e della manodopera qualificata, elementi cruciali per la gestione efficiente di un mercato di spedizione a livello nazionale (Action Directe, n.d.).

Rete di collaborazione e riconoscimento comunitario

Action Directe ha costruito una solida rete di collaborazioni con le principali palestre di arrampicata nell'area di Torino, tra cui **B-side Climbing School, Boulderbar, Escape Climbing Garden, La Mole Sport Academy e Sasp Torino**. Questo network locale funge da canale di marketing diretto e, cosa più importante, costituisce un ecosistema di feedback intensivo e continuo, permettendo di affinare costantemente l'innovazione sui materiali GUMA in base alle esigenze reali degli scalatori più attivi.

Logistica, flussi di lavoro e rete commerciale

Strategie di scalabilità e prospettive di crescita

L'integrazione nella comunità alpina è formalizzata attraverso convenzioni con il Club Alpino Italiano (CAI), comprese le sezioni CAI Torino e CAI UGET (Action Directe, n.d.). Queste relazioni istituzionali garantiscono un canale di fiducia e marketing verso la base di **soci del CAI**, un gruppo che rappresenta il cliente ideale e disposto a investire nella qualità della manutenzione delle proprie attrezzature (CAI UGET, n.d.).

La Guma Factory resoling academy: strategia B2B per la diffusione del Know-How

Il pilastro strategico per la crescita e la standardizzazione del mercato è rappresentato dalla **Guma Factory Resoling Academy**. L'Academy offre corsi completi per formare nuovi professionisti della risuolatura, enfatizzando la precisione e la sostenibilità attraverso il "Metodo GUMA". Questa iniziativa didattica posiziona GUMA Factory non solo come produttore di materiali, ma come leader e standard di riferimento tecnico per il mestiere della risuolatura. Formando nuovi artigiani, l'Academy crea attivamente una rete potenziale di professionisti esterni che saranno incentivati ad acquistare e utilizzare le mescole GUMA proprietarie per le loro attività future.

***Il canale B2B Commerciale:
L'offerta indoor rental
per le palestre***

Oltre al servizio B²C di risuolatura individuale, GUMA ha diversificato i flussi di reddito attraverso un'offerta B²B mirata. La miscela Indoor Rental è stata specificamente creata per soddisfare le esigenze delle palestre di arrampicata. Questo prodotto è ottimizzato per la durabilità ed è caratterizzato come gomma "no-mark" (che non lascia segni), essenziale per l'uso intensivo su pareti artificiali indoor. Questa strategia assicura a GUMA una fonte di reddito commerciale stabile e meno suscettibile alla stagionalità rispetto ai servizi di risuolatura personale, stabilizzando la domanda per le lastre di gomma GUMA nel segmento istituzionale del mercato (GUMA Factory, n.d.).

Sitografia

Action Directe. (n.d.). Action Directe Home. <https://actiondirecte.it/>

Company Reports. (n.d.). Action Directe Società Cooperativa (12267070014). <https://www.companyreports.it/action-directe-societa-cooperativa-12267070014>

CAI UGET. (n.d.). Action Directe e con i CAI torinesi. <https://www.caiuget.it/cai/action-directe-e-con-i-cai-torinesi/>

GUMA Factory. (n.d.). GUMA Factory High Performance Rubber. <https://guma-factory.com/>

Immagini

Figura 1: Sherpa Gate. (n.d.). Wolfgang Güllich: Grandi storie di arrampicata [Immagine]. <https://www.sherpa-gate.com/grandi-storie/wolfgang-gullich/> **Pag:56-57**

ANALISI

2



IMPATTO RISUOLATIVA SCARPETTE

21

La fase di estrazione e lavorazione delle materie prime è uno degli stadi con il maggiore impatto nel ciclo di vita di una calzatura da arrampicata. La composizione di base di una scarpa include una tomaia fibrosa, un'intersuola e una suola in gomma (Outside Online, 2023). Tradizionalmente, questi componenti sono derivati da materiali ad alta intensità di carbonio e risorse.

L'impronta di carbonio e idrica dei materiali principali materiali convenzionali

La pelle, utilizzata per le tomaie (Bergzeit, n.d.; Decathlon, n.d.), ha un'impronta ecologica notevole. La sua produzione contribuisce alla deforestazione, causata dall'espansione dei pascoli per il bestiame (VeganShoes, 2024), e all'inquinamento idrico e atmosferico a causa dei processi di concia. Un singolo chilogrammo di manzo, un sottoprodotto dell'industria della pelle, richiede circa 15.000 litri di acqua. Si stima inoltre che la produzione di un metro quadrato di pelle convenzionale possa emettere circa 61 kg di CO₂ (Moea, n.d.). Anche i tessuti sintetici, come il nylon (un tipo di poliammide), hanno un impatto significativo. Il nylon ha un impatto maggiore in termini di cambiamenti climatici e consumo di combustibili fossili rispetto al cotone per chilogrammo di tessuto tinto (MDPI, 2021; Regioni e Ambiente, n.d.).

Alternative Sostenibili: Le innovazioni nel settore dei materiali stanno offrendo alternative per ridurre

Materie prime: l'impatto ambientale fondamentale

l'impatto. L'uso di materiali riciclati e bio-based è in aumento (Climblog, n.d.; Outside Online, 2023; Rock Spot Climbing, 2025). Ad esempio, la produzione di biomateriali a base vegetale può emettere il 95% in meno di CO₂ rispetto alla pelle convenzionale, con un'impronta di 2,93 kg di CO₂ per metro quadrato. La Sportiva, ad esempio, utilizza pelle conciata senza metalli, che è biodegradabile. Inoltre, la suola FriXion® Eco di La Sportiva è realizzata riciclando il 99% degli scarti di gomma della produzione. L'adozione di adesivi a base d'acqua elimina l'uso di sostanze inquinanti (La Sportiva, n.d.; WeighMyRack, n.d.).

Discrepanza nei dati e approccio circolare

Si riscontra una notevole variabilità nei dati relativi all'impronta di carbonio delle calzature. Alcuni studi stimano che una scarpa da corsa possa produrre 14 kg di CO₂ (Outside Online, 2023), mentre l'impronta di carbonio totale per un paio di scarpe è stata stimata in media di 6.7 kg CO₂ e (TexFash, n.d.). Un paio di sneakers a basso impatto ha emesso 6.4 kg CO₂, che è il 79% in meno rispetto alle sneakers in pelle (30.1 kg CO₂) (Moea, n.d.). Tale disomogeneità riflette anche la mancanza di una metodologia LCA standardizzata e universalmente accettata nel settore. Sebbene l'adozione di materiali riciclati e bio-based sia un passo positivo, il loro pieno potenziale è limitato dalla mancanza di programmi di fine

vita. La complessità delle calzature, composte da più materiali assemblati, rende difficile il disassemblaggio e il riciclo completo al termine della loro vita utile (Outside Online, 2023; TexFash, n.d.).

Materiale	Fonte di carbonio	Emissioni di CO2e (kg CO2e/m²)	Consumo Energetico (MJ/m²)	Impatto Ambientale Principale
Pelle (Convenzionale)	Allevamento, processo di concia	~61 kg	~288 MJ	Deforestazione, inquinamento idrico/aereo, emissioni di GHG
Biomateriali	Base vegetale, fermentazione	~2.93 kg	~43.2 MJ	Minore uso di GHG ed energia
Nylon	Produzione a base di petrolio	~20 kg	~125 MJ	Emissioni di GHG, esaurimento di combustibili fossili
Scarpa Allenamento Media	Manifattura, materiali	10-25 kg	/	Produzione e uso di materiali sintetici

Tabella 8

Fase d'uso Mentre la discussione sulla sostenibilità delle calzature si è tradizionalmente concentrata sulla produzione, una ricerca recente ha rivelato un problema critico e precedentemente sottovalutato nella fase d'uso . L'abrasione delle suole in gomma delle scarpette da arrampicata all'interno delle palestre rilascia composti chimici potenzialmente dannosi nell'aria .

La scienza dell'abrasione delle suole

Le suole delle scarpette da arrampicata, proprio come gli pneumatici delle automobili, sono prodotti ad alte prestazioni che richiedono additivi chimici per migliorare la resistenza, la durata e il grip (EcoWatch, 2025; MyScience, 2025; PubMed, n.d.; SciTechDaily, 2025). Uno studio condotto da scienziati dell'Università di Vienna e dell'EPFL Losanna ha testato la gomma di 30 paia di scarpette da arrampicata e ha scoperto che contengono 15 degli stessi additivi presenti negli pneumatici.

Implicazioni per la salute e l'ambiente

La notevole usura delle suole delle scarpette da arrampicata a contatto con le prese e le strutture murarie (inevitabile per la funzionalità) rilascia costantemente particelle microscopiche nell'aria. Uno studio congiunto condotto da ricercatori dell'**Università di Vienna** (Anya Sherman, Thilo Hofmann) e dell'EPFL di Losanna (Thibault Masset) ha confermato per la prima volta che queste particelle fini contengono sostanze chimiche potenzialmente nocive. Le misurazioni, effettuate tramite strumenti specifici come l'impinger che imita il tratto respiratorio umano, hanno rivelato che l'aria nelle palestre di bouldering è satura di microparticelle di gomma. Le particelle sono di dimensioni tali da poter penetrare in profondità nelle vie respiratorie, raggiungendo i polmoni. Ciò che è particolarmente allarmante è che in alcune aree delle palestre, la concentrazione di queste sostanze chimiche derivate dalla gomma è risultata in alcuni casi addirittura più elevata rispetto agli incroci stradali trafficati, dove si misurano i contaminanti generati dall'usura degli pneumatici. Tra i composti specifici identificati vi è il **6PPD**, uno stabilizzatore della gomma (EcoWatch, 2025; SciTechDaily, 2025), e il suo prodotto di trasformazione, il **6PPD-chinone**. Il 6PPD-chinone è noto per essere letale per il salmone coho nei fiumi e ha mostrato potenziale tossicità per le cellule polmonari umane (PubMed Central,

2024), neurotossicità persistente, danni al fegato e problemi riproduttivi. Altri composti derivati dalla gomma (RDCs) trovati includono anilina, DPG, IPPD e BTZ. I ricercatori sottolineano che "queste sostanze non dovrebbero trovarsi nell'aria che respiriamo" (MyScience, 2025; SciTechDaily, 2025).

Si ritiene che gli scalatori e i dipendenti delle palestre possano inalare e ingerire queste sostanze.

Composti derivati dalla gomma (RDCs) rilevati e loro impatto

Composto (RDC)	Funzione primaria	Rilevazione in palestra	Impatto noto (salute/ambiente)
6PPD	Stabilizzatore della gomma	Sì (nelle suole, polvere, aerosol)	Potenziale tossicità per la riproduzione/sviluppo umano e danni al fegato
6PPD-chinone	Prodotto di trasformazione del 6PPD	Sì (aerosol, polvere)	Letale per il salmone coho ; Neurotossicità persistente ; Danni al fegato e riproduttivi
BTZ, DPG, Anilina	Additivi/Prodotti di trasformazione	Sì (aerosol, polvere)	Rilevati in concentrazioni elevate (comparabili a strade trafficate) ; Potenziale di esposizione per inalazione/ ingestione

Tabella 9

Analisi dei Flussi e Cicli d'Uso

Lo schema quantitativo soprastante, estratto dal Report di Sostenibilità di La Sportiva 2025, mappa l'intero ecosistema industriale e l'analisi del ciclo di vita del prodotto, evidenziando i flussi di input, le fasi di fabbricazione (dal taglio alla cardatura) e i volumi finali di scarto. La sezione inferiore del diagramma stabilisce una giustificazione empirica cruciale per l'adozione della risuolatura attraverso un bilancio comparativo basato su una frequenza d'uso standard di 3 sessioni settimanali. Nel primo scenario ("vito senza risuolatura"), la scarpetta esaurisce la sua utilità dopo soli 6 mesi (pari a 78 utilizzi), generando la necessità di smaltire e riacquistare ben 4 paia di calzature in un arco temporale di un anno e mezzo. Nel secondo scenario ("vito con 3 risuolature"), l'intervento ciclico del risuolatore estende la vita dello stesso paio fino a 18 mesi (pari a 312 utilizzi complessivi). Questo modello circolare giustifica scientificamente il ricorso alla rigenerazione: l'impatto ambientale di una risuolatura equivale ad appena il 5-10% rispetto a quello di una produzione ex-novo, convalidando la drastica riduzione delle emissioni complessive e dei rifiuti solidi di gomma e pelle immessi nel sistema.

QR code per tavola online



Fase in azienda



La gestione del fine vita di una scarpetta da arrampicata presenta una delle maggiori opportunità per mitigare il suo impatto ambientale. La risuolatura è una pratica che prolunga significativamente la vita del prodotto (PMC, n.d.; Butora USA, n.d.).

Il potere della longevità e del risparmio

Allungare la vita di un prodotto è un modo fondamentale per prendersi cura dell'ambiente (Scarpa, n.d.). La risuolatura consente di sostituire solo la parte usurata della scarpetta la suola in gomma mantenendo intatto il resto del prodotto (Butora USA, n.d.). La Sportiva sostiene che la risuolatura delle scarpette consente di risparmiare il 90% delle emissioni di CO₂ rispetto alla produzione di un nuovo paio (Sport Conrad, n.d.). Inoltre, i costi di risuolatura sono significativamente inferiori, con un risparmio stimato fino all'80% rispetto all'acquisto di nuove scarpette. Per ottenere i migliori risultati, è fondamentale risuolare le scarpe prima che l'usura raggiunga il "rand" (lo strato di gomma sottostante la suola). Se il rand è danneggiato, la riparazione diventa più complessa, costosa e può alterare la forma della punta (Butora USA, n.d.; NuShoe, n.d.). Marchi come La Sportiva (Washington State Department of Health, n.d.; La Sportiva, n.d.) e SCARPA (Scarpa, n.d.) supportano reti di risuolatori autorizzati che utilizzano pezzi di ricambio originali, come le mescole Vibram XS Grip2 o XS Edge.

Fine vita: il potenziale inesplorato della risuolatura

Processo di risuolatura di scarpette d'arrampicata



Fase di ricezione e valutazione preliminare

La risuolatura di una scarpetta d'arrampicata è un processo di manutenzione tecnica e articolato che comprende molteplici fasi di lavorazione specializzata. Inizialmente, la calzatura viene ricevuta presso il laboratorio di riparazione, dove il tecnico specializzato procede con una valutazione diagnostica approfondita dell'usura e dei danni presenti sulla suola e sulle componenti strutturali della scarpa. In questa fase, si determina insieme al cliente la tipologia di suola più idonea da applicare, considerando sia le preferenze personali che le raccomandazioni tecniche dello staff qualificato. L'analisi dei danni consente di stabilire il protocollo operativo più adeguato per ripristinare le prestazioni funzionali della calzatura.

Fase di organizzazione e preparazione operativa

Successivamente, gli operatori procedono con la catalogazione sistematica e l'assegnazione della suola destinata a ciascun paio, con conseguente organizzazione su appositi carrelli per lo stoccaggio ordinato. Questa fase logistica risulta fondamentale per garantire l'efficienza del flusso di lavoro nei passaggi successivi.

Fase di preparazione della calzatura

Prima dell'avvio del processo di risuolatura vero e proprio, vengono inserite all'interno della scarpetta delle forme plastiche di opportune dimensioni ergonomiche. Tali forme hanno la funzione di mantenere la geometria e la morfologia della scarpa durante le operazioni di lavorazione, prevenendo deformazioni e restringimenti indesiderati che potrebbero compromettere l'usabilità futura della calzatura.

Fase di rimozione della suola usurata

La rimozione della suola precedente rappresenta un momento critico del processo. Mediante l'applicazione di lampade riscaldanti e pistole termiche, si procede al riscaldamento controllato della colla termosensibile che salda la suola alla tomaia, ammorbidendola progressivamente. Successivamente, si effettua il distacco graduale della suola mediante l'utilizzo di pinze. In seguito, si procede alla smerigliatura della superficie residua attraverso l'impiego di spazzole metalliche e sintetiche abrasive, allo scopo di rimuovere completamente i frammenti di gomma residui. Durante questa operazione, è essenziale esercitare estrema cautela nel non asportare materiale dalla gomma della tomaia e dal rand (rivestimento laterale), poiché tale danneggiamento comporterebbe il compromesso strutturale della calzatura e la riduzione della sua durabilità funzionale.



Fase di preparazione della nuova suola

La nuova suola viene preventivamente trattata mediante una lieve smerigliatura della superficie di contatto, operazione volta ad aumentare la rugosità e di conseguenza la presa adesiva con il collante bicomponente. La smerigliatura controllata dei bordi laterali della suola garantisce inoltre che i nuovi componenti possano aderire e combaciarsi perfettamente con l'ergonomia specifica di ciascuna scarpetta.

Fase di incollaggio e unione

Il processo di incollaggio costituisce una delle fasi più delicate. Viene preparata una colla bicomponente a cui viene aggiunto un attivatore catalitico (in percentuale approssimativa del 3%), il quale innesca il processo di polimerizzazione. Una volta attivata, la miscela adesiva presenta una finestra di operabilità di circa 40 minuti prima di raggiungere una viscosità eccessiva che ne compromette l'applicabilità. L'operatore procede quindi all'applicazione uniforme della colla tanto sulla suola quanto sulla superficie della tomaia. Dopo un intervallo di attesa di 5 minuti, necessario per permettere l'evaporazione parziale dei solventi, la suola viene posizionata sulla scarpetta e pressata manualmente dapprima, quindi mediante l'utilizzo di apposite presse idrauliche specializzate per calzature. Questo procedimento garantisce l'adesione omogenea e la formazione di un vincolo permanente tra la nuova suola e la calzatura.



Fase di finitura e rifinitura dei bordi
Ultimata la fase di incollaggio e dopo il necessario tempo di assestamento dell'adesivo, si procede alla smerigliatura dei bordi periferici della gomma della nuova suola, operazione volta a far coincidere esattamente il profilo della suola con quello della tomaia. Questa rifinitura consente di ripristinare l'aderenza e la sensibilità tattile della calzatura a livelli paragonabili a quelli di una scarpetta di nuova fabbricazione, garantendo così il completo ripristino delle prestazioni originali.

Fase di cucitura e ultimi micro-incollaggi
Come ultima fase di lavorazione si attuano i micro-incollaggi per piccoli difetti ancora presenti sulla scarpetta e successivamente si compiono le eventuali riparazioni di ricucitura. Successivamente a questi ultimi "ritocchi" la scarpetta è pronta per essere consegnata al cliente.

Vantaggi economici e ambientali a confronto

La risuolatura non è solo una soluzione di fine vita, ma una parte di un ciclo di design più ampio. La durabilità è intrinsecamente legata alla sostenibilità (Sport Conrad, n.d.).

Metrica	Risuolatura	Nuovo acquisto
Costo (risparmio)	Fino all'80% più economico del nuovo acquisto	Prezzo al dettaglio intero
Risparmio di CO2	Fino al 90% di riduzione delle emissioni	Impronta di produzione completa
Longevità del prodotto	Prolunga la vita, possibile risuolare 1-3 volte o più	Ciclo di vita singolo
Beneficio sociale	Mantiene la calzata personalizzata e riduce i rifiuti	nessuno

Tabella 10

Le aziende leader nel settore stanno rispondendo alle sfide LCA con l'introduzione di materiali riciclati e processi a basso impatto, sebbene la dipendenza da materiali sintetici e fossili rimanga una sfida.

La Sportiva:

L'azienda italiana ha mostrato un impegno crescente, diventando membro dell'organizzazione no-profit "1% For the Planet" (Outdoortest, n.d.), destinando almeno l'1% del fatturato annuale a progetti ambientali (Outdoortest, n.d.). La Sportiva pubblica volontariamente un bilancio di sostenibilità (La Sportiva, n.d.) e utilizza il 100% di elettricità da fonti rinnovabili (energia eolica) per la produzione in Nord America (The Commons Earth, n.d.). Modelli come la Mythos Eco e la Cobra Eco utilizzano (WeighMyRack, n.d.; La Sportiva, n.d.):

- Gomma FriXion® Eco (fino al 99% di scarti di gomma riciclati dalla produzione) (La Sportiva, n.d.).
- Lacci riciclati al 100% (La Sportiva, n.d.).
- Pelle conciata senza metalli.
- Adesivi a base d'acqua.

SCARPA:

L'azienda promuove il concetto di Long-Life Design, sottolineando l'importanza della durabilità e della riparabilità. L'azienda ha investito nell'utilizzo del 100% di energia elettrica da fonti rinnovabili in Italia. Per l'abbigliamento e le calzature lifestyle, SCARPA ha introdotto la linea Mojito Bio,

Tendenze di sostenibilità aziendale e materiali

che utilizza materiali biodegradabili e adesivi a base d'acqua non inquinanti (Scarpa, n.d.; Runner's World, n.d.).

Five Ten / adidas:

Il gruppo adidas, che include Five Ten, si concentra sulla riduzione dell'impronta di carbonio. La sneaker da performance FUTURECRAFT. FOOTPRINT (in collaborazione con Allbirds) ha raggiunto un'impronta di 2.94 kg CO² per paio, il valore più basso mai creato dall'azienda per le scarpe da corsa (Adidas, n.d.). Questo risultato è stato raggiunto con la sostituzione del poliestere vergine con poliestere riciclato (Adidas, n.d.).

Sitografia

Adidas. (n.d.). Adidas FUTURECRAFT.FOOTPRINT carbon calculation and performance recycling. <https://www.adidas.com/us/go/campaign/impact/planet>

Bergzeit. (n.d.). Guida alle misure per scarpette da arrampicata. <https://www.bergzeit.it/magazine/misura-scarpette-da-arrampicata/>

Butora USA. (n.d.). Should I resole my climbing shoes? Beta and tips. <https://butorausa.com/blogs/beta-blog/should-i-resole-my-climbing-shoes>

Climblog. (n.d.). Know your climbing rubber: Vibram vs Stealth. <https://climblog.weebly.com/blog/lynn-know-your-rubber-vibram-vs-stealth>

Decathlon. (n.d.). Scarpetta e attrezzatura sportiva per arrampicata. <https://www.decathlon.it/tutti-gli-sport/arrampicata/scarpetta>

EcoWatch. (n.d.). Climbing shoes and toxic chemical indoor air pollution. <https://www.ecowatch.com/climbing-shoes-chemicals-air-pollution.html>

Il Risuolatore. (n.d.). Risuolatura professionale e rigenerazione. <https://ilrisuolatore.it/arrampicata/>

La Sportiva. (n.d.). Mythos Eco climbing shoes tech specifications. <https://www.lasportiva.com/en/shoes-climbing-mythos-eco-man-zfcs006>

La Sportiva. (n.d.). Trova il risuolatore ufficiale autorizzato. <https://www.lasportiva.com/it/risuolatori>

La Sportiva. (n.d.). La Sportiva Corporate Sustainability Report. https://www.lasportiva.com/media/LaSportiva_sustainability-report_2021-2022.pdf

MDPI. (2021). Life cycle assessment and ecological impact of textile dyeing. Sustainability, 13(2), 707. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/707>

Moea. (n.d.). LCA carbon footprint analysis of leather alternatives. <https://moea.io/pages/lca-carbon-footprint>

MyScience. (2025). Des salles d'escalade saturées de substances toxiques indoor. https://www.myscience.ch/it/news/2025/des_salles_d_escalade_saturees_de_substances_toxiques-2025-epfl

NuShoe. (n.d.). Resole climbing shoes program. <https://nushoe.com/resole-climbing-shoes/>

Outdoortest. (n.d.). La Sportiva goes green: L'adesione a 1% for the planet. <https://ftp.outdoortest.it/la-sportiva-goes-green/>

Outside Online. (n.d.). The environmental impacts of running shoes. <https://run.outsideonline.com/gear/trail-shoes/environmental-impacts-of-running-shoes/?scope=anon>

PMC. (n.d.). Toxicological effects of 6PPD-quinone on lung cells and reproductive systems. National Center for Biotechnology Information. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12070412/>

PubMed. (n.d.). Rubber additives in consumer products and chemical analysis. National Library of Medicine. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40118340/>

Regioni e Ambiente. (n.d.). Impatto ecologico dei tessuti sintetici secondo l'AEA. <https://www.regionieambiente.it/tessuti-briefing-aea/>

Rock Spot Climbing. (2025, Aprile 9). How climbing shoes are made and sustainable trends. <https://rockspotclimbing.com/blog/2025/04/09/how-climbing-shoes-are-made/>

Runner's World. (n.d.). Scarpa Green Manifesto: L'impegno per l'ambiente e la sostenibilità. <https://www.runnersworld.com/it/news/a10187/scarpa-green-manifesto-impegno-ambiente-sostenibilita/>

Scarpa. (n.d.). Scarpa Green Manifesto e sostenibilità calzaturiera. <https://it.scarpa.com/green-manifesto>

Scarpa. (n.d.). Resole Project: Long-Life Design della calzatura. <https://it.scarpa.com/resole-project-long-life-design>

SciTechDaily. (n.d.). Your climbing shoes are emitting toxic chemicals, study warns. <https://scitechdaily.com/your-climbing-shoes-are-emitting-toxic-chemicals-study-warns/>

Texfash. (n.d.). Footwear's carbon footprint and product life cycle assessment. <https://texfash.com/update/footwear-s-carbon-footprint-it-s-time-to-stop-treating-shoes-like-shirts>

The Commons Earth. (n.d.). La Sportiva sustainability rating and green energy analytics. <https://brands.thecommons.earth/brand-rating/46/la-sportiva>

Sitografia

Vegan Shoes. (2024, Febbraio 17). Come nasce una scarpa in pelle: Tutti i retroscena di filiera. <https://www.veganshoes.it/blog/2024/02/17/come-nasce-una-scarpa-in-pelle-tutti-i-retroscena/>

Washington State Department of Health. (n.d.). 6PPD and 6PPD-quinone environmental contaminants factsheet. <https://doh.wa.gov/community-and-environment/contaminants/6ppd-and-6ppd-quinone>

WeighMyRack. (n.d.). Sustainable and eco-friendly rock climbing shoes review. <https://blog.weighmyrack.com/sustainable-eco-friendly-rock-climbing-shoes/>

Immagini

Figura 1 : Jonastone. (n.d.). Conoscenza dei materiali lapidei naturali: Granito e gneiss [Immagine]. <https://www.jonastone.it/magazine/conoscenza-dei-materiali/granito/gneiss/> **Pag:72-73**

CRESITA RICHIESTA SERVIZIO

22



La Federazione Arrampicata Sportiva Italiana (FASI) ha registrato una crescita straordinaria negli ultimi anni, confermando l'arrampicata come uno degli sport in maggiore espansione nel paese (Lo Scarpone - Club Alpino Italiano, 2024; Sherpa Gate, n.d.; Federazione Arrampicata Sportiva Italiana [FASI], 2024).

Dati chiave sulla crescita

I numeri testimoniano un vero e proprio boom dell'arrampicata sportiva:

- **2019:** 40.000 tesserati (Lo Scarpone - Club Alpino Italiano, 2024; FASI, 2024)
- **2023:** 85.000 tesserati (incremento di +112,5% rispetto al 2019) (FASI, 2024)
- **2024:** 97.000 tesserati (incremento di +14,1% rispetto al 2023) (YouTube, n.d.; Elevated Adventurer, 2023)
- **Fine 2024:** previsioni di raggiungere i 100.000 tesserati(FASI, 2024)

Questo trend rappresenta un tasso di crescita annua medio del 19,4% nel periodo **2019-2024**, con proiezioni che indicano potenziali 115.800 tesserati nel 2025 e 138.200 nel 2026 se il trend dovesse mantenersi costante.

Fattori determinanti della crescita

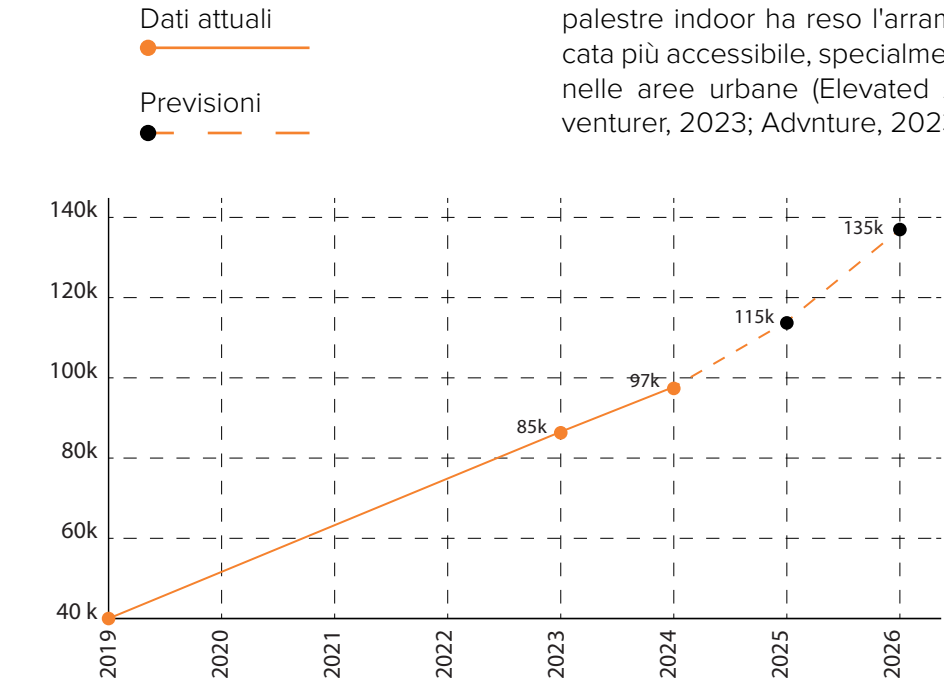
L'esplosione dei tesserati è attribuibile a diversi fattori:

- **Riconoscimento olimpico:** L'inclusione dell'arrampicata nei Giochi

Crescita esponenziale dei tesserati FASI

Olimpici di Tokyo 2020 ha generato un enorme interesse mediatico e pubblico

- **Riconoscimento federale:** Nel 2021 la FASI ha ottenuto il riconoscimento come Federazione Sportiva Nazionale dal CONI, elevando il prestigio della disciplina (Adventure, 2023)
- **Accessibilità:** La diffusione delle palestre indoor ha reso l'arrampicata più accessibile, specialmente nelle aree urbane (Elevated Adventurer, 2023; Adventure, 2023)



Trend di crescita dei tesserati FASI e implicazioni per il mercato delle risuolature

Il Trend di crescita dei tesserati della Federazione Arrampicata Sportiva Italiana (FASI) rivela dinamiche significative che configurano un incremento sostanziale nella domanda di servizi di risuolatura delle scarpette da arrampicata. Questa correlazione presenta implicazioni economiche e ambientali di notevole rilevanza per l'industria specializzata.

Metodologia dell'analisi della domanda

La presente analisi si basa su dati empirici derivanti da fonti ufficiali FASI e studi di settore internazionali. I tesserati FASI nel 2024 hanno raggiunto la cifra di 97.000 unità, rappresentando un incremento del 142,5% rispetto ai 40.000 tesserati del 2019. Questo trend esponenziale configura una crescita annua composta (CAGR) del 19,4% (Lo Scarpone - Club Alpino Italiano, 2024; Sherpa Gate, n.d.; FASI, 2024).

Per determinare la frequenza media di utilizzo, sono stati analizzati pattern comportamentali degli arrampicatori attraverso studi longitudinali che indicano una media di 2-3 sessioni settimanali per praticanti regolari. Considerando la distribuzione bimodale tra scalatori assidui (attività quotidiana o quasi) e occasionali (1-2 volte mensili), si stabilisce una frequenza media ponderata di 2,5 sessioni settimanali (Elevated Adventurer, 2023; Guide Dolomiti, n.d.).

Parametri tecnici di usura delle scarpette

- La letteratura specializzata e i dati empirici convergono nell'identificare una durata media delle scarpette da arrampicata di 4-6 mesi per scalatori che praticano l'attività con frequenza di 2+ volte settimanali. Questa durata è influenzata da diversi fattori (Project Canvas Shoes, 2023; Advnture, 2023; Climbing Shoe Review, 2023):

- Qualità della tecnica di movimento: scalatori principianti con footwork meno preciso tendono a consumare più rapidamente la gomma (Climbing Shoe Review, 2023; Oliunid, n.d.)
- Tipologia di superficie: l'arrampicata outdoor su roccia abrasiva accelera l'usura rispetto alle palestre indoor (Project Canvas Shoes, 2023; Climbing Magazine, 2023)
- Caratteristiche della mescola: scarpette con gomme più morbide (alta performance) presenta durate inferiori (Climbing Shoe Review, 2023)

Adottando il valore conservativo di 6 mesi per la durata media, si configura un fabbisogno di 2 paia di scarpette per arrampicatore all'anno. (Advnture, 2023).

Quantificazione della domanda potenziale

Applicando i parametri metodologici identificati:

Domanda teorica massima
= 97.000 tesserati × 2 paia/anno
= 194.000 paia annue

Questa cifra rappresenta il potenziale teorico qualora l'intera popolazione di tesserati FASI adottasse sistematicamente la filosofia della risuolatura. Tale scenario configurerebbe un mercato potenziale di €9,7 milioni annui, considerando un costo medio di risuolatura di €50 per paio. (Redpoint Climbing, 2023).

Stima realistica del mercato

Tuttavia, l'adozione effettiva della risuolatura è condizionata da fattori comportamentali e economici. Studi di mercato nel settore delle riparazioni calzaturiere indicano tassi di adozione del 20-40%.

Applicando una stima conservativa del 30%, si ottiene: (Redpoint Climbing, 2023; NuShoe, n.d.):

Domanda realistica

= 58.200 paia annue

Valore di mercato realistico

= €2,91 milioni annui

Contestualizzazione nel mercato globale

Il mercato globale delle scarpette da arrampicata è valutato in \$581,8 milioni nel 2023, con proiezioni di crescita a un CAGR del 5,21% fino al 2030. Il mercato italiano, stimato rappresentare circa il 5% del totale globale, configura un valore di circa €24,7 milioni annui per scarpette nuove (RunRepeat, 2023; Cognitive Market Research, 2023). Il mercato delle risuolature, nella sua configurazione realistica, rappresenterebbe pertanto l'11,8% del mercato delle scarpette nuove, evidenziando un potenziale significativo per l'economia circolare del settore.

Considerazioni sulla sostenibilità economica

Il mercato europeo delle riparazioni tessili e calzaturiere è cresciuto da €2,2 miliardi nel 2020 a €2,7 miliardi nel 2024, con un tasso di crescita

annuo del 5,5%. L'industria delle risuolature climbing si inserisce in questo contesto più ampio, beneficiando di:(FashionNetwork,2024):

- **Sensibilità ambientale crescente:** Il 78% dei consumatori dichiara interesse per prodotti sostenibili (Action Directe, n.d.)
- **Convenienza economica:** Il risparmio del 50-80% rispetto all'acquisto di scarpette nuove (Redpoint Climbing, 2023; NuShoe, n.d.)
- **Miglioramento qualitativo:** Tecnologie avanzate che mantengono o migliorano le performance originali

Proiezioni Future

Considerando il trend di crescita FASI del 19,4% annuo, le proiezioni per il quinquennio 2025-2030 indicano:

- **2025:** 115.800 tesserati = 69.500 risuolature (stima realistica)
- **2030:** 235.000 tesserati = 141.000 risuolature (stima realistica)

Queste proiezioni configurano un mercato delle risuolature che potrebbe raggiungere €7 milioni annui entro il 2030, rappresentando un'opportunità di sviluppo significativa per imprese specializzate e artigiani del settore.

Sitografia

Advnture. (2023). When and how to replace your climbing shoes. <https://www.advnture.com/features/replace-climbing-shoes>

Climbing Magazine. (2023). The best beginner climbing shoes. <https://www.climbing.com/gear/best-beginner-climbing-shoes/>

Climbing Shoe Review. (2023). When to replace climbing shoes. <https://www.climbingshoereview.com/when-to-replace-climbing-shoes/>

Cognitive Market Research. (2023). Global climbing shoes market report and industry forecast. <https://www.cognitivemarketresearch.com/climbing-shoes-market-report>

Elevated Adventurer. (2023). How many times a week should you go bouldering?. <https://elevatedadventurer.com/how-many-times-a-week-should-you-go-bouldering/>

FashionNetwork. (2024). Europe's secondhand fashion and repair market projection. <https://be.fashionnetwork.com/en-be/news/Europe-s-secondhand-fashion-market-projected-to-reach-26-billion-by-2030,1722442.html>

Federazione Arrampicata Sportiva Italiana [FASI]. (2024). Tesseramenti FASI 2024: Scopri tutti i vantaggi. <https://www.federclimb.it/news/23-vita-federa-le/2593-tesseramenti-fasi-2024-scopri-tutti-i-vantaggi.html>

Guide Dolomiti. (n.d.). Benefici dell'arrampicata e palestre indoor nelle Dolomiti. <https://www.guidedolomiti.com/arrampicata/benefici-arrampicata-palestre-indoor-nelle-dolomiti/>

Lo Scarpone - Club Alpino Italiano. (2024). FASI riconfermato Davide Battistella: Boom di tesserati. <https://www.loscarpone.cai.it/dettaglio/fasi-riconfermato-davide-battistella-boom-di-tesserati/>

NuShoe. (n.d.). Resole climbing shoes program. <https://nushoe.com/resole-climbing-shoes/>

Oliunid. (n.d.). How long do climbing shoes last?. <https://www.oliunid.com/blog/how-long-do-climbing-shoes-last/>

Project Canvas Shoes. (2023). How long do climbing shoes last?. <https://projectcanvasshoes.com/how-long-do-climbing-shoes-last/>

projectcanvasshoes.com/how-long-do-climbing-shoes-last/

Redpoint Climbing. (2023). Is resoling climbing shoes worth it?. <https://www.redpointclimbing.com.au/blogs/redpoint-blog/is-resoling-climbing-shoes-worth-it>

Risuolature Sportive. (n.d.). Risuolatura scarpette da arrampicata. <https://www.risuolaturesportive.it/risuolatura-scarpette-da-arrampicata/>

RunRepeat. (2023). Climbing and mountaineering shoes statistics. <https://run-repeat.com/climbing-and-mountaineering-shoes-statistics>

Sherpa Gate. (n.d.). Le palestre di arrampicata in Italia. <https://www.sherpa-gate.com/altrispazi/palestre-arrampicata/>

Action Directe. (n.d.). Action Directe Official Services. <https://actiondirecte.it/en/>

Up-Climbing. (2023). Guma: La nuova gomma 100% piemontese. <https://www.up-climbing.com/falesia/news-falesia/guma-la-nuova-gomma-100-piemontese/>

YouTube. (n.d.). Climbing training frequency documentation archive. <https://www.youtube.com/watch?v=iKD2LLv6zUU>

Immagini

Figura 1 : Oliunid. (n.d.). Le migliori palestre arrampicata indoor boulder Milano [Immagine]. <https://www.oliunid.it/blog/le-migliori-palestre-arrampicata-indoor-boulder-milano/> **Pag:96-97**

Figura 2 : Bergzeit. (n.d.). Consigli boulder per principianti [Immagine]. <https://www.bergzeit.it/magazine/consigli-boulder-principianti/> **Pag:100-101**

COMPONENTI SCARPETTE

2.3

La scarpetta d'arrampicata è un prodotto ad alta complessità ingegneristica, progettato per agire come un ponte sensibile e rigido tra il piede e la roccia. La sua costruzione è un equilibrio di materiali diversi, ciascuno ottimizzato per una funzione specifica (comfort, stabilità, aderenza), che si traduce in un profilo di impatto ambientale e sanitario unico.

Una scarpetta d'arrampicata è composta da quattro elementi principali: la tomaia, la suola, l'intersuola (o lamina), e il bordone o rand, assemblati tramite sofisticati sistemi di incollaggio.

1. Tomaia

La tomaia è la parte superiore della scarpa che avvolge il piede e ne determina la calzata e il comfort. I materiali principali utilizzati sono la pelle e i tessuti sintetici, ciascuno con proprietà specifiche:

- **Pelle:** Tradizionalmente la pelle scamosciata offre un'ottima vestibilità, comfort e longevità (Decathlon, n.d.). Ha la capacità di adattarsi perfettamente alla forma del piede dopo l'uso (Bergzeit, n.d.). Tuttavia, se conciata con metodi convenzionali a base di cromo, non è biodegradabile e il processo di concia è associato a un elevato inquinamento idrico e al consumo di grandi quantità d'acqua (fino a 15-50 tonnellate per tonnellata di pelle) (Vegan Shoes, 2024). Per un approccio più sostenibile, marchi come La Sportiva utiliz-

Componenti strutturali e materia prima

zano la pelle conciata metal-free per i loro modelli Eco, rendendola biodegradabile (La Sportiva, n.d.; WeighMyRack, n.d.).

- **Tessuti Sintetici** (Microfibra e Poliammidi): Materiali come la microfibra o le poliammidi (es. Nylon) offrono un'elevata stabilità dimensionale (Decathlon, n.d.). Non cedono molto e mantengono la loro forma originale e aggressiva più a lungo, un fattore cruciale per le scarpe da performance (Bergzeit, n.d.). Sono spesso scelti per la produzione di scarpe vegan. Il Nylon, tuttavia, ha l'impatto maggiore in termini di cambiamento climatico e consumo di combustibili fossili per chilogrammo di tessuto, rispetto ad altre fibre come il cotone (Regioni e Ambiente, n.d.; MDPI, 2021).

2. Suola

La suola è lo strato di gomma a contatto con la roccia e la presa e rappresenta il fulcro delle prestazioni della scarpetta. La gomma è un materiale complesso, frutto di un processo chimico chiamato vulcanizzazione.

Composizione e funzione della gomma

La gomma utilizzata è un elastomero (spesso poliisoprene, gomma naturale, o gomme sintetiche come stirene-butadiene SBR e polibutadiene BR) (Custom Advanced, n.d.). La vulcanizzazione è il processo di riscaldamento del polimero con zolfo per creare legami incrociati che migliorano elastici-

tà, resistenza e durabilità meccanica. Per ottimizzare le prestazioni, vengono aggiunti diversi additivi chimici che ne aumentano la resistenza all'abrasione e la forza (Ticino News, 2025; MyScience, 2025). Le mescole sono classificate per durezza (durometro Shore A).

3. Intersuola e Bordone

- **Intersuola:** È un sottile strato di materiale rigido posizionato tra la suola e la tomaia (Bächli Bergsport, n.d.), tipicamente polimeri come LaSpoFlex o Flexan (Il Cammino del Cretino, n.d.; Climbing.com, 2010). L'intersuola regola la rigidità strutturale della scarpa. In molti modelli da performance (es. La Sportiva Solution), l'intersuola è sostituita o supportata da sistemi complessi come il P3 System (Permanent Power Platform) (Mountain Experience, n.d.), un supporto anatomico che aiuta la scarpa a mantenere la sua aggressiva forma inarcata (downturn) anche dopo un uso prolungato (OutdoorGearLab, n.d.).
- **Bordone:** È lo strato sottile di gomma che avvolge i lati e la punta della scarpa, sotto la suola (Butora USA, n.d.). È fondamentale per la struttura e la precisione di toehook (agganci di punta). Sempre più spesso è realizzato con componenti di gomma stampati (molded rubber components) per ridurre gli scarti di produzione (WeighMyRack, n.d.; Black Diamond, n.d.).

Prospettive Sostenibili

4. Adesivi e Fissaggi

L'assemblaggio della scarpetta, che combina tessuti, pelle, gomma e schiume, richiede adesivi potenti.

- **Adesivi a Solvente:** Tradizionalmente sono stati usati adesivi a base di solventi, che rilasciano Composti Organici Volatili (VOC). Questi solventi rappresentano un rischio per la salute dei lavoratori e contribuiscono all'inquinamento atmosferico.
- **Adesivi Sostenibili:** Molti produttori, come La Sportiva, stanno passando all'uso di adesivi a base d'acqua (water-based adhesive) o adesivi hot-melt, che eliminano i pericoli associati ai solventi (La Sportiva, n.d.; WeighMyRack, n.d.).

Per mitigare l'impatto di questi materiali, l'industria si muove verso la circolarità e l'innovazione:

Materiali Riciclati: Vengono impiegati tessuti riciclati (es. da bottiglie di plastica o reti da pesca) (WeighMyRack, n.d.) e gomme riciclate (come la gomma FriXion® Eco di La Sportiva, ricavata al 99% da scarti di produzione) (La Sportiva, n.d.).

Long-Life Design: Molti marchi, come SCARPA, progettano le loro scarpe per essere facilmente risuolate (Scarpa, n.d.), una pratica che non solo mantiene il custom fit per il climber, ma riduce l'impronta di carbonio di circa il 90% rispetto all'acquisto di un nuovo paio (Sport Conrad, n.d.; Il Risuolatore, n.d.).

Sitografia

Bächli Bergsport. (n.d.). Conoscenze sulle scarpette da arrampicata. <https://www.baechli-bergsport.ch/it/blog/conoscenze-sulle-scarpette-da-arrampicata>

Bergzeit. (n.d.). Guida alle misure per scarpette da arrampicata. <https://www.bergzeit.it/magazine/misura-scarpette-da-arrampicata/>

Black Diamond. (n.d.). Black Diamond corporate sustainability and material transparency. <https://www.blackdiamondequipment.com.au/pages/sustainability>

Butora USA. (n.d.). Should I resole my climbing shoes? Beta and technical specs. <https://butorausa.com/blogs/beta-blog/should-i-resole-my-climbing-shoes>

Climbing.com. (2010). Climbing shoe review and technology breakdown. <https://www.climbing.com/gear/2010-shoe-review/>

Custom Advanced. (n.d.). Common chemical properties of rubber elastomers. <https://www.customadvanced.com/common-properties-of-rubber-elastomers.html>

Decathlon. (n.d.). Scarpette e attrezzatura sportiva per arrampicata. <https://www.decathlon.it/tutti-gli-sport/arrampicata/scarpette>

Il Cammino del Cretino. (n.d.). Scarpe da arrampicata: Guida ai modelli. <https://www.ilcamminodelcretino.it/blog/scarpe-da-arrampicata-modelli/>

Il Risuolatore. (n.d.). Risuolatura professionale e rigenerazione. <https://ilrisuolatore.it/arrampicata/>

La Sportiva. (n.d.). Mythos Eco climbing shoes tech specifications. <https://www.lasportiva.com/en/shoes-climbing-mythos-eco-man-zfcs006>

MDPI. (2021). Life cycle assessment and ecological impact of textile dyeing. Sustainability, 13(2), 707. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/707>

Mountain Experience. (n.d.). La Sportiva Solution: Caratteristiche tecniche. <https://www.mountainexperience.it/it/3958-3958-la-sportiva-solution.html>

MyScience. (2025). Des salles d'escalade saturées de substances toxiques

indoor. https://www.myscience.ch/it/news/2025/des_salles_d_escalade_saturees_de_substances_toxiques-2025-epfl

OutdoorGearLab. (n.d.). La Sportiva Solution review. <https://www.outdoorgearlab.com/reviews/climbing/climbing-shoes/la-sportiva-solution>

Regioni e Ambiente. (n.d.). Impatto ecologico dei tessuti sintetici secondo l'AEA. <https://www.regionieambiente.it/tessuti-briefing-aea/>

Scarpa. (n.d.). Scarpa Green Manifesto e sostenibilità calzaturiera. <https://it.scarpa.com/green-manifesto>

Sport Conrad. (n.d.). Resoling technical hiking and climbing shoes. <https://www.sport-conrad.com/resoling-hiking-climbing-shoes/>

Ticino News. (2025). Arrampicata: Attenzione alle sostanze emanate dalle scarpette. <https://www.ticinonews.ch/svizzera/arrampicata-attenzione-alle-sostanze-emanate-dalle-scarpette-411335>

Vegan Shoes. (2024, Febbraio 17). Come nasce una scarpa in pelle: Tutti i retroscena di filiera. <https://www.veganshoes.it/blog/2024/02/17/come-nasce-una-scarpa-in-pelle-tutti-i-retroscena/>

WeighMyRack. (n.d.). Sustainable and eco-friendly rock climbing shoes review. <https://blog.weighmyrack.com/sustainable-eco-friendly-rock-climbing-shoes/>

Immagini

Figura 1 : Climbing District. (n.d.). Scarpette da arrampicata: La guida pratica [Immagine]. <https://climbingdistrict.it/scarpette-la-guida-pratica/> **Pag:106-107**

Figura 2 : Free3D. (n.d.). Scarpa Boostic climbing shoes old 3D model [Immagine]. <https://free3d.com/it/3d-model/scarpa-boostic-climbing-shoes-old-4905.html> **Pag:110-111**

COMPOSIZIONE
CHIMICA
SUOLE

2.4

Il processo di transizione ecologica di un prodotto ad altissima prestazione tecnica richiede una comprensione profonda della sua composizione microscopica. Per ridefinire l'impatto ambientale delle calzature sportivo-performanti, la presente ricerca ha preso le mosse da una collaborazione strategica con l'azienda Guma Factory. L'obiettivo condiviso è stato la scomposizione e l'analisi chimica sistematica delle mescole tradizionali comunemente impiegate per la produzione delle suole da arrampicata, al fine di mappare ogni singolo ingrediente e individuare quale componente presentasse il maggior potenziale di sostituzione ecologica senza inficiare la sicurezza e l'efficacia del gesto atletico.

Le suole in gomma per l'arrampicata sportiva richiedono una complessa formulazione per raggiungere livelli di aderenza (smearing) e resistenza al bordo (edging) estremamente elevati. Dall'indagine sulla ricetta industriale è emerso che queste mescole non sono costituite da un singolo polimero, bensì da un blend di elastomeri stabilizzati attraverso la vulcanizzazione con un "cocktail" funzionale che varia dai 15 ai 20 additivi chimici diversi (Micam Mag, 2023).

Mentre la matrice polimerica e gli additivi protettivi rispondono a precisi vincoli meccanici strutturali, l'analisi ha identificato nelle cariche di rinforzo – e nello specifico nella silice di origine mineraria – il punto di leva strategico ideale per l'innesto di un'alternativa

Composizione chimica delle mescole per scarpette da arrampicata e collaborazione con Guma Factory

biogenica e territoriale. La comprensione della chimica di base di questi compositi si rende pertanto necessaria per giustificare la successiva introduzione della silice da lolla di riso.

Polimeri base

Le suole da arrampicata sono mescole elastomeriche ad alte prestazioni, la cui composizione è strettamente custodita dai produttori (es., Vibram, Five Ten). La loro funzionalità deriva dalla combinazione strategica di polimeri che conferiscono elasticità, resistenza allo strappo e durabilità (EPFL, 2025).

- **La Gomma Naturale (NR):** ottenuta dal lattice dell'albero della gomma (*Hevea brasiliensis*) tramite un processo di estrazione simile a quello dello sciroppo d'acero, fornisce eccellenti proprietà di resilienza e aderenza dinamica (Rubber Plastic Seal, n.d.). L'NR è un componente storico e fondamentale, ma i produttori spesso lo combinano con polimeri sintetici per ottimizzare la resistenza all'usura e la stabilità termica.
- **Tra i polimeri sintetici dominanti:** si annoverano la Gomma Stirene-Butadiene (SBR) e la Gomma Polibutadiene (BR). La SBR è un elastomero sintetico generico e di alto volume, apprezzato per la sua eccellente resistenza all'abrasione, rendendolo un elemento chiave nei battistrada e nelle suole ad alte prestazioni. Il BR (derivato dalla polimerizzazione del monomero

1,3-butadiene) è il secondo elastomero sintetico per volume prodotto, noto per la sua bassa isteresi e alta elasticità (Yusheng Max, n.d.).

Le formulazioni industriali spesso ricorrono a blend complessi, come miscele di SBR-1502, NR e BR 9000, talvolta includendo anche varianti funzionalizzate come l'Epoxidized Natural Rubber (ENR 50) per migliorare l'interazione tra la fase polimerica e le cariche (ACS Publications, 2016). Vibram, un leader del settore, ha sviluppato sin dal 1988 mescole specifiche per l'arrampicata, offrendo attualmente almeno tre formulazioni diverse (PlanetMountain, n.d.).

La gomma grezza presenta limiti termici e di stabilità significativi, tendendo a sciogliersi o a diventare appiccicosa se riscaldata. Per conferire resistenza e stabilità strutturale, è indispensabile il processo di vulcanizzazione (Rubber Plastic Seal, n.d.). Questo processo, brevettato nel 1839 da Charles Goodyear, originariamente comportava il riscaldamento della gomma con zolfo, ma oggi include qualsiasi reazione chimica che crei legami incrociati (cross-links) tra le lunghe catene polimeriche (Reddit, 2024). Questi legami sono ciò che conferisce al materiale le sue proprietà elastiche e altamente resistenti agli stress meccanici e termici (HPE International, n.d.). Una mescola per suole è molto più di un semplice polimero vulcanizzato; è una matrice composita contenente tipicamente da 15 a 20 ingredienti diversi (MICAM Mag, n.d.).

Il ruolo della vulcanizzazione e degli additivi funzionali

- **Cariche di Rinforzo:** Sostanze come il Nero Fumo (Carbon Black), tradizionalmente responsabile del colore nero delle suole (PlanetMountain, n.d.) e la Silice sono aggiunte per incrementare la durezza, la resistenza all'abrasione e potenziare le proprietà meccaniche complessive (MICAM Mag, n.d.).
- **Agente vulcanizzante:** Tipicamente zolfo, in combinazione con acceleranti e attivatori (es. ossido di zinco, acido stearico) (Google Patents, 2009).
- **Plasticizzanti e tenderizzanti:** Oli paraffinici o altri composti utilizzati per ammorbidire la mescola prima della vulcanizzazione e migliorare la lavorabilità (ResearchGate, 2020).
- **Additivi protettivi (antiossidanti/antiozonanti):** Composti chimici essenziali che proteggono la gomma dalla degradazione ambientale (ossidazione, ozono), prolungando la vita del prodotto. Questi additivi sono specificamente progettati per rendere i materiali più resilienti e durevoli (EPFL, 2025).

La prestazione tecnica: durezza shore A e meccanismi di aderenza

Le prestazioni di una scarpetta da arrampicata — in particolare l'aderenza (smearing) e la capacità di tenere un micro-appoggio (edging) — sono determinate primariamente dalle proprietà visco-elastiche della suola, quantificate attraverso la durezza e il coefficiente di attrito.

Durezza shore A come indicatore prestazionale

La Durezza Shore A è la metrica standard utilizzata per misurare la resistenza alla penetrazione della gomma morbida, rilevata tramite un durometro che applica una forza standard alla superficie (Rubber and Seal, n.d.). Numeri più alti indicano materiali più duri e rigidi.

I produttori differenziano le loro mescole di punta attraverso la modulazione della durezza per ottimizzare specifici compiti di arrampicata:

- **Mescole Morbide** (Es. Vibram XS Grip 2, Vibram XS Grip): Queste mescole hanno una durezza inferiore (Soft). La XS Grip 2 è il fiore all'occhiello di Vibram per le gomme morbide, eccellendo nell'aderenza su terreno strapiombante e su appoggi scivolosi o levigati (polished holds). La morbidezza conferisce maggiore sensibilità e la capacità di conformarsi alle micro-irregolarità della superficie di contatto.
- **Mescole Dure** Queste mescole hanno una durezza maggiore (Hard). La XS Edge è la mescola Vibram progettata specificamente per l'edging, fornendo la rigidità e il supporto necessari per la trasmissione di potenza su micro-appoggi ad alto carico. Sebbene meno efficaci nello smearing e su appoggi a basso carico, la maggiore durezza si traduce in una migliore durabilità e precisione (Ontario Resoles, n.d.).

Correlazione durezza, aderenza e usura

L'efficacia dell'arrampicata è un equilibrio delicato di compromessi chimico-fisici. La correlazione tra durezza e attrito è significativa: una gomma più morbida (bassa durezza Shore A) tende ad esibire un coefficiente di attrito dinamico maggiore. Questa maggiore frizione deriva dalla capacità del materiale morbido di deformarsi e "avvolgere" le irregolarità microscopicamente ruvide della superficie (roccia o presa), aumentando così l'area di contatto effettiva e la resistenza allo scorrimento (Rubber Producer, 2024). Tuttavia, l'attrito stesso è il fattore dominante che causa il deterioramento e l'usura dei materiali (Laboratuar, n.d.). Questo stabilisce un **compromesso prestazionale fondamentale**: le gomme più morbide offrono il massimo grip ma subiscono una maggiore usura e perdono durabilità, mentre le gomme più dure offrono maggiore supporto e resistenza all'usura a scapito di una minore aderenza su appoggi inclinati o levigati (Rubber Producer, 2024).

Confronto prestazionale: durezza shore A e funzione

Caratteristica funzionale	Durezza Shore A	Aderenza	Supporto al Bordo	Durabilità e Usura
Mescola Morbida (Es. XS Grip 2)	Bassa	Molto Alta (Max CoF per aderenza)	Media (Maggiore sensibilità)	Bassa (Elevato tasso di usura)
Mescola Dura (Es. XS Edge)	Alta	Media (Minore conformabilità)	Alta (Massima precisione/supporto)	Alta (Minore tasso di usura)

Tabella 11

Sitografia

ACS Publications. (2016). Epoxidized natural rubber blends and polymer phase interaction. ACS Applied Materials & Interfaces, 8(1), 680. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.5c12680>

EPFL. (2025). Chemicals from climbing shoes cause trouble in indoor gyms. Actu EPFL. <https://actu.epfl.ch/news/chemicals-from-climbing-shoes-cause-trouble-in-i-2/>

Google Patents. (2009). Vulcanization agent and accelerator composition (Korean Patent No. KR100894963B1). <https://patents.google.com/patent/KR100894963B1/en>

HPE International. (n.d.). Vulcanizzazione della gomma: Cos'è e perché è importante. <https://hpeinternational.com/vulcanizzazione-della-gomma-cos-e-perche-e-importante/>

Laboratuar. (n.d.). Test di abrasione, usura e lacerazione dei materiali industriali. <https://www.laboratuar.com/it/testler/malzeme-testleri/asinma-ve-yipranma-testleri/>

MICAM Mag. (n.d.). La vulcanizzazione: Un processo che risale all'800. <https://mag.micam.it/it/vulcanizzazione-un-processo-che-risale-all800/>

Ontario Resoles. (n.d.). Climbing shoe rubber compounds comparison. <https://ontarioresoles.ca/rubber-compounds/>

PlanetMountain. (n.d.). La suola Vibram: Gomma da arrampicata ad alte prestazioni. <https://www.planetmountain.com/it/notizie/interviste/la-suola-vibram-gomma-da-arrampicata-ad-alte-prestazioni.html>

Reddit. (2024). If rubber comes from nature, why isn't it biodegradable? r/explainlikeimfive. https://www.reddit.com/r/explainlikeimfive/comments/1bgw14/eli5_if_rubber_comes_from_nature_why_isnt_it/?tl=it

ResearchGate. (2020). Optimization of the rubber formulation for footwear applications from the response surface method. https://www.researchgate.net/publication/344221845_Optimization_of_the_Rubber_Formulation_for_Footwear_Applications_from_the_Response_Surface_Method

Rubber and Seal. (n.d.). Come misurare e testare la qualità della gomma. <https://rubberandseal.com/it/come-testare-la-qualita-della-gomma/>

Rubber Plastic Seal. (n.d.). Natural rubber vs synthetic rubber properties. <https://it.rubberplasticseal.com/info/natural-rubber-vs-synthetic-rubber-66178964.html>

Rubber Producer. (2024, Ottobre 15). How is the relationship between rubber hardness and friction? <https://rubberproducer.com/2024/10/15/how-is-the-relationship-between-rubber-hardness-and-friction/>

Yusheng Max. (n.d.). Synthetic styrene-butadiene and polibutadiene rubber applications. <https://it.yushengmax.com/products/synthetic-rubber/>

Immagini

Figura 1 : Multicom S.r.l. (n.d.). Produzione mescole in gomma, mescole in gomma, vulcanizzazione gomma. <https://www.multicomonline.it/mescole/> **Pag: 114-115**

ANALISI
OLISTICA

25

Nel panorama industriale contemporaneo, la progettazione di materiali avanzati a ridotto impatto ambientale rappresenta una priorità strategica per il settore dei tecnopolimeri e delle mescole elastomeriche. In particolare, la produzione di calzature tecniche per l'arrampicata sportiva richiede lo sviluppo di mescole ad altissima prestazione, nelle quali le proprietà meccaniche e tribologiche sono determinate in larga misura dall'impiego di agenti rinforzanti (Sriyutha & Choosri, 2021).

Storicamente, la silice precipitata SiO_2 costituisce il secondo filler rinforzante più utilizzato dopo il nero di carbonio, rivelandosi indispensabile per conferire all'elastomero un'elevata resistenza alla trazione, all'abrasione e alla lacerazione, preservando al contempo un coefficiente d'attrito (grip) ottimale sulle superfici rocciose e artificiali.

Tuttavia, il ciclo di vita della silice sintetica tradizionale, ottenuta per via mineraria, comporta un bilancio ecologico **fortemente negativo**. La sintesi classica richiede l'estrazione estrattiva di sabbie quarzifere attraverso cave a cielo aperto, con conseguente degradazione del paesaggio e perdita di biodiversità. Successivamente, il quarzo grezzo viene fuso con carbonato di sodio all'interno di forni industriali a temperature superiori a $1300\text{ }^\circ\text{C}$: si tratta di un processo iper-energetico alimentato prevalentemente da combustibili fossili che genera massicce emissioni di anidride carbonica CO_2 . Inoltre, per ogni tonnellata di

Il paradigma tecnologico ed ecologico della silice

silice precipitata prodotta da sabbia quarzifera, il processo chimico richiede ingenti volumi di acido solforico, rilasciando come sottoprodotti reflui solfati e acque reflue altamente saline. La transizione verso la **silice biogenica** ricavata dalla lolla di riso risponde a un cambio di paradigma bio-ispirato e circolare. Durante il proprio ciclo vitale, la pianta del riso assorbe l'acido silicico solubile dal terreno e lo accumula nei propri tessuti epidermici esterni, fissandolo sotto forma di silice amorfa idratata all'interno della lolla, ovvero il guscio protettivo rimosso durante la fase di sbramatura del risone. Tramite una combustione controllata della biomassa, la frazione organica viene eliminata per via termica, lasciando un residuo solido minerale composto per oltre **l'85-90% da silice amorfa ad elevata area superficiale**. Poiché il carbonio emesso durante la combustione della lolla è di origine biogenica, ovvero precedentemente sottratto all'atmosfera dalla pianta tramite fotosintesi, il bilancio complessivo delle emissioni di gas serra risulta neutrale, riducendo l'impronta carbonica di processo fino al 40% rispetto al metodo minerario convenzionale (Thomas & Gupta, 2024).

QR code per tavola online



VERCELLI

PROVINCIA

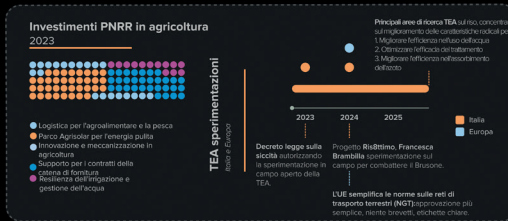
capitale europea del riso

- 2.087 kmq
- 78 Comuni
- Pianura Padana (59,4%) + Valsesia (40,6%)



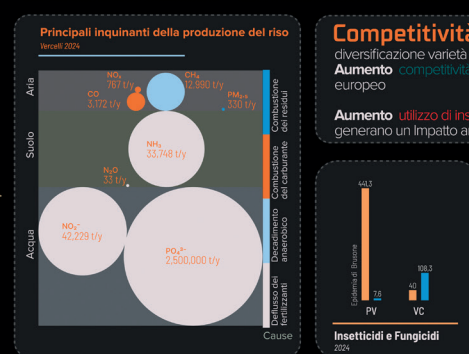
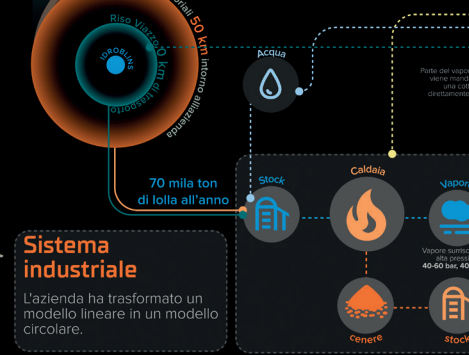
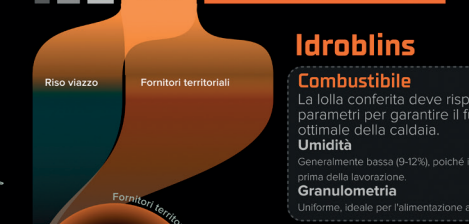
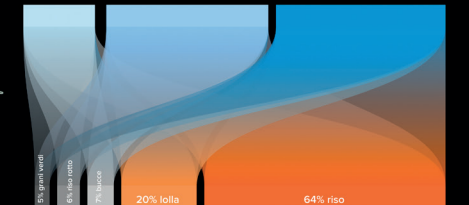
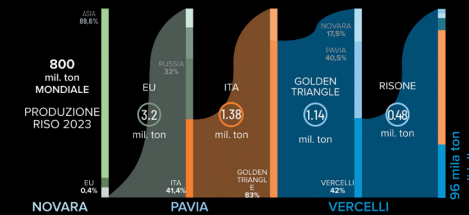
Ricerca

Aumentare l'efficienza produttiva



Produzione

Vercelli: Maggiore produttore in Europa

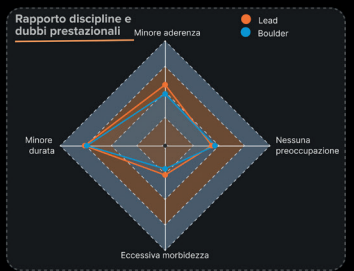
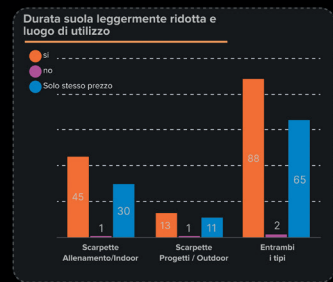


Utenza Climbers

Come percepiscono l'inserimento di una nuova gomma a ridotto impatto ambientale

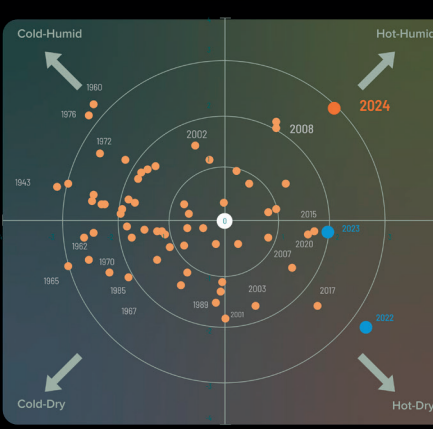
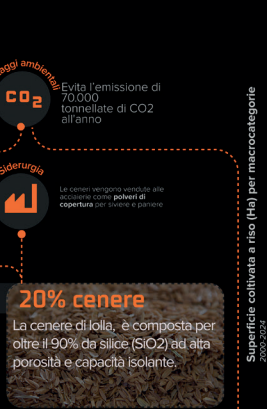
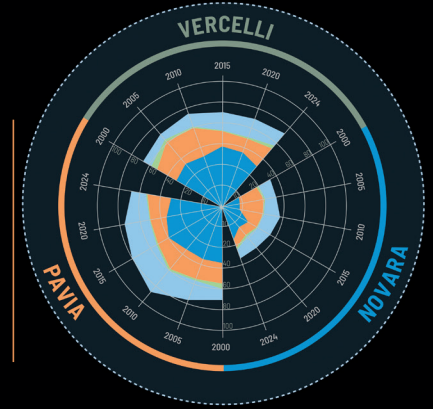
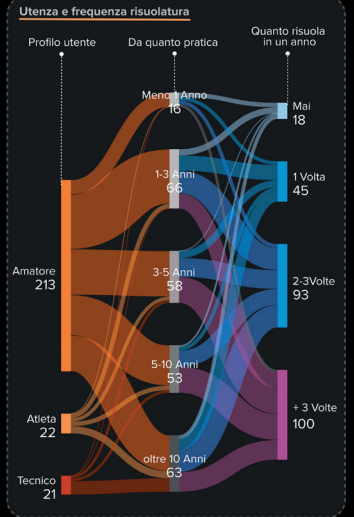
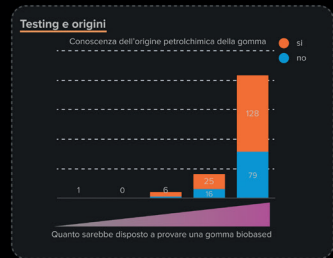
Questionario

La community emersa dalle 260 risposte al questionario è un target esperto e alto-spendente che **risuola regolarmente**. Nonostante il forte timore per l'usura della mescola ecologica, oltre il **60% la testerebbe subito** nel contesto indoor/ allenamento. Sebbene il 61,9% ignora l'origine petrolchimica delle gomme tradizionali, **l'80,4%** esige la massima svolta sostenibile, vincolata però a **certificazioni ufficiali**.



Energia

seconda nazione europea per tassazione



Utilizzando il "Progetto sistemico Gli Aironi" da cui sono state ricavate informazioni e dati è risultato che nella Provincia di Vercelli, storicamente riconosciuta come la "capitale europea del riso", costituisce il baricentro geografico e produttivo della ricerca. Il territorio mappato si estende su una superficie di 2.087 km² e comprende 78 Comuni. Dal punto di vista geomorfologico, l'area presenta una netta spaccatura funzionale: il 59,4% è dominato dalla pianura alluvionale (areale a vocazione risicola intensiva della Pianura Padana), mentre il 40,6% è costituito dal rilievo montano e pedemontano della Valsesia. Questo sistema territoriale non agisce in isolamento, ma si estende politicamente ed economicamente alle province limitrofe di Novara e Pavia, configurando il distretto risicolo interregionale denominato "Triangolo d'Oro" del riso europeo.

L'Infrastruttura Idrografica e la Ricerca Genetica

La generazione sistematica della lolla di riso come sottoprodotto dipende strettamente da un'infrastruttura idraulica, sia naturale sia artificiale, altamente capillare. I corsi d'acqua principali del bacino vercellese (Sesia, Cervo ed Elvo) alimentano storiche opere di ingegneria idraulica, indispensabili per garantire la sommersione periodica delle risaie e mantenere i microclimi necessari alla coltivazione. A monte di questo ciclo agisce il settore della ricerca agronomica e biotecnologica, sostenuto dai finanziamenti dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR Piemonte). Gli investimenti regionali sono orientati all'ottimizzazione dell'efficienza produttiva, alla tracciabilità della filiera e all'introduzione di sementi certificate. In particolare, la ricerca agronomica locale si focalizza sulla valorizzazione di varietà da mercato ad alto valore aggiunto, come il riso "Lungo A", una tipologia merceologica che consente di ottimizzare la redditività delle aziende risicole poiché registra quotazioni commerciali medie superiori a parità di resa colturale (Ente Nazionale Risi, 2024). Questa pianificazione economica garantisce la stabilità reddituale del comparto agricolo e, di conseguenza, assicura la costanza volumetrica dei flussi di sottoprodotto destinabili alla trasformazione industriale.

Analisi del territorio vercellese



Il settore della produzione definisce la massa critica e la sostenibilità logistica del sistema. Secondo i dati consuntivi della campagna commerciale della relazione tecnica dell'Ente Nazionale Risi (2024), la produzione lorda di riso in Italia ha raggiunto 1.383.221 tonnellate, con una superficie investita a riso pari a 210.239 ettari. Applicando il coefficiente di resa ponderale del 20% relativo alla frazione di lolla ottenuta durante la sbramatura, si ricava una produzione teorica annuale di lolla pari a **276.644** tonnellate, che nella sola provincia di Vercelli sono risultate **96.000**. Questo massiccio potenziale di economia circolare si scontra tuttavia con le severe criticità del settore energetico nazionale. L'Italia registra tariffe agroindustriali sull'energia elettrica tra le più elevate d'Europa, con una quota rilevante di impatto dei costi energetici sui bilanci aziendali rispetto alla media dei partner europei. Inoltre, la produzione elettrica nazionale dipende significativamente dal gas naturale fossile, esponendo le riserie a una forte volatilità dei costi operativi. In questo scenario, la transizione verso modelli di autogenerazione termica ed elettrica tramite la valorizzazione energetica della lolla in loco rappresenta una scelta strategica fondamentale per salvaguardare la competitività economica del distretto.

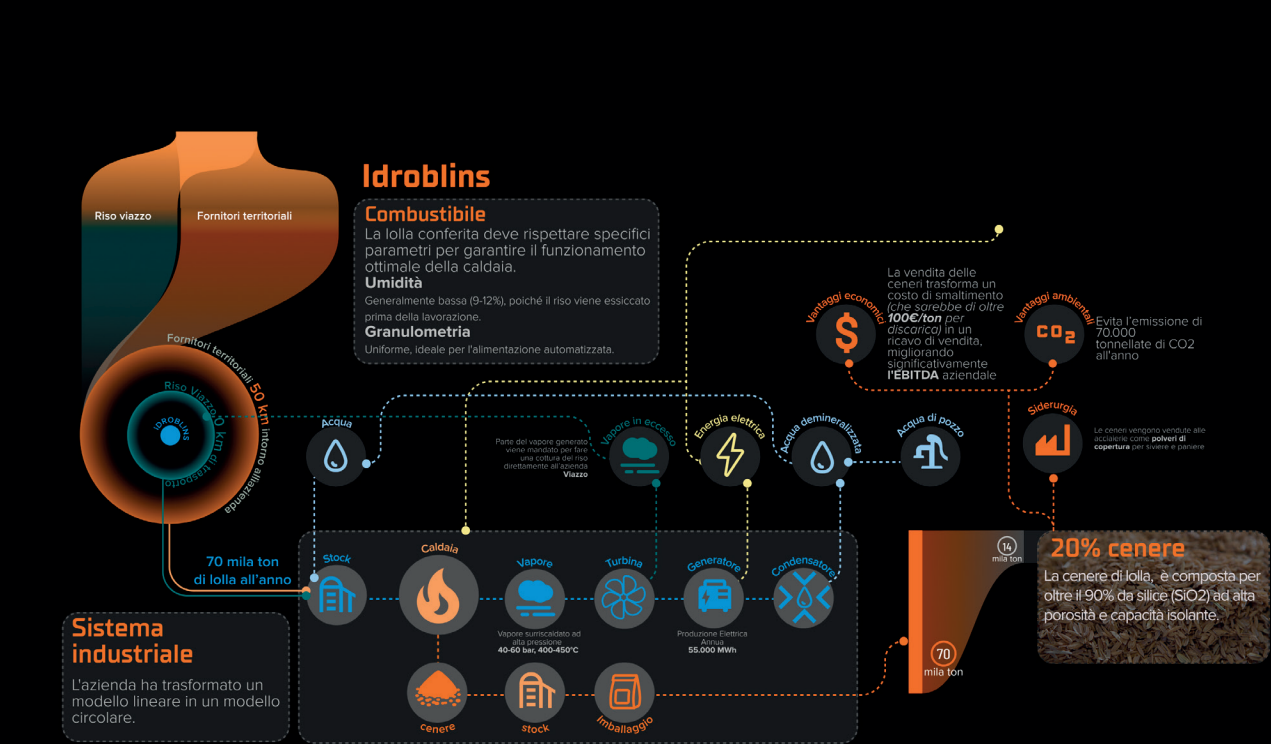


Vulnerabilità climatica e pressione dei fitofarmaci

Il settore ambientale evidenzia la crescente vulnerabilità dell'ecosistema padano di fronte ai cambiamenti climatici globali. La matrice di temperatura e precipitazione locale documenta un marcato scostamento anormale rispetto alle medie storiche del trentennio di riferimento, proiettando il territorio verso transizioni climatiche instabili (Ente Nazionale Risi, 2024). L'analisi dei dati evidenzia una deriva sistematica dei parametri termometrici e pluviometrici verso i quadranti Hot/Dry (estati siccitose e inverni caldi) e Hot/Wet (fenomeni temporaleschi estivi violenti ed eventi grandinigeni distruttivi, come quelli registrati nelle province di Vercelli e Novara). Queste repentine **oscillazioni climatiche** alterano il ciclo biologico della pianta, favorendo l'insorgenza di patologie fungine e fungendo da vettori per agenti patogeni quali il brusone (*Pyricularia oryzae*). Per preservare la resa commerciale, i risicoltori ricorrono storicamente a un utilizzo di fitofarmaci, insetticidi e fungicidi, compromettendo la biodiversità biologica del suolo e la qualità chimica dei corpi idrici superficiali (Arpa Piemonte, 2023). La necessità di ridurre l'impronta ecologica del territorio e rispondere alle severe disposizioni regionali sull'uso dei fitosanitari impone l'adozione di modelli agroindustriali circolari capaci di compensare e assorbire l'impatto ambientale locale (Regione Piemonte, 2023).

Il nodo industriale Idroblins e la generazione di Cenisol-A

Nel cuore geografico del distretto risicolo vercellese, presso il Comune di Crova (Vercelli), si colloca l'impianto termo-elettrico di Idroblins S.r.l., il quale rappresenta l'anello di congiunzione industriale e il fattore abilitante (leverage point) dell'intero sistema circolare (Idroblins, 2026). L'impianto è strutturato per intercettare annualmente circa 70.000 tonnellate di lolla di riso grezza conferite direttamente dalle riserie del territorio, azzerando i costi ambientali e logistici di trasporto a lungo raggio.



Il processo termochimico condotto presso l'impianto Idroblins è finalizzato a massimizzare sia la valorizzazione energetica della frazione organica della biomassa sia il recupero della frazione minerale solida (Idroblins, 2026). Il ciclo industriale si sviluppa attraverso fasi rigidamente monitorate:

Accettazione e controllo qualità: Ciascun carico di lolla viene campionato all'ingresso dell'impianto per verificarne l'aderenza ai parametri fisici di umidità e la corretta distribuzione granulometrica.

Combustione controllata a griglia mobile: La lolla viene immessa all'interno di una camera di combustione termica operante a griglia mobile. La temperatura del processo è mantenuta costantemente entro un intervallo ottimale controllato; tale vincolo ingegneristico è imprescindibile per prevenire la transizione di fase della silice da amorfa a cristallina, le cui forme minerali (cristobalite o quarzo) risulterebbero tossiche per inalazione.

Cogenerazione energetica: Il calore generato dalla combustione della frazione lignocellulosica (composta da cellulosa, lignina ed emicellulosa) viene utilizzato per produrre vapore ad alta pressione, convogliato successivamente in una turbina accoppiata a un alternatore elettrico per l'immissione di energia pulita nella rete di distribuzione locale.

Recupero delle Ceneri (Cenisol-A): Il residuo solido della combustione, che costituisce circa il 20% in peso rispetto alla lolla grezza introdotta,

viene raccolto dai sistemi di filtrazione e stoccato in silos dedicati in totale assenza di umidità (Idroblins, 2026). Questa cenere costituisce la base merceologica del prodotto commerciale denominato Cenisol-A.

Proprietà chimico-fisiche
del capitolato tecnico
cenisol-A

Proprietà chimico-fisica del cenisol-A	Valore / specifica tecnica di capitolato
Composizione mineralogica	Silice amorfa (Acido silicico amorfo)
Contenuto di Silice SiO ₂	> 80%
Contenuto di Carbonio Libero (C)	<10%
Ossido di Alluminio Al ₂ O ₃	<1%
Umidità all'Imballaggio	<2%
Massa volumica apparente (peso specifico)	200 - 300 g/l
Punto di fusione / sinterizzazione	Sinterizzazione a 1100 °C / Fusione a 1450 °C

Tabella 12

La presenza di una quota controllata di carbonio elementare non combusto C conferisce al Cenisol-A una colorazione nera profonda naturale e proprietà fisiche specifiche (Idroblins, 2026). Questo carbonio residuo agisce come pigmento naturale intrinseco e co-filler lubrificante all'interno delle mescole elastomeriche, eliminando la necessità di integrare agenti coloranti o neri di carbonio sintetici di derivazione petrolifera, riducendo ulteriormente l'impronta ecologica della formulazione finale (Sriyutha & Chosri, 2021).

L'analisi di fattibilità tecnica e industriale della silice Cenisol-A trova riscontro nella valutazione delle dinamiche di consumo e nella percezione etico-tecnica della comunità degli scalatori, indagata attraverso un questionario strutturato somministrato a un campione di 260 rispondenti. La community dei climbers si configura come un target di consumatori altamente specializzato, caratterizzato da un'elevata frequenza d'uso del prodotto e da una spiccata sensibilità verso i temi della sostenibilità ambientale.

I dati emersi dal questionario evidenziano un comportamento d'acquisto altamente ricorrente: oltre il 58% del campione effettua risuolature multiple all'anno sulle proprie scarpette da arrampicata tecnica, riducendo l'acquisto di calzature nuove a favore del ricondizionamento delle esistenti. Questa attitudine alla cura del prodotto rappresenta un terreno ideale per l'introduzione di mescole rigenerate a basso impatto ambientale basate sulla silice biogenica locale.

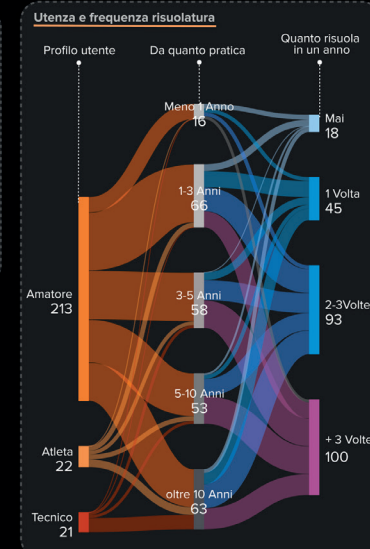
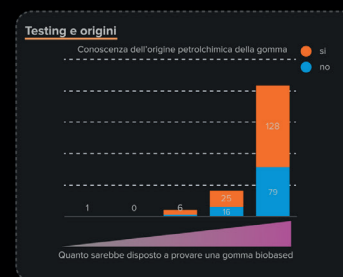
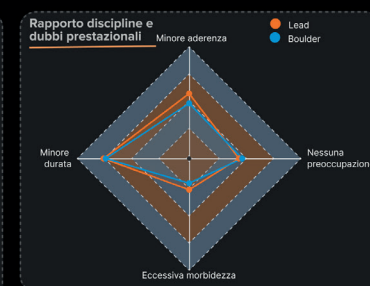
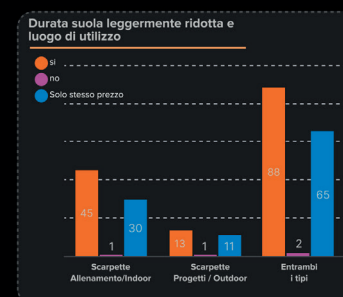
Il market fit della community climber

Utenza Climbers

Come percepiscono l'inserimento di una nuova gomma a ridotto impatto ambientale

Questionario

La community emersa dalle 260 risposte al questionario è un target esperto e alto-spendente che **risuola regolarmente**. Nonostante il forte timore per l'usura della mescola ecologica, oltre il **60% la testerebbe subito** nel contesto indoor/allenamento. Sebbene il 61,9% ignorasse l'origine petrolchimica delle gomme tradizionali, l'**80,4%** esige la massima svolta sostenibile, vincolata però a **certificazioni ufficiali**.



L'analisi delle correlazioni evidenzia una chiara tripartizione degli utenti in funzione del livello di esperienza e delle preoccupazioni prestazionali:

Climbers professionisti ed esperti:

Rappresentano la quota di utenti con la più alta frequenza di arrampicata e un tasso di risuolatura annuo elevato. Questa categoria manifesta severe riserve prestazionali, identificando nella durata e resistenza all'abrasione (50,0%) e nel mantenimento di un grip ottimale (36,9%) i requisiti tecnici imprescindibili. Pur mostrando uno scetticismo iniziale verso mescole non tradizionali, il 60,8% di questo segmento si dichiara propenso a testare immediatamente la gomma contenente Cenisol-A in contesti indoor e di allenamento sistematico, dove l'esigenza di massima aderenza su micro-appoggi è mitigata dalla sicurezza della palestra.

Climbers amatoriali e regolari:

Frequentano le palestre indoor regolarmente e risuolano le scarpe 1-2 volte all'anno. Questo gruppo manifesta una forte sensibilità verso l'adozione di materiali ecologici, guidata da norme etiche. L'80,4% di questa sottopopolazione dichiara la massima propensione all'acquisto accettando un green premium price fino a +10 € rispetto alle tariffe tradizionali derivate dal petrolio, a condizione che l'origine della silice sia validata da certificazioni ufficiali di terze parti e che il processo sostenga in modo tangibile lo sviluppo socio-economico della filiera locale vercellese (connettendo agricoltori e impianti industriali regionali come Idroblins).

**Matrice delle variabili
d'indagine e implicazioni
progettuali**

Variabile d'indagine del questionario	Risultato Statistico N=260	Implicazione industriale / progettuale
Frequenza di risuolatura annua	>58% effettua risuolature multiple	Mercato ad alta ricorrenza; elevato volume di sostituzione della gomma tecnica.
Pronti al test immediato	60,8% favorevoli favorevoli	Fase di validazione sul mercato facilitata da test collettivi in palestra
Principale preoccupazione tecnica	50% Durata e resistenza all'usura	Necessità di ottimizzare la vulcanizzazione e l'accoppiamento silanico
Seconda preoccupazione tecnica	36,9% Grip e coefficiente di attrito	La silice biogenica nanoporosa deve emulare le prestazioni delle silici fossili.
Propensione alla spesa extra	80,4% accetta un premium price fino a +10€	Sostenibilità economica garantita dall'alto valore aggiunto percepito.
Vincolo d'acquisto premium	Richiesta di certificazioni e filiera locale	Sviluppo di un sistema di tracciabilità certificata

Tabella 13

Questi risultati confermano un eccellente livello di market fit per la silice Cenisol-A. La disponibilità economica degli utenti a sostenere un sovrapprezzo commerciale per una gomma da arrampicata eco-progettata convalida finanziariamente gli investimenti industriali necessari per la conversione e l'integrazione del sottoprodotto agricolo vercellese, allineando gli obiettivi di tutela ambientale del territorio con le richieste prestazionali ed etiche del consumatore sportivo finale.

Sitografia

Arpa Piemonte. (2023). Contaminazione diffusa del suolo e monitoraggio dei corpi idrici superficiali. Relazione Stato Ambiente.

Ente Nazionale Risi. (2024). Evoluzione di mercato e sue prospettive: 56a Relazione Annuale Anno 2023. Direzione Mercato e Servizi Tecnici.

Idroblins S.r.l. (2026). Prodotti refrattari e processi di valorizzazione energetica delle biomasse da riseria. Schermate tecniche e specifiche di capitolato Cenisol-A.

Regione Piemonte. (2023). Uso sostenibile dei prodotti fitosanitari: Misure per la tutela dell'ambiente e delle falde acquifere. Assessorato all'Agricoltura.

Sriyutha, P., & Choosri, M. (2021). Properties of rice husk ash silica filled natural rubber and acrylonitrile-butadiene rubber blends. *Journal of Elastomers & Plastics*, 53(7), 812–828.

Thomas, A., & Gupta, B. (2024). Utilizing Life Cycle Assessment to optimize processes and identify emission reduction potential in rice husk-derived nanosilica production. *Processes*, 13(2), 483–499.

Immagini

Figura 1: Visit Valsesia Vercelli. (n.d.). Riso Vercellese <https://visitvalsesiavercelli.it/vivi/enogastronomia/riso-vercellese/> **Pag: 124-125**

RICERCA

15

SPE
RIMENTAZIONE

31

L'attività sperimentale, è stata effettuata presso il laboratorio di responsabilità del professore Deorsola al Politecnico di Torino e del laboratorio di responsabilità del professor Cravotto presso STF di Unito, affiancato da Giorgio Grillo e Camilla Galletti durante le fasi sperimentali. Il processo descritto ha l'obiettivo di ottimizzare il processo di estrazione della silice SiO₂ da matrici organiche, procedendo attraverso un percorso che va dalla validazione di protocolli consolidati fino all'implementazione di tecnologie non convenzionali ad alta efficienza.

Validazione del protocollo convenzionale

Nella fase preliminare, è stata riprodotta la metodica estrattiva convenzionale (estrazione termica alcalina) per verificarne l'attendibilità e la riproducibilità in relazione alla specifica biomassa utilizzata. Questo passaggio è stato fondamentale per stabilire un termine di paragone (baseline) in termini di resa e purezza del silicato ottenuto. Durante questa fase, il protocollo è stato sottoposto a micro-ottimizzazioni procedurali necessarie per adattarlo alle peculiarità chimico-fisiche della matrice cenerina impiegata.

Introduzione alla sperimentazione

Transizione verso tecnologie non convenzionali: la cavitazione

Una volta consolidate le prestazioni del metodo standard, la ricerca si è orientata verso l'impiego di tecnologie basate sul fenomeno della cavitazione. L'obiettivo è sfruttare l'energia rilasciata dal collasso di micro-bolle nel solvente per incrementare la cinetica di reazione e l'efficienza estrattiva.

- **Cavitazione acustica** (Laboratorio): Impiegata nella prima fase di transizione mediante ultrasuoni ad alta potenza (Horn). Questa tecnologia, versatile in scala di laboratorio, ha permesso una rapida pre-ottimizzazione dei parametri operativi (frequenza, potenza e tempi di residenza). L'energia ultrasonica agisce disaggregando meccanicamente la biomassa, facilitando la lisciviazione della silice.
- **Cavitazione idrodinamica** (Upscale Industriale): A seguito dei risultati ottenuti in piccola scala, lo studio è evoluto verso una fase di upscaling mediante cavitazione idrodinamica. A differenza della versione acustica, questa genera il fenomeno fisico attraverso variazioni di pressione e velocità nel flusso del fluido, garantendo una maggiore robustezza industriale e permettendo di trattare volumi significativamente più elevati con un'efficienza energetica superiore.



Per garantire la validità scientifica del progetto, è stata condotta un'analisi comparativa tra la materia prima disponibile e il prodotto commerciale di riferimento.

Analisi del materiale di partenza: cenere di lolla di riso (Cenisol-A)

Il materiale grezzo utilizzato è identificato commercialmente come Cenisol-A (Nuova Saimar, 2025).

- **Composizione:** Si tratta di una silice biogena ad elevata purezza, composta da acido silicico amorfo SiO_2 in percentuali comprese tra l'85% e il 90%.
- **Caratteristiche:** Presenta un contenuto di carbonio totale tra il 5% e il 10%. Fisicamente è una polvere nera con un peso specifico molto basso $0,17 \div 0,24 \text{ t/m}^3$ e una struttura granulare porosa.

Analisi delle materie prime e target industriale

Analisi del materiale target: Perkasil® KS 207

Il benchmark industriale che l'azienda mira a replicare è il Perkasil® KS 207, un silicato sintetico amorfo di sodio, magnesio e alluminio.

- **Composizione Target** (su prodotto calcinato): SiO_2 79%, Al_2O_3 8.5%, MgO 2% e Na_2O 6% .
- **Parametri Tecnici:** Superficie specifica BET $65\text{-}115 \text{ m}^2/\text{g}$ e particelle con dimensione media inferiore a $8.0 \mu\text{m}$. L'obiettivo è dunque ottenere una silice "dopata" con magnesio e alluminio per eguagliare tali proprietà rinforzanti.

La fase di test relativa all'estrazione di silice SiO₂ dalla cenere di lolla di riso è stata condotta analizzando e riproducendo il protocollo descritto da Kalapathy et al. ("A simple method for production of pure silica from rice hull ash"). Tale metodica è stata selezionata per la sua efficienza nel produrre silice ad alta purezza attraverso passaggi sintetici lineari. È stata delineata quindi una metodologia convenzionale con la quale sono stati compiuti i primi test, durante i quali sono state testate inizialmente le principali macro variabili.

Dissoluzione alcalina

Inizialmente, un'aliquota di 5 g di cenere di lolla è stata sospesa in 200ml di una soluzione di idrossido di sodio NaOH 2N. Il sistema è stato mantenuto in agitazione termostata alla temperatura di 100°C per un intervallo di 60 minuti. Durante questa fase, la silice amorfa presente nella cenere reagisce con la base forte per formare silicato di sodio solubile:



Filtrazione e precipitazione

Previa refrigerazione della miscela a temperatura ambiente, la soluzione è stata sottoposta a filtrazione mediante carta da filtro Whatman Grade No. 41. Il filtrato, contenente il silicato di sodio, è stato posto sotto monitoraggio costante del pH. Successivamente, è stata eseguita una titolazione acida mediante l'aggiunta goccia a goccia di acido cloridrico HCl 2 N. Il processo di preci-

Metodologia sperimentale

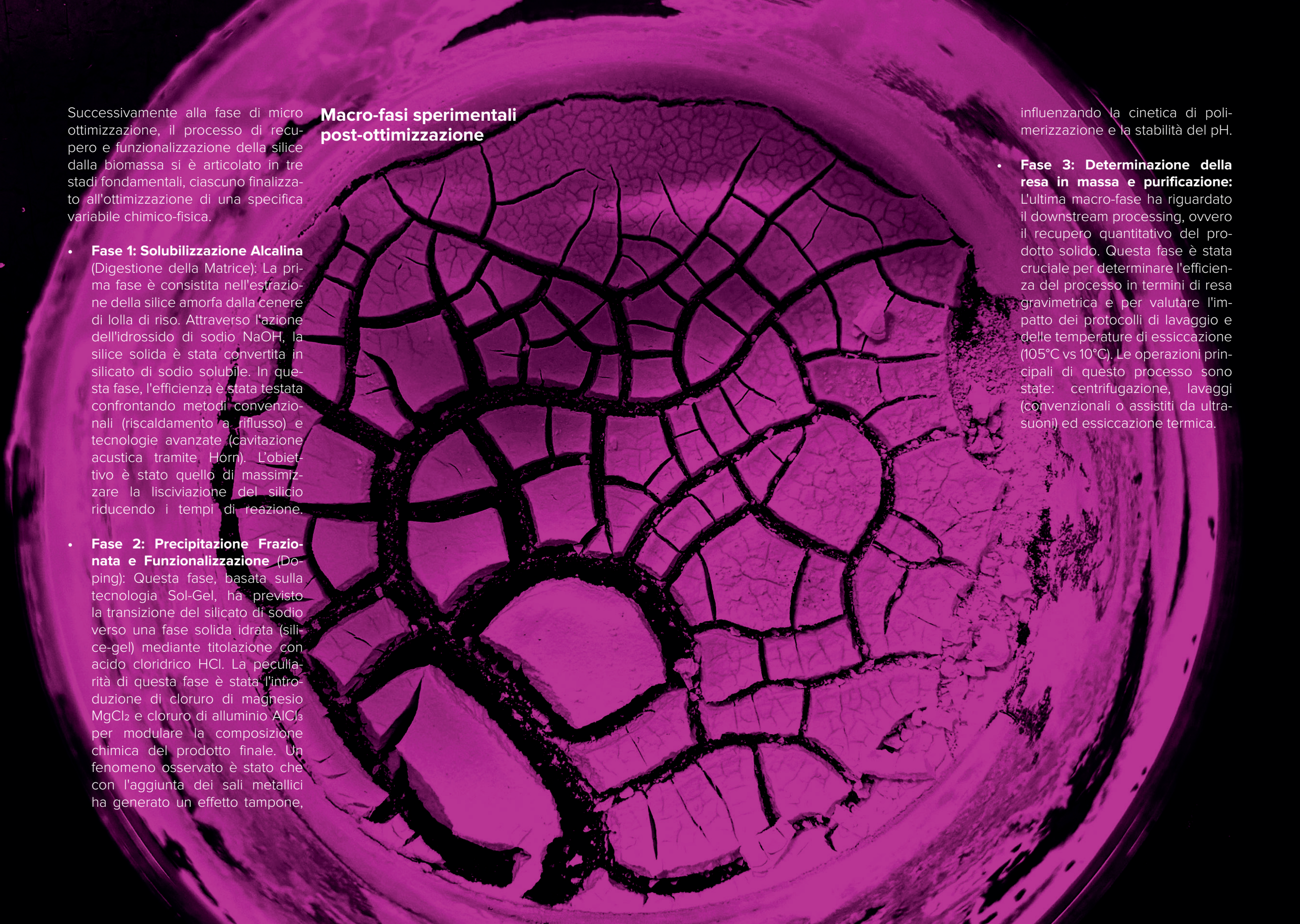
pitazione della silice sotto forma di gel (idrato) inizia tipicamente a valori di pH ≈ 10 e si completa con il raggiungimento della neutralità pH = 7. La reazione di sintesi del gel di silice è la seguente:
Na₂SiO₃ + 2HCl → SiO₂ + 2 NaCl + H₂O

Essiccazione e Purificazione

Il gel ottenuto è stato separato dalla fase liquida residua per filtrazione e sottoposto a un processo di essiccazione termica a 105 °C per un periodo di 12 ore. Per eliminare eventuali residui salini NaCl e impurità metalliche, la polvere è stata sottoposta a tre cicli di lavaggio in acqua deionizzata sotto agitazione a 80°C per 20 minuti, seguiti da filtrazioni finali (Whatman No. 41).

Criticità	Descrizione	Soluzione/ottimizzazione
Inerzia cinetica	Resa nulla a 50°C per 40 minuti.	Stabilizzazione a T> 100°C mediante Horn o Riflusso.
Reagenti acidi	Uso H ₂ SO ₄ pericoloso e inefficiente	Standardizzazione dell'acido cloridrico HCl
Setup Sperimentale	Evaporazione e giallismo in beker aperto a 90°C	Uso obbligatorio di refrigerante a ricadere.

Tabella 14



Successivamente alla fase di micro ottimizzazione, il processo di recupero e funzionalizzazione della silice dalla biomassa si è articolato in tre stadi fondamentali, ciascuno finalizzato all'ottimizzazione di una specifica variabile chimico-fisica.

Macro-fasi sperimentali post-ottimizzazione

- **Fase 1: Solubilizzazione Alcalina** (Digestione della Matrice): La prima fase è consistita nell'estrazione della silice amorfa dalla cenere di lolla di riso. Attraverso l'azione dell'idrossido di sodio NaOH, la silice solida è stata convertita in silicato di sodio solubile. In questa fase, l'efficienza è stata testata confrontando metodi convenzionali (riscaldamento a riflusso) e tecnologie avanzate (cavitazione acustica tramite Horn). L'obiettivo è stato quello di massimizzare la lisciviazione del silicio riducendo i tempi di reazione.
- **Fase 2: Precipitazione Frazionata e Funzionalizzazione** (Doping): Questa fase, basata sulla tecnologia Sol-Gel, ha previsto la transizione del silicato di sodio verso una fase solida idrata (silice-gel) mediante titolazione con acido cloridrico HCl. La peculiarità di questa fase è stata l'introduzione di cloruro di magnesio $MgCl_2$ e cloruro di alluminio $AlCl_3$ per modulare la composizione chimica del prodotto finale. Un fenomeno osservato è stato che con l'aggiunta dei sali metallici ha generato un effetto tampone,

influenzando la cinetica di polimerizzazione e la stabilità del pH.

- **Fase 3: Determinazione della resa in massa e purificazione:** L'ultima macro-fase ha riguardato il downstream processing, ovvero il recupero quantitativo del prodotto solido. Questa fase è stata cruciale per determinare l'efficienza del processo in termini di resa gravimetrica e per valutare l'impatto dei protocolli di lavaggio e delle temperature di essiccazione ($105^{\circ}C$ vs $10^{\circ}C$). Le operazioni principali di questo processo sono state: centrifugazione, lavaggi (convenzionali o assistiti da ultrasuoni) ed essiccazione termica.

Le variabili indipendenti monitorate durante l'intero percorso di ricerca sono state:

- **Carico di biomassa:** 5 g, 10 g e 15 g di cenere di lolla di riso.
- **Concentrazione reagente estrante:** Soluzioni di NaOH a 1N e 2N.
- **Tecnologia di solubilizzazione:** Cavitazione acustica (Horn) e Riscaldamento a riflusso (Bagno siliconico).

Quadro generale delle sperimentazioni

Variabile	Descrizione tecnica
Tecnologia Horn	Cavitazione acustica (20-21 kHz, 300W). Disgregazione meccanica intensa.
Riflusso	Riscaldamento convenzionale in bagno d'olio con condensatore. Controllo termico.
Volume NaOH	Volume di 200ml o 400ml
Concentrazione NaOH	1N: Minore aggressività; 2N: Maggiore efficienza estrattiva e forza ionica.
Carico solido	Rapporto p/v variabile (da 1:40 a 1:13.3) per testare la saturazione.

Tabella 15

Variabili di modifica chimica (Doping) e meccanismi di precipitazione

La transizione della silice dalla fase solubile alla fase solida idrata avviene nella fase di gelificazione Sol-Gel tramite titolazione acida. L'introduzione di specifici additivi durante questo passaggio altera radicalmente la struttura e la cinetica del precipitato:

- **Senza additivi:** In assenza di modificatori, la titolazione con HCl segue una cinetica lineare. Il raggiungimento del punto di gelificazione a pH = 7 produce una silice amorfa pura polimerizzata in modo simmetrico, ma priva degli elementi metallici necessari per eguagliare le proprietà rinforzanti del benchmark industriale.
- **Doping con sali metallici MgCl₂ + AlCl₃:** L'aggiunta combinata di cloruro di magnesio e cloruro di alluminio introduce nel sistema i cationi Mg²⁺ e Al³⁺. Sotto il profilo chimico, l'idrolisi di questi sali genera un marcato effetto tampone che stabilizza il pH durante la gelificazione, rallentando la cinetica di polimerizzazione. Questo permette ai cationi metallici di inserirsi stabilmente nei nodi della matrice silicatica, formando allumino-silicati e magnesio-silicati idrati. Il risultato è una modifica strutturale che mima la composizione chimica complessa del Perkasil® KS 207.
- **Effetto salino in eccesso NaCl:** L'introduzione o la permanenza di elevate concentrazioni di cloruro

di sodio genera un fenomeno di schermatura elettrostatica. Questo provoca una coagulazione e una precipitazione ultra-rapida del gel. Sebbene questo acceleri la cinetica del processo, rischia di intrappolare impurità all'interno dei pori, richiedendo protocolli di lavaggio più severi.

Metodologie di purificazione e meccanismi di lavaggio

Il downstream processing è cruciale per rimuovere i sottoprodotti di reazione (principalmente NaCl e le frazioni metalliche non coordinate, i quali comprometterebbero la purezza finale del materiale:

- **Metodo 1:** Questo protocollo si basa su cicli alternati di essiccazione termica a 105°C e lavaggi intensivi in acqua deionizzata. Rappresenta il vertice in termini di purezza chimica.
- **Metodo 2 (ultrasonico):** Questa metodologia prevede l'applicazione di ultrasuoni a bassa frequenza (40 kHz) immersi in un singolo ciclo di lavaggio, seguito da un'unica essiccazione finale a 105°C. La cavitazione acustica genera micro-getti liquidi ad alta energia che disgregano rapidamente i agglomerati salini superficiali, riducendo drasticamente i tempi operativi.
- **Metodo 2 (Lento / Evaporativo):** Consiste in una disidratazione a bassissima temperatura (45°C) protratta per 48 ore. Sotto il profilo industriale e cine-

tico, questo approccio si è dimostrato altamente inefficiente.

Variabile termica: temperatura di essiccazione e deidratazione

La temperatura a cui viene sottoposto il gel di silice non influisce solo sulla rimozione del solvente, ma determina la stabilità strutturale del reticolo poroso:

- **Essiccazione a 105°C:** È la temperatura ottimale per guidare la rimozione completa dell'acqua libera intergranulare e dell'acqua di coordinazione molecolare intrappolata nel gel. Questa temperatura permette di raggiungere il punto di deidratazione ottimale, stabilizzando la struttura amorfa e preservando l'elevata superficie specifica (BET) richiesta per le applicazioni industriali.
- **Essiccazione a 80°C:** A questa temperatura la rimozione dell'acqua strutturale è solo parziale. Il gel conserva un tasso di umidità residua che ne altera il peso gravimetrico (falsando la determinazione della resa in massa) e ne riduce la stabilità chimica a lungo termine, rendendo il materiale parzialmente igroscopico.

Dalla vasta serie di test condotti, sono stati isolati due campioni che rappresentano i vertici prestazionali del progetto.

**Eccellenza qualitativa:
Campione 8.2**

Il campione 8.2 rappresenta il successo tecnologico nel mimare il materiale target industriale.

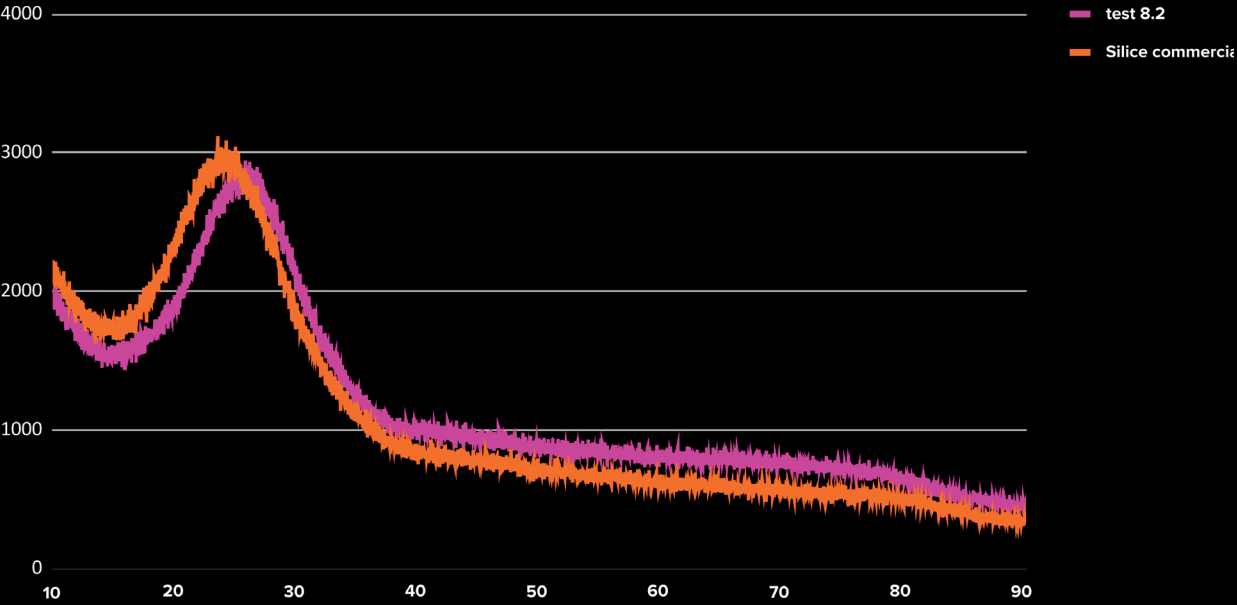
Protocollo: Utilizzo della tecnologia Horn con NaOH 1N.

Qualità:Grazie all'aggiunta controllata di sali di Magnesio e Alluminio e all'applicazione del di purificazione a lavaggi e cotture intervallati, si è ottenuta una silice dopata ad alta purezza, con una struttura chimica sovrapponibile al Perkasil® KS 207 (Evonik Industries, 2024).

**Analisi dei campioni di
eccellenza**

Grafico dell'analisi XRD, del campione 8.2 in comparazione con la silice commerciale

Test 8.2 e silice commerciale



**Eccellenza quantitativa:
Campione 11**

Il campione 11 ha evidenziato la configurazione ideale per massimizzare la produzione.

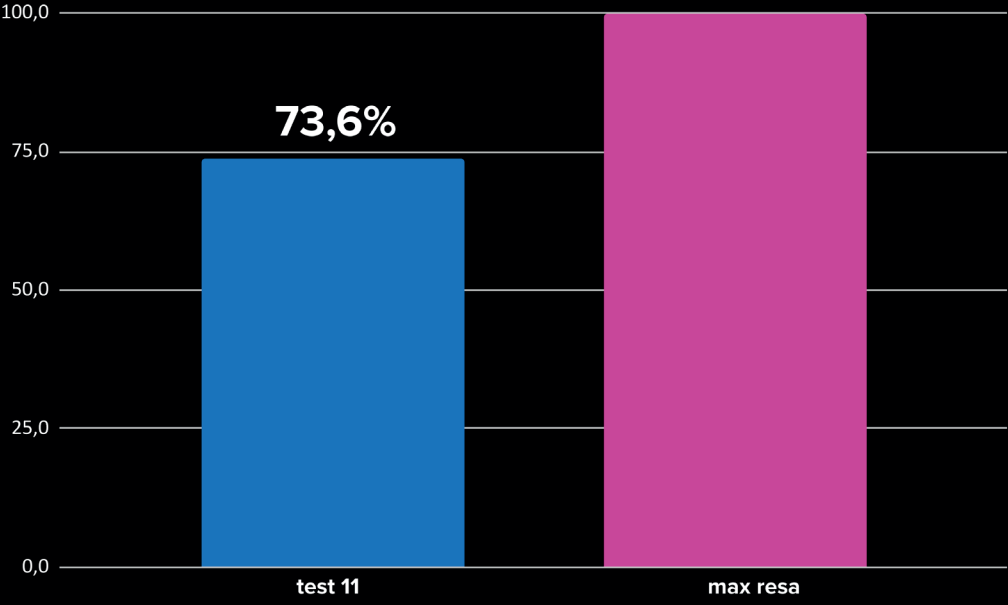
Protocollo: Utilizzo di una soluzione 1 Molare di NaOH in un volume di 400 ml per 5 g di cenere.

Risultato: Il raddoppio del volume del solvente ha drasticamente ridotto la saturazione della soluzione durante la digestione. Questa minore viscosità ha facilitato il contatto tra reagente e biomassa, garantendo una resa in massa nettamente migliore e una lisciviazione del silicio più completa.

Modifica Chimica (Doping): Assente, Sali metallici MgCl₂ AlCl₃, Effetto salino NaCl.

Graico resa di estrazione del test 11 rispetto alla resa massima ipotetica

Test 11 e massima resa ipotetica



Macro-elenco esperimenti

Test	Massa cenere	NaOH		Tecnologia	Doping/variabili di precipitazione	Metodo di lavaggio/ essiccazione
1	5g	2N in 200ml		Horn	Standard	Metodi 1, 2, 3 (Confronto)
2	5g	1N in 200ml		Horn	Standard	Metodi 1, 2, 3 (Confronto)
3	5g	1N in 200ml		Riflusso	Standard	Metodi 1, 2, 3 (Confronto)
4	5g	1N in 200ml		Riflusso	MgCl ₂ + AlCl ₃ (Effetto Tampone)	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
5	10g	1N in 200ml		Riflusso	Standard	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
6	15 g	1N in 200ml		Riflusso	Standard	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
7	5g	1N in 200ml		Riflusso	MgCl ₂ + AlCl ₃ (Effetto Tampone)	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
8	5g	1N in 200ml		Horn	Standard	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
9	10g	1N in 200ml		Horn	Standard	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
10	5g	2N in 200ml		Horn	Standard	Metodi 2/ 105°C vs 80°C
11	5g	1N in 400ml		Horn	Standard	Metodi 2/ 105°C

Tabella 16

Sitografia

Evonik Industries. (2024). Perkasil® KS 207: Synthetic amorphous sodium magnesium aluminum silicate benchmark data sheet. Evonik Inorganic Materials.

Kalapathy, U., Proctor, A., & Shultz, J. (2000). A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology*, 73(3), 257-262. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00127-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00127-3)

Nuova Saimar. (2025). Cenisol-A: Biogenic amorphous silica technical data sheet. Nuova Saimar S.r.l.

Immagini

Figura 1: Aof_X2. (n.d.). Parete di roccia marrone [Fotografia]. Vecteezy. <https://it.vecteezy.com/foto/1862172-parete-di-roccia-marrone> **Pag: 144-145**

Figura 2: Politecnico di Torino. (2026). Micrografia al microscopio elettronico a scansione (SEM) della cenere di lolla di riso Cenisol-A [Immagine]. Laboratorio DISAT. Politecnico_Torino_2026_CenisolA_SEM.jpg **Pag: 150**

Figura 3: Università degli Studi di Torino. (2026). Analisi morfologica al microscopio elettronico del silicato sintetico amorfo Perkasil® KS 207 [Immagine]. Laboratorio STF. UniTo_2026_Perkasil_SEM.jpg **Pag: 151**

DAL LABORATORIO ALL'IMPIANTO

32

L'ingegnerizzazione del processo di estrazione della silice biogenica richiede una rigorosa transizione di scala che converta le evidenze cinetiche della micro-sperimentazione in parametri di flusso stabili e riproducibili industrialmente. Il passaggio dai test di laboratorio alla pianificazione dello scale-up si fonda sui risultati geometrici e stechiometrici del campione di eccellenza quantitativa del test 11, il quale ha tracciato la baseline operativa per l'intero downstream progettuale.

All'interno della vasta campagna sperimentale, il test 11 ha fatto registrare il picco prestazionale in termini di resa gravimetrica, raggiungendo l'eccellente valore del 73,6% di silice estratta rispetto alla massa iniziale di cenere Cenisol-A.

La chiave di volta chimico-fisica di questo successo risiede nella profonda modifica del rapporto solido-liquido. Rispetto al protocollo standard (5 g di cenere in 200 ml di solvente alcalino), il test 11 ha previsto il raddoppio del volume del reattivo, sospendendo 5 g di cenere in 400 ml di una soluzione 1 Molare di idrossido di sodio (NaOH).

Scale up in laboratorio

Questa configurazione ha indotto due effetti cinetici fondamentali:

- **Abbattimento della saturazione:**
L'incremento del volume del solvente ha impedito alla soluzione di raggiungere precocemente il punto di saturazione chimica durante la digestione termica.
- **Riduzione della viscosità locale:**
La minore densità del fluido ha ottimizzato il coefficiente di scambio di massa, fluidificando l'interfaccia tra il reagente estraente e la struttura granulare porosa della cenere. L'azione combinata della cavitazione acustica (tecnologia Horn a 20-21 kHz e 300 W) ha così operato una lisciviazione del silicio radicale e completa.

La validazione su scala pilota: Il test a 50 litri

L'eccellenza quantitativa del 73,6% ha dimostrato che il fattore determinante per scalare il processo non risiede nell'aumento della concentrazione della base forte (il passaggio da NaOH 1N a 2N), bensì nel mantenimento del perfetto equilibrio stechiometrico e fluidodinamico del rapporto solido-liquido, fissato rigorosamente a 12,5 grammi di cenere per ogni litro di solvente. Per verificare la replicabilità di questa cinetica su scale dimensionali superiori, è stato condotto un test di scale-up intermedio (scala pilota) all'interno di un reattore da 50 litri. Preservando l'esatta proporzione chimica isolata nel test 11, il setup ha previsto l'impiego di:

- **50 litri** di soluzione estraente di

idrossido di sodio (NaOH) 1 Molare.

- **625 grammi** di cenere di lolla di riso Cenisol-A in polvere.

L'esito del test pilota ha confermato la perfetta stabilità del protocollo: la riduzione della resistenza idrodinamica e il controllo rigoroso dei parametri termici hanno permesso di emulare le dinamiche del laboratorio, confermando che il trasferimento di massa del silicio verso la fase liquida (sotto forma di silicato di sodio solubile) rimane altamente efficiente anche quando i volumi aumentano di due ordini di grandezza.

I dati combinati del laboratorio (test 8.2 e test 11) e del pilota (50 litri) costituiscono la solida giustificazione scientifica su cui si sviluppa il modello di industrializzazione ipotetico descritto nello schema successivo. L'obiettivo ultimo del progetto è traghettare la tecnologia verso un regime di produzione massiva, capace di generare flussi continui di silice amorfa da destinare all'integrazione nelle mescole elastomeriche di Guma Factory, rimpiazzando definitivamente il Perkasil® KS 207 di origine mineraria.

Autoproduzione massiva tramite cavitazione idrodinamica

Il passaggio alla scala macro (fissata su un modulo base di un reattore da 500 litri per ciclo) impone l'abbandono della cavitazione acustica tramite Horn. Al suo posto, il sistema introduce la cavitazione idrodinamica. Generando il fenomeno del collasso delle micro-bolle direttamente attraverso strozzature controllate e variazioni di pressione nel flusso di pompaggio del fluido, questa tecnologia garantisce:

- **Omogeneità di lisciviazione:** Tutta la massa dei 500 litri viene ugualmente sottoposta allo stress energetico del collasso cavitazionale, puntando a eguagliare o superare la resa del 73.6% su volumi industriali.
- **Efficientamento energetico estremo:** Come dettagliato nel bilancio energetico della mappa, l'energia meccanica del flusso è nettamente inferiore all'energia elettrica richiesta dalle sonde a ultrasuoni industriali o dal riscaldamento termico tradizionale a riflusso, rendendo l'intero downstream ecologicamente e finanziariamente sostenibile.

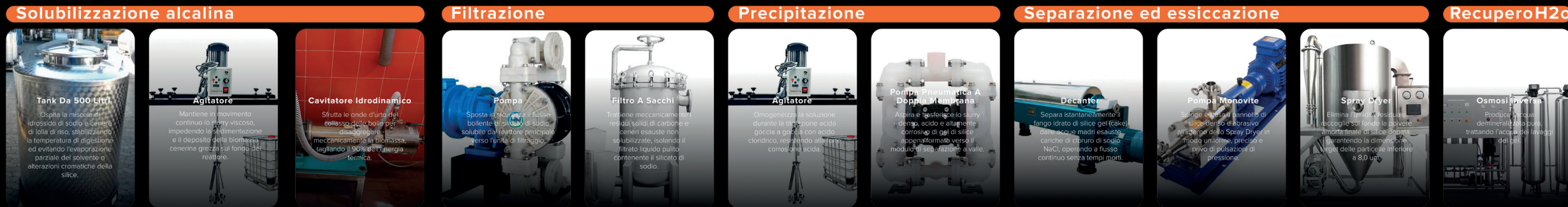
QR code per tavola online



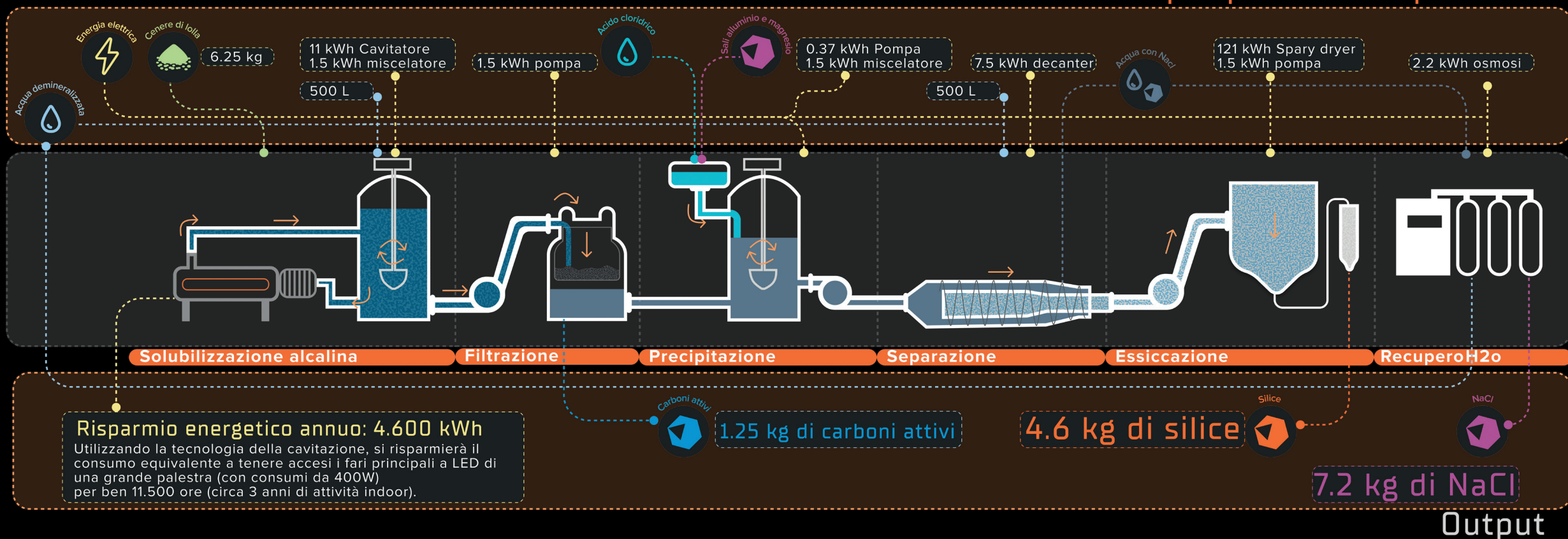
Fase in laboratorio



Fase industrializzata



Schema funzionale



SVILUPPO

4

VALUTAZIONE DEL SISTEMA



La transizione da una filiera industriale lineare a un modello economico intrinsecamente sistemico richiede l'adozione di strumenti predittivi capaci di mappare la propagazione del valore e delle esternalità nel tempo e nello spazio. All'interno del framework metodologico del Systemic Design, la fase conclusiva denominata **"Boosting the system"** si configura come l'atto di formalizzazione degli assunti qualitativi e quantitativi che governano gli effetti del progetto a breve, medio e lungo termine. L'obiettivo fondamentale di questa fase non è una semplice rendicontazione statistica ex-post, bensì la costruzione di una solida traiettoria futura in grado di validare la resilienza del sistema e strutturare una narrazione ad alto impatto per tutti gli attori della rete (stakeholders) (Barbero, Rovera & Campanella, 2024). Per valutare la portata dell'innesto della silice biogenica Cenisol-A all'interno delle mescole ad alte prestazioni prodotte in sinergia con Guma Factory, è stata elaborata una Mappa di Valutazione Sistemica, formalizzata nell'elaborato grafico. Questa matrice organizza gli effetti incrociando gli orizzonti temporali di evoluzione con le scale dimensionali del sistema, secondo una prospettiva multilivello (Multi-Level Perspective) (Geels, 2002):

Inquadramento metodologico

- **Orizzonti temporali:** L'asse delle ascisse segmenta lo sviluppo in Breve termine (0-2 anni), Medio termine (2-5 anni) e Lungo termine (5-10+ anni).
- **Scale dimensionali:** L'asse delle ordinate organizza il raggio d'azione tra la Scala Micro, la Scala MediaMeso e la Scala Macro.

La matrice opera una distinzione ontologica fondamentale tra due categorie di effetti:

Risultati: Gli esiti tangibili, misurabili e quantificabili generati direttamente dall'introduzione del nuovo modello.

Impatti: Le conseguenze di natura qualitativa, intenzionali o sistemiche, che non possono essere ridotte a meri indicatori numerici ma che trasformano strutturalmente il contesto. L'interconnessione tra questi livelli è guidata da vettori operativi di design e mappata secondo le tre macro-aree della sostenibilità:

**l'asse Sociale (in blu),
l'asse Ambientale (in verde)
e l'asse Economico (in viola).**

QR code per tavola online



legenda



macro

mutamenti strutturali riguardanti le politiche pubbliche, le economie regionali e le direttive internazionali

media

interventi che attivano network territoriali, catene del valore e consorzi

micro

iniziative circoscritte all'ecosistema aziendale e alla community di riferimento

Massa critica
12 mila tessitori Fiat
40 mila praticanti attivi

PRODUZIONE AZIENDALE
3200kg di gomma
Produzione gomma 50.000 tessitori

CAVITAZIONE IDRODINAMICA
individuazione tecnologia non convenzionale

INDIVIDUAZIONE MATERIA PRIMA
da cui estrarre la silice

CENISOL-A
Materiali prodotti dall'azienda disposti al mercato

10 mila ton/anno
Ceneri di lolla di riso
Prodotte all'azienda spinosa

Silice di qualità uguali
Qualità identica in committenti
valorizzando la cenere di lolla

448kg di silice all'anno
14% di silice al mercato della mescola

RISULTATI
Risparmio ~90%
Risparmio 5000 kWh

% (da def) resa di estrazione della silice dalla cenere

Generazione di scarti non pericolosi
produzione di NaCl, carboni attivi e acqua

Accorgimenti tecnici
Affinare il processo per poter estrarre la silice con la massima qualità

Riduzione dei Rifiuti
Il processo Sol-Gel, implementato permette di generare come scarti: NaCl e carboni attivi

Valorizzazione del Brand
Positionamento come "Green Tech Factory" aumenta il valore intrinseco dell'azienda

(50k-70k) suole/anno
Possibile domanda di risuolatura

Standard di performance
Dimostrare che la silice spinosa eguaglia il grip dei materiali sintetici elevando il pregio della "sostenibile" sigla "meno performanti"

Over produzione
L'azienda produce molto più silice di quanta ne ha bisogno per la sua produzione

Entrata nel mercato B2B
rendendo il "ciclo" di produzione e settori industriali diversi

Costo della materia prima predicabile
Il costo del Cenisol-A è del 40% inferiore rispetto al costo di altri prodotti funzionali d'impantazione, garantendo una redditività dei margini operativi stabile a lungo termine

Sinergia urbano-rurale
Il progetto crea un ponte economico diretto con gli agricoltori del vercellese e del novarese. Si genera una micro-economia circolare regionale che redistribuisce il valore economico sul territorio

Ciclo dell'acqua chiuso
L'integrazione dell'impianto a ciclo inverso permette di demineralizzare l'acqua necessaria all'irrigamento del campo di sodo NaCl generata dalla reazione. L'acqua di lavaggio può essere così desalata e reimpiegata costantemente nel ciclo, riducendo l'impronta idrica (Water Footprint)

Indipendenza Geopolitica
Proponendo la silice spinosa a Torino e partire da uno scarto locale, Guma Factory azzerà il rischio di interruzione delle forniture e si sottrae alle speculazioni finanziarie internazionali

Licenze
Il know-how sviluppato, tramite cessione ideologica a un asset intellettuale e brevettabile, l'azienda potrà vendere in licenza il know-how a terzi distretti industriali vicini a grandi aree (piccole mondiali)

Stop al consumo di suolo
La silice spinosa è un prodotto per l'industria del polimerico, consegue alla riduzione degli habitat built e alterazione dell'idrologia

Democratizzazione della Sostenibilità
Dimostrare che la silice spinosa è una scelta etica senza compromessi leciti

Valorizzazione dello scarto agricolo
Utilizzando il Cenisol-A, che nasce da un processo controllato di cottura della lolla di riso, Guma Factory azzerà la necessità di nuovi materiali agricoli

Risuolatura Consapevole
Promuovere una gomma a ridotto impatto ambientale, sposta il focus della comunità dall'acquisto compulsivo di scarpe nuove al servizio di risuolatura professionale. Riducendo lo spreco e la dispersione delle scarpe usate

Network
Si crea una nuova di community, che sono unite dall'interesse di questo tipo di gomma

Sponsorizzazioni
Campagna di sponsorizzazione di atleti, che utilizzano il prodotto

Certificazioni
Acquisizione di certificazioni "Bio Based"

Inspirazione per nuove startup
Vedere un'azienda al fronte scalare un impianto partendo dalle risorse locali, a guardare gli scarti tipici dei settori prioritari, non come rifiuti da smaltire, ma come fonti di nuova materia prima

Criteri Ambientali Minimi
Se la futura politica nazionale estenderà i CAM (Criteri Ambientali Minimi), questo dovrebbe all'azienda una corsa preferenziale nel bando istituzionali

Credit di sostenibilità
L'azienda si certificherebbe come "carbon negative" e si sottrae da finanziare nella mescola permetterà a Guma Factory di generare dei veri e propri "Crediti di Carbonio"

Bloconomy strategy
Le politiche regionali che finanziano lo scale-up industriale da progetti di laboratorio a modelli di massa accelerano il successo di Guma Factory e fondi privati e loro agenzie per l'acquisto dei marchi (marking) pesanti

Opinione pubblica
Il cliente si rende conto che la soluzione proposta non solo è un dato ingegneristico, ma è un dato etico e sociale, che si pone a servizio del mercato e del territorio

La cultura della comunità
All'interno della comunità nasce la cultura della "silice spinosa". La silice spinosa diventa una scelta di riga economica e diventa una scelta simbolica etica

La psiche dell'atleta
Il cliente sperimenta che una gomma da risuolatura nata dagli scarti della lolla di riso offre un grip superiore della gomma generica. La percezione si sposta dal "comprare green" per fare un acquisto a "comprare green" perché è tecnologicamente superiore

La simbiosi industriale
Si crea una rete sinergica tra il settore primario e la manifattura urbana avanzata

Effetto volano nel tessuto sociale
Guma Factory si trasforma in un caso studio accademico e industriale

Lavoro e PIL
Creazione di nuovi posti di lavoro specializzati (Green Jobs) nell'indotto chimico e logistico piemontese. Ogni 10 m di soluzione proposta non solo sono un dato ingegneristico, ma sono un dato etico e sociale, che si pone a servizio del mercato e del territorio

breve

0-2 anni

medio

2-5 anni

lungo

5-10 anni

Come evidenziato nel punto di ancoraggio situato nel vertice inferiore sinistro della matrice di sviluppo, l'intero impianto predittivo non poggia su assunzioni teoriche astratte, ma è cinematicamente vincolato ai risultati tecnici consolidati nella fase di scale-up industriale e di diagnosi olistica:

- **La massa critica territoriale:** L'intercettazione logistica di 70 mila tonnellate all'anno di lolla di riso all'interno dell'areale risicolo del "Triangolo d'Oro" (Vercelli-Novara-Pavia).
- **L'Efficientamento energetico di processo:** Un risparmio energetico netto quantificato in 4600kWh annui, ottenuto grazie alla sostituzione dei vecchi sistemi di agitazione termica con la tecnologia della cavitazione idrodinamica.
- **Il bilancio di massa ottimizzato:** La generazione, per singolo ciclo impiantistico da 500 litri, di 4,6 kg di silice amorfa ad alta purezza (Cenisol-A), con il recupero contestuale di 1,25 kg di carboni attivi e 7,2 kg di cloruro di sodio, considerati materie prime secondarie interamente valorizzabili a rifiuto zero.

Questo nucleo ingegneristico permette a Guma Factory la formulazione e la produzione interna di 3000kg all'anno di miscela elastomerica addizionata con silice biogenica, costituendo il punto di leva materiale.

L'Innesco industriale: risultati quantitativi dello scale-up

Analisi della matrice

Il breve termine

L'orizzonte del breve termine è finalizzato al superamento delle barriere d'ingresso del mercato e al consolidamento della fiducia tecnologica attorno alla miscela green, agendo in modo mirato sulle scale micro e meso per gettare le basi del capitale relazionale del progetto.

Scala micro (l'ecosistema aziendale e la community)

In questa fase embrionale, le azioni si concentrano sulla **valorizzazione del brand di Guma Factory** attraverso lo sviluppo di una strategia di comunicazione basata sulla trasparenza e sullo Storytelling Scientifico.

Questa narrazione rigorosa è progettata per colpire direttamente il deficit informativo rilevato nelle indagini empiriche (dove ben il **61,9%** dei climber ha dichiarato di ignorare l'origine petrolchimica delle suole tradizionali), convertendo lo "shock cognitivo" dell'utente in un potente fattore di **engagement etico**. Sul piano prettamente ecologico si registrano i primi risultati quantificabili: l'attivazione di un circuito chiuso di **economia circolare locale** e il conseguente **abbattimento del carbon footprint** iniziale del semilavorato. Questo avvia il processo di **decarbonizzazione** progressiva del catalogo prodotti dell'azienda, riducendo l'impronta di carbonio derivante dalla sostituzione del filler minerale d'importazione estera.

Scala media/meso (I network dei risuolatori e i calzaturifici)

A livello di rete settoriale, l'impatto primario è di natura tecnica ed economica. L'azione si focalizza sulla validazione e sulla determinazione degli **standard di performance** della mescola vulcanizzata, dimostrando sperimentalmente che la silice biogenica eguaglia i moduli elastici, la durezza e le proprietà delle gomme fossili tradizionali. Il raggiungimento di questi standard tecnici produce un immediato effetto economico: **l'ottimizzazione dei costi di produzione** (grazie all'azzeramento dei costi logistici di importazione e alla riduzione dei trasporti a lungo raggio). Ciò sblocca **l'entrata nel mercato B2B**, offrendo ai laboratori di risuolatura e ai piccoli calzaturifici locali una fornitura stabile, etica e tecnicamente ineccepibile.

Il medio termine rappresenta la fase di consolidamento strutturale dell'innovazione. Gli impatti iniziano a migrare verticalmente verso la macro-scala, mentre i processi operativi delle scale inferiori vengono standardizzati e integrati nel territorio.

Scala micro (sperimentazione empirica e chiusura dei cicli)

La community cessa di essere un mero recettore passivo del marketing e viene integrata come attore attivo del processo di co-design attraverso l'istituzione dei **Guma Test Days**, campagne di prova sul campo e nelle sale indoor volte a raccogliere dati e

Il medio termine

convalidare i **test di prestazione** sul lungo periodo. Sotto il profilo prettamente impiantistico, il modulo industriale da 500 litri descritto nello scale-up raggiunge la massima efficienza ambientale: viene implementato il **ciclo dell'acqua chiuso** e si attiva il **recupero idrico** totale tramite l'unità a osmosi inversa. Questo traguardo tecnologico elimina drasticamente il rilascio di reflui salini e completa la totale **valorizzazione delle scarti agricoli** a rifiuto zero, riducendo la tossicità potenziale dei processi chimici tradizionali.

Scala media/meso (resilienza ed autonomia della catena del valore)

La convergenza dei flussi ambientali ed economici genera una profonda riorganizzazione della filiera sportivo-industriale:

- **Stabilità del pricing:** Il costo di produzione e fornitura della silice Cenisol-A si standardizza su larga scala, rendendo la mescola green pienamente competitiva dal punto di vista economico rispetto alle cariche fossili tradizionali.
- **Autonomia strategica e resilienza:** Si concretizza una reale **indipendenza geopolitica** dall'approvvigionamento di materie prime estere, proteggendo la catena del valore di Guma Factory dalle fluttuazioni di prezzo e dalle crisi logistiche dei mercati estrattivi globali.
- **Dematerializzazione e razionalizzazione:** La **riduzione del consumo di risorse vergini** e l'otti-

mizzazione dei flussi di trasporto locali minimizzano l'impatto ambientale complessivo della filiera.

Scala macro (quadro istituzionale e certificazioni di terza parte)

Il progetto inizia a dialogare in modo stabile con il livello macroscopico delle istituzioni e delle normative. Vengono attivate **collaborazioni istituzionali con università** ed enti di ricerca per la tutela del know-how scientifico tramite il deposito di **brevetti industriali** focalizzati sul processo di estrazione idrodinamica. Il conseguimento di **certificazioni ambientali ufficiali** rispondono in modo puntuale alla specifica richiesta espressa dal consumatore nel questionario (dove il **42,1%** ha indicato le certificazioni d'origine come incentivo d'acquisto vincolante). Questo sblocca contratti di **sponsorizzazione commerciale** con atleti professionisti e federazioni, accelerando la nascita di un **network commerciale internazionale** e riducendo, su scala globale, il volume dei rifiuti commerciali del settore calzaturiero.

Il lungo termine

Nell'orizzonte del lungo termine, il progetto compie la sua massima espansione sistemica, uscendo dai confini della nicchia sportiva per trasformarsi in un catalizzatore macro-economico, culturale e politico.

Scala Macro (metamorfosi culturale e volano economico territoriale)

Come illustrato nell'angolo destro della mappa, la convergenza di tutte le linee guida del design determina quattro macro-impatti qualitativi e strutturali irreversibili:

- **Cambiamento paradigmatico (cultura della community):** Si assiste a un cambiamento nel mondo dell'arrampicata sportiva. La sostenibilità e la circolarità dei materiali della suola cessano di essere vissute come un'opzione commerciale premium o un compromesso ecologico, convertendosi in un prerequisito culturale implicito e in uno standard valoriale imprescindibile per l'intera community dei climber.
- **Simbiosi industriale istituzionalizzata:** Il modello risicolo-sportivo piemontese viene codificato come un caso studio di riferimento per la **Green Economy Strategy** europea, dimostrando l'efficacia della cooperazione a saldo zero tra il comparto agro-alimentare primario (la risicoltura vercellese) e l'industria chimica ad alta prestazione dello sport.

- **Dominio pubblico dell'innovazione:** I protocolli e i brevetti validati aprono la strada alla conversione ecologica di altri segmenti merceologici dei tecnopolimeri (es. calzature generiche, dispositivi di protezione, pneumatici urbani), espandendo l'impatto del design sistemico.
- **Lavoro e PIL territoriale:** L'impatto economico esce definitivamente dai confini aziendali per riflettersi sugli indicatori macro-economici della Regione Piemonte. La nascita di un vero e proprio distretto industriale dedicato alla raffinazione della silice biogenica genera nuovi posti di lavoro green altamente qualificati (dalla logistica rurale alla chimica dei polimeri) e incrementa il PIL territoriale, attivando un **effetto volano socio-economico autosufficiente, resiliente e svincolato dalle logiche estrattive fossili.**

Sitografia

Barbero, S., Rovera, F., & Campanella, A. (2024). Systemic Design: Boosting the system [Dispensa didattica]. Politecnico di Torino, Systemic Design Lab.

Benoît Norris, C., Traverso, M., Neugebauer, S., Ekener, E., Schaubroeck, T., Russo Garrido, S., Berger, M., Valdivia, S., Lehmann, A., Finkbeiner, M., & Fontes, J. (2020). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of products and organizations 2020. United Nations Environment Programme (UNEP). <https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/01/Guidelines-for-Social-Life-Cycle-Assessment-of-Products-and-Organizations-2020-22.1.21sml.pdf>

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8/9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

Soltani, N., Bahrami, A., Pech-Canul, M. I., & González, L. A. (2015). Review on the extraction of amorphous silica from rice husk for industrial applications. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 50, 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.jrmhm.2015.02.001>

Immagini

Figura 1: Vecteezy. (n.d.). Parete roccia porosa per sfondo o texture [Fotografia]. <https://it.vecteezy.com/foto/2157567-parete-roccia-porosa-per-sfondo-o-texture> **Pag:174-175**

Figura 2: Komori, M. (n.d.). Un primo piano di un mucchio di riso integrale [Fotografia]. Unsplash. <https://unsplash.com/it/foto/un-primo-piano-di-un-mucchio-di-riso-integrale-tyVcPQfncrg> **Pag:176-177**

SVILUPPO COMMA

4.2



Con l'azienda **IlGa Gomma S.R.L.** è stata analizzata la produzione della gomma e si è osservato che richiede una sequenza di operazioni termo-mecchaniche qui di seguito descritte:

Fase 1:
Formulazione e dosaggio
(compounding)

La fase di compounding costituisce il punto di partenza della formulazione, all'interno del quale vengono determinati i rapporti di tutti gli ingredienti.

Fase 2:
Miscelazione meccanica (mixing)

Una volta completato il dosaggio dei componenti, la miscela cruda entra nella fase di miscelazione meccanica. Si sviluppa all'interno di un mescolatore interno ad alta energia (Banbury). In questa camera chiusa vengono inseriti tutti i componenti chimici a parte gli agenti vulcanizzanti. Sotto l'azione di forze di taglio estremamente elevate impartite dai rotori, la temperatura interna della massa sale rapidamente per attrito viscoso fino a raggiungere un range compreso tra i 100 °C e i 130 °C. Gli agenti vulcanizzanti e gli acceleranti vengono inseriti o successivamente a questa fase oppure, negli ultimi 30/60 secondi di miscelazione. Il semilavorato viene quindi scaricato dal Banbury e trasferito immediatamente al secondo stadio di miscelazione, che avviene su un mescolatore aperto a due rulli controrotanti, i quali stendono la miscela, per raffreddarla.

Il processo produttivo:
dalla formulazione alla
vulcanizzazione



Fase 3:
Calandratatura

Il foglio di gomma cruda ottenuto dal mescolatore a rulli deve essere sottoposto a un processo di formatura prima di poter essere inserito negli stampi di cottura. Questa operazione viene eseguita tramite una calandra industriale, una macchina costituita da una serie di rulli cilindrici sovrapposti, regolabili e rotanti. Una volta ottenuto lo spessore desiderato, il foglio continuo di gomma viene fatto passare su un nastro trasportatore per raffreddarlo.

Fase 4:
Vulcanizzazione a compressione

Le pre-forme di gomma cruda vengono inserite all'interno delle cavità di stampi metallici, che per quanto riguarda le lastre per suole d'arrampicata, è un piano che schiaccia uniformemente la lastra. Lo stampo viene inserito all'interno di una pressa idraulica a piastre riscaldate. Sotto l'azione combinata dell'elevata pressione e del calore, la gomma cruda fluidifica e allo scadere del tempo ottimale dai 3 ai 9 minuti, la pressa si apre e la suola vulcanizzata viene estratta a caldo.

Coerentemente con la traiettoria di scale-up industriale, la transizione della silice biogenica estratta dalle ceneri Cenisol-A dal laboratorio alla matrice polimerica si compie attraverso la collaborazione con l'azienda **IIGa Gomma S.r.l.** (partner strategico di aziende del settore come Scarpa, La Sportiva). All'interno del flusso di compounding e miscelazione meccanica, il filler vegetale viene integrato nel blend elastomerico per sostituire le silici minerali tradizionali.

Tuttavia, la riuscita vulcanizzazione delle lastre costituisce unicamente la base materiale del processo. In parallelo la fase di testing empirico sul campo, con i futuri Guma Test Days, è necessario stabilire le prestazioni, attraverso i metodi diagnostici di elezione. Questa caratterizzazione ha l'obiettivo di quantificare la risposta elastomeccanica della nuova gomma e verificare se l'accoppiamento tra la silice da lolla e gli elastomeri base abbia generato un reticolo strutturalmente idoneo a sopportare gli stress tribologici tipici dell'arrampicata sportiva.

Fase di caratterizzazione e test meccanici, per valutare la qualità della gomma



Per mappare i limiti di resistenza e i coefficienti funzionali della gomma ottenuta, il piano di caratterizzazione prevede l'esecuzione di quattro test standardizzati:

Caricodirottura (Trazione-ISO37):

Questo test distruttivo determina la massima sollecitazione meccanica a trazione che la gomma può tollerare prima di cedere. Attraverso l'allungamento progressivo di un provino a osso di cane fino alla frattura, il test permette di calcolare il modulo elastico e la coesione interna della matrice polimerica.

Resistenza alla lacerazione (Tear Resistance - ISO 34):

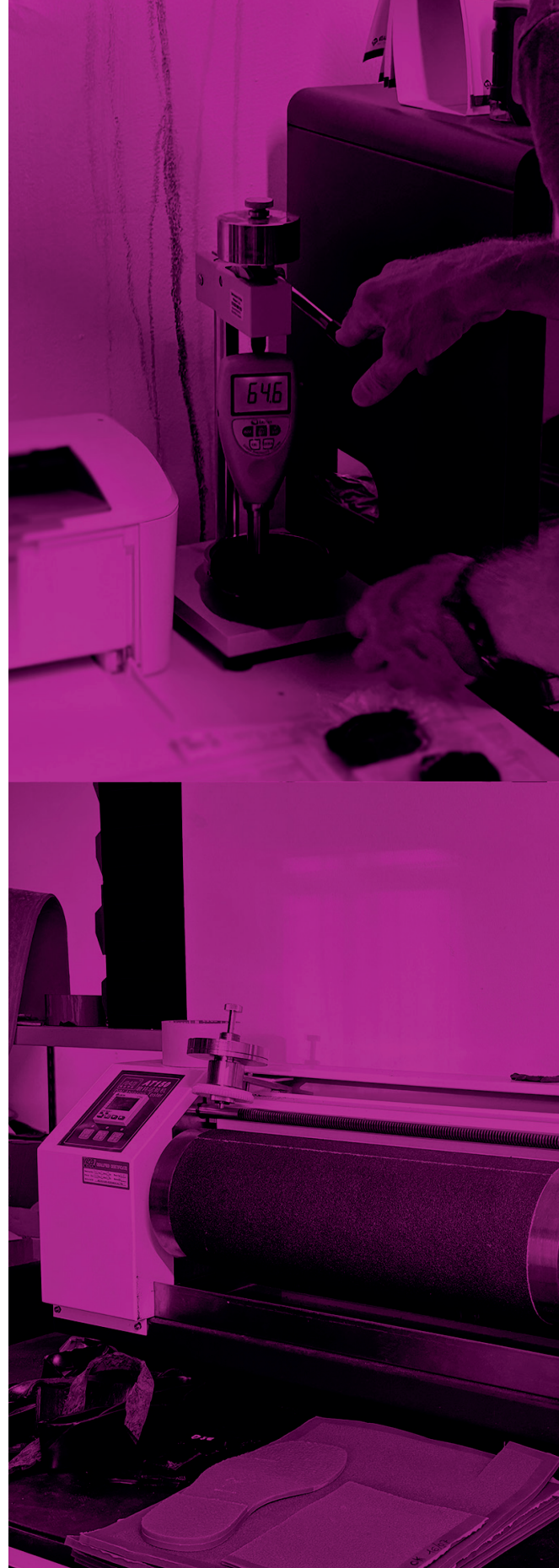
Il test misura la capacità della gomma vulcanizzata di opporsi alla propagazione di un taglio o di una fessura preesistente quando sottoposta a uno sforzo di trazione localizzato. È un indicatore critico per le suole da arrampicata, poiché predice la capacità dello spigolo della scarpetta di resistere al micro-laceramento meccanico provocato dagli spigoli vivi delle micro-tacche rocciose o artificiali.

Durezza Shore A (ISO 48-4):

Test non distruttivo che quantifica la resistenza del materiale alla penetrazione elastica di un induttore standardizzato caricato da una molla calibrata. La durezza Shore A definisce il bilancio funzionale della mescola: un valore ottimale garantisce il perfetto compromesso tra la rigidità necessaria per il supporto del peso dell'atleta in punta e la flessibilità visco-elastica indispensabile per massimizzare l'attrito sui volumi lisci.

Resistenza all'abrasione (perdita volumetrica DIN - ISO 4649):

Il test determina la resistenza all'usura della mescola misurando la perdita volumetrica di gomma espressa in millimetri cubi mm^3 , causata dallo sfregamento del provino contro un tamburo rotante rivestito di tela abrasiva standardizzata. Questo parametro diagnostico descrive l'aspettativa di vita utile della suola prima del consumo totale, permettendo un confronto quantitativo diretto tra la durabilità della mescola biogenica e quella delle gomme convenzionali a base fossile.

**Fase di test empirici, per valutare la qualità della gomma**

Al fine di ottenere una validazione olistica, la caratterizzazione di laboratorio condotta da IlGa Gomma S.r.l. viene integrata in parallelo da una fase di sperimentazione empirica in ambiente reale. Dal punto di vista del Systemic Design, questa convergenza a doppio binario risponde alla necessità di far cooperare dati quantitativi science-based con risposte qualitative d'uso (human-centered impacts). Il comportamento macroscopico di una gomma da arrampicata, infatti, non può essere interamente compreso in modo isolato all'interno di un macchinario di laboratorio: le variabili dinamiche, l'interazione dell'utente, l'eterogeneità dei substrati di contatto e le sollecitazioni multidirezionali richiedono una verifica sul campo.

Per isolare e ponderare le variabili ambientali, il test pilota è stato configurato in modo simmetrico, dividendo l'attività di arrampicata e monitoraggio su scarpette risuolate con la nuova mescola tra due tester esperti (caratterizzati da un consolidato background atletico e tecnico) operanti in contesti d'esercizio opposti:

Ambiente artificiale: Affidato a Giorgio Grillo (corelatore della presente tesi e climber con pluriennale esperienza, oltre che tecnico FASI). Il focus di questo monitoraggio risiede nella risposta tribologica del materiale a contatto con volumi geometrici lisci, resine poliuretaniche e poliestere tipiche delle sale indoor, dove la frequenza dei passaggi e la costanza termica generano stress da attrito standardizzabili.



Ambiente naturale:

Svolto in prima persona (climber con consolidata esperienza pluriennale). Il monitoraggio in ambiente outdoor espone la mescola alla variabilità geologica della roccia naturale, ai micro-rilievi cristallini e alle fluttuazioni termiche e di umidità ambientali non replicabili artificialmente.

Ambiente Artificiale:
feedback Giorgio Grillo

Precisione e appoggio di taglio



Durezza percepita



Grip a spalmo



Sensibilità strutturale



Durabilità e resistenza all'usura



Ambiente Naturale
feedback Francesco Perron

Precisione e appoggio di taglio



Durezza percepita



Grip a spalmo



Sensibilità strutturale



Durabilità e resistenza all'usura



L'attività di arrampicata sul campo è finalizzata a testare e valutare cinque metriche prestazionali d'elezione, identificate come i pilastri funzionali che determinano l'efficacia d'uso dell'organo-suola. Per ciascuna di queste caratteristiche, le risposte empiriche dei due tester fungono da verifica diretta dei dati fisici misurati in laboratorio:

Precisione e appoggio di taglio:

Questa metrica valuta la stabilità strutturale del profilo geometrico della suola, lo spigolo, quando viene caricato su appoggi netti, tacche millimetriche o microscopici rilievi superficiali. Sul piano empirico, analizza la capacità del polimero di resistere alla flessione plastica e al rollio sotto il peso del climber, traducendo sul campo i parametri quantitativi di stabilità ricavati dal test di **resistenza alla lacerazione (ISO 34)**.

Durezza percepita:

Rappresenta la risposta tattile e strutturale della gomma durante la compressione e il carico in parete. Una corretta durezza percepita garantisce che la suola non collassi elasticamente sotto sforzo, deformandosi eccessivamente su piccoli appoggi, ma che mantenga al contempo la deformabilità necessaria per coprire la superficie d'appoggio. Questo indicatore offre una validazione d'uso diretta dei valori statici registrati tramite il test di **durezza Shore A (ISO 48-4)**.

Le metriche diagnostiche del test

Grip a spalmo:

Misura l'efficacia del coefficiente di attrito dinamico e statico quando la scarpetta viene caricata per aderenza pura su superfici lisce, svasate o prive di appoggi netti. Questa metrica testa sul campo la capacità della mescola di conformarsi microscopicamente alle asperità del substrato, fornendo il riscontro empirico essenziale dei dati fisici di attrito teorico previsti dall'**analisi dinamico-meccanica**.

Sensibilità strutturale:

Valuta la capacità della suola di trasmettere al piede del climber la morfologia della roccia o della presa artificiale sottostante. Una suola sensibile permette all'atleta di percepire l'esatto posizionamento del carico e le variazioni di rugosità del substrato, ottimizzando la stabilità del gesto. Questa caratteristica dipende strettamente dal bilancio visco-elastico del blend e dal mantenimento dello spessore calibrato della suola durante l'uso.

Durabilità e resistenza all'usura:

Monitora la progressione del consumo, dello sgranamento macroscopico e dell'arrotondamento della mescola in punta e sui bordi laterali a seguito dei continui cicli di sfregamento tangenziale contro la resina indoor e la roccia outdoor. Questa metrica offre una correlazione diretta con l'indice di perdita volumetrica analizzato in laboratorio tramite il test di **resistenza all'abrasione (ISO 4649)**.

La conduzione di questo test ristretto e altamente specializzato non esaurisce la fase di validazione empirica del progetto, ma assume una rilevanza metodologica strategica come fase pilota.

I feedback raccolti e formalizzati dai due tester esperti su queste cinque metriche chiave servono a calibrare le scale di misurazione di un mini-questionario qualitativo standardizzato a risposte chiuse .

Questo strumento di indagine, affinato grazie ai risultati del test, costituirà la struttura per la futura campagna estesa dei Guma Test Days.

L'esperienza dei primi due tester permette di eliminare le ambiguità terminologiche e di definire un protocollo di compilazione rapido ed efficiente, traducendo le sensazioni fisiche dell'arrampicatore in dati qualitativi strutturati.

In questo modo, quando la miscela green verrà distribuita su larga scala ai cluster di tester **(Performance e Regular)** all'interno delle palestre di arrampicata della provincia di Torino, Guma Factory disporrà di un questionario di monitoraggio robusto, validato e capace di generare un database statistico affidabile per la definitiva approvazione industriale del materiale.

Finalità metodologica del test: creazione del questionario

CONCLUSIONE

FD

Il presente progetto di ricerca ha integrato le metodologie del Systemic Design e i principi dell'economia circolare per tracciare una transizione ecologica strutturale all'interno del comparto delle calzature da arrampicata sportiva ad alte prestazioni.

L'indagine, condotta in sinergia tra le attività sul campo di **Action Directe** e l'infrastruttura chimico-manifatturiera di **Guma Factory**, ha dimostrato la fattibilità teorica, logistica e di scenario della conversione di un bene di consumo complesso e storicamente petrolchimico in un ciclo chiuso, rigenerativo e radicato nel territorio piemontese. Scomponendo la complessa architettura materiale della scarpetta e valorizzando un massivo sottoprodotto agroindustriale locale, la ricerca ha validato un nuovo modello di bio-mantenimento del prodotto.

Di seguito si strutturano le risultanze finali e le traiettorie di sviluppo futuro, evidenziando i traguardi di filiera e l'impatto multidimensionale impresso al sistema.

In linea con la metodologia del Systemic Design, la fase conclusiva della ricerca si è mossa secondo i dettami del framework "Boosting the system", lo strumento deputato a pianificare, amplificare e proiettare il valore generato dal progetto sul lungo periodo e su scale dimensionali allargate (Barbero, Rovera & Campanella, 2024). Gli effetti della transizione impresa-territorio sono stati mappati all'interno di una matrice d'impatto spazio-temporale (System Evaluation Map) capace

Inquadramento metodologico

Boosting the system

Risuolatura come leva strategica

di distinguere i risultati quantitativi (outcomes) dalle ricadute qualitative sistemiche (impacts) (Barbero, Rovera & Campanella, 2024). Questo modello ha permesso di organizzare lo sviluppo futuro considerando in modo equivalente sia la sostenibilità ambientale che sociale che economica, intersecando gli orizzonti temporali (Breve, Medio e Lungo termine) con le scale di ampiezza del sistema (Micro, Meso e Macro scale).

Il cardine su quale è ruotato il progetto è stata l'attività della risuolatura, elevata dal progetto da semplice riparazione artigianale a pilastro fondante dell'ecodesign e del Long-Life Design (Scarpa, 2022).

Sotto il profilo del ciclo di vita delle calzature, i dati ufficiali del Report di Sostenibilità di La Sportiva confermano che estendere la vita utile di una scarpetta da arrampicata da una media di 6 mesi (circa 78 utilizzi senza manutenzione) a un orizzonte di 18 mesi, applicando ciclicamente 3 interventi di risuolatura tecnica, consente un abbattimento dell'impronta di carbonio complessiva pari al 90% rispetto all'acquisto e alla fabbricazione di un nuovo paio di calzature. (La Sportiva, 2023).

Il secondo elemento fondamentale del progetto, ha risolto il problema dell'approvvigionamento ecologico della carica rinforzante per la gomma. Attraverso la mappatura olistica del territorio, è stata intercettata la filiera risicola del "Triangolo d'Oro" (Vercelli-Novara-Pavia), un ecosistema agroindustriale che nella campagna 2023/2024 ha registrato una produzione lorda di risone pari a **1,14 milioni di tonnellate**. Questo massiccio apparato alimentare produce oltre **96 mila tonnellate** annue di lolla di riso nella sola provincia di Vercelli, un sottoprodotto che rappresenta un pesante onere logistico ed economico di smaltimento per le riserie locali. L'infrastruttura di Idroblins (Crova, Vercelli) funge da snodo di chiusura sistemica, intercettando **70 mila tonnellate** all'anno di lolla per la produzione di energia termica ed elettrica pulita. Il residuo solido di questa combustione controllata è costituito da una cenere vegetale commercialmente denominata **Cenisol-A**. L'innovazione chimica e di processo introdotta in questo studio risiede nel trattamento di questa cenere: attraverso un processo basato sulla cavitazione idrodinamica, dalla cenere Cenisol-A viene estratta una silice amorfa ad alta purezza, le cui caratteristiche strutturali e l'area superficiale risultano chimicamente analoghe alla silice minerale sintetica di riferimento Perkasil. Questo consente di sostituire radicalmente la silice vergine tradizionale, azzerando l'impatto ecologico estrattivo e riducendo le emissioni di filiera.

Ciclo locale della lolla di riso

Sviluppi progettuale

Il primo sviluppo futuro del progetto si concretizzerà nel trasferimento della miscela sperimentale dallo stabilimento al contesto d'uso reale, attraverso la pianificazione della campagna di testing sul campo denominata **"Guma Test Days"**, da condursi all'interno del circuito delle grandi palestre d'arrampicata della provincia di Torino.

I tester saranno selezionati e segmentati incrociando i profili emersi nella ricerca:

Il Cluster performance (Atleti e Tecnici, caratterizzati da un'alta ricorrenza di risuolatura, oltre 3 volte all'anno) per accelerare lo stress meccanico sulla gomma e raccogliere dati macroscopici sull'abrasione in 60 giorni.

Il Cluster regular (Amatori evoluti, pari all'83% del campione) per monitorare la costanza del grip sul lungo periodo. Il protocollo prevede l'utilizzo esclusivo delle scarpette test risuolate green con la nuova miscela sulle prese artificiali delle sale, per valutare l'aderenza statica, il supporto in punta e il tasso di abrasione visiva.

Limiti della ricerca

Prima di esaminare la roadmap strategica di sviluppo, è necessario isolare l'attuale confine analitico entro cui si è mossa la ricerca sui materiali. La principale limitazione scientifica risiede nella circoscrizione dei test condotti sulla mescola elastomerica sperimentale. Sebbene la collaborazione con IlGa Gomma S.r.l. abbia permesso di mappare le proprietà elastomeccaniche fondamentali attraverso i test di analisi, la presente trattazione sconta l'assenza di uno spettro di caratterizzazione chimico-fisica più profondo e microscopico. A questa limitazione di laboratorio si affianca un vincolo sul piano della validazione sul campo. Il test condotto a doppio binario (indoor e outdoor) ha offerto un riscontro immediato sulla bontà del materiale, ma poggia su un campione ristretto e inevitabilmente condizionato da componenti di soggettività dei tester. Manca dunque una base di dati statistica standardizzata su larga scala, lacuna a cui risponderà l'architettura dei futuri Guma Test Days.

In conformità con le direttive metodologiche del Systemic Design, l'esplicitazione dei limiti non costituisce un elemento di debolezza, bensì un atto di trasparenza necessario per isolare i futuri margini di miglioramento.

Attraverso il framework del “Boosting the system”, le barriere riscontrate nella ricerca vengono convertite nei passaggi operativi futuri necessari per scalare il progetto dal livello

Limitazioni della ricerca e orizzonti di ottimizzazione progettuale

micro-industriale a quello macro-sistemico. Di seguito si argomentano analiticamente i cinque pilastri di ottimizzazione tecnico-scientifica che costituiranno la roadmap evolutiva a medio e lungo termine del progetto:

Certificazione ambientale tramite LCA

La valutazione degli outcomes ambientali, specificamente il calcolo del risparmio emissivo del 90% della risuolatura, poggia oggi su dati secondari e benchmark estratti da report di sostenibilità di settore. Per conferire massima precisione scientifica nel medio termine (2-5 anni), il passaggio futuro prevede lo sviluppo di un **Life Cycle Assessment (LCA)** Cradle-to-Grave basato su dati primari (Life Cycle Inventory) di stabilimento. Monitorando i consumi elettrici del modulo di cavitazione idrodinamica, l'impatto dei reagenti e la logistica di corto raggio della lolla da Idroblins, si potrà ottenere una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) proprietaria, validando rigorosamente il guadagno ecologico rispetto alle silici fossili.

Analisi Tecno-Economica (TEA)

L'analisi economica corrente attesta la sostenibilità finanziaria del servizio di risuolatura tramite la ricettività del mercato e l'accettazione di un premium price da parte dei climber. Tuttavia, il modello sconta l'assenza di una valutazione ingegneristica sulla fattibilità economica del processo estrattivo su scala industriale. Lo sviluppo futuro richiede una **Techno-Economic Analysis (TEA)**

capace di mappare i costi di investimento, legati ai macchinari, e i costi operativi correnti.

Valutazione della sostenibilità della calzatura

La ricerca ha operato una selezione gerarchica isolando la suola elastomerica come principale punto di leva materiale alla micro-scala. Questo focus lascia temporaneamente escluse dalla transizione ecologica le restanti componenti della calzatura. Per estendere l'impatto all'intero settore, il passaggio futuro prevede un Eco-design pluri-materico dell'architettura del prodotto. Si potrebbero integrare soluzioni sostenibili per ogni strato: tomaie, lacci e i sistemi adesivi strutturali, riducendo l'impiego di solventi tossici e composti organici volatili nella filiera.

Analisi del rilascio di microplastiche e particolato

La ricerca postula teoricamente la riduzione della tossicità sull'uomo e per l'ambientale. Manca però una quantificazione empirica del particolato aerodisperso generato dall'abrasione della gomma. Un passaggio futuro essenziale consisterà in uno studio comparativo sul rilascio di microplastiche: sfruttando la campagna dei Guma Test Days nelle palestre torinesi, verranno installati campionatori. Le analisi permetteranno di analizzare l'impatto della nuova gomma sia a livello indoor con il rilascio di particolati, sia a livello outdoor di microplastiche.

Futuri impatti

Impatto ambientale

L'introduzione della silice estratta da Cenisol-A converte i processi di Guma Factory verso un carbon footprint neutro. Oltre all'abbattimento delle emissioni di CO₂ derivante dalla sostituzione del filler minerale, il modello impiantistico dello scale-up industriale, basato sulla cavitazione idrodinamica, riduce i consumi dello stabilimento. L'integrazione del modulo a osmosi inversa consente la chiusura totale del ciclo dell'acqua, minimizzando lo smaltimento di reflui salini industriali.

La dematerializzazione della logistica, strutturata su un corto raggio rurale-urbano tra Vercelli e Torino, abbatte l'impatto indiretto dei trasporti, posizionando Guma Factory come leader della transizione ecologica nei tecnopolimeri.

Impatto economico

Il progetto dota Guma Factory di un asset strategico per intercettare l'espansione demografica della Federazione Arrampicata Sportiva Italiana (FASI), i cui tesserati sono cresciuti del 142,5% nel quinquennio 2019-2024 (da 40.000 a oltre 97.000 iscritti, con proiezioni a **138.200** entro la fine del 2026). Mappando una stima di adozione conservativa della risuolatura pari al 30%, si quantifica una domanda realistica di 58.200 paia all'anno, traducibile in un valore di mercato di circa **2,9 milioni di euro** annui solo nel territorio nazionale.

La forte spinta etica riscontrata nel questionario valida la sostenibilità finanziaria dell'operazione: **l'83,8% dei consumatori** accetta formalmente un premium price (il 46,9% accetta +5€ e il 33,5% si spinge a +10€), assorbendo ampiamente i costi di ricerca e sviluppo sostenuti per il trattamento delle ceneri e garantendo un rapido raggiungimento del punto di pareggio.

Impatto sociale

Si riflette in modo profondo sul tessuto della Regione Piemonte attraverso la responsabilizzazione attiva degli attori del sistema e la nascita di una rinnovata cultura della risuolatura.

Il vero nucleo del cambiamento sociale risiede nella capacità del design sistemico di creare una community significativamente più consapevole e responsabile nei confronti delle tematiche ambientali.

Attraverso lo storytelling trasparente e la comunicazione scientifica, il progetto intercetta il deficit informativo iniziale (dove ben il **61,9%** dei climber ha dichiarato di ignorare l'origine petrolchimica delle suole tradizionali), convertendo lo "shock cognitivo" dell'arrampicatore in un fattore di **eco-responsabilizzazione** e di **engagement etico**. L'atto della risuolatura viene così sottratto alla logica della riparazione sporadica per essere codificato come un rituale culturale collettivo e come uno standard valoriale imprescindibile per la community globale dei climber.

Futuro aziendale

Il successo di questo modello d'estrazione e di formulazione a rifiuto zero ridisegna permanentemente il posizionamento competitivo e il futuro aziendale di **Guma Factory**.

L'azienda compie una transizione da fornitore manifatturiero tradizionale a hub d'eccellenza e di riferimento per l'innovazione tecnologica nel campo della chimica verde e dei tecnopolimeri avanzati.

L'utilizzo di una risorsa autoctona locale garantisce a Guma Factory una maggiore indipendenza e autonomia geopolitica dalle materie prime, proteggendo i margini aziendali dalle fluttuazioni di prezzo, dalle speculazioni energetiche e dalle crisi logistiche dei mercati estrattivi globali delle silici fossili.

Nel medio e lungo termine, Guma Factory potrà estendere il know-how del compounding per guidare la conversione ecologica delle calzature per lo sviluppo di mescole eco-friendly.

Il design sistemico compie così il suo mandato originario: partire dalla valorizzazione di uno scarto microscopico e localizzato per ridisegnare, responsabilizzare e rigenerare il futuro dell'industria.

Sitografia

Barbero, S., Rovera, F., & Campanella, A. (2024). Systemic Design: Boosting the system [Dispensa didattica]. Politecnico di Torino, Systemic Design Lab.

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8/9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

La Sportiva. (2023). Report di Sostenibilità 2023: Bilancio di impatto e ciclo di vita del prodotto. <https://www.lasportiva.com/>

Scarpa. (2022). Green Manifesto: Bilancio istituzionale sulla sostenibilità e sulla risuolatura delle calzature. <https://it.scarpa.com/>

Immagini

Figura 1: Motivi pietra antica [Fotografia]. (s.d.). StockCake. https://stockcake.com/it/i/motivi-pietra-antica_1901175_1224683

Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia gratitudine, in primo luogo, a tutte le istituzioni, le aziende e le realtà che hanno creduto in questa ricerca, collaborando attivamente e offrendo il loro prezioso contributo alla realizzazione del progetto. Un ringraziamento va alle aziende Action Directe, Guma Factory, IlGa Gomme e Idroblins. È solo grazie alla straordinaria sinergia che si è venuta a creare che è stato possibile tradurre un'idea complessa in una realtà materiale concreta, gettando un ponte tra la sostenibilità della terra e la performance sportiva.

Un ringraziamento particolarmente sentito e speciale va al mio correlatore, Giorgio Grillo. Lavorare al suo fianco è stata una costante fonte di ispirazione. Lo ringrazio non solo per la fiducia e la guida tecnica, ma soprattutto per avermi trasmesso con pazienza ed entusiasmo i segreti della sperimentazione in laboratorio. Condividere con lui la passione per l'arrampicata e le sessioni di test sul campo ha trasformato questo lavoro in un'esperienza di ricerca estremamente piacevole, stimolante e umanamente indimenticabile.

Rivolgo un grazie sincero a tutte le persone, i climber e gli appassionati che si sono interessati a questo progetto fin dai suoi primi passi. Ringrazio chi ha dedicato il proprio tempo per rispondere ai questionari, chi ha scambiato con me opinioni in palestra e chi ha supportato questa in-

dagine credendo, insieme a me, che questa idea potesse realmente tracciare la strada per un cambiamento positivo all'interno di quel magnifico e unico ambiente che è l'arrampicata. Il loro contributo ha dato un grosso valore aggiunto a tutto questo percorso, rendendolo non solo un traguardo accademico individuale, ma un'esperienza densa, condivisa e ricca di significato collettivo.

Infine, il ringraziamento più grande va ai miei amici e alla mia famiglia. Grazie per essere stati delle figure su cui ho potuto sempre contare durante tutto questo intenso periodo di studi. Grazie alla mia famiglia, per aver creduto in me, per aver supportato ogni mia scelta e per i sacrifici che mi hanno permesso di arrivare fin qui. E grazie ai miei amici, per aver saputo ascoltare i miei dubbi, per aver condiviso le fatiche e, soprattutto, per aver alleggerito i momenti più complessi con un sorriso e una distrazione essenziale. Grazie di cuore a tutti voi.

