



POLITECNICO DI TORINO

Tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile

**Da scarti agroalimentari a prodotti per l'architettura e il design:
sviluppo di un pannello con lolla di riso**

Candidata:

Giorgia Giaccone

Relatrice:

Elena Piera Montacchini

Corelatrici:

Angela Lacirignola

Tiziana Monterisi

Silvia Tedesco

Anno Accademico 2019-2020

INDICE

Introduzione	5
PARTE PRIMA: DAL RISO ALLA CASA DI RISO	9
Capitolo I: La filiera del riso, una filiera circolare	10
1.1 Il concetto di filiera.....	11
1.2 Storia e diffusione del riso nel Mondo e in Italia.....	12
1.3 La pianta e la sua coltivazione.....	15
1.4 L’impatto ambientale.....	19
1.5 Prodotti e sottoprodotti del riso.....	21
1.5.1 Lolla di riso.....	25
1.5.2 Paglia di riso.....	27
1.5.3 Pula di riso.....	29
1.6 Quadro normativo dei sottoprodotti agricoli.....	30
Capitolo II: Ricehouse, la casa di riso	33
2.1 Storia, mission e valori.....	34
2.2 Idee, collaborazioni e riconoscimenti.....	37
2.3 Materiali naturali e rinnovabili.....	41
2.4 I prodotti a marchio RH.....	42
2.5 Schede prodotto	45
Capitolo III: Applicazioni della lolla di riso	57
3.1 Esempi in edilizia e design.....	58
3.1.1 Schede prodotto.....	61
PARTE SECONDA: VERSO UN PROTOTIPO SPERIMENTALE	66
Capitolo IV: Stato dell’arte	67

4.1	Pannelli naturali: indagine di mercato.....	68
4.1.1	Schede prodotto.....	73
4.2	Caratteristiche fisico-tecniche, sensoriali e ambientali.....	86
4.3	Analisi della letteratura scientifica.....	90
	Capitolo V: Attività sperimentale.....	102
5.1	Caratterizzazione delle materie prime.....	103
5.1.1	Lolla di riso.....	103
5.1.2	Colla di amido di riso.....	105
5.1.3	Amido di riso.....	105
5.1.4	Magnesite.....	106
5.2	Introduzione alla sperimentazione.....	107
5.3	Prima attività di sperimentazione: lolla intera e amido di riso prodotto in laboratorio.....	108
5.3.1	Impasti e provini.....	109
5.4	Seconda attività di sperimentazione: trattamenti sulla lolla di riso.....	111
5.4.1	Lavaggio in acqua corrente.....	111
5.4.2	Lavaggio in soluzione di NaOH.....	111
5.4.3	Impasti e provini.....	112
5.5	Terza attività di sperimentazione: lolla di riso sminuzzata.....	114
5.5.1	Prima prova: alta percentuale di legante (colla).....	115
5.5.2	Seconda prova: diminuzione del legante (colla e amido) e aumento dell'aggregato.....	117
5.5.3	Terza prova: aumento della magnesite nell'aggregato.....	118
5.5.4	Quarta prova: aumento della lolla nell'aggregato.....	120
5.5.5	Quinta prova: aumento dello spessore.....	122
5.6	Il mix design.....	123
	Conclusioni.....	124
	Bibliografia e sitografia.....	125

INTRODUZIONE

“Credo che avere la terra e non rovinarla sia la più bella forma d'arte che si possa desiderare.”

Andy Warhol¹

In un momento così critico per il nostro Pianeta è fondamentale cambiare approccio e modo di pensare, cercando di sensibilizzare il più possibile ai temi della sostenibilità e del rispetto verso l'ambiente.

Negli ultimi anni si è sentito parlare spesso di economia circolare e la definizione proposta dalla Ellen MacArthur Foundation² è sicuramente la più esplicativa:

“[...] termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera.”

Il sistema economico attuale si basa su un modello lineare caratterizzato dallo schema “take-make-waste”, dove il prodotto è concepito e realizzato esclusivamente per soddisfare i bisogni del consumatore senza pensare al suo ruolo a fine vita una volta che il compito originario è esaurito. Ci troviamo quindi di fronte ad un modello che sfrutta al massimo le risorse non rinnovabili, ormai sempre più limitate, con conseguenti emissioni di anidride carbonica (CO₂) in atmosfera che causano seri danni ambientali.

Tutto è destinato ad esaurirsi ed è l'umanità che deve cambiare modo di ragionare e farlo in termini di economia circolare. L'associazione, fondata nel 2010, si pone l'obiettivo di accelerare il passaggio dal modello lineare a quello circolare, aiutando le aziende e le imprese intenzionate a farlo. Essa si occupa non solo di consulenza e formazione ma anche di ricerca, pubblicando negli anni diversi report e relazioni che promuovono questa nuova economia.³

Lo scopo dell'economia circolare è di estendere il più a lungo possibile il ciclo di vita dei prodotti, limitando l'uso delle materie prime, dell'energia in ingresso e riducendo il

¹ <https://www.frasicelebri.it/frasi-di/andy-warhol/>.

² <https://www.economicircolare.com/cose-leconomia-circolare/>.

³ *Ivi*.

quantitativo di rifiuti prodotti. Questo tipo di sistema cerca di “chiudere il cerchio”, concentrandosi a re-immettere nell’ambiente e sul mercato i prodotti o i materiali che li compongono. I processi economici di questo tipo non sono più da intendersi in chiave consumistica, bensì basati sullo stoccaggio e sul mantenimento del valore degli stessi.

La Ellen MacArthur Foundation ha raccolto in cinque punti fondamentali quelli che dovrebbero essere i principi base di questa nuova economia:

- 1) **Eco-progettazione:** realizzare i prodotti pensando già al loro utilizzo finale, permettendone lo smontaggio o la ristrutturazione.
- 2) **Modularità e versatilità:** affinché un prodotto si possa adattare ai cambiamenti esterni necessita di adattabilità, modularità e versatilità.
- 3) **Energie rinnovabili:** utilizzare solamente le risorse rinnovabili che la natura ci offre e non le fonti fossili.
- 4) **Approccio eco-sistemico:** pensare sempre con una visione olistica, facendo attenzione alle relazioni causa-effetto che si instaurano fra i diversi componenti.
- 5) **Recupero dei materiali:** prediligere le materie seconde che derivano da filiere di recupero.

Anche la comunità europea si sta attivando in questo senso per promuovere il passaggio da un’economia lineare ad una circolare e lo fa attraverso una serie di politiche di coesione, programmi e finanziamenti, che hanno i seguenti obiettivi:

- Contenimento delle risorse rinnovabili;
- Valorizzazione delle materie prime sia dai prodotti che dai rifiuti;
- Risparmio energetico;
- Riduzione dei gas effetto serra.

Nel Settembre 2014 la Commissione Europea, in corrispondenza della revisione della legislazione sui rifiuti, ha creato un pacchetto di misure per promuovere la riduzione dei rifiuti e la transizione verso un sistema circolare. Questi provvedimenti sono contenuti nel Comunicato *Verso un’economia circolare: programma per un’Europa a zero rifiuti*⁴. Nel Dicembre 2015 invece ha presentato un piano d’azione sull’economia circolare, composto dalla

⁴ COM (2014) 398.

comunicazione *L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare*⁵ e da proposte legislative per la modifica della direttiva europea sui rifiuti 2008/98/CE.

Per il periodo 2014-2020, con il *Programma Horizon 2020*⁶, sono stati stanziati dei fondi europei a sostegno della gestione dei rifiuti, dell'innovazione, dell'uso efficiente delle risorse, della competitività delle piccole-medio imprese e della riduzione delle emissioni di carbonio. Certamente tutti gli sforzi da parte della Commissione Europea devono essere supportati e condivisi da privati, imprese e operatori affinché il passaggio sia possibile.

Anche nell'ambito agricolo ci si sta attivando in questo senso e se prima la grande quantità di materie seconde era destinata allo smaltimento come rifiuto o scarto di produzione, oggi si è iniziato a vedere il potenziale che invece ha ciò che resta sul campo. I sottoprodotti dell'agricoltura possono diventare una grande fonte di energia pulita, attivando sistemi circolari basati sulla re-immissione dei prodotti in natura a favore non solo dell'ambiente ma anche dell'uomo e quindi dei suoi rapporti socio-economici.

Da qui è nata l'idea insieme alla start-up biellese *Ricehouse* di sperimentare un pannello alternativo all'MDF e al multistrato, utilizzando solo sottoprodotti derivanti dalla lavorazione del riso (lolla e amido), versatile nelle sue applicazioni dall'arredo al rivestimento indoor e il più possibile naturale, evitando sprechi di materia e di energia e rispettoso dell'ambiente e della salute dell'uomo. In questo senso è stato importante lavorare sulla limitazione delle sostanze nocive come la formaldeide, spesso presenti nei collanti dei pannelli truciolari.

Si è dunque iniziato con l'analisi della filiera del riso studiando le caratteristiche arboree della pianta, le tecniche di coltivazione, i sottoprodotti e l'impatto che reca all'ambiente; sono stati poi esaminati i prodotti di *Ricehouse*, strettamente legati al riso, anche attraverso la pregressa attività di tirocinio presso l'azienda, in cui si è potuto toccare con mano il lavoro e la filosofia che vi è dietro.

⁵ COM(2015) 614.

⁶ Horizon 2020 è il programma strategico dell'Unione Europea relativo al periodo 2014-2020 legato all'innovazione e alla ricerca, della durata di sette anni. Si tratta di un unico strumento finanziario che unifica tre programmi precedenti e si focalizza su tre obiettivi: eccellenza scientifica, leadership industriale e sfide per la società.

Successivamente è stata effettuata un'indagine sui prodotti già presenti sul mercato, realizzati con e senza gli scarti del riso, per valutare le loro caratteristiche dal punto di vista fisico-tecnico, sensoriale e ambientale.

Infine, l'analisi della letteratura scientifica relativa agli studi effettuati negli anni con la lolla in ambito architettonico, ha consentito di orientare le successive attività di sperimentazione. Tali attività, svolte presso il laboratorio LASTIN del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino e basate sulla sistematizzazione delle informazioni ricavate dallo stato dell'arte e da Ricehouse, hanno portato allo sviluppo di una serie di prototipi, che si configurano come sperimentazioni propedeutiche per un primo studio di fattibilità tecnologica.

PARTE I
DAL RISO
ALLA CASA DI RISO





1 LA FILIERA DEL RISO, UNA FILIERA CIRCOLARE

1.1 IL CONCETTO DI FILIERA

Filiera (/fi-liè-ra/):

“La sequenza delle lavorazioni effettuate in successione, al fine di trasformare le materie prime in un prodotto finito (*supply chain*). Le diverse imprese che svolgono una o più attività della filiera sono integrate in senso verticale al fine della realizzazione di un prodotto, in contrapposizione alle imprese integrate in senso orizzontale che operano allo stesso stadio di un ciclo produttivo [...]”⁷

Il termine è stato usato per la prima volta negli anni sessanta dall’agronomo francese Louis Malassis, indicandola come:

“[...] l’insieme dei passaggi di elaborazione del prodotto fino al consumatore finale.”⁸

I passaggi di cui parla Malassis sono: la progettazione, la coltivazione, la trasformazione, il confezionamento e la distribuzione.

Quando si parla di filiera produttiva infatti si fa riferimento a tutte le attività, le organizzazioni, le risorse e le tecnologie che servono per creare, trasformare, distribuire, commercializzare e fornire al consumatore un prodotto finito. Inoltre, il termine comprende anche tutti i controlli sull’origine, la qualità, i valori di tracciabilità e trasparenza e la conoscenza diretta dei prodotti.

Legato al concetto più generale di filiera vi è quello di filiera lunga o corta, dove sostanzialmente la differenza la fanno i chilometri che le materie prime, i semilavorati e il bene finale devono percorrere per arrivare al consumatore.

Nel caso di una filiera corta i passaggi si riducono e si ha una produzione locale con sistemi alimentari territoriali e centralizzati, riducendo al minimo gli intermediari e le distanze (*food miles*⁹). Questo permette alle piccole-medio imprese di creare filiere indipendenti dalla grande distribuzione e ad ottenere un prezzo più giusto dividendo poi i guadagni tra il produttore e il consumatore. I primi vengono così pagati per il loro lavoro e i secondi sanno esattamente cosa pagano.

⁷ <http://www.treccani.it/enciclopedia/filiera-produttiva/>.

⁸ <https://www.amoretterra.com/magazine/it-IT/articolo/filiera-agro-alimentare-trasparenza-tracciabilita-qualita>.

⁹ L’entità dell’impatto ambientale del trasporto del cibo che arriva sulla nostra tavola.

Lo stesso concetto si può applicare ai cereali come il riso e ai suoi sottoprodotti, per i quali è possibile creare una filiera corta che porti alla valorizzazione di ogni prodotto, inclusi gli scarti, spesso considerati solo un “peso”.

Questo sistema di re-immissione dei residui nel ciclo produttivo porta dei benefici su vari fronti: da una parte abbiamo il contenimento degli impatti ambientali, evitando una serie di fasi di produzione, dall'altra vantaggi in termini economici ed occupazionali.

Ma nonostante la grande opportunità non vi è ancora un adeguato sfruttamento dei prodotti e sottoprodotti del riso, soprattutto a causa della mancanza di una visione globale, senza la quale è impossibile creare una filiera.

La mission di molte imprese è quindi mettere in atto delle soluzioni sinergiche a livello regionale e nazionale per creare una filiera che sia in grado di valorizzare il riso e tutti i suoi scarti, seppur consapevoli del fatto che non sia un passo facile ed immediato. Sono infatti necessarie delle condizioni tra cui il coordinamento delle diverse realtà coinvolte, un sistema che sia in grado di ridistribuire i benefici economici fra tutti i partecipanti ed infine un regime gestionale che sia specifico per la produzione risicola.

Il settore edilizio sarebbe uno dei beneficiari della creazione di questo sistema, proprio grazie alle molteplici possibilità di trasformare gli scarti del riso in nuovi materiali da costruzione.

Attualmente i più usati sono: la paglia come isolante, la lolla per gli intonaci e i massetti e la pula per le finiture e gli intonaci.

1.2 STORIA E DIFFUSIONE DEL RISO NEL MONDO E IN ITALIA

Essendo questo cereale una pianta di antica coltura è molto difficile definire con certezza le sue origini, per questo sono state distinte due zone di maggior importanza: le aree del sud-est asiatico e l'Africa occidentale. Alcuni autori vogliono trovare la sua derivazione

nell'antico reame di Orissa lungo le coste dell'Indostan, l'attuale India, da cui deriverebbe anche il nome *Oryza*¹⁰.

Quel che è certo è che viene coltivato in maniera intensiva da almeno 7 mila anni. Ritrovamenti lungo le pendici del monte Himalaya, in Cina e in Indonesia risalenti a più di 5 mila anni fa ne attestano la sua presenza in quelle zone.

Poco a poco ebbe una rapida diffusione in tutti i continenti, ad eccezione dell'Europa dove è molto più recente, in particolare nelle zone tropicali e sub-tropicali, essendo una pianta originaria di climi caldi ed umidi.

Le prime notizie certe sulla coltura del riso risalgono all'epoca di Alessandro Magno che, grazie alle sue testimonianze scritte, ci attesta la coltivazione del cereale in Oriente. In precedenza però era già conosciuto sia dai Greci che dai Romani, anche se veniva utilizzato solo come prodotto medicamentoso e non alimentare.

La sua comparsa in Europa risale alle invasioni arabe che lo introdussero prima nell'Africa settentrionale, successivamente in Spagna nell'VIII secolo, più tardi in Sicilia nel IX e infine nel napoletano intorno al X.

Inizialmente veniva paragonato ad altre spezie che giungevano nella penisola con le navi arabe, genovesi e veneziane e solo più tardi è stato analizzato e iniziato ad essere utilizzato come alimento.

Una documentazione certa del riso nella Pianura Padana non si ha, anche se, intorno al 1250¹¹, un documento ora conservato nell'archivio arcivescovile di Vercelli testimonia la sua presenza in quelle zone: agli infermi dell'ospedale della città veniva somministrato riso e mandorle. Alcuni studiosi associano la sua diffusione in queste aree a Carlo Magno, altri alle Repubbliche Marinare.

Alcune fonti ne attestano un uso intensivo nell'Italia settentrionale solo dopo il 1450: prima nel novarese e nella Lomellina in seguito allo scavo di canali molto importanti; poi in altre regioni come il Veneto e l'Emilia Romagna. Un grande incremento nella sua coltivazione si

¹⁰ *Oryza*, ae: termine latino per indicare il riso.

¹¹ <http://www.stradadelrisovercellese.it/sai-di-riso/la-storia-del-riso-nel-vercellese/>.

ebbe con l'apertura del Canale Cavour (1863-1866) che, da Chivasso a Galliate, rappresenta il terzo canale più importante d'Italia¹².

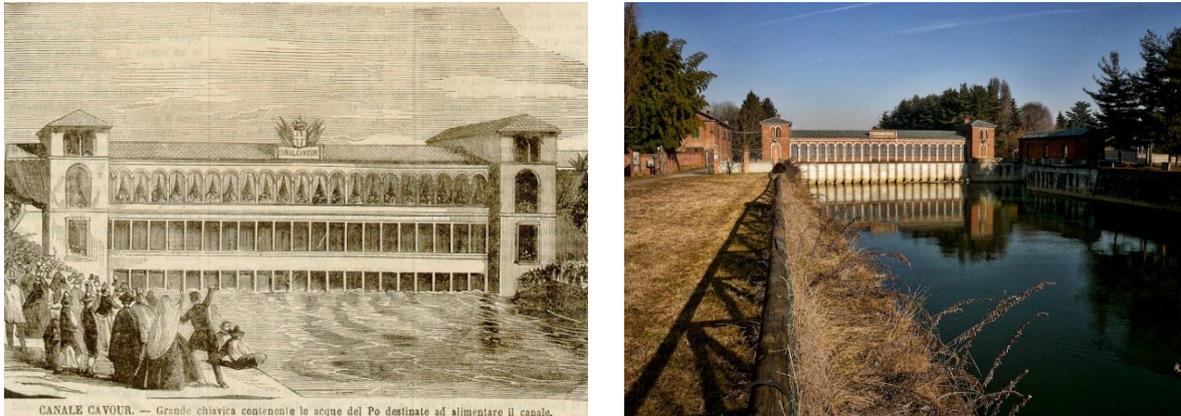


Fig. 1 e 2: Immagine storica (sinistra) e attuale (destra) del canale Cavour
(Fonti: www.roberto-crosio.net, www.sentieridautore.it)

Con il tempo questo cereale è diventato un alimento fondamentale per il sostentamento della maggior parte della popolazione mondiale di cui l'Asia detiene il primato di maggior consumatore.

Attualmente il maggior produttore di riso in Europa è l'Italia con oltre duecento varietà che si differenziano per le loro caratteristiche agronomiche o chimico merceologiche. La produzione di riso nel nostro paese concentra le sue coltivazioni nell'area compresa tra Alessandria, Biella, Novara, Pavia e Vercelli¹³.

In particolar modo la provincia di Vercelli, per le caratteristiche climatiche del suo territorio molto umido, presenta la maggior varietà di risi al mondo.

In questa zona ogni anno vengono coltivati a riso circa 70 mila ettari di cui 15 mila appartengono alla categoria riso di Baraggia biellese e vercellese, prima ed unica DOP di riso italiano riconosciuta a livello europeo.

¹²<http://www.enterisi.it/servizi/Menu/dinamica.aspx?idSezione=17505&idArea=17520&idCat=17522&ID=17522&TipoElemento=categoria>.

¹³ *Ivi*.

1.3 LA PIANTA E LA SUA COLTIVAZIONE

Il riso è una pianta erbacea annuale, acquatica e monocotiledone e fa parte della famiglia delle graminacee. Al mondo sono state studiate circa una ventina di specie primordiali, ma attualmente le più conosciute sono due: l'*Oryza Sativa*, di origine asiatica e l'*Oryza Glaberrima*, di origine africana.

L'*Oryza sativa*, la più conosciuta, si suddivide in tre sottospecie:

- **Japonica:** tipica delle zone temperate;
- **Indica:** coltivata nelle aree tropicali ed in particolare in India;
- **Javanica:** diffusa soprattutto in Indonesia.

Tra queste varietà la Japonica è la più coltivata in Italia e si suddivide in altri quattro sottogruppi a seconda delle differenti caratteristiche macromorfologiche:

- **Riso comune:** chicco corto e tondo (inferiore a 5,2 mm);
- **Riso semifino:** chicco medio e tondeggiate (tra 5,2 e 6,2 mm);
- **Riso fino:** chicco lungo e affusolato (maggiore di 6,2 mm);
- **Riso superfino:** chicco lungo e grosso (molto maggiore di 6,2 mm).

Un'altra classificazione effettuata è riferita alla precocità della coltura, che si distingue in:

- **Precoce:** maturazione in 150 giorni;
- **Media:** maturazione in 155-165 giorni;
- **Tardiva:** maturazione in 170-185 giorni;

La pianta del riso, morfologicamente parlando, è composta da un apparato radicale fascicolato con radici fibrose e lunghe sul colletto, di due tipi: le radici embrionali, che si formano dopo la germinazione del seme e quelle avventizie, che compaiono dopo la fase di accostamento e risultano molto più rigorose; esse permettono inoltre l'aerazione delle radici anche quando la pianta è sommersa in acqua e questo grazie ai vasi aeriferi presenti tra la zona corticale e legnosa.

Dalle radici cresce il fusto, o culmo, che può essere anche più di uno per pianta. Esso si presenta eretto, cilindrico e con l'interno ricco di cavi e nodi pieni che conferiscono maggior robustezza allo stelo. Il fusto ha un'altezza che varia da 80 a 150 cm nella piena maturazione.

Da ciascun nodo della pianta divergono tra le cinque e le sette foglie, di colore verde più o meno intenso con striature giallastre a seconda della varietà e dello stadio di maturazione. Sono allungate, guainanti, parallelinervie e a margine intero. Hanno i bordi dentellati e sono rivestite da peli corti e rigidi.

L'inflorescenza è una pannocchia apicale pendente da un lato raggiunta la maturità con una lunghezza che può variare tra 10 e 30 cm. È costituita dalle cinquanta alle duecento spighette che contengono un solo fiore fertile ed ermafrodito. Il fiore si presenta di una colorazione biancastra ed è composto da due glume piccolissime e due glumelle di dimensioni molto più grandi di colore giallastro. Ogni fiore è costituito da sei stami riuniti tutti intorno all'ovario.



Fig. 3: Schema delle fasi di sviluppo della pianta del riso.
(Fonte: www.it.depositphotos.com)

L'impollinazione avviene grazie alla presenza di polline pesante all'interno del fiore che, durante la deiscenza delle antere, cade sullo stigma rimanendo all'interno delle glumelle. Quando le antere escono dalla spighetta, le glumelle si richiudono permettendo al polline di disperdersi anche all'esterno della stessa.

In seguito all'impollinazione vi è la nascita del frutto, ovvero il risone o riso greggio. Il frutto della pianta di riso è una cariosside¹⁴ liscia, oblunga e semitrasparente, racchiusa dalle glumelle. La cariosside è di forma ellissoidale ed è costituita dall'embrione, dall'endosperma e dal pericarpo. L'aspetto e le dimensioni variano a seconda della varietà.

¹⁴ "In botanica, frutto secco indeiscente, a un solo seme, il cui tegumento aderisce strettamente al pericarpo in modo da simulare un seme, e come tale indicato volgarmente (seme di mais, di orzo, ecc.); si trova in quasi tutte le graminacee e in qualche altra pianta (per es. le tifacee)" (<http://www.treccani.it/vocabolario/cariosside/>).

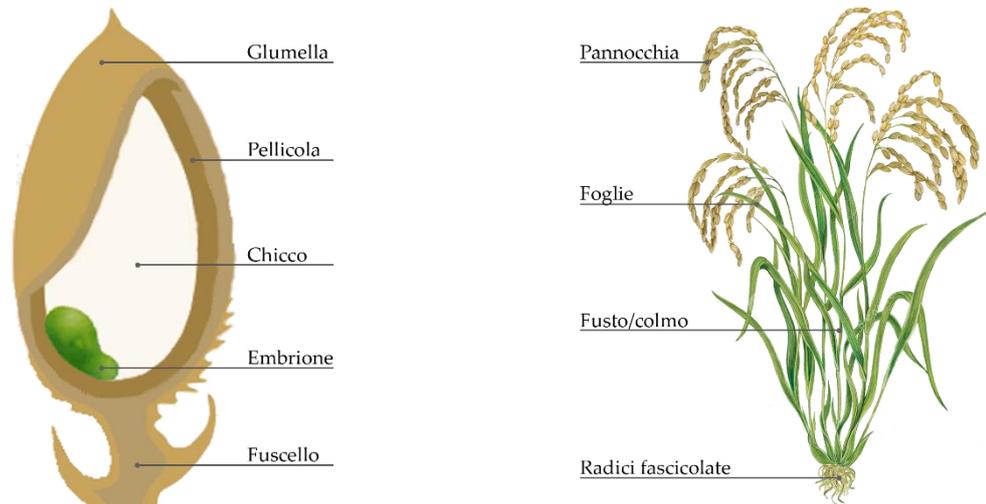


Fig. 4 e 5: Schema morfologico della frutto (sinistra) e della pianta di riso (destra).
(Fonti: www.shutterstock.com, www.docplayer.it)

La pianta del riso per svilupparsi in maniera corretta ha bisogno di un clima favorevole, che è quello tropicale, per questo in Italia le zone migliori per la sua coltivazione sono quelle con un clima molto umido e con precipitazioni abbondanti e periodiche.

Un altro aspetto fondamentale è l'acqua, che svolge un ruolo importantissimo per due motivi: è il rifornimento idrico necessario alla pianta e svolge un'azione termoregolatrice, riducendo le escursioni termiche giornaliere.

Anche le temperature sono molto importanti per una buona crescita. La temperatura minima vitale per l'acqua al momento della semina si aggira intorno ai 12°C, mentre quella dell'aria durante la levata e la fioritura non deve superare i 18°C.

Un ultimo aspetto da considerare è il suolo. Il terreno deve essere ricco di azoto e potassio, con una piccola quantità di acido fosforico e calce. Il riso si adatta bene ai suoli acidi, mentre fa più difficoltà con quelli basici; per questo motivo il sub-strato ideale è quello limoso-argilloso, tipico delle zone di Alessandria, Biella e Vercelli.

Con il tempo i criteri di sistemazione della risaia e le operazioni di coltivazione hanno subito dei grandi cambiamenti in seguito alla diffusione della meccanizzazione che ha portato all'ammodernamento dei macchinari e delle tecniche utilizzate. Oggi le principali tecniche di coltivazione del riso sono quattro:

- **Risicoltura a sommersione controllata:** l'unica praticata in Italia, consiste nell'irrigazione con uno strato d'acqua costante di 5-6 cm dal periodo della semina alla raccolta.
- **Risicoltura a sommersione non controllata:** il riso viene coltivato in zone depresse e inondato in maniera casuale per un periodo del ciclo colturale; è anche detto "riso galleggiante".
- **Risicoltura irrigata discontinuamente:** l'acqua viene fornita soltanto nei momenti più critici, ad esempio durante i periodi di siccità. È usata principalmente nelle aree tropicali.
- **Risicoltura pluviale:** l'apporto idrico è dato solo dalle piogge.



Fig. 6 e 7: Fotografie delle risaie vercellesi in due momenti diversi della risicoltura.

(Fonte: Andrea Cherchi)

La risicoltura si basa su alcune operazioni fondamentali:

- **La preparazione del terreno:** viene svolta nel periodo invernale o primaverile attraverso l'aratura, la concimazione con l'utilizzo di fertilizzanti a basso impatto ambientale e il livellamento, in modo da creare un letto di semina il più possibile piano.
- **La concia delle sementi:** consiste nell'applicazione ai semi di agrofarmaci per prevenire attacchi fungini. Successivamente avviene l'ammollamento, ovvero l'immersione in acqua delle sementi, per diverse ore, per appesantire la cariosside e migliorarne la distribuzione durante la semina.
- **La semina:** avviene tra marzo e maggio e può avvenire in loco, sommersa o asciutta, oppure in un vivaio.
- **La maturazione:** avviene tra luglio e agosto e va effettuata nel momento giusto; in concomitanza vi è anche l'eliminazione di erbe infestanti e parassitarie.

- **La raccolta:** avviene a raggiungimento della maturazione della pianta e delle pannocchie, visibilmente chiara grazie al colore giallastro che assumono. Il raccolto del risone viene condotto da inizio settembre alla fine di ottobre con l'aiuto di mietitrebbie, ormai in uso dagli anni cinquanta.
- **L'essicazione:** è un'operazione che viene effettuata perché il riso appena raccolto contiene una certa quantità di acqua e di umidità (22-28%) che è troppo alta per una buona conservazione (14-15%). Va quindi messo in appositi essiccatoi, dove viene liberata aria calda per l'eliminazione dell'umidità in eccesso.
- **Lo stoccaggio:** è l'ultima fase prima della lavorazione del riso e dei suoi sottoprodotti. Viene posto in un magazzino dove se è ben conservato continua a maturare.

1.4 L'IMPATTO AMBIENTALE

I cereali sono la più grande fonte di sostentamento per l'intera popolazione mondiale e il riso tra tutti è quello maggiormente consumato, soprattutto nelle aree asiatiche. Questo perché è un prodotto con un alto contenuto calorico e proteico, ricco di lipidi, sali minerali e vitamine.

Grazie alla sua grandissima adattabilità è stato esportato in tutto il mondo, riuscendo ad adeguarsi a climi ed ambienti molto diversi fra di loro.

Il riso è coltivato su una superficie di 150 milioni di ettari, suddivisa in centoventidue paesi. Il maggior produttore al mondo è l'Asia con il 90% di bene prodotto, a seguire l'Africa (5,8%), l'America (4,3%), l'Europa (0,38%) e infine l'Oceania con una produzione di appena 0,20%¹⁵.

¹⁵ Valsesia M., Bisaglia C., Bocchi S., Bordignon L., *Tecniche di coltivazione del riso a basso impatto ambientale. Riso secondo natura*, Gaglianico, Aerre editore, (2009), p. 11.

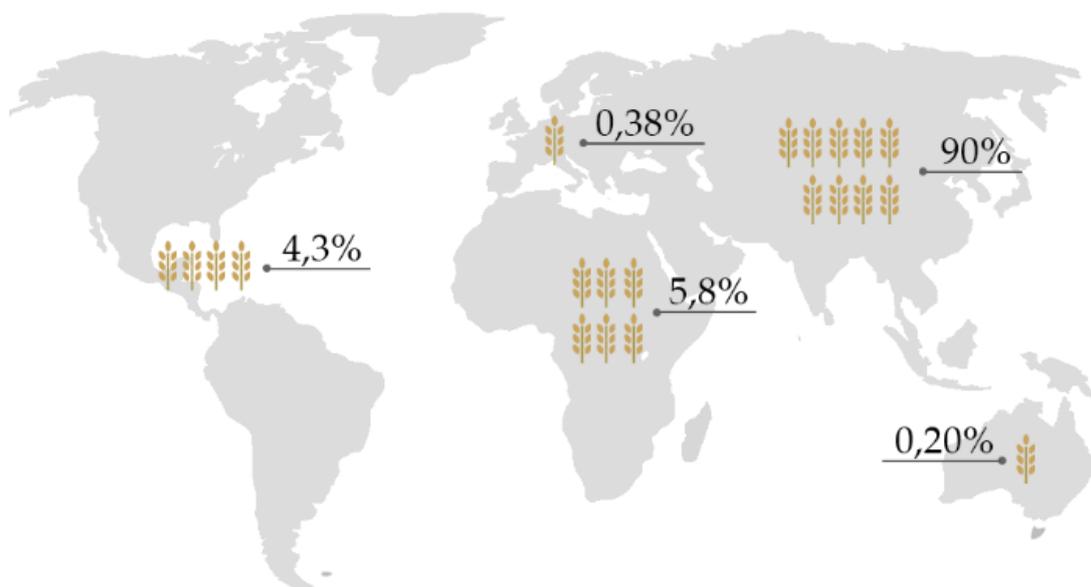


Fig. 8: Raffigurazione della produzione di riso nel Mondo, rappresentata dalle spighe del cereale.

Questo cereale fornisce il 20% del fabbisogno energetico mondiale¹⁶ e per questo motivo il 2004 è stato proclamato dalla FAO¹⁷, un'organizzazione delle Nazioni Unite, Anno Internazionale del Riso (International Year of Rice – IYR)¹⁸. L'obiettivo di questa iniziativa era quella di promuovere la consapevolezza del ruolo vitale che svolge questo cereale per l'umanità, in modo da ridurre la fame e la povertà nel Mondo.

Una delle emergenze ambientali a cui oggi bisogna far fronte però è sicuramente quella legata all'agricoltura. I principali gas causanti l'effetto serra vengono emessi dagli ecosistemi agricoli e sono l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O), contribuendo anche al riscaldamento globale.

Fra le varie coltivazioni agricole il riso è sicuramente quella più impattante, con il 18% delle emissioni di metano prodotte dalla putrefazione della sostanza organica, per lo più paglia lasciata in acqua.

Queste emissioni, secondo il FAO, possono essere ridotte di circa il 70% utilizzando un'agricoltura climatica intelligente (*Smart Agriculture*) in grado di adattarsi ai cambiamenti

¹⁶ <http://www.fao.org/rice2004/it/concept.htm>.

¹⁷ Organizzazione delle Nazioni Unite che si occupa di alimentazione e agricoltura con il compito di accrescere i livelli di nutrizione, aumentare la produttività agricola, migliorare la vita delle popolazioni rurali e contribuire alla crescita economica mondiale. È stata fondata nel 1945 con sede a Québec, ma dal 1951 quella ufficiale si trova a Roma.

¹⁸ <http://www.fao.org/rice2004/it/aboutiyr.htm>.

climatici e apportando modifiche ai sistemi di coltivazione. In questo senso, un progetto avviato dal FAO in Africa è l'agricoltura di conservazione, basata sulla ridotta lavorazione del terreno, sulla copertura permanente del suolo e sulla rotazione delle colture.¹⁹

Un altro aspetto fondamentale è la gestione delle risorse idriche la cui disponibilità sta diventando sempre più limitata in alcune parti del mondo. L'acqua è fondamentale per la crescita del riso, regola l'evapotraspirazione, le infiltrazioni e serve per il drenaggio del terreno. Al giorno vengono consumati dai 900 ai 2250 mm di acqua e ne servono circa 5000 litri per produrre un kilo di riso. Per cercare di ridurre l'utilizzo eccessivo di acqua nelle risaie si è iniziato a coltivare nuove varietà che ne richiedono un quantitativo molto più basso, oltre che alla coltivazione in asciutto. Si tratta di una coltivazione tradizionale a secco con successiva sommersione.

Un'altra grandissima problematica è legata all'uso di pesticidi chimici che, oltre ad essere dannosi per l'ambiente, lo sono anche per le colture, contribuendo all'emissione di gas effetto serra. Premesso che questi sono fondamentali per le coltivazioni, in quanto uccidono organismi infestanti, vanno sicuramente modificate le modalità agricole per cercare di eliminarli, se non del tutto almeno in parte. Tra le alternative vi sono: il sostegno dell'agro-biodiversità (utilizzando colture locali più resistenti agli attacchi esterni), la rotazione delle coltivazioni, l'uso di disinfestanti naturali, il potenziamento di normative sulla valutazione dei rischi dei pesticidi e l'eliminazione dei pesticidi più dannosi.²⁰

1.5 PRODOTTI E SOTTOPRODOTTI DEL RISO

Dalla coltivazione e dalla lavorazione del riso si producono una grande quantità di scarti, sottoprodotti e prodotti, che in buona parte possono essere riutilizzati evitando così i costi di smaltimento.

¹⁹ <http://www.fao.org/news/story/it/item/193585/icode/>.

²⁰ <https://www.foodscovery.it/foodheroes-magazine/fotografia-un-delitto-ambientale-la-minaccia-dei-pesticidi-allambiente/>

I sottoprodotti si dividono in due categorie: quelli che derivano dalla coltivazione e quelli provenienti dalla lavorazione del risone dopo le fasi di trebbiatura ed essiccazione. Del primo gruppo fanno parte le stoppie e la paglia. Le prime derivano dai processi di mietitura e sono le radici e la restante parte dello stelo dopo che la pianta è stata tagliata (di solito ad un'altezza di 20 cm). La paglia invece è il sottoprodotto di scarto più abbondante, sia in termini di peso che di quantità. Purtroppo ancora oggi la maggior parte della paglia viene bruciata in campo, causando gravi danni all'ambiente, perché a contatto con l'acqua produce elevati quantitativi di metano. Una piccola parte di questo sottoprodotto però vede utilizzi differenti: come lettiera per animali nelle stalle e come materiale isolante in edilizia, grazie alle sue ottime capacità coibenti.

Per quanto riguarda la seconda categoria si parla di tutti quei sottoprodotti che derivano dai processi di lavorazione del risone. Esso è anche chiamato riso greggio (paddy in gergo internazionale) e con questo termine si identificano le cariossidi, ovvero i chicchi bianchi della pannocchia, ancora avvolti da strati esterni che vengono eliminati in seguito con operazioni esclusivamente meccaniche di abrasione. Alcuni dei sottoprodotti sono:

- **Furfurolo:** è un solvente organico utilizzato per oli lubrificanti nell'industria petrolchimica, oppure come materia prima per resine fenoliche furfuriliche e per altri prodotti chimici. Viene estratto dalla lolla di riso.
- **Gemma:** è la parte vitale del riso e contiene la maggior parte delle vitamine e dei microelementi. Durante la lavorazione viene separata dal chicco. Oggi è utilizzata principalmente come alimento per animali.
- **Lolla:** è il rivestimento (glumella) che avvolge il chicco. Viene utilizzata per le lettiere degli animali, come pacciame per il giardinaggio e molti altri impieghi soprattutto nell'industria del design.
- **Mezzagrana e risina:** è il prodotto formato dai chicchi spuntati e destinato all'alimentazione animale oppure può essere utilizzato come polvere di riso e amido di riso.
- **Pula:** è il residuo farinoso ottenuto dalla sbiancatura del riso ed è costituita dagli involucri che costituiscono le cariossidi. Molto ricca di grassi e proteine è ottima come mangime per il bestiame, ma vede un suo utilizzo anche in campo farmaceutico.

- **Risina:** è l'insieme dei granelli di riso spezzati in seguito alle lavorazioni del risone. Viene utilizzata per l'alimentazione animale e per estrarre amido e glutine.

Il riso greggio sopra citato non può essere utilizzato a fini alimentari così come viene coltivato, per questo motivo va sottoposto ad una serie di lavorazioni industriali.

Prima di tutto va essiccato per abbassare l'umidità al 13% e poi riposto in appositi magazzini per la fase di stoccaggio. Attraverso una serie di trattamenti con appositi macchinari si ottengono tre tipologie differenti di riso che possono invece essere utilizzate ai fini alimentari.

Dopo la pulitura e la liberazione di tutte le impurità, il chicco viene passato in una mola girevole (sbramino) che lo separa dalla sua buccia (glumella o lolla). Da questo processo si ricava il riso semigreggio o sbramato, ma comunemente conosciuto come riso integrale. Si presenta con una colorazione bruna, da qui i termini cargo o brown con cui è anche conosciuto, e rimane più ricco di fibre, proteine, sali minerali e vitamine.

Successivamente bisogna eliminare la grana verde, ovvero i chicchi piccoli non ancora maturati e solo con la fase seguente si possono eliminare i sassolini rimasti nel riso attraverso un macchinario chiamato spietatrice.

Il quarto stadio è la sbiancatura del riso. Per abrasione perde la sua pellicola argentea (pericarpo) e con essa anche buona parte delle sostanze nutritive. I chicchi diventano molto più bianchi, da qui deriva il riso sbiancato o raffinato. È il più consumato in Italia ed è costituito principalmente da acqua, amido, lipidi, oligoelementi e vitamine.

La quinta fase consiste nell'eliminazione del germe del riso, ovvero la puntina (riso rotto di dimensione minore della metà del chicco) e la mezza grana (riso con dimensione uguale o maggiore della metà del chicco).

L'ultimo processo è il confezionamento in atmosfera protettiva; l'aria viene fatta uscire dal sacchetto e sostituita con anidride carbonica e azoto. Questi due componenti sono gli stessi della composizione dell'aria ma privi di ossigeno, permettendo una migliore conservazione del riso.

Un ulteriore lavorazione del riso greggio è la paraboilizzazione. L'etimologia del termine "parboiled" ovvero "partially boiled" indica che il riso è stato in precedenza cotto parzialmente. Prima di tutto viene passato in un contenitore sotto vuoto per

eliminare l'aria. Successivamente è immerso in acqua tiepida con pressione a vuoto per provocare la gelatinizzazione dell'amido (temperature superiori ai 100° C) e poi cotto per un breve periodo a vapore. Infine viene essiccato per raggiungere il giusto grado di umidità. Il riso parboiled presenta una colorazione ambrata più o meno intensa e contiene molte più vitamine e sali minerali rispetto alle altre categorie.

Esistono poi altri tipi di riso, fra cui:

- **Riso aromatico:** la sua caratteristica distintiva è la presenza dell'aroma, ovvero di una profumazione particolare che ricorda molto quella dei pop-corn. In Italia esistono e sono coltivate molte varietà locali dall'aroma intenso, che si sviluppa sia in fase di cottura che già in campo.
- **Riso rosso e nero:** si tratta di risi integrali pigmentati che nella fase di sbramatura presentano per natura una particolare colorazione.
- **Riso fioccolato:** cotto a vapore e poi schiacciato fra due rulli per ottenere piccoli fiocchi. Viene utilizzato come cereale per la colazione.
- **Riso soffiato:** cotto con l'aggiunta di zucchero viene poi essiccato e schiacciato per far uscire l'acqua in eccesso molto velocemente, al punto da far "scoppiare" i chicchi. Successivamente tostato viene anch'esso utilizzato per dolci e come cereale da colazione.
- **Riso pre-cotto:** prevede una veloce cottura e una veloce asciugatura. Confezionato con spezie e verdure liofilizzate richiede una rapida bollitura.
- **Riso vitaminizzato:** viene arricchito con vitamine.



Fig. 9: Le quattro fasi di lavorazione del riso: greggio, semigreggio, raffinato e parboiled.

(Fonte: www.riseriach.it)

1.5.1 LOLLA DI RISO

La lolla di riso costituisce lo strato più superficiale del risone, la cosiddetta “buccia” o glumella che racchiude la cariosside. Si ottiene attraverso il processo di sbramatura del riso grezzo e si presenta leggera e voluminosa, di colore giallastro (quando è ancora attaccata al chicco) o marrone (dopo la sbramatura).



Fig. 10 e 11: Sbramatura del risone (sinistra) da cui si ricava la lolla di riso (destra).

(Fonti: www.wordpress.com, Ricehouse)

Le glumelle hanno una forma oblunga, concava e di due diverse dimensioni. La lemma, più grande e aristata perché termina con un prolungamento filiforme detto arista e la palea, la glumetta superiore più piccola e non aristata. Entrambe hanno il ruolo di proteggere gli organi floreali nati durante il periodo della fioritura.

Dopo la fioritura segue la maturazione del chicco e all'interno delle glumelle si formano cellule lignificate, aventi un alto contenuto di silicati.

Una volta che la lolla è stata asportata dal risone può essere sottoposta ad alcune lavorazioni da cui derivano le seguenti tipologie:

- **Lolla fresca:** scarto del risone privo di trattamenti; può essere utilizzata intera o macinata ed è impiegata per aumentare il drenaggio e la microporosità dei substrati.
- **Lolla parboiled:** derivante dall'omonimo processo, che grazie alla sterilizzazione elimina l'eventuale presenza di patogeni; può anch'essa essere utilizzata intera o macinata.
- **Lolla carbonizzata:** posta in forno ad alte temperature che la rendono secca per il 50%.

- **Lolla compostata:** compostata per ventiquattro mesi per avviare il processo di fermentazione anaerobica; successivamente vi è la fase aerobica.
- **Lolla espansa:** surriscaldata fino a 200° C, temperatura che la porta a gonfiarsi sino a rottura.
- **Lolla invecchiata:** invecchiata per favorirne l'ossidazione passiva che le conferisce la colorazione marrone.

Dal punto di vista chimico la lolla di riso è costituita da poche sostanze nutrienti (3,3% di proteine e 1,1% di grassi) risultando così inattaccabile dagli insetti. Le proteine presenti al suo interno sono: glutine (93%), albumina (5%), globulina (1%) e prolamina (1%). Gli zuccheri principali sono invece il glucosio e lo xylosio.

Si presenta inoltre con un alto livello di fibre crude, di due tipologie: neutral detergent fibre (NDF) e acid detergent fibre (ADF). Queste sono il residuo insolubile di una materia a seguito di un'idrolisi prima alcalina (acido debole e base forte in acqua) e poi acida (sale derivante da acido forte in acqua).

È costituita anche da lignina, cutina, silice e cellulosa.

La lignina è un complesso e pesante polimero organico formato principalmente da composti fenolici. Essendo resistente alla compressione conferisce solidità alla lolla; è inoltre idrofoba garantendo così l'impermeabilizzazione delle cellule.

La cutina è una sostanza idrofoba presente all'interno della cuticola protettiva che ricopre i tessuti esterni delle piante, prevenendo così la disidratazione. Il suo contenuto all'interno della lolla di riso è molto elevato.

La silice insolubile è un altro componente della lolla ed è anche chiamata anidride silicica o diossido di silicio. La sua natura di semiconduttore ne permette l'uso come isolante.

La cellulosa è un polisaccaride costituito da una serie di molecole di glucosio unite fra loro da un legame glicosidico, presente in bassa quantità.

La lolla di riso, come già detto in precedenza, è uno dei principali sottoprodotti derivanti dalla lavorazione del risone. È sempre stata, e lo è ancora oggi, un problema per gli agricoltori, a causa del suo difficile smaltimento. È molto difficile da assorbire nei campi, vista la sua resistenza ai terreni e, a causa della difficile digestione e del suo basso valore nutrizionale, è inadatta all'alimentazione animale.

Grazie all'alto contenuto di materia organica però si è scoperto essere un sottoprodotto compostabile e può così essere trasformata in letame organico, senza intralciare la crescita delle piante. A livello industriale viene anche utilizzata come combustibile per caldaie a bassa capacità o come combustibile alternativo per la produzione di energia domestica. Grazie alle sue proprietà lignocellulosiche può essere utilizzata anche nella preparazione di carbone attivo per adsorbenti efficaci.

Un altro grande impiego è come lettiera per animali e nell'industria del design per realizzare oggetti di vario tipo.

1.5.2 PAGLIA DI RISO

La paglia è un sottoprodotto agricolo derivante dalla coltivazione dei cereali ed è costituita dai culmi, ovvero i fusti cavi rimasti dopo che i granelli sono stati raccolti; rappresenta il 40-60% secco della pianta. La paglia di riso si differenzia però da quelle derivanti dai cereali autunno-vernini per le sue caratteristiche chimico-fisiche e per il periodo di raccolta.

Questo avviene in tardo autunno (tra fine ottobre e i primi giorni di novembre), stagione molto piovosa e con condizioni ambientali che ne impediscono l'essiccazione, data l'elevata umidità del terreno che ostacola il deflusso delle acque. A causa di queste avverse condizioni del suolo, che risulta più pesante rispetto agli altri, è necessario l'utilizzo di macchinari più potenti.



Fig. 12 e 13: Paglia in campo (sinistra) e dopo la raccolta (destra).
(Fonte: Ricehouse)

Per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche la paglia di riso è caratterizzata da un basso contenuto in Cloro (Cl) e un'altissima percentuale di Silice (SiO₂). Questa composizione la rende inadatta come cibo per gli animali, ma durevole nel tempo e ne impedisce la marcescenza.

Per ogni ettaro coltivato a riso si ottengono circa 5 tonnellate di paglia²¹, la quale attualmente viene impiegata principalmente come lettiera per animali, per preparare il terreno ad accogliere la successiva coltura oppure viene bruciata in campo, rilasciando però elevati quantitativi di metano se a contatto con l'acqua.

In passato è stata utilizzata per moltissimo tempo in edilizia, soprattutto nei paesi nord-europei e in America, per le sue ottime qualità isolanti ed antisismiche. Mescolata con l'argilla o la terra cruda permette di realizzare dei mattoni molto resistenti.

Intorno al XIV secolo il suo utilizzo in edilizia ha avuto un declino, dovuto all'affermarsi di nuove tecnologie e dalla crescente minaccia rappresentata dagli incendi.

Oggi la paglia di riso è tornata ad essere un materiale da costruzione, soprattutto in Francia, e questo grazie alle sue ottime proprietà:

- **Elevato potere termoisolante e fonoassorbente:** fornisce un ottimo isolamento termico e acustico, grazie alla bassa conducibilità e alla capacità di assorbire il suono.
- **Resistenza all'umidità:** avendo la paglia un comportamento igroscopico, come tutti i materiali vegetali, favorisce l'assorbimento dell'acqua e del vapore. Per questo motivo bisogna evitare l'esposizione delle balle in luoghi troppo umidi. La sua umidità ideale dovrebbe essere intorno al 14%.
- **Resistenza ai carichi:** è ideale per portare carichi tipici di pavimenti, tetti e neve ed è adatta alla realizzazione di edifici con più di due piani.
- **Resistenza al sisma:** è adatta a costruzioni in zone sismiche perché le balle presentano un buon rapporto altezza-lunghezza.
- **Resistenza al fuoco:** la paglia sfusa è risaputo essere altamente infiammabile, ma attraverso degli studi si è scoperto che le balle, se rivestite internamente con terra cruda ed esternamente con intonaco in calce, presentano una resistenza al fuoco

²¹ Fonte Ricehouse

REI90. Questo risultato è dovuto oltre alle proprietà dei materiali, anche alla compressione delle balle che impedisce il passaggio dell'ossigeno evitando così la combustione.

- **Durabilità nel tempo:** la sua longevità è dimostrata da alcuni edifici ancora oggi presenti e costruiti in America più di cento anni fa.
- **Allontana i roditori:** l'elevata compressione delle balle di paglia impedisce l'annidarsi di roditori.
- **Non è un nutrimento per gli insetti:** grazie all'alto contenuto in silice (80-90% in peso) e alla mancanza di nutrienti non viene vista dagli insetti come sostentamento.

1.5.3 PULA DI RISO

La pula rappresenta il residuo farinoso ottenuto dalla sbiancatura del riso, ed è costituita dall'embrione, il pericarpo e il tegumento della cariosside. Essendo molto ricca di sostanze grasse e proteiche è utilizzata come alimentazione per il bestiame. Inoltre dalla spremitura a freddo si può ottenere l'olio di riso.

Essendo la pula ricchissima di elementi nutraceutici²², in particolare l'orizanolo²³ che compone il 3% dello scarto e possiede proprietà antiossidanti, antiipercolesterolinemiche e anabolizzanti, può anche essere utilizzata per scopi farmaceutici e cosmetici.

Al riguardo, nel 2016 l'Università degli Studi di Milano ha elaborato una procedura per valorizzare questo scarto. Questo processo trova impiego in trattamenti legati ai disturbi della menopausa e in cosmesi che proteggono dalle radiazioni UV per la pelle.

²² "Sostanza nutritiva arricchita da principi attivi, di origine perlopiù vegetale; ad essa relativo." (http://www.treccani.it/vocabolario/nutraceutico_%28Neologismi%29/).

²³ "Composto chimico appartenente alla classe dei fitosteroli. Sono esteri formati dall'acido ferulico e da steroli o alcoli triterpenici. Il γ -orizanolo è una miscela di o. estratta dall'olio di pula di riso, di granoturco e di orzo, con interessanti proprietà terapeutiche [...]." (<http://www.treccani.it/enciclopedia/orizanolo/>)

La resa di questi componenti, sia qualitativa che quantitativa, è fortemente legata al processo produttivo, per questo motivo bisogna fare molta attenzione ai trattamenti della pula²⁴.

1.6 QUADRO NORMATIVO DEI SOTTOPRODOTTI AGRICOLI

Come già detto nel paragrafo precedente, la lolla di riso è stata considerata per moltissimo tempo un materiale di scarto da smaltire in discarica. Grazie però ad una serie di decreti e leggi nazionali ed europee è passata da essere un rifiuto ad un sottoprodotto lavorato a livello industriale per ricavarne svariati utilizzi.

La definizione di sottoprodotto in Italia è stata redatta ufficialmente nel 2010 con il Decreto Legislativo n. 205 del 3 Dicembre, *Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del consiglio del 19/11/2008 relativa a rifiuti che abroga alcune direttive*.

Nel presente decreto, all'articolo 184 bis, viene data la definizione di sottoprodotto come qualsiasi sostanza che soddisfa dei precisi requisiti.

La prima definizione di lolla di riso invece, a livello legislativo, la troviamo nel Decreto Ministeriale del 5 Febbraio 1998, *Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D. Lgs. 5/02/1997, n. 22*.

Nel documento la lolla viene definita come un rifiuto dell'industria agroalimentare ma non dannoso e, in quanto tale, non necessita di essere smaltito in discarica, ma può trovare altri impieghi, come mostrano i seguenti articoli:

“Art. 11 – Rifiuti derivati dall'industria agroalimentare

Art. 11.8 – Tipologia: lolla di riso, guscetta di cotone

Art. 11.8.1 – Provenienza: industria agroalimentare, industria tessile

Art. 11.8.2 – Caratteristica del rifiuto: rifiuti costituiti da scarti vegetali originatisi durante la sgranatura del riso e dalla prima parte del ciclo di filatura del cotone

²⁴ <https://www.risoitaliano.eu/una-pillola-di-pula/>.

Art. 11.8.3 – Attività di recupero: produzione di lettiere per allevamenti zootecnici.”²⁵

Molti anni dopo con la Legge n. 308 del 15 Dicembre 2004, *Delega del governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*, si inizierà a parlare di come la lolla di riso può essere riutilizzata per diverse attività, come la produzione di laterizi, di ceramiche e di argille espanse e cementi.

Nell'articolo 1 comma 31 viene riportato quanto segue:

“[...] finalizzata a consentire il riutilizzo della lolla di riso, affinché non sia considerata come rifiuto derivante dalla produzione dell'industria agroalimentare, nonché dirette a prevedere, oltre ai cementifici, le seguenti attività di recupero della polvere di allumina, in una percentuale dall'1 al 5 per cento nella miscela complessiva:

- a) Produzione di laterizi;
- b) Produzione di industrie ceramiche;
- c) Produzione di argille espanse.”²⁶

Due anni dopo viene emanato il Decreto Legislativo n. 152 del 3 Aprile 2006, conosciuto con il nome di *Testo Unico Ambientale*, dove viene esplicitata in maniera molto chiara la differenza fra rifiuti e sottoprodotti.

L'articolo 183 al comma 1 dà una definizione molto chiara di entrambi:

- “a) Rifiuto: qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi;
- n) Sottoprodotto: i prodotti dell'attività dell'impresa che, pure non costituendo l'oggetto dell'attività principale, scaturiscono in via continuativa dal processo industriale dell'impresa stessa e sono destinati ad un ulteriore impiego o al consumo [...]”²⁷

Da questa descrizione si evince che la lolla di riso non è più considerata un rifiuto bensì un sottoprodotto dell'industria agroalimentare, derivante da un processo (la sbramatura del risone) che non ha come scopo finale la sua produzione. Inoltre può essere impiegata in svariati settori, tra cui quello edilizio e del design.

²⁵ Stralcio della Gazzetta Ufficiale del 16 Aprile 1998, n. 88, S.o. n. 72, Allegato 1, Suballegato 1, Paragrafo 11, p. 49.

²⁶ Stralcio della Gazzetta Ufficiale del 27 Dicembre 2004, n. 302, S.o. n. 187, p. 14.

²⁷ Stralcio della Gazzetta Ufficiale del 14 Aprile 2006, n. 88, S.o. n. 96, pp. 86-87.

Per le sue ottime qualità, il bassissimo (quasi nullo) impatto che ha sull'ambiente e per il suo valore economico, risulta essere un ottimo sostituto di altri prodotti oggi utilizzati in edilizia: ecco perché è stata scelta come materia prima da utilizzare nella presente tesi.



2

RICEHOUSE,
LA CASA DI RISO

2.1 STORIA, MISSION E VALORI

Ricehouse è una start-up innovativa biellese nata nel 2016 e fondata da Tiziana Monterisi (CEO e Cofondatore) e dal compagno Alessio Colombo.

Da ormai più di dieci anni Tiziana si occupa di promuovere e diffondere i principi di nuovi organismi abitativi realizzati con materiali naturali, proponendo una valida alternativa a quelli di origine petrolchimica.

Dal 2007 è responsabile dell'ufficio architettura della *Cittadellarte Fondazione Pistoletto*, di cui porta avanti la mission:

“Ispirare e produrre un cambiamento responsabile nella società attraverso idee e progetti creativi.”²⁸

Nel 2008 fonda *n.o.v.a. civitas*, nuovi organismi di vita abitativa, insieme a Michelangelo Pistoletto e nel 2014 apre lo studio di progettazione basato sui principi della bioarchitettura, *Coltivare la Città*. Nel 2015 istituisce *Promopaglia* insieme ad un gruppo di imprese e professionisti che da tempo operano con le balle di paglia di riso, diventandone così la maggior esperta in Italia.

Ricehouse nasce all'interno di un contesto naturale circondato da risaie e montagne, ed è proprio da qui e da un lungo percorso di ricerca, formazione e sviluppo di edifici architettonici nel campo dell'architettura naturale, che Tiziana decide di ampliarsi. Inizia così ad applicare le sue conoscenze alla realizzazione e alla commercializzazione di materiali biocomposti²⁹ a partire dagli scarti del riso, cercando di far fronte ad un grave danno che l'edilizia sta arrecando all'ambiente.

Da un rapporto redatto dalla *Global Alliance for Buildings and Construction*³⁰ (GABC) è emerso che negli ultimi dieci anni sono stati costruiti circa 50 miliardi di metri quadrati di nuova

²⁸ Tiziana Monterisi.

²⁹ Versione più evoluta ed intelligente dei compositi. Nascono dal concetto base degli FRP (Fiber Reinforced Plastics), ovvero dalla combinazione tridimensionale tra una resina polimerica ed una fibra di rinforzo, ma anziché utilizzare materie di origine sintetica, sfruttano totalmente o in parte elementi di origine vegetale.

³⁰ È stata lanciata nel Dicembre 2015, in occasione della COP21's Buildings Day di Parigi, dal governo francese e dal programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (Unep). Esso raggruppa le imprese, l'industria edile e i paesi per sensibilizzare e facilitare il passaggio verso edifici ad impatto quasi zero ed energeticamente efficienti.

superficie in cemento, e le previsioni per i prossimi quarant'anni sono disastrose, se non ci si decide a cambiare strategia.

L'edilizia tradizionale è definita "energivora" ed è altamente dannosa per il nostro Pianeta. Gli edifici, solo durante la fase di costruzione, sono la causa del 40% del consumo energetico totale e del 36% delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera; inoltre i rifiuti che essi producono a fine cantiere rappresentano 1/3 di tutti i rifiuti, causando problemi anche nella gestione dello smaltimento.

Circa il 50% delle materie prime che vengono estratte nel mondo e il 21% dell'acqua potabile che abbiamo a disposizione servono per il settore delle costruzioni, diventato ormai dannoso sia per la sempre più scarsità delle risorse presenti, sia per l'ambiente e per l'uomo.

Attraverso la bibliografia scientifica, le prove in laboratorio e i test, Ricehouse con l'aiuto di alcuni tecnici, ha valutato quali potessero essere le caratteristiche della materia prima (riso) da poter sfruttare per creare dei materiali da portare nell'edilizia.

L'obiettivo che si è quindi preposta l'azienda è andare a sostituire tutti gli elementi che fanno parte della casa (involucro verticale, orizzontale, intonaci, massetti) con un materiale che derivi dalla natura e che a fine vita possa ritornare in natura (paglia, lolla, pula). In questo modo si vanno a valorizzare le materie seconde³¹ derivanti dalla coltivazione del riso, che diventano così nuovi materiali per un'edilizia con prestazioni analoghe a quelle dell'edilizia tradizionale ad elevata efficienza.

Altro aspetto fondamentale della sua mission è che Ricehouse si pone come snodo centrale di una filiera industriale, quella del riso, che dall'agricoltura arriva all'architettura, alimentando le necessità del mercato innovativo nel settore delle costruzioni.

Si occupa personalmente di attivare collaborazioni con gli agricoltori, creando un'attività alternativa agli scarti che essi producono e un vantaggio in termini economici.

Dai risicoltori acquista la materia prima (balle e balle di paglia) trasferendola così com'è a realtà imprenditoriali (trasformatori) che realizzano prodotti in linea con la sua filosofia.

Da queste aziende acquista poi il prodotto finito, marchiato Ricehouse.

³¹ Sono costituite da materiale di scarto che derivano dal recupero o dal riciclaggio dei rifiuti. Attraverso un opportuno trattamento, permettono di ottenere un materiale uguale a quello da estrarre che rispetta l'ambiente ed evita l'estrazione di materie prime che sono ormai limitate.

Da qui partono tre linee di vendita differenti: la vendita interna, dove Ricehouse si occupa direttamente di vendere il prodotto finito al cliente; la vendita esterna, tramite il sistema BtoB³² e attraverso Casa Risorsa, la vendita di un pacchetto completo di tutto il sistema casa.

Tutto questo lavoro si basa su valori che l'impresa sta cercando di diffondere attraverso la divulgazione dei principi base dello Sviluppo Sostenibile, che si concretizzano nel lasciare la minor "impronta" possibile sulla Terra.

In linea con l'Agenda 2030 dell'ONU³³ Ricehouse persegue otto dei diciassette obiettivi comuni che sono stati predisposti:

- 3) **Salute e benessere:** garantire uno stile di vita salutare a tutti e a tutte le età promuovendo il benessere attraverso un'edilizia sana, riducendo le sostanze nocive per l'uomo.
- 8) **Lavoro dignitoso e crescita economica:** promuovere una crescita economica duratura, di qualità e inclusiva attraverso lo sviluppo delle piccole-medio imprese e di un turismo sostenibile che favorisca la cultura e i prodotti locali.
- 9) **Imprese, innovazione e infrastrutture:** supportare lo sviluppo tecnologico con la creazione di filiere virtuose ed economie locali.
- 11) **Città e comunità sostenibili:** migliorare l'utilizzo delle risorse riducendo l'inquinamento e la povertà, offrendo opportunità per tutti.
- 12) **Consumo e produzione responsabili:** promuovere l'efficienza dell'energia e delle risorse utilizzando i residui della coltivazione del riso, promuovendo il consumo responsabile.
- 13) **Lotta contro il cambiamento climatico:** utilizzare materiali naturali al 100%, a basso impatto ambientale, durevoli e performanti.
- 15) **La vita sulla terra:** proteggere e promuovere l'uso sostenibile degli ecosistemi attraverso una gestione sostenibile del suolo agricolo evitando la perdita della biodiversità.

³² Business to business, si riferisce ad uno scambio commerciale di prodotti o servizi tra imprese.

³³ Si tratta di un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità, sottoscritto nel Settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi che fanno parte dell'ONU. Consta di diciassette obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile con 169 traguardi finali. L'avvio è avvenuto con l'inizio del 2016 e i Paesi membri si sono impegnati a rispettare il programma nei prossimi quindici anni.

17) **Partnership per gli obiettivi:** condividere continuamente le proprie conoscenze permettendo la diffusione di tecnologie ecocompatibili anche nei paesi in via di sviluppo.



Fig. 14: Otto dei diciassette goals per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda ONU 2030.
(Fonte: www.unric.org)

Ricehouse è una realtà molto giovane, sia per data di nascita che per risorse umane che ne fanno parte; i collaboratori sono soprattutto giovani laureati o laureandi in architettura con un'età compresa fra i ventiquattro e i quarant'anni. Ad oggi è unica in Italia e grazie ai contatti con altre paesi d'Europa sta cercando di diffondere il proprio know-how³⁴, creando così una vasta rete imprenditoriale in grado di valorizzare il territorio e attivare un'economia circolare tesa a non finire mai.

2.2 IDEE, COLLABORAZIONI E RICONOSCIMENTI

Tiziana e Alessio dalle risaie hanno colto una grandissima opportunità diventata poi il motore che porta avanti l'idea di Ricehouse: dall'agricoltura all'architettura, dal riso agli edifici.

³⁴ "Insieme di saperi e abilità, competenze ed esperienze necessari per svolgere bene determinate attività all'interno di settori industriali e commerciali. [...]."
(http://www.treccani.it/enciclopedia/know-how_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/).

Il riso è l'alimento più consumato al mondo (7 kg di consumo medio annuo per persona)³⁵, sfamando circa la metà della popolazione mondiale. Viene coltivato in tutti e cinque i continenti ed in oltre cento paesi, con 162 milioni di ettari cresciuti ogni anno per 1,2 miliardi di riso all'anno.

L'Italia detiene il primato di maggior produttore di riso in Europa ed è in grado di soddisfare il 40% del fabbisogno dell'Unione Europea³⁶. Seguono poi Spagna, Grecia, Portogallo, Francia, Romania, Bulgaria e Ungheria. Nel nostro Paese la coltivazione si concentra principalmente al nord e vengono coltivati circa 230 mila ettari di riso l'anno³⁷; per ogni ettaro si ottengono circa 250 balle di paglia di riso, per un totale di 57 milioni.

Se si pensa che ogni due balle corrispondono ad 1 m², ogni anno si potrebbero costruire circa 28 milioni 700 mila m² di involucro. E ancora, ipotizzando una media di 100 m² per edificio (250 m² di involucro) si possono arrivare ad edificare circa 155 mila edifici, per un totale di 15.330.400 m² costruiti ogni anno.

In questo modo si arriverebbe ad avere, solo in Italia, il 93% circa di edifici costruiti con materiali rinnovabili.

Analizzando il processo di coltivazione del riso, Tiziana e Alessio, si sono resi conto che circa il 30% del cereale prodotto rimane in campo, dando vita a materie seconde quali paglia, lolla, pula che assumono così poco valore, con un ruolo tutt'altro che sostenibile; la paglia lasciata in campo, se a contatto con l'acqua, emana infatti alti contenuti di anidride carbonica e metano. La lolla invece rappresenta un problema ancora più grande, perché non si sa come smaltirla e lasciandola in situ rischia di bloccare la produzione del riso.

Da qui parte il progetto di Ricehouse insieme ad altre sette realtà imprenditoriali, affini per filosofia e prodotti; dall'azienda agricola, ai trasformatori, fino ad arrivare al partner commerciale.

AURORA è una società agricola, in provincia di Vercelli, da cui Ricehouse raccoglie dal campo le materie prime.

³⁵ Fonte Ricehouse.

³⁶ *Ivi*.

³⁷ *Ivi*.

MGN³⁸, in provincia di Vicenza, è un'azienda che, oltre a ricreare intonaci a base di calce naturale per il restauro degli edifici storici ha anche una linea per la bioedilizia. Realizza per Ricehouse intonaci di fondo, di finitura e massetti a base di calce, lolla e pula. Il mix di calce e lolla o calce, lolla e terra cruda li rende molto leggeri e altamente termici, oltre che sani e traspiranti, con una facilità di posa molto simile a quella del cemento.

CMF³⁹ è una realtà molto recente, nata nel 2008 in provincia di Modena, realizza pannelli isolanti ed eco-sostenibili utilizzando materiali di risulta e di scarto (come la canapa) e un legante brevettato privo di formaldeide, la "Pappa reale". Con Ricehouse ha ampliato le sue vedute iniziando ad utilizzare una nuova materia prima, il riso.

Dalla collaborazione con **Novello Case**⁴⁰ è nato il marchio **RISORSA**, che permette la realizzazione di case in paglia prefabbricate con elevatissime prestazioni energetiche, rispettando gli standard passivi⁴¹ e utilizzando solo materiali naturali da filiera corta.

Un'altra importante collaborazione è insieme a **WASP**⁴² che ha realizzato la prima casa interamente stampata in 3D, Gaia. Consiste in un nuovo modello architettonico ecosostenibile in terra cruda altamente performante sia dal punto di vista energetico che della salubrità interna, con un impatto quasi zero sull'ambiente. Per la sua realizzazione Ricehouse ha fornito le fibre vegetali attraverso le quali è stata sviluppata una miscela composta dal 25% di terreno in situ, 40% di paglia di riso trinciata, 25% di lolla di riso e 10% di calce idraulica. Il composto è stato poi impastato tramite una molazza, che lo ha reso omogeneo e lavorabile.

Prefabbricati Santerno e **Sfilacciatura Negro Biella** sono due aziende che lavorano con materiale biocomposito; l'uno a base di lolla e calce per la produzione di pannelli prefabbricati, l'altro con paglia e polimeri riutilizzati dai sacchi di plastica (BIG BAG).

³⁸ www.mgnintonaci.it.

³⁹ www.cmfgreentech.com.

⁴⁰ www.novellocasedipaglia.it.

⁴¹ Detti anche standard Passivhaus, sono stati inventati nel 1995 da Wolfgang Feist dopo alcuni esperimenti per ridurre i consumi energetici di un edificio di Darmstadt. Si fondano su tre parametri: consumi energetici, requisiti di qualità e costi ragionevoli; devono essere rispettati da tutti gli edifici che vogliono essere definiti passivi.

⁴² www.3dwasp.com.

L'ultima azienda è il partner commerciale altoatesino che diffonde e vende prodotti ecologici legati al comfort e all'efficienza energetica degli edifici, **Nordtex**⁴³.

Grazie a queste collaborazioni e ai suoi principi, Ricehouse ha avuto modo negli anni di partecipare a moltissimi convegni, fiere ed eventi legati alla sostenibilità, promulgando e diffondendo i suoi valori e i suoi prodotti, ottenendo anche svariati riconoscimenti.

Nel gennaio 2018 ha partecipato alla **Klimahouse Start-up Award**, occasione per dare impulso alle innovazioni green fra i giovani imprenditori, rientrando tra le dieci finaliste e vincendo il premio speciale come miglior start-up innovativa, assegnato dall'Agenzia CasaClima.

Sempre nello stesso anno ha partecipato alla nona edizione della **Good Energy Award**, risultando vincitrice del primo premio nella categoria Real Estate, rivolto alle aziende che hanno coraggiosamente deciso di investire in un mercato innovativo e responsabile verso l'ambiente, l'economia e il territorio.

Ha anche preso parte alla decima edizione del festival dello **Sviluppo Sostenibile 2018**, che premia le imprese italiane eccellenti nel campo della green economy, concorrendo tra le dieci finaliste della categoria Edilizia Sostenibile.

Alla quarta edizione della **ING Challenge 2018**, organizzata in collaborazione con H-farm, è risultata vincitrice del primo premio in quanto impresa che promuove la green economy come motore di innovazione e sviluppo economico.

Nel gennaio 2019 ha partecipato nuovamente alla fiera di Bolzano **Klimahouse Trend 2019** che, in collaborazione con il Politecnico di Milano, ha premiato le aziende innovative nel settore del risanamento e dell'efficienza energetica in edilizia. In questa occasione ha presentato una nuova linea completa di prodotti naturali insieme a Nordtex.

A maggio ha vinto anche il premio "Best Smart City Vision" a **Seeds&Chips Milano 2019** ed è stata selezionata per il **Premio Gaetano Marzotto** tra le start-up vincitrici di un "Percorso di mentoring".

⁴³ <https://www.nordtex.it/>.

2.3 MATERIALI NATURALI E RINNOVABILI

“Il mio lavoro si basa su un forte senso di responsabilità nel rapporto tra uomo e ambiente”.

Tiziana Monterisi

L'uomo passa ormai la maggior parte delle sue giornate all'interno di edifici che non sempre rispecchiano le giuste caratteristiche di comfort, creando così danni sulla sua salute ma anche sull'ambiente. La qualità delle nostre vite e delle nostre case dipende dai materiali che usiamo e dalla loro durabilità; per questo motivo è molto importante utilizzare materiali di origine naturale o riciclati, tenendo conto che al termine della loro vita potranno essere separati e re-immessi nella biosfera diventando una risorsa per qualcos'altro ed evitando così la produzione di rifiuti.

Ricehouse, in linea con i suoi valori e con le sue idee, si preoccupa di impiegare solamente materie prime di origine 100% naturale che portino ad un giovamento per l'edificio, l'uomo e l'ambiente. Queste sono la paglia di riso, l'argilla, il legno e la calce.

- **Paglia:** scarto della coltivazione del riso prodotto in enormi quantità, è diffusa in tutto il globo ed è facilmente reperibile ad un costo molto basso. Grazie alle sue elevate prestazioni energetiche (conducibilità termica pari a $0,039 \text{ W/mK}$)⁴⁴ è considerato un materiale ideale per i nuovi principi di un abitare sano e consente di classificare l'edificio realizzato con questo materiale come Passivo (fabbisogno energetico $< 15 \text{ Kwh/m}^2/\text{a}$)⁴⁵, riducendo i costi di gestione per il raffrescamento e il riscaldamento, oltre che un risparmio in termini di tempo grazie alla prefabbricazione di elementi costruttivi. Possiede anche un ottimo comportamento acustico e un eccellente calore specifico (1900 J/kgK)⁴⁶ che si traduce in uno sfasamento di ventitre ore. È un materiale antisismico, oltre che essere anallergico, biodegradabile e rinnovabile. Non emettendo nessuna sostanza nociva migliora la qualità dell'aria interna e, combinato con intonaci naturali diventa anche traspirante, consentendo la regolazione dell'umidità e l'assenza di polveri. Il suo

⁴⁴ Fonte Ricehouse.

⁴⁵ *Ivi.*

⁴⁶ *Ivi.*

riutilizzo ha un'impronta ecologica che è nettamente inferiore rispetto al suo smaltimento.

- **Argilla:** materiale del passato riscoperto da alcuni anni in chiave sostenibile. La capacità della terra cruda di assorbire importanti quantità di umidità e rilasciarle gradualmente nell'ambiente, la rendono ideale come intonaco per gli ambienti interni, migliorando il microclima indoor e mantenendo un livello di umidità costante per tutto l'anno. È adatta sia per le nuove costruzioni che per edifici storici perché è in grado di adeguarsi a qualsiasi altro tipo di materiale e superficie.
- **Legno:** è considerato la materia prima per eccellenza ed è la risorsa sostenibile maggiormente disponibile sul nostro Pianeta. Grazie alla sua versatilità e alla vasta gamma di impieghi è la fonte più utilizzata dall'uomo.
- **Calce:** nell'antichità veniva utilizzata principalmente per la realizzazione di malte da costruzione e intonaci, oggi invece è anche utilizzata per i restauri e la bioedilizia. È un materiale traspirante che permette alle murature di respirare ed evita il ristagno di umidità, con conseguenze gravi per l'edificio. Inoltre per la produzione della calce è richiesto un consumo di energia molto minore rispetto a quello di altri leganti e il suo ciclo di produzione assorbe il 100% dell'anidride carbonica che viene liberata in atmosfera

2.4 I PRODOTTI A MARCHIO RH

Attualmente Ricehouse presenta una vasta linea di prodotti naturali con l'obiettivo di ampliarla sempre di più per andare a creare una casa interamente fatta di riso, sana, efficiente, ad impatto zero e confortevole per l'uomo.

I prodotti che oggi immette sul mercato sono di due tipi: i biocomposti in umido e i biocomposti a secco. I primi sono delle miscele confezionate che si prestano bene sia alla messa in opera manuale che a quella meccanica; sono stati formulati accuratamente dopo diversi studi e ricerche, utilizzando solo materie prime di qualità. I biocomposti a secco invece, sono delle lastre di chiusura, sia per interno che per esterno, che vengono utilizzati

come sistemi costruttivi a secco. La loro formulazione unisce le prestazioni tecniche dei materiali naturali alla facilità e all'agilità della posa.

Tutti i prodotti marchiati Ricehouse hanno degli obiettivi ben precisi:

- Migliorare il comfort e la salubrità dell'ambiente per raggiungere il massimo benessere abitativo;
- Abbattere l'inquinamento indoor sottraendo la CO₂;
- Massimizzare le prestazioni sia termiche che acustiche dell'edificio;
- Ridurre al minimo l'impronta ecologica che viene generata dalla produzione, dall'utilizzo, dallo smaltimento e dal riciclo dei materiali composti.

Tutto questo è stato possibile grazie al rapporto che Ricehouse ha stretto con le aziende descritte precedentemente, da cui sono nati dodici prodotti di qualità, 100% naturali, compostabili e riciclabili.

- **RH100:** miscela naturale, in calce e lolla di riso, da intonaco di fondo per isolamento sia termico che acustico.
- **RH200:** miscela naturale, a base di pula di riso e calce naturale, da intonaco di finitura.
- **RH310:** sottofondo alleggerito, a base di calce naturale e lolla di riso, ad elevato isolamento termo-acustico sotto forma di malta premiscelata.
- **RH330:** biomassetto strutturale di distribuzione in calce naturale e perle di pomice (malta polifunzionale).
- **RH400:** miscela naturale, a base di argilla, lolla di riso e sabbia silicea, da intonaco di fondo.
- **RH500:** ecopittura murale a base di calce di fossa⁴⁷ a lunga stagionatura e pula di riso.
- **RH600:** pannello di chiusura per isolamento termo-acustico, in miscela naturale a base di lolla di riso e Pappa reale⁴⁸.

⁴⁷ "Per calce di fossa si intende generalmente (e storicamente) la calce spenta, macerata nelle fosse e fornita in pasta con abbondanza d'acqua. Tale materiale assume definizioni diverse, dà luogo a luogo, ciononostante si intende sempre la medesima materia."

(<https://www.scuoladartemuraria.org/dizionario-bioedilizia-restauro/definizione/calce>)

⁴⁸ Legante brevettato da CMF Greentech a base di farina di soia, ossido di magnesio e magnesite.

- **RH700:** lastra di chiusura a secco, in miscela naturale, per rivestimento di pareti e controsoffitti, realizzato con argilla, lolla di riso e Pappa reale.
- **RH1000:** pannello di chiusura con funzione strutturale, in miscela naturale, a base di Pappa reale e paglia di riso.
- **RH-L:** isolante naturale in fibra vegetale essiccata e depolverizzata composta da lolla di riso pura.
- **RH-P:** isolante naturale in blocchi di fibra vegetale precompressa.
- **RISORSA:** case prefabbricate in legno e paglia di riso.

Tutti i prodotti marchiati Ricehouse sono stati negli anni certificati e testati per essere commercializzati e considerati materiali naturali e rinnovabili. Nei progetti dell'azienda c'è la volontà di nuove sperimentazioni, alcune strettamente legate all'edilizia, altre invece più legate all'arredamento e al design. L'azienda lavora con materie prime che si adattano facilmente ad utilizzi differenti fra loro, la lolla per esempio oltre ad essere utilizzata per la realizzazione di massetti e intonaci lo è anche nell'industria del design, del packaging e della medicina.

Attualmente Ricehouse è in grado di costruire una casa sana, in grado di autosostenersi e ad impatto zero sull'ambiente, e questo grazie a tutti i suoi prodotti.

Tra ciò che oggi manca alla "casa di riso" è un materiale per usi indoor, che possa sostituire il legno multistrato o l'MDF negli elementi d'arredo e di rivestimento; per questo motivo l'obiettivo della tesi si basa sullo sviluppo di un prototipo sperimentale che soddisfi queste condizioni.

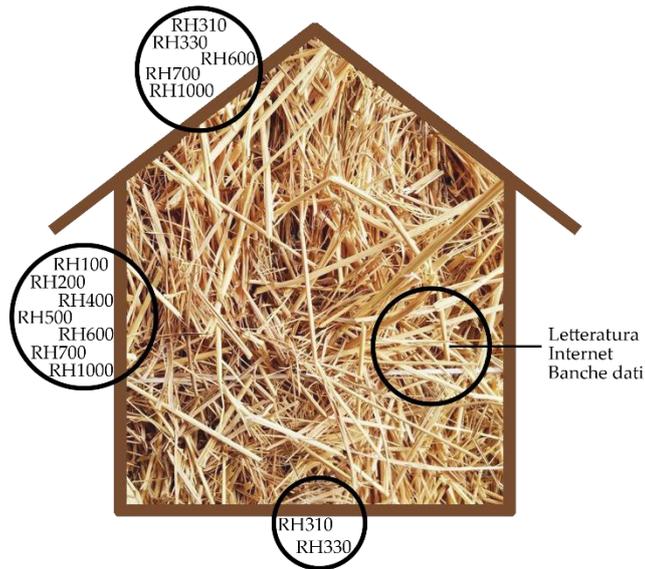


Fig. 15: La casa di riso di Ricehouse dove sono indicati per ogni parte dell'involucro i prodotti RH che possono essere utilizzati.

2.5 SCHEDE PRODOTTO

Di seguito sono riportate le schede informative dei prodotti sopra elencati. Sono state rielaborate rispetto a quelle iniziali, per riportare solo le caratteristiche più importanti ai fini di questo lavoro.

Le schede sono strutturate in tre parti visibilmente distinte:

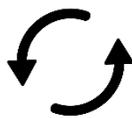
- La prima, in alto a sinistra, richiama con un disegno la posizione del prodotto considerato all'interno di una stratigrafia di parete o di solaio;
- La seconda, in basso a sinistra, riporta le informazioni ambientali, rappresentando con dei pittogrammi le seguenti caratteristiche comuni a tutti i prodotti:



da fonte rinnovabile



naturale

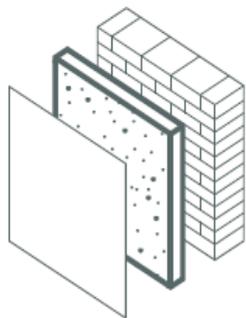


riciclabile



compostabile

- La terza, a destra, fornisce informazioni tecniche quali: breve descrizione del prodotto, materie prime costituenti, prestazioni, applicazioni e la fonte dei dati.



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Biointonaco da miscela naturale a base di lolla di riso, calce idraulica e aerea. L'impasto può essere additivato con polveri di marmo e cocchiopesto.

Materie prime:

Calce aerea, calce idraulica, lolla di riso

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,07 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 5,0 (-)

Resistenza meccanica alla compressione - Classe CS1

Massa volumica apparente della malta indurita - 1420 (kg/m³)

Calore specifico - 1500 (J/kgK)

Resistenza termica - R 0,89 (m²K/W)

Reazione al fuoco - A2

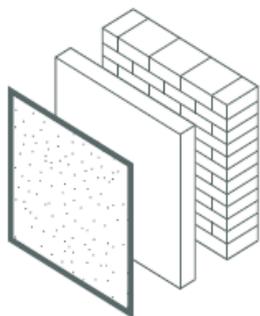
Conduttanza termica - C 1,123 (W/m²K)

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Biointonaco da miscela naturale a base di pula di riso, calce idraulica e aerea. Si tratta di una finitura che sfrutta le caratteristiche chimiche della pula che unita alla calce, alla polvere di marmo e alle terre di origine naturale genera un prodotto stabile ai raggi UV e con una buona capacità di evaporazione dell'umidità.

Materie prime:

Calce aerea, calce idraulica, pula di riso

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,53 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 13 (-)

Resistenza meccanica alla compressione - Classe CS1

Massa volumica apparente della malta indurita - 1100 (kg/m³)

Calore specifico - 1300 (J/kgK)

Reazione al fuoco - A2

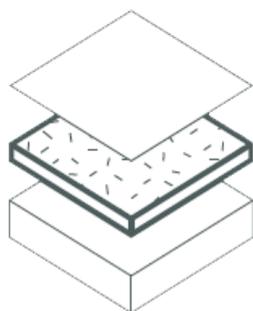
Assorbimento d'acqua - W0

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Massetto di sottofondo realizzo in cantiere a base di calce e lolla di riso. È un prodotto a lento indurimento e di facile applicazione. Si applica ai solai con spessori da 5 a 25 cm; è flessibile, leggero, traspirante e compatibile con tutti i tipi di supporto.

Materie prime:

Calce, lolla di riso

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,06 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 5 (-)

Resistenza meccanica alla compressione - Classe CS1

Massa volumica apparente della malta indurita - 340 (kg/m³)

Calore specifico - 1300 (J/kgK)

Resistenza termica - R 0,828 (m²K/W)

Reazione al fuoco - A2

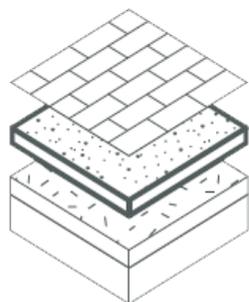
Conduttanza termica - C 1,403 (W/m²K)

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Massetto di sottofondo realizzato in cantiere a base di calce aerea e idraulica, pomice in granuli, cenere di lolla e paglia di riso. È adatto a solai di vario genere tra 3 e 8 cm e viene utilizzato soprattutto come biomassetto di ripartizione di carichi pre-pavimento. È flessibile, leggero e traspirante.

Materie prime:

Calce, paglia di riso, perle di pomice

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,07 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 4 (-)

Resistenza meccanica alla compressione - 20 (N/mm²)

Resistenza meccanica alla flessione - 4,5 (N/mm²)

Massa volumica apparente della malta indurita - 550 (kg/m³)

Resistenza termica - R 0,828 (m²K/W)

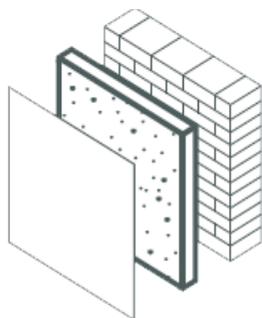
Reazione al fuoco - A1

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Biointonaco ottenuto miscelando argilla e lolla. È una malta preconfezionata utilizzabile sia come intonaco di finitura che di fondo.

Materie prime:

Argilla, lolla di riso, sabbia silicea

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,50 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 5,9 (-)

Resistenza meccanica alla compressione - 1,5 (N/mm²)

Massa volumica apparente della malta indurita - 950 (kg/m³)

Resistenza termica - 0,581 (m²K/W)

Reazione al fuoco - A1

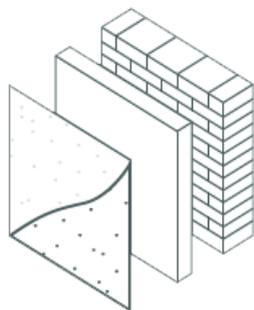
Assorbimento d'acqua - da 0 a 3 mm

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Ecopittura a base di latte di calce, polveri carbonatiche micro-nizzate, metilcellulosa, olio di lino e pula di riso. Può essere utilizzata sia per interni che per esterni. È naturale, traspirante e adatta anche al recupero di edifici storici.

Materie prime:

Calce di fossa, pula di riso

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

pH dopo 30 giorni - 11,5

Permeabilità al vapore acqueo ASTM E 96 - 260 (gr/m²) dopo 24h

Carbonatazione - dopo 30/60 giorni

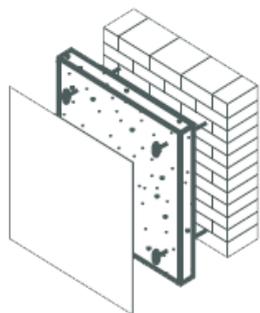
Colore - bianco/tinte colorate

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello utilizzato per l'isolamento esterno ed interno grazie alle caratteristiche di resistenza termica e traspirabilità. Non può essere utilizzato come pannello strutturale ed è slegato dalla filiera del petrolio oltre ad essere privo di formaldeide.

Materie prime:

Lolla di riso, Pappa reale (legante brevettato da CMF Greentech)

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,09 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 6,6 (-)

Contenuto umidità residua - 9-11%

Densità - 600 kg/m³

Tolleranze dimensionali - ± 2 mm

Coefficiente di dilatazione termica - $-66 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Reazione al fuoco - CS 1-D0

Assorbimento dopo 24h in acqua - 100%

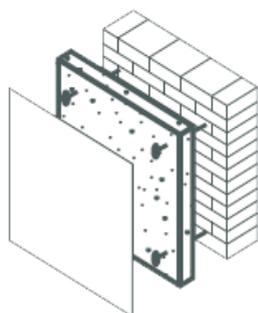
Rigonfiamento dopo 24h in acqua - 2,7%

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello utilizzato per isolamento interno e per soluzioni di rivestimento a secco di contropareti verticali e/o controsoffittatura. Grazie alle caratteristiche di resistenza termica e traspirabilità è un buon isolante termico e acustico.

Materie prime:

Argilla, lolla di riso, Pappa reale

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,129 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 12,3 (-)

Contenuto umidità residua - 8-10%

Densità - 750 kg/m³

Tolleranze dimensionali - ± 2 mm

Coefficiente di dilatazione termica - $-60 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Reazione al fuoco - BS 1-D0

Assorbimento dopo 24h in acqua - 55,5%

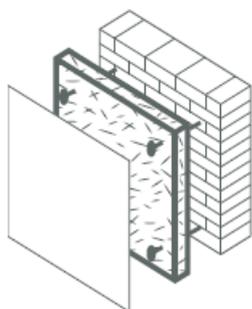
Rigonfiamento dopo 24h in acqua - 6,1%

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello di chiusura con funzione strutturale per isolamento interno ed esterno. L'elevata massa volumica protegge da fattori esterni inquinanti e influisce positivamente sullo sfasamento e l'attenuazione termica della parete.

Materie prime:

Paglia di riso, Pappa reale

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,165 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 23,3 (-)

Contenuto umidità residua - 9-11%

Densità - 1000 (kg/m³)

Tolleranze dimensionali - ±2 mm

Coefficiente di dilatazione termica - $-37 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Assorbimento dopo 24h in acqua - 24,8%

Rigonfiamento dopo 24h in acqua - 2,9%

Reazione al fuoco - B S1 D0

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Fibra vegetale essiccata e depolverizzata composta da lolla di riso. La bassa conducibilità termica si traduce in un buon potere isolante. Garantisce la traspirabilità delle pateri ed evita fenomeni di condensa, assicurando un comfort degli spazi abitativi.

Materie prime:

Lolla di riso

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Composizione chimica - materia organica 73,87%

Conducibilità termica - 0,036 (W/mK)

Densità - 120-140 (kg/m³)

Grado di umidità - 8-10%

Potere calorifico - 15,2 (MJ/kg)

Porosità - 93,4%

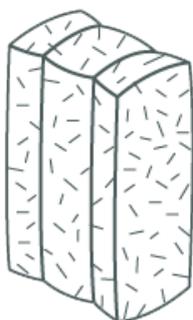
Ceneri da combustione - 17%

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Isolante naturale in blocchi di fibra vegetale precompressa a partire dalla paglia di riso. Dopo che la paglia è stata raccolta viene imballata senza trattamenti nè aggiunta di additivi. Il basso valore di conducibilità termica si traduce in un buon potere isolante. Garantisce la traspirabilità delle pareti ed evita fenomeni di condensa, assicurando un comfort degli spazi abitativi.

Materie prime:

Paglia di riso

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche tecniche:

Conducibilità termica - 0,039 (W/mK)

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo - 3,09 (-)

Densità - 120 (kg/m³)

Sfasamento - 23h

Calore specifico - 1900 (J/kgK)

Traspirabilità all'aria - 995 (Pa.s/m²)

Reazione al fuoco - REI 120

Applicazioni:

Edilizia

Fonte:

www.ricehouse.it



3

APPLICAZIONI DELLA LOLLA DI RISO

3.1 ESEMPI IN EDILIZIA E DESIGN

Oggi gli scarti del riso vengono usati non solo più in agricoltura e come strato di fondo delle lettiere negli allevamenti, ma anche per altri scopi molto diversi fra loro.

La paglia di riso viene utilizzata in edilizia grazie alle sue proprietà isolanti e antisismiche; la pula invece è usata in ambito medico per curare alcuni disturbi alla pelle e come prevenzione oncologica. La lolla però è sicuramente quella che si vede impiegata maggiormente in ambiti differenti: dall'edilizia all'arredamento fino ad arrivare al design.

La buccia del riso aggiunta alle preparazioni del calcestruzzo ad alte prestazioni come aggregato, permette di realizzare un materiale sostenibile riducendo le sue emissioni in atmosfera e migliorandone la resistenza. Essendo la lolla ricca in silice è fondamentale per l'avvio dell'attività pozzolanica del calcestruzzo.

La cenere della lolla è un componente altamente pozzolanico che si ottiene dalla cottura dello scarto a circa 800°C ed è proprio su questo che ha lavorato un team di ricercatori del Texas. Si tratta dello studio di ingegneria **Chk Group Inc**⁴⁹ che qualche anno fa ha sviluppato un processo di combustione che permette di ottenere le ceneri della lolla completamente prive di carbonio. Secondo i ricercatori gran parte del cemento utilizzato nella preparazione del calcestruzzo potrebbe essere sostituito da questo silicio naturale, che offre maggiore resistenza alla corrosione.

Una sperimentazione simile è stata effettuata dal **Centre de recherche C2MA – École des Mines d'Alès**, il quale ha scoperto che la lolla di riso non trattata può essere usata come aggregato per rendere le prestazioni termiche del calcestruzzo migliori⁵⁰.

La start-up **NAM**, fondata dalla ricercatrice Stefania Grandi dell'Università di Pavia, ha brevettato l'*EcoAerogel*, il miglior isolante termico conosciuto sul mercato, derivato dalla cenere della lolla di riso. È in grado di resistere fino a temperature di circa 1100°C⁵¹.

⁴⁹ <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/eco-cemento/cemento-sostenibile-riso-silicio-vegetale>.
<https://www.focus.it/ambiente/ecologia/la-casa-ecologica-e-fatta-di-riso-080709-2250>.
<https://www.ideegreen.it/cemento-ecosostenibile-dal-riso-9084.html>

⁵⁰ GARIANO R., *Concrice. Riciclo di un sottoprodotto vegetale in edilizia. Uso della lolla di riso per la realizzazione di un calcestruzzo dalle alte prestazioni termiche*, Tesi di Laurea Magistrale, Torino, Politecnico di Torino, (2015-2016), p. 22.

⁵¹ <https://www.namsrl.it/aerogel/>.

Sempre in ambito edile vi è un altro importante progetto sviluppato nel 2016 dall'ISTM-CNR⁵² di Biella in collaborazione con ISMAC⁵³ e le Università di Milano e Pavia, finanziato dalla Fondazione Cariplo⁵⁴. Si tratta del progetto *RiceRes*, con a capo la Dottoressa Nicoletta Ravasio, il cui obiettivo è quello di valorizzare e trasformare gli scarti del riso, paglia – lolla – pula, in bio-prodotti sia in un'ottica sostenibile, a livello economico e ambientale, sia per aumentare la redditività della coltivazione del cereale nel nostro paese.

Si calcola che da 1 tonnellata di riso si ottiene la co-produzione di circa 200 kg di lolla, 70 kg di pula e 1,3 kg di paglia, che purtroppo trovano scarse applicazioni remunerative e spesso non vengono rimosse dal campo. La paglia di riso composta da cellulosa, lignina, cere, minerali e silicati, è stata utilizzata insieme alla lana di scarto e a fibre vegetali per creare un rinforzo meccanico per pannelli termoisolanti e fonoassorbenti autoportanti. La lana è la matrice proteica responsabile della coesione fra le fibre, mentre la paglia è la fibra di rinforzo. La lolla invece è stato uno degli ingredienti per realizzare composti con biopolimeri, come l'acido polilattico e i polioidrossialcanoati, sottoponendola a processi meccanici, termici e chimici. In questo modo si è ottenuta una silice amorfa naturale che può essere utilizzata in diverse applicazioni. Infine dalla pula è stato estratto un olio che contiene delle molecole dall'alto valore aggiunto. È stata studiata l'elettrolisi enzimatica dell'olio per ottenere acidi grassi da utilizzare come precursori per la sintesi di bio-prodotti come bio-adesivi⁵⁵.

Un'altra sperimentazione con la lolla di riso è stata effettuata dall'azienda tedesca **Finstral**, che ha introdotto sul mercato delle schermature scorrevoli, pieghevoli e fisse con materiale composito ProRes. Si tratta di profili estrusi in PVC e lolla di riso in sei differenti tonalità che assomigliano molto al legno, anche se risultano essere molto più durevoli e resistenti.

⁵² Istituto di Scienze e Tecnologie molecolari nato nel 2000 in seguito alla fusione di sette ex centri CNR. Si occupa di attività di ricerca, valorizzazione e formazione nell'ambito della chimica. (www.istm.cnr.it).

⁵³ Istituto per lo studio delle Macromolecole. Fa parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche Italiane, finalizzato allo studio delle macromolecole sintetiche e naturali. (www.ismac.cnr.it).

⁵⁴ Fondazione basata sul sostegno, promozione e innovazione di progetti di utilità sociale, legati ad arte, cultura, ambiente e ricerca. (www.fondazionecariplo.it).

⁵⁵ <https://www.risoitaliano.eu/con-riceres-lo-scarto-non-ce-piu/>.

<https://www.progettoager.it/index.php/la-ricerca/il-valore-dei-sottoprodotti-in-risicoltura>.

<https://www.greenplanner.it/2016/01/26/progetto-riceres-gli-scarti-della-produzione-di-riso-valgono-oro/>.

La lolla di riso, aggiunta al PVC, aumenta la resistenza meccanica e conferisce l'aspetto simil legno⁵⁶.

Uno dei settori in cui la lolla di riso è maggiormente trainante è sicuramente quello del design, dove negli ultimi anni sono stati realizzati oggetti di vario tipo.

Con questo scarto e con altre materie di recupero **Vipot** crea prodotti naturali e biodegradabili andando a sostituire i classici imballaggi di plastica ed ottenendo un livello prestazionale superiore, oltre che una riduzione degli sprechi. I suoi prodotti sono composti dall'85% di fibre vegetali derivanti dagli scarti del riso e dal 15% di aggregati vegetali e risultano essere privi di elementi tossici o inquinanti. La *Collezione Tableware* propone piatti, ciotole e posate lavabili in lavastoviglie e utilizzabili sia in forno che nel microonde. La *Linea Decor* propone invece vasi naturali colorati e decorativi da utilizzare sia in casa che in giardino. Vipot fa parte del gruppo *FuturePower*, che ha come obiettivo la ricerca e lo sviluppo di soluzioni che portino ad una riduzione dell'uso della plastica negli imballaggi⁵⁷.

In seguito ad una ricerca su **Matrec**⁵⁸ è stata catalogata una serie di altri prodotti realizzati a partire dalla lolla di riso.

- **Natrilon**: filato composto da PET 100% riciclato e lolla di riso adatto per abbigliamento, tappezzeria e rivestimenti.
- **Ecowood**: materiale realizzato con legno, plastica e lolla di riso, da utilizzare per l'arredamento e per i rivestimenti.
- **Simowood**: prodotto molto simile al legno per l'aspetto, anche se realizzato con il 60% di lolla di riso e il restante 40% con sale e oli minerali. Viene utilizzato per l'arredamento, i rivestimenti di pavimenti e pareti e per le facciate degli edifici.
- **Polli-ber**: materiale pensato apposta per sostituire la plastica ed essere riciclabile a fine vita. È composto da polipropilene e fibra di vetro, con un'aggiunta di lolla di riso per aumentarne la resistenza meccanica. È adatto alla realizzazione di oggetti e arredamento.

⁵⁶ <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=16384>.

⁵⁷ <https://www.futurepowersrl.eu/vipot/>.

⁵⁸ Società di consulenza specializzata nell'innovazione e ricerca di prodotti e temi legati alla sostenibilità ambientale e all'economia circolare. Per aiutare le imprese in queste ricerche ha messo a disposizione un Osservatorio Internazionale con migliaia di prodotti e materiali circolari.

3.1.1 SCHEDE PRODOTTO

Di seguito sono allegate le schede di alcuni prodotti sopra elencati, strutturate analogamente a quanto descritto nel paragrafo 2.5.

In questo caso le immagini riportate fanno riferimento al materiale in questione e sono presenti due caratteristiche ambientali differenti dalle precedenti schede:



parzialmente da fonte rinnovabile



riciclato



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Materiale realizzato sotto forma di filato 100% PET post-consumo proveniente da bottiglie di plastica e Nano SiO₂ ricavato dalla lolla di riso. I filamenti possono essere di tre tipi: circolari, esagonali e triangolari e con una struttura trasversale, in modo da realizzare un filamento con più risultati ottici.

Materie prime:

Lolla di riso, PET

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto parzialmente da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - morbido

Colorazione - bianco o pattern su richiesta

Applicazioni:

Abbigliamento, rivestimenti, tappezzeria

Fonte:

www.miniwiz.com

ECOWOOD



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Materiale realizzato con un compound WPC (Wood Plastics Composite) costituito da plastica riciclata pre e post-consumo e scarti naturali come la lolla di riso. È caratterizzata da un buon isolamento acustico che gli permette l'utilizzo in diverse applicazioni.

Materie prime:

Lolla di riso, termoplastici

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto parzialmente da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

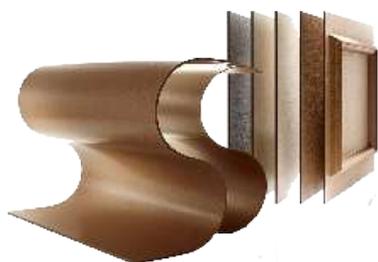
Colorazione - marrone

Applicazioni:

Arredamento per esterno ed interno, rivestimenti

Fonte:

www.ecowood.ind.br



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Materiale realizzato dal 60% in lolla di riso e il restante 40% di sale e olio minerale. È molto resistente ed è lavorabile come il legno.

Materie prime:

60% lolla di riso, 22% sale, 18% olio minerale

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte e semilucido

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

Colorazione - varie colorazioni

Applicazioni:

Arredamento, rivestimenti per pavimenti e pareti, facciate

Fonte:

www.fiberplast.nl



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Materiale realizzato in polipropilene e fibra di vetro riciclati e tenuti insieme lolla di riso. Questo prodotto è stato creato per ridurre i rifiuti inutilizzabili, riutilizzare i rifiuti di consumo ed essere ancora riciclabile. In questo modo si creano un materiale che può sostituire la plastica ed essere friendly con l'ambiente.

Materie prime:

Fibra di vetro, lolla di riso

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto parzialmente da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

Colorazione - varie colorazioni

Applicazioni:

Accessori, arredamento, oggettistica

Fonte:

www.miniwiz.com

PARTE II

**VERSO UN
PROTOTIPO SPERIMENTALE**





4

STATO
DELL'ARTE

4.1 PANNELLI NATURALI: INDAGINE DI MERCATO

Attualmente sul mercato sono ancora pochi i pannelli indoor completamente naturali e ancor meno se si parla di prodotti realizzati con scarti del riso e in particolar modo di lolla di riso.

L'MDF e il compensato rimangono ancora le soluzioni maggiormente in uso, nonostante le grandi problematiche legate al disboscamento; inoltre i pannelli multistrato vengono incollati e successivamente lucidati con collanti e resine sintetiche che creano gravi danni sia alla salute dell'uomo sia all'ambiente.

Una valida alternativa in termini di sostenibilità, anche se ancora poco diffusa, è l'uso di colle di origine animale e vegetale e di soluzioni diverse dal legno. Fra queste stanno facendo strada negli ultimi anni materiali naturali come canapa, sughero, bambù, lana e lino, che oltre a non inquinare e creare rifiuti difficili da smaltire, non riducono le risorse mondiali accessibili all'uomo.

Negli ultimi anni si sta cercando sempre di più di utilizzare le fonti rinnovabili che il nostro Pianeta ci offre e l'urgente necessità di sostituire il legno nell'industria dei pannelli truciolari, per ridurre la deforestazione e l'esaurimento delle risorse forestali, ha permesso di conoscere nuove risorse alternative. Tra queste, i residui agricoli stanno emergendo come fonte di materie prime fornendo possibili biomasse rispettose dell'ambiente e della nostra salute. Si possono ottenere in grande quantità in tutto il mondo e alcuni di loro hanno dimostrato grande successo nell'industria dei pannelli.

Una serie di studi e ricerche hanno provato come lo sviluppo di materiali da costruzione a base di scarti agroalimentari e agroindustriali abbia attirato l'attenzione di imprese, architetti ed esperti del mestiere, dando ottimi risultati sia di isolamento acustico che di isolamento termico, andando a ridurre l'impatto ambientale.

In seguito ad un'approfondita ricerca su Matrec è stato possibile effettuare un'indagine su quelli che sono attualmente i pannelli presenti sul mercato, attraverso il reperimento di informazioni a seconda dei filtri e delle parole chiave che vengono messi a disposizione. In questo caso il campo si è ristretto ai soli materiali prodotti con scarti agroalimentari e agroforestali, ottenendo undici risultati significativi e interessanti.

I pannelli descritti in seguito sono stati suddivisi in cinque categorie a seconda della materia prima che è stata utilizzata per la loro realizzazione: lolla di riso, legno, cocco, fungo micelio, frumento e foglie di Posidonia.

- **Resysta⁵⁹**: pannello realizzato da *Resysta Technology* e composto esclusivamente da lolla di riso con l'aggiunta di sali di roccia (22%) e oli minerali (18%).

L'aspetto e la lavorabilità lo rendono molto simile al legno tropicale naturale. L'obiettivo di Resysta è infatti proprio quello di trovare delle alternative sostenibili al legno, in modo da preservare le foreste pluviali e la loro fauna.

I pannelli Resysta si presentano impermeabili all'acqua e resistenti agli agenti atmosferici e si possono lavorare con le tradizionali macchine utilizzate per i trattamenti del legno. Grazie alle dimensioni non troppo ampie sono di facile gestione e movimentazione oltre ad essere resistenti all'attacco di funghi e termiti. Un'altra caratteristica è la termodeformabilità, che gli permette di assumere forme differenti sotto l'effetto del calore.

I prodotti Resysta hanno un range di impieghi molto vasto in base alle caratteristiche specifiche del pannello: rivestimenti per interni, facciate, pavimentazioni, telai per le finestre, arredamento, coperture e oggetti di design.

- **RH1000**: prodotto realizzato da *Ricehouse* in collaborazione con *CMF Greentech*. Si tratta di un pannello di chiusura costituito da paglia di riso e Pappa reale.

Nasce con funzione strutturale per l'isolamento sia interno che esterno e con caratteristiche meccaniche e di resistenza all'acqua e al fuoco molto buone. Grazie alle sue caratteristiche di resistenza termica e traspirabilità è un buon isolante e l'elevata massa volumica lo protegge dai fattori inquinanti.

L'unione di diversi materiali naturali garantisce un comfort interno sia per l'ambiente sia per chi lo vive e le sue proprietà permettono di abbattere l'inquinamento indoor sottraendo CO₂ dall'aria presente all'interno delle strutture dell'edificio. È in grado di regolare l'umidità relativa interna e assorbire notevoli quantità di vapore acqueo grazie alla presenza della paglia compressa che, essendo composta da un alto contenuto in silice, rende il biocomposto durevole e inattaccabile da insetti e muffe.

⁵⁹ <https://www.resysta.com/en/>.

- **Abonos:** prodotto da *Arte 9Milano* e realizzato con legno di origine fluviale frutto di una conservazione subacquea millenaria. Il legno proviene dall'Europa orientale (penisola Balcanica) e i tronchi vengono estratti dal letto del fiume manualmente dai sommozzatori e trasportati in Italia per essere poi lavorati.

I fiumi in queste zone erano spesso soggetti ad inondazioni che con il passare del tempo hanno accumulato strati e strati di sabbia e ghiaia, ricoprendo così il legno attraverso un sistema di fossilizzazione. Nonostante questo processo il legno è riuscito a mantenere intatte le sue proprietà ed addirittura migliorarne la resistenza. Il taglio dei tronchi richiede una grande precisione per mantenere l'integrità del legno, la sua colorazione e le sue venature. La sua datazione avviene attraverso un'analisi isotopica con il metodo del radio-carbonio; le datazioni si aggirano intorno al 2000 e 8000 a.C.

Viene utilizzato per la realizzazione di arredi, oggetti, pavimentazioni, piani di lavoro e rivestimenti d'interni.

- **Balance Board:** pannello truciolare leggero realizzato da *Gecopannelli*⁶⁰ con legno e cascami di mais provenienti dall'agricoltura locale; questo fa sì che la materia prima non venga trasportata per lunghe distanze prima di raggiungere la fabbrica dove verrà poi lavorata.

Si tratta di un pannello più leggero del 30% rispetto al truciolare convenzionale, richiedendo così un minor dispendio di energia per il trasporto del prodotto finito. È inoltre facilmente lavorabile e può essere arricchito con carta melaminica.

La sua principale applicazione è nella realizzazione di complementi per mobili.

- **Ilomba-Twin:** fa parte della *Gamma Eco* e della *Linea Forniture and Design* di *Panguaneta*⁶¹. È un pannello compensato realizzato con facce esterne in sfogliato esotico Ilomba e strati interni in sfogliato di pioppo.

Il compensato esotico Panguaneta nasce con l'obiettivo di rispondere ai programmi di sviluppo forestale sostenibile e per questo motivo è molto attento a tutto il percorso che il legno deve affrontare.

⁶⁰ https://www.gecopannelli.it/index.php?option=com_content&view=article&id=165&Itemid=203.

⁶¹ <https://www.panguanetaplywood.com/it/prodotti/gamma-eco/ilomba-twin>.

Il pannello Ilomba-Twin è caratterizzato da una grande versatilità di impiego: arredamento, edilizia e interno nautico. Rappresenta inoltre un supporto ideale per il rivestimento con materiale decorativo ed è un ottimo componente nella realizzazione di molti compositi.

- **Kokosfaser:** materiale realizzato da *Organoid Technologies* in fibra di cocco e legante naturale. La miscela viene spruzzata all'interno di uno stampo malleabile, successivamente sigillata e messa sotto vuoto ancora umida e mobile in modo da ottenere la forma definitiva più desiderata.

Trova impiego nella realizzazione di arredi, complementi d'arredo e rivestimenti.

- **Cocolok:** pannello di *Enkev*⁶² realizzato esclusivamente con fibre naturali di cocco e lattice naturale. La fibra viene raccolta dal guscio della noce di cocco, risorsa ampiamente disponibile nelle zone tropicali, dove le palme crescono su circa 10 milioni di ettari di terreno.

Una parte di questo frutto viene usata a scopo industriale, gettando le fibre come materiale di scarto, da cui invece Enkev ne ricava un nuovo e prezioso scopo.

Per rendere le fibre elastiche queste vengono lavorate fino ad ottenere dei filamenti, successivamente trasformati in fogli, su cui viene spruzzato il lattice.

Le fibre di cocco hanno un alto contenuto di lignina che le rende resistenti ed elastiche allo stesso tempo. La struttura aperta e resistente di Cocolok permette di creare un microclima che è adatto per la realizzazione di materassi, mobili, seggiolini per auto e filtri. La struttura assorbe anche alcuni tipi di onde, rendendolo adatto all'isolamento acustico.

- **Naveco Coconut:** materiale realizzato con i gusci delle noci di cocco.

La casa produttrice NAV (New Age Veneers) è da tempo impegnata nella realizzazione di prodotti che siano in grado di minimizzare l'impatto sull'ambiente, preservandolo per le generazioni future.

Tutti i suoi prodotti sono certificati secondo gli standards internazionali e soddisfano i requisiti del Green Building Rating System⁶³.

⁶² https://www.enkev.com/en/product/cocolok_19/.

⁶³ Certificazioni e sistemi di rating volti a mitigare l'impatto che gli edifici hanno sull'ambiente attraverso una progettazione sostenibile.

Naveco è disponibile in due diverse tipologie di supporto: pannello compensato, ideale per i lavori di falegnameria o maglia flessibile.

Viene utilizzato per la realizzazione di rivestimenti, piani di lavoro e mobili.

- **Mycoboard:** pannello innovativo di *Ecovative Design* realizzato con funghi micelio e sottoprodotti agricoli.

Viene creato attraverso un processo brevettato che prevede la digestione di alcuni sottoprodotti agricoli da parte del fungo.

È disponibile in diverse finiture superficiali tra cui canapa, legno e lino e trova impiego nella realizzazione di arredi in sostituzione del tradizionale legno truciolare.

- **Novofibre:** pannelli ideati da *Novofibre* costituiti da steli di paglia di frumento (90%) uniti con adesivi privi di formaldeide (10%).

La linea di prodotti Novofibre si divide in tre gruppi: Base panel, Deco panel e Series (a sua volta suddiviso in Floor, Acoustic, Home e Design).

- **Phee-Board:** pannello realizzato con foglie secche di *Posidonia oceanica* tenute insieme da una resina biologica. È un materiale a base di cellulosa, altamente estetico, che può essere utilizzato per sviluppare prodotti ad alto valore aggiunto.

Phee si impegna a creare prodotti con un impatto positivo sull'ecosistema del nostro Pianeta usando la foglia morta della pianta marina *Posidonia oceanica*, uno dei più antichi organismi viventi sulla Terra, che purtroppo ogni anno viene gettata in grandi quantità perché considerata uno scarto; l'azienda però ha trovato un modo alternativo e sostenibile per recuperare queste foglie utilizzandole pienamente come materia prima.

Phee-Board viene utilizzato per la realizzazione di arredi, oggetti e accessori di vario genere.

- **Kokoboard:** pannelli sostitutivi al legno costituiti da sottoprodotti agricoli come la paglia e la lolla di riso, erba, gusci di arachidi e fibre e polvere di cocco.

Kokoboard nasce con l'obiettivo di cercare di ridurre le combustioni in campo, le emissioni di gas serra e il riscaldamento globale. Per questo motivo ha deciso di riutilizzare gli scarti agricoli per uno scopo più efficace e sostenibile.

I pannelli Kokoboard sono ecologici e con colorazione naturale derivante dalla materia prima utilizzata; sono inoltre resistenti al fuoco, all'umidità e all'attacco di termiti. Sono pannelli da indoor adatti sia alla realizzazione di arredi che per rivestimenti.

4.1.1 SCHEDE PRODOTTO

Di seguito sono allegate le schede dei prodotti sopra elencati, evidenziando i dati tecnici e le informazioni più significative per la successiva attività sperimentale. L'analisi di questi materiali è stata infatti utile per inquadrare le caratteristiche che un pannello indoor deve avere, oltre alle normative da seguire e ai test da dover effettuare per essere considerato tale.

La struttura delle schede è analoga a quella riportata nei capitoli precedenti, con l'aggiunta di una caratteristica ambientale:



biodegradabile



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato con la lolla di riso. 100% impermeabile, per l'aspetto e la lavorabilità simile al legno tropicale.

Materie prime:

60% lolla di riso, 22% sali di roccia, 18% oli minerali

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto parzialmente da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

Colorazione - varie colorazioni

Caratteristiche tecniche:

Dimensioni - 122x244 (mm)

Spessore - 8, 12, 16, 20 (mm)

Applicazioni:

Arredamento, facciate, rivestimenti per pavimenti pareti

Fonte:

www.resysta.com



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato in legno di origine fluviale, dopo una conservazione subacquea millenaria. Il legno proviene dall'Europa orientale e viene poi lavorato in Italia.

Materie prime:

Legno

Caratteristiche ambientali:

Naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - flessibile/rigido

Colorazione - naturale

Applicazioni:

Arredamento, piano di lavoro, rivestimenti

Fonte:

www.arte9milano.com



BALANCE BOARD



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato in legno e cascami di mais ma può essere nobilitato con l'uso di carta melaminica. Presenta caratteristiche simili ai truciolari ma è più leggero del 30%, richiedendo un minor dispendio di energia anche per il trasporto.

Materie prime:

Cascami di mais, legno

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - inciso

Durezza - rigido

Colorazione - naturale

Applicazioni:

Mobili

Fonte:

www.gecopannelli.it



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello compensato con facce esterne in sfogliato esotico di Ilomba e strati interni in sfogliato di pioppo.

Materie prime:

Legno

Caratteristiche ambientali:

Naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

Colorazione - naturale

Caratteristiche tecniche:

Dimensioni - 244 x 122, 250 x 122, 310 x 153 (mm)

Spessore - 3, 8, 12, 15 (mm)

Massa volumica - $410 \pm 10\%$ (kg/m³)

Umidità residua - 8-12%

Reazione al fuoco - B S1-D0

Applicazioni:

Arredamento, edilizia

Fonte:

www.panguanetaplywood.com



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato con fibre di cocco e un legante naturale. La miscela viene spruzzata in uno stampo malleabile, sigillata e messa sotto vuoto ancora umida e mobile in modo da ottenere la forma finale desiderata.

Materie prime:

Fibre di cocco, legante naturale

Caratteristiche ambientali:

Biodegradabile, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte
Trasparenza - opaco
Texture - ruvido
Durezza - rigido
Colorazione - naturale

Applicazioni:

Arredamento, rivestimenti

Fonte:

www.organoids.com

**INFORMAZIONI
AMBIENTALI****INFORMAZIONI
TECNICHE****Descrizione:**

Pannello realizzato con fibre di cocco raccolte nel guscio e lattice naturale. Il contenuto di lignina presente nelle fibre rende il pannello estremamente resistente e flessibile nello stesso tempo

Materie prime:

Fibre di cocco, lattice

Caratteristiche ambientali:

Naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - poroso

Durezza - flessibile

Colorazione - naturale

Applicazioni:

Arredamento

Fonte:

www.enkev.com



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato con i gusci di cocco, disponibile sia come pannello di compensato sia con una maglia più flessibile per le superfici sagomate.

Materie prime:

Cocco

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - lucido

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido/flessibile

Colorazione - naturale

Applicazioni:

Mobili, piani di lavoro

Fonte:

www.newageveneers.com.au



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato tramite un processo brevettato che prevede la digestione di sottoprodotti agricoli da parte del fungo micelio.

Materie prime:

Fungo micelio, sottoprodotti agricoli

Caratteristiche ambientali:

Compostabile, naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

Colorazione - pattern dato dai componenti

Applicazioni:

Mobili, piani di lavoro

Fonte:

www.ecovatedesign.com



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato con steli di paglia di frumento, uniti con adesivi privi di formaldeide.

Materie prime:

Paglia di riso

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto da fonte parzialmente rinnovabile, ricilabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - inciso

Durezza - rigido

Colorazione - vari colori

Caratteristiche tecniche:

Dimensioni - 244x122 (mm)

Spessore - 11, 15, 18 (mm)

Massa volumica - 560-600 (kg/m³)

Applicazioni:

Arredamento, rivestimenti

Fonte:

www.novofibre.com



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Pannello realizzato con le foglie secche di Posidonia oceanica, tenute insieme da una resina biologica.

Materie prime:

Foglie di Posidonia, resina biologica

Caratteristiche ambientali:

Naturale, ottenuto da fonte rinnovabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - lucido/matte

Trasparenza - opaco

Texture - liscio

Durezza - rigido

Colorazione - naturale

Applicazioni:

Arredamento

Fonte:

www.phee.gr



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Kokoboard realizza gli Eco-board, tra cui vi è il pannello in lolla di riso. Si tratta di un materiale ecologico per la decorazione di interni.

Materie prime:

Lolla di riso

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - media

Durezza - rigido

Colorazione - colorazione base

Caratteristiche tecniche:

Dimensioni - 122x122 cm

Spessore - 10, 12, 15, 20 mm

Applicazioni:

Arredamento, rivestimenti per pavimenti pareti e soffitti

Fonte:

www.kokoboard.com



INFORMAZIONI AMBIENTALI



INFORMAZIONI TECNICHE

Descrizione:

Kokoboard realizza gli Eco-board, tra cui vi è il pannello in paglia di riso. Si tratta di un materiale ecologico per la decorazione di interni.

Materie prime:

Paglia di riso

Caratteristiche ambientali:

Ottenuto da fonte rinnovabile, riciclabile, riciclato

Caratteristiche sensoriali:

Lucentezza - matte

Trasparenza - opaco

Texture - media

Durezza - rigido

Colorazione - colorazione base

Caratteristiche tecniche:

Dimensioni - 122 x 122 cm

Spessore - 10, 12, 15, 20 mm

Applicazioni:

Arredamento, rivestimenti per pavimenti pareti e soffitti

Fonte:

www.kokoboard.com

4.2 CARATTERISTICHE FISICO-TECNICHE, SENSORIALI E AMBIENTALI

In seguito ad un'attenta lettura delle schede tecniche dei vari pannelli riportati nel paragrafo precedente, è stata stilata una lista di alcune delle caratteristiche che il prototipo di questo lavoro dovrebbe avere per essere in linea con gli altri prodotti già presenti sul mercato.

Parallelamente è stata effettuata anche una ricerca delle varie normative in vigore in riferimento ai pannelli in legno, essendo ancora gli unici maggiormente utilizzati e commercializzati e di cui vi siano delle norme.

I test descritti nelle normative non sono stati effettuati sul prototipo in quanto studio di prefattibilità volto esclusivamente a comprendere la possibilità di unire la lolla e l'amido di riso per lo sviluppo di un pannello indoor.

Le caratteristiche sono state suddivise in tre categorie: fisico/tecniche, ambientali e sensoriali.

Caratteristiche fisico/tecniche: sono tutte quelle proprietà che fanno riferimento al comportamento e allo stato (struttura e composizione chimica) di un materiale, durante le trasformazioni che possono essere di natura sia fisica che chimica. Fra queste vi sono anche caratteristiche più prettamente meccaniche e quindi legate alla capacità che ha un determinato materiale di resistere agli sforzi e alle sollecitazioni.

- **Spessore (mm):** 3 – 18, UNI EN 324-1:1993
- **Dimensioni standard (mm):** 1220 x 2240, UNI EN 324-1:1993
- **Numero di strati (-):** 3 – 7
- **Densità (Kg/m³):** 400 – 600, UNI EN 323-1993
- **Resistenza a flessione longitudinale (N/mm²):** 25 – 60, UNI EN 310-1993
- **Resistenza a flessione trasversale (N/mm²):** 15 – 25, UNI EN 310-1993
- **Resistenza a trazione (N/mm²):** ≥ 9, UNI EN 319-1993
- **Umidità residua (%):** 8 – 12, UNI EN 322-1993
- **Classe di reazione al fuoco:** B, s1, d0
- **Emissione di formaldeide (%):** free, UNI EN 717-1:2004
- **Assorbimento d'acqua dopo 24h (%):** ≤ 12, UNI EN 317-1993

La normativa **UNI EN 324-1:1993_Determinazione delle dimensioni dei pannelli** permette di determinare, attraverso misure lineari, larghezza, lunghezza e spessore di un pannello. Se necessario i provini possono essere condizionati prima della prova a massa costante, con umidità relativa del $65\pm 5\%$ e temperatura di $20\pm 2^\circ$ C. La massa si definisce costante quando dopo due pesate successive, a distanza di 24 ore, non presenta variazioni superiori a 0,1%. La misurazione di larghezza e lunghezza avviene su due linee parallele ad una distanza di 100 mm dai bordi e una precisine di 0,1% ma non inferiore a 1 mm. Per determinare lo spessore del provino invece viene utilizzato un micrometro, che misura lo spessore di circa 50 mm dai bordi, in otto punti diversi, con una precisione dell'1% ma non inferiore a 0,1 mm.

La norma **UNI EN 323-1993_Determinazione della massa volumica** permette di determinare la massa volumica di un provino come rapporto tra la sua massa e il suo volume, misurati a parità di umidità. Per ogni provino viene effettuata una pesata, con un'accuratezza di 0,01 grammi, e la misurazione dello spessore in un punto dell'intersezione delle diagonali, con un'accuratezza di 0,05 mm. La massa volumica del provino deve essere calcolata utilizzando la seguente formula:

$$\rho = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10^6$$

In cui:

m = massa provino (g)

b₁ e b₂ = lunghezza e larghezza provino (mm)

t = spessore provino (mm)

Attraverso la normativa **UNI EN 310-1993_Determinazione del modulo di elasticità a flessione e della resistenza a flessione** è possibile determinare il modulo di elasticità e la resistenza a flessione di un provino; questo deve essere sorretto da due appoggi a cuscinetti ed essere sottoposto ad un carico in mezzzeria. A seconda dell'inclinazione del tratto lineare della curva carico-deformazione si va a definire il valore del modulo di elasticità, il quale però corrisponde a quello apparente e non a quello reale, dovuto al fatto che sul provino sono presenti delle sollecitazioni sia a flessione che a taglio. Il modulo di elasticità viene calcolato con la seguente formula:

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)}$$

In cui:

l_1 = distanza centri appoggi (mm)

b = larghezza provino (mm)

t = spessore provino (mm)

$F_2 - F_1$ = incremento carico nel tratto rettilineo della curva carico-deformazione (N); F_1 pari al 10% ed F_2 pari al 40% del carico massimo

$a_2 - a_1$ = incremento deformazione in mezzeria provino

La resistenza a flessione invece viene calcolata determinando il rapporto fra il momento flettente M , con carico massimo F_{max} e il momento corrispondente alla sezione trasversale ed è espressa dalla formula seguente:

$$f_m = \frac{3F_{max}l_1}{2bt^2}$$

Dove:

F_{max} = carico massimo (N)

l_1, b, t = come definiti nella formula precedente

Con la **UNI EN 319-1993_Determinazione della resistenza a trazione perpendicolare al piano del pannello** si va a misurare la resistenza a trazione di un pannello. Questo è sottoposto ad uno sforzo perpendicolare uniformemente distribuito fino a rottura. Al carico viene applicata una velocità costante per tutto il tempo della prova e il massimo deve essere raggiunto entro 60 ± 30 secondi. La resistenza a trazione, in N/mm^2 , viene calcolata con la seguente formula:

$$f_t^1 = \frac{F_{max}}{a \times b}$$

Dove:

F_{max} = carico di rottura (N)

a, b = lunghezza e larghezza provino (mm)

Secondo la normativa **UNI EN 322-1993_Determinazione dell'umidità** è possibile determinare, attraverso diverse pesate, la perdita di massa di un provino e quindi valutarne l'umidità. Ciò viene effettuato valutando lo stato del provino al momento del prelievo e dopo l'essiccamento, ad una temperatura di $103 \pm 2^\circ C$, fino al raggiungimento della massa costante. L'umidità H , in per cento della massa con un'approssimazione dello 0,1%, viene calcolata secondo la formula:

$$H = \frac{m_H - m_o}{m_o} \times 100$$

Dove:

m_H = massa iniziale provino (g)

m_o = massa provino dopo essiccamento (g)

La presente normativa **UNI EN 317-1993_Determinazione del rigonfiamento dello spessore dopo immersione in acqua** permette di misurare l'aumento di spessore dopo che il provino viene completamente immerso in acqua pulita e calma (ph di 7 ± 1 e temperatura di $20 \pm 1^\circ \text{C}$). Il rigonfiamento dello spessore del provino viene calcolato secondo la seguente formula:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 1000$$

Dove:

t_1 = spessore provino prima dell'immersione (mm)

t_2 = spessore provino dopo l'immersione (mm)

t = spessore provino (mm)

La normativa **UNI EN 717-1:2004_Determinazione del rilascio di formaldeide** permette di determinare il quantitativo di formaldeide rilasciato dai pannelli a base di legno, attraverso il metodo della camera. I provini vengono posti in una camera dove temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria e tasso di aria scambiata sono sempre controllati. La formaldeide, rilasciata dai provini, si mescola all'aria della camera che viene fatta fluire in bocce di lavaggio con acqua che assorbendo il gas ne misurano la concentrazione (mg/m^3). Il procedimento viene ripetuto periodicamente fino al raggiungimento dell'equilibrio della formaldeide nella camera.

La normativa **UNI EN 312-2010_Pannelli di particelle di legno-Specifiche** espone i requisiti generali e le rispettive normative, a cui fare riferimento, per i pannelli a base di particelle di legno.

Caratteristiche sensoriali: prendono in considerazione l'aspetto esteriore del prodotto così come appare al tatto e alla vista. Alcune di queste saranno scelte a priori, quindi dipenderanno dal risultato finale che si vuole ottenere; altre invece sono dettate dalle caratteristiche delle materie prime, come la colorazione.

- **Colorazione:** naturale
- **Durezza:** rigido

- **Lucentezza:** matte
- **Texture:** ruvido
- **Trasparenza:** opaco

Caratteristiche ambientali: servono per valutare l’impatto ambientale che il prodotto avrà durante il suo intero ciclo di vita, a partire dalle materie prime che sono state utilizzate per la sua produzione fino allo smaltimento una volta terminato il suo utilizzo.

- **Materia prima di scarto:** lolla di riso
- **Riciclabile:** sì
- **Biodegradabile:** sì
- **Compostabile:** no

4.3 ANALISI DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA

Science Direct, un database di ricerca che racchiude una grande quantità di articoli scientifici, è stata di fondamentale importanza per inquadrare, dal punto di vista della letteratura scientifica, gli studi che sono stati effettuati negli anni con la lolla di riso. Inoltre, grazie all’uso di parole-chiave è stato possibile restringere la ricerca ai soli articoli aventi per argomento lo studio di pannelli realizzati con questo materiale.

Dalla ricerca sono emersi molti dati aventi la lolla di riso come tema centrale, ma fra questi solo cinque articoli sono risultati interessanti al fine di questo lavoro.

Da alcuni di questi si è potuto estrapolare informazioni utili per lo svolgimento della parte sperimentale, arricchita poi dagli input diretti di Ricehouse; di seguito sono riportati gli articoli di maggior interesse.

- 1) **Titolo:** *Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesive.*

Obiettivo: valutare la fattibilità di un pannello in lolla di riso e proteine di soia.

Materie prime: lolla di riso, proteine di soia, idrossido di sodio, perossido di idrogeno.

Svolgimento: la lolla di riso e le proteine di soia sono state chimicamente modificate attraverso dei trattamenti prima di essere utilizzate nella miscela. La lolla è stata lavata più volte in acqua distillata e poi fatta essiccare, per riequilibrarne l'umidità (8%) in forno ventilato a $100\pm 2^\circ$ C. La lolla lavata è stata rinominata CRH ed è stata immersa in una soluzione di NaOH con un rapporto in massa di 1:10 per circa 30 minuti. Successivamente è stata risciacquata in acqua distillata ed essiccata in forno, come appena descritto. La lolla trattata con la soluzione alcalina è stata rinominata ARH. In un secondo momento sulla lolla è stato effettuato un processo di sbiancamento in due fasi: la prima fase è stata l'immersione di CRH in una soluzione di NaOH, per 15 minuti e successivo lavaggio in acqua distillata fino a raggiungere un pH neutro; nella seconda fase la lolla appena trattata è stata filtrata e imbevuta in una soluzione di 0,02% in peso di H_2O_2 per 15 minuti, con successivo lavaggio in acqua distillata ed essiccazione. La lolla così "sbiancata" è stata rinominata BRH.

Un trattamento simile è stato effettuato sulle proteine di soia: prima sono state lavate in acqua distillata, con un rapporto in massa di 1:10, a temperatura ambiente mescolando per circa due ore e poi in una soluzione di 0,2% di NaOH, nelle medesime condizioni sopra descritte.

La lolla e le proteine trattate sono poi state miscelate insieme a temperatura ambiente per circa 10 minuti; la miscela è stata essiccata in forno ventilato a 70° C fino a raggiungere il 40% di umidità e poi pressata a caldo (140° C) per 10 minuti con una pressione di 2,9 MPa, in appositi stampi in acciaio (30x30 cm).

Preparati i campioni sono stati effettuati alcuni test tra cui l'Analisi Termogravimetrica (TGA) per determinare la composizione relativa iniziale e l'effetto dei trattamenti sulla stabilità termica della lolla; ciò è stato analizzato anche mediante Microscopia Elettronica. Per quanto riguarda il legante a base di proteine di soia, ne è stata misurata la Viscosità. E infine sono stati calcolati il modulo di rottura e di elasticità in accordo con la ASTM D1037-99.

Risultati: gli studi effettuati sui campioni dimostrano che il legante a base di proteine di soia soddisfa i requisiti di produzione dei truciolari e, i trattamenti sulla lolla di riso e sulle proteine hanno migliorato le proprietà finali del pannello. Le

proprietà meccaniche infatti soddisfano i minimi standard raccomandati dall'ANSI/A208 con un MOE = 2844 ± 420 MPa, MOR = $18,4 \pm 2,1$ MPa, IB = $0,45 \pm 0,15$ MPa.

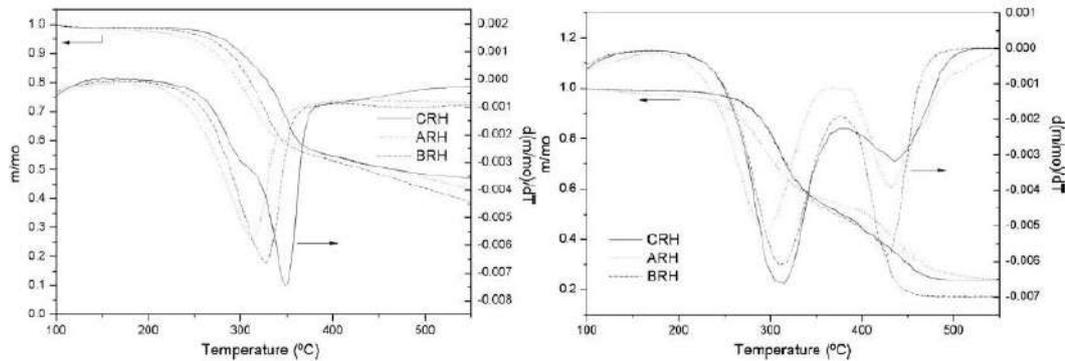


Fig. 16 e 17: Curve normalizzate TG e DTG ottenute in atmosfera di azoto (sinistra) e aria (destra) per il controllo di CRH, ARH e BRH.

2) **Titolo:** *Application of rice husk in the development of new composite boards.*

Obiettivo: studio delle proprietà meccaniche, termiche e acustiche di un pannello realizzato con lolla di riso miscelata a granuli di sughero e di gomma riciclata.

Materie prime: lolla di riso, granuli di sughero espanso, granulato di pneumatico riciclato.

Svolgimento: sono state realizzate due differenti miscele: una con lolla di riso e granulato di sughero e l'altra con lolla di riso e granulato di pneumatico riciclato. Per ogni composizione sono stati realizzati due mix design differenti: 50% lolla e 50% granulato e 75% lolla e 25% granulato; alle miscele è poi stato aggiunto il 20% in massa di poliuretano polimerico TDI. Con questi impasti sono stati realizzati pannelli di 1x1 m su cui sono poi stati effettuati sei diversi test.





Fig. 18 e 19: Campioni in lolla di riso e granuli di sughero A1 (50%-50%) e A2 (75%-25%) in alto e lolla e granulato di pneumatico B1 (50%-50%) e B2 (75%-25%) in basso.

La conducibilità termica è stata misurata attraverso un lambdametro, dotato di piastre, che fornisce un flusso di calore unidimensionale attraverso un anello caldo. I campioni, di dimensione 500x500 mm, sono prima stati condizionati ad una temperatura costante di $23\pm 2^\circ\text{C}$ e umidità relativa di $50\pm 5\%$ e poi posizionati tra le piastre. La prova è stata ripetuta più volte a temperature differenti (10, 25, 40°C).

La forza a compressione è stata misurata al 10% di deformazione attraverso un apposito macchinario avente un carico di 30 kN e dotato di sensore di spostamento. I campioni, di dimensione 150x150 mm, prima della prova sono stati stabilizzati a temperatura costante di $23\pm 2^\circ\text{C}$ e umidità relativa di $50\pm 5\%$.

La rigidità dinamica per unità di superficie è stata misurata attraverso il metodo della frequenza di risonanza f_r della fondamentale vibrazione verticale di un sistema molla-massa. La molla è rappresentata dal materiale in prova, mentre la massa è la piastra di carico. La vibrazione è stata prodotta tramite impatto.

Il miglioramento dell'isolamento acustico da impatto è stato calcolato come la riduzione della pressione sonora d'impatto normalizzata al livello risultante dall'installazione di un pavimento galleggiante su una lastra. Il test è stato effettuato in due camere acustiche poste una sopra l'altra e divise da una lastra in calcestruzzo da 14 mm. Il campione, posto nella camera superiore, è stato testato in quattro diverse posizioni. I livelli di pressione acustica e il tempo di riverbero sono stati misurati nel locale di ricezione, usando il metodo del rumore interrotto.

L'assorbimento sonoro è stato misurato per incidenza di onde sonore piane in un tubo di impedenza dotato di terminazioni che consentono campioni, da sottoporre alla prova, dal diametro di 100 e 29 mm. Quello con diametro 100 mm è stato

utilizzato per determinare l'assorbimento sonoro per il range di frequenza 100-1600 Hz, mentre quello da 29 mm per il range 500-6300 Hz. Il coefficiente di riduzione del rumore è stato calcolato come la media tra i coefficienti di assorbimento sonoro a media frequenza.

Infine è stata calcolata la perdita di trasmissione attraverso l'uso di un tubo metallico contenente due porta-campioni posti tra due tubi circolari dotati di due microfoni più un altoparlante ad una delle estremità. Il procedimento utilizzato è quello a due carichi dove ogni campione è sottoposto a prove in due differenti terminazioni del tubo. I campioni utilizzati hanno un diametro di 100 e 29 mm; il primo è stato utilizzato per calcolare frequenze tra 100 e 1250 Hz, mentre il secondo per frequenze tra 500 e 5000 Hz.

Risultati: vista la bassa densità (298-430 Kg/m³) il composto può considerarsi un materiale leggero; inoltre la deformazione a compressione al 10% mostra che è adatto ad applicazioni sia a pavimento che a parete (47-427 kPa). La bassa conducibilità termica, anche se non può considerarsi un materiale isolante, è inferiore ad altri materiali tradizionali come il legno e l'MDF. Infine il composto può essere utilizzato nei pavimenti galleggianti per ridurre l'impatto di trasmissione sonora.

Composite A1	Composite A2	Composite B1	Composite B2
410 ± 24	433 ± 13	362 ± 22	298 ± 21

Fig. 20: Valori di densità apparente (Kg/m³).

Composite A1	Composite A2	Composite B1	Composite B2
366 ± 70	427 ± 20	109 ± 17	47 ± 12

Fig. 21: Valori di deformazione a compressione (kPa).

	Composite A1	Composite A2	Composite B1	Composite B2
T = 10 °C	63.0 ± 2.8	68.6 ± 1.5	74.2 ± 2.3	60.1 ± 1.1
T = 25 °C	65.2 ± 3.0	70.8 ± 1.3	78.7 ± 2.6	62.4 ± 1.1
T = 40 °C	68.0 ± 3.1	73.9 ± 1.5	82.7 ± 3.0	65.4 ± 0.8
λ ₁₀	62.9 ± 2.9	68.5 ± 1.4	74.3 ± 2.3	60.0 ± 1.2

Fig. 22: Valori della conducibilità termica [mW/(m.K)].

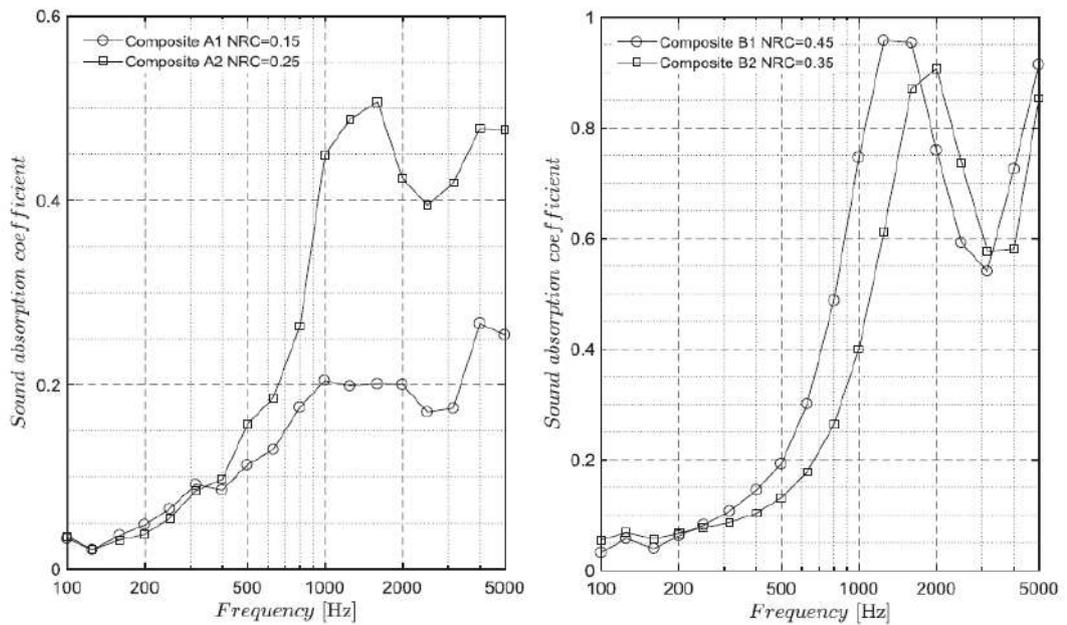


Fig. 23 e 24: Grafici raffiguranti i coefficienti di assorbimento sonoro per i gruppi A (sinistra) e B (destra).

3) **Titolo:** *Rice husk panels for building applications: thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials.*

Obiettivo: valutazione delle proprietà meccaniche, termiche e acustiche di un pannello in lolla di riso, confrontandolo con altri sei prodotti realizzati con differenti materiali di scarto.

Materie prime: lolla di riso e colla poliuretanic a base di acqua fredda.

Svolgimento: sono stati realizzati campioni circolari con diametro di 10 cm usando una colla poliuretanic a base di acqua fredda con una densità di 1000 kg/m^3 .

I pannelli sono poi stati sottoposti a prove per la caratterizzazione della resistenza termica e del coefficiente di assorbimento acustico; è inoltre stata effettuata un'analisi LCA sull'impatto che ha il pannello in lolla di riso e colla poliuretanic sull'ambiente.

Per quanto riguarda la resistenza termica è stato effettuato un test utilizzando la Small Hot Box, una camera calda isolata verso l'esterno e con temperatura interna sempre costante, progettata dal Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Perugia. Il test è stato effettuato misurando il flusso termico attraverso un apposito strumento posizionato al centro del campione permettendo di misurare la temperatura superficiale.

Il secondo test riguarda invece la valutazione di resistenza al flusso d'aria, porosità e tortuosità per analizzare le proprietà acustiche di un campione di lolla di riso. Le prime due caratteristiche sono state misurate attraverso uno strumento progettato dal Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Pavia. L'obiettivo è stato mantenere un flusso d'aria stazionario e unidirezionale lungo il provino e misurare la differenza di pressione fra le due facce. La porosità è stata determinata misurando i volumi d'aria di una camera di misura e di una di riferimento, di un apposito macchinario. La tortuosità è stata calcolata attraverso il valore della porosità.

Per la prova sull'assorbimento acustico è stato utilizzato un tubo di impedenza dotato di due microfoni, una sorgente sonora ad un'estremità e il campione all'altra. Sono state considerate due diverse configurazioni: campioni dal diametro di 100 mm per frequenze tra 100 e 1600 Hz e campioni dal diametro di 29 mm per frequenze tra 500 e 6400 Hz. L'altoparlante genera onde sonore stazionarie a banda larga che si propagano come onde piane nel tubo, colpendo il campione e riflettendosi tramite il modello di interferenza.

Infine è stata effettuata un'analisi LCA per valutare le prestazioni ambientali di un pannello in lolla di riso, attraverso la CED (energia consumata per produrre il pannello – MJ/Kg) e la GWP (potenziale di riscaldamento globale in termini di impronta di carbonio).



Fig. 25: Campioni di lolla di riso e colla poliuretanicata realizzati per le prove acustiche (sinistra) e termiche (destra).

Risultati: la conducibilità termica ottenuta attraverso i test per il pannello in lolla è di 0,07 W/mK, abbastanza in linea con altri sistemi isolanti come i pannelli in sughero. Per quanto riguarda le performance acustiche le prove effettuate rientrano

nel range di frequenze tra 200 e 6400 Hz, notando che il pannello forato ha valori più bassi rispetto a quello incollato. Infine, attraverso l'analisi LCA si è ottenuto che il pannello in lolla di riso ha delle ottime performance ambientali (1,11 KgCO_{2eq}/m²).

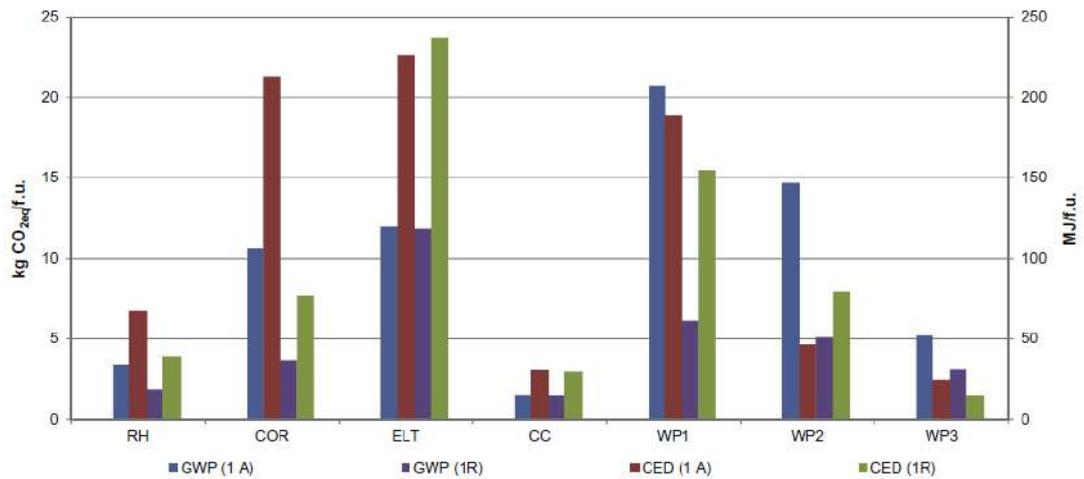


Fig. 26: GWP e CED per il confronto acustico e termico del pannello in lolla con gli altri materiali.

- 4) **Titolo:** *Rice husk-earth based composites: a novel bio-based panel for buildings refurbishment.*

Obiettivo: sviluppo e analisi di un pannello dalle alte prestazioni, realizzato con la lolla di riso e una matrice di terra.

Materie prime: lolla di riso, pietroline di cava, gesso e calce aerea.

Svolgimento: sono state realizzate tre formulazioni differenti a seconda del contenuto e del trattamento della lolla. Il contenuto di gesso e calce è rispettivamente di 20% e 10%, mentre la lolla varia tra 15% e 30%. Per realizzare i campioni, terra, gesso e calce sono stati miscelati insieme prima dell'aggiunta dell'acqua e della lolla. La miscela è stata poi inserita in appositi stampi e lasciata asciugare a temperatura ambiente (23° C) e umidità relativa del 50%. Dopo che i campioni sono stati scasserati sono stati sottoposti ad alcuni test per analizzare alcune caratteristiche fisiche e meccaniche.

La densità è stata misurata essiccando il campione a 60° C fino alla stabilizzazione del peso dello 0,1% in due pesate a distanza di 24 ore. La conducibilità termica invece è stata misurata con lo strumento ISOMET 2104.

La velocità di propagazione del suono è stata calcolata attraverso il rapporto tra la distanza del trasmettitore e del ricevitore e il tempo dell'impulso che vi è fra i due (m/s).

La resistenza all'abrasione a secco è servita per misurare la perdita di peso dei campioni dopo venti rotazioni con una spazzola in polietilene con una pressione di 2 Kg.

La resistenza a flessione e compressione sono state misurate utilizzando rispettivamente la EN 12089 e la EN 826.

Il valore di umidità è stato calcolato avvolgendo il campione dentro del nastro di alluminio, lasciando esposta solo la superficie superiore, all'interno di una camera climatica per stabilizzare la temperatura a 16° C e l'umidità relativa al 60%.

Infine i campioni sono stati esposti ad una fiamma, fotografando la zona interessata, per valutarne la resistenza al fuoco.



Fig. 27 e 28: Procedura per il test acustico in alto e per il comportamento al fuoco in basso.

Risultati: l'aumento del contenuto di lolla (30%) nei campioni mostra dei buoni risultati per quanto riguarda le proprietà meccaniche; inoltre la pre-bollitura del materiale, che non provoca effetti significativi sulla resistenza a flessione, apporta

un aumento sia della resistenza a compressione che della resistenza all'abrasione. L'aumento della lolla apporta un peggioramento nelle performance acustiche, perché diminuisce l'omogeneità della struttura interna, e un miglioramento sulla conducibilità termica, anche se non può ancora essere considerato un materiale isolante.

Specimen	Flexural Strength (N/mm ²)		Compressive Strength (N/mm ²)	
	σ_b	S.D.	σ_{10}	S.D.
RH_15D	0.12	0.03	0.37	0.05
RH_30D	0.08	0.01	0.13	0.001
RH_30B	0.08	0.01	0.40	0.25

Fig. 29: Valori della resistenza a flessione e compressione dei tre campioni.

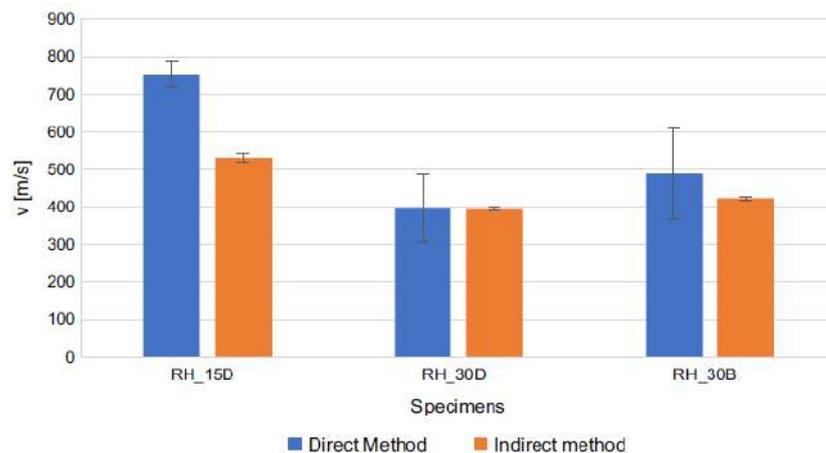


Fig. 30: Grafico raffigurante le prestazioni acustiche dei tre campioni a confronto.

5) **Titolo:** *Biobased particleboards based on rice husk and soy proteins: effect of the impregnation with tung oil on the physical and mechanical behavior.*

Obiettivo: analisi degli effetti dell'olio di Tung⁶⁴ sulle proprietà fisiche e meccaniche di un pannello dalle alte prestazioni, realizzato con lolla di riso e proteine della soia.

Materie prime: lolla di riso, proteine di soia, acido borico e olio di Tung.

Svolgimento: le proteine di soia e la lolla di riso sono state trattate prima di essere utilizzate nella miscela. Le prime sono state immerse in una soluzione di 0,3% in peso di acido borico, con un rapporto di 1:10, mescolando di tanto in tanto, a temperatura ambiente per circa due ore. La lolla invece è stata lavata in acqua

⁶⁴ Olio siccativo di origine vegetale.

distillata a temperatura ambiente e poi essiccata in forno ventilato a $105\pm 2^\circ\text{C}$ per riequilibrare l'umidità (8%). Successivamente, le proteine e la lolla trattate sono state miscelate insieme in un mixer a temperatura ambiente per circa 10 minuti e la miscela finale è stata poi prima essiccata in forno ventilato a $80\pm 2^\circ\text{C}$ e poi versato in un apposito stampo in acciaio e pressata a caldo (5 MPa) per 25 minuti. Una volta che il composto si è raffreddato è stato rimosso dallo stampo e imbevuto con olio di Tung e lasciato asciugare a temperatura ambiente. Ottenuto il provino finale sono stati effettuati test per valutarne le proprietà fisiche e meccaniche.

I valori di densità e umidità sono stati determinati secondo la ASTM D1037-99.

Lo stesso vale per il rigonfiamento dello spessore per assorbimento d'acqua. I campioni sono stati immersi in acqua distillata a temperatura ambiente per determinare peso e spessore dopo 2 e 24 ore.

Il test per diffusione e assorbimento dell'acqua è stato effettuato essiccando i provini a 60°C per 24 ore e ponendoli poi in una camera di umidità a tre differenti condizioni: 50, 65 e 80% di umidità. Il test è stata ripetuto fino al raggiungimento di una differenza di 0,001 grammi.

Le proprietà meccaniche (modulo di rottura e di elasticità) sono state determinate in accordo con la ASTM D1037-99.

Effetto delle condizioni di elevata umidità sulle proprietà di piegatura: MOR e MOE sono stati valutati in campioni conservati in una camera all'80% di umidità e alla temperatura di 20°C , per 90 giorni.

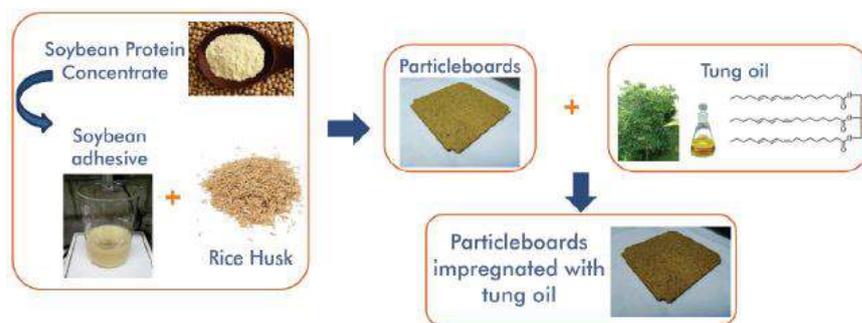


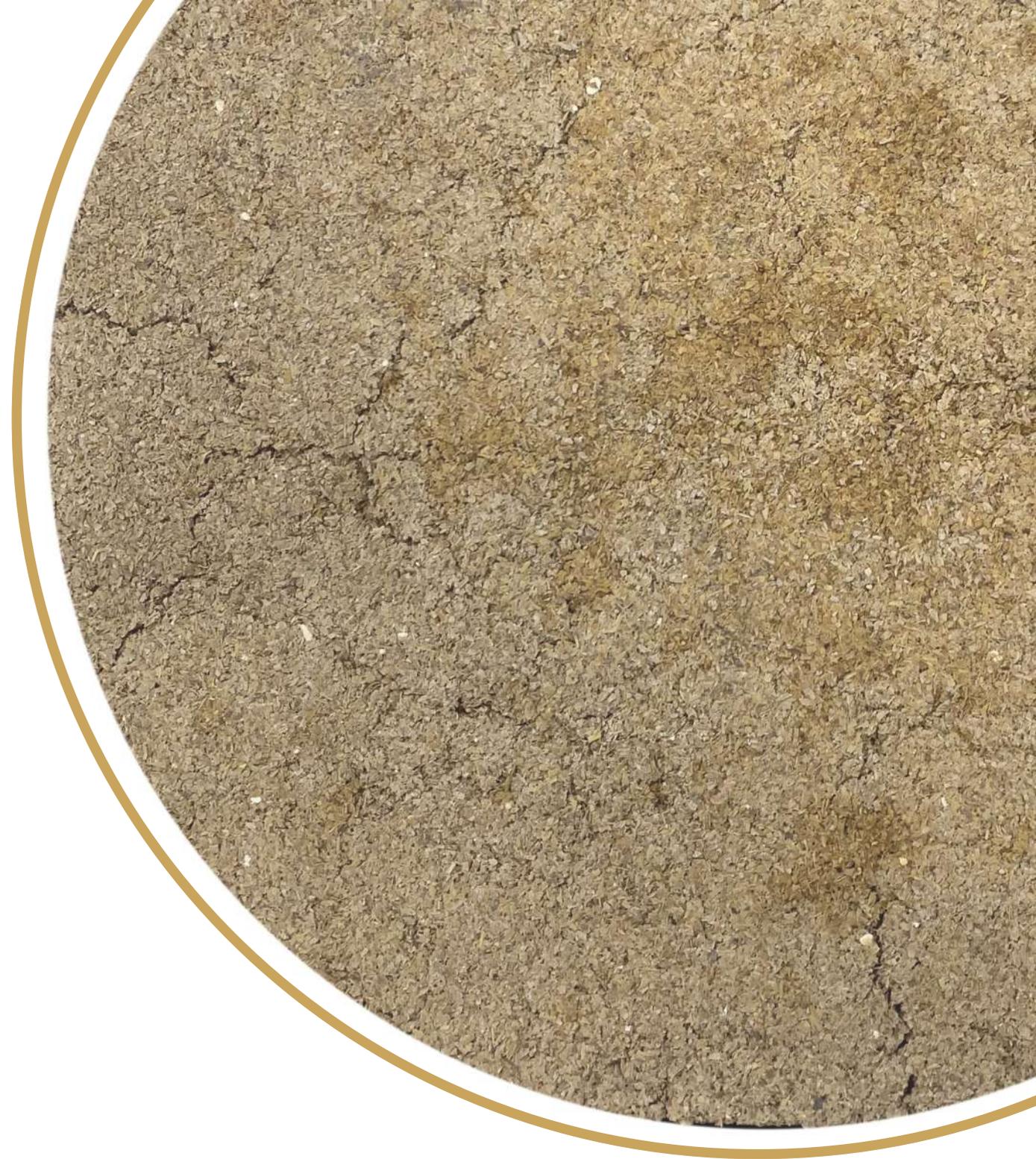
Fig. 31: Processo di realizzazione del pannello in lolla di riso, proteine di soia e olio di Tung.

Risultati: sui campioni impregnati di olio di Tung si è notata una riduzione nell'assorbimento dell'acqua e nel rigonfiamento dello spessore; mentre si ha ottenuto un aumento delle proprietà meccaniche.

La lettura dei cinque articoli è risultata in generale molto interessante, anche se ai fine di questo lavoro solo due sono stati fondamentali.

In questo senso si è rivelata molto interessante la lettura dell'articolo *Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesive*, trattando proprio il tema della fattibilità di un pannello in lolla di riso e proteine di soia. Inoltre, l'efficacia dei trattamenti effettuati sulla buccia del riso e i miglioramenti prestazionali sulle proprietà fisiche e chimiche, sono stati dati utili per incominciare la sperimentazione.

Il secondo articolo su cui è stata posta maggior attenzione è *Rice husk panels for building applications: thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials*. In questo caso i dati interessanti sono stati l'uso di una colla poliuretana all'interno dell'impasto e il confronto del pannello in lolla di riso con altri realizzati con differenti materiali di scarto.



5

ATTIVITÀ
SPERIMENTALE

5.1 CARATTERIZZAZIONE DELLE MATERIE PRIME

In seguito alla lettura degli articoli sopra riportati e programmato il processo di sperimentazione da intraprendere, sono state reperite le materie prime che ne avrebbero preso parte. In accordo con Ricehouse l'obiettivo della sperimentazione è stato quello di sviluppare un prototipo che potesse essere il più possibile naturale e realizzato solo con sottoprodotti derivanti dalle lavorazioni del riso. Per questo motivo sono state scelte come materie da utilizzare la lolla, la magnesite e l'amido di riso.

5.1.1 LOLLA DI RISO

La lolla di riso utilizzata per la sperimentazione è stata fornita dalla riseria Aurora, di Cristiano Bolco, in sacchi di carta da 12 kg. L'azienda ha sede a Villata in provincia di Vercelli e collabora ormai da qualche anno con Ricehouse, fornendo direttamente i prodotti raccolti dal campo.

Ai fini della sperimentazione la lolla è stata utilizzata dapprima intera e poi sminuzzata e, in entrambi i casi, prima di impiegarla nelle varie miscele ne è stata determinata la densità e la granulometria.



Fig. 32: Lolla di riso usata nella sperimentazione.
(Fonte: Ricehouse)

Per determinare la densità sono stati prelevati tre campioni di lolla e inseriti all'interno di altrettanti becher dalla capacità di 200 ml (200 cm³). Questi sono stati pesati, su una bilancia digitale, per ricavare i grammi di lolla presenti in ognuno e attraverso la formula $\rho = M/V$

(Kg/m³) sono state determinate le tre densità, da cui tramite una media si è ricavata quella totale del materiale.

	Kg	Kg	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
	Becher + Lolla	Becher	Lolla	Volume	Q _{lolla}	Q _{lolla,tot}
1	0,167	0,142	0,025	0,0002	125	126,67
2	0,168	0,142	0,026	0,0002	130	
3	0,157	0,132	0,025	0,0002	125	

Tab 1: Calcolo della densità apparente della lolla di riso intera.



Fig. 33: Becher in vetro usati per la misurazione della densità della lolla di riso intera.

Successivamente è stata definita la sua distribuzione granulometrica, sia da intera che da sminuzzata, per avere una maggiore omogeneità del materiale all'interno delle miscele.

Per granulometria si intende la dimensione dei grani che fanno parte di un aggregato; viene eseguita mediante setacciatura e, nel caso di aggregati con forme irregolari, ci si riferisce ad un diametro medio che normalmente si fa coincidere con la dimensione dell'apertura delle maglie del setaccio attraverso cui passano i grani.

Per quanto riguarda la lolla intera si è verificato che la granulometria media si aggira intorno a 1 – 3 mm di diametro, mentre per quella sminuzzata, assimilabile ad una polvere, è al di sotto del millimetro.

5.1.2 COLLA DI AMIDO DI RISO

Per quanto riguarda il legante non è stato semplice reperire l'amido di riso già pronto, quindi si è optato per due strade leggermente diverse fra di loro: da una parte si è acquistata una colla naturale in pasta a base di amido di riso, dall'altra invece dell'amido di riso in polvere preparato in laboratorio.

La colla è stata acquistata presso *Sinopia S.A.S. Restauri* di Torino e si presenta come un adesivo trasparente disperso in acqua e contenente additivi antibatterici e antimuffa.

Anche in questo caso è stata determinata la densità.

	Kg	Kg	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
	Becher + Colla	Becher	Colla	Volume	Q _{colla}	Q _{colla,tot}
1	0,358	0,142	0,216	0,0002	1080	997,83
2	0,337	0,142	0,195	0,0002	973,50	
3	0,320	0,132	0,188	0,0002	1940	

Tab. 2: Calcolo della densità apparente della colla di amido di riso.



Fig. 34: Colla di amido di riso usata per la sperimentazione.

5.1.3 AMIDO DI RISO

L'amido di riso è un sottoprodotto che si ottiene dai chicchi dell'omonima pianta, i quali contengono circa l'85% dell'amido. Si presenta come una polvere bianca molto fine, insapore e insolubile in acqua fredda.

L'amido che è stato acquistato per la sperimentazione, marchiato *BioSun* in buste da 120 grammi, è stato preparato artigianalmente.

Si è versato il contenuto di una busta in un pentolino aggiungendo 600 ml di acqua poco per volta e cuocendo poi il tutto a fuoco medio, fino ad ottenere una consistenza densa e quasi gelatinosa. L'amido così ottenuto è stato poi riposto in contenitori di vetro e lasciato riposare fino al suo utilizzo in un ambiente fresco, per evitare la formazione di muffe. La consistenza finale, decisamente diversa rispetto a quella iniziale, è risultata più dura e quasi grumosa.

	Kg	Kg	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
	Becher + Amido	Becher	Amido	Volume	Q _{amido}	Q _{amido,tot}
1	0,369	0,142	0,227	0,0002	1135	1144,50
2	0,374	0,142	0,232	0,0002	1158,50	
3	0,360	0,132	0,132	0,0002	1140	

Tab. 3: Calcolo della densità apparente dell'amido di riso.



Fig. 35: Amido di riso in polvere usato per la sperimentazione.

5.1.4 MAGNESITE

Il secondo aggregato che è stato utilizzato all'interno delle miscele è la magnesite, ossia carbonato di magnesio ($MgCO_3$). Si tratta di un composto chimico che in natura si presenta sotto forma di minerale dalla colorazione bianca, mentre in commercio è reperibile in

polvere. Quella utilizzata per la sperimentazione è *Simond*, acquistata in buste da 200 grammi l'una.

Il carbonato di magnesio era usato già nell'antichità per conferire maggiore resistenza al cemento, il quale cotto a temperature molto elevate (circa 500°C) produceva ossido di magnesio ed anidride carbonica.

Anche per la magnesite è stata definita la sua densità ed è stata setacciata non più per ricavarne la granulometria, ma solamente per eliminare i grumi presenti all'interno delle confezioni; per questo passaggio è stato utilizzato un semplice colino da cucina.

	Kg	Kg	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
	Becher + Magnesite	Becher	Magnesite	Volume	$\rho_{\text{magnesite}}$	$\rho_{\text{magnesite,tot}}$
1	0,168	0,142	0,026	0,0002	130	110
2	0,160	0,142	0,018	0,0002	90	
3	0,154	0,132	0,022	0,0002	110	

Tab. 4: Calcolo della densità apparente della magnesite.



Fig. 36: Magnesite in polvere usata per la sperimentazione.

5.2 INTRODUZIONE ALLA SPERIMENTAZIONE

Tutte le prove sperimentali di questa tesi sono state svolte all'interno del *LASTIN*, il laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino.

L'attività sperimentale condotta è stata divisa in tre parti con la realizzazione totale di più di trenta provini.

La prima parte è iniziata con la caratterizzazione della densità e della granulometria della lolla di riso passando poi alla realizzazione di quattro campioni con la lolla intera e l'amido di riso prodotto in laboratorio (luglio 2019).

La seconda parte invece si è basata sullo svolgimento di alcuni trattamenti sulla lolla intera, come il lavaggio in acqua corrente e in una soluzione di NaOH, realizzando poi tre provini con le tre diverse tipologie (non trattata, lavata in acqua, lavata in NaOH), aggiungendovi la magnesite e una colla di amido di riso. Anche per la magnesite e la colla sono state calcolate le densità (novembre 2019).

L'ultima parte (dicembre 2019) ha visto la realizzazione di ventisei campioni utilizzando la lolla sminuzzata, la magnesite e alternando alla colla dell'amido realizzato artigianalmente. In questa ultima parte si è andati a variare le percentuali in peso delle tre componenti nelle varie miscele per ottenere quella finale.

Una volta individuate le tre percentuali migliori sono stati realizzati dodici provini che sono poi stati messi a confronto per valutare quello che sarebbe stato il mix design.

A questo punto, trovata la miscela e la percentuale migliore, sono stati realizzati due pannelli dalle dimensioni di 25 x 25 x 2 cm, su cui si è andati ad effettuare alcuni test.

5.3 PRIMA ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE: LOLLA INTERA E AMIDO PRODOTTO IN LABORATORIO

Come già accennato nel paragrafo precedente, la prima attività sperimentale condotta è stata la realizzazione di quattro provini unendo la lolla di riso intera e l'amido prodotto in laboratorio. Ai fini della sperimentazione si è deciso di utilizzare sia l'amido di riso da cottura che l'amido in polvere *BioSun*.

5.3.1 IMPASTI E PROVINI

Per la realizzazione dei provini si è partiti da un volume di base di uno stampo parallelepipedo in metallo equivalente a 896 cm^3 .

Le dimensioni dello stampo sono:

- Altezza: 4 cm
- Lunghezza: 16 cm
- Larghezza: 14 cm

Successivamente, attraverso le densità della lolla e dell'amido di riso, si è ottenuto il quantitativo in grammi necessario a riempire il volume della forma.

A questo punto si è proceduto con il definire i rapporti in peso di lolla e amido che avrebbero composto i quattro provini, partendo da una relazione di 1:1 e andando ad aumentare ogni volta il quantitativo di lolla.

I provini A, B e C sono stati realizzati con l'amido di cottura ($\rho = 1026 \text{ Kg/m}^3$), mentre il provino D è stato preparato con l'amido in polvere ($\rho = 1144,50 \text{ Kg/m}^3$) con il rapporto in peso migliore rispetto agli altri tre.

Una volta definiti i grammi di ogni materiale è stata preparata la miscela, utilizzando una mescolatrice, presente nel laboratorio, dotata di una bacinella in metallo e una pala. Osservando le miscele si è notato che la lolla assorbiva totalmente l'amido, rimanendo umida al tatto e quindi difficile da pressare negli stampi. Una volta realizzati gli impasti e versati all'interno delle forme, i provini sono stati lasciati per qualche giorno ad asciugare a temperatura ambiente.

	ρ_{amido}	Amido		Lolla	
		% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino A	$\rho = 1026 \text{ Kg/m}^3$	30	276	70	80
Provino B		50	460	50	57
Provino C		40	368	60	68,40
Provino D	$\rho = 1144,50 \text{ Kg/m}^3$	40	410	60	68,40

Tab. 5: Percentuali in volume e pesi di legante e aggregato dei quattro provini.



Fig. 37: Provini realizzati con lolla intera e amido artigianale. Provino A (70% lolla, 30% amido e magnesite), provino B (50% lolla, 50% amido e magnesite), provino C e D (60% lolla, 40% amido e magnesite).



Fig. 38: Due provini dopo essere stati scasserati. A sinistra si può notare la muffa dell'amido, mentre a destra la lolla è solo annerita.

Dopo qualche giorno i provini sono stati scasserati e, come si può notare dalle immagini, sono ammuffiti emanando un odore molto forte. Ai lati e sotto, dove il campione era a contatto con il metallo e quindi non ha avuto modo di asciugare, la lolla è annerita e, anche se alla vista sembrano solidi, al tatto sono rimasti molli, tanto da rompersi allo

scasseramento e ad ogni minimo movimento. Nel complesso i migliori sono risultati essere il C e il D.

5.4 SECONDA ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE: TRATTAMENTI SULLA LOLLA

Secondo la metodologia descritta nell'articolo *Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesive*, la seconda parte della sperimentazione è iniziata con alcuni trattamenti sulla lolla di riso. Una parte di materiale è stata lavata in acqua corrente, un'altra è stata immersa in una soluzione di idrato di sodio (NaOH).

Successivamente sono stati realizzati tre provini differenti con le tre tipologie di lolla: non trattata, lavata in acqua e immersa in NaOH, per analizzarne il comportamento con l'amido e la magnesite.

5.4.1 LAVAGGIO IN ACQUA CORRENTE

Il primo trattamento effettuato è stato un lavaggio della lolla di riso in acqua corrente per eliminare le polveri e le impurità contenute.

Sono stati effettuati tre lavaggi da mezz'ora l'uno. Dopo 30 minuti la lolla è stata filtrata per controllare lo stato dell'acqua e, di volta in volta, è stato riscontrato un netto cambiamento di colore: questa infatti è passata dal colore giallo molto forte caratteristico della lolla, ad un colore quasi neutro, segnale che le impurità erano state rimosse quasi completamente.

Successivamente la lolla è stata rimossa dall'acqua e depositata su un filtro per eliminarne il più possibile, e poi riposta su carta assorbente. Una volta persa tutta l'acqua è stata pesata ed inserita in teglie in acciaio e in forno ventilato (FALC) a circa $100\pm 5^\circ$ C, per ridurre l'umidità.

Dopo circa 90 minuti in forno la lolla è stata pesata notando una stabilizzazione del suo peso, pronta quindi per essere utilizzata nei passaggi successivi.

5.4.2 LAVAGGIO IN NaOH

Il secondo trattamento effettuato sulla lolla è stata l'immersione in una soluzione di idrato di sodio, commercialmente noto come soda caustica (NaOH). Si tratta di una base forte, solida a temperatura ambiente e fortemente igroscopica, che viene venduta sotto forma di perle biancastre.

Per la sperimentazione è stata utilizzata 1 Mole di NaOH, che equivale a circa 40 grammi di materiale, disciolta in 1 litro di acqua. La lolla è stata immersa nella soluzione per circa 30 minuti, mescolando di tanto in tanto e successivamente filtrata e risciacquata in acqua corrente. Anche in questo caso è stata poi riposta su carta assorbente e in seguito su teglie in acciaio ed essiccata in forno ventilato a $100\pm 5^\circ\text{C}$.

Alla fine del processo si è notato che la lolla immersa nella soluzione di soda caustica ha cambiato totalmente il suo colore, diventando di un giallo molto acceso. Questo trattamento è servito per eliminare parzialmente emicellulosa, lignina e silice dalla lolla ed impedire il blocco idrofobico del materiale.

5.4.3 IMPASTI E PROVINI

In seguito ai due trattamenti sono stati realizzati tre provini con esattamente le stesse percentuali in volume di lolla, magnesite e colla di amido andando però a variare la tipologia di lolla: non trattata ($\rho = 126,67\text{ Kg/m}^3$), lavata in acqua ($\rho = 117\text{ Kg/m}^3$) e lavata in NaOH ($\rho = 109\text{ Kg/m}^3$).

Per prima cosa sono state definite le percentuali in peso dei vari materiali, dando maggior risalto alla lolla che ha definito l'aspetto finale dei provini; questa infatti è presente nel 60%, mentre la colla e la magnesite fanno parte del restante 40%.

In questo caso la colla e la magnesite sono state unite insieme prima di aggiungervi la lolla e miscelare poi il tutto con la miscelatrice. Durante la preparazione degli impasti si è notato che la magnesite a contatto con la colla crea dei grumi di notevoli dimensioni, infiltrandosi tra i vari gusci della lolla, come si può notare dalle immagini che seguono.

Le miscele sono poi state versate negli stampi, di dimensione ridotta rispetto a quelli precedenti, e pressati prima di essere posti in forno ventilato a circa 60 ± 5 ° C per un'ora.

Il volume delle forme è 256 cm^3 e le dimensioni sono:

- Altezza: 4 cm
- Larghezza: 4 cm
- Lunghezza: 16 cm

I provini dopo essere stati rimossi dal forno sono stati lasciati riposare a temperatura ambiente per circa 28 giorni.

Con il passare dei giorni si è notato un netto cambiamento: appena sfornati e nei giorni subito seguenti sembravano essere coesi e induriti, dopo circa un mese invece hanno iniziato a sgretolarsi.

	ρ_{lolla}	Lolla		Magnesite		Colla	
		% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Lolla non trattata	$\rho = 126,67 \text{ Kg/m}^3$	60	19,50	28	7,90	12	30,60
Lolla in acqua	$\rho = 117 \text{ Kg/m}^3$	60	18	28	7,90	12	30,60
Lolla in NaOH	$\rho = 109 \text{ Kg/m}^3$	60	16,70	28	7,90	12	30,60

Tab. 6: Percentuali in volume e pesi dei tre componenti dei provini realizzati con tre tipologie di lolla.



Fig. 39: Provini realizzati con lolla non tratta (sinistra), lolla lavata in acqua (centro) e lolla immersa in soluzione di NaOH (destra).

Una volta realizzati i provini con le tre tipologie di lolla di riso, si è passati alla loro analisi e valutando il risultato negativo di tutti e tre si è deciso di optare per la soluzione che fosse meno impattante sul prodotto finito. Per restare quindi in linea con la filosofia della tesi è stata scelta la soluzione più naturale, ovvero il semplice lavaggio in acqua corrente della lolla che si limita ad eliminarne le impurità.

5.5 TERZA ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE: LOLLA SMINUZZATA

Da questo momento in poi tutti i provini realizzati sono stati effettuati con il medesimo stampo dal volume di 128 cm^3 ($16 \times 4 \times 2 \text{ cm}$) e con le stesse materie prime; ciò che è variato è stata semplicemente la loro percentuale in volume all'interno delle miscele, per arrivare a capire quale fosse il mix design ottimale.

Dopo aver effettuato i vari lavaggi sulla lolla, prima di utilizzarla nei nuovi impasti si è passati allo sminuzzamento del materiale, in modo da utilizzarlo sotto forma di polvere anziché intero, visti gli scarsi risultati ottenuti in precedenza.

La lolla è stata sminuzzata con un macinino e successivamente setacciata con un apposito strumento chiamato setaccio da cui è emerso che la granulometria principale è inferiore a 1 mm. A questo punto ne è stata determinata la densità, analogamente a come descritto per gli altri materiali.

	Kg	Kg	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
	Becher + Lolla	Becher	Lolla	Volume	Q _{lolla}	Q _{lolla,tot}
1	0,214	0,142	0,072	0,0002	360	346,50
2	0,200	0,142	0,058	0,0002	290	
3	0,210	0,132	0,078	0,0002	390	

Tab. 7: Calcolo della densità apparente della lolla di riso sminuzzata.



Fig. 40: Lolla sminuzzata.



Fig. 41: Setaccio.

Ai fini della sperimentazione sono stati realizzati ventisei provini, variando le percentuali di aggregato (lolla di riso e magnesite) e legante. Per quest'ultimo si è utilizzato sia la colla di amido che l'amido di riso preparato in laboratorio.

5.5.1 PRIMA PROVA: ALTA PERCENTUALE DI LEGANTE (COLLA)

I primi tre impasti realizzati sono stati preparati con lolla sminuzzata, magnesite e colla di amido. Si è partiti da un rapporto in volume di 1:1 tra legante (colla) e aggregato (lolla e magnesite) andando ad aumentare il contenuto di colla negli impasti successivi (1:2 e 1:3). Le percentuali in volume di lolla e magnesite sono invece le medesime.

Anche in questo caso si è partiti da una proporzione fra la densità dei vari materiali e il volume dello stampo, da cui si è poi ricavato l'esatto quantitativo in grammi dei tre componenti.

	Aggregato				Legante	
	Lolla		Magnesite		Colla	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 1:1 (50% - 50%)	25	11	25	3,5	50	63,80
Provino 1:2 (33,3% - 66,6%)	16,6	7,40	16,6	2,30	66,6	85
Provino 1:3 (25% - 75%)	12,5	5,50	12,5	1,8	75	95,80

Tab. 8: Percentuali in volume e pesi delle componenti dei provini realizzati con un'alta percentuale di colla.

Gli impasti sono risultati fin da subito molto collosi e quindi difficili sia da versare che da pressare all'interno degli stampi.

Come in precedenza, sono stati fatti essiccare in forno ventilato a circa $60\pm 5^\circ\text{C}$ per un'ora. Dopo l'essiccazione il risultato è rimasto invariato; i provini sono infatti risultati ancora molto umidi e molli e quando sono stati scasserati sono rimasti incollati allo stampo.



Fig. 42: Provini con alta percentuale di colla. 50% aggregato, 50% colla (sinistra); 33% aggregato, 66% colla (centro); 25% aggregato, 75% colla (destra).

A questo punto si è deciso di andare ad invertire le percentuali di aggregato e legante, realizzando sei nuovi provini; questa volta però sono stati utilizzati sia la colla sia l'amido di riso.

5.5.2 SECONDA PROVA: DIMINUZIONE DEL LEGANTE (COLLA E AMIDO) E AUMENTO DELL'AGGREGATO

Per la realizzazione dei successivi campioni si è partiti da una proporzione di 1:3 di legante e aggregato, andando ad aumentare la percentuale di quest'ultimo (1:4 e 1:4,5). Come nei precedenti campioni, si è invece mantenuto un eguale quantitativo di lolla e magnesite. I provini realizzati sono stati sei, di cui tre con la colla e tre con l'amido (tabella 9).

	Legante				Aggregato			
	Colla		Amido		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)						
Provino 1:3 (25% - 75%)	25	32	/	/	37,5	16,60	37,5	5,30
Provino 1:4 (20% - 80%)	20	25,5	/	/	40	17,70	40	5,60
Provino 1:4,5 (18% - 82%)	18	23	/	/	41	18,20	41	5,80
Provino 1:3 (25% - 75%)	/	/	25	36,60	37,5	16,60	37,5	5,30
Provino 1:4 (20% - 80%)	/	/	20	29,30	40	17,70	40	5,60
Provino 1:4,5 (18% - 82%)	/	/	18	26,40	41	18,20	41	5,80

Tab. 9: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con lolla sminuzzata. Sono stati realizzati tre provini con lolla, magnesite e colla e tre con lolla magnesite e amido.

I passaggi successivi sono stati i medesimi. Dopo aver realizzato le miscele queste sono state versate negli stampi ed essiccate in forno per circa un'ora a $60 \pm 5^\circ$ C. Dopo un giorno i provini sono stati scasserati e lasciati indurire per circa 28 giorni.



Fig. 43: I provini realizzati con colla di amido (sinistra) e con l'amido in polvere (centro). A destra i provini dopo essere stati scasserati.

I tre provini realizzati con l'amido di riso si sono completamente sgretolati una volta rimossi dallo stampo, mentre i tre preparati con la colla hanno mostrato fin da subito dei buoni risultati, una buona coesione e una buona resistenza, indurendo sempre di più con il passare dei giorni.

5.5.3 TERZA PROVA: AUMENTO DELLA MAGNESITE NELL'AGGREGATO

Anche se gli ultimi provini hanno dato buoni risultati si è voluto comunque procedere nella sperimentazione provando a modificare altre variabili, come le percentuali dei due aggregati (lolla di riso e magnesite).

Sono stati quindi realizzati altri nove provini, mantenendo le proporzioni migliori nei precedenti (1:3 e 1:4) e andando ad aumentare di molto il contenuto di magnesite all'interno delle miscele.

	Legante		Aggregato			
	Colla		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 1:4 (20% - 80%)	20	25,5	40	17,70	40	5,60
Provino 1:4 (20% - 80%)	20	25,5	32	14,20	48	6,80
Provino 1:4 (20% - 80%)	20	25,5	24	10,60	56	7,90

Tab. 10: Percentuali in volume e pesi dei tre componenti dei provini realizzati con tanta magnesite.

	Legante				Aggregato			
	Colla		Amido		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 1:3 (25% - 75%)	25	32	/	/	37,5	16,60	37,5	5,30
Provino 1:3 (25% - 75%)	25	32	/	/	30	13,30	45	6,30
Provino 1:3 (25% - 75%)	25	32	/	/	22,5	10	52,5	7,40
Provino 1:3 (25% - 75%)	/	/	25	36,60	37,5	16,60	37,5	5,30
Provino 1:3 (25% - 75%)	/	/	25	36,60	30	13,30	45	6,30
Provino 1:3 (25% - 75%)	/	/	25	36,60	22,5	10	52,5	7,40

Tab. 11: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con tanta magnesite e poca lolla. Con queste proporzioni sono stati realizzati sei provini: tre con la colla e tre con l'amido di riso.

Anche per questi provini è stata usata sia la colla sia l'amido di riso, notando dei risultati molto simili fra di loro, a differenza di quelli ottenuti in precedenza.



Fig. 44 e 45: I sei provini con la colla di amido nelle proporzioni di 1:3 (sinistra) e 1:4 (destra).



Fig. 46: I tre provini realizzati con l'amido di riso, mantenendo la proporzione 1:3 di colla e aggregato.

Come si può notare dalle immagini, alcuni provini hanno assunto una colorazione tendente al bianco, dovuta all'elevata quantità di magnesite presente negli impasti.

Se inizialmente si pensava a risultati ancora migliori dei precedenti, viste le proprietà indurenti della magnesite, nel momento in cui i campioni sono stati scasserati si è notato esattamente il contrario: la magnesite in grandi quantità se riscaldata anziché indurire diventa una polvere finissima che crea lo sgretolamento completo dei provini.

In seguito ai risultati ottenuti si è pensato di riprendere i rapporti di legante e aggregato migliori (1:3) andando nuovamente a variare le percentuali di lolla e magnesite, diminuendo però drasticamente quest'ultima.

5.5.4 QUARTA PROVA: AUMENTO DELLA LOLLA NELL'AGGREGATO

Gli ultimi provini per questa sperimentazione raccolgono tutte le informazioni ottenute analizzando quelli precedenti.

Sono stati realizzati otto campioni contenenti una percentuale di magnesite molto bassa, dando invece maggior risalto alla lolla. Anche in questo caso si è utilizzato sia la colla sia l'amido di riso.

Per queste prove si è preso come riferimento il rapporto migliore ottenuto da quelle precedenti, aumentando leggermente il legante (1,5:3, 2:3).

Prima sono stati preparati sei provini, di cui tre contenenti lolla, magnesite e colla di amido e altri tre lolla, magnesite e amido, realizzati esattamente con lo stesso procedimento dei precedenti.

	Legante				Aggregato			
	Colla		Amido		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Peso)	% (Volume)	g (Peso)	% (Volume)	g (Peso)	% (Volume)	g (Peso)
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	42,15	/	/	60,3	26,60	6,7	1
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	42,15	/	/	63,65	28,20	3,35	0,60
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	42,15	/	/	67	29,70	0	0
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	48,35	60,3	26,60	6,7	1
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	48,35	63,65	28,20	3,35	0,60
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	48,35	67	29,70	0	0

Tab. 12: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con poca magnesite e tanta lolla. Con queste proporzioni sono stati realizzati sei provini: tre con la colla e tre con l'amido di riso.

	Legante		Aggregato			
	Colla		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 2:3 (40% - 60%)	40	51	54	24	6	0,85
Provino 2:3 (40% - 60%)	40	51	57	25,30	3	0,40
Provino 2:3 (40% - 60%)	40	51	60	26,60	0	0

Tab. 13: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con poca magnesite e tanta lolla.

Durante la preparazione delle miscele si è notato che il rapporto 2:3 era ancora troppo elevato come contenuto di legante, quindi per la preparazione degli altri sei, contenenti la colla di amido, si è abbassata leggermente la percentuale passando ad un rapporto 1,7:3.

	Legante		Aggregato			
	Colla		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 1,7:3 (36% - 64%)	36	46	57,6	25,50	6,4	0,90
Provino 1,7:3 (36% - 64%)	36	46	60,8	26,90	3,2	0,45
Provino 1,7:3 (36% - 64%)	36	46	64	28,40	0	0

Tab. 14: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con poca magnesite e tanta lolla.

Dopo aver scasserato i provini e averli lasciati indurire per qualche giorno, si è notato che quelli contenenti colla lolla di riso si sgretolano, mentre quelli a base di amido e lolla rimangono più coesi.



Fig. 47 e 48: Provini realizzati con lolla, magnesite e colla in proporzioni 1,5:3 (sinistra) e 2:3 (destra).



Fig. 49 e 50: Provini realizzati con lolla, magnesite e amido in proporzione 1,5:3 (sinistra) e provini realizzati lolla, magnesite e colla in proporzione 1,7:3 (destra).

5.5.5 QUINTA PROVA: AUMENTO DELLO SPESSORE

Definite le percentuali in peso migliori, si è deciso di effettuare un'ulteriore prova andando ad aumentare solo spessore dei provini.

Sono quindi stati realizzati dodici campioni utilizzando un volume di 256 cm³ (16 x 4 x 4 cm).

	Legante				Aggregato			
	Colla		Amido		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	84,30	/	/	60,3	53,20	6,7	1,90
Provino 1,7:3 (36% - 64%)	36	92	/	/	57,60	51,10	6,4	1,80
Provino 2:3 (40% - 60%)	40	102	/	/	54	48	6	1,70
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	96,70	60,3	53,20	6,7	1,90
Provino 1,7:3 (36% - 64%)	/	/	36	105,50	57,60	51,10	6,4	1,80
Provino 2:3 (40% - 60%)	/	/	40	117	54	48	6	1,70

Tab. 15: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con poca magnesite e tanta lolla.

I sei successivi sono stati realizzati utilizzando solo il rapporto 1,5:3, notato essere il migliore fra tutti.

	Legante				Aggregato			
	Colla		Amido		Lolla		Magnesite	
	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)	% (Volume)	g (Massa)
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	84,30	/	/	60,3	53,20	6,7	1,90
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	84,30	/	/	63,65	56,46	3,35	0,95
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	33	84,30	/	/	67	59,40	0	0
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	96,70	60,3	53,20	6,7	1,90
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	96,70	63,65	56,46	3,35	0,95
Provino 1,5:3 (33% - 67%)	/	/	33	96,70	67	59,40	0	0

Tab. 16: Percentuali in volume e pesi dei componenti dei provini realizzati con poca magnesite e tanta lolla.



Fig. 51 e 52: Gli ultimi provini realizzati con il mix design finale e lo spessore di 4 cm.

5.6 IL MIX DESIGN

In seguito a tutte le prove effettuate e ai buoni risultati ottenuti con i provini descritti al paragrafo 5.5.4, si è potuto definire il mix design da cui si potrà poi partire per ulteriori sperimentazioni, migliorando alcuni aspetti.

La miscela base è composta da: lolla di riso sminuzzata, magnesite, colla di amido o amido di riso. La lolla e la magnesite rappresentano l'aggregato della composizione, mentre il legante è rappresentato dalla colla o dall'amido. Per ottenere una miscela lavorabile e priva di grumi l'ideale è unire prima lolla e magnesite e successivamente aggiungere il legante. Il tutto viene poi miscelato con un mixer da cui si ottiene un composto compatto e facilmente versabile negli stampi. Questi vengono poi fatti essiccare in forno ventilato a $60\pm 5^\circ\text{C}$ per un'ora, in modo tale da eliminare l'umidità in eccesso. Dopo questo passaggio i provini vanno lasciati indurire a temperatura ambiente, scasserandoli solo quando la miscela si è ben asciugata.

Il rapporto migliore fra tutti i provini realizzati è risultato essere 1,5:3 (1,5 di legante e 3 di aggregato). L'aggregato è a sua volta composto da una piccola percentuale di magnesite e dalla restante di lolla di riso.

Tra le tre proporzioni di magnesite e lolla, riportate nelle tabelle precedenti, si è scelta come migliore quella contenente il 60,3% di lolla e il 6,7% di magnesite. Si è infatti notato che i provini privi di magnesite non riescono a mantenere una compattezza nel tempo, sfaldandosi una volta che il provino è completamente asciutto.

CONCLUSIONI

Le prove condotte costituiscono il presupposto nella direzione di uno studio di fattibilità finalizzato alla sperimentazione della lolla di riso nell'ambito di pannelli per l'architettura e il design.

I risultati ottenuti forniscono alcune indicazioni significative per proseguire questo tipo di studio. Prima fra tutte è sicuramente la necessità di individuare un metodo efficace per l'eliminazione delle impurità presenti nella lolla; infatti si è notato che nonostante gli svariati lavaggi effettuati in laboratorio, la lolla conteneva ancora impurità, con un ritardo sulla coesione dei provini. Verosimilmente un lavaggio realizzato industrialmente potrebbe risolvere il problema.

Un altro aspetto da considerare è l'utilizzo di un'antimuffa (possibilmente naturale) all'interno dell'amido di riso artigianale, per evitare fenomeni di deterioramento che possono avvenire nel tempo. L'amido industriale invece non causa questo problema. Inoltre è stato osservato che l'aggiunta di magnesite nei campioni influenza molto la loro coesione e durezza e questo dipende dalla percentuale con la quale questa viene aggiunta; infatti essiccando i provini a 60° C difficilmente la magnesite riesce a conferire resistenza se la sua percentuale in volume è uguale a quella della lolla di riso (tra il 40% e il 12%), rendendo i provini molto delicati che si sgretolano al solo contatto. Se invece la sua percentuale nei campioni è molto minore rispetto a quella della lolla (60% lolla, 3-6% magnesite) si possono ottenere dei risultati di gran lunga migliori.

Analizzando le caratteristiche del pannello, seguendo quelle descritte al paragrafo 4.2, si possono definire soddisfatte quelle sensoriali (naturale, rigido, matte, ruvido, opaco) e ambientali (realizzato con materie prime seconde, riciclabile, biodegradabile); in relazione alle tempistiche di una tesi di laurea, tuttavia, non sono state analizzate le proprietà quantitative, anche questo possibile oggetto di prove e studi futuri.

Infine, per quanto riguarda le possibili applicazioni del prototipo, si può pensare ad un pannello indoor dagli svariati utilizzi: per l'arredo (mobili e piani di appoggio), ma anche per il rivestimento di pareti indoor. La miscela sperimentata potrebbe infatti costituire l'anima centrale di un elemento "sandwich", rivestito esternamente da fogli o pannelli di legno o altri materiali naturali che ne consentano l'incapsulamento.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., *Il riso. Collana Coltura&Cultura*, Cesena, Hre Edizioni S.r.l., (2009).

ALMEIDA J. A. S., ANTÓNIO J., MARQUES B., PINTO V., TADEU A., *Application of rice husk in the development of new composite boards*, in “*Construction and Buildings Materials*”, vol. 176, (2018), pp. 432-433.

ANDREOTTI J., FARUKU D., *Ecoffi. Ecological Concrete Filled Fibers. Progetto, sviluppo e monitoraggio di un sistema di involucro a base di cemento naturale e fibre vegetali riciclate*, Tesi di Laurea Magistrale, Torino, Politecnico di Torino, (2018).

ANTUNES A., BRÁS A., FARIA P., SILVA V., *Rice husk-earth based composites: a novel bio-based panel for buildings refurbishment*, in “*Construction Buildings Materials*”, vol. 221, (2019), pp. 99-101.

BELLONI E., BURATTI C., LASCARO E., MERLI F., RICCIARDI P., *Rice husk panels for building applications: thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials*, in “*Construction and Building Materials*”, vol. 171, (2018), pp. 338-339.

BISAGLIA C., BOCCHI S., BORDIGNON L., VALSESIA M., *Tecniche di coltivazione del riso a basso impatto ambientale. Riso secondo natura*, Gaglianico, Aerre editore, (2009).

BORDIGA O., SILVESTRINI L., *Del riso e della sua coltivazione. Studio di economia rurale e di chimica agraria*, Novara, Tipografia della rivista di contabilità, (1880).

BRUGNONI D., CASSANI D., DORLINI A., *Progettare circolare. Silo, un intervento multiscale per la riqualificazione dell'interscambio di Crescenzago*, Tesi di Laurea, Milano, Politecnico di Milano, (2018).

BUDAU E. M., *Metodi e strumenti per la valutazione ambientale degli edifici. Confronto tra sistemi costruttivi convenzionali e naturali in un edificio residenziale*, Tesi di Laurea Magistrale, Torino, Politecnico di Torino, (2017).

CHALAPUD M. C., CIANNAMEA E. M., HERDT M., NICOLAO E. S., RUSECKAITE R. A., STEFANI P. M., *Biobased particleboards based on rice husk and soy proteins: effect of the*

impregnation with tung oil on the physical and mechanical behavior, in “*Construction and Building Materials*”, vol. 230, Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina, (2019), pp. 116996-116997.

CIANNAMEA E. M., RUSECKAITE R. A., STEFANI P. M., *Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesive*, in “*Bioresource Technology*”, vol. 101, Research Institute of Material Science and Technology, Nacional Research Council, Engineering Faculty, University of Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina, (2010), pp. 818-820.

ENAMA, a cura di Commissione Tecnica biomasse ENAMA, *Parte I. Biomasse ed energia. Capitolo I. Caratteristiche tecniche delle biomasse e dei combustibili*, (2011).

GARIANO R., *Concrice. Riciclo di un sottoprodotto vegetale in edilizia. Uso della lolla di riso per la realizzazione di un calcestruzzo dalle alte prestazioni termiche*, Tesi di Laurea Magistrale, Torino, Politecnico di Torino, (2016).

GUIDI F., *Filiera corta: percorsi di innovazione tecnici, organizzativi e sociali nella gestione strategica delle nicchie. Esperienze in Toscana e Provenza*, Tesi di Dottorato, Bologna, Università di Bologna, (2009).

PINOLINI D., *Il riso e la sua coltivazione*, Milano, Dottor Francesco Vallardi, (1895)

REGIS F., TOSATTO S., *Collana monografica di manuali naturalistico-agronomici. 6. Il riso*, Torino, Arti grafiche AGES, (2002).

SANNAZZARO F., *Valutazione di substrati alternativi alla torba: caratterizzazione chimica, fisica ed agronomica di lolla di riso*, Tesi di Dottorato, Padova, Università degli Studi di Padova, (2008).

Decreto Ministeriale 5 Febbraio 1998, *Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 Febbraio 1997, n. 22*.

Legge 15 Dicembre 2004 n. 308, *Delega al governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione*.

Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 n. 152, *Testo unico ambientale. Norme in materia ambientale*

Decreto Legislativo 3 Dicembre 2010, *Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 Novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.*

Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 Aprile 1998, Supplemento ordinario n. 72.

Gazzetta Ufficiale n. 302 del 17 Dicembre 2004, Supplemento ordinario n. 187.

Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 Aprile 2006, Supplemento ordinario n. 96.

Gazzetta Ufficiale n. 288 del 10 Ottobre 2008.

COM (2014) 398, Comunicazione della commissione al Parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni, *Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti.*

COM (2015) 614, Comunicazione della commissione al Parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni, *L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare.*

UNI EN 310-1993_Determinazione del modulo di elasticità a flessione e della resistenza a flessione.

UNI EN 317-1993_Determinazione del rigonfiamento dello spessore dopo immersione in acqua.

UNI EN 319-1993_Determinazione della resistenza a trazione perpendicolare al piano del pannello.

UNI EN 322-1993_Determinazione dell'umidità.

UNI EN 323-1993_Determinazione della massa volumica.

UNI EN 324-1:1993_Determinazione delle dimensioni dei pannelli.

UNI EN 317-1:2004_Determinazione del rilascio di formaldeide.

UNI EN 312-2010_Pannelli di particelle di legno. Specifiche.

SITOGRAFIA

www.cialombardia.org, consultato il 7/09/2019

www.colturaecultura.it, consultato il 4/09/2019

www.enterisi.it, consultato il 13/06/2019

www.google.com

www.matrec.com, consultato il 20/04/2019

www.risolitaliano.eu, consultato il 13/06/2019

www.sciencedirect.com, consultato il 03/08/2019

<http://biblus.acca.it/faq-criteri-ambientali-minimi/>, consultato il 11/11/2019

http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2017_dm_11_01_cam_arredi_edilizia_tessuti.htm, consultato il 11/11/2019

http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2017_dm_11_01_cam_arredi_interni_allegato_1.pdf, consultato il 11/11/2019

<https://www.csqa.it/CSQA/Norme/Sostenibilita-Ambientale/ISO-14040-LCA>, consultato il 13/09/2019

<https://www.economicircular.com/cose-leconomia-circolare/>, consultato il 16/09/2019

https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_it, consultato il 10/09/2019

<https://www.ediltecnico.it/55298/salubrita-casa-importante-per-committenza-tecnici/>, consultato il 25/11/2019

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>, consultato il 10/09/2019

<http://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>, consultato il 16/09/2019

<https://www.federlegnoarredo.it/it/servizi/normativa/normative-per-categoria-di-prodotto/pannelli-e-semilavorati/pannelli-a-base-di-legno-e-emissioni/classi-di-emissione-di-formaldeide-in-europa>, consultato il 11/11/2019

<https://www.fieradelriso.it/it/blog/post/la-lavorazione-del-riso>, consultato il 20/08/2019

www.fondazionecariplo.it, consultato il 18/10/2019

<https://www.fondazioneeslowfood.com/it/cosa-facciamo/mercati-della-terra-slow-food/produttori-e-co-produttori/la-filiera-corta/>, consultato il 18/09/2019

<http://www.georgofili.info/contenuti/potenzialit-di-riduzione-di-gas-serra-dalle-risaie/1882>, consultato il 05/09/2019

<https://www.greenplanner.it/2016/01/26/progetto-riceres-gli-scatti-della-produzione-di-riso-valgono-oro/>, consultato il 15/10/2019

<https://www.hdg.it/it-IT/certificazione-composti-organici-volatili-voc.aspx>, consultato il 11/11/2019

<https://www.ilcappottocherespira.it/blog/qualita-degli-ambienti-interni/>, consultato il 25/11/2019

<http://www.lindos.it/DERIVATI%20DEL%20RISO.htm>, consultato il 12/07/2019

<https://www.minambiente.it/pagina/i-criteri-ambientali-minimi>, consultato il 11/11/2019

<http://www.renewablematter.eu/partners/matrec.php>, consultato il 18/09/2019

<http://www.riseria.ch/it/Riso/lavorazione/?oid=1589&lang=it>, consultato il 08/07/2019

<https://www.risoitaliano.eu/una-pillola-di-pula/>, consultato il 28/08/2019