

#### 4. TRL-4 Realizzazione dei componenti per il modulo di greening del dimostratore

L'utilizzo del rinverdimento verticale è una tecnica di progettazione sostenibile che consiste nella coltivazione di piante lungo le pareti degli edifici. Oltre a fornire una soluzione estetica, il rinverdimento verticale ha dimostrato di avere diversi vantaggi ambientali. Studi scientifici hanno infatti evidenziato che le piante assorbono la CO<sub>2</sub> presente nell'aria attraverso la fotosintesi clorofilliana e la utilizzano per la produzione di energia. Inoltre, le piante agiscono come una sorta di filtro naturale, eliminando le particelle di inquinamento atmosferico. L'utilizzo del rinverdimento verticale è quindi una soluzione sostenibile per migliorare la qualità dell'aria e ridurre la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'ambiente. La realizzazione dei componenti per il modulo di greening del dimostratore del GRS in stampa 3D di argilla, inoltre, rappresenta un'ulteriore soluzione sostenibile, in quanto la stampa 3D è in grado di ridurre gli sprechi di materiale e di energia, riducendo così l'impatto ambientale complessivo del progetto. La configurazione in calcestruzzo misto a PVC upcycling per i componenti di invaso del modulo *edible* del dimostratore rappresenta invece una soluzione sostenibile per la riutilizzazione di materiali che altrimenti sarebbero destinati a finire in discarica, riducendo così l'impatto ambientale complessivo del progetto.

Le attività di sperimentazione per la realizzazione dei componenti del modulo di greening, del modulo BIOS-Battery e del modulo *edible* del dimostratore del GRS sono state condotte presso il centro ABITAlab, che dispone di una vasta gamma di strumenti di prototipazione e sperimentazione. In particolare, la sezione del laboratorio di prototipazione dispone di una stampante 3D LDM WASP 4070, che utilizza la tecnologia di stampa ad argilla, e di varie stampanti FDM. La tecnologia di stampa 3D LDM WASP 4070 è stata utilizzata per realizzare i componenti del modulo di greening in argilla, sperimentando diverse configurazioni e soluzioni di design, al fine di ottenere la massima efficienza in termini di crescita delle piante e di resistenza meccanica dei componenti stessi. La scelta di utilizzare materiali sostenibili e di riutilizzare il PVC upcycling per i componenti di invaso del modulo *edible* è stata una scelta in linea con i principi di economia circolare, che mirano a ridurre gli sprechi di materiali e a promuovere la riutilizzazione di risorse già esistenti.

##### 4.1 Realizzazione dei componenti per il modulo di greening del dimostratore

**Step 1.** La procedura per la sperimentazione sui componenti del GRS stampati in argilla è caratterizzata da diverse attività. In primo luogo, si procede con la realizzazione di una forma cubica alla quale vengono applicate delle scanalature e delle rientranze, ottimizzate attraverso l'utilizzo del software Ladybug al fine di favorire il rinverdimento verticale. Successivamente, si eseguono delle analisi per verificare la distribuzione della radiazione solare sulla superficie. Per utilizzare il componente Galapagos su Grasshopper per le operazioni di ottimizzazione delle rientranze, si procede innanzitutto con l'inserimento del modello della forma cubica e delle scanalature e delle rientranze nella finestra del software (cfr. Fig.4.a). Successivamente, si definisce una funzione obiettivo che tiene conto della massimizzazione delle zone d'ombra come fattore di crescita per le componenti vegetali come il muschio.

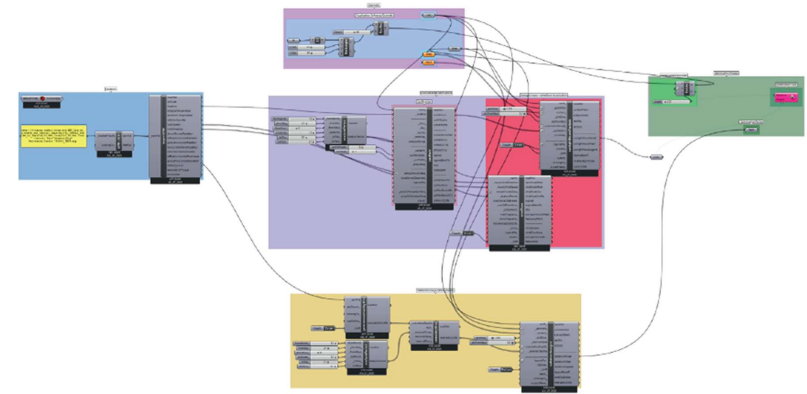


Fig. 4.a – Script componente Galapagos su Grasshopper. Fonte: elaborazioni ABITAlab

L'ottimizzazione avviene attraverso l'algoritmo di Galapagos, che, partendo da una popolazione iniziale di soluzioni casuali, esplora lo spazio delle soluzioni e cerca di individuare quelle che massimizzano la funzione obiettivo definita. L'algoritmo è in grado di modificare automaticamente i parametri del modello, come la profondità delle rientranze, in modo da generare nuove soluzioni e valutarle rispetto alla funzione obiettivo. L'ombra ottimizza la crescita del muschio perché protegge la pianta dalla luce diretta del sole, che potrebbe bruciare le foglie o seccare il muschio, consentendo la possibilità mantenere una maggiore umidità nell'ambiente (Fig. 4.a, b, c, d).

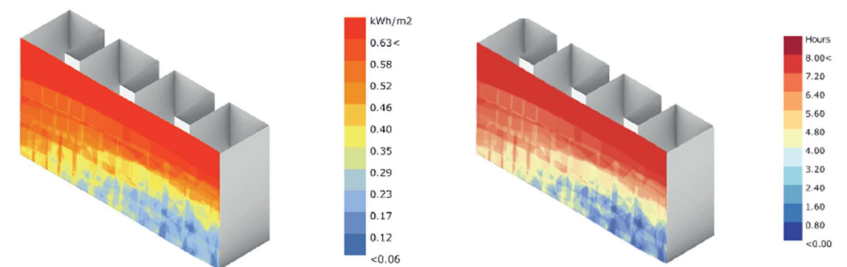


Fig. 4.b – ottimizzazione delle superfici d'ombra per il componente su Grasshopper. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)

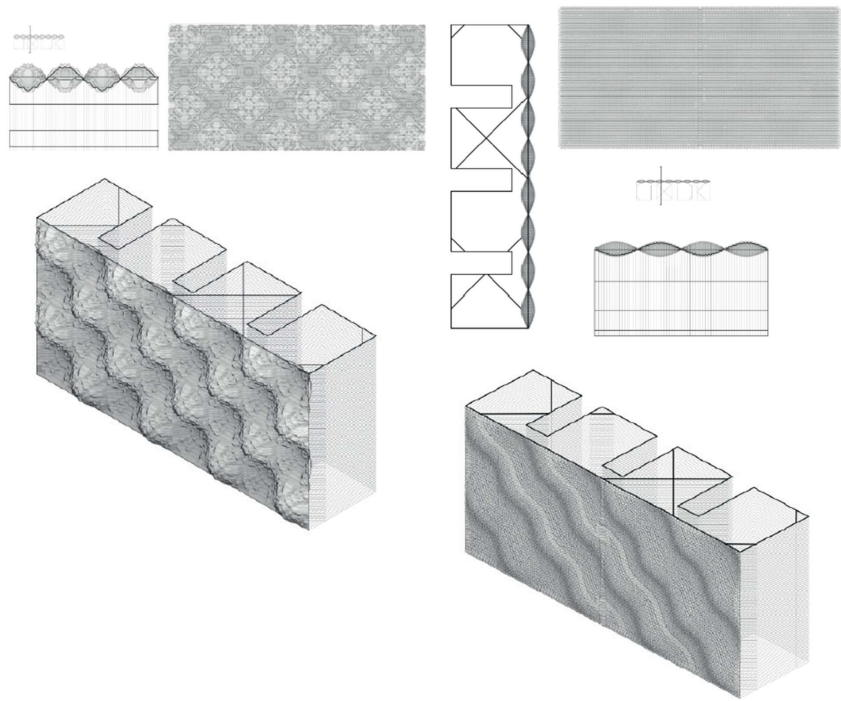


Fig. 4.c – Visualizzazione delle prove di superficie del componente. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)

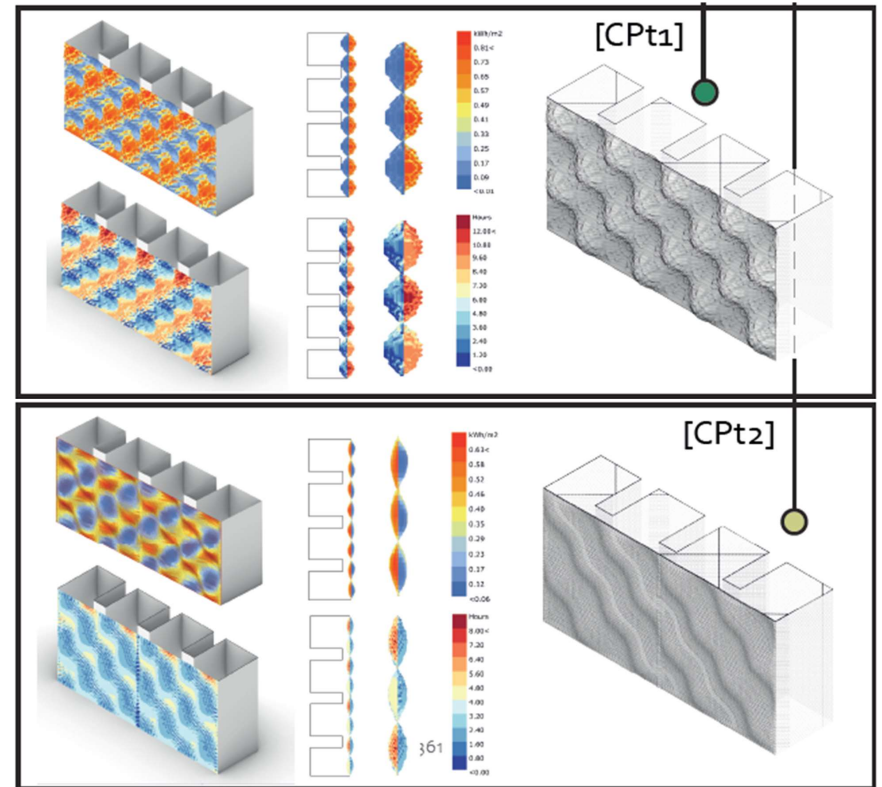


Fig. 4.d – Analisi climatica condotta sui due componenti prototipi. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)

**Step 2.** Il Calcolo del GWP (*Global Warming Potential*) del componente rappresenta l'impatto ambientale complessivo causato dalle emissioni di gas serra generate dalla sua produzione, dal trasporto e dalla sua utilizzazione. Per calcolare il GWP del componente stampato in argilla, è necessario definire il percorso del ciclo di vita del componente e attribuire le emissioni di GHG a ciascuna fase, utilizzando i fattori di emissione specifici. Infine, il GWP viene calcolato in termini di CO2 equivalente, rappresentando l'impatto ambientale complessivo del componente sulla base delle emissioni di gas serra.

Il calcolo del GWP del componente stampato in argilla può essere eseguito attraverso l'utilizzo di uno strumento di analisi del ciclo di vita come Cardinal LCA (fig. 4.e). In primo luogo, è necessario definire il sistema da analizzare, ovvero il componente stampato in argilla. Successivamente, si procede a definire il percorso di vita del componente, che comprende le seguenti fasi: produzione del materiale (argilla), produzione del componente (stampa 3D LDM), trasporto del componente e utilizzo del componente.

Una volta definito la metodologia di calcolo del ciclo di vita, si procede con l'attribuzione delle emissioni di gas serra (GHG) a ciascuna fase. Per la produzione dell'argilla, si attribuiscono le emissioni di GHG generate durante l'estrazione, la lavorazione e il trasporto dell'argilla. Per la produzione del componente, si attribuiscono le emissioni di GHG generate durante l'utilizzo della macchina di stampa 3D LDM, incluse le emissioni generate dal consumo di energia elettrica. Per il trasporto del componente, si attribuiscono le emissioni di GHG generate durante il trasporto dal luogo di produzione al luogo di utilizzo. Infine, per l'utilizzo del componente, si attribuiscono le emissioni di GHG generate durante l'intera durata della sua vita utile.

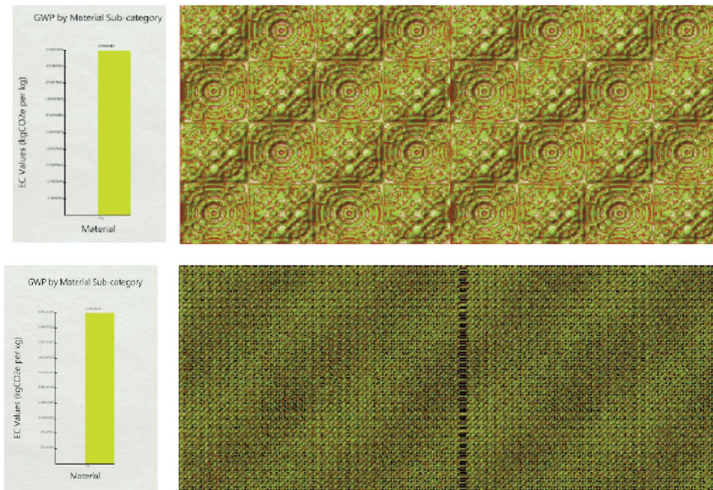


Fig. 4.e – Calcolo del GWP per sottocategoria di materiale. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)

**Step 3.** Si procede alla fase di preparazione per la stampa 3D su cura. In particolare, si esegue la preparazione dell'argilla (cfr. Fig. 4.f, g e h), che viene impastata utilizzando una consistenza abbastanza morbida da poter essere alimentata attraverso la macchina, ma non così morbida da non sostenersi da sola durante l'accumulo. In seguito, si mette in pressione la tank e si procede con la stampa, utilizzando la stampante 3D Wasp 4070 LDM.



Fig. 4.f – Preparazione impasto in argilla per stampa con 3D Wasp 4070. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)



Fig. 4.g – Fasi di stampa 3D del prototipo. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)

Durante il processo di asciugatura, si tiene conto del fatto che l'argilla si restringe in quantità diverse. L'argilla si restringe maggiormente in verticale rispetto alla direzione orizzontale, a causa della compressione degli strati durante la stampa. In particolare, l'argilla del gres si restringe di circa il 13% in verticale e dell'8% in orizzontale, mentre la porcellana si restringe fino al 20% in verticale e al 16% in orizzontale, quando viene sparata a 1220 gradi centigradi. Per la stampa 3D, si utilizzano i seguenti settaggi su cura: altezza layer iniziale di 0.4 e altezza layer costante di 0.7. Inoltre, si utilizza la modalità "surface" che permette di tracciare durante la stampante una linea continua senza interruzioni. Infine, l'asciugatura dell'argilla stampata è avvenuta in un ambiente controllato sotto pellicola per un periodo di 10 giorni, al fine di controllare il rilascio dell'umidità e garantire una corretta e uniforme asciugatura del materiale.

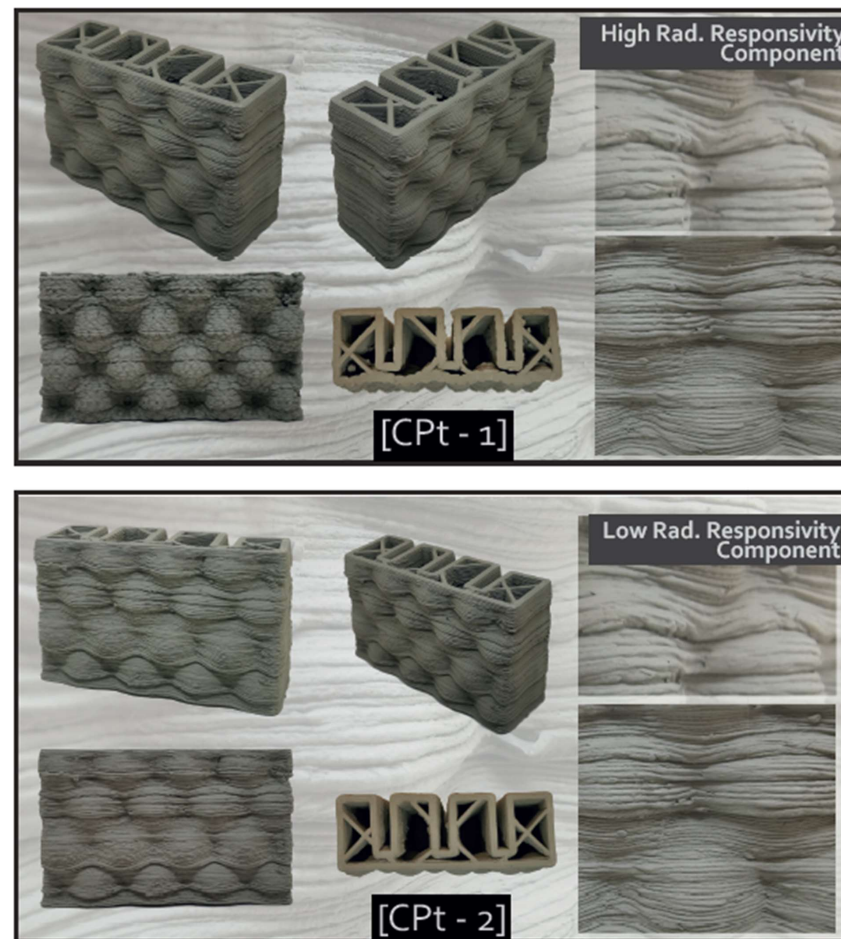


Fig. 4.h – Foto dei componenti stampati in argilla con responsività ad alte e basse radiazioni. Fonte: elaborazioni per tesi phd D.Lucanto (ABITAlab)