



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Design e Comunicazione

A.a. 2024/2025

Sessione di Laurea Febbraio 2025

**La natura negli spazi abitativi
strategie per il benessere
psico-fisico**

Relatori:

Fabrizio Valpreda

Candidati:

Francesca Manzione

Indice

Introduzione	7
Capitolo I	8
Evoluzione del concetto di casa nella storia	8
Analisi sullo stress in casa e al lavoro	10
Analisi su tempo trascorso in casa	10
Lo stress	15
Stress lavorativo	16
Stress in ambienti <i>indoor</i>	17
Capitolo II	22
Il Comfort negli ambienti <i>indoor</i>	22
Effetto degli spazi verdi	22
Visual Comfort	29
Illuminazione naturale	30
Illuminazione artificiale	31
Comfort termico	32
Comfort acustico	33
Qualità dell'aria	34
Tecniche per migliorare l'ambiente domestico	36
Hygge	36
Lagom	37
Feng Shui	38
Wabi-sabi e Ikigai	40
Cromaticità	42
Cromoterapia	42
Capitolo III	45
Analisi del design	45
Casa rigenerativa	45
Architettura Rigenerativa	45
Bullit Center	46
Sumu Yakushima Regenerative Residence	47
Ricehouse	49
Design Sostenibile e Design Rigenerativo	52

Living Building Challenge.....	55
Biophilic Design	57
Introduzione alla Biofilia	57
Biophilic Design	60
Esprimere il <i>biophilic design</i> negli interni.....	71
Colore, Pattern e Texture	71
Illuminazione	72
Suoni	73
Aria	74
Cura delle piante	75
Vantaggi e svantaggi.....	76
Capitolo IV	77
Il progetto di tesi	77
Ambito di progetto.....	77
Concept.....	80
Contesto storico sulle piante da interno	80
Contesto storico sul terrarium.....	84
Come funziona un terrarium	87
Target.....	90
Casi studio.....	91
THE EDEN, TERRALIVING, 2021	91
OASIS Terrarium, ATOM ENGINEERING, 2024	92
Terrarium DIY, Dremel	92
MONITREE, PLTRIS, 2022.....	93
biOrb AIR, OASE, 2019	94
SANCTUARY TEMPERATE, BOTANICA, 2016	95
Confronto tra i casi studio	95
Personas	97
Linee guida.....	100
Progetto.....	101
Descrizione	102
KŌYA	103
Contenuto.....	106
Storyboard d'uso	107
NIWA.....	108
Contenuto.....	112

Storyboard d'uso	113
Tecnologie.....	114
Packaging.....	116
Materiali e processi di produzione	118
Costi.....	121
Capitolo V	122
Conclusioni	122
Ringraziamenti	124
Riferimenti bibliografici	125

Introduzione

Il naturale bisogno delle persone di perseguire il proprio benessere spesso non trova un'adeguata risposta nel contesto sociale odierno, in cui, sempre più, tendono ad essere valorizzati l'individualismo e la realizzazione personale. Il dover sottostare, in ambito lavorativo, a ritmi frenetici che inevitabilmente si ripercuotono anche nella sfera domestica, genera degli stati di stress più o meno intensi. La capacità delle persone di resistere a queste condizioni di vita non è infinita: situazioni di stress intenso con più agenti stressogeni in simultanea o il prolungarsi nel tempo delle stesse, possono trasformarsi in condizioni patologiche legate a disturbi cardiovascolari, indebolimento del sistema immunitario finanche a problemi di salute mentale. La diffusione di pratiche di lavoro remoto, per cui le persone finiscono per non uscire più dalle loro abitazioni, e strutture, come case e uffici, non adatte a supportare il benessere psico-fisico, non migliorano certamente una situazione già compromessa.

La ricerca di benessere negli spazi interni è diventata così un tema di crescente interesse in una società che ha bisogno di ritrovare equilibrio e serenità. Fattori come la presenza di verde, la ricerca di un corretto equilibrio tra illuminazione naturale ed artificiale ed un giusto livello di comfort termoigrometrico concorrono nel realizzare un ambiente confortevole. In particolar modo, diversi studi hanno evidenziato come la natura giochi un ruolo importante nel mantenere il benessere delle persone. Tuttavia, la vita in città non permette un contatto quotidiano con la natura: aree verdi limitate e poca comprensione degli effetti benefici su umore e salute che introdurre il verde negli spazi domestici e lavorativi comporta, fanno sì che tutte le patologie stress-correlate, come ansia, depressione, insonnia e disturbi cardiovascolari, siano sempre più diffuse.

Questa tesi si pone l'obiettivo di esplorare le soluzioni già presenti, così come alcune delle pratiche e filosofie più famose volte all'ottimizzazione degli spazi abitativi per indurre serenità e benessere. Il tutto per poi concentrarsi su come il design possa trasformare gli ambienti interni in spazi che favoriscano la salute mentale e fisica delle persone. In special modo, l'accento viene posto sul *biophilic design*, un approccio che, basandosi sull'innato amore dell'uomo per la natura, si propone di integrare la natura stessa nell'ambiente antropico per stimolare sensazioni di benessere.

A partire dalla pandemia di COVID 19, è emersa una crescente sensibilità verso le tematiche ambientali e la sostenibilità; questa spesso si è tradotta in un aumento del numero di appassionati di giardinaggio. Inserendosi in questo ambito ed esprimendo i principi del *biophilic design*, il progetto presentato con questa tesi vuole proporre un possibile modo per mitigare lo stress attraverso la coltivazione di piante in un terrarium. In particolare, il progetto si articola in due modelli, uno chiuso, destinato a piante tropicali, ed uno aperto, per piante succulente. L'integrazione di un sensore e di un app per smartphone mira a facilitare la gestione delle piante, anche da parte di utenti con limitata esperienza. Il risultato è un prodotto facilmente accessibile, che permette di portare un pezzo di natura negli spazi chiusi, promuovendo al contempo il benessere degli utenti ed una maggiore consapevolezza ambientale.

L'elaborato è suddiviso in quattro capitoli. Il primo, partendo dall'evoluzione del concetto di casa attraverso la storia, presenta, attraverso l'analisi di dati statistici, gli effetti sulla salute che l'aumento del tempo trascorso in casa e lo stress possono provocare. Il secondo capitolo si propone di esplorare i vari elementi e le tecniche che possono contribuire al benessere negli spazi chiusi. Il terzo capitolo presenta la risposta del design alla crescente necessità di creare ambienti chiusi salubri e rigenerativi sia per le persone sia per l'ambiente stesso. Infine, il quarto e ultimo capitolo propone l'analisi dell'ambito del progetto, un excursus storico legato alle pratiche di giardinaggio dall'antichità ad oggi, per poi trattare nel dettaglio della proposta di questa tesi.

Capitolo I

Evoluzione del concetto di casa nella storia

L'idea di "casa" e di "benessere" al suo interno è profondamente radicata nella storia dell'umanità; questi si sono trasformati radicalmente a seconda delle epoche, influenzati da fattori socio-economici, culturali e tecnologici.

Nell'epoca primitiva, le prime forme di abitazione, come le caverne o le capanne, erano essenzialmente concepite come luogo di rifugio e protezione dagli elementi e dai pericoli naturali [1]. Le prime abitazioni, principalmente tende e capanne, costruite con materiali rudimentali e facilmente trasportabili, rispondevano all'esigenza di seguire le migrazioni in cerca di cibo. Con la nascita delle prime comunità stanziali, emersero però nuove esigenze legate alla necessità di difendersi (da animali selvatici e da altre tribù) e di creare spazi più stabili. Le palafitte, costruite sulle sponde di laghi o fiumi, rappresentano un esempio significativo di questa transizione legata al cambiamento delle esigenze [1].

Con l'avvento delle prime grandi civiltà, come quelle egizia, greca e romana, le abitazioni, non avevano più solamente una funzione pratica di rifugio, ma iniziarono ad essere considerate come luoghi di benessere e ad assumere diversi significati. In particolare, queste divennero simboli di status dei padroni, esprimendone la ricchezza e il potere assunto nella società. Un esempio caratteristico è rappresentato infatti dalle *domus* romane, vere e proprie ville per i nobili, in cui le dimensioni, le opere d'arte, gli arredi e le decorazioni diventavano indicatori del rango sociale di chi le abitava. In questo senso, queste ville non erano solo un luogo privato, ma anche un centro di vita sociale: infatti, solitamente venivano utilizzate per organizzare banchetti, feste e riunioni con sale da pranzo, giardini e portici che diventavano spazi dedicati all'aggregazione e alla socializzazione. Discorso diverso per gli abitanti più poveri, che abitavano in strutture alte fino a cinque o sei piani, chiamate *insule*, realizzate in mattoni e calcestruzzo, dove al piano terra di queste spesso vi si potevano trovare negozi e botteghe artigianali [2]. Antesignane dei palazzi moderni, queste *insule* erano, tuttavia, degli edifici privi di acqua corrente e fognature, spesso sovrappopolati [1].

Durante il Medioevo, il concetto di benessere domestico era fortemente limitato dalle condizioni economiche e politiche instabili. In questo senso, le case medievali, sia dei popolani sia i castelli nobiliari, rappresentavano un luogo intrinsecamente legato alla sopravvivenza e alla comunità. Queste non erano solo luoghi dove vivere, ma veri e propri centri di produzione con numerose attività vitali per la sopravvivenza e il benessere della famiglia. L'agricoltura era una pratica comune: infatti, molte abitazioni disponevano di piccoli appezzamenti di terreno in cui coltivare ed allevare animali. Di fatto, gli spazi erano spesso condivisi con animali da cortile e organizzati per massimizzarne l'utilizzo.

Con l'avvento del Rinascimento, si assiste a una rinascita dell'interesse per l'individuo e per il piacere estetico. L'arte e la cultura ripresero ad influenzare gli spazi domestici che venivano così intesi come luoghi di bellezza e riflessione intellettuale. Nei periodi barocco e rococò, si pone ancor più accento su questi concetti, in special modo per le ricche dimore dei nobili o dei commercianti più facoltosi. Gli interni esprimono tutta la ricchezza dei loro padroni, con decorazioni intricate e arredi sontuosi propri di questi periodi. Il concetto di benessere risulta quindi associato prettamente al lusso e alla magnificenza, riflettendo il potere e la ricchezza dei proprietari.

L'avvento dell'industrializzazione, a partire dalla seconda metà del 1700, portò grandi innovazioni sia dal punto di vista tecnico sia culturale. Si verificò un'enorme crescita della richiesta di alloggi,

specialmente nelle grandi città industriali (ad esempio Londra), che portò alla nascita di veri e propri quartieri operai che divennero nel tempo le attuali case popolari, costruite su più piani, senza cura dell'estetica e caratterizzate da numerosi appartamenti tutti uguali [1].

Con il XX secolo, si ebbero profonde trasformazioni nella vita quotidiana e nell'organizzazione degli spazi domestici con il benessere che si lega profondamente al comfort e alla praticità delle stanze, anche grazie all'introduzione di elettrodomestici e dispositivi tecnologici che semplificarono notevolmente la vita quotidiana, restituendo tempo da dedicare alla ricerca del proprio benessere.

Al giorno d'oggi e nel prossimo futuro, le case sono progettate per essere non solo esteticamente gradevoli ma anche funzionali e rispettose dell'ambiente. In questo senso ([3]), si adottano criteri che ne permettono l'efficienza energetica e la sostenibilità, utilizzando tecnologie avanzate come pannelli solari e sistemi *smart* di gestione dell'energia per ridurre i consumi. Si vede inoltre un'architettura maggiormente orientata al benessere, con materiali non tossici e spazi che favoriscono la salute fisica e mentale, ma anche un utilizzo pervasivo della tecnologia. Nei prossimi anni, tecnologie come l'intelligenza artificiale renderanno le case più *smart* e interattive, ottimizzando il comfort e l'efficienza, contribuendo a trasformare gli spazi secondo le esigenze e le preferenze personali dei suoi occupanti [3].

Analisi sullo stress in casa e al lavoro

L'analisi del rapporto tra individuo e ambiente domestico sta assumendo una rilevanza crescente nel panorama degli studi contemporanei, in particolare alla luce delle trasformazioni socio-economiche e tecnologiche che hanno caratterizzato gli ultimi decenni. La progressiva centralità dell'abitazione nella vita quotidiana, accentuata da fenomeni quali il lavoro da remoto e l'aumento del tempo libero trascorso in casa, pone nuove sfide in termini di benessere e qualità della vita.

Di seguito, viene presentata, attraverso l'analisi di dati statistici, la situazione legata all'aumento del tempo trascorso in casa, per poi concentrarsi sulle cause e sugli effetti portati dallo stress in ambito domestico e lavorativo.

Analisi su tempo trascorso in casa

Negli ultimi anni, il numero di persone che trascorre la maggior parte della propria giornata in un ambiente chiuso, sia per lavoro sia durante il proprio tempo libero è aumentato notevolmente. Il termine *Indoor Generation* ha acquisito una crescente rilevanza per descrivere questa drammatica situazione che è emersa da un'indagine online commissionata da Velux su un campione di più di 16000 persone tra Europa e Nord America [4]. I risultati mostrano come gli intervistati sottostimino quanto tempo trascorrono realmente al chiuso: infatti, i dati indicano come l'82% degli intervistati riteneva di trascorrere meno di 21 ore al giorno al chiuso, e il 62% addirittura meno di 18 ore. Tuttavia, emerge che la reale percentuale di tempo trascorso in ambienti chiusi raggiunge in media il 90% della giornata, equivalenti a circa 22 ore al giorno. Appare evidente come questo forte divario tra percezione e realtà metta in luce una scarsa consapevolezza del fenomeno.

Questo stile di vita, però, esercita un impatto significativo sulla salute umana in termini di qualità dell'aria respirata, la quale, infatti, in assenza di un'adeguata ventilazione, può risultare molto più inquinata dell'aria esterna. Questo eccesso di inquinamento è attribuibile alla presenza di sostanze chimiche nell'aria, tra cui composti organici volatili (COV), polveri, muffe e batteri. Le conseguenze di questa esposizione prolungata a ambienti malsani sono molteplici e comprendono (*Figura 1.1*), tra le altre, un aumento del rischio di malattie respiratorie come l'asma, stimato in un incremento del 40% circa, e un'alterazione dei ritmi circadiani con impatti negativi sull'umore e sulle prestazioni cognitive [4].

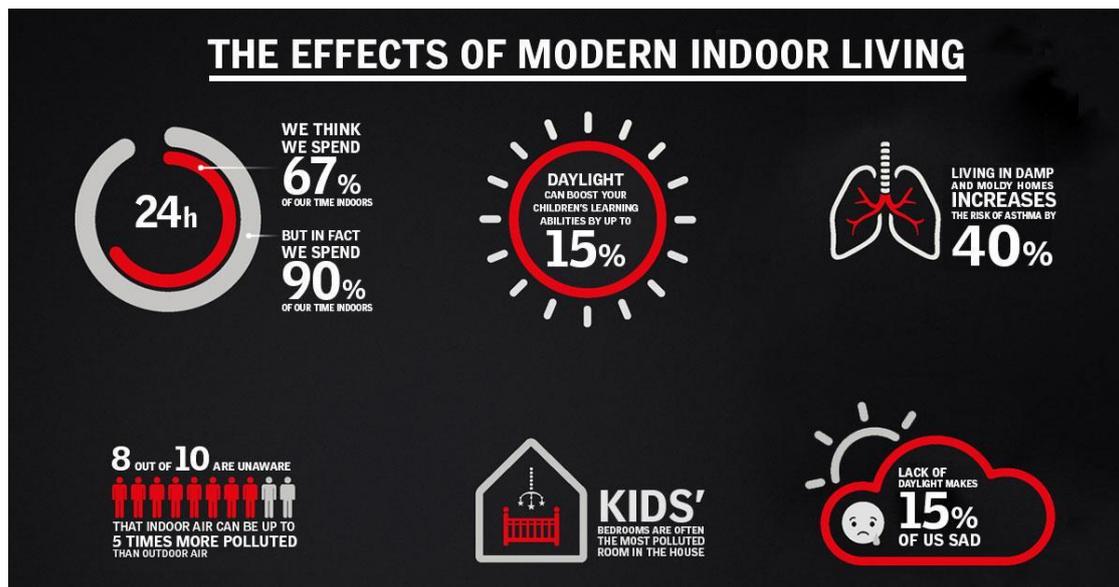


Figura 1.1 Gli effetti del vivere in spazi chiusi [5]

Oltre agli effetti fisiologici, la permanenza prolungata in ambienti chiusi esercita un impatto significativo anche sul benessere psicologico. In particolare, si stima che una limitata esposizione alla luce naturale influenzi negativamente l'umore e possa ostacolare l'apprendimento dei bambini, in quanto tale esposizione risulta stimolante sia sul piano fisiologico sia su quello psicologico. L'effetto benefico portato da un maggior tempo passato alla luce solare è quantificato in un aumento del 15% delle capacità di apprendimento dei bambini [5]. In aggiunta, la limitata esposizione alla luce solare comporterebbe anche il verificarsi di disturbi legati alla depressione: in [6] è emerso che circa il 15% della popolazione mondiale soffre di diversi livelli di *Seasonal Affective Disorder* (SAD), anche conosciuta come "depressione invernale". Il SAD viene indicato come un sottotipo di disturbo dell'umore caratterizzato da episodi depressivi ricorrenti con andamento stagionale, con esordio nel periodo tardo-autunnale o invernale, e attenuazione in primavera o in estate. I sintomi del SAD, concettualizzati nel 1984 da Rosenthal, includono, oltre ai sintomi depressivi classici, anche caratteristiche atipiche come sonnolenza, eccessiva alimentazione, desiderio di carboidrati e significativo affaticamento [7].

La pandemia di COVID-19 ha certamente contribuito al peggioramento del benessere psico-fisico della popolazione, già influenzato negativamente dalla necessità di trascorrere la maggior parte della giornata in ambienti chiusi. Le misure restrittive imposte dai diversi lockdown, infatti, hanno aggravato i sintomi associati a tale condizione, accentuando le problematiche preesistenti e generando nuove sfide per il benessere individuale e collettivo.

Nel 2020, è stato condotto un sondaggio online che ha esaminato 2.392 cinesi, senza nessun precedente di problemi psicologici, rimasti a casa per i lockdown nel Regno Unito e in Cina. I risultati hanno mostrato che, durante il periodo di permanenza a casa, il 60,11% ha sperimentato depressione, il 53,09% ha sperimentato disturbi del sonno, il 46,91% con irritabilità e il 48,2% con diminuzione della libido. Il 76,12% degli individui intervistati presentava disturbi del sonno e circadiani. Quasi l'80% delle persone svolgeva attività al chiuso per meno di 30 minuti al giorno e l'82,02% non svolgeva affatto attività all'aperto. Infine, circa il 30% delle persone, essendo single, rimaneva privo di supporto sociale [8].

Secondo i dati raccolti dall'*American Time Use Survey* (ATUS), indagine sull'uso della quantità di tempo che le persone trascorrono in varie attività, tra cui lavoro, tempo libero, assistenza all'infanzia e attività domestiche (Figura 1.2), nel 2020, negli Stati Uniti, circa il 62% delle persone ha speso il proprio tempo di veglia a casa contro al solo 50% circa speso nell'anno 2019. Dalla seguente ripartizione suddivisa per attività, si evince che nei giorni feriali, ad eccezione delle attività domestiche

che già si svolgevano prevalentemente in casa, è stato registrato un aumento in tutte le categorie. Pertanto il lavoro da remoto, svolto nelle proprie abitazioni, è aumentato del 142% mentre l'istruzione da casa è più che raddoppiata [9].

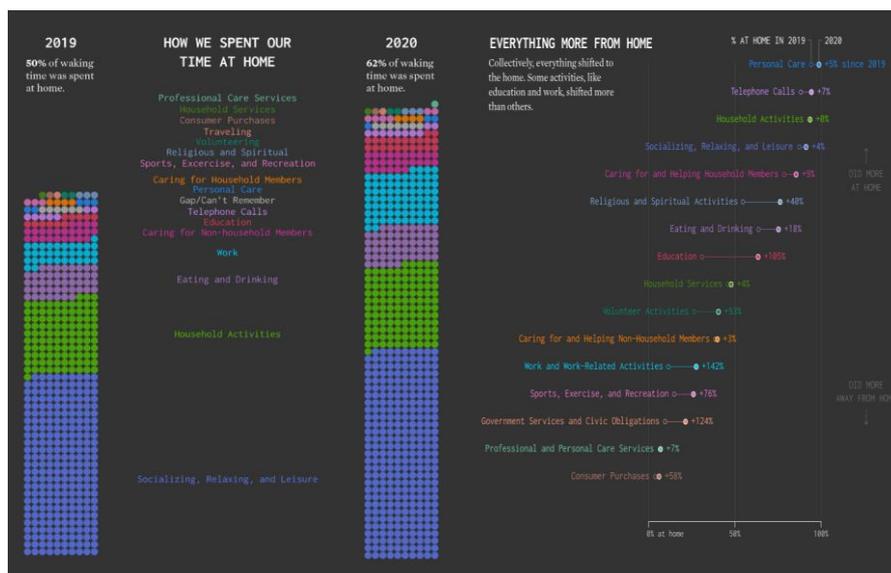


Figura 1.2 Tempo speso a casa a confronto nell'anno 2019 e 2020 [9]

In [10], dai dati dell'ATUS è stata analizzata la variazione del tempo medio trascorso in casa negli Stati Uniti (Figura 1.3). I risultati mostrano come, nel periodo 2003-2022, il tempo trascorso a casa è aumentato di 1 ora e 39 minuti al giorno, ovvero del 10%, incremento questo a cui la pandemia ha contribuito a far crescere esponenzialmente [10]. Tuttavia, secondo gli autori in [10], questo trend non è da imputare completamente alla pandemia: i dati, infatti, evidenziano come, già nel periodo 2003-2019, la quota di tempo di lavoro da remoto era aumentata dal 13% al 17%. Inoltre, sebbene si sia verificato un decremento parziale rispetto al 2020, anche nel 2021 e nel 2022 il tempo medio trascorso tra le mura domestiche è rimasto significativamente superiore ai livelli pre-pandemici del 2019. Questo suggerisce che la pandemia non ha semplicemente creato una parentesi temporanea, ma ha accelerato un cambiamento culturale già in atto. Fattori quali la crescente diffusione del lavoro a distanza e l'evoluzione delle tecnologie digitali hanno contribuito al consolidamento di questa tendenza.

Variazione dal 2003 del tempo medio trascorso a casa

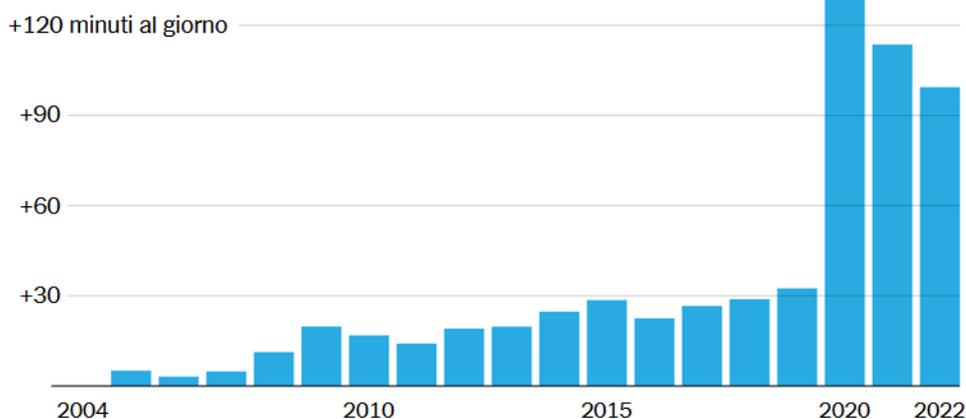


Figura 1.3 Variazione del tempo medio trascorso a casa dal 2003 al 2022

Altre analisi, in [10], condotte sulla frequenza con cui le attività vengono svolte al di fuori del contesto domestico (Figura 1.4) hanno rilevato che, a partire dal 2022, il tempo che gli americani una volta trascorrevano al di fuori della propria abitazione per partecipare a varie attività, quali l'istruzione, il mangiare e il bere, si è spostato all'interno delle mura domestiche [10].

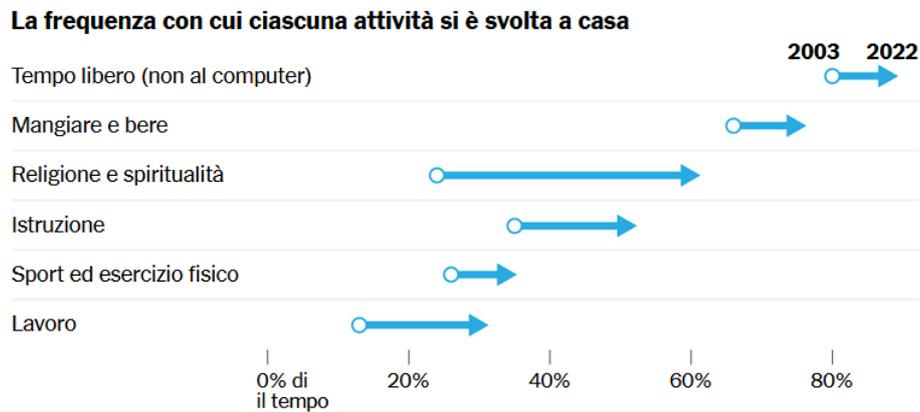


Figura 1.4 Analisi della frequenza con cui le attività sono state svolte in casa (periodo 2003-2022) [10]

Questa tendenza all'aumento del tempo trascorso in casa si inserisce perfettamente in un contesto più ampio di trasformazioni sociali che, dopo il periodo pandemico, ha favorito maggiormente l'isolamento individuale. In questo senso, sempre più persone, specialmente giovani, tendono a preferire l'isolamento: in [11], infatti, si evidenzia come i maggiori incrementi di tempo trascorso in casa sono nella fascia d'età 15-34 anni. In particolare, l'analisi condotta in [11] (Figura 1.5) mostra come ogni ora in più trascorsa a casa è associata ad un aumento di 7.4 minuti di tempo trascorso in famiglia, una diminuzione di 5.0 minuti trascorsi con gli amici, e un aumento di 21.0 minuti trascorsi da soli. Questo aumento viene spiegato come una combinazione di due fattori: da una parte, un cambiamento delle attività svolte e, dall'altra, uno spostamento del luogo in cui queste attività vengono svolte.

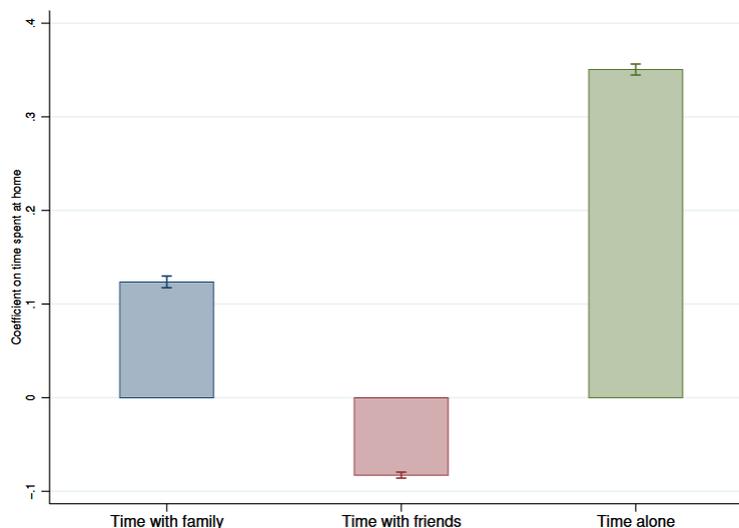


Figura 1.5 Associazione tra tempo trascorso a casa con la famiglia, con gli amici, e da soli [11]

Questa tendenza ad un maggior isolamento, in parte riconducibile all'ampio utilizzo delle tecnologie digitali, che spesso sostituiscono le interazioni dal vivo con quelle virtuali, solleva preoccupazioni per il benessere psicologico di questa fascia d'età. Nonostante trascorre del tempo da soli possa avere anche effetti benefici, legati alla possibilità di autoregolazione emotiva e relax, condizioni di isolamento

prolungato sono da associare ad un aumento del rischio di sviluppare disturbi come depressione e ansia, con conseguenze negative anche per la salute fisica.

L'impatto dei lockdown pandemici, caratterizzati da cambiamenti socio-economici, alterazioni delle abitudini di vita, restrizioni delle interazioni sociali e limitazioni delle attività ricreative e sportive, ha comportato un'evidente crescita dell'incidenza di problematiche psicofisiche. In tale contesto, in [12] si mostrano i risultati di un'indagine condotta dal Politecnico di Milano e dall'Università di Genova durante il periodo di massime chiusure (primavera 2020). Questa mostra come una rilevante parte del campione abbia sofferto di sintomi quali ansia, depressione e insonnia. In particolare, il 25% ha ammesso di aver sofferto di sintomi ansiosi significativi, il 12% di sintomi depressivi moderati o severi, l'8% di insonnia moderata o severa.

Questi sintomi depressivi marcati possono anche essere correlati alla qualità dell'ambiente domestico [12]: stanze con limitato comfort visivo perché prive di illuminazione naturale, oppure assenza di comfort acustico e limitata qualità dell'aria, a cui si può aggiungere la quasi assenza di verde sia *indoor* sia all'esterno, concorrono nell'aggravamento di tutta la sintomatologia evidenziata. Inoltre, le dimensioni delle abitazioni sembrano influire su questa correlazione, soprattutto nei casi di bassa qualità ambientale: secondo un'altra indagine condotta nel corso del primo lockdown in Italia, è emerso che una percentuale maggiore di individui ha manifestato sintomi depressivi da moderati a severi (rispetto a chi non ne ha avuti) in abitazioni di piccole-medie dimensioni [13].

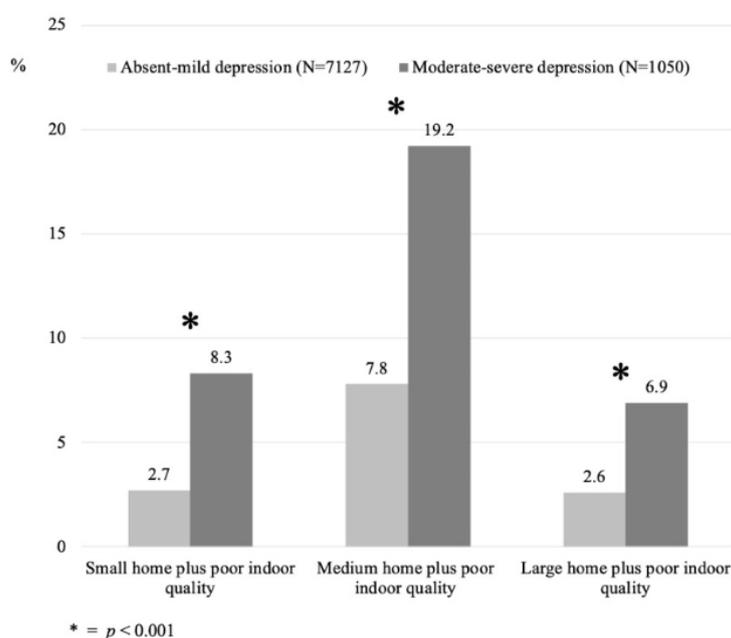


Figura 1.6 Frequenza di sintomatologia depressiva a seconda della dimensione delle abitazioni con bassa qualità ambientale [13]

Sebbene il trascorrere tempo negli ambienti domestici possa rilassare e, in questo senso, l'aumento della cultura del lavoro da casa abbia offerto vantaggi in termini di conciliazione tra lavoro e famiglia, è fondamentale non sottovalutare l'impatto sul benessere psico-fisico che deriva dal trascorrere tante ore in contesti domestici non adatti con bassi livelli comfort e di qualità dell'ambiente. La permanenza prolungata all'interno dell'ambiente domestico, sebbene inizialmente percepita come una fonte di sicurezza e comfort, può paradossalmente sfociare in uno stato di stress psicologico. Questo comporta una conseguente alterazione degli equilibri psico-fisici con serie implicazioni per la salute.

Lo stress

L'esperienza dei lockdown pandemici ha evidenziato come la permanenza prolungata in ambiente domestico possa indurre, anche dopo pochi giorni, un senso di disagio o depressione. Tale fenomeno, tuttavia, non è rimasto circoscritto al contesto emergenziale: la limitazione dell'accesso al mondo esterno, intrinseca alla condizione di permanenza domestica prolungata, comporta una riduzione della varietà delle proprie esperienze, con il conseguente aumento dello stress e, su lunghi periodi, rischio di patologie psicologiche più gravi, come la depressione.

Il biologo austriaco Hans Selye, noto per le sue ricerche sullo stress, definisce lo stress come “una risposta generale aspecifica a qualsiasi richiesta proveniente dall'ambiente” [14]. Inoltre, lo stress viene indicato da Selye come uno stato fisiologico normale, “associabile all'espressione di tutte le nostre pulsioni innate” [14]. Secondo le teorie di Selye, citate in [15], ogni individuo possiede un proprio livello di resistenza variabile per fronteggiare gli stimoli esterni. Tuttavia, l'intensità degli agenti stressanti, così come l'azione di più agenti contemporaneamente, o un prolungamento nel tempo di queste condizioni, possono intaccare facilmente questa resistenza.

Lo stress è attribuibile agli “agenti stressanti”, noti anche come *stressori* (Figura 1.7), che possono indurre comportamenti disadattivi e condizioni di malessere, contribuendo a disturbi cardiovascolari, indebolimento del sistema immunitario e problemi di salute mentale. Come indicato in [16], anche pensieri ed emozioni concorrono a reazioni di stress, non solo le situazioni oggettive: le persone sottoposte a stress non sono semplici vittime di tale condizione, ma sono piuttosto il risultato di una complessa interazione tra la valutazione primaria degli eventi stressanti, le risorse disponibili per fronteggiarlo e le alternative di azione. I sintomi dello stress possono manifestarsi in diverse forme, tra cui disturbi fisici, mentali, emotivi e comportamentali.



Figura 1.7 Agenti stressanti detti “stressori” determinano lo stress delle persone [16]

All'interno dell'ambiente domestico, le attività svolte esercitano un'influenza significativa sul livello di stress percepito. Nonostante la pandemia abbia evidenziato un aumento del desiderio di dedicarsi alle proprie passioni in casa, con una maggiore flessibilità tra lavoro e vita privata, la sovrapposizione tra lo spazio lavorativo e lo spazio domestico, per chi lavora da remoto, rende difficile tracciare una netta separazione tra i due aspetti della vita individuale. La sovrapposizione di questi due ambiti può

comportare un aumento del carico di lavoro percepito, difficoltà a riposarsi e, di conseguenza, un incremento dello stress. Similmente, la sedentarietà, favorita dalla permanenza prolungata in casa, può avere ripercussioni negative sulla salute fisica e mentale, contribuendo anch'essa all'aumento dei livelli di stress.

Stress lavorativo

Gli effetti dello stress lavorativo possono manifestarsi in diverse forme, tra cui burnout, riduzione della motivazione, diminuzione della soddisfazione lavorativa, ma anche problemi di salute fisica e mentale. Come sottolinea l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) in [17], il burnout è diventato un fenomeno così pervasivo nel mondo del lavoro da essere ora incluso nell'undicesima revisione della classificazione internazionale delle malattie (ICD-11) come fenomeno della sfera lavorativa. Tale condizione è definita come una sindrome risultante da uno stress cronico sul luogo di lavoro che non è stato adeguatamente gestito. Questa si manifesta attraverso tre dimensioni principali:

- sensazioni di esaurimento o di stanchezza;
- aumento della distanza mentale dal lavoro, o sentimenti di negativismo;
- riduzione dell'efficacia professionale.

I dipendenti che sperimentano uno stress eccessivo possono diventare emotivamente esausti, portando a una mancanza di motivazione che può influenzare negativamente la cultura aziendale. Quando le persone non sono motivate a lavorare e ottengono poca soddisfazione dal proprio lavoro, ciò può danneggiare le prestazioni lavorative e creare un ambiente stressante per tutti.

Durante il periodo della pandemia, si sono verificati ingenti cambiamenti che hanno profondamente alterato le abitudini sociali delle persone. Anche il mondo del lavoro ha subito un impatto significativo, sia dal punto di vista economico sia nelle sue modalità di svolgimento, con l'emergere del lavoro da remoto. Nonostante i suoi benefici oggettivi, si è osservato un aumento del 20% dei casi di burnout, con due terzi di lavoratori che manifestano i sintomi di questo disturbo [18]. A peggiorare le cose, in [18] si cita anche un aumento medio da una a tre ore delle ore di lavoro per coloro che lavorano da casa, oltre ad un aumento generale della propria reperibilità al di fuori dall'orario di lavoro. Se ne consegue che, l'impossibilità di fatto di dedicare la giusta quantità di tempo per le proprie passioni porta ad un aumento dello stress con conseguente aumento del rischio di burnout.

Nel mondo del lavoro, inoltre, non esiste una vera e propria cultura della salute mentale dei lavoratori e spesso capita di dover affrontare questi disturbi senza un adeguato supporto. I dati (Figura 1.8) riportati in [19] mostrano una tendenza drammatica: solo nel 2019, una popolazione di 280 milioni di lavoratori ha vissuto situazioni di depressione e, più in generale, ben il 15% su un campione globale ha mostrato i sintomi di un disordine mentale. L'impatto economico che ha la salute mentale dei lavoratori è spesso trascurata; tuttavia, ha un suo peso. Secondo i dati in [19], infatti, all'incirca 12 miliardi di ore di lavoro sono perse ogni anno a causa di sintomi legati ad ansia e depressione sul posto di lavoro, con un costo totale stimato in un trilardo di dollari.

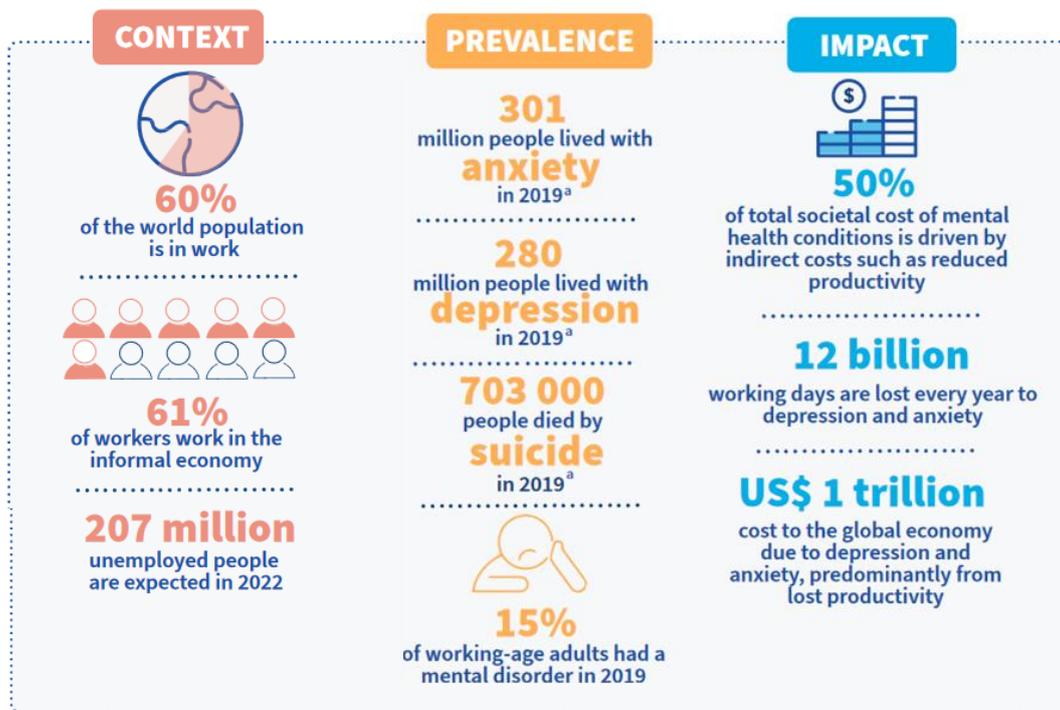


Figura 1.8 Schema della salute mentale in ambito lavorativo [19]

La comprensione delle dinamiche che conducono allo stress lavoro-correlato e al burnout, unitamente all'implementazione di strategie di prevenzione e intervento efficaci, si configura dunque come un imperativo per garantire il benessere dei lavoratori e la sostenibilità delle attività produttive.

Stress in ambienti *indoor*

Gli ambienti *indoor* rappresentano tutti quegli spazi chiusi in cui, tipicamente, le persone soggiornano, trascorrono il proprio tempo libero o quello lavorativo. Questi ambienti, a dispetto di quanto si possa credere, non sono immuni all'inquinamento atmosferico che ormai sempre più attanaglia le zone densamente popolate. Inoltre, le persone, trascorrendo la maggior parte del loro tempo in questi spazi confinati, risultano parimenti esposte a tutte le sorgenti di inquinamento presenti all'esterno. Lo studio degli effetti legati alla contaminazione dell'aria negli ambienti chiusi ha mostrato come questi sono numerosi: oltre ad un disagio sensoriale, si potrebbero innescare o aggravare patologie preesistenti [20], in particolar modo, quelle di tipo respiratorio, ma anche cefalee, affaticamento e difficoltà di concentrazione. Questi, inevitabilmente, possono aggravare stati ansiosi e depressivi già presenti e compromettere la qualità del sonno. In aggiunta, si evidenziano due patologie tipiche associate all'inquinamento negli spazi chiusi [20]:

- la *Sick Building Syndrome* (SBS), condizione caratterizzata da sintomi aspecifici ma ripetitivi, associati alla percezione di una qualità dell'aria inadeguata rispetto alle aspettative individuali di benessere.
- la *Building Related Illness* (BRI), una serie di patologie per le quali è possibile stabilire una diretta correlazione con la permanenza all'interno di un edificio, e per le quali si conosce lo specifico agente eziologico responsabile.

La composizione dell'aria all'interno degli edifici può essere considerata simile a quella esterna con l'unica differenza legata alla quantità e al tipo di contaminanti. Negli ambienti *indoor*, le fonti principali di contaminanti sono [21]:

- i materiali da costruzione;
- gli impianti di riscaldamento e condizionamento;
- gli arredi;
- i rivestimenti (pitture murali, vernici, pavimenti etc.);
- prodotti per la manutenzione e la pulizia (detersivi, insetticidi etc.);
- l'utilizzo degli spazi ed il tipo di attività che vi si svolge.

Un altro fattore di stress da considerare è legato all'illuminazione degli spazi. Molte persone passano le ore principali della giornata in ambienti *indoor* per motivi lavorativi, sia in ufficio sia a casa. Tuttavia, può capitare che gli spazi non siano progettati adeguatamente per garantire una corretta combinazione tra illuminazione naturale ed artificiale. L'importanza della luce naturale è principalmente legata al mantenimento del ritmo circadiano. Questo è un processo naturale che si manifesta nell'arco della giornata. Negli esseri umani, i ritmi circadiani corrispondono a schemi approssimativi di 24 ore che il corpo e il cervello seguono, determinando cambiamenti negli stati fisici e mentali, nonché variazioni di umore e comportamento. Il ciclo sonno-veglia rappresenta uno dei ritmi circadiani più noti per cui si tende a sperimentare la stanchezza durante le ore notturne e, viceversa, uno stato di veglia, durante le ore diurne [22].

In [23] si attribuisce alla carenza di luce naturale o all'esposizione a luci artificiali non idonee al momento sbagliato della giornata la causa di una serie di disturbi del sonno, quali insonnia o eccessiva sonnolenza durante il giorno, in quanto una scorretta esposizione alla luce interferirebbe con i ritmi circadiani. Inoltre, questi disturbi sono associati ad un aumento del rischio di malattie quali la depressione e la demenza. L'utilizzo di una luce bianca intensa durante le ore serali e notturne, infatti, può interferire con la produzione dell'ormone della melatonina, il quale riveste un ruolo cruciale nel processo di recupero notturno e nella qualità del sonno [23].

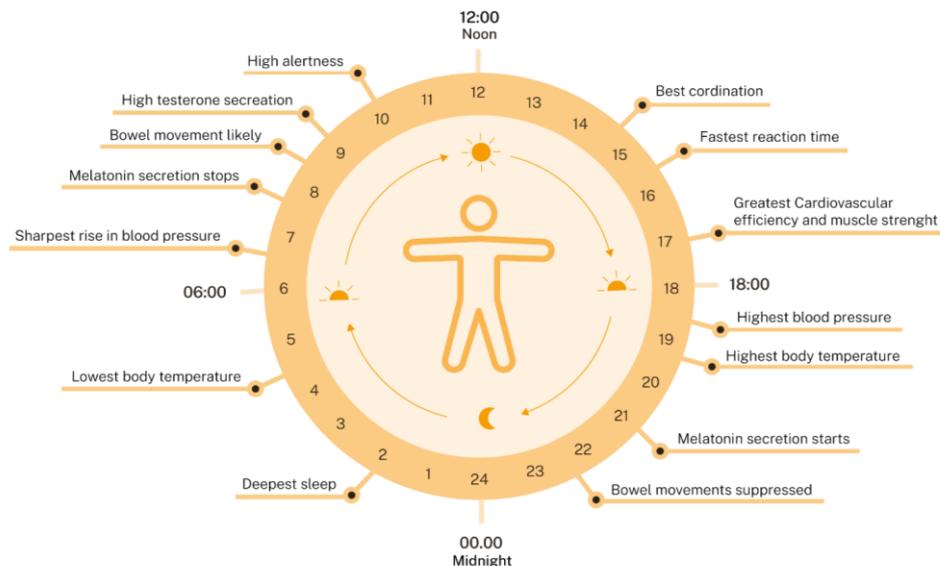


Figura 1.9 Rappresentazione schematica dei ritmi circadiani [23]

Un altro fattore rilevante di stress che è possibile sperimentare negli ambienti chiusi è legato alle condizioni termoigrometriche. In condizioni ideali, la temperatura interna degli esseri umani rimane

costante a circa 36.7 °C; questa situazione viene detta di *omeotermia* [24]. L'essere umano, per sua natura, possiede un sistema di regolazione della temperatura che è in grado di mantenere costante la temperatura interna del corpo a dispetto di condizioni microclimatiche anche molto diverse [24]. Nel momento in cui le condizioni termoigrometriche diventano molto sfavorevoli, sia per alti o bassi livelli di temperatura in relazione all'umidità relativa, il corpo entra in stress termico, in quanto entrano in gioco i meccanismi di termoregolazione. In ogni caso, gli uffici e le case, sono ambienti non soggetti al rischio di stress termico, in quanto le condizioni microclimatiche sono omogenee e poco variabili. Tuttavia, a causa della crescente frequenza di ondate di calore estive legate all'intensificarsi del cambiamento climatico, capita sempre più frequente che il microclima non sia adeguato. Questo, inevitabilmente, può provocare disagio e stress, che si ripercuotono in un'alterazione della percezione del benessere psico-fisico, con conseguente peggioramento delle performance lavorative [25]. Comunemente, si osserva una riduzione dei livelli di attenzione, accompagnata ad un aumento di stress e irritabilità.

L'inquinamento acustico è diventato ormai un problema pervasivo della società moderna che incide fortemente sulla salute e il benessere psico-fisico delle persone. Vivere in città densamente popolate, ormai, fa sì che le persone siano costantemente "bombardate" da rumori molesti, in particolar modo legati a situazioni esterne, quali il traffico o attività lavorative (es. cantieri stradali, ecc.) poste in prossimità di abitazioni e uffici. Anche all'interno degli edifici è possibile sperimentare situazioni in cui il rumore, come quello degli impianti o il semplice vociare in un ufficio, può provocare stress.

Il rumore è una manifestazione di un suono che, per sua natura, è indesiderato e fastidioso. In generale, il suono si caratterizza per il tono, l'ampiezza e il timbro, mentre dal punto di vista psicologico, è associato generalmente alla sua desiderabilità, prevedibilità, episodicità, significato e al controllo sulla sua sorgente [27]. Essendo causa di fastidio, appare chiaro come la sua frequenza, l'intensità, così come l'assenza di controllo su esso possano diventare fattori scatenanti per lo stress. In questi casi, si può parlare di inquinamento acustico, in quanto provoca un graduale deterioramento della qualità della vita dei soggetti esposti.

Secondo la normativa italiana (legge quadro 447/95 art. 2), l'inquinamento acustico viene definito come "l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo e alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi" [28].

Lo stress da rumore si manifesta attraverso il fastidio, un sintomo psicologico che, seppur temporaneo, ha effetti immediati sul piano cognitivo, emotivo e comportamentale, riducendo la capacità delle persone di interagire con l'ambiente circostante [27]. Dal punto di vista fisiologico, invece, l'esposizione prolungata a rumori di alta intensità può indurre, nell'organismo, la secrezione di ormoni quali il cortisolo, responsabile della sensazione di stress. Tale risposta, se protratta nel tempo, può contribuire allo sviluppo di una serie di sintomi correlati allo stress, quali i disturbi del sonno, che si manifestano con difficoltà ad addormentarsi e bassa qualità del sonno, irritabilità, ansia e difficoltà di concentrazione [26]. In aggiunta, si possono avere impatti negativi sulla salute cardiovascolare, aumentando la pressione sanguigna e il rischio di sviluppare malattie cardiache. Due studi mostrano questa correlazione [29]. Nel primo, i ricercatori del Gesundheit Nord Clinic Group di Brema hanno analizzato 430 casi di infarto in pazienti privi di altri fattori di rischio noti, scoprendo come queste persone vivessero prevalentemente nelle zone molto più rumorose della città. Nel secondo, condotto da ricercatori francesi dell'Università della Borgogna, si ha evidenziato come, un aumento di 10 dB di rumore notturno, rispetto ai 49 dB considerati come "moderati", comportava un incremento del 25% nel rischio di evento cardiovascolare, indipendentemente da altri fattori di rischio.

Visti i numerosi effetti negativi associati allo stress, risulta evidente che la sua mitigazione costituisca un aspetto di primaria importanza per l'architettura e il design degli ambienti chiusi. Ideare e

implementare opportune strategie di design risulta di primaria importanza; l'analisi dei meccanismi e delle cause scatenanti lo stress, sia domestico sia lavorativo, deve guidare designer ed architetti nella realizzazione di ambienti che possano essere percepiti come spazi di supporto e benessere, capaci di promuovere il proprio equilibrio psicofisico.

Capitolo II

Il Comfort negli ambienti *indoor*

Il concetto di benessere domestico e la sua ricerca negli spazi domestici, e non, ha acquisito una rilevanza sempre maggiore nel corso degli ultimi anni, diventando un tema di crescente interesse. In un'epoca di ritmi frenetici e forte stress, la casa diventa un elemento fondamentale per ritrovare equilibrio e serenità.

Di seguito, si esplorano i vari elementi che possono contribuire al benessere domestico, analizzando come fattori quali la presenza di spazi verdi, il comfort visivo, termico, acustico possano influenzare positivamente la salute fisica e mentale degli occupanti. Inoltre, verrà esaminato il ruolo cruciale della luce e della ventilazione nell'assicurare un ambiente sano e confortevole.

Effetto degli spazi verdi

La presenza di alberi e altri elementi della natura ha un'azione rilevante sulla salute degli occupanti. Infatti, il vivere in campagna o in prossimità di un'area verde esercita un effetto rilassante e benefico sulla psiche oltre ad un'azione protettiva verso malattie cardiovascolari e respiratorie, dolori muscolari, ansia e depressione. È soprattutto il benessere psicologico a trarre i maggiori vantaggi in quanto permette di ridurre le emozioni negative e recuperare le energie da un affaticamento generato dall'eccessiva stimolazione di tutti i nostri sensi [30].

Studi scientifici rivelano come i fitoncidi, molecole rilasciate dalle piante, e il contatto con specifici microrganismi presenti nel suolo, giochino un ruolo fondamentale nel determinare questi benefici per la salute, in quanto agiscono direttamente sul sistema immunitario. I fitoncidi sono delle sostanze biologicamente attive di origine vegetale che uccidono o inibiscono la crescita e lo sviluppo di batteri, funghi microscopici e protozoi [31]. Il termine, che letteralmente significa “ucciso dalle piante”, deriva dalla combinazione di *phyton* (termine greco per indicare le piante) e “cide”, cioè “uccidere” (dal latino *caedere*). Il concetto di *fitoncide* ebbe origine nel 1928 dal Dr. Boris P. Tokin, un biochimico russo che condusse esperimenti che dimostrarono come alcune sostanze aromatiche delle piante potessero distruggere batteri e funghi. In generale, queste sostanze sono contenute all'interno di sacche secretorie delle foglie e prodotte da alberi resinosi come le latifoglie, cedro, pino, eucalipto, betulla e pioppo [32]. Tuttavia, le concentrazioni atmosferiche di fitoncidi nelle foreste possono risultare molto basse e comunque variano a seconda di molti fattori, come la stagione, il clima e la composizione delle specie vegetali della foresta [33].

I fitoncidi rivestono un ruolo importante per il sistema immunitario delle piante e per le relazioni tra gli organismi all'interno di un ecosistema, in quanto contribuiscono a ridurre il numero di microrganismi dannosi, proteggendo così le piante dal loro effetto [31]. Alcuni fitoncidi colpiscono solo gli insetti che si nutrono della pianta, agendo sul suo sistema nervoso autonomo, mentre altri prendono di mira principalmente i microbi. La potenza antimicrobica e la gamma di fitoncidi variano notevolmente tra le specie e possono uccidere molti tipi di protozoi, batteri, funghi e insetti in brevissimo tempo o impiegare ore impedendo persino la riproduzione [31]; inoltre svolgono una funzione attrattiva nei confronti di insetti e altri agenti impollinatori [34].

Nell'uomo, tali composti organici possono accumularsi nel sangue e nei tessuti attivando una serie di risposte nell'organismo. Sono dotati di attività antiossidanti e antinfiammatorie, nonché rilassanti (ansiolitiche e antidepressive) e benefiche per i processi cognitivi [35]. Rilasciate come oli essenziali dalla corteccia o dalle foglie, agiscono come una sorta di aromaterapia naturale, attivando il sistema nervoso parasimpatico contribuendo ad effetti rigenerativi e di rilassamento [36]. Inoltre, respirando queste sostanze durante un'escursione in una foresta, si ha rilevato un aumento stabile del numero di cellule *Natural Killer* (NK) (*Figura 2.1*); queste sono specifiche cellule (*linfociti*) del sistema immunitario umano deputate al riconoscimento e all'uccisione delle cellule tumorali o di quelle infette da virus [37].

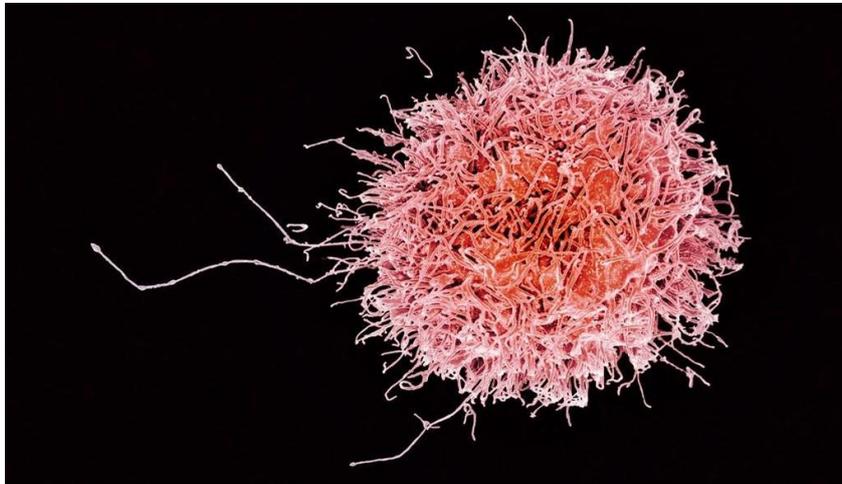


Figura 2.1 Vista al microscopio elettronico a scansione (SEM) di un globulo bianco detto *Natural Killer* (NK) con colorazione artificiale [38]

Alla base dei fitoncidi ci sono i *terpeni*, molecole organiche responsabili dei loro effetti benefici. I principali terpeni riscontrabili nei fitoncidi (*Figura 2.2*) sono [39]:

- il *D-limonene*, responsabile dell'odore caratteristico degli agrumi;
- l'*alfa-pinene*, il terpene più diffuso in natura, noto per l'aroma fresco e resinoso che ricorda il pino;
- il *beta-pinene*, dall'aroma leggermente più delicato di quello dell'alfa pinene;
- il *canfene*, dal profumo pungente, speziato e canforato.

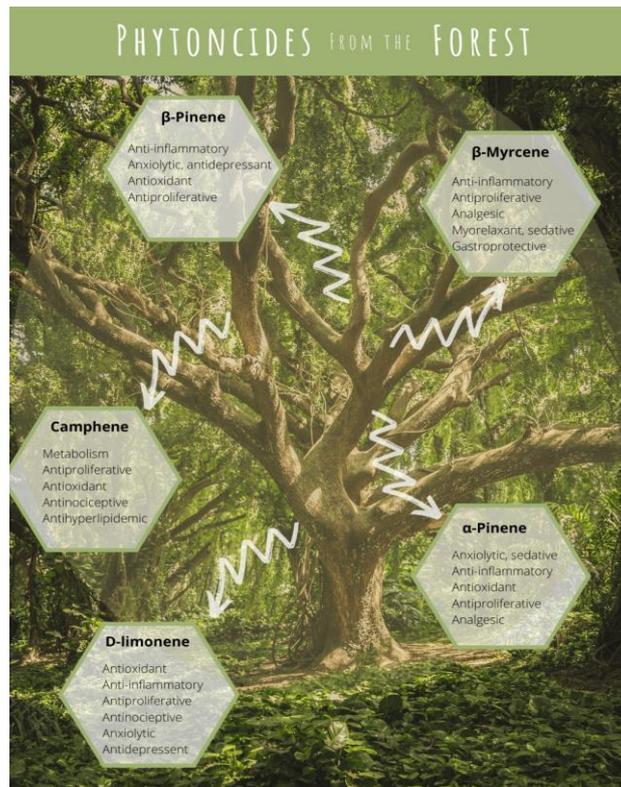


Figura 2.2 Diagramma schematico per la sintesi dei composti terpenici emessi dalle piante [39]

L'interazione diretta con l'ambiente naturale, ricco di fitoncidi, produce numerosi effetti benefici sia a livello psicologico sia contribuendo a rafforzare le difese immunitarie. Pratiche come il *forest-bathing* diventano efficaci strumenti terapeutici, non solo mezzi per garantire un'esperienza sensoriale rilassante.

Lo *Shinrin-yoku*, letteralmente “bagno nella foresta”, è un'espressione giapponese composta dalle parole *Shinrin* (che significa “foresta”) e *yoku* “bagno”. Questa venne coniata nel 1982 dall'allora Ministro dell'Agricoltura, delle Foreste e della Pesca del Giappone Tomohide Akiyama. Grazie agli studi che ne dimostravano gli effetti benefici, Akiyama ha sviluppato questa pratica nell'ambito di un programma nazionale promosso dall'Agenzia Forestale del Giappone, con l'obiettivo di aiutare la popolazione nipponica ad affrontare i disturbi legati allo stress metropolitano e, al tempo stesso, proteggere le foreste [40]. Lo scopo del programma, in risposta alla crescente urbanizzazione e ai progressi tecnologici del Giappone, era quello di invogliare la popolazione giapponese a riconnettersi con la natura e allo stesso tempo a tutelarla.

I benefici legati a questa pratica sono numerosi ed attribuibili all'effetto prodotto dai fitoncidi. Passare del tempo nelle foreste, infatti, porta ad una riduzione dei livelli di cortisolo, dell'attività cerebrale prefrontale e della pressione sanguigna. Si tratta quindi di una pratica di connessione con la natura in grado di promuovere la salute aumentando il benessere e favorendo il rilassamento del sistema nervoso [41].



Figura 2.3 Camminata all'interno della foresta di bambù Arashiyama, Kyoto [40]

Basandosi sulle prime scoperte degli effetti del forest-bathing, la ricerca in Giappone progredì e nel 2012 venne istituita la *medicina forestale* intesa come scienza interdisciplinare, rientrante nelle categorie della medicina ambientale e preventiva, che studia gli effetti degli ambienti forestali sulla salute umana [42]. Dagli studi di Li (2023) legati agli effetti dello stress e della natura, si è potuto verificare quello che succede a livello cellulare nel cervello di persone stressate e quali siano i benefici della pratica del forest bathing. Quando le persone sperimentano stress, tensione e ansia, il cervello genera cortisolo, il cosiddetto “ormone dello stress”; questo induce un disturbo del sistema nervoso autonomo con la conseguente soppressione della funzione immunitaria. Una risposta immunitaria soppressa si ripercuote sul sistema nervoso autonomo cosa che comporta un'ulteriore amplificazione della risposta allo stress (*Figura 2.4 A*). Sempre secondo Li (2023), la pratica del *forest-bathing* indurrebbe il cervello delle persone a rilassarsi, il che risulta nella soppressione della secrezione di cortisolo e in una funzione immunitaria potenziata. Tutto questo si ripercuote sul sistema nervoso autonomo per ridurre ulteriormente la risposta allo stress (*Figura 2.5 B*).

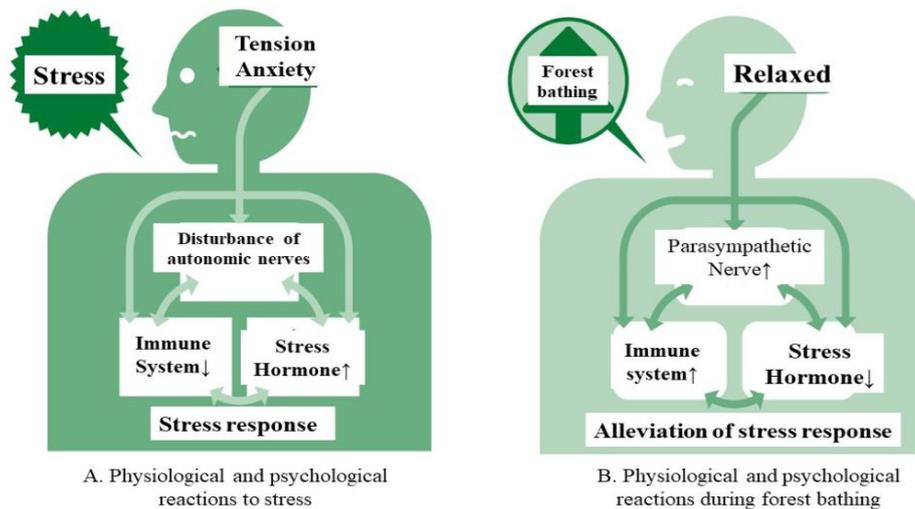


Figura 2.4 Feedback tra sistema nervoso, sistema endocrino e sistema immunitario sulle reazioni fisiologiche e psicologiche allo stress (A) e in seguito al forest bathing (B) [42]

Seppur i benefici di pratiche legate al contatto con la natura siano molto efficaci, di fatto, la maggior parte della popolazione mondiale non ha accesso ai vantaggi offerti dalla natura in quanto vive in aree urbane. Nonostante questo, è comunque possibile beneficiarne anche solo attingendo a ciò che i nostri cinque sensi possono esperenziare; come indicato in [43], si hanno:

- **Vista:** le persone che hanno la possibilità di osservare un paesaggio naturale dalle finestre di casa o degli uffici riferiscono di provare una maggior felicità, di avere più autostima, di provare meno solitudine e depressione. Ciò è legato alla diminuzione dell'attività nella corteccia prefrontale, una zona essenziale nella vita moderna, perché responsabile dell'attenzione, del ragionamento e della pianificazione. Al suo posto, si attivano altre aree più profonde del cervello, preposte alla regolazione delle emozioni e responsabili di sensazioni legate al piacere e al benessere.
- **Suono:** i suoni naturali come il canto degli uccelli, il fruscio della brezza sulle fronde degli alberi, favoriscono il rilassamento.
- **Olfatto:** pur non essendo il nostro senso più forte, la sua associazione con le nostre emozioni è potente. Percepire profumi naturali, come quelli delle piante in fiore, ispirano calma e migliorano l'umore.
- **Gusto:** le persone che coltivano il proprio cibo non solo traggono beneficio dalle proprie coltivazioni, ma tendono anche a sentirsi più sicure di sé, più felici e più consapevoli della propria identità.
- **Tatto:** esperienze come il sedersi su un prato in un parco cittadino, sentire la consistenza cartacea di una foglia secca tra le mani o la delicatezza dei petali di un fiore, tendono a favorire fortemente la sensazione di connessione con la natura.



Figura 2.5 Effetti benefici della salute nello stare immersi nella natura [34]

Visti i notevoli benefici psico-fisici che l'accesso alla natura può portare, risulta essenziale curare il design delle città per assicurare le migliori condizioni di vita possibili. La presenza di alberi e altri elementi di natura urbana, persino di un semplice affaccio su un parco da casa, ha infatti un'azione rilevante sulla salute degli abitanti. In [44] si cita una ricerca olandese che rafforza questo concetto: dal risultato dell'indagine, condotta su un campione di quasi 350000 persone, risulta che vivere a meno di un chilometro da un'area verde offrirebbe un effetto protettivo nei confronti di numerose malattie, tra cui quelle cardiovascolari, respiratorie, i dolori muscolari e, in particolare, disturbi come l'ansia e la depressione. Inoltre, il contatto regolare con la natura favorirebbe l'assorbimento della vitamina D e migliorerebbe la qualità del sonno, contribuendo così al rafforzamento del sistema immunitario.

I benefici della presenza della natura nel contesto urbano si ripercuotono anche a livello economico: se tipicamente le abitazioni vicine a parchi e giardini tendono ad avere un valore maggiore sul mercato immobiliare, in [30] si indica anche come nelle aree commerciali alberate i clienti tendono a spendere di più e a tornare più spesso, poiché si sentono rilassati e soddisfatti. Inoltre, il verde migliora la concentrazione alla guida, riducendo ansia e frustrazione e abbassando i livelli di aggressività tra gli automobilisti.

Al giorno d'oggi, le caratteristiche rigeneranti degli ambienti naturali vengono sempre più studiate da architetti e urbanisti e cominciano a essere integrate nelle progettazioni di nuovi spazi. Questo trend si basa sulla presenza pervasiva di zone verdi sia a livello locale, con piccoli progetti, sia su una scala maggiore, tipicamente offerta da parchi e riserve naturali urbane. Per garantire l'accesso ai vantaggi offerti dalla presenza della natura, è inoltre necessario che queste aree siano integrate nel tessuto strutturale delle città, adeguatamente distribuite e mantenute in modo soddisfacente [30].

Progetti di questo tipo esistono già: Singapore rappresenta l'emblema dell'integrazione tra natura e presenza antropica. Questa, seppur caratterizzata da un'altissima densità abitativa e dalla mancanza cronica di spazi, ha destinato metà della sua superficie a zone verdi, talvolta lasciate volontariamente allo stato naturale [30].



Figura 2.6 Alberi artificiali del Bay South Garden di Singapore [30]

Un altro esempio di progettazione urbana integrata nella natura è offerto dalla *Forest City* di Shijiazhuang, progetto di città di nuova generazione, ideata dall'architetto italiano Stefano Boeri [45]. Il progetto urbanistico si distingue per la sua compattezza e l'abbondanza di aree verdi, caratterizzate dalla presenza di edifici di varie altezze, denominati "Vertical Forest", inseriti in un ambiente naturale ricco di alberi, arbusti e piante fiorite. Ogni edificio rappresenta un ecosistema verticale completo, con la capacità di assorbire anidride carbonica, produrre ossigeno e migliorare la qualità dell'aria. Allo stesso tempo, si garantisce diversità biologica, grazie alla presenza di numerose vegetali ed animali, e minimo impatto ambientale, in quanto progettata per essere energeticamente efficiente.



Figura 2.7 Progetto della Forest City dello studio Stefano Boeri [45]

I benefici legati ad una presenza pervasiva della natura nelle nostre città possono essere replicati anche negli ambienti chiusi. Abitazioni ed uffici dotati di piante verdi mostrano un miglioramento di tutti gli aspetti legati all'umore degli occupanti e alla qualità dell'aria. Infatti, le piante, attraverso il processo di fotosintesi, che assorbe CO₂ per rilasciare ossigeno, contribuiscono a rendere l'ambiente più fresco e respirabile, riducendo sintomi associati a problemi respiratori e allergie. Allo stesso modo, possono influire positivamente sul benessere psicologico degli individui con una riduzione dello stress, dell'ansia e dell'affaticamento mentale.

Visual Comfort

Il *visual comfort* è un concetto che si riferisce alla qualità dell'ambiente visivo in termini di illuminazione e condizioni visive che garantiscono agli occupanti una visione senza sforzo, affaticamento o disagio; questo è sicuramente cruciale sia negli ambienti di lavoro sia in quelli domestici per garantire benessere e produttività. Può essere anche descritto come la sensazione di soddisfazione e di benessere che una persona prova in relazione alla propria esperienza visiva in un ambiente, interno ed esterno [46].

In [47] si indica come fattori socio-culturali possano influenzare la percezione degli ambienti luminosi interni. Le differenze nella sensibilità alla luce tra le popolazioni sono attribuibili a fattori quali condizioni di vita e comportamenti culturali. La variabilità della sensibilità alla luce tra le diverse popolazioni evidenzia la necessità di considerare tali sfumature nel processo di progettazione dell'illuminazione. Ne consegue che la realizzazione del comfort visivo richiede un approccio integrato che consideri non solo gli aspetti fisiologici, ma anche quelli sociali e psicologici, in quanto interconnessi e influenzati reciprocamente. L'aspetto psicologico e soggettivo rientra, infatti, in diverse definizioni di comfort visivo: secondo gli standard britannici, questo è definito come uno stato soggettivo di benessere influenzato dall'ambiente luminoso, mentre secondo altre definizioni, si tratterebbe di uno stato mentale di soddisfazione per l'ambiente visivo, comunque troppo soggettivo da poterne derivare un metodo di misurazione accettato a livello globale [47].

In ogni caso, il comfort visivo è strettamente correlato alla luce e alla sua interazione con lo spazio architettonico, che a sua volta è influenzato dalle proprietà dei materiali impiegati e dal tipo di arredamento all'interno delle abitazioni. Tutti questi aspetti hanno un impatto significativo sulle reazioni soggettive degli occupanti alla quantità e qualità della luce. In particolare, il comfort visivo deve essere studiato in base all'uso che se ne farà dell'ambiente: l'insieme delle condizioni di illuminazione in un dato spazio, che comprende sia la luce naturale sia le fonti di luce artificiale (in termini di intensità della luce, distribuzione e temperatura) deve soddisfare le esigenze degli utenti e garantire il loro benessere. Infine, l'illuminazione influisce notevolmente sulla percezione estetica, sull'atmosfera e sulla funzionalità dell'intera stanza.

Sia l'illuminazione naturale sia quella artificiale concorrono al miglioramento del comfort visivo. La luce naturale risulta essenziale durante il giorno, in quanto conferisce precisione e qualità estetica, mentre l'illuminazione artificiale rimane indispensabile per dare risalto alle zone più buie. Tuttavia, è importante considerare che l'illuminazione artificiale presenta potenziali svantaggi, tra cui il rischio di danni alla retina derivanti dall'eccessiva esposizione alla componente di luce blu emessa dai LED bianchi [48].

Illuminazione naturale

L'illuminazione naturale rappresenta il tipo di illuminazione che ha origine dal Sole. In particolare, la luce naturale è composta da [49]:

- una componente diretta, che provenendo direttamente dal Sole, varia la sua posizione secondo il moto del Sole durante la giornata;
- una componente diffusa, dovuta alla dispersione della radiazione solare causata dalle numerose riflessioni con le particelle di vapore acqueo e il particolato in sospensione nell'atmosfera.

L'illuminazione naturale presenta numerosi benefici sia per la salute umana sia per l'ambiente. L'esposizione alla luce naturale influisce positivamente sul benessere psicologico, contribuendo a ridurre i sintomi di depressione e ansia. Inoltre, permette di regolare il ritmo circadiano, promuovendo un ciclo sonno-veglia sano che si ripercuote in una migliore qualità del sonno. In aggiunta, se preferita a quella artificiale negli uffici, si favorisce un ambiente di lavoro meno stressante per gli occhi, soprattutto per impieghi che necessitano di trascorrere molte ore davanti ad uno schermo. Dal punto di vista ambientale ed economico, preferire la luce naturale a quella artificiale permette di ridurre i costi energetici, riducendo allo stesso tempo l'impatto sull'ambiente; risulta quindi un'opzione molto vantaggiosa per l'illuminazione degli ambienti interni.

È possibile attribuire ad un ambiente chiuso una valutazione che indica il livello di illuminazione naturale; questo sfrutta un parametro fondamentale, il *FLDm*, ovvero il *fattore di luce diurna medio*. In [49] viene definito come il rapporto tra l'illuminamento misurato su una superficie orizzontale interna, derivante dalla luce diffusa dal cielo, e l'illuminamento registrato su una superficie orizzontale esterna, generato dall'irraggiamento solare diretto. Secondo il Decreto ministeriale Sanità (5 luglio 1975), dove si indica la normativa legata all'ampiezza delle finestre, questo fattore non deve essere inferiore al 2% [50]. Come linea generale, per garantire un'adeguata illuminazione naturale negli ambienti interni, l'area della fonte luminosa dovrebbe corrispondere a circa il 10-12% di quella del pavimento della stanza [49].

In ambito europeo, invece, lo standard EN17037 stabilisce quali criteri dovrebbero essere soddisfatti per garantire il giusto livello di illuminazione, misurato in *lux* (*lx*), con luce diurna naturale in una stanza: “*illuminazione di 300 lux oltre il 50% dello spazio durante più della metà delle ore diurna e l'illuminazione di 100 lux per il 100% di spazio più della metà delle ore diurna*” [51].

La progettazione degli interni deve necessariamente tener conto degli aspetti di illuminazione naturale per garantire il maggior comfort visivo possibile per gli occupanti. Variabili come la posizione e l'orientamento dell'edificio, la presenza di ostacoli che possono creare zone di ombreggiamento sulle finestre, nonché il rapporto tra le dimensioni delle finestre e il pavimento, sono determinanti per raggiungere un equilibrio ottimale di illuminazione naturale. Diventa quindi fondamentale valutare la relazione tra le aperture e lo spazio interno, espressa mediante il *Window-to-Floor Ratio* (WFR) [51]. Questo fattore consente di determinare il numero di aperture che si rivelano efficaci in ciascun ambiente del progetto. Il fattore in questione può altresì influenzare aspetti quali le dimensioni, la posizione e il tipo di vetrate. Inoltre, il valore del WFR deve essere moltiplicato per il valore della trasmissione della luce visibile del vetro scelto (VLT), al fine di garantire che il design si mantenga all'interno delle soglie che garantiscano determinati livelli effettivi di comfort visivo (tipicamente superiori a 0.15) [51].

L'impiego dell'illuminazione naturale, favorita dall'esposizione solare, rappresenta una caratteristica altamente desiderabile in un ambiente domestico, in quanto conferisce agli spazi interni un maggiore senso di accoglienza e attrazione. Tuttavia, è fondamentale considerare che l'intensità della luce naturale varia significativamente durante le diverse ore del giorno e che i raggi solari devono essere opportunamente filtrati, se necessario, per evitare che rimbalzino su superfici riflettenti, come specchi e altri arredi, e causino fenomeni di abbagliamento [46]. Questo aspetto assume particolare rilevanza nel contesto dello smart working, così come negli uffici, dove la necessità di prevenire l'affaticamento visivo, sia per effetto dello schermo sia della luce, diventa fondamentale.

Illuminazione artificiale

L'illuminazione artificiale riveste un ruolo importante nel design moderno, in quanto permette di definire sia l'estetica sia la funzionalità degli spazi chiusi. La sua evoluzione tecnologica, dalla lampada a incandescenza alle luci a LED, ha aperto nuove frontiere espressive e prestazionali, offrendo ai designer di interni un'ampia gamma di soluzioni per modulare la luce e creare atmosfere suggestive.

Questo tipo di illuminazione si basa su una varietà di tecnologie ognuna con le proprie caratteristiche e specifiche applicazioni [52]:

- Le lampadine a incandescenza, impiegate fino a qualche anno fa negli ambienti domestici, generano una luce calda e gradevole, tuttavia presentano un'efficienza energetica modesta e una vita utile limitata, aspetti questi che ne hanno determinato la rimozione dal mercato in favore di soluzioni più efficienti.
- Le lampade fluorescenti compatte impiegano un gas che viene ionizzato all'interno del bulbo da una scarica elettrica, provocando l'emissione di luce attraverso un rivestimento fluorescente. Tali dispositivi si rivelano più efficienti delle lampadine a incandescenza e presentano una durata superiore.
- Le luci a LED, che rappresentano la soluzione maggiormente diffusa al giorno d'oggi nell'ambito dell'illuminazione di interni, sono notevolmente efficienti dal punto di vista energetico e presentano una lunga vita utile. Inoltre, sono disponibili in una vasta gamma di temperature di colore e intensità.
- Le lampadine alogene, una versione avanzata delle lampadine a incandescenza, contengono un gas alogeno che aumenta l'efficienza e la durata del filamento di tungsteno, producendo una luce brillante e chiara che garantisce una resa cromatica caratterizzata da colori più naturali.

Tra i benefici indiscutibili dell'illuminazione artificiale nel contesto del design contemporaneo, emerge la sua capacità di offrire un'ampia flessibilità progettuale. A differenza della luce naturale, che è vincolata al ciclo solare e alla presenza di finestre ed altre aperture architettoniche, la luce artificiale può essere controllata in termini di intensità, colore, direzione e distribuzione. Questo consente di enfatizzare dettagli architettonici, creare contrasti chiaroscurali e di personalizzare l'esperienza percettiva degli ambienti. La maggiore versatilità di utilizzo si traduce in una maggiore libertà creativa per gli architetti e i designer, che possono modellare la luce per rispondere a specifiche esigenze funzionali ed estetiche. Questo aspetto è particolarmente evidente nell'illuminazione a LED, dove la possibilità di regolare la temperatura della luce, consente la creazione di scenari luminosi dinamici, adattabili alle diverse attività e ai ritmi circadiani. Inoltre, l'elevata efficienza energetica delle soluzioni a LED rappresenta un ulteriore vantaggio, rendendole la scelta principale nel campo del design dell'illuminazione. L'integrazione di sistemi di controllo intelligenti, quali sensori di presenza e dimmer, permette un'ulteriore ottimizzazione dei consumi energetici e una personalizzazione in base alle preferenze individuali. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dalla capacità di compensare la carenza di luce naturale, soprattutto in ambienti interni particolarmente bui, ma soprattutto durante le ore notturne. Un'illuminazione artificiale progettata adeguatamente può quindi migliorare il comfort visivo e, di conseguenza, il benessere psicofisico delle persone.

La luce artificiale progettata per gli ambienti interni deve soddisfare caratteristiche specifiche in base al tipo di ambiente o spazio che si intende illuminare. Come indicato in [53], la progettazione dell'illuminazione artificiale si fonda essenzialmente sulla corretta collocazione delle sorgenti luminose e sulla tonalità delle stesse. In linea generale, le luci fredde sono efficaci nel promuovere la concentrazione, risultando particolarmente adatte agli ambienti destinati allo studio o al lavoro. Al

contrario, una luce più calda risulta più adatta per l'illuminazione degli ambienti residenziali, come il salotto o la camera da letto, in quanto non affaticando eccessivamente la vista, favorisce il rilassamento.

Il calore delle luci riveste un ruolo di notevole importanza, in quanto consente di “colorare” e dare forma e profondità alle stanze, contribuendo così a creare un'atmosfera che influisce direttamente sulle sensazioni di chi interagisce con l'ambiente [53].

A fronte di tanti punti a favore, l'impiego dell'illuminazione artificiale presenta anche svantaggi non trascurabili. La progettazione illuminotecnica è un aspetto molto delicato: infatti design delle luci inadeguati possono causare affaticamento visivo e alterazione dei ritmi circadiani, con possibili ripercussioni negative sulla salute e sul benessere delle persone. Inoltre, l'esposizione prolungata a determinate lunghezze d'onda della luce artificiale, in particolare la luce blu emessa da dispositivi LED, come gli schermi degli smartphone, inibisce la produzione di melatonina, ormone rilasciato nelle ore serali e che favorisce il sonno [54]. Un ulteriore aspetto di notevole rilevanza concerne l'impatto ambientale associato al consumo energetico dell'illuminazione artificiale. Nonostante le nuove tecnologie, come i LED, abbiano ridotto in modo significativo i consumi rispetto alle sorgenti tradizionali, è fondamentale promuovere un utilizzo consapevole ed efficiente dell'energia, privilegiando soluzioni a basso impatto ambientale e sistemi di controllo intelligenti. Inoltre, la produzione e lo smaltimento delle lampade e degli apparecchi di illuminazione generano comunque inquinamento e consumo di risorse.

Comfort termico

Il comfort termico rappresenta un altro degli aspetti fondamentali di cui il design moderno degli interni deve tener conto per garantire il benessere e la produttività degli occupanti. Questo viene definito come una condizione mentale di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico: in tale condizione, il soggetto non avverte sensazioni né di caldo né di freddo [55].

Il comfort termico non è solamente il mantenimento di una temperatura ambiente entro determinati limiti, ma la creazione di un microclima interno che tenga in considerazione una complessa interazione di fattori ambientali e fisiologici. In particolare, specifiche grandezze di natura oggettiva e soggettiva concorrono nella definizione del benessere termico in un ambiente chiuso [55]:

- grandezze termo-igrometriche: includono la velocità dell'aria, l'umidità relativa, la temperatura dell'aria e quella media radiante, quest'ultima che considera anche l'effetto dell'irraggiamento solare. Le temperature influenzano direttamente la sensazione termica, mentre l'umidità relativa modifica la sudorazione e la velocità dell'aria favorisce la dissipazione del calore. Queste variabili influenzano significativamente la percezione del comfort termico da parte degli occupanti; di conseguenza, le strategie orientate al suo miglioramento devono necessariamente focalizzarsi su questi aspetti.
- variabili soggettive: rappresentate dal metabolismo dell'organismo e dall'abbigliamento indossato. Tipicamente, i valori da considerare per queste ultime variabili derivano da specifiche tabelle descritte nelle varie norme UNI EN ISO.

Siccome entrambe le due tipologie di parametri influiscono nella determinazione del comfort termico, sono stati definiti degli indici empirici di valutazione sulla base di analisi di tipo statistico [56]:

- PMV (*Predicted Mean Vote*), che rappresenta il valore medio delle valutazioni soggettive di un gruppo di persone in un dato ambiente. L'indice è valutato secondo una scala di sette punti.
- PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) è un indice che indica la percentuale di persone che si sentono insoddisfatte del comfort termico in un ambiente.

Tra i principali vantaggi derivanti da un'attenta progettazione del comfort termico, spicca il miglioramento del benessere e della salute. Un ambiente termicamente confortevole previene disagi dati da sensazioni di freddo o caldo eccessivi che possono influire negativamente sulla concentrazione, sulle performance lavorative e sulla qualità del sonno. Inoltre, un corretto controllo dell'umidità relativa previene la proliferazione di muffe, migliorando la qualità dell'aria interna e riducendo il rischio di allergie e problemi respiratori.

Un design bioclimatico, che sfrutta le risorse naturali come la luce solare e la ventilazione naturale, può ridurre in modo significativo la dipendenza da sistemi di condizionamento. Adottare tecniche di isolamento termico degli edifici attraverso opportuni materiali a bassa conducibilità termica uniti alla progettazione di sistemi di ventilazione efficienti permettono di mantenere una temperatura interna stabile, riducendo le dispersioni termiche e ottimizzando l'efficienza degli impianti. Questo approccio non solo consente un risparmio economico agli utenti, ma contribuisce anche alla sostenibilità ambientale, riducendo le emissioni di gas serra.

Il raggiungimento del comfort termico presenta, però, anche delle sfide legate in particolare alla difficoltà di ottimizzare contemporaneamente i vari parametri che interagiscono tra loro in modo complesso, unita alla percezione che ogni individuo ha dell'ambiente interno. Questo richiede un approccio progettuale integrato e multidisciplinare che tenga conto delle specifiche esigenze degli utenti e del contesto climatico locale. Inoltre, se da un lato l'automazione e il controllo centralizzato degli impianti di climatizzazione possono garantire un elevato livello di comfort, dall'altro possono comportare costi di installazione e manutenzione elevati. Inoltre, è necessario prevedere un sistema di ventilazione meccanica controllata adeguato per evitare di compromettere il comfort termico. Infine, è importante considerare l'impatto ambientale dei materiali e delle tecnologie impiegati: la produzione e lo smaltimento dei materiali isolanti e dei refrigeranti usati negli impianti di condizionamento può avere un impatto notevole.

L'obiettivo del design degli interni deve essere quindi l'ottimizzazione di questi fattori per garantire una sensazione di benessere termico, minimizzando, al contempo, l'impatto ambientale e i costi energetici.

Comfort acustico

Il comfort acustico viene definito come la condizione psicofisica per cui un individuo, immerso in un campo sonoro, si trova in condizioni di benessere, in relazione all'attività che sta svolgendo [57].

La causa principale del mancato raggiungimento di un ottimale comfort acustico, e il principale fattore da eliminare o contenere, è l'inquinamento acustico. I rumori, in special modo quelli a bassa o ad alta frequenza, sono causa di numerosi disturbi come difficoltà di concentrazione e riduzione dell'attenzione, con conseguente aumento dello stress [57]. In fase di progettazione di qualsiasi ambiente, sia esso domestico o lavorativo, è indispensabile tenere conto di queste problematiche e attuare una serie di accorgimenti adeguati.

Sebbene il comfort acustico sia un elemento molto soggettivo, che varia dalle esigenze e dalla sensibilità personale, è comunque possibile determinare la qualità acustica dell'ambiente attraverso alcuni indici standard che consentono di valutare i diversi aspetti della percezione sonora e, quindi, di sviluppare la progettualità in modo adeguato. Il criterio di valutazione del comfort acustico fa riferimento al concetto di *livello sonoro*, anche denominato *livello di pressione sonora*. Misurato in *decibel*, esso è inteso come l'aumento in scala logaritmica della pressione dell'aria rispetto ad un valore di riferimento di $20 \mu Pa$, considerata la soglia di udibilità per l'uomo [58]. In base alla destinazione d'uso dell'ambiente interno e all'attività che vi si svolge, viene definito un livello sonoro di normale tollerabilità, cioè una soglia massima di rumore ritenuta accettabile perché non provoca disagio all'utente. Il suo superamento comporta inevitabilmente la perdita della condizione di benessere [59].

L'impiego di pannelli fonoassorbenti rappresenta una delle soluzioni più versatili e utilizzate per garantire il comfort acustico. Come indicato in [60], questi sono progettati specificamente per la correzione acustica degli ambienti interni usati durante la vita di tutti i giorni, garantendo prestazioni eccellenti sin dalle medio-basse frequenze tipiche del parlato. Siccome la sicurezza rappresenta un aspetto fondamentale nell'arredamento e nel design d'interni, i pannelli di alta qualità sono realizzati con materiali ecologici e atossici, contribuendo così a garantire un ambiente sano e privo di sostanze nocive. Un ulteriore vantaggio dato dall'adozione di questi pannelli è rappresentato dalla loro capacità di integrarsi armoniosamente con lo stile degli interni preesistente, grazie alla vasta gamma di colori e finiture con cui ad oggi sono disponibili sul mercato. Infatti, se tradizionalmente i materiali fonoassorbenti erano considerati poco attraenti e difficili da integrare nell'arredamento, negli ultimi anni si è assistito ad una notevole evoluzione con la realizzazione di pannelli che si trasformano in elementi decorativi che si integrano armoniosamente con l'architettura e l'arredamento dell'ambiente interno, superando così la loro semplice funzione pratica [60].

Tra le sfide legate all'implementazione di un buon comfort acustico negli ambienti interni si può citare la complessità del fenomeno acustico: la varietà delle sorgenti sonore rendono difficile ottenere un controllo completo. La propagazione del suono, infatti, dipende da molteplici fattori, come la forma e le dimensioni degli spazi, i materiali utilizzati per le superfici, la presenza di arredi e il numero di persone presenti. Questo richiede un approccio progettuale specialistico e l'utilizzo di tecniche di analisi per prevedere e ottimizzare le prestazioni acustiche degli ambienti. Infine, è importante considerare l'aspetto economico legato all'implementazione di soluzioni acustiche efficaci. L'utilizzo di materiali performanti e di tecnologie avanzate può comportare elevati costi di installazione.

Qualità dell'aria

Contrariamente a quanto comunemente ritenuto, la qualità dell'aria interna (*Indoor Air Quality* - IAQ) risulta spesso compromessa a causa della presenza di diverse sorgenti di inquinamento *indoor*, derivanti non solo dalle attività antropiche, ma anche dall'aria esterna stessa che penetra negli edifici.

Secondo la relazione del 2019 sulla qualità dell'aria redatta dell'*Agenzia Europea dell'Ambiente* (AEA) [61], la maggior parte delle persone nelle città europee è esposta a livelli di inquinamento atmosferico considerati nocivi dall'*Organizzazione Mondiale della Sanità*. Il particolato fine (PM2.5), che rappresenta l'inquinante più dannoso, è stato responsabile, secondo le stime, di circa 400.000 morti premature nel solo anno 2014. In aggiunta, oltre a problemi di salute, la qualità dell'aria ha considerevoli ripercussioni a livello economico, comportando un incremento delle spese mediche, una riduzione della produttività e l'inquinamento dell'ambiente naturale. In Europa, i principali responsabili delle emissioni di inquinanti atmosferici sono il trasporto su strada, l'agricoltura, le centrali elettriche, l'industria e i nuclei domestici [61].

Anche se filtrata attraverso un sistema di ventilazione controllata, l'aria negli ambienti interni potrebbe comunque non mantenere la propria qualità nel tempo ed essere contaminata da inquinanti di varia natura, la cui origine può essere sia esterna sia interna. Queste sostanze nocive si suddividono principalmente nelle seguenti categorie [62]:

- di natura biologica, come batteri, funghi, muffe e pollini. L'eccesso di umidità e la mancanza di ventilazione sono i principali responsabili per la creazione delle condizioni perfette per la loro proliferazione. Questi possono causare irritazioni agli occhi, eruzioni cutanee e, in casi estremi, attacchi d'asma.
- di natura chimica, come i composti organici volatili (VOC) o inorganici (biossido e monossido di carbonio, ecc.). Si tratta di gas frequentemente emessi da molti materiali presenti in casa, come vernici, smalti, prodotti per la pulizia e cosmetici, ma anche prodotti dall'uomo stesso, in

quanto, respirando, riduce l'ossigeno contenuto nell'aria e contribuisce alla produzione di anidride carbonica.

La qualità dell'aria è influenzata non solo dalla presenza di inquinanti, ma dipende anche dal tipo di attività svolta, dal numero di occupanti e dai ricambi d'aria.

Di conseguenza, il design degli interni assume un ruolo cruciale nel migliorare la qualità dell'aria che viene respirata negli ambienti chiusi: determinate scelte progettuali, infatti, permettono di ridurre le fonti di inquinamento, contribuendo così a creare ambienti più salubri e confortevoli. Il raggiungimento di questi obiettivi è spesso legato ad una corretta ventilazione degli interni che può essere ottenuta adottando anche soluzioni che abbiano un limitato impatto ambientale: queste si basano sui meccanismi della ventilazione naturale, fenomeno fisico per cui si innesca naturalmente uno scambio d'aria tra l'interno e l'esterno dell'edificio a seguito di differenze di temperatura e pressione.

Esistono specifiche strategie progettuali da adottare per sfruttare questo fenomeno [63]:

- **ventilazione indotta dal vento:** il metodo più semplice in quanto dato dall'apertura di porte e finestre. L'aria che è possibile introdurre dipende dal vento stesso (in termini di pressione e velocità), ma anche da come sono state progettate le aperture (dimensioni e posizione). L'efficacia di questo metodo dipende da quanto più il vento è perpendicolare alle aperture.
- **effetto camino:** l'effetto camino, che si basa sulla legge di Archimede, è il fenomeno per cui una massa d'aria più calda e leggera tende a salire richiamando verso il basso aria più fredda. Questo effetto può essere sfruttato progettando opportunamente gli edifici in modo da avere un "condotto verticale" con una sezione ed altezza adeguati al corretto sviluppo del fenomeno. Questo effetto è ben noto fin dall'antichità: nei paesi arabi, infatti, spesso i palazzi erano dotati delle cosiddette "torri del vento" per poter sfruttare questo fenomeno.

Oltre alla ventilazione, anche l'illuminazione naturale contribuisce al benessere degli ambienti interni. Gli ambienti interni esposti alla luce solare presentano infatti minori livelli di umidità, con conseguente riduzione della proliferazione di muffe e batteri. Pertanto, diventa essenziale progettare gli spazi in modo da massimizzare l'apporto di luce naturale, attraverso ampie finestrate e lucernari. Anche le piante da interno, o un giardino rigoglioso fuori casa, sono aspetti da considerare per il miglioramento dell'IAQ: queste, infatti, attraverso la fotosintesi clorofilliana assorbono alcuni inquinanti, come l'anidride carbonica, e rilasciano ossigeno. Infine, è essenziale una corretta pulizia e manutenzione degli ambienti per ridurre l'accumulo di polvere, acari e altri allergeni.

Tecniche per migliorare l'ambiente domestico

Il benessere psico-fisico degli occupanti è strettamente correlato alla qualità degli ambienti interni. Il soddisfacimento delle varie tipologie di comfort permette di realizzare ambienti il più possibile salubri e armoniosi. Specifiche pratiche e filosofie, volte queste all'ottimizzazione dello spazio abitativo per indurre serenità e benessere, sono emerse in diverse culture durante tutta la storia dell'umanità.

Di seguito, vengono esaminate diverse tecniche e approcci per il miglioramento dell'ambiente domestico, analizzando come differenti tradizioni, sia occidentali sia orientali, abbiano sviluppato sistemi concettuali e pratici per raggiungere questo obiettivo. Nel contesto occidentale, si osserva un'attenzione crescente a concetti come l'*Hygge* danese e il *Lagom* svedese, che promuovono un'atmosfera di benessere attraverso la semplicità e l'equilibrio. Allo stesso tempo, anche le tradizioni orientali offrono approcci al benessere domestico: il *Feng Shui* cinese, attraverso un'opportuna scelta degli arredi, si concentra sull'armonizzazione dell'energia vitale. In Giappone, concetti come il *Wabi-sabi* e l'*Ikigai* celebrano lo spazio come riflessione delle proprie passioni, incoraggiando il naturale invecchiamento degli oggetti e degli spazi.

Hygge

La *Hygge*, termine danese divenuto nel corso degli ultimi anni fenomeno culturale globale, si configura come una filosofia di vita che si è diffusa profondamente anche nel design degli interni. Solitamente tradotto con "comfort" o "intimità", in realtà, la *Hygge* è un concetto ampio che evidenzia un senso di benessere, di appagamento e di felicità data dalle piccole cose della vita; in questo senso, il termine esprime più che altro un sentimento piuttosto che un concetto tangibile [64].

A causa delle lunghe e buie stagioni invernali, la popolazione danese tende a trascorrere la maggior parte del tempo in casa; di conseguenza, l'ambiente domestico è diventato di fondamentale importanza per il perseguimento di questa filosofia di vita che permea i vari aspetti della vita quotidiana. Applicare la filosofia *Hygge* nella casa significa vederla come rifugio dalle tensioni e dalle preoccupazioni del mondo esterno; in tale contesto, la *Hygge* ha assunto la connotazione di un vero e proprio stile d'arredo [64].

L'essenza della *Hygge* nel design d'interni risiede quindi nella creazione di un'atmosfera avvolgente e rassicurante, ottenuta attraverso l'impiego di elementi specifici. I materiali naturali rappresentano un elemento distintivo della *Hygge*: l'uso di legno, lana, cotone, lino e pellicce di origine ecologica trovano spazio nella realizzazione di rivestimenti, tessuti e complementi d'arredo in modo da stabilire una sensazione di connessione con la natura, accentuata anche dalla scelta dei colori, i quali devono evocare un senso di benessere interiore e calma [64].

La luce naturale, essendo poca specialmente durante l'inverno, assume un aspetto importante nell'evocare sensazioni di tempore e nel creare un'atmosfera intima e raccolta. Per questo, le case danesi, laddove possibile, sono dotate di ampie finestre e porte-finestre, al fine di garantire un'adeguata illuminazione degli ambienti durante le limitate ore diurne. Per quanto riguarda l'illuminazione artificiale, questa non deve essere mai invadente, ma diffusa e calda [64].



Figura 2.8 Esempio di interno in stile Hygge [65]

L'arredamento in stile *Hygge* è caratterizzato da linee semplici e funzionali, privilegiando mobili comodi e accoglienti, come divani imbottiti, poltrone avvolgenti e coperte morbide (*Figura 2.8*). Si evita l'eccesso di decorazioni e si privilegia un approccio minimalista [65], concentrandosi su pochi oggetti significativi che contribuiscano a creare un'atmosfera personale e intima, riflesso dell'identità di chi lo abita.

L'adozione di uno stile *Hygge* non si limita solo all'aspetto estetico, ma coinvolge anche le dimensioni sensoriali e sociali. L'impiego di profumi diffusi nell'ambiente o di candele profumate contribuisce a creare un'atmosfera accogliente [66], mentre gli spazi devono invitare alla convivialità e alla condivisione, predisponendo angoli dedicati alla conversazione, alla lettura o al relax [65].

L'obiettivo finale è quindi creare un ambiente che favorisca il benessere psicofisico, promuovendo un senso di calma, di appagamento e di connessione con sé stessi e con gli altri.

Lagom

Il *Lagom* rappresenta una filosofia di vita, nata in Svezia, che abbraccia una dimensione etica ed estetica, trovando applicazione in vari contesti, tra cui quello dell'interior design. Il termine, intraducibile con una singola parola, riflette un approccio dove l'attenzione all'eccesso è sostituita da equilibrio e moderazione [67].

Come indicato in [68], l'essenza del *Lagom* nel design d'interni risiede nella ricerca di un equilibrio tra estetica e funzionalità. Ogni elemento presente nello spazio deve avere uno scopo preciso in modo da arredare con il necessario. Questo principio implica spesso una riduzione degli oggetti presenti, favorendo piuttosto l'introduzione di nuovi elementi che sostituiscano i vecchi, in modo da mantenere un equilibrio costante all'interno dell'ambiente domestico. Questo approccio è strettamente correlato al secondo principio dello stile *Lagom*, che enfatizza l'eliminazione del superfluo. Questo non implica

creare un ambiente spoglio, ma piuttosto pone l'accento sulla necessità di selezionare con cura gli oggetti in modo da privilegiare quelli che apportano valore alla vita quotidiana e che procurano un senso di gioia e benessere [68].

L'obiettivo dell'arredamento in stile *Lagom* è la creazione di ambienti ariosi, in cui sia possibile mantenere ordine, e in cui ogni elemento di arredo venga valorizzato senza eccessi. Questi privilegiano specialmente le tonalità neutre e delicate, come il bianco, il grigio, il beige, il panna e le sfumature del legno naturale, il tutto evitando colori troppo accesi e l'uso di tonalità troppo diverse [67]. L'armonia rappresenta il principio guida del *Lagom* con l'utilizzo di decorazioni in linea con l'approccio minimalista e d'ispirazione naturalistica, con elementi vegetali e animali, ma sempre caratterizzate da tonalità delicate e forme semplici [68].



Figura 2.9 Esempio di interno in stile Lagom [68]

Gli interni in stile *Lagom* si distinguono per la loro sostenibilità ambientale, efficienza energetica e riduzione dei consumi. Questo approccio si realizza nella selezione consapevole di materiali esclusivamente di origine naturale, quali il legno, il vetro e il cotone. Per tale ragione, l'arredamento deve essere concepito non solo seguendo una precisa estetica, ma anche affinché duri nel tempo [68].

Feng Shui

Il *Feng Shui* è un'antica disciplina cinese che studia l'interazione tra l'uomo e l'ambiente circostante, con l'obiettivo di armonizzare le energie, o *Qi*, che fluiscono attraverso lo spazio. Letteralmente, il suo significato è "vento e acqua", due elementi naturali estremamente contrapposti, ma dal cui equilibrio dipende l'armonia tra lo *Yin* e lo *Yang*, che nel Taoismo rappresentano la relazione dialettica, ma anche la complementarità, tra i principi del cosmo [69]. Il *Feng Shui* applicato all'*interior design* ricerca l'armonia negli ambienti domestici attraverso diversi fattori: la disposizione dell'arredamento, l'illuminazione, la presenza di piante e tutto ciò che fa parte della composizione di un ambiente domestico o lavorativo [70]. Tuttavia, lo scopo non è solamente l'arredamento della casa, ma l'organizzazione degli spazi in modo da ottimizzare il flusso del *Qi*, promuovendo salute, prosperità e armonia nelle relazioni.

Secondo i principi del Feng Shui, per garantire un'esistenza ottimale e in sintonia con l'ambiente circostante, è essenziale che l'abitazione sia caratterizzata da un'energia positiva [71]. Questo risultato

può essere conseguito mediante un'attenta comprensione e applicazione di diversi concetti chiave. Uno di questi, come indicato in [72] è la teoria dei *Cinque Elementi*, secondo la quale i cinque elementi, *Legno, Fuoco, Terra, Metallo e Acqua*, siano portatori dell'energia universale (*Qi*), presente in ogni essere; inoltre, questi interagiscono nel ciclo di creazione e distruzione. In ogni caso, l'importanza di questi elementi non è il materiale che rappresentano, ma l'energia che contengono e che deve essere introdotta nell'ambiente interno per ottenere benessere ed equilibrio. Non è indispensabile introdurre fisicamente gli elementi, ma basta avere degli oggetti che ne incarnano l'energia: ad esempio, una candela accesa può simbolizzare il fuoco, una piccola fontana, l'acqua, piante e fiori, il legno o la terra. In alternativa, si possono introdurre le forme che ricordano l'elemento [72].

L'uso dei colori nel *Feng Shui* è strettamente correlato alla teoria dei *Cinque Elementi* e alle diverse aree della casa. Lo scopo di una corretta scelta dei colori è l'armonizzazione delle energie e la stimolazione di specifiche emozioni e stati d'animo. In ambienti come il salotto, l'impiego di tonalità calde, come il rosso e l'arancione, può favorire la comunicazione con gli ospiti o tra i membri della famiglia. Tonalità come il blu e il verde sono da preferire per le camere da letto, in quanto favoriscono il rilassamento e il sonno; il giallo, invece, stimola l'appetito e fornisce l'energia necessaria fin dall'inizio della giornata [71].

Anche la forma degli ambienti e la disposizione delle stanze giocano un ruolo importante. Si preferiscono forme regolari, come il quadrato e il rettangolo, ed è fondamentale evitare spazi disordinati o sovraccarichi di oggetti, che ostacolano il flusso del *Qi*. Ogni stanza dovrebbe avere una funzione ben definita e riflettere l'energia appropriata secondo una posizione ottimale in modo da creare una struttura armoniosa e ordinata. A questo scopo, il *Feng Shui* utilizza la mappa *bagua*, una mappa a forma di ottagono composta da otto aree, ognuna delle quali rappresenta un segno cardinale, la stanza e le caratteristiche che questa dovrebbe possedere [71]. Il rispetto della disposizione delle stanze definita da questa mappa garantisce, secondo il *Feng Shui*, il corretto flusso di energia positiva.



Figura 2.10 Esempio di interno in stile Feng Shui [73]

In conclusione, il *Feng Shui* nel design d'interni non si riduce solo ad una serie di regole decorative, ma si configura come un complesso sistema di conoscenze che mira a creare un ambiente armonico e salutare, in cui l'energia vitale possa fluire liberamente, influenzando positivamente la vita degli abitanti.

Wabi-sabi e Ikigai

I concetti giapponesi di *Wabi-sabi* e *Ikigai*, pur distinti nel loro significato, offrono prospettive complementari e significative per il design d'interni. Entrambi i concetti affondano le radici nella cultura e nella filosofia giapponese, offrendo un approccio olistico all'abitare che pone al centro il benessere interiore.

Il *Wabi-sabi* è una visione estetica e spirituale che celebra la bellezza dell'imperfezione e l'inevitabilità dello scorrere del tempo. Singolarmente, i due termini hanno il seguente significato [74]:

- *Wabi* esprime l'idea di una ricchezza spirituale derivante dalla consapevolezza della bellezza intrinseca nell'essenziale e nel modesto; è una concezione estetica che si manifesta attraverso le imperfezioni della natura, piuttosto che attraverso ciò che è stato artificialmente prodotto.
- *Sabi* significa scoprire la bellezza di un oggetto anche se deteriorato o invecchiato con il tempo. Questo, in quanto, si ritiene che ogni oggetto abbia una vita e una storia che si riflettono nella sua patina unica. In questo senso, gli oggetti sono imperfetti e rivelano il loro carattere e la loro vita interiore.

Insieme, le due parole sono un invito ad accettare e apprezzare tutto ciò che è imperfetto, incompleto e passeggero nella nostra vita, casa inclusa, anche perché sono proprio queste piccole imperfezioni a rendere unica un'abitazione [75].

Nel design d'interni, questo concetto si traduce in una predilezione per materiali naturali e grezzi, come il legno non trattato, la pietra, la ceramica artigianale e i tessuti naturali, a indicare l'importanza di riconoscere la bellezza di un ambiente vissuto. Caratteristiche principali del *wabi-sabi* nell'arredamento sono [75]:

- Semplicità, per concentrarsi sull'essenziale ed evitare di sovraccaricare gli ambienti.
- Sostenibilità, per favorire prodotti artigianali e vissuti.
- Natura, con la predilezione per forme organiche, colori naturali e materiali robusti come il legno e il bamboo.

Allo stesso tempo, il *wabi-sabi* valorizza le irregolarità, le asimmetrie e i segni del tempo in quanto l'obiettivo non è la ricerca di una perfezione artificiale e standardizzata, ma l'accettazione e l'apprezzamento della bellezza intrinseca delle cose semplici e autentiche. Questo si manifesta nella scelta di oggetti unici, carichi di storia, che mostrano segni di usura e piccole imperfezioni, considerati come un pregio e particolarmente apprezzati, al contrario del design occidentale che li considererebbe come difetti di qualità e prodotti di seconda scelta [75]. L'imperfezione diventa quindi un valore aggiunto, che conferisce carattere e autenticità all'ambiente, creando uno spazio accogliente e confortevole, che invita alla calma e alla contemplazione.



Figura 2.11 Esempio di interno in stile Wabi-sabi [76]

L'*Ikigai* è un concetto che si riferisce alla ricerca di un equilibrio tra ciò che si ama fare e ciò di cui il mondo ha bisogno. Nello specifico, la parola *iki* significa “vita”, mentre *gai* “ragion d’essere” fanno capire come dietro il termine ci sia una vera e propria filosofia che si basa sul trovare il proprio scopo personale nella vita [77].

Applicato al design d’interni, l’*Ikigai* invita a creare uno spazio che rifletta i propri valori, le proprie passioni e il proprio scopo nella vita. Questo perché, secondo la tradizione giapponese, tutte le persone nascono con un *ikigai*: è qualcosa di innato che si esprime nel trovare il proprio valore nella vita e nelle esperienze con cui ci si identifica, al fine di rendere la propria vita più felice e, soprattutto, utile [77]. Il concetto di *Ikigai* può essere traslato anche nella progettazione e nell’arredamento della casa: si tratta, infatti, di personalizzare l’ambiente domestico in modo che rappresenti la propria identità, un luogo che non è più inteso come un rifugio, ma piuttosto come un’oasi di pace e serenità, un posto ideale nel quale concentrarsi e dedicarsi ai propri obiettivi [78].

Inoltre, poiché la ricerca del proprio *Ikigai* è un processo mutevole, gli spazi devono essere flessibili, in continua evoluzione così da adattarsi sempre a ciò di cui hai esattamente bisogno in uno specifico momento. Ne consegue un approccio che, da un lato promuove uno stile di vita casalingo che cambia in base alle proprie esigenze personali, al tempo e alle passioni, mentre dall’altro spinge a vivere costantemente nel momento presente [77].

Cromaticità

L'interazione tra l'uomo e l'ambiente costruito è un tema complesso che coinvolge aspetti fisici, psicologici e culturali. In questo contesto, il colore emerge come un elemento in grado di influenzare profondamente la nostra percezione degli spazi e il nostro benessere.

Come indicato in [79], con cromaticità s'intende la specificazione oggettiva della qualità del colore, che rimane costante indipendentemente dalla luce illuminante. Si tratta di un concetto fondamentale della scienza del colore che permette la comprensione di come il colore degli oggetti venga percepito dagli occhi. Questa è determinata da due misure chiave: la tinta e la colorazione. La tinta rappresenta la capacità dell'occhio umano di percepire la luce e corrisponde a colori specifici che possono essere misurati oggettivamente in termini di lunghezza d'onda della luce emessa. La colorazione, invece, è un attributo della percezione visiva che determina il grado di cromaticità di un colore percepito. Tale concetto non considera solo le lunghezze d'onda della luce riflessa da un oggetto, ma anche l'intensità della luce che cade sulla superficie che la riflette [79].

La cromoterapia, disciplina antica le cui origini affondano in diverse culture, si basa sull'utilizzo dei colori per ristabilire l'equilibrio energetico del corpo e della mente. Ogni colore, con la sua specifica lunghezza d'onda e frequenza, è associato a proprietà terapeutiche specifiche, in grado di influenzare i nostri stati emotivi e fisiologici. Di seguito, viene esplorata l'applicazione dei concetti della cromoterapia al design di interni.

Cromoterapia

La percezione del colore è un fenomeno complesso che coinvolge aspetti fisici, fisiologici e psicologici ed è alla base della cromoterapia, una pratica che utilizza i colori per influenzare il benessere psicofisico. Dal punto di vista fisico, il colore è la percezione visiva in base alla lunghezza d'onda delle radiazioni elettromagnetiche comprese nello spettro visibile. Quando la luce colpisce un oggetto, si verifica che alcune lunghezze d'onda vengono assorbite, mentre altre riflesse; queste ultime sono quelle che determinano il colore percepito dall'occhio umano.

A livello fisiologico, [80] indica come l'occhio umano possiede due tipi di cellule sensoriali presenti sulla retina: i bastoncelli e i coni. I primi permettono la percezione dei cambiamenti di luminosità e sono essenziali per la visione al crepuscolo e notturna; i secondi, invece, si occupano della percezione dei colori. Queste cellule sono presenti nell'occhio in tre diverse tipologie e ognuna reagisce a lunghezze d'onda diverse. Esistono tre tipi di coni, ciascuno sensibile a diverse lunghezze d'onda, corrispondenti approssimativamente al rosso, al verde e al blu. La combinazione dei segnali provenienti dai diversi tipi di coni permette al cervello di percepire l'intera gamma di colori. Questo processo di percezione cromatica è tuttavia influenzabile da fattori come l'illuminazione e il contrasto con i colori circostanti.

L'aspetto psicologico della percezione del colore è altrettanto importante, in quanto i colori sono associabili a diverse emozioni, sensazioni e significati simbolici, che variano anche a seconda del contesto culturale. Le percezioni cromatiche, quindi, non sono solo il risultato dell'osservazione razionale, legata a ciò che gli occhi rilevano, ma anche il risultato di un processo mentale e immaginativo [81].

La cromoterapia, talvolta definita anche “psicologia del colore”, si basa sull’idea che i colori possano influenzare lo stato d’animo, le emozioni e persino la salute fisica delle persone. In particolare, questa disciplina attribuisce alle diverse lunghezze d’onda dei colori specifici effetti sull’organismo, stimolando o calmando determinati processi fisiologici. Tuttavia, i suoi meccanismi non hanno prove scientifiche e sono contestati dalla comunità degli scienziati che la ritengono una pseudo-scienza, in quanto non ci sono prove oggettive sulla sua efficacia, ma solo effetti empirici che variano da caso a caso. I principi della moderna cromoterapia sono stati codificati da Christian Agrapart, medico, neuropsichiatra e agopuntore che ha associato a dodici 12 colori le rispettive parti del corpo umano. In questo senso, si attribuisce ad ogni colore delle specifiche proprietà benefiche [82].

Nonostante la scarsa attendibilità scientifica degli effetti della cromoterapia a livello clinico, l’influenza dei colori sull’umore e sulle emozioni trova qualche fondamento nella psicologia: ne è un esempio il *test dei colori* di Lüscher. Inventato nel 1947, si tratta di un test proiettivo che permette di analizzare lo stato psicofisico di una persona in base alla sua preferenza o avversione per determinati colori per rivelare aspetti della personalità e dello stato emotivo di un individuo [83].

In considerazione del rapporto tra colori e psiche, l’impiego dei principi della cromoterapia si è esteso anche al settore dell’*interior design*, con l’obiettivo di assicurare il benessere psicofisico nell’ambiente domestico. L’impiego dei colori nell’arredamento degli spazi interni ha pertanto acquisito una rilevanza significativa negli ultimi anni, divenendo un elemento che influenza frequentemente le decisioni di progettisti e proprietari. In base alla funzione specifica di ciascun ambiente, la cromoterapia associa uno specifico colore: esempi sono ([84]) i colori neutri (come il beige), da utilizzare nell’ingresso, in quanto contribuiscono a creare un ambiente equilibrato e accogliente; l’arancione (associato alla socializzazione) e il giallo (simbolo di vitalità) sono consigliati per la cucina, ambiente legato alla socializzazione; il blu, così come l’indaco, sono considerati i colori perfetti per le camere da letto, al fine di creare un ambiente rilassato.

Oltre che per le pareti, la cromoterapia nell’*interior design* può essere applicata anche attraverso l’utilizzo di tessuti, complementi d’arredo e illuminazione. In tale ambito, l’impiego di tecnologie di illuminazione a LED, con la possibilità di regolare la temperatura di colore, si pone come un elemento chiave per la creazione di ambienti confortevoli e stimolanti, capaci di influenzare positivamente gli stati d’animo e, di conseguenza, il benessere degli individui. In questa prospettiva, le luci per la cromoterapia non sono solo funzionali, ma si trasformano in elementi di design moderno e innovativo. L’illuminazione cromoterapica, se applicata correttamente, può quindi contribuire a creare uno spazio che favorisca il riequilibrio dello stato psico-fisico dell’individuo [85].



Figura 2.12 Esempio di uso della cromoterapia per l’*interior design* [84]. Il blu e l’azzurro sono preferibili nelle camere da letto perché infondono calma e favoriscono il sonno.

La sinergia tra cromoterapia e *interior design* offre un potente strumento per creare ambienti personalizzati che rispondono alle esigenze emotive e funzionali di chi li abita, promuovendo un'esperienza abitativa più armoniosa e appagante.

Capitolo III

Analisi del design

Il concetto di casa vista come rifugio, cioè come luogo dove potersi riposare e passare il proprio tempo libero, negli ultimi decenni sta evolvendo verso nuove declinazioni anche grazie all'intersezione tra architettura, design e benessere. Principi come quelli del design rigenerativo e biofilico aiutano a comprendere come sia possibile trasformare gli ambienti interni in spazi capaci di favorire il benessere e perfino rigenerare l'ambiente.

Il design rigenerativo si concentra sulla creazione di ambienti sostenibili che abbiano un impatto positivo sull'ambiente circostante. sfruttando materiali riciclati e sostenibili, e integrando tecnologie innovative. Il design biofilico, invece, si basa sull'integrazione di elementi naturali negli spazi interni che mirano a portare effetti benefici per la salute delle persone, riducendo lo stress e migliorando l'umore. Tutte queste innovazioni fanno sì che la casa si trasformi da un luogo dedicato solamente al soggiorno e al riposo ad uno spazio che favorisca la salute mentale e fisica delle persone.

Questo capitolo vuole essere inteso come un'analisi dei principali approcci di design per la creazione di ambienti domestici salubri e rigenerativi non solo per le persone (es. favorendone la riduzione dello stress), ma anche per l'ambiente stesso.

Casa rigenerativa

Architettura Rigenerativa

In un'epoca di crescente consapevolezza verso i pericoli derivanti dall'inquinamento, anche nel settore dell'architettura è emersa la necessità di limitare l'impatto delle costruzioni sull'ambiente. In questo contesto, si pone il concetto di architettura rigenerativa come un modello innovativo, capace di rispondere alle sfide della sostenibilità abitativa attraverso i principi di rigenerazione e rispetto per l'ambiente [86].

I principali aspetti base si concentrano sulla rigenerazione delle risorse naturali e sull'instaurare un rapporto simbiotico tra abitazione ed ecosistema che la circonda. Tutto questo contribuisce a creare un edificio ecologico concepito per generare un impatto positivo sull'ambiente circostante e sulla salute e il benessere delle persone che vi abitano [86]. In questo senso, il concetto di abitazione va oltre la sua funzione per essere un punto di riferimento su come contribuire concretamente al ripristino e al mantenimento degli equilibri naturali.

L'aiuto della tecnologia diventa essenziale per favorire i principi dell'architettura rigenerativa; come indicato in [86], il suo impiego, unito a pratiche che limitino l'impatto ambientale è favorito da:

- **Utilizzo di materiali sostenibili:** prevede l'utilizzo di materiali sostenibili, a basso impatto ambientale, quali il legno, mattoni riciclati, isolanti naturali, vernici e rivestimenti privi di

sostanze chimiche nocive. L'obiettivo, infatti, non è solo la riduzione dell'impatto ambientale, ma anche la creazione di un ambiente interno salubre e privo di sostanze tossiche.

- **Integrazione di sistemi di energia rinnovabile:** sistemi avanzati per la produzione di energia da fonti rinnovabili (pannelli fotovoltaici, turbine eoliche o sistemi di geotermici) consentono di ridurre al minimo l'uso di energia proveniente da fonti tradizionali e così limitare le emissioni di gas serra.
- **Ottimizzazione dell'efficienza energetica:** è possibile massimizzare l'efficienza energetica delle abitazioni attraverso una combinazione sistemi passivi, quali materiali e finestre isolanti, e sistemi attivi di ventilazione controllata. Queste misure consentono di ridurre al minimo le perdite di calore in inverno e il surriscaldamento in estate, garantendo sempre un comfort termico ottimale per gli occupanti e riducendo al contempo il consumo energetico complessivo dell'edificio.
- **Adozione di pratiche di gestione delle acque sostenibili:** pratiche che permettano la raccolta delle acque piovane e un basso consumo di acqua per l'irrigazione garantiscono la riduzione degli sprechi in modo da preservare le risorse idriche locali.

La creazione di giardini rigenerativi, la promozione della biodiversità urbana o l'adozione di pratiche agricole sostenibili sono esempi di come l'architettura rigenerativa possa far sì che le abitazioni interagiscano attivamente con l'ambiente circostante per favorire la rigenerazione degli ecosistemi. In questo modo, una casa rigenerativa non è solo un luogo in cui vivere, ma diventa una parte integrante dell'ecosistema locale, contribuendo alla sua salute e al suo benessere [86].

Nel mondo, esistono numerosi esempi che prevedono l'adozione di queste innovative tecniche di architettura rigenerative. Di seguito, se ne dettagliano alcuni dei casi più famosi.

Bullitt Center

La Fondazione Bullitt, impegnata nella protezione dell'ambiente naturale del Pacifico nord-occidentale e nella promozione di ecosistemi sani e sostenibili, voleva che la propria sede dovesse essere edificata secondo i più elevati standard di sostenibilità. L'edificio è stato concepito come un progetto dimostrativo, con l'obiettivo di stabilire nuovi standard per sviluppatori, architetti, ingegneri e appaltatori [87]. Questo progetto rappresenta un esempio di eccellenza nell'architettura rigenerativa, dimostrando che è possibile costruire edifici ad altissime prestazioni ambientali senza compromettere funzionalità ed estetica. Il *Bullitt Center* (Figura 3.1), progettato dallo studio di architettura *The Miller Hull Partnership*, è un edificio per uffici commerciali di sei piani situato nell'area centrale di Seattle, nello stato di Washington, USA. Dopo aver perseguito una serie di programmi di incentivi locali, statali e federali per le strategie di risparmio idrico ed energetico, il progetto è nato dall'esigenza di contrastare il significativo impatto ambientale del settore edile, in particolare sulle emissioni di gas serra. Come indicato in [87], questo edificio, costruito nel 2011, consuma l'83% di energia in meno rispetto a uno standard e copre il 100% del proprio fabbisogno energetico grazie a un impianto fotovoltaico sul tetto. L'efficienza energetica è ulteriormente potenziata da un involucro edilizio altamente performante, sistemi di riscaldamento e raffreddamento innovativi e un'attenta progettazione degli spazi interni per massimizzare l'illuminazione naturale e la ventilazione. Non solo l'energia, ma anche l'acqua è gestita in modo sostenibile: tutta l'acqua piovana raccolta viene trattata e riutilizzata per i servizi igienici e l'irrigazione, contribuendo anche alla ricarica delle falde acquifere [88]. Il Bullitt Center è quindi un modello di edificio a impatto positivo, in grado di produrre più risorse di quante ne consumi e di promuovere un approccio più rispettoso dell'ambiente nella costruzione e nella gestione degli edifici [87].



Figura 3.1 Vista esterna del Bullitt Center a Seattle [87]

Sumu Yakushima Regenerative Residence

Anche in Oriente abbiamo esempi di adozione di architetture rigenerative. Completamente immerso nelle fitte foreste dell'isola di Yakushima in Giappone, abbiamo infatti la cooperativa abitativa **Sumu Yakushima Regenerative Residence** (Figura 3.2). Opera dello studio di architettura *Tono Inc.*, questa dimostra come sia possibile far coesistere armoniosamente forma e natura. Il progetto, completato nel 2022, riconcettualizza il rapporto tra abitazione umana e natura. Anche il nome “*Sumu*”, scelto per il progetto, evidenzia questo scopo: infatti, in giapponese significa sia “vivere” sia “divenire chiaro”, esprimendo così il suo concetto centrale di vivere lasciando un impatto positivo sul paesaggio [89].



Figura 3.2 Vista esterna della cooperativa abitativa Sumu Yakushima in Giappone [89]

Inoltre, prendendo ispirazione dal design tradizionale giapponese con tecniche risalenti al periodo Edo, *Sumu* esplora le moderne tecniche costruttive. Per ogni casa del residence, le fondamenta sono state progettate per migliorare l'ambiente del suolo e il flusso delle acque sotterranee. L'efficienza degli spazi interni è resa possibile grazie a pannelli solari installati sui tetti di ciascuna abitazione, permettendo un utilizzo di energia al 100% rinnovabile [90].

La struttura (*Figura 3.3*), in legno di cedro di provenienza locale, rimane sollevata su palafitte permettendo così di imitare visivamente i tronchi verticali degli alberi della foresta circostante. In questo modo, si crea spazio per diffondere e proteggere le radici e si promuove positivamente allo stesso tempo la crescita della foresta. Il legno bruciato, posto sotto le fondamenta delle residenze, stimola la crescita di una rete fungina che si salda con le radici degli alberi e il suolo della foresta. Ne risulta una rete naturale che rafforza la struttura delle abitazioni, favorisce la biodiversità del suolo e contribuisce a creare un legame ecologico tra le abitazioni e l'ambiente circostante. Infine, le abitazioni sono state costruite intorno ad alberi già esistenti e collegate utilizzando sentieri esterni, riducendo così al minimo il loro impatto fisico sul paesaggio [89].

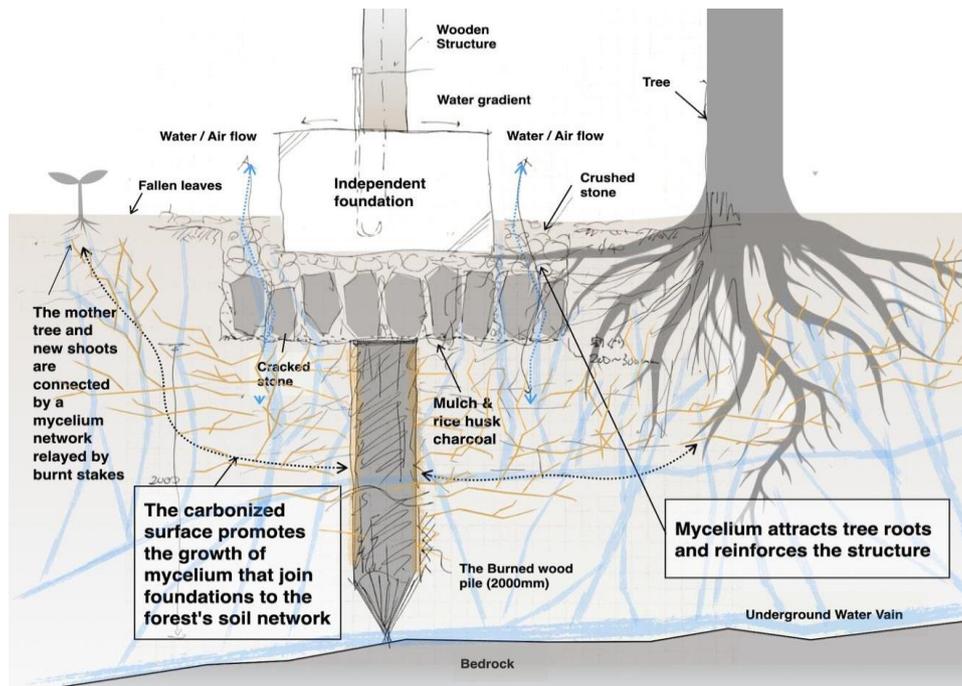


Figura 3.3 Sumu: integrazione delle fondamenta con il terreno e gli alberi circostanti [89]

Ricehouse

Sul fronte italiano, un esempio di architettura rigenerativa è rappresentato dal progetto sviluppato da *Ricehouse*, start-up innovativa e società benefit nata nel 2016, dall'idea dell'architetta Tiziana Monterisi (cofondatrice e CEO) e del geologo Alessio Colombo (cofondatore e COO). Questa si pone l'obiettivo di creare un impatto positivo sulla società, promuovendo un cambiamento responsabile. Il loro progetto è un esempio completo di economia circolare che, grazie allo sviluppo di una linea di prodotti per l'edilizia derivante dall'impiego degli scarti di lavorazione agricola ed industriale del riso, offre la possibilità di risolvere quei problemi direttamente connessi alle pratiche di smaltimento degli scarti del riso. La mission di *Ricehouse* si può tradurre nella costruzione della "casa di riso", intesa come tutto ciò che accoglie l'uomo, dal micro al macro, utilizzando i sottoprodotti derivanti dalla filiera del riso [91].

Ricehouse si dedica alla ricerca e sviluppo di materiali edili innovativi, ottenuti dai prodotti secondari derivanti dalla lavorazione del riso, valorizzandone le elevate caratteristiche di efficienza termica e acustica, il comfort abitativo, la salubrità degli ambienti e l'eco-compatibilità, il tutto nell'ottica di una filiera corta e controllata [92]. In aggiunta a nuovi materiali, *Ricehouse* progettata innovative unità abitative completamente autosufficienti e in equilibrio con gli ecosistemi naturali, grazie all'uso di materiali naturali, completamente riciclabili o riutilizzabili. Questo approccio garantisce la riduzione degli sprechi e la chiusura del ciclo di vita dei materiali, promuovendo un'edilizia realmente sostenibile [93].

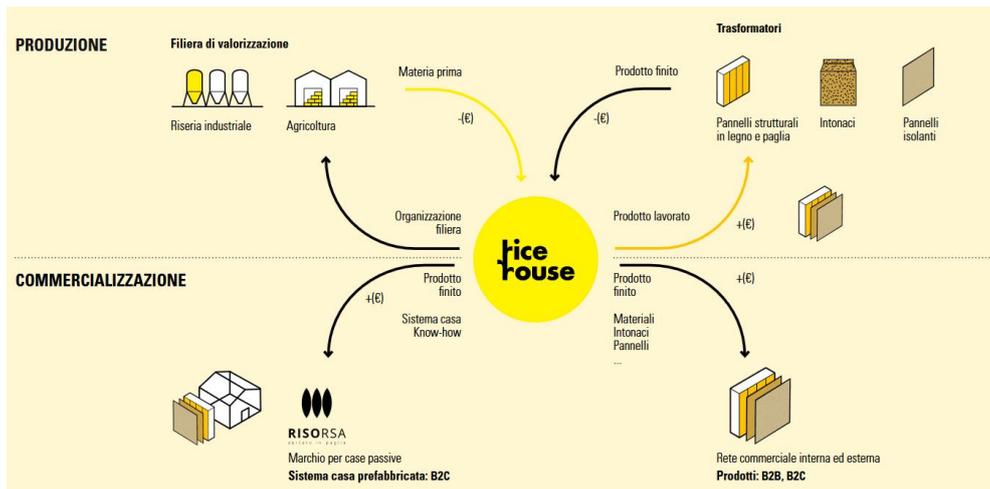


Figura 3.4 Business Model della start-up Ricehouse [8]

Tra i tanti progetti della start-up *Ricehouse*, la *Casa ZS* (*Figura 3.5*), costruita nel 2019 e situata ad Aurigeno in Canton Ticino, è una residenza che si integra armoniosamente con il paesaggio circostante, focalizzandosi, in particolare, sulla sostenibilità ambientale e il benessere degli abitanti. La casa incarna concretamente i principi dell'architettura rigenerativa [94]: infatti, la struttura è realizzata principalmente con materiali naturali, tra cui legno per la struttura e paglia di riso per l'isolamento dei muri perimetrali e per i solai di copertura e di controterra. Le pareti interne (*Figura 3.6*) sono state realizzate con lastre e intonaco in argilla e lolla di riso mentre per quelle esterne è stato applicato l'intonaco a base di calce e lolla per garantire un isolamento termico. Inoltre, è stata progettata per massimizzare l'apporto solare passivo grazie alle ampie aperture vetrate [94]: in questo modo, si ottimizza l'uso dell'energia solare sfruttandola sia per il riscaldamento sia per garantire una adeguata illuminazione naturale. Questo, combinato con l'elevato isolamento termico offerto dai materiali naturali, contribuisce a ridurre significativamente il fabbisogno energetico dell'edificio.



Figura 3.5 Vista esterna della Casa ZS di Ricehouse in Canton Ticino [94]



Figura 3.6 Interni della Casa ZS di Ricehouse in Canton Ticino [94]

In conclusione, l'architettura rigenerativa rappresenta il futuro dell'abitare sostenibile, vista la sua capacità di offrire soluzioni innovative per affrontare le sfide ambientali e sociali del nostro tempo. Grazie agli avanzamenti tecnologici e alla crescente consapevolezza ambientale, è probabile che queste abitazioni si diffonderanno sempre di più a livello globale, contribuendo a rigenerare gli ecosistemi locali e a creare comunità più resilienti e consapevoli [86]. Le case rigenerative non sono solo edifici, ma veri e propri catalizzatori di un cambiamento positivo che possono ispirare un nuovo modo di vivere in armonia con la natura.

Design Sostenibile e Design Rigenerativo

La realizzazione di abitazioni che seguano i dettami dell'architettura rigenerativa si basa su tematiche legate alla sostenibilità e alla creazione di un impatto positivo sull'ambiente. Questo si riflette inevitabilmente anche a livello di design, per quanto riguarda la progettazione architettonica contemporanea, con l'adozione di **design sostenibili** o **rigenerativi**. Sebbene entrambi si pongono l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale degli edifici, il design rigenerativo si distingue per la sua audace aspirazione a superare i limiti della mera sostenibilità [95].

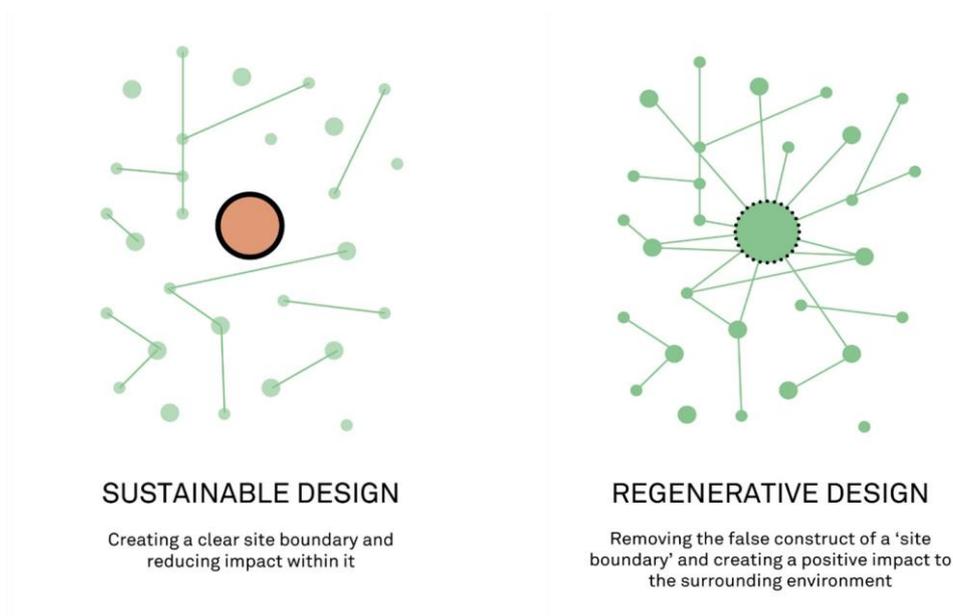


Figura 3.7 Distinzione tra il concetto di Sustainable Design e di Regenerative Design [95]

Il confronto tra questi due modelli di approccio al design (*Figura 3.8*) evidenzia come con design sostenibile (*sustainable design*) si intenda lo sviluppo di un sito che riduca i danni causati all'ambiente circostante con un approccio a impatto zero sia per la sua costruzione sia durante tutto il suo quotidiano funzionamento. Tutto questo viene adottato per non compromettere ulteriormente la salute del nostro ambiente naturale. Tuttavia, la sostenibilità, pur essendo un obiettivo importante, non è sufficiente per affrontare le sfide ambientali del nostro tempo. Si deve sempre più dare importanza alla riparazione dei danni causati finora arrecati all'ambiente: risulta quindi necessario un intervento attivo e mirato per rigenerare gli ambienti danneggiati e promuovere un impatto positivo sulla natura [95].

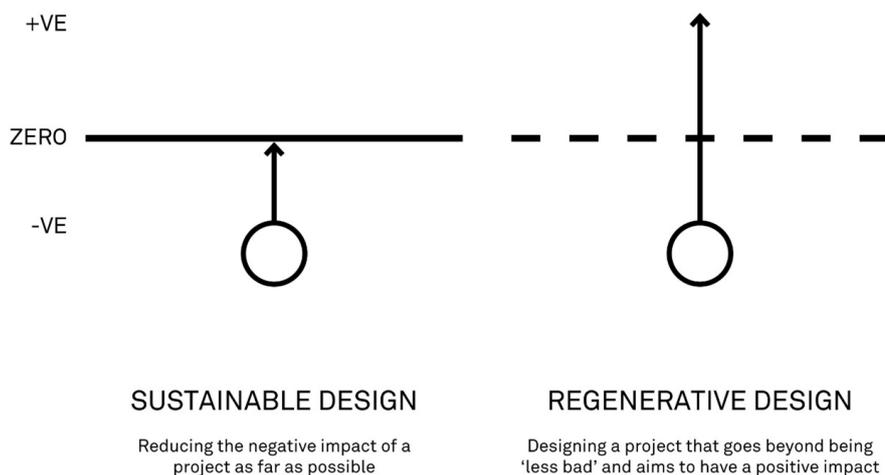


Figura 3.8 Approcci progettuali diversi tra *sustainable design* e *regenerative design* [95]

Il design rigenerativo (*regenerative design*) si fa portavoce proprio di questa nuova “filosofia” di rigenerazione dell’ambiente. Esso, infatti, rappresenta un’innovativa metodologia di progettazione che punta alla riattivazione e al rinnovamento di un ambiente, basandosi su specifici processi di ripristino, rinnovamento e rivitalizzazione che creino sinergie tra i bisogni della società e tra l’integrità e il rispetto per l’ambiente naturale. Questo approccio rappresenta così l’evoluzione diretta dei principi dello sviluppo sostenibile, incorporando aspetti come la responsabilità ambientale, la giustizia sociale e l’efficienza economica.

Come indicato in [95], affinché sia efficace, il *regenerative design* deve essere adottato fin dalle prime fasi di un progetto con un approccio *whole system*, ovvero integra ed equilibra i bisogni della società e degli esseri umani con i bisogni del mondo naturale per rigenerare l’ambiente naturale stesso.

I fondamenti teorici di questa pratica si concentrano sul livello comunitario, enfatizzando la generazione e il riciclo di energia e materiali attraverso i propri processi funzionali. John T. Lyle ha suggerito dodici strategie chiave per l’applicazione del *regenerative design* [88] [96]:

1. **Lasciare che sia la natura a fare il lavoro:** la maggior parte dei meccanismi e dei processi devono essere eseguiti dalla natura.
2. **Considerare la natura sia come modello sia come contesto:** è necessario adottare la consapevolezza secondo cui tutto sia connesso alla natura attraverso relazioni di reciproco supporto. Di conseguenza, è possibile realizzare una migliore connessione con essa, in quanto diventa, per la progettazione, sia un modello di ispirazione sia il contesto in cui i progetti umani devono inserirsi. Nel primo caso, si studiano attentamente i processi naturali per identificarne i principi fondamentali da applicare al design, mentre nel secondo, essendo l’ambiente un sistema vivente, si deve cercare di minimizzare l’impatto negativo che questo può avere.
3. **Aggregare, non isolare:** per arrivare ad una migliore comprensione di un qualsiasi problema complesso, è necessario individuare e comprendere efficacemente le caratteristiche delle sue singole parti e il modo in cui sono interconnesse.
4. **Ricerca di livelli ottimali per più funzioni, non il livello massimo o minimo per chiunque:** poiché un sistema basato sul *regenerative design* ha sempre molteplici obiettivi da raggiungere, i quali possono anche essere in conflitto tra loro, è fondamentale applicare una gestione olistica che ottimizzi il sistema nel suo complesso piuttosto che focalizzarsi sul massimizzare un singolo obiettivo.

5. **Adattare la tecnologia alle esigenze:** bisogna applicare le tecnologie più idonee a seconda dell'uso in modo da sfruttare il più possibile quanto la natura già offre (es. ventilazione naturale al posto di sistemi HVAC negli edifici, ecc.).
6. **Utilizzare le informazioni:** per far sì che si raggiunga una maggiore comprensione degli impatti, previsti e non, del sistema, è vitale l'utilizzo sia di sistemi di monitoraggio sia di raccolta del feedback. In questo modo, si promuove la cooperazione e la responsabilità condivisa tra tutte le parti interessate.
7. **Fornire molteplici soluzioni:** i sistemi rigenerativi, per garantire una risposta efficace alle continue fluttuazioni del mercato e agli imprevisti, quali malfunzionamenti del sistema stesso, devono essere strutturati in modo da poter adottare la soluzione migliore a seconda del contesto e della situazione.;
8. **Cercare una soluzione comune a problemi diversi:** mentre i sistemi industriali di base negli edifici sono basati sulla separazione in vari settori (es. gestione elettrica, gestione delle acque reflue, smaltimento dei rifiuti, ecc.), il *regenerative design* deve promuovere un approccio integrato che sfrutti le interconnessioni tra questi elementi per creare soluzioni più efficaci.
9. **Gestire lo stoccaggio come chiave per la sostenibilità:** per garantire la sostenibilità ambientale, un sistema rigenerativo deve trovare il giusto equilibrio tra il prelievo delle risorse e la loro restituzione all'ambiente, valorizzando al contempo i meccanismi di stoccaggio naturali.
10. **Modellare la forma per guidare il flusso:** i flussi di energia e di materiali propri di un sistema sono profondamente influenzati dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente circostante. Modificando l'ambiente, è possibile alterare la direzione e l'intensità di questi flussi.
11. **Modellare le forme per rendere manifesto il processo:** mentre le tecnologie industriali spesso operano in ambienti chiusi e isolati, le tecnologie rigenerative sono intrinsecamente legate al contesto in cui operano.
12. **Dare priorità alla sostenibilità:** per ottenere una progettazione architettonica rigenerativa bisogna cambiare le priorità in tutti i settori e le parti interessate della società, in modo da far sì che la sostenibilità ambientale sia adottata in ogni ambito della società.

L'obiettivo a lungo termine di queste tecniche è fornire linee guida progettuali per un'evoluzione dei sistemi negli interventi di miglioramento urbano che permettano di recuperare l'identità e di promuovere l'inclusione sociale e l'accessibilità. Tutto questo si traduce in un coinvolgimento partecipativo degli utenti e un rafforzamento del loro senso di appartenenza e identità nel contesto urbano.

L'applicazione dei principi di *regenerative design* deve, tuttavia, fronteggiare due principali sfide: la fattibilità, anche economica, e l'incertezza sulle performance future dell'edificio. Se, infatti, il panorama internazionale è costellato di esempi di progettazione rigenerativa su scala urbana, la fattibilità di operare sul singolo edificio e capire come questo possa partecipare al processo rigenerativo è minore in quanto opera su una scala troppo bassa e non è detto che si riesca a garantire la sua autosufficienza [97].

Living Building Challenge

[88] indica come la maggior parte delle pratiche nel campo dell'architettura ambientale non si concentrino sulla totalità degli aspetti che concorrono alla sostenibilità (ambiente, comunità sociale ed economia). In particolare, i sistemi di classificazione degli edifici sostenibili si concentrano solo sull'aspetto ambientale, sul risparmio energetico e sull'efficienza (es. il LEED, *Leadership in Energy and Environmental Design*).

Per smarcarsi dai precedenti indici di rating, l'organizzazione no-profit *Living Future Europe*, ha ideato nel 2006 il *Living Building Challenge* (LBC), un sistema di certificazione ambizioso che si prefissa l'obiettivo di rendere il nostro mondo e le nostre comunità giuste ed eque per tutti [98]. Questa certificazione si rivolge a tutti gli edifici, indipendentemente dalla loro scala di progetto, e fornisce un quadro di riferimento per la progettazione, la costruzione e il miglioramento delle relazioni simbiotiche tra le persone e tutti gli aspetti dell'ambiente costruito e naturale [99].

In [98] viene presentata la struttura della certificazione LBC; questa è composta da sette categorie di valutazione delle prestazioni chiamate "petali" (*Figura 3.9*), a loro volta suddivise complessivamente in venti imperativi. Tutti gli imperativi devono essere soddisfatti affinché un progetto possa ricevere la certificazione LBC. Le categorie da rispettare, indicate in [98], sono:

1. **Luogo:** si pone attenzione sull'impatto dell'edificio sul sito in cui sorge. Si valuta se l'edificio rispetta l'ecosistema locale, se contribuisce alla rigenerazione del territorio e se promuove la biodiversità.
2. **Acqua:** l'edificio deve essere dotato di un sistema di raccolta, trattamento e riutilizzo dell'acqua piovana, garantendo così l'autosufficienza idrica per tutte le sue necessità.
3. **Energia:** l'edificio deve essere autosufficiente energeticamente, generando più energia rinnovabile di quanta ne consumi.
4. **Salute e Felicità:** l'edificio deve essere realizzato con materiali non tossici e a basso impatto ambientale. Tutto questo per garantire un'eccellente qualità dell'aria interna e spazi progettati per favorire la socializzazione e il benessere psicologico degli occupanti, contribuendo così a migliorare la salute e la qualità della vita.
5. **Materiali:** i materiali devono essere sostenibili (es. materiali riciclati), provenire da fonti locali e non tossici.
6. **Equità:** l'edificio deve essere progettato per promuovere l'equità sociale, garantendo condizioni di lavoro dignitose a tutti i lavoratori coinvolti nella costruzione e favorendo l'inclusione e l'accessibilità per tutta la comunità circostante;
7. **Bellezza:** l'edificio deve essere progettato per integrarsi armoniosamente nel paesaggio urbano, contribuendo a migliorare la qualità estetica e visiva, tenendo conto dell'importanza dell'architettura, del *biophilic design* e dell'arte nella creazione di spazi vivibili e ispiratori.



Figura 3.9 Rappresentazione schematica delle categorie di valutazione delle prestazioni di un edificio secondo l'LBC [98]

Biophilic Design

Introduzione alla Biofilia

Il termine *biofilia* può essere descritto come l'intrinseco desiderio degli esseri umani di stabilire un legame con la natura. L'impatto positivo sul benessere umano legato all'integrazione della natura nell'ambiente urbano è stato descritto e dimostrato da molte teorie e modelli presentati, nel corso degli anni, da studiosi, architetti, urbanisti e specialisti ambientali.

La parola "biofilia", che significa letteralmente "passione per la vita" o anche "amore per la vita", deriva dalla combinazione delle due parole greche *bio*, "vita", e *filia*, "amore". Le origini del termine, come indicato in [100], risalgono al 1973, quando lo psicoanalista americano di origine tedesca Erich Fromm lo introdusse nel suo libro *The Anatomy of Human Destructiveness*. Secondo Fromm, l'essere umano possiede una particolare propensione psicologica che lo spinge a essere attratto da tutto ciò che è vivo e vitale. Successivamente, quando il biologo americano Edward O. Wilson scrisse il libro *Biophilia: The Human Bond with Other Species* (1984) (Figura 3.10), utilizzò il termine per spiegare come gli esseri umani siano predisposti biologicamente a cercare il contatto con le forme naturali [100].

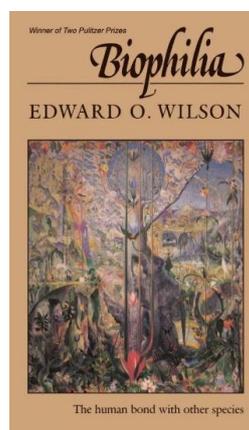


Figura 3.10 Edward O. Wilson scrisse il libro *Biophilia: The Human Bond with Other Species* (1984) [101]

La biofilia è un concetto che affonda le radici nella nostra storia evolutiva. In [102] si evidenzia come per gran parte della storia umana, l'essere umano si è evoluto e ha convissuto con l'ambiente naturale, sviluppando adattamenti biologici e psicologici che hanno instaurato con esso una profonda connessione. Siccome l'*Homo sapiens* si è evoluto per circa 200.000 anni in natura (Figura 3.11), mentre l'essere umano moderno, e in particolare la tecnologia, occupano una piccola percentuale dell'evoluzione umana, la natura può essere considerata a tutti gli effetti come la maggior influenza per l'essere umano.

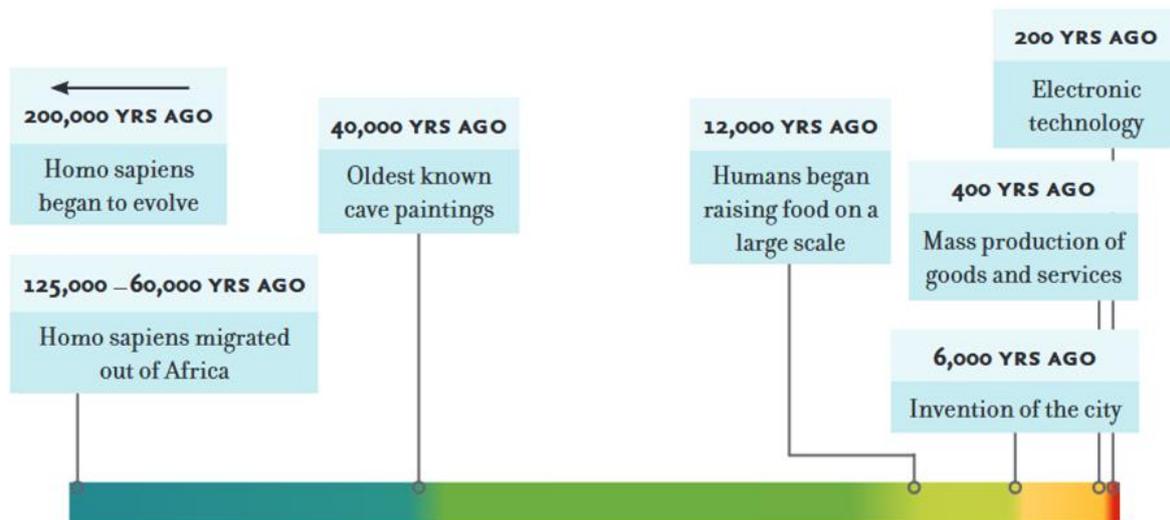


Figura 3.11 Legame tra natura ed evoluzione dell’Homo sapiens fino ad oggi [102]

Secondo Barbiero (2021), la biofilia può essere considerata un “universale assoluto”, ovvero una caratteristica della personalità umana, presente in tutte le diverse culture del globo, forgiatasi nel corso dell’evoluzione. Nella biofilia si possono riscontrare quattro caratteristiche tipiche di un tratto di temperamento, ovvero una caratteristica innata e stabile nel tempo che influenza le reazioni emotive e comportamentali delle persone [103]:

1. è un tratto innato fin dalla tenera età;
2. ha la sua controparte negli animali;
3. è un tratto biologico innato;
4. si evolve nel corso della vita, plasmato dall’esperienza e dalle caratteristiche individuali.

Nonostante questo innata affezione per la natura, l’avvento della tecnologia ha contribuito ad attenuare questi sentimenti di necessità di connessione con essa. Come indicato in [102], infatti, la società moderna ha favorito un crescente distacco dal mondo naturale, che viene spesso percepito semplicemente come una risorsa da sfruttare oppure come un passatempo non essenziale. D’altronde, con la prevalenza dell’ambiente costruito su quello naturale, le persone trascorrono fino al 90% del loro tempo senza entrare in contatto con la natura [102].

Precorrendo le tematiche ambientali ben note ai giorni nostri, Wilson, con la sua opera, teorizzò con largo anticipo che tale declino avrebbe condotto a una perdita di rispetto per il mondo naturale e, di conseguenza, ad un’accelerazione dei processi di degrado ambientale. Infatti, in [100] si cita come la perdita del desiderio di interagire con il mondo naturale, che si manifesta come un minore apprezzamento per la diversità delle forme di vita che sostengono la sopravvivenza umana, sia stata identificata come un potenziale fattore che contribuisce alla distruzione dell’ambiente e al rapido tasso di estinzione delle specie.

La biofilia esprime quindi il profondo legame tra essere umano e ambiente: se da un lato, l’esistenza dell’esser umano dipende dai servizi ecosistemici che la natura offre, dall’altro, la loro fruizione dovrebbe promuovere comportamenti che ne favoriscano la tutela; tuttavia, spesso si tende semplicemente a sfruttare quello che la natura offre, senza valutare l’impatto che questi comportamenti hanno sul mantenimento dell’equilibrio naturale. Secondo il progetto di ricerca *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA), citato in [104], i servizi ecosistemici sono stati definiti come “i molteplici benefici che gli ecosistemi forniscono al genere umano”; in particolare, fa riferimento alle capacità dei processi

e dei componenti naturali di fornire beni e servizi essenziali alla sopravvivenza umana e al mantenimento della biodiversità ambientale.

I servizi ecosistemici (SE) (Figura 3.12) possono essere classificati in 4 categorie [104] [105]:

- **SE di regolazione:** comprendono i benefici che l'umanità ottiene dalla regolazione dei processi propri degli ecosistemi, come l'assorbimento del carbonio per la regolazione del clima o l'equilibrio del ciclo dell'acqua.
- **SE di approvvigionamento:** definiti come quei prodotti che l'uomo può ottenere dagli ecosistemi, siano essi beni materiali e fruibili, come il cibo, l'acqua o i combustibili, oppure prodotti meno tangibili, come le risorse genetiche.
- **SE di valori culturali:** comprendono tutti quei benefici non materiali godibili grazie all'esistenza degli ecosistemi e delle loro componenti che sono fonte di ispirazione artistica, benessere psicologico e opportunità educative.
- **SE di supporto alla vita:** riguardano la conservazione della vita e la diversità biologica.

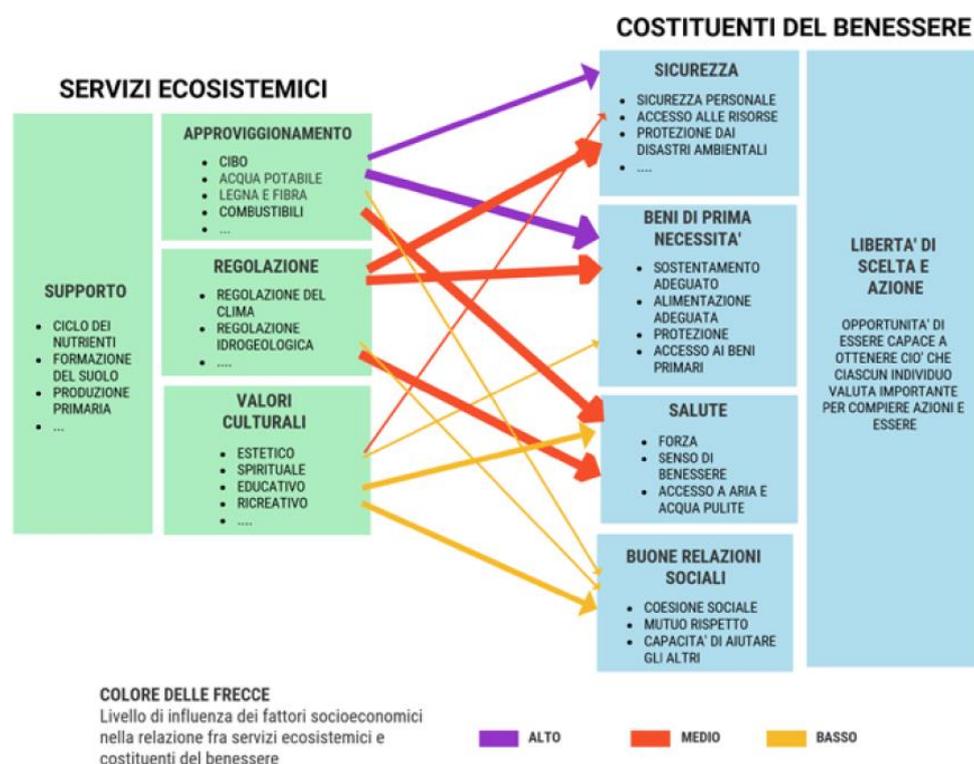


Figura 3.12 Classificazione dei servizi ecosistemici e loro relazione con le costituenti del benessere [105]

Biophilic Design

La biofilia, ovvero l'innato amore dell'uomo per la natura, è il fondamento del *biophilic design*. Questo approccio innovativo traduce la profonda connessione umana verso sistemi e processi naturali in soluzioni architettoniche e di design che favoriscano il benessere, integrando elementi che promuovono l'interazione positiva tra uomo e spazio [102].

In [106] viene citata come definizione di *biophilic design* quella fornita da Stephen R. Kellert, professore di Ecologia Sociale presso la Yale University, secondo il quale, questo sarebbe “il tentativo deliberato di tradurre la comprensione dell'intrinseca affinità dell'uomo con i sistemi e i processi naturali - nota come biofilia - nella progettazione dell'ambiente costruito”. Kellert, assieme a E. O. Wilson, scrisse il libro *The Biophilia Hypothesis* (1993) (Figura 3.13): questo contiene esperienze di biologi, psicologi e architetti che hanno focalizzato il loro interesse sugli ambienti artificiali che rispettano il concetto di biofilia [106].

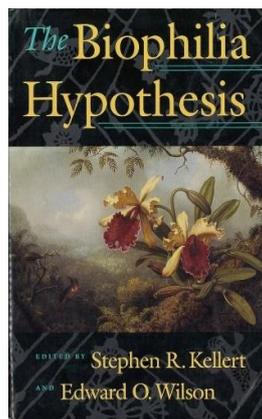


Figura 3.13 Stephen R. Kellert e E.O. Wilson scrissero il libro The Biophilia Hypothesis (1993) [107]

Il *biophilic design* si propone di integrare la natura nell'ambiente costruito per migliorare il benessere umano. Tuttavia, l'efficacia dell'adozione del *biophilic design* incontra determinati limiti: in [106] si cita come Kellert li individui sia nella limitazione umana nel comprendere come l'essere umano attribuisca valore alla natura, sia nella difficoltà di trasferire questa comprensione nella progettazione degli ambienti costruiti.

Nel 2008, Kellert pubblica il libro *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life* dove dettaglia ulteriormente i principi del *biophilic design* (Figura 3.14). Questi, costituiti da due dimensioni fondamentali, sei elementi e 72 attributi, forniscono una guida nell'applicazione della teoria della biofilia alla progettazione dell'ambiente costruito. In termini delle dimensioni, si ha [108] [109]:

1. **dimensione naturalistica (organica):** si basa sull'attrazione innata dell'uomo per la natura (biofilia). Questa dimensione è definita in Kellert (2008) come “forme dell'ambiente costruito che riflettono direttamente, indirettamente o simbolicamente l'intrinseca affinità umana con la natura”. Pertanto, esistono tre tipi di esperienza della natura che costituiscono le categorie di base del *biophilic design*:
 - **esperienza diretta della natura:** riguarda il contatto effettivo con le caratteristiche autosufficienti dell'ambiente naturale, come luce naturale, aria, piante, animali, acqua, habitat naturali ed ecosistemi;

- **esperienza indiretta della natura:** si riferisce al contatto con la natura che richiede un continuo apporto umano per sopravvivere, come fontane, acquari e piante nei vasi;
 - **esperienza simbolica:** si riferisce al contatto con la rappresentazione o immagine della natura, come quadri, opere d'arte, materiali naturali e processi caratteristici del mondo naturale.
2. **dimensione vernacolare (basata sul luogo):** sviluppatasi con l'evoluzione culturale, è una dimensione che sottolinea come edifici e paesaggi, che si collegano alla cultura e all'ecologia di una località o area geografica, diventino parte integrante delle identità individuali e collettive delle persone.

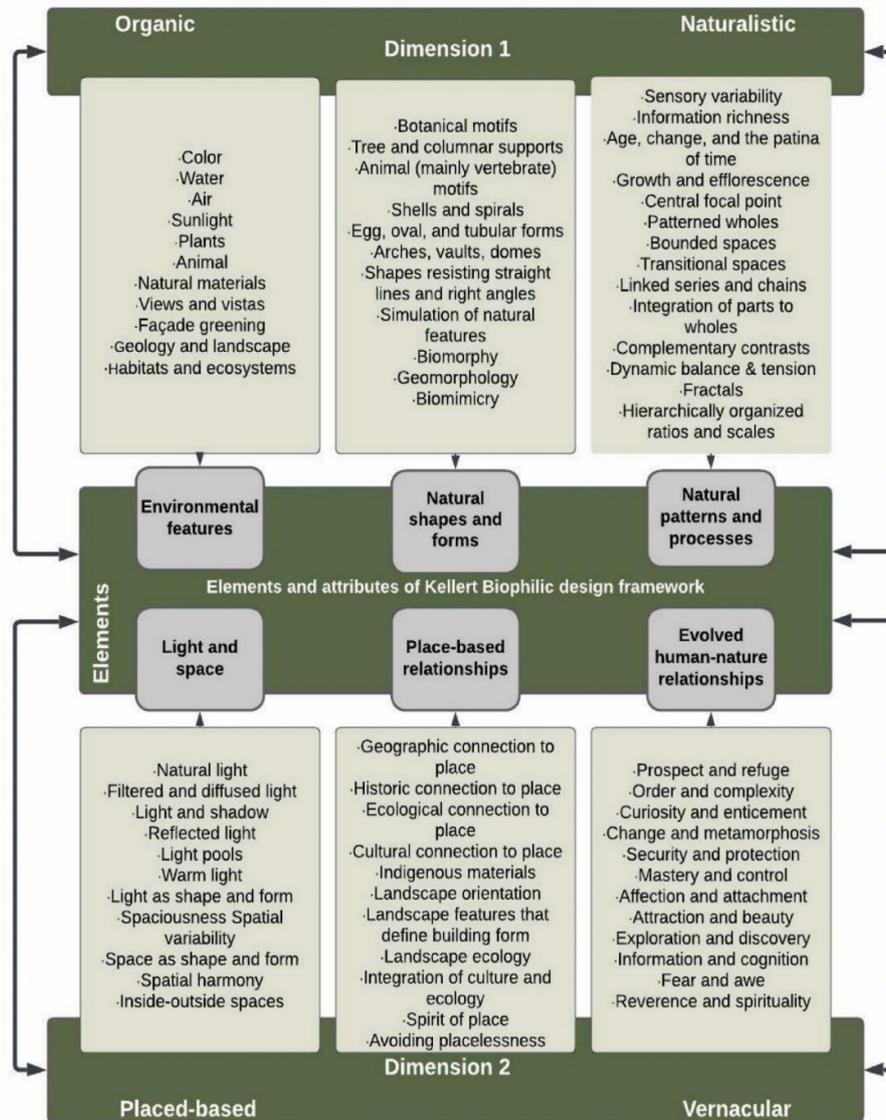


Figura 3.14 Rappresentazione schematica dei principi generali del Biophilic Design di Kellert [109]



Figura 3.15 Mappa concettuale dettagliata degli elementi e caratteristiche del Biophilic Design di Kellert [110]

Le due dimensioni fondamentali (naturalistica e vernacolare) del *biophilic design* possono essere descritte più nel dettaglio da sei elementi, suddivisi in più di 72 attributi (Figura 3.15) [108]. Questi sei elementi, con i rispettivi attributi, sono:

1. **Caratteristiche ambientali:** implicano l'uso di caratteristiche relativamente ben riconosciute del mondo naturale nell'ambiente costruito. Queste sono declinate nei seguenti dodici attributi:
 - a. **Colore:** è sempre stato fondamentale per l'evoluzione e la sopravvivenza umana, migliorando la capacità di localizzare cibo, risorse, identificare pericoli. I designer, infatti, si ispirano ai colori vivaci dei vari elementi naturali (fiori, paesaggi, acqua, ecc.) per creare ambienti piacevoli e coinvolgenti.
 - b. **Acqua:** è un elemento fondamentale per la vita umana e suscita un profondo senso di benessere. Siccome l'acqua, nelle sue diverse forme e manifestazioni è da sempre associata alla vita e alla natura, è spesso utilizzata nel design per creare ambienti rilassanti e piacevoli.

- c. **Aria:** le persone preferiscono la ventilazione naturale, per qualità, movimento, flusso, e stimolazione dei sensi, alla ventilazione forzata o all'aria stagnante.
 - d. **Luce solare:** è considerata dalla maggior parte delle persone una caratteristica essenziale dell'ambiente costruito, in quanto può migliorare il morale, il comfort, la salute e la produttività. Questo perché gli esseri umani sono animali diurni che si affidano fortemente alla vista per soddisfare varie esigenze fisiche, emotive e intellettuali.
 - e. **Piante:** fondamentali per l'esistenza umana in quanto, il loro inserimento nell'ambiente costruito, può migliorare comfort, soddisfazione, benessere e prestazioni.
 - f. **Animali:** progettare la vita animale nell'ambiente costruito può essere difficile e problematico. Pertanto, le forme animali negli interni degli edifici si presentano in genere in forma simbolica piuttosto che letterale. L'uso di ornamenti, decorazioni stilizzate, e arte spesso provoca soddisfazione, piacere, stimolazione e interesse emotivo.
 - g. **Materiali naturali:** le persone generalmente preferiscono i materiali naturali a quelli artificiali, poiché questi ultimi non mostrano i processi organici di invecchiamento, erosione così come le altre caratteristiche dinamiche dei materiali naturali.
 - h. **Viste e panorami:** le persone esprimono una forte e costante preferenza per i paesaggi naturali.
 - i. **Rinverdimento delle facciate:** gli edifici con facciate con elementi naturali, come muri di edera o tetti verdi, spesso suscitano interesse e soddisfazione.
 - j. **Geologia e paesaggio:** la connessione compatibile degli edifici con le caratteristiche geologiche più importanti è spesso una strategia di progettazione efficace.
 - k. **Habitat ed ecosistemi:** gli edifici e i paesaggi che possiedono una relazione stretta e compatibile con gli habitat e gli ecosistemi locali tendono a essere altamente efficaci e preferiti.
 - l. **Fuoco:** l'esperienza del fuoco nell'ambiente costruito, pur essendo una sfida progettuale complicata, rappresenta spesso una caratteristica apprezzata come segno di comfort, offrendo colore, calore e movimento.
2. **Forme e modelli naturali:** include rappresentazioni e simulazioni del mondo naturale spesso presenti sulle facciate degli edifici e negli interni. Sono declinate nei seguenti undici attributi:
- a. **Motivi botanici:** forme, figure e modelli delle piante sono un elemento di design frequente dell'ambiente costruito. Queste rappresentazioni spesso imitano o simulano forme vegetali come foglie, felci, conifere, arbusti e cespugli, sia letteralmente sia metaforicamente.
 - b. **Supporti ad alberi e colonne:** l'aspetto o la simulazione di forme simili ad alberi, in particolare per quanto riguarda i capitelli, è una caratteristica di design comune e spesso ambita nell'ambiente costruito.
 - c. **Motivi animali (principalmente vertebrati):** la raffigurazione della vita animale è diffusa negli interni e nelle facciate degli edifici, anche se in misura minore rispetto alle piante.
 - d. **Conchiglie e spirali:** le raffigurazioni di creature invertebrate sono caratteristiche di design diffuse nell'ambiente costruito. In particolare, si imitano le forme a conchiglia e a spirale di molluschi, le forme di insetti quali api (e dei loro alveari), mosche, farfalle, falene, ragni (e le loro ragnatele) e altri invertebrati.
 - e. **Forme a uovo, ovali e tubolari:** queste forme si utilizzano spesso sia in senso letterale sia metaforico, come ornamento, per scopi strutturali e nei giardini e nelle fontane.
 - f. **Archi, volte e cupole:** queste forme, ispirate dalla natura (alveari, strutture simili a nidi, forme a conchiglia e scogliere), possono essere utilizzate sia per scopi decorativi sia funzionali.

- g. **Forme che evitano linee rette e angoli retti:** le persone tendono a preferire forme organiche e sinuose, simili a quelle che si trovano in natura, rispetto a linee rette e angoli tipici delle costruzioni umane.
 - h. **Simulazione di caratteristiche naturali:** sono preferibili progetti ispirati alla natura, quando le forme e i modelli utilizzati non sono solo decorativi, ma imitano le funzioni che si trovano in natura, come la resistenza e l'adattamento alle condizioni ambientali.
 - i. **Biomorfia:** la creazione di forme architettoniche spesso porta a risultati inaspettati, con edifici che presentano somiglianze con organismi viventi. Questo fenomeno, noto come biomorfia, suggerisce come il design possa trovare nella natura una fonte di continua ispirazione.
 - j. **Geomorfologia:** alcuni edifici si fondono con il paesaggio circostante, assumendo forme e utilizzando materiali che li rendono parte integrante del terreno.
 - k. **Biomimetica:** alcuni progetti si ispirano alle soluzioni ingegneristiche presenti in natura, come la resistenza delle conchiglie, la termoregolazione degli alveari o la struttura delle ragnatele, integrandole in modo innovativo nell'ambiente costruito.
3. **Patterns e processi naturali:** si enfatizza l'incorporazione di proprietà trovate in natura nell'ambiente costruito. Sono stati identificati quattordici attributi:
- a. **Variabilità sensoriale:** la capacità di adattarsi a stimoli sensoriali variabili è fondamentale per la sopravvivenza umana. L'ambiente costruito, se progettato per stimolare adeguatamente i sensi, che rappresentano gli strumenti essenziali per interagire con il mondo, contribuisce alla soddisfazione e al benessere delle persone.
 - b. **Ricchezza di informazioni:** grazie alla sua immensa ricchezza e complessità, la natura è l'ambiente più stimolante per la mente umana, persino più del mondo digitale. Incorporando elementi naturali negli edifici (forme organiche, materiali naturali e luce naturale), è possibile creare ambienti che stimolino curiosità, immaginazione, esplorazione, scoperta e risoluzione dei problemi.
 - c. **Età, cambiamento e patina del tempo:** una caratteristica fondamentale del mondo naturale è l'invecchiamento, in particolare delle forme organiche. Le persone preferiscono i materiali naturali a quelli artificiali poiché la progressione dinamica delle forme organiche evoca un senso di familiarità e soddisfazione.
 - d. **Crescita e fioritura:** i segni del tempo e della crescita, tipici dell'invecchiamento, possono conferire agli edifici e ai paesaggi un fascino particolare. L'efflorescenza, ovvero la patina dei materiali che si forma nel tempo, e le decorazioni sono elementi che rendono l'architettura più viva e interessante perché trasmettono un senso di storia e di evoluzione.
 - e. **Punto focale centrale:** l'importanza di un punto di riferimento centrale (punto focale), come un elemento naturale o artificiale, permette di orientarsi e percepire l'ambiente circostante visivo come ordinato e coerente.
 - f. **Totalità strutturate:** la capacità di unire la variabilità con una struttura sottostante è fondamentale per creare ambienti che siano sia stimolanti sia rassicuranti. Quando questa armonia è raggiunta, si prova un senso di benessere e di appartenenza che contribuisce a migliorare la qualità di vita.
 - g. **Spazi delimitati:** nel corso dell'evoluzione, una forte propensione per gli spazi delimitati ha favorito lo sfruttamento delle risorse e la sicurezza delle persone. Lo stesso discorso vale per gli spazi delimitati all'interno dell'ambiente costruito, che migliorano il riconoscimento di confini chiari e coerenti e la demarcazione dei luoghi.
 - h. **Spazi di transizione:** le zone di passaggio tra ambienti interni ed esterni (soglie, porte, ponti e finestre) contribuiscono a creare un senso di benessere e facilitano la transizione tra spazi diversi.
 - i. **Serie e catene collegate:** la presenza di spazi collegati in sequenza, sia in ambienti naturali sia in quelli costruiti, favorisce la percezione del movimento e del tempo.

Questi spazi relazionali creano un senso di organizzazione e di stimolo per l'osservatore.

- j. **Integrazione delle parti nei totali:** gli ambienti che offrono la percezione di un tutto complessivo, ovvero quando il totale è una proprietà costituita da più della somma delle singole parti, sono generalmente preferiti dalle persone.
 - k. **Contrasti complementari:** la capacità di unire elementi opposti, (luce e oscurità, alto e basso, aperto e chiuso) crea, in ambienti naturali e costruiti, un senso di profondità e complessità stimolando l'interesse e la comprensione.
 - l. **Equilibrio dinamico e tensione:** la combinazione dinamica di forme diverse, e talvolta contrastanti, crea un senso di energia e vitalità, trasformando gli spazi in entità vive e in continua evoluzione.
 - m. **Frattali:** gli elementi in natura sono caratterizzati da una grande varietà, anche all'interno di una stessa specie. Non esistono due elementi identici, nemmeno tra oggetti strettamente correlati. Si identificano con il termine "frattali" le forme che presentano questa caratteristica di variazione ordinata pur mantenendo lo stesso modello di base. Questo concetto viene ripreso anche in architettura, dove, partendo da un modello ripetuto ma con un design variabile, si creano edifici con strutture complesse e affascinanti.
 - n. **Rapporti e scale organizzati gerarchicamente:** la presenza in elementi naturali e costruiti di connessioni gerarchiche, aritmetiche e geometriche, come la sezione aurea e il rapporto di Fibonacci, permette di percepire l'ordine in strutture complesse che altrimenti apparirebbero caotiche.
4. **Luce e Spazio:** include dodici attributi di design, sette incentrati sulle qualità della luce e cinque sulle relazioni spaziali:
- a. **Luce naturale:** include sia gli effetti sia l'intero spettro cromatico della luce naturale. Secondo alcuni studi, la luce naturale è gratificante sia a livello fisico sia a livello psicologico per le persone, in quanto contribuisce spesso a salute, produttività e benessere nell'ambiente costruito.
 - b. **Luce filtrata e diffusa:** è possibile migliorare i benefici della luce naturale mitigando gli effetti dell'abbagliamento. La luce solare filtrata favorisce la connessione visiva tra spazi interni ed esterni, stimolando l'osservazione.
 - c. **Luce e ombra:** il contrasto tra spazi chiari e scuri può produrre una soddisfazione significativa sia negli edifici sia nei paesaggi, alimentando curiosità e mistero.
 - d. **Luce riflessa:** è necessario progettare sistemi di illuminazione che diano importanza alla luce riflessa da superfici, come pareti di colore chiaro, soffitti e corpi riflettenti. Questo perché è possibile ottenere vantaggi funzionali come l'attenuazione dell'abbagliamento e una maggiore penetrazione della luce negli spazi interni.
 - e. **Punti luce:** i punti luce, presenti in ambienti interni bui o poco illuminati, fungono da punti di riferimento visivi, facilitando l'orientamento e creando un'atmosfera sicura e protettiva, simile a quella di un focolare.
 - f. **Luce calda:** la presenza di aree illuminate in modo caldo, come isole di luce solare filtrata, crea un'atmosfera intima e rassicurante negli spazi interni.
 - g. **Luce come forma e aspetto:** la manipolazione della luce naturale stimola la curiosità e guida l'esplorazione degli spazi interni;
 - h. **Ampiezza:** la combinazione di ambienti aperti e altri più chiusi e protetti, tipica di luoghi come aeroporti, stazioni, edifici commerciali ed educativi, crea un senso di benessere e invita all'esplorazione.
 - i. **Variabilità spaziale:** favorisce la stimolazione emotiva e intellettuale.
 - j. **Spazio come forma e aspetto:** lo spazio può essere manipolato creativamente per trasmettere forme e aspetti all'ambiente costruito, così da stimolare interesse, curiosità, esplorazione e scoperta;

- k. **Armonia spaziale:** all'interno dell'ambiente costruito, la sinergia tra luce, materia e proporzione evoca un senso di armonia.
 - l. **Spazi interni-esterni:** gli ambienti interni più accattivanti sono quelli che riescono a stabilire una connessione con l'esterno, utilizzando elementi architettonici come colonnati, portici e foyer.
5. **Relazioni basate sul luogo:** l'essere umano, nel corso della sua evoluzione, ha sviluppato un forte legame con i luoghi, questo, in particolare, dovuto alla necessità di controllare l'ambiente circostante per garantire la propria sopravvivenza. Gli undici attributi sono:
- a. **Connessione geografica con il luogo:** la geologia, l'orientamento e le viste di edifici e paesaggi sono elementi chiave per costruire un senso di connessione con l'ambiente, offrendoci punti di riferimento stabili e familiari.
 - b. **Connessione storica con il luogo:** il legame profondo con un luogo, spesso segnato dal passare del tempo, favorisce un forte senso di appartenenza e una profonda consapevolezza della storia e della cultura di una comunità. Edifici e paesaggi che testimoniano questa continuità tra passato e presente rafforzano il legame tra le generazioni e alimentano il senso di identità collettiva.
 - c. **Connessione ecologica con il luogo:** i luoghi sono intrinsecamente legati agli ecosistemi circostanti. La progettazione edilizia, pur trasformando la natura, può avvenire in modo da non compromettere la biodiversità e l'integrità ecologica delle comunità ecologiche future.
 - d. **Connessione culturale con il luogo:** il patrimonio architettonico, soprattutto nella sua forma vernacolare, è testimone della storia e della cultura di un popolo, contribuendo a creare un senso di appartenenza e identità.
 - e. **Materiali locali:** l'utilizzo di materiali locali mira a valorizzare la cultura e l'ambiente del luogo di provenienza, oltre a richiedere meno energia per la fabbricazione e il trasporto.
 - f. **Orientamento del paesaggio:** il senso del luogo è dato dalle costruzioni che enfatizzano le caratteristiche del paesaggio come la sua pendenza, l'esposizione alla luce solare, la direzione del vento;
 - g. **Caratteristiche del paesaggio che definiscono la forma dell'edificio:** il contesto naturale, con le sue peculiarità geologiche, la vegetazione e l'acqua, può arricchire e caratterizzare le forme degli edifici, conferendo loro un'identità unica. Quando questa relazione viene meno, anche gli edifici più imponenti possono sembrare estranei al luogo in cui si trovano.
 - h. **Ecologia del paesaggio:** una progettazione attenta al contesto locale può contribuire a rafforzare l'equilibrio degli ecosistemi nel lungo termine. L'obiettivo è creare ambienti costruiti che rispettino i ritmi e le dinamiche naturali, contribuendo alla conservazione della biodiversità e alla salute degli ecosistemi.
 - i. **Spirito del luogo:** quando un luogo diventa parte integrante dell'identità delle persone, si genera un forte senso di responsabilità e cura nei confronti dell'ambiente costruito e naturale. Questo legame profondo è fondamentale per garantire la sostenibilità a lungo termine dei nostri territori.
 - j. **Evitare l'assenza di luogo:** l'assenza di un legame con il luogo è l'antitesi del design consapevole. Ignorare la cultura e l'ecologia locali, creando edifici che appaiono estranei al contesto in cui sono inseriti, contribuisce al degrado ambientale rendendo così le città meno vivibili.
6. **Relazioni evolute tra uomo e natura:** ogni individuo, in base alla propria storia e alle proprie esperienze, sviluppa un legame personale e unico con l'ambiente naturale. Questo legame, profondamente radicato nell'essere umano, porta a cercare connessioni con la natura. I dodici attributi che descrivono questo elemento sono:

- a. **Prospettiva e rifugio:** la prospettiva, ovvero, la capacità di osservare l'ambiente circostante avendo una visione ampia, è fondamentale per la sicurezza dell'uomo. Inoltre, anche la ricerca di un rifugio, inteso come luogo sicuro e protetto, è un bisogno fondamentale per l'uomo. Nell'ambiente costruito, queste esigenze si manifestano nella creazione di spazi interni accoglienti e di paesaggi riparati.
- b. **Ordine e complessità:** sia l'ordine sia la complessità svolgono un ruolo cruciale nella progettazione degli ambienti. L'ordine fornisce una struttura, mentre la complessità aggiunge ricchezza e interesse. Il successo di un progetto dipende dalla capacità di trovare un equilibrio tra questi due aspetti.
- c. **Curiosità e seduzione:** il desiderio innato di esplorare e scoprire, alimentato dalla curiosità, è un tratto distintivo dell'essere umano. Molti ambienti costruiti sfruttano questo impulso, stimolando l'intelletto e l'immaginazione attraverso l'esplorazione di processi naturali.
- d. **Cambiamento e metamorfosi:** molti progetti riflettono la natura dinamica e in continua evoluzione dei sistemi, sia naturali sia umani, incarnando il concetto di trasformazione e sviluppo continuo.
- e. **Sicurezza e protezione:** la sicurezza nell'ambiente costruito è un obiettivo fondamentale, ma deve essere perseguita in modo sostenibile, evitando di isolare le persone dalla natura e di compromettere gli equilibri ecologici.
- f. **Padronanza e controllo:** gli edifici e i paesaggi costruiti riflettono il desiderio umano di padronanza e controllo sulla natura. Quando questo desiderio è temperato da rispetto e moderazione, può favorire lo sviluppo dell'ingegno umano e contribuire alla crescita della fiducia in se stessi.
- g. **Affetto e attaccamento:** l'affinità emotiva per la natura ha contribuito significativamente allo sviluppo delle capacità umane di relazione e legame, cruciali per una specie che vive in comunità.
- h. **Attrazione e bellezza:** l'apprezzamento estetico per la natura è un potente strumento di progettazione, in quanto architetti e paesaggisti, ispirandosi alle forme e ai processi naturali, creano ambienti visivamente gradevoli che promuovono anche il benessere psico-fisico delle persone.
- i. **Esplorazione e scoperta:** la natura è una fonte inesauribile di ispirazione. Gli edifici e i paesaggi costruiti che facilitano le opportunità di esplorazione e scoperta dei processi naturali suscitano notevole interesse e apprezzamento.
- j. **Informazioni e cognizione:** l'esplorazione della complessità delle forme e delle figure naturali, attraverso l'esperienza sia diretta sia indiretta della natura, e l'utilizzo creativo dell'ornamentazione nell'ambiente costruito, stimolano lo sviluppo cognitivo e promuovono l'abilità di pensiero critico e risolutivo.
- k. **Paura e timore reverenziale:** la paura ha spesso ispirato la creazione di spazi che suscitano un senso di meraviglia e di rispetto per le forze della natura.
- l. **Riverenza e spiritualità:** le opere architettoniche più apprezzate sono quelle che riescono a stabilire un legame profondo tra l'essere umano e la natura, generando un senso di meraviglia e di appartenenza.

Una progettazione biofilica efficace, richiede quindi un approccio rispettoso e una profonda conoscenza degli ecosistemi. In questo modo, è possibile creare ambienti salubri in armonia con la natura.

Le teorie di Kellert sul *biophilic design*, hanno fornito una solida base scientifica per lo sviluppo dei 14 pattern del *biophilic design* (Figura 3.16), in cui sono riportate le possibili relazioni tra i pattern per la progettazione biofilica e l'impatto che hanno sul sistema mente-corpo. Questi 14 modelli, sviluppati e schematizzati da *Terrapin Bright Green*, una società di consulenza di design con sede negli Stati Uniti, specializzata nel *biophilic design*, forniscono una guida pratica su come integrare la natura nei progetti

architettonici. Questo modello, che articola le relazioni tra natura, biologia umana e progettazione dell'ambiente costruito, è organizzato in tre categorie [111]:

- **Natura nello Spazio:** descrive la necessità di avere una presenza diretta, fisica e transitoria della natura in uno spazio o in un luogo. Questo include elementi naturali come piante, animali e acqua, oltre a elementi sensoriali come brezza, suoni e profumi naturali. In questi ambienti, il benessere e la tranquillità si raggiungono creando connessioni profonde con la natura. Per ottenere esperienze davvero significative, è necessario stabilire legami diretti con gli elementi naturali, sfruttando la varietà, il movimento e le interazioni multisensoriali. Questa categoria è suddivisa in sette pattern:
 - a. **Connessione visiva con la natura:** visione di elementi naturali, sistemi viventi e processi naturali;
 - b. **Connessione non visiva con la natura:** stimoli uditivi, tattili, olfattivi o gustativi, che generano un richiamo intenzionale e positivo con la natura, i sistemi viventi o i processi naturali;
 - c. **Stimoli sensoriali non ritmici:** relazione stocastica ed effimera con la natura che può essere analizzata statisticamente ma che non può essere prevista con precisione;
 - d. **Variabilità termica e del flusso d'aria:** piccoli cambiamenti di temperatura dell'aria, dell'umidità relativa, del flusso d'aria sulla pelle e delle temperature di superficie che imitano gli ambienti naturali;
 - e. **Presenza d'acqua:** una condizione che migliora l'esperienza di un luogo attraverso la vista, il suono e il tocco dell'acqua;
 - f. **Luce diffusa e dinamica:** sfrutta le diverse intensità di luci e ombre che cambiano nel corso del tempo per creare le condizioni riscontrabili in natura;
 - g. **Connessione con i sistemi naturali:** consapevolezza dei processi naturali, in particolare dei cambiamenti stagionali e temporali, caratteristici di un ecosistema sano.
- **Analoghi naturali:** descrive la necessità di avere riferimenti o rappresentazioni della natura, che traggono ispirazione dalle sue forme, dimensioni, colori, motivi e consistenze. Questi comprendono oggetti, materiali, colori, forme, sequenze e modelli presenti in natura e impiegati in opere d'arte, ornamenti, mobili, decorazioni e tessuti dell'ambiente costruito. Utilizzati nell'architettura e nel design d'interni, questi elementi creano una connessione visiva e tattile con la natura, anche in ambienti artificiali. Ad esempio, un quadro che raffigura un paesaggio naturale o un mobile in legno massello sono esempi di surrogati naturali. Questa categoria è suddivisa in tre pattern:
 - a. **Forme e Pattern biomorfici:** riferimenti simbolici per la disposizione numerica o dei contorni, delle fantasie e delle texture, che si ritrovano in natura;
 - b. **Relazione materiale con la natura:** materiali ed elementi che, attraverso un'elaborazione minima, riflettono gli elementi ecologici o geologici locali e creano un senso caratteristico del luogo;
 - c. **Ordine e complessità:** nasce dalla ricerca sulle geometrie frattali e sulle viste preferite per fornire simmetrie e geometrie configurate con una gerarchia spaziale coerente.
- **Natura dello Spazio:** si riferisce all'innata tendenza da parte dell'essere umano di esplorare e cercare di comprendere gli spazi sconosciuti. La curiosità, unita al fascino per l'ignoto, il pericolo e l'angoscia provata, pur essendo in un ambiente sicuro, sono alla base di questo bisogno che si identifica in quattro pattern:
 - a. **Prospettiva:** uno spazio con una buona vista panoramica e libera da ostacoli si percepisce come "aperto" permettendo di osservare l'ambiente circostante. Inoltre, trasmette un senso di sicurezza e controllo in ambienti sconosciuti;
 - b. **Rifugio:** un luogo, riparato e accogliente, che possa sottrarsi alle condizioni ambientali o al flusso delle attività principali e che possa offrire un senso di sicurezza e protezione, riducendo lo stress;

- c. **Mistero:** elementi visivi o sonori che stimolano la curiosità e invitano all'esplorazione dell'ambiente e a stimolare l'immaginazione, come la luce che filtra attraverso le foglie o il suono dell'acqua che scorre;
- d. **Rischio e pericolo:** una situazione potenzialmente pericolosa che, se gestita correttamente, può offrire un senso di sfida e gratificazione, generando un senso di sicurezza derivante dalla capacità di superarla.

I continui studi sulla biofilia e le ricerca sull'interazione uomo-ambiente hanno portato in [112] all'ideazione di un *Biophilic Quality Index* (BQI), uno strumento per la valutazione del grado di applicazione delle tecniche biofiliche per un edificio. Il BQI può essere utilizzato sia come guida per la progettazione di un edificio, sia come sistema di valutazione per un edificio esistente, dove il punteggio finale fornisce un'indicazione sui possibili interventi per migliorare il grado di biofilia. Il BQI si propone quindi come un valido aiuto per architetti e designer che vogliono integrare la natura nella progettazione, ma, allo stesso tempo, può servire ad aumentare la consapevolezza che progettare ambienti rigenerativi non è solo una questione estetica, ma una necessità per migliorare l'impatto ambientale degli edifici e il benessere delle persone.

14 PATTERN	* RIDUZIONE DELLO STRESS	PRESTAZIONI COGNITIVE	EMOZIONI, UMORE E PREFERENZE	
NATURA NELLO SPAZIO	Connessione visiva con la natura	<ul style="list-style-type: none"> Abbassamento della pressione sanguigna e della frequenza cardiaca (Brown, Barton & Gladwell, 2013; van den Berg, Hartig, & Staats, 2007; Tsunetsugu & Miyazaki, 2005) 	Miglioramento del coinvolgimento mentale/attenzione (Biederman & Vessel, 2006)	Impatto positivo su atteggiamento positivo e felicità generale (Barton & Pretty, 2010)
	Connessione non visiva con la natura	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione della pressione sanguigna sistolica e degli ormoni dello stress (Park, Tsunetsugu, Kasetani et al., 2009; Orsega-Smith, Mowen, Payne et al., 2004; Hartig, Evans, Jamner et al., 2003; Ulrich, Simons, Losito et al., 1991) 	Impatto positivo sulle prestazioni cognitive (Mehta, Zhu & Cheema, 2012; Ljungberg, Neely, & Lundström, 2004)	Miglioramento percepito della salute mentale, tranquillità (Li, Kobayashi, Inagaki et al., 2012; Jahncke, et al., 2011; Tsunetsugu, Park, & Miyazaki, 2010; Kim, Ren, & Fielding, 2007; Stigsdøtter & Grahn, 2003)
	Stimoli sensoriali non ritmici	<ul style="list-style-type: none"> Impatto positivo sulla frequenza cardiaca, pressione sanguigna sistolica e attività del sistema nervoso simpatico (Kahn et al., 2008; Li, 2010; Park, Tsunetsugu, Ishii et al., 2008; Beauchamp, et al., 2003; Ulrich, Simons, Losito et al., 1991) 	Misure comportamentali osservate e quantificate di attenzione ed esplorazione (Windhager et al., 2011)	
	Variabilità termica e del flusso d'aria	<ul style="list-style-type: none"> Impatto positivo su comfort, benessere e produttività (Heerwagen, 2006; Tham & Willem, 2005; Wigö, 2005) 	Miglioramento della concentrazione (Hartig et al., 2003; Hartig et al., 1991; R. Kaplan & Kaplan, 1989)	Aumento del piacere spaziale e temporale (Alliestesia) (Parkinson, de Dear, & Candido, 2012; Zhang, Arens, Huizenga & Han, 2010; Arens, Zhang & Huizenga, 2006; Zhang, 2003; de Dear & Brager, 2002; Heschong, 1979)
	Presenza d'acqua	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione dello stress, aumento della sensazione di tranquillità, riduzione della frequenza cardiaca e della pressione sanguigna (Pheasant, Fisher, Watts et al., 2010; Alvarsson, Wiens, & Nilsson, 2010; Biederman & Vessel, 2006) 	<ul style="list-style-type: none"> Miglioramento della concentrazione e rigenerazione della memoria (Alvarsson et al., 2010; Biederman & Vessel, 2006) Miglioramento della percezione e della reattività psicologica (Alvarsson et al., 2010; Hunter et al., 2010) 	Preferenza di luogo e reazioni emotive positive (Winchager, 2011; Barton & Pretty, 2010; White, Smith, Humphries et al., 2010; Karmanov & Hämel, 2008; Biederman & Vessel, 2006; Ruso & Altwanger, 2003; Heerwagen & Orans, 1993; Ulrich, 1983)
	Luce dinamica e diffusa	<ul style="list-style-type: none"> Impatto positivo sul funzionamento del ritmo circadiano (Beckett & Roden, 2009; Figueiro, Brons, Plitnick et al., 2011) Aumento del comfort visivo (Eyezadi, 2012; Kim & Kim, 2007) 		
	Connessione con i sistemi naturali			Miglioramento della salute e cambiamento della percezione dell'ambiente (Keller et al., 2008)
ANALOGHI NATURALI	Forme e pattern biomorfici	*		Preferenza visiva del luogo (Vessel, 2012; Joye, 2007)
	Connessione materiale con la natura		<ul style="list-style-type: none"> Diminuzione della pressione arteriosa diastolica (Tsunetsugu, Miyazaki & Sato, 2007) Miglioramento delle prestazioni creative (Lichtenfeld et al., 2012) 	Miglioramento del comfort (Tsunetsugu, Miyazaki & Sato 2007)
	Complessità e ordine	<ul style="list-style-type: none"> Risposte allo stress percettivo e fisiologico con impatto positivo (Salinas, 2012; Joye, 2007; Taylor, 2006; S. Kaplan, 1988) 		Preferenza visiva del luogo (Salinas, 2012; Hägerhäll, Laike, Taylor et al., 2008; Taylor, 2006; Hägerhäll, Purcell, & Taylor, 2004)
NATURA DELLO SPAZIO	Prospettiva	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione dello stress (Grahn & Stigsdøtter, 2010) 	Riduzione di noia, irritazione, affaticamento (Clearwater & Coss, 1991)	Maggiore comfort e sicurezza percepita (Herzog & Bryce, 2007; Wang & Taylor, 2006; Petherick, 2000)
	Rifugio	*	Migliore concentrazione, attenzione e percezione di sicurezza (Grahn & Stigsdøtter, 2010; Wang & Taylor, 2006; Petherick, 2000; Ulrich, Simons, Losito et al., 1991)	
	Mistero	*		Induzione di una forte risposta di piacere (Biederman, 2011; Salimpoor, Benovoy, Larcher et al., 2011; Ikemi, 2005; Blood & Zatorre, 2001)
	Rischio/Pericolo	*		Aumento della dopamina o del piacere (Kotino et al., 2013; Wang & Tsien, 2011; Zaidi et al., 2008)

Figura 3.16 Tabella riassuntiva delle funzioni dei 14 patterns del Biophilic Design e delle relative risposte biologiche dell'essere umano [12]

Si può quindi concludere che il *biophilic design* rappresenta un valido approccio basato su solide ricerche scientifiche che dimostrano come la presenza di elementi naturali negli ambienti costruiti possa avere effetti positivi sul nostro benessere psico-fisico. Allo stesso tempo, questa disciplina ci invita a riscoprire la nostra connessione innata con la natura, attingendo ai ricordi positivi di esperienze passate con questa così da trasferirli nei nostri spazi. Diventa quindi un modo per creare ambienti che ci facciano sentire a casa, sicuri e in pace.

Esprimere il *biophilic design* negli interni

Case ed uffici rappresentano gli ambienti in cui passiamo la maggior parte della nostra giornata. Questi possono avere un potere sorprendentemente profondo sulle nostre emozioni e sul nostro benessere. Spazi lavorativi progettati pensando al benessere dei dipendenti possono portare ad una maggiore produttività e soddisfazione, con conseguenti benefici anche per le aziende stesse. Ambienti domestici progettati per promuovere salute e relax possono rappresentare un importante luogo di rigenerazione personale, aspetto che dalla pandemia e i vari lockdown è sempre più emerso. Applicare i principi del *biophilic design* negli ambienti interni può quindi aiutare la realizzazione di luoghi più felici e sani in cui vivere.

Secondo Heat (2021), la creazione di interni che esprimano associazione con la natura e una risposta benefica per gli occupanti passa dall'applicazione di una serie di consigli in materia di arredamento.

Colore, Pattern e Texture

Colore, pattern e texture svolgono un ruolo fondamentale nell'influenzare profondamente le percezioni e il comportamento delle persone in uno spazio chiuso. Heat (2021) cita come la *teoria della valenza ecologica*, proposta da Stephen E. Palmer e Karen B. Schloss, indichi la tendenza delle persone a preferire e a reagire positivamente ai colori associati ad esperienze positive e vitali, come quelle legate alla natura. Di conseguenza, le pareti degli interni dovrebbero riflettere colori che richiamano alla natura, come i blu, il verde brillante, i gialli e il viola. Allo stesso tempo, [113] indica come sia fondamentale considerare l'insieme degli elementi presenti (es. soffitto, porte, cornici, scaffali, armadi, mensole) nella scelta dei colori. In questo senso, per creare uno schema cromatico armonioso si può [113]:

- basarsi su diverse tonalità, sfumature e tinte dello stesso colore che creano combinazioni armoniose e rilassanti;
- basarsi su colori adiacenti sulla ruota dei colori, in quanto donano profondità e dinamismo all'ambiente.

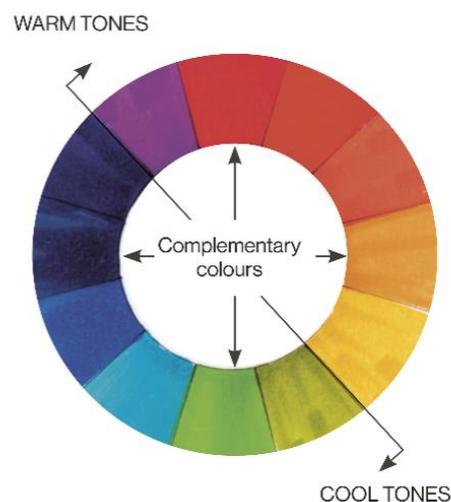


Figura 3.15 Rappresentazione della ruota dei colori [113]

Heat (2021), inoltre, consiglia di introdurre negli interni motivi visivi e specifici pattern che richiamano i frattali biofilici, in quanto la ricerca ha dimostrato come l'esposizione a questi frattali possa ridurre lo stress del 60% ed avere un effetto ristoratore su salute e benessere.

La connessione con la natura attraverso i materiali rappresenta un altro elemento chiave della progettazione biofilica. In [113] si consiglia l'introduzione di materiali naturali nell'ambiente costruito, minimamente lavorati per rispecchiare la geologia e l'ecologia locali, per creare un senso di appartenenza al contesto naturale e, allo stesso tempo, offrire esperienze tattili che contribuiscano al benessere individuale. Per realizzare questo, Heat (2021) indica nell'utilizzo del legno la scelta migliore per aumentare la percezione di comfort e produrre effetti positivi sulla salute che comportano aumento dell'ottimismo, della fiducia e riduzione dello stress.



Figura 3.16 Esempi di introduzione di frattali e texture negli interni [113]

Illuminazione

I ritmi circadiani influenzano diversi aspetti della vita, come il sonno, il comportamento, l'appetito e l'umore. La mancanza di sonno può influire negativamente sulla capacità di concentrazione e sull'umore, con conseguenze negative per le relazioni umane. Heat (2021) indica come un utilizzo strategico e combinato di luce naturale e artificiale possa aiutare il mantenimento dell'equilibrio dei ritmi circadiani. Per realizzarlo, è essenziale [113]:

- favorire il più possibile l'ingresso della luce solare negli ambienti interni. Questa, a seconda della tonalità delle pareti e degli arredi, verrà maggiormente diffusa (pareti chiare), rendendo gli interni più spaziosi e luminosi, oppure assorbita (colori scuri).
- utilizzare vari tipi di illuminazione per adattarsi alle diverse attività e momenti della giornata. La realizzazione di questo effetto si basa sulla temperatura della luce emessa dagli impianti di illuminazione; misurata in Kelvin (*Figura 3.17*), questa può influenzare la risposta fisiologica del corpo. Inoltre, la scelta della tipologia di luci è importante: utilizzare i principi dell'*illuminazione funzionale* permette di progettare la luce in modo da esaltare e soddisfare le specifiche esigenze legate all'uso di uno spazio.

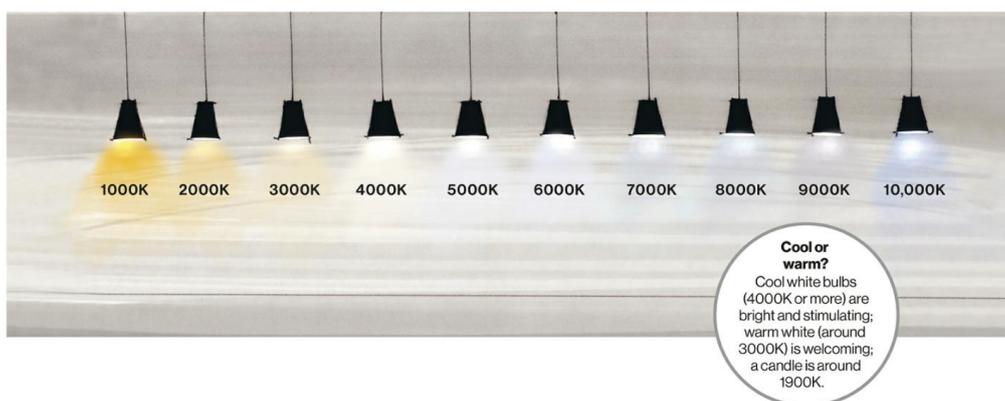


Figura 3.17 Esempi della temperatura della luce [113]

Suoni

Contesti urbani, come quelli delle grandi città e delle metropoli, spesso offrono alti livelli di inquinamento acustico. Heat (2021) suggerisce come l'utilizzo di elementi naturali, quali siepi ed alberi, contribuisca all'isolamento acustico delle case. In questo senso, possono essere sfruttati per realizzare barriere acustiche naturali, delimitando allo stesso tempo i perimetri delle abitazioni al posto di costruire muri e recinzioni e portando, allo stesso tempo, benefici per il miglioramento della qualità dell'aria.

Un'altra tecnica che sfrutta la natura per migliorare l'abitabilità degli spazi chiusi è il mascheramento del suono; questo consiste nell'incoraggiare la biodiversità attorno alla casa per coprire i rumori urbani con i suoni della natura (es. fruscio delle foglie mosse dal vento, cinguettio degli uccelli che trovano riparo su alberi e barriere naturali, ecc.) [113].

Nei casi in cui non sia possibile sfruttare la natura e i suoi suoni per ridurre l'inquinamento acustico, Heat (2021) indica altre opzioni quali la diffusione negli interni di una specifica gamma di rumori; in particolare si citano:

- Rumore bianco: è un rumore meccanico continuo, come il leggero ronzio di un motore, che copre l'intera gamma di frequenze udibili. Particolarmente efficace con i bambini, viene spesso utilizzato per mascherare il rumore di fondo e favorire la concentrazione o il sonno.
- Rumore rosa: a differenza di quello bianco che ha tutte le frequenze allo stesso livello, il rumore rosa è caratterizzato da frequenze basse più pronunciate che lo rendono più simile a rumori naturali quali la pioggia costante o il vento tra le foglie di un albero.
- Rumore marrone: si tratta di un rumore caratterizzato da frequenze basse ancora più intense (es. il rumore di un tuono) che permettono di mascherare suoni esterni acuti.



Figura 3.18 Esempi di utilizzo di siepi per l'isolamento acustico [113]

Aria

Il *biophilic design* e la qualità dell'aria risultano strettamente correlati, in quanto l'integrazione di elementi naturali negli ambienti costruiti comporta effetti positivi diretti sulla qualità dell'aria negli interni (IAQ, *Indoor Air Quality*).

Le piante da appartamento possono assorbire alcuni inquinanti interni e, attraverso la fotosintesi, catturare l'anidride carbonica e rilasciare ossigeno. Inoltre, possono contribuire a filtrare, attraverso foglie e radici, gli inquinanti più comuni dell'aria interna [113]. Nei grossi edifici commerciali, tuttavia, affidarsi solamente a piante in vaso non permette di rimuovere una quantità di inquinanti sufficiente a migliorare la qualità dell'aria. Le ricerche più recenti si sono così orientate verso le cosiddette pareti verdi (o *living walls*), che, grazie ad una maggiore densità di piante, risultano in grado di aumentare le proprietà depurative dell'ambiente [114].

Oltre alle piante, il *biophilic design* promuove l'utilizzo di materiali naturali come legno, pietra e fibre naturali, che a differenza di alcuni materiali sintetici, garantisce la non emissione di composti organici volatili (VOC) dannosi nell'aria interna, contribuendo così a migliorare la qualità dell'aria [116].

È importante sottolineare che la progettazione biofilica, sebbene non possa risolvere autonomamente tutti i problemi legati all'IAQ, può contribuire significativamente al loro miglioramento. Per ottenere un ambiente interno con una IAQ ottimale, la sola progettazione biofilica non basta: risulta infatti necessario combinare i suoi principi con altre misure, quali l'utilizzo di filtri per purificare l'aria, una corretta ventilazione (naturale e non). Inoltre, il monitoraggio regolare della qualità dell'aria e l'implementazione di misure preventive per la riduzione degli inquinanti sono elementi cruciali per garantire la salute e il benessere delle persone negli ambienti interni [116].



Figura 3.19 Esempio di living wall dell'azienda VerticalOxygen [115]

Cura delle piante

Come indicato dai principi del *biophilic design*, introdurre spazi verdi all'interno degli ambienti chiusi (domestici e non) comporta numerosi benefici come il miglioramento dell'umore e della creatività e la riduzione dello stress, oltre a vantaggi legati al miglioramento dell'IAQ [113].

Heat (2021) cita come avere piante sulle postazioni di lavoro comporta numerosi vantaggi, tra cui un miglioramento delle prestazioni (10%), dei livelli di energia (76%), della felicità dichiarata (78%) e della salute (65%). Secondo i risultati di altri studi indicati in [113], la diversità del microbiota umano può essere influenzata dalla presenza di spazi verdi: è stato scoperto come i bambini che giocano in mini foreste hanno una diversità del microbiota un terzo superiore rispetto a quelli che giocano in giardini di ghiaia. Inoltre, sono stati riscontrati cambiamenti positivi nel loro sistema immunitario.

Un altro supporto al sistema immunitario viene dal batterio *Mycobacterium vaccae* con cui si può entrare in contatto attraverso il suolo; in [113] si indica come si sia dimostrato che questo batterio ha proprietà anti-infiammatorie e che supporta il sistema immunitario.

L'introduzione delle piante in casa può avvenire, secondo Heat (2021), per mezzo delle pareti verdi. Queste sono caratterizzate da un aspetto rigoglioso e accogliente e permettono di non occupare spazio sul pavimento. Inoltre, possono contribuire a garantire un ambiente più salubre e ad assorbire i rumori esterni [113].

Un approccio più classico può prevedere l'utilizzo di piante sospese, o posizionate sugli scaffali; Heat (2021), inoltre, indica come la presenza di un terrario di vetro con piccole piante tropicali o piante grasse su una scrivania possa offrire dei benefici. I terrari, specialmente se chiusi, richiedono poca manutenzione, in quanto si crea un microambiente che autosostiene la vita delle piante stesse.



Figura 3.20 Esempio di introduzione di piante in vaso e terrari in un ambiente interno [113]

Vantaggi e svantaggi

Il *biophilic design* offre un approccio innovativo e sostenibile alla progettazione architettonica, che integra la natura negli ambienti costruiti andando a definire un ambiente interno più salubre. Da un lato, porta numerosi vantaggi: contribuisce alla sostenibilità ambientale, migliora la qualità dell'aria e favorisce la salute e il benessere delle persone, riducendo lo stress. Dal punto di vista dell'innovazione, il *biophilic design* stimola lo sviluppo di nuove tecnologie e soluzioni personalizzate, promuovendo un approccio creativo alla progettazione architettonica che permetta l'integrazione della natura nel contesto urbano.

Tuttavia, questo approccio presenta anche alcune sfide. I costi iniziali e di manutenzione possono essere più elevati rispetto a soluzioni tradizionali, e la disponibilità di materiali naturali e di competenze specifiche può essere limitata. Inoltre, la progettazione e la realizzazione di edifici biofilici richiede un approccio integrato e interdisciplinare. Se si considera negli interni, invece, l'esposizione a piante o fiori potrebbe scatenare allergie in determinati soggetti sensibili [117]. Inoltre, potrebbero esserci dei problemi di spazio, oppure di accesso limitato alla luce naturale o una ventilazione inadeguata, fattori che rendono difficile incorporare elementi naturali negli interni [117].

Nonostante questi limiti, i benefici del *biophilic design*, in termini di sostenibilità e benessere, possono superare di gran lunga i costi. Investire in progetti biofilici significa creare ambienti più sani, più piacevoli e più in sintonia con le esigenze dell'uomo e del pianeta.

Capitolo IV

Il progetto di tesi

Architettura, design e ricerca del proprio benessere psico-fisico sono i fattori la cui interazione permette di passare dal concetto di casa vista come rifugio ad uno innovativo per cui le abitazioni rappresentano un luogo di rigenerazione e benessere. Riprendendo i principi del design rigenerativo e biofilico, questo capitolo tratta più specificatamente del progetto di questa tesi: viene analizzato l'ambito del progetto, il cui focus è proporre una soluzione allo stress attraverso la coltivazione di piante in un terrarium, un excursus storico, riguardante l'adozione di pratiche di giardinaggio dall'antichità ad oggi, per poi trattare nel dettaglio della proposta di questa tesi.

Ambito di progetto

Lo stress, e i suoi effetti sul benessere psico-fisico delle persone, sono ormai sempre più argomento di studio. Numerosi studi evidenziano come questo sia causa o contribuisca in negativo alla salute. In un contesto sociale che valorizza l'individualismo e la realizzazione personale, in cui si deve sottostare a ritmi frenetici che comportano una costante connessione digitale, l'individuo è spesso spinto a dare il proprio massimo, a scapito però dei propri bisogni. A livello globale, questa situazione si riflette in un trend per cui sono in aumento i casi in cui lo stress raggiunge livelli di cronicità tali da portare sempre più spesso al rischio di burnout.

In questo ambito, la natura ci può fornire una mano efficace, in quanto il suo effetto benefico favorisce la riduzione dello stress, il miglioramento dell'umore, aspetti che si ripercuotono anche a livello lavorativo con aumenti della produttività. Diventa quindi essenziale affiancare a un contatto diretto e totale con l'ambiente naturale un altro tipo di contatto che permetta alla natura di entrare negli spazi in cui le persone trascorrono la maggior parte del loro tempo.

Dai risultati di un'indagine condotta da *YouGov*, citati in [118], emerge come nonostante il 90% del campione interrogato desideri trascorrere più tempo a contatto con la natura, poco più della metà (il 52%) spende meno di un'ora a settimana in un ambiente naturale; in Italia, la percentuale sale al 66%. L'indagine evidenzia anche che il 77% delle persone vorrebbe cambiare il proprio stile di vita, percentuale che sale all'88% in Italia. In aggiunta, si cita come la maggior parte degli intervistati ricorda di aver trascorso molto più tempo nella natura durante l'infanzia rispetto ai bambini di oggi, mostrando una seria preoccupazione per questa tendenza. Un altro dato che evidenzia l'interesse verso la natura è fornito in [118] dai risultati dell'analisi condotta da RAND Europe sul numero di articoli pubblicati riguardanti l'effetto della natura sulla salute fisica e mentale: tra il 2010 e il 2019, infatti, si stima che il numero di articoli dedicati a queste tematiche sia passato da 300 a circa 1.700.

Un altro dato rilevante per inquadrare l'ambito di progetto è offerto dai risultati di un'indagine del 2024 condotta dall'Osservatorio Sanità di UniSalute, mostrati in [119]. Da questi si evidenzia come molti italiani affrontino la vita con stress, ansia e altri sentimenti negativi, senza però cercare un aiuto psicologico spesso a causa di costi elevati o della sottovalutazione del problema. In particolare, il 43% del campione intervistato ha dichiarato di aver avuto difficoltà a mantenere un buon umore nell'ultimo anno. Il 33% ha avuto alti e bassi, mentre il 10% si è sentito giù di morale nella maggior parte del tempo. Lo stress rappresenta l'emozione negativa più comune: il 38% delle persone intervistate, infatti, dichiara di sentirsi stressate con una frequenza di quasi ogni giorno. Questa percentuale è ancora più alta tra le donne (43%) e i giovani sotto i 30 anni (47%). Altri sintomi comuni sono la sensazione di nervosismo

e tensione (32%) e lo stato di ansia eccessiva (27%). Ne emerge che le donne e i giovani sono i più colpiti da questi sintomi. Questo fatto trova giustificazione in uno studio condotto dall'università di Cambridge, citato in [120], secondo cui fattori biologici, come le fluttuazioni ormonali che si verificano durante la vita delle donne, una maggior propensione allo stress e alla ruminazione, aumentano del doppio il rischio di soffrire di stati d'ansia rispetto agli uomini. Allo stesso tempo, anche i giovani sperimentano sintomi di ansia: in [121] si indicano le cause nel fatto che al giorno d'oggi il mondo basa il successo sulle prestazioni; sensazioni come la paura di fallire, di non riuscire a dimostrare il proprio valore si traducono sempre più spesso in un grande senso di inadeguatezza.

La natura, e il contatto con essa in tutte le sue diverse forme, rappresenta un aspetto importante per il miglioramento del benessere psicofisico delle persone. Questo è apparso ancor più chiaro durante la pandemia di COVID19 e i lunghi periodi di isolamento forzato, dove le incertezze per il futuro e la propria salute hanno innescato un aumento significativo dei livelli di stress e ansia nella popolazione. Per far fronte al crescere di tutte queste emozioni negative, molte persone hanno cercato nuove attività che potessero riportare la natura nel loro quotidiano.

In questo senso, in [122], vengono mostrati i risultati di un'indagine condotta dall'Osservatorio *The World after Lockdown* di Nomisma per studiare le abitudini e le aspettative post-COVID di un campione di 1.000 persone. Ne è emerso come, durante il lockdown, il numero di italiani appassionati di giardinaggio sia aumentato considerevolmente, raggiungendo quota 19 milioni nel 2020, risultato che rappresenta un incremento di tre milioni rispetto all'anno precedente.



Figura 4.1 Statistica sulla diffusione del giardinaggio in Italia [122]

L'analisi si è concentrata principalmente sul giardinaggio, un hobby popolare in Italia, e ha diviso gli appassionati del verde, chiamati "green lover", in due categorie [122]:

- *green expert*: sono 12 milioni (circa il 24% della popolazione) di agricoltori per passione che si dedicano principalmente a coltivare giardini e orti (al Nord) oppure terreni (al Sud). Hanno un'età media di 53 anni e redditi familiari medio-alti e acquistano principalmente attrezzature nei garden center.
- *green enthusiast*: sono 14 milioni (circa il 27% della popolazione) che si dedicano alla cura di piante e fiori in casa o su terrazzi. Il campione è rappresentato principalmente da donne con un'età media di 45 anni e di provenienza principalmente dal Nord; questi acquistano il necessario per il giardinaggio in negozi di articoli per la casa o online.

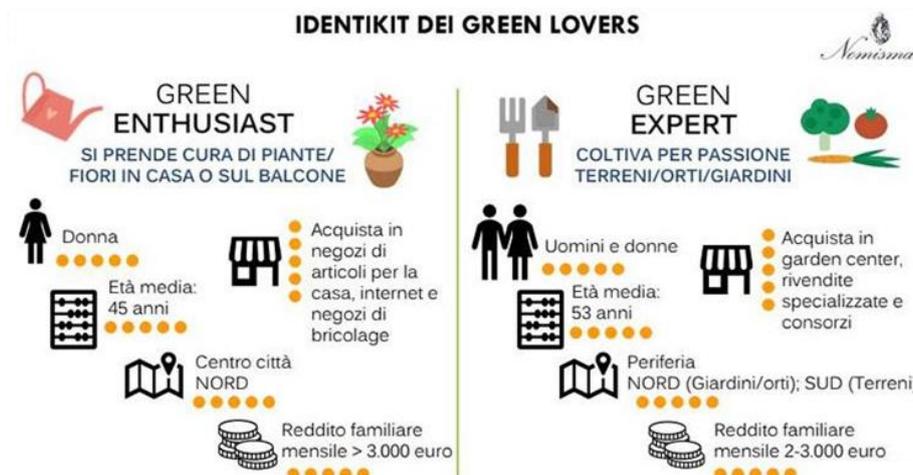


Figura 4.2 Identikit degli appassionati di giardinaggio in Italia [122]

In [122] si indica come le ragioni per cui molti scelgono di coltivare in vaso siano legate, in special modo, alla mancanza di spazio; questo fa sì che si preferiscano piante aromatiche, piante grasse e ortaggi. Circa il 43% dei green lover afferma di dedicarsi alla cura del verde per rilassarsi (26%) o per stare all'aria aperta e a contatto con la natura (17%), risultati che confermano la sempre più marcata consapevolezza degli effetti positivi delle piante sulla salute mentale. Anche l'aspetto estetico è importante: infatti, il 18% dei green lover dichiara di coltivare questa passione per abbellire la propria casa, mentre il 12% per organizzare spazi esterni; il 16%, invece, si dedica alla coltivazione di frutta e ortaggi per il consumo personale.

I risultati dell'analisi in [122] evidenziano, inoltre, come ci sia negli italiani una crescente sensibilità verso le tematiche ambientali e la sostenibilità, non solo per i neo-green lovers, rappresentati da donne, Millennials, laureati, lavoratori da remoto. Anche molti non appassionati al giardinaggio hanno dichiarato di voler provare ad avvicinarsi a questa attività in futuro. Se ne evidenzia che il settore del giardinaggio risulta estremamente dinamico con spazio per notevoli opportunità di crescita.

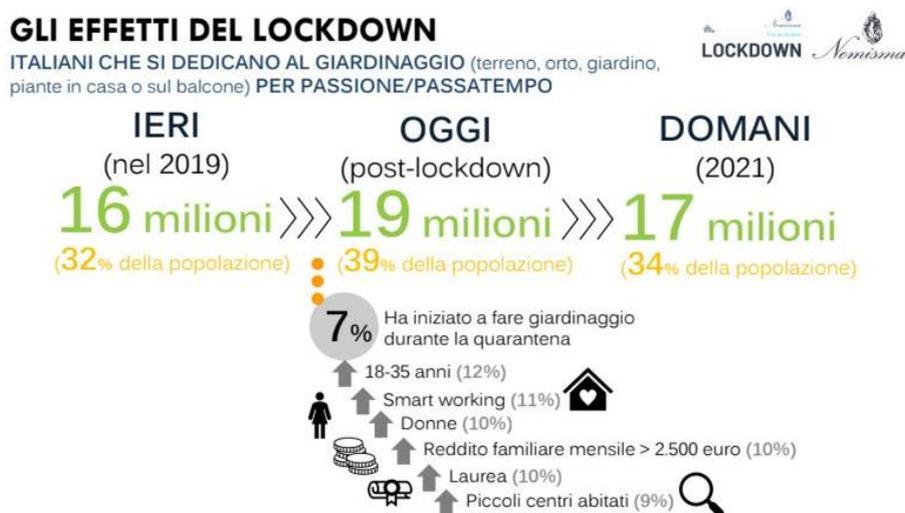


Figura 4.3 Andamento del numero di appassionati di giardinaggio in Italia [122]

Concept

Il nostro mondo contemporaneo, frenetico e spesso alienante, ci sottopone a livelli di stress sempre più elevati. La ricerca di un equilibrio tra vita personale e professionale è diventata una sfida costante. Numerosi studi scientifici hanno dimostrato come l'ambiente circostante influenzi significativamente il benessere psico-fisico delle persone. In particolare, la natura è emersa come un potente alleato nella lotta allo stress.

Partendo da queste premesse, il progetto di questa tesi si propone di creare oggetti di design che possano trasformare gli ambienti domestici in luoghi di tranquillità e armonia. Il prodotto, ispirandosi ai principi del *biophilic design*, è stato pensato per promuovere un senso di calma e di connessione con il mondo naturale e favorire l'interazione tra utente e natura. L'uso di tecnologie moderne unite ad un design esteticamente piacevole, vuole contribuire attivamente a migliorare la qualità della vita delle persone.

I prodotti proposti sono pensati per essere funzionali e versatili per rispondere alle preferenze degli utenti, adattandosi a diversi stili di vita e ambienti. In questo modo, si intende promuovere ambienti interni più sostenibili e salutari, che aumentino la consapevolezza delle persone a vivere in armonia con l'ambiente circostante.

Contesto storico sulle piante da interno

Dalle antiche civiltà al giorno d'oggi, le piante hanno sempre affascinato l'uomo. La loro capacità di portare un pezzo di natura all'interno delle case le ha rese oggetti di desiderio e di collezionismo, elementi fondamentali nell'arredamento delle dimore più lussuose [123].

Intorno al 1600 a.C., nei cortili del Palazzo di Cnosso a Creta, venivano utilizzati dei raffinati vasi da fiori in ceramica. A differenza dei comuni vasi della civiltà minoica, che spesso si rompevano per far spazio alla crescita delle piante, questi erano realizzati con cura per essere esposti all'esterno come decorazione del palazzo [123].



Figura 4.4 Contenitore in ceramica nel Palazzo di Cnosso per trasportare le

Anche gli antichi egizi coltivavano piante ornamentali da frutto e fiori in contenitori decorativi. Si crede che la diffusione di questa pratica sia stata legata alla necessità di spostare in modo sicuro le piante da un luogo all'altro. Questi vasi di argilla non smaltata permettevano all'aria e all'acqua di muoversi liberamente attraverso le pareti.

Per gli antichi egizi, il giardino era una creazione mistica, offerta in onore degli dei; per questo motivo, i giardini erano considerati come elementi centrali dei templi. Questa visione portò alla nascita dell'arte delle composizioni floreali, che da offerta alle divinità impiegata nei templi, nei palazzi o durante le cerimonie, divenne un modo per adornare le ville dei cittadini benestanti (con varietà di fiori, felci e palme in vaso) [124].

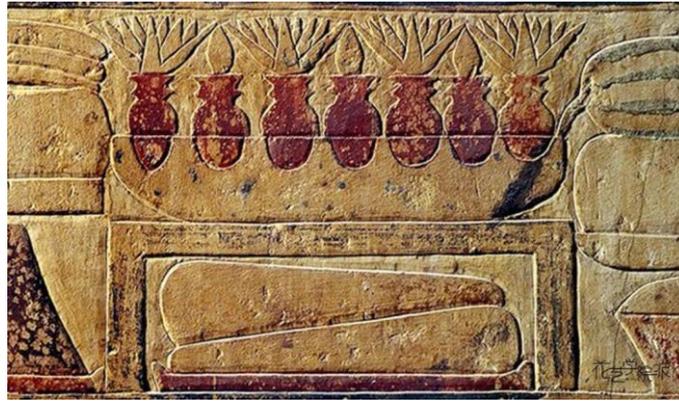


Figura 4.5 Sette vasi di fiore di loto che creano una composizione armoniosa in prossimità della tomba di Niankhkhnun e Khnumhpoteb [124]

Un altro esempio della diffusione della pratica di utilizzare piante ornamentali, viene offerto dall'antica Babilonia, dove, intorno al 600 a.C., il re Nabucodonosor fece costruire i Giardini Pensili di Babilonia, una delle famose sette meraviglie dell'epoca antica, come regalo per sua moglie, la regina Amytis. Questi giardini erano costituiti da enormi terrazze sovrapposte, sostenute da una ricca vegetazione composta da palme, cedri, datteri e fiori profumati, che creavano un paesaggio lussureggiante e suggestivo [123].

Il piacere di coltivare piante all'interno delle proprie abitazioni era ben noto anche alle antiche civiltà greche e romane. Infatti, nobili e patrizi adoravano abbellire i loro palazzi con rose, timo e giacinti, come si può osservare nel giardino peristilio della *Domus dei Vettii* di Pompei (Figura 4.6), dove questo spazio verde rappresentava, a tutti gli effetti, un microcosmo di cui l'acqua, la luce, le sculture e le piante odorose ne rappresentavano i protagonisti [125].



Figura 4.6 Vista del giardino peristilio della Domus dei Vettii di Pompei [125]

La scelta dei vasi per le piante variava a seconda della cultura: i Greci prediligevano la terracotta, mentre i Romani optavano per vasi in marmo, più raffinati ed eleganti. Con la caduta dell'impero romano, si assistette in Europa ad un lungo periodo in cui, alla coltivazione di piante ornamentali, si preferì quelle utilizzate per scopi alimentari e medicinali [123].

Nel corso del Medioevo, i monaci in Europa iniziarono a coltivare piante all'interno delle mura dei monasteri, dove svilupparono giardini destinati principalmente alla produzione di erbe per scopi

religiosi e medicinali. Questi monaci furono tra i primi a diffondere la pratica di coltivare piante in vaso, prevalentemente rosmarino, lavanda e timo, all'interno dei loro alloggi. Grazie a queste iniziative, i monasteri divennero ambienti dove veniva preservata l'arte dell'orticoltura e, nel contempo, fornivano ingredienti per il trattamento delle malattie più diffuse dell'epoca [126].

Per quanto riguarda le civiltà orientali, nell'antica Cina, gli affreschi nella tomba del principe Zhang Huai, risalenti al 706 d.C., provano l'esistenza del costume di utilizzare piante ornamentali per adornare ville e palazzi. Questi affreschi ritraggono servitori che trasportano vasi contenenti paesaggi in miniatura e piccoli alberi simili ai moderni bonsai. Di fatto, la cultura dell'antica Cina apprezzava particolarmente la bellezza naturale. Infatti si riteneva che gli alberi selvatici, con i loro rami contorti e le radici nodose, avessero un'energia speciale e fossero sacri. Le tecniche di coltivazione si sono sviluppate per accentuare queste caratteristiche naturali, creando alberi in miniatura che replicassero l'ideale di sacralità e maestosità che veniva loro attribuito. La filosofia buddista, con la sua enfasi sulla natura e la ricerca dell'illuminazione, ha ulteriormente ispirato la creazione di paesaggi in miniatura che riflettessero l'armonia tra l'uomo e la natura. Questa antica arte cinese, che venne chiamata *Penjing*, gettò le basi per l'arte giapponese del bonsai, che consisteva anch'essa nel coltivare alberi in vasi [127].

Fino al XVI secolo, la maggior parte delle case in Nord Europa erano scure e fredde a causa delle piccole finestre non vetrate. Queste condizioni rendevano difficoltosa la coltivazione di piante al chiuso. Tuttavia, con l'avvento del vetro a basso costo nel XVII secolo, si diffuse la pratica di costruire finestre più ampie con il risultato che gli interni delle case divennero più luminosi, condizione questa ideale per la crescita di piante da interno. Nel 1608, infatti, Sir Hugh Platt, un intellettuale ed inventore inglese, pubblicò il libro "*Floraes Paradise*", in cui descriveva, in modo dettagliato, come coltivare diverse specie di piante all'interno delle abitazioni; inoltre, offriva suggerimenti pratici e innovativi per l'epoca come sistemi di irrigazione e riscaldamento [128].

Il XVIII secolo ha segnato un punto di svolta nella storia delle piante da interno. Diverse tendenze e innovazioni contribuirono a rendere la coltivazione di piante all'interno delle abitazioni una pratica sempre più diffusa e sofisticata. Fu un periodo molto prolifico, in cui i botanici europei introdussero in Europa migliaia di nuove specie vegetali provenienti da tutto il mondo, arricchendo notevolmente la varietà di piante disponibili per la coltivazione domestica. Inoltre, sviluppando e diffondendo nuove tecniche di coltivazione, era più facile far fiorire le piante fuori stagione. La nascita e la proliferazione dei vivai, sviluppatasi tra la fine del XVII e il XVIII secolo, hanno reso le piante più accessibili diffondendo la passione per quest'ultime [129].

L'epoca vittoriana, con la sua eleganza e il suo gusto per il bello, vide un'esplosione di interesse per il mondo vegetale. Le piante d'appartamento, un tempo relegate ai giardini botanici e alle serre dei ricchi, fecero il loro ingresso nelle case della borghesia, trasformandosi in veri e propri oggetti di culto. Possedere una ricca collezione di piante, soprattutto se provenienti dalle colonie inglesi, era un segno distintivo del proprio status sociale. Alcune piante d'appartamento tipiche del periodo vittoriano, come crisantemi, palme esotiche, orchidee, gerani e felci, erano preferite in quanto donavano all'ambiente eleganza e freschezza, integrandosi perfettamente all'arredo domestico del tempo [129].



Figura 4.7 “Charles and Catherine Darwin” ritratto in gesso di Ellen Sharples (1816) [129]

Mentre l'epoca vittoriana aveva celebrato le piante d'appartamento come simbolo di raffinatezza, l'inizio del XX secolo ne decretò il declino. Considerate come elementi ingombranti e relegati al passato, queste vennero sostituite da decorazioni più moderne e minimaliste. Si impiegarono nuove tipologie di piante, come cactus e succulente, che con le loro forme essenziali e la loro resistenza, si adattarono perfettamente ai nuovi gusti, diventando le piante d'appartamento più popolari [129].

Il mercato delle piante d'appartamento negli Stati Uniti subì una significativa evoluzione a partire dagli anni '60. L'introduzione di etichette informative e la diffusione dei centri di giardinaggio segnarono una tappa importante nella commercializzazione delle piante d'appartamento, rendendole sempre più accessibili al grande pubblico. Fu però con gli anni '70 che si vide nuovamente un vero e proprio boom delle piante d'appartamento, strettamente legato ai movimenti ambientalisti e hippie. L'idea di creare un angolo di natura all'interno delle proprie abitazioni si sposava perfettamente con i valori di questi movimenti. Giardini interni dove piante a foglia larga, come felci e piante ragno, erano spesso appese in fioriere, ma anche piante tropicali come l'aloë vera erano molto popolari. Anche i terrari e i giardini in bottiglia che ricreavano piccoli ecosistemi erano molto di moda [129].

Negli anni '80, le piante d'appartamento continuarono a essere molto apprezzate, ma si assistette a una tendenza verso esemplari più grandi e scenografici. Gli anni '90, invece, furono caratterizzati da un rinnovato interesse per le orchidee, mentre, parallelamente, si diffusero anche le piante artificiali, che offrivano un'alternativa economica in quanto non richiedeva più manutenzione, ma donavano allo stesso modo un tocco di verde in casa.

A partire dalla metà degli anni 2010, si è assistito a un rinnovato interesse per le piante d'appartamento, alimentato in gran parte dai social media, contribuendo a creare una vera e propria comunità di appassionati, grazie alla condivisione di consigli, foto e ispirazioni. Questo movimento crebbe ulteriormente in seguito alla pandemia di COVID-19, scoppiata all'inizio del 2020. Confinata a casa, molte persone cercarono di creare ambienti domestici più accoglienti e verdi, aumentando esponenzialmente le vendite di piante nel 2020 [129].

In alternativa alle coltivazioni in vaso, negli ultimi decenni del XXI secolo, si è assistito ad un cambio di paradigma con il concetto di giardino e di piante da interno che è uscito dai confini tradizionali, andando a definire un nuovo modo per introdurre il verde negli interni, ovvero il *vertical garden*. I giardini verticali, pionieristici progetti ideati dal botanico e art designer francese Patrick Blanc, hanno inaugurato una nuova era nel rapporto tra uomo e natura, portando il verde nelle città e negli ambienti interni trasformando radicalmente la loro estetica [130].

Contesto storico sul terrarium

I terrarium sono un elemento d'arredo costituito da piante messe a dimora all'interno di un contenitore in vetro sigillato trasparente. Al suo interno una pianta è in grado di condurre il proprio ciclo vitale in modo quasi del tutto autonomo. Le composizioni sono arricchite da elementi inerti che contribuiscono a personalizzare i paesaggi in miniatura, quali ciottoli, pietre, sabbia o corteccia. Anche l'uso del muschio risulta funzionale alla creazione di un ambiente naturale nel terrarium, favorendo la creazione di un ecosistema vivo e dinamico [10].

La nascita di questo modo alternativo di coltivazione delle piante viene fatta risalire ad una calda estate del 1829, quando il medico e botanico inglese Nathaniel Bagshaw Ward, appassionato di piante, decise di osservare da vicino le varie fasi della metamorfosi di una farfalla sfinge. Mise il bozzolo in una bottiglia di vetro a bocca larga, contenente un po' di muffa di foglie parzialmente decomposte che vengono spesso utilizzate in giardinaggio, e coprì il tutto con un coperchio. All'interno della bottiglia, il grado di umidità saliva durante il giorno e si condensava sul vetro, per poi tornare al suolo quando la sera si raffreddava, mantenendosi così invariato. Dopo circa una settimana, notò la crescita di una spora di felce e di un'altra specie di erba. Questa osservazione inaspettata portò Ward a comprendere che le piante potevano vivere e prosperare in ambienti chiusi e umidi. A partire da questa scoperta, iniziò a condurre esperimenti con diverse piante e contenitori, creando le *Wardian cases*, che letteralmente si traducono in "casi di Ward", più conosciute al giorno d'oggi come "casce di Ward" [132] [133] [134].

Tutte le sue osservazioni e gli esperimenti condotti fino alla creazione delle *Wardian cases* sono state raccolte e pubblicate nel 1842 nel libro intitolato *On the Growth of Plants in Closely Glazed Cases*.

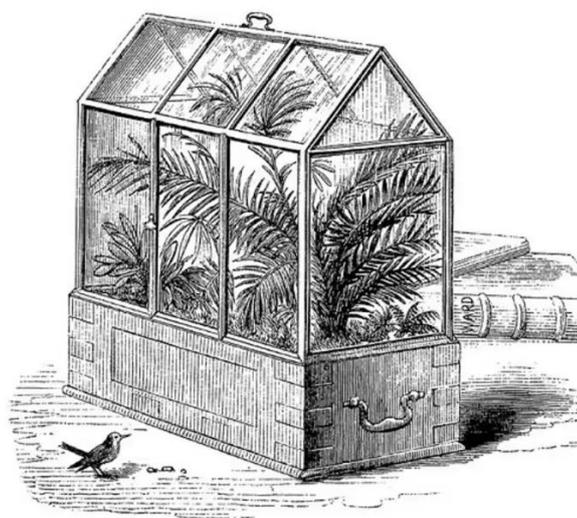


Figura 4.8 Disegno delle prime "Wardian cases" per trasportare le piante per lunghi viaggi in mare dal libro "On the Growth of Plants in Closely Glazed

Le *Wardian cases* erano caratterizzate da una custodia ermeticamente sigillata, realizzata in legno e vetro, che poteva essere trasportata su lunghe distanze, tant'è che fu spesso impiegata da esploratori e naturalisti del XVIII secolo. Queste fornivano tutto ciò di cui le piante avevano bisogno per sopravvivere una volta rimosse dal terreno: acqua, luce (che può passare attraverso le pareti di vetro) e temperatura uniforme, come se fossero state in una serra.

La tecnologia utilizzata da Ward era facilmente disponibile, ma il concetto delle *Wardian cases* sigillate era innovativo. Infatti, fino ad allora le serre erano relativamente comuni tra i professionisti. Queste utilizzano la radiazione solare per riscaldare lo spazio, creando un ambiente più caldo e favorevole alle piante tropicali, tuttavia, richiedono l'intervento dell'uomo per fornire l'acqua necessaria. Al contrario, le *Wardian cases* creavano un sistema autoregolato in cui il processo di condensazione ed evaporazione permetteva il mantenimento di un giusto grado di umidità e irrigazione. Erano talmente efficaci che alla Great Exhibition di Londra del 1851 fu esposta una *Wardian case* con una pianta che era rimasta senza acqua da diversi anni [132].



Figura 4.9 Veduta interna del Crystal Palace con due visitatori sulla destra che ammirano le piante in una Wardian case[135]

I vantaggi offerti da queste *Wardian case* fecero sì che il loro principale uso fosse il trasporto verso l'Europa delle nuove specie di insetti e piante provenienti da zone subtropicali o tropicali (come per esempio le colonie inglesi). Questo era sicuramente vantaggioso in quanto i trasporti richiedevano lunghi viaggi in mare dove le scorte di acqua dolce erano limitate e i marinai spesso non sapevano come prendersi cura delle piante. Infatti, prima della loro invenzione, l'unico modo per diffondere le nuove scoperte vegetali era il trasporto delle piante sotto forma di semi, rizomi secchi o radici [136].

Durante il XIX secolo, nelle città vittoriane si sviluppò l'interesse per le *Palm Houses*, grandi serre specializzata nella coltivazione di palme e altre piante tropicali e subtropicali, e per la *Pteridomania*, una mania per la coltivazione di felci che solo in seguito si estese anche alle orchidee. Per proteggere le felci dall'inquinamento atmosferico, che aveva reso difficile coltivarle all'aperto, in quanto piante molto delicate, si sfruttarono anche in questo caso le *Wardian cases*. Queste fornivano l'ambiente ideale per coltivare piante rare; inoltre, il loro possesso non era solo un modo per ostentare la ricchezza e l'eleganza della classe media e alta, ma offriva anche un'opportunità unica per approfondire e comprendere il mondo della scienza naturale con i processi di condensazione, fotosintesi e il ciclo dell'acqua [136] [137].

Questi antesignani dei terrari moderni riflettevano l'estetica dell'epoca in quanto caratterizzati da strutture in ferro battuto e vetro raffinato (*Figura 4.10*). Erano delle vere e proprie opere d'arte elaborate

che includevano piante e figurine in miniatura allo scopo di creare scene stravaganti che riflettessero l'interesse per le fiabe e la natura del periodo vittoriano [137].



*Figura 4.10 Esempio di Wardian case in ghisa e vetro (1860–1880),
Baltimore Museum of Art [138]*

Durante il XX secolo, le *Wardian cases* hanno subito un'evoluzione, riflettendo i cambiamenti di approccio nei confronti della natura, dell'arredamento e delle attività di svago. Dopo il loro picco di popolarità nell'era vittoriana, il pubblico perse interesse verso le *Wardian cases* che così conobbero un periodo di declino, senza però mai scomparire del tutto [137].

Negli anni '60 e '70, i terrari hanno vissuto una rinascita, alimentata dalla crescente consapevolezza ambientale e dalla cultura hippie. La loro capacità di offrire un angolo di natura all'interno di spazi ristretti, unita alla necessità di pratiche sostenibili e a basso impatto, li ha resi popolari tra chi cercava uno stile di vita più semplice e in armonia con l'ambiente. Intorno ai terrari si svilupparono delle comunità, con laboratori dedicati alla loro creazione e alla condivisione di conoscenze. Fu in questo periodo che i terrari assunsero un aspetto moderno, incorporando linee pulite e un'estetica minimalista, tipica dei movimenti moderni legati all'architettura e al design della seconda metà del XX secolo. Spesso venivano realizzati utilizzando forme geometriche e sfruttando diverse tipologie di contenitori in vetro, come vasche per pesci e vasi dalle forme uniche che si adattavano allo stile di design del periodo. In questo contesto, i terrari non erano più solo delle opere botaniche, ma vere e proprie sculture viventi, che univano l'arte alla coltivazione di piante in casa [137].

La tendenza dei terrari è stata molto diffusa fino alla metà degli anni '80, quando l'interesse per le piante da appartamento è diminuito, causato dalla tecnologia digitale e dai cambiamenti nello stile di vita. Dopo una fase di diminuzione dell'interesse legata alla diffusione massiva della tecnologia digitale, il XXI secolo ha visto un rinnovato interesse per i terrari che ora uniscono all'accessibilità l'innovazione portata dai design moderni e la scelta di nuovi materiali sostenibili. Al giorno d'oggi, i terrari sono considerati un modo per avvicinarsi al giardinaggio e per riportare la natura negli ambienti urbani, offrendo inoltre un'esperienza terapeutica. La creazione e la cura di un terrario sono considerate una pratica di *mindfulness*, in quanto promuove il benessere mentale e garantisce il raggiungimento di uno stato di calma [137].

Come funziona un terrarium

Un terrarium è un piccolo ecosistema composto da elementi vegetali e minerali, uniti a microrganismi, il tutto racchiuso in un recipiente di vetro per ricreare un paesaggio. Questo contenitore diventa il luogo in cui i diversi organismi interagiscono e prosperano, creando un vero e proprio ecosistema in cui è importante bilanciare l'aspetto estetico con quello biologico. Esistono due tipi di terrari [139]:

- **terrari aperti:** non avendo un coperchio, non sono in grado di mantenere lo stesso livello di umidità e quindi non possono essere considerati ecosistemi autonomi;
- **terrari chiusi:** grazie ad un coperchio chiuso e isolante, si crea un ambiente simile ad una foresta pluviale tropicale, con un ciclo quasi autosufficiente. La luce solare entra attraverso il vetro fornendo alle piante il necessario per compiere la fotosintesi, mentre l'umidità trattenuta all'interno del contenitore soddisfa il loro fabbisogno d'acqua, senza che le si debba innaffiare frequentemente. Questo tipo di terrarium può rimanere in uno stato quasi autonomo per un lungo periodo di tempo senza l'intervento umano.



Figura 4.11 Confronto tra le caratteristiche di terrari per piante tropicali e aride [139]

La scelta delle piante e degli elementi minerali nel terrarium può influenzare il loro successo o fallimento. Prima di assemblare il terrarium, bisogna prendere in considerazione le esigenze delle piante sulla base degli habitat d'origine (Figura 4.11). La scelta delle piante dovrebbe tener conto delle loro esigenze di umidità, luce e tipo di terreno, così da evitare che le piante competano tra di loro per le

risorse o si creino situazioni in cui l'eccesso o la mancanza di una risorsa porti beneficio solo ad un tipo di pianta [139].

Solitamente, i terrari sono realizzati con la presenza di un albero centrale in miniatura circondato da piante e decorazioni minerali. I muschi sono un elemento importante per terrari ad alta umidità, in quanto, siccome possono crescere in tappeti piatti o in cumuli, aiutano a creare l'effetto di un prato o di una collina verdeggianti [139].

Sia nei terrari chiusi sia in quelli aperti il funzionamento dell'ecosistema avviene nelle seguenti modalità [139]:

- **processo di fotosintesi:** è una reazione chimica che avviene nelle piante, in cui l'acqua assorbita dalle radici e l'anidride carbonica assorbita dalle foglie vengono convertite in zuccheri e ossigeno grazie all'energia della luce solare. Questo processo avviene grazie alla clorofilla presente nei tessuti delle foglie. L'ossigeno prodotto viene poi rilasciato durante il giorno (Figura 4.12).

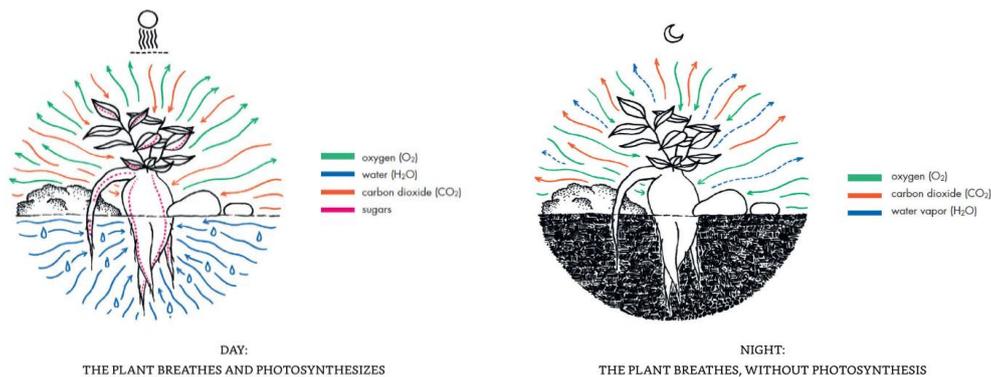


Figura 4.12 Rappresentazione schematica degli scambi tra la pianta e l'ambiente durante il giorno e la notte [139]

- **ciclo dell'acqua:** durante la fotosintesi, l'acqua, che le radici assorbono dall'umidità o a partire dalla prima innaffiatura, viene rilasciata sotto forma di vapore acqueo (che si condensa come liquido sulle pareti solo nel caso del terrarium chiuso); questo vapore ritorna nel terreno dove viene assorbito dalle radici, completando così il ciclo.

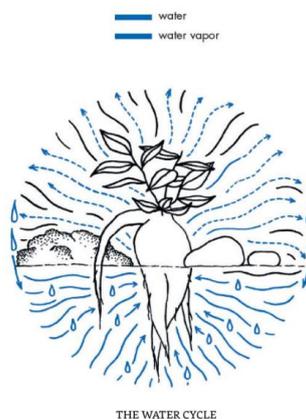


Figura 4.13 Rappresentazione schematica del ciclo dell'acqua in un terrarium [139]

Il successo della progettazione di un terrarium dipende anche dalla scelta e dalla disposizione degli elementi. Oltre alle piante, il tipo di terreno è fondamentale per il buon ancoraggio delle radici e

l'assorbimento sia delle sostanze nutritive sia dell'acqua (*Figura 4.14*). Per favorire il drenaggio dell'acqua, in [139] si consiglia di porre un letto di ghiaia grossolana sul fondo del terrarium in modo da evitare che il terreno risulti talmente bagnato da impedire alle radici di respirare. Il terriccio utilizzato deve essere adatto alle esigenze delle piante ospitate, poiché ogni tipo di terreno possiede specifiche sostanze chimiche e nutritive. Poiché il volume del terreno in un terrarium è ridotto, è necessario fornire una miscela di terreno arricchita per garantire il migliore ambiente possibile per le piante.

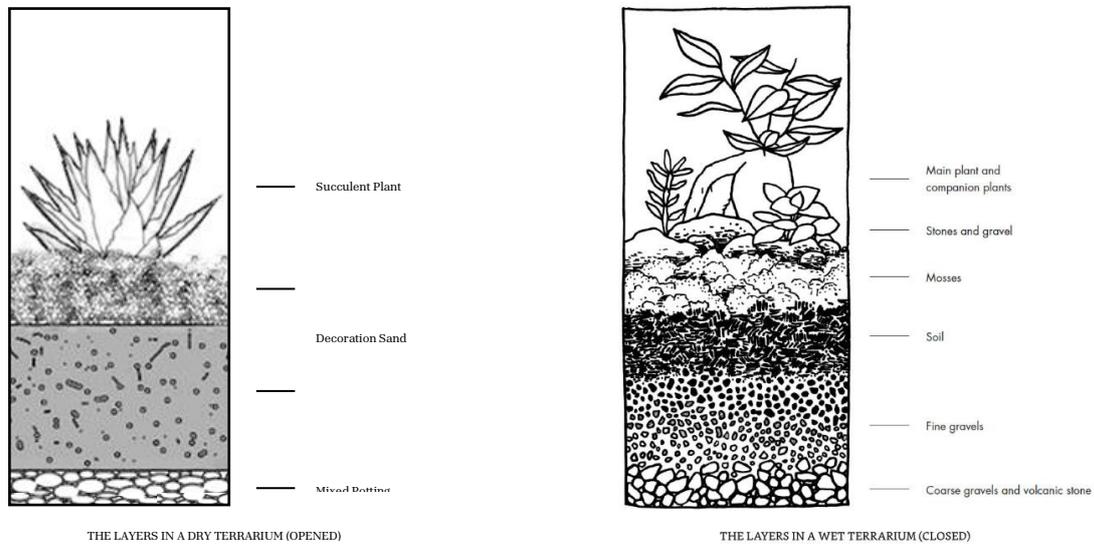


Figura 4.14 Confronto schematico tra un terrarium per piante succulente e uno per piante tropicali [139]

Ulteriori consigli espressi in [139] riguardano il controllo dell'umidità, la necessità di potare regolarmente le piante e quella di posizionare il terrarium in un punto della casa raggiunta dalla luce solare per garantire le giuste condizioni di illuminazione.

Per entrambe le due tipologie di terrari, la temperatura interna deve essere mantenuta tra 15°C e 27°C, evitando condizioni estreme caratterizzate da temperature elevate o da luce solare diretta. Se la temperatura aumenta, è possibile aprire il contenitore e nebulizzare dell'acqua all'interno per incrementare il livello di umidità [139].

Target

Nel periodo del lockdown per la pandemia di COVID-19, si è assistito ad un aumento degli appassionati di giardinaggio, soprattutto tra le donne e i giovani sotto i 30 anni. Pertanto, sulla base dei dati risultanti dalle indagini descritte nell'ambito di progetto, la progettazione vuole concentrarsi su un prodotto che possa offrire loro tranquillità e un senso di connessione con la natura.

Il target di riferimento comprende adulti tra i 18 e i 35 anni che dimostrano una forte sensibilità verso le tematiche ambientali. In particolare, si prende come riferimento un pubblico femminile che supporta attivamente movimenti internazionali, come i *Fridays For Future*, e che riconosce il ruolo fondamentale della natura nella vita quotidiana. Queste persone sono alla ricerca di soluzioni concrete per un futuro più sostenibile.



Il periodo del lockdown ha generato ansie e stress dovuti alle limitazioni imposte dall'emergenza pandemica. Questi giovani adulti hanno dovuto affrontare sfide e restrizioni mai sperimentate prima, mettendo alla prova la loro resilienza e il loro equilibrio interiore. Pertanto, molti di loro cercano un rifugio, una fonte di tranquillità e armonia da integrare nella loro vita quotidiana.

In questo scenario, si fa riferimento ad una generazione di giovani adulti alla ricerca di un prodotto che offra un'esperienza sensoriale ed emozionale e li aiuti a ristabilire il giusto equilibrio tra uomo e natura. Questi sono alla ricerca di un'esperienza che vada oltre il semplice consumo di un prodotto, e che li immerga in un viaggio di riscoperta di se stessi e del mondo che li circonda.



Casi studio

THE EDEN, TERRALIVING, 2021



TerraLiving è un'azienda la cui *mission* è creare delle soluzioni che possano offrire agli spazi abitativi un'estetica e un'eleganza coinvolgenti, unendo scienza, arte e tecnologia [140]. Attraverso la bioarchitettura e il biomorfismo, i loro progettisti hanno applicato la complessità dei meccanismi scientifici per creare dei terrari che possano essere considerati delle sculture botaniche [140]. *TerraLiving* utilizza un design parametrico per tradurre concetti matematici astratti, come onde, sfere e curve quadratiche, in oggetti tridimensionali dal design organico e innovativo. Questi progetti consentono ai clienti di sentirsi sempre più connessi all'ambiente circostante, offrendo un senso di vitalità negli spazi di lavoro e nelle abitazioni [141].

THE EDEN è una struttura simile ad un bozzolo creata per rappresentare il concepimento di un nuovo miracolo vivente. Questa struttura si radica

gradualmente nel terreno, fornendo sostegno all'ecosistema circostante e creando un ambiente vitale. Al suo interno si ricrea un ecosistema lussureggiante in cui trova spazio il muschio *ZERO*, creato da muschio stabilizzato al 100%, e sculture in bio-polimeri. Queste opere non richiedono manutenzione e sono ideali come decorazioni sia per la casa sia per una scrivania da ufficio [142].

Il muschio *ZERO* è un muschio stabilizzato che simula l'aspetto e la sensazione dei muschi vivi senza la necessità di cure continue. Questi muschi sono veri al 100% e sono sottoposti ad un processo che conserva le loro caratteristiche naturali. Il risultato di questo processo è un muschio caratterizzato da componenti sicuri, ecologici e biodegradabili. Le cellule del muschio vengono riempite con coloranti e sostanze nutritive, rendendoli biologicamente inattivi (cioè non cresceranno né si decomporranno), pur mantenendo un aspetto fresco del tutto simile ad un muschio vivo. Se conservati in condizioni asciutte, possono durare anni e, inoltre, non necessitano di acqua. Le condizioni ideali includono temperature tra 10°C e 40°C e un ambiente fresco e asciutto che prevengono la crescita di microrganismi indesiderati [143].

OASIS Terrarium, ATOM ENGINEERING, 2024



OASIS Terrarium è un un inserto per terrarium stampabile in 3D che può essere utilizzato così com'è, per supportare la crescita delle piante, o come parte di un terrarium chiuso con una cupola di vetro. L'utente può personalizzarlo aggiungendo il materiale organico (e non) desiderato, come sabbia e cactus, per una composizione che richiama i paesaggi desertici, o muschio, per uno che simula il sottobosco di una giungla [144].

Il fondatore di *ATOM Engineering* è un ingegnere progettista meccanico che ha deciso di sfruttare le proprie competenze con la missione di insegnare e far appassionare con i suoi prodotti gli utenti su temi come l'ingegneria, il design, la programmazione e l'*additive manufacturing*. Di quest'ultimo ne apprezza particolarmente la possibilità di risolvere piccoli problemi quotidiani a costi inferiori e con un impatto ambientale ridotto [144].

Terrarium DIY, Dremel

Fondata nel 1932, *Dremel* ha una lunga tradizione nel campo dell'innovazione e della produzione di strumenti di alta qualità per il fai-da-te. L'azienda, grazie alla sua costante ricerca di soluzioni efficaci



e versatili, permette agli utenti di realizzare progetti di ogni tipo, dalla riparazione domestica alla creazione di prototipi industriali. La *mission* di *Dremel* è quella di fornire agli appassionati del fai-da-te gli strumenti necessari per esprimere la propria creatività e realizzare le proprie idee [145].

In questo solco si pone il loro *Terrarium DIY*: si tratta di un progetto in cui gli utenti hanno parte attiva a partire fino dalla stampa in 3D dei sei componenti principali, quattro pareti laterali, una base e un elemento di supporto, di cui si compone il terrarium. Successivamente, gli utenti dovranno tagliare i pannelli in vetro acrilico o in un materiale plastico trasparente, che fungeranno da vetro del terrarium e dovranno essere fissati alle strutture stampate in 3D. Assemblato il tutto, l'utente può

personalizzare ulteriormente il proprio terrarium inserendo terriccio e piante a piacere [146].

MONITREE, PLTRIS, 2022



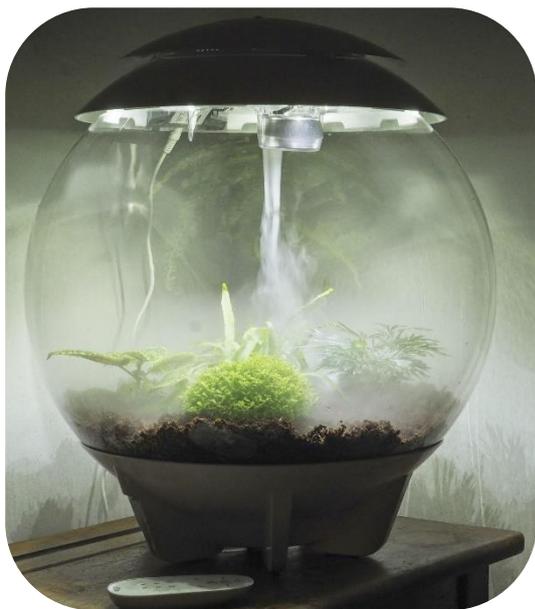
Monitree, un progetto finanziato su Kickstarter, si propone con l'obiettivo di trasformare un monitor di computer in un giardino verticale. È realizzato da un involucro progettato appositamente per far crescere le piante intorno allo schermo del computer. Sfruttando i principi dei terrari, si viene ad instaurare un sistema autonomo che fornisce tutto il necessario in un unico pacchetto. Il risultato è che le piante possono crescere sotto gli occhi del lavoratore, donando loro un po' di natura e relax [147].

La base di *Monitree* è costituita da un tubo di acrilico trasparente a forma di angolo retto, atto ad ospitare il terriccio e i semi delle piante. La parte superiore, invece, presenta dei fori di accesso che consentono di innaffiare le piante con una siringa contagocce inclusa nel kit. Tutti i tubi sono garantiti contro le perdite di acqua dovute all'innaffiatura o alla condensazione dell'umidità

sulle pareti di modo che non si verifichino danni ai componenti elettrici ed elettronici dei monitor [147].

In aggiunta, viene fornita una luce anulare a LED di tipo *full spectrum*, alimentabile tramite USB, per simulare l'effetto della luce solare. Grazie alla sua modularità, questo dispositivo può essere posizionato su bordi di mensole, pareti, divisori e televisori. Parallelamente al prodotto, è disponibile anche una specifica app per smartphone per permettere agli utenti di accedere ad una serie di servizi di diagnosi sullo stato di salute delle proprie piantine semplicemente a partire da una foto [147].

biOrb AIR, OASE, 2019



Il *biOrb AIR* rappresenta un modo semplice per portare la bellezza e la tranquillità del mondo tropicale in ambienti interni.

Il *biOrb AIR* di *OASE* è un dispositivo che semplifica la cura di un terrarium grazie ad un indicatore del livello dell'acqua e ad una fonte nutrizionale a base di compost di cocco. Questo, sottoprodotto dell'industria del cocco, è una risorsa abbondante e sostenibile in quanto, a differenza del tradizionale muschio di torba, è facilmente rigenerabile e la sua estrazione non comporta danni agli ecosistemi di origine. In questo modo, *biOrb AIR* si contraddistingue per offrire una soluzione ecologica e sostenibile per la creazione di un terrarium [148].

A differenza dei terrari tradizionali, spesso coperti di condensa, il *biOrb AIR* è un terrarium in materiale acrilico che consente una visione nitida

del mondo vegetale al suo interno; inoltre, oltre a rendere la struttura più resistente, questo materiale permette il passaggio di una maggiore quantità di luce. È costituito da un sistema automatico che crea le condizioni tropicali ideali per la crescita delle piante, fornendo una luce a ciclo completo di 24 ore, una costante irrigazione e un sistema di filtraggio dell'aria. Per garantire il mantenimento del giusto ecosistema per le piante, il livello di umidità viene mantenuto costantemente al 75%; nel caso di una variazione di umidità, il sistema fornisce una leggera nebulizzazione per idratare le piante fino alle radici [148].

A differenza dei terrari tradizionali che richiedono molta manutenzione e non contribuiscono esteticamente all'ambiente circostante, *biOrb AIR* si presenta come una soluzione funzionale che unisce l'estetica alla tecnologia per superare i problemi dei terrari tradizionali. La combinazione di estetica e funzionalità rende quindi *biOrb AIR* una scelta ideale per gli amanti degli ambienti tropicali che desiderano un limitato bisogno di intervento e manutenzione [148].



SANCTUARY TEMPERATE, BOTANICA, 2016



Botanica è un team di design, formatosi nel sud dell'Australia, specializzato nella creazione di oggetti per gli amanti dei giardini in miniatura. *Sanctuary Temperate* nasce come risposta alla loro passione per la natura e per il design contemporaneo. Caratterizzato dall'essere completamente riciclabile, *Sanctuary Temperate* prende ispirazione dalla natura ricreando tre microclimi distinti (foresta pluviale, temperato e arido) all'interno di un unico oggetto di design [149].

Il *Sanctuary Temperate* è stato progettato con la parte superiore aperta, in vetro soffiato a mano, per piante (come piante verdi e da fiore) che richiedono ambiente umido ma hanno comunque bisogno di aria e spazio per crescere. L'insero che ospita le piante, e ne facilita la sostituzione, offre sufficiente spazio per il terriccio ed è

realizzato per migliorare il drenaggio dell'acqua in eccesso così da evitare potenziali marciumi radicali. La base è disponibile in un'ampia varietà di materiali naturali (come rovere, noce e marmo) che garantiscono la personalizzazione del proprio terrarium [149].

Questo terrarium è ideale per chi ha poco tempo da dedicare alle piante o ha spazio limitato in casa o in appartamento. È facile da curare, in quanto è necessario annaffiare le piante una volta alla settimana o quando il terreno è asciutto al tatto ed è anche facile da pulire, grazie alla possibilità di rimuovere i vari componenti.

Confronto tra i casi studio

Dall'analisi dei casi studio individuati si riscontra come le aziende produttrici di terrari cerchino di intercettare la volontà delle persone di riconnettersi con la natura e migliorare la loro qualità di vita con oggetti semplici, dal design piacevolmente estetico e funzionale, ma che garantiscano allo stesso tempo una facile manutenzione.

I produttori individuati, per catturare l'attenzione di un pubblico sempre più attento alle tematiche ambientali e alla sostenibilità, si concentrano sull'utilizzo di materiali ecologicamente sostenibili, rispettosi dell'ambiente, così da contribuire a ridurre l'impatto ecologico dei loro prodotti.

Grazie all'avvento della stampa 3D e all'utilizzo di materiali modulari, la personalizzazione sta diventando sempre più un elemento fondamentale; in questo modo, i terrari possono adattarsi a qualsiasi spazio arredato secondo il gusto personale di ogni possessore, integrandosi armoniosamente negli interni.

La presenza sempre più pervasiva della tecnologia nel mondo attuale si riscontra anche nei terrari individuati. Questa gioca un ruolo sempre più importante grazie all'introduzione di sistemi di irrigazione automatici e di illuminazione a LED che, da una parte, semplificano la cura delle piante e, dall'altra, migliorano l'efficienza e la resa dei terrari. Un altro aspetto rilevante è legato alla semplicità con cui l'utente interagisce con il terrarium: infatti, i produttori individuati si concentrano sullo sviluppo di prodotti di facile utilizzo e di poca manutenzione, così da conquistare l'interesse anche di un pubblico con poca esperienza di giardinaggio, ma comunque attratta dalla natura e dai benefici che questa può portare negli ambienti interni.

Allo stesso tempo, i terrari sono spesso utilizzati come strumenti educativi, per aiutare i bambini ad avvicinarsi al mondo vegetale e a sensibilizzarli sull'importanza del rispetto della natura e della sua biodiversità. In questo senso, i terrari diventano non solo un elemento d'arredo, ma anche un modo per educare le nuove generazioni a creare connessioni più profonde con la natura affinché, in futuro, possano godere di una migliore qualità della vita.

Tabella 1 Confronto tra le caratteristiche dei casi studio

Caratteristica	The Eden (TerraLiving)	OASIS Terrarium (ATOM Engineering)	Terrarium DIY (Dremel)	Monitree (PLTRIS)	biOrb AIR (OASE)	Sanctuary Temperate (Botanica)
Materiali	Muschio stabilizzato, bio-polimeri	PLA+, vetro acrilico	Vetro acrilico, materiali per stampa 3D	Acrilico, LED	Vetro acrilico, compost di cocco	Vetro soffiato a mano, base in materiali naturali
Tecnologia	Design parametrico	Stampa 3D	Progettazione che permette creazione e assemblaggio dei pezzi in autonomia	Sistema di illuminazione a LED integrato, app per la diagnostica	Sistema automatico di umidificazione	-
Personalizzazione	Nessuna (inserto e muschio forniti)	Limitata (scelta delle piante)	Limitata (scelta delle piante)	Elevata (design modulare permette assemblaggio dei pezzi per adattarsi ad ogni sito)	Nessuna (strutturato apposta per necessitare del minor intervento possibile da parte dell'utente)	Limitata (scelta dei materiali per la base)
Manutenzione	Nessuna	Bassa	Moderata	Moderata	Bassa	Bassa
Focus	Estetica, design innovativo	Personalizzazione, scelta materiali innovativi	Creatività, DIY	Integrazione con lo spazio di lavoro	Limitata manutenzione, automazione	Estetica, materiali naturali

Dalla presente analisi dei casi studio, che presentano alcuni dei più significativi competitor esistenti sul mercato, sono state definite le esigenze degli utenti (fondamentali per comprendere il normale svolgimento delle diverse funzioni di un prodotto) e i requisiti, in termini delle caratteristiche di funzionamento che soddisfino le esigenze dell'utente e, di conseguenza, del mercato.

Tabella 2 Definizione delle esigenze degli utenti e i requisiti dei prodotti

Esigenze degli utenti	Requisiti dei prodotti
Connessione con la natura e benessere	<ul style="list-style-type: none"> ● Creare ambienti interni più verdi e rilassanti per la salute mentale e fisica ● Implementare il <i>biophilic design</i> ● Facilità di interazione con le piante
Sostenibilità	<ul style="list-style-type: none"> ● Materiali eco-sostenibili, riciclabili e biodegradabili ● Materiali a basso impatto ambientale
Personalizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ● Design personalizzabile (stampa 3D, materiali modulari) ● Adattare agli spazi e ai gusti personali
Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> ● Integrazione di tecnologie innovative (sistemi di illuminazione a LED, controllo dell'umidità e irrigazione automatica) ● App e dispositivi smart
Facilità d'uso e manutenzione	<ul style="list-style-type: none"> ● Prodotti facili da assemblare e mantenere anche per i meno esperti ● Sistemi autosufficienti
Educazione	<ul style="list-style-type: none"> ● Opportunità di apprendere di più sul mondo delle piante e sugli ecosistemi ● Design educativo ● Guide alla creazione dei terrari
Estetica	<ul style="list-style-type: none"> ● Design elegante e armonioso con l'ambiente interno ● Varietà di forme, materiali e colori

Personas

L'analisi delle esigenze degli utenti (determinata dal confronto dei casi studio precedentemente analizzati) unita ai dati raccolti nell'ambito di progetto permette di definire le *personas*, ovvero dei profili dettagliati che descrivono i tipi di utenti che rappresentano il target del prodotto e che servono principalmente per comprendere al meglio caratteristiche, bisogni, comportamenti e motivazioni di chi utilizzerà il prodotto.

Come utenza di riferimento si considerano le persone che dimostrano una certa sensibilità e passione per il giardinaggio, chi ha subito maggiormente gli effetti del lockdown e chi soffre per ambienti di lavoro stressanti.

Di seguito, si dettagliano i profili delle personas, possibili fruitori del progetto di questa tesi.



TOMMASO



28 anni Milano uomo auto

ATTIVITÀ

Tommaso è un avvocato che lavora in uno studio legale.

OBIETTIVI E ASPIRAZIONI

In ufficio, la sua giornata è scandita da ritmi serrati, tra riunioni, scadenze e lunghe ore passate sulle pratiche.

Da sempre appassionato di motori, possiede un'auto sportiva con la quale fa lunghi giri nelle campagne fuori città per rilassarsi a contatto con la natura.

Inoltre possiede un amore per la botanica: nel suo appartamento la presenza delle piante gli permette di staccare la mente dalla routine quotidiana e di ritrovare un po' di serenità.



MARGHERITA



20 anni Parma donna musica

ATTIVITÀ

Margherita è una studentessa universitaria.

OBIETTIVI E ASPIRAZIONI

Gli studi universitari le permettono di coltivare la sua passione per la letteratura e la scrittura, ma è nei momenti liberi che la sua anima trova la massima espressione.

Ha una grande passione per la musica, che si esprime sia nell'ascolto quotidiano, sia nel suonare la chitarra. Ama anche la natura, che la ricarica e l'ispira.

Le piace passeggiare per le vie del centro storico o trascorrere le giornate al parco leggendo un libro.



TERESA



35 anni Foggia donna arte

ATTIVITÀ

Teresa è proprietaria di una boutique di moda.

OBIETTIVI E ASPIRAZIONI

La sua passione per la moda l'ha portata a lavorare in una boutique dove può consigliare i clienti e valorizzare i prodotti artigianali locali.

Molto attenta alle tematiche ambientali, si impegna a ridurre il suo impatto sull'ambiente; infatti promuove l'importanza di scegliere capi di abbigliamento di qualità e durevoli nel tempo.

Nel tempo libero, coltiva erbe aromatiche e piante mediterranee, ispirandosi ai colori e ai profumi della campagna pugliese.



PAOLO



33 anni Roma uomo fai da te

ATTIVITÀ

Paolo è un contabile, che lavora in smartworking.

OBIETTIVI E ASPIRAZIONI

Lavorando da casa, ha la possibilità di dedicare parte del tempo libero alla cura delle sue piante, trovando in questa attività una fonte di relax e soddisfazione.

Inoltre, fa molta attenzione alla scelta di prodotti eco-sostenibili per il suo giardino, privilegiando materiali riciclati e compost organico.

Linee guida

Il progetto di questa tesi esplora la possibilità di integrare i benefici della natura negli ambienti domestici, proponendo soluzioni semplici e sostenibili ispirate ai principi del *biophilic design*.

Le linee guida che stabiliscono i parametri entro i quali si svilupperà il progetto di questa tesi sono state definite nelle seguenti:

- **Forest bathing:** si intende ricreare la pratica dello *Shinrin-yoku*, ovvero del *forest bathing*, per riprodurre i suoi benefici in ambienti interni domestici; in particolare, l'effetto dei fitoncidi, ovvero delle molecole organiche emesse dalle piante, che sono in grado di ridurre stati di ansia, stress e depressione agendo positivamente sul sistema immunitario e la concentrazione degli utenti. Pertanto, lo scopo è creare un prodotto che permetta di “immergersi” nella natura e goderne dei vantaggi senza la necessità di una costante manutenzione.
- **Micro ecosistemi:** si intende ricreare un ambiente autosufficiente in cui natura, struttura e tecnologia coesistono in un unico ambiente. La presenza di sensori permette un continuo monitoraggio della qualità dell'ecosistema, mentre l'utente può comodamente accedere a questi dati da un app per smartphone.
- **Natura integrata:** è un oggetto compatto e versatile, progettato per essere integrato in qualsiasi ambiente della casa. Si tratta di un elemento di arredo che, grazie alla sua semplicità e alla possibilità di personalizzazione, si adatta a ogni stile e esigenza. Il design del prodotto è caratterizzato da geometrie semplici, ispirate a strutture del mondo naturale.
- **Anima forte:** l'obiettivo è quello di offrire un'esperienza sensoriale unica, che rafforzi il legame tra le persone e la natura. Il prodotto non è solo un oggetto funzionale, ma anche un elemento decorativo che contribuisce ad esprimere con forza l'identità degli utenti e il loro supporto verso tematiche ambientali.
- **Creazione libera:** si è scelto di utilizzare materiali semplici ed economici, facilmente reperibili e riciclabili. Inoltre, il prodotto è progettato per durare nel tempo e richiedere una manutenzione minima. In questo modo, si contribuisce a ridurre l'impatto ambientale e a promuovere un consumo responsabile. Inoltre, l'utente ha la possibilità di personalizzare il prodotto come crede, dando origine a oggetti esteticamente piacevoli per colori e finiture.

Progetto

Le funzionalità necessarie a soddisfare le linee guida del progetto di questa tesi sono state definite nelle seguenti:

- **Piante:** per far vivere l'esperienza del *forest bathing* anche all'interno degli ambienti domestici, è stato progettato un prodotto in cui gli organismi vegetali ne diventano parte integrante. Tenendo bene in considerazione il concetto di biofilia, il progetto pone l'attenzione sull'interazione dell'utente con le piante. Queste, infatti, svolgono un ruolo fondamentale non solo come elemento estetico, ma anche come veri e propri motori dell'ecosistema che si viene a creare. La scelta delle piante più adatte a seconda del tipo di terrarium da realizzare diventa molto importante: siccome il progetto propone due varianti di terrarium, uno chiuso e l'altro aperto, si adotteranno piante specifiche. In particolare, nel primo caso si avranno piante adatte ad ecosistemi umidi; nel secondo caso, invece, si preferiranno composizioni di piante succulente.
- **Terrarium:** oggetto del progetto di tesi, rappresenta l'elemento d'arredo in cui le piante sono messe a dimora. Per il contenitore trasparente del modello chiuso si adotterà un polimetilmetacrilato (PMMA). Questo, comunemente noto come *plexiglas*, è considerato un'ottima opzione per la costruzione di terrari. La sua trasparenza, leggerezza e facilità di lavorazione lo rendono un materiale molto apprezzato. Inoltre, offre un buon isolamento termico, aiutando a mantenere una temperatura interna stabile. Il progetto comprenderà un terrarium sia aperto, per le piante succulente, sia chiuso, più adatto alle piante tropicali. Per quanto riguarda le modalità di interazione dell'utente, questi potrà comporre la struttura del suo terrarium come più crede in modo da creare strutture il più possibile personalizzate. A supporto di questo, il terrarium è costituito da una base in cui l'utente può inserire i vari elementi modulari, impilabili l'uno sull'altro. Completata la struttura, l'utente può posizionare le piantine all'interno dei pezzi modulari, che possono essere visti come dei piccoli vasi in miniatura, in modo da costruire un ecosistema integrato.
- **Oggetto di arredamento:** un oggetto compatto che può stare in qualsiasi angolo dell'ambiente domestico integrandosi perfettamente allo stile, sia questo più classico o anche moderno. La disponibilità di due varianti, il design modulare degli elementi e le sue dimensioni compatte, favoriscono, da una parte, la personalizzazione dell'esperienza, dall'altra, la versatilità, in quanto soddisfa ogni disponibilità di spazio.
- **Esperienza tattile:** il prodotto non deve essere solamente visto come un elemento di arredamento a sé stante. Questo, infatti, permette la fruizione, per l'utente, di un'esperienza che ne rafforza il rapporto e la sua capacità di interazione con la natura, favorendo sensazioni di armonia e rilassamento, secondo i principi espressi dal *biophilic design*. L'esperienza "tattile" legata all'assemblaggio della struttura e alla messa a dimora delle piante coinvolge i sensi, le emozioni e la mente, risultando estremamente soggettiva. Un obiettivo importante del progetto è indurre una crescita personale e una maggior consapevolezza dell'importanza del benessere e dell'equilibrio dell'ecosistema.
- **Stampa 3D:** Come tecnologia di produzione si prevede l'utilizzo della stampa 3D per mezzo del PLA, un filamento biodegradabile, compostabile e atossico. Questa nuova tipologia di plastica, derivante da risorse rinnovabili (come l'amido di mais, la canna da zucchero, ecc.), è apprezzata per il suo ridotto impatto ambientale. È inoltre particolarmente indicato per stampe con dettagli fini e geometrie complesse. Sia la base sia gli elementi modulari verranno stampati in PLA. Il fatto di utilizzare una stampa 3D permette di abbassare i costi di produzione e semplificare la sostituzione dei pezzi in caso di rottura, in quanto facilmente riproducibili.

Inoltre, grazie a software specifici di modellazione e a particolari ugelli di stampa, si possono realizzare componenti con dettagli estremamente precisi, così come finiture particolari. Il tutto a vantaggio sia della resa estetica del progetto completo sia dei costi, che si prevedono bassi.

Descrizione

Questa tesi verte sulla progettazione di un terrarium, di cui si presentano una versione chiusa ed una aperta. In entrambi i casi, sarà presente una struttura interna costituita da contenitori modulari che si incastrano gli uni sugli altri. Questi rappresentano gli alloggiamenti per le piante, che, una volta impilati, vogliono ricreare idealmente un paesaggio antropico; il tutto per richiamare il concetto di natura che permea l'ambiente umano. La sua presenza come oggetto di arredo, quindi, richiama l'utente sia a riflettere sia a beneficiare di come la natura diventi parte integrante dell'ambiente quotidiano. Il nome scelto per il progetto contribuisce a rafforzare la sua *mission*: è, infatti, **LIVIN 'ATURE**, termine che nasce dall'unione di *living*, inteso come il vivere, ma anche come *living room* (soggiorno tipico per essere accogliente e confortevole) e *nature*, ovvero natura. L'unione dei termini vuole suggerire la necessità di "vivere la natura", ma anche il "portare la natura negli interni", dove viviamo la maggior parte del nostro tempo. Concentrandosi su due tipologie di terrari, quindi sulle piante da interno, il nome scelto auspica la ricerca di una connessione profonda con l'ambiente naturale, ma anche una ricerca di equilibrio e armonia con l'ambiente domestico.

Partendo dalla filosofia e dal nome del progetto, sono stati progettati due terrari, i quali condividono alcune caratteristiche. Entrambi i prodotti sono costituiti da un contenitore impilabile, che costituisce la base della struttura. Questa contiene al suo interno uno scomparto per alloggiare un piccolo sensore che fornisce misure della temperatura e dell'umidità dell'ambiente circostante, in modo da monitorare costantemente e quotidianamente le condizioni delle piante. Su questa base ne viene montata un'altra in cui ci sono gli spazi per inserire i contenitori che ospitano le piante. Per questi è stata scelta una forma esagonale, che si ispira alla geometria delle celle di un favo; questa scelta si spiega per il suo alto grado di efficacia, in quanto permette di sfruttare al massimo lo spazio disponibile all'interno del terrarium. Inoltre, questi sono elementi modulari che richiamano i classici contenitori a bocca di lupo dove praticità e versatilità è garantita dalla loro capacità di impilamento. La stessa caratteristica viene ripresa dai contenitori delle piante nel terrarium. Per garantire la possibilità di collegare più elementi l'uno sull'altro, questi hanno una forma cava con il bordo superiore che rientra leggermente verso l'interno a formare il "negativo" di un tronco di piramide. In modo complementare, la parte inferiore ha la stessa forma da permettere così l'incastratura di un contenitore sull'altro così da creare una pila stabile e compatta. Similmente per la base, con i contenitori che si possono incastrare su questa. Per quanto riguarda lo spessore dei contenitori, è stata scelta una misura di 4 mm per ricercare un buon compromesso tra requisiti di resistenza, in quanto si deve evitare che le pareti si deformino sotto il peso dei contenitori sovrastanti, e quelli di spazio, per permettere di avere un volume sufficiente ad ospitare il terriccio con le piantine.

L'effetto totale che questa struttura vuole fornire è quello di avere, in piccolo, un oggetto che richiama i famosi *green building* dell'architettura moderna, ovvero quegli edifici in cui la vegetazione è in perfetta simbiosi con le forme dell'architettura urbana. Oltre a questo, la forma dei singoli contenitori vuole riprendere sia il concetto di fioriera a più livelli sia quello di vaso come dimora delle piante in casa e in giardino.

A seconda della scelta delle piantine per il terrarium, si avranno differenti tassi di crescita, i quali sono influenzati anche dalle condizioni ambientali come temperatura, umidità ed esposizione alla luce solare. Si stima che in circa 5 mesi alcune delle piantine del terrarium tropicale, come l'edera, raggiungano la crescita massima ammissibile per le dimensioni dei contenitori; dopo questo tempo, se ne consiglia il

rinvaso in spazi sufficientemente grandi. Per quanto riguarda le piante succulente, i tassi di crescita sono inferiori.

La base del terrarium è realizzata in modo da ospitare un piccolo misuratore di temperatura ed umidità, dati che possono essere consultati tramite un'app fornita assieme al prodotto. L'app permette all'utente di monitorare l'andamento di queste grandezze nel tempo così da avere informazioni utili sulle condizioni delle piantine.

Entrando nel dettaglio, il progetto si articola in due varianti di terrarium, *KŌYA*, il modello aperto, e *NIWA*, la versione chiusa.

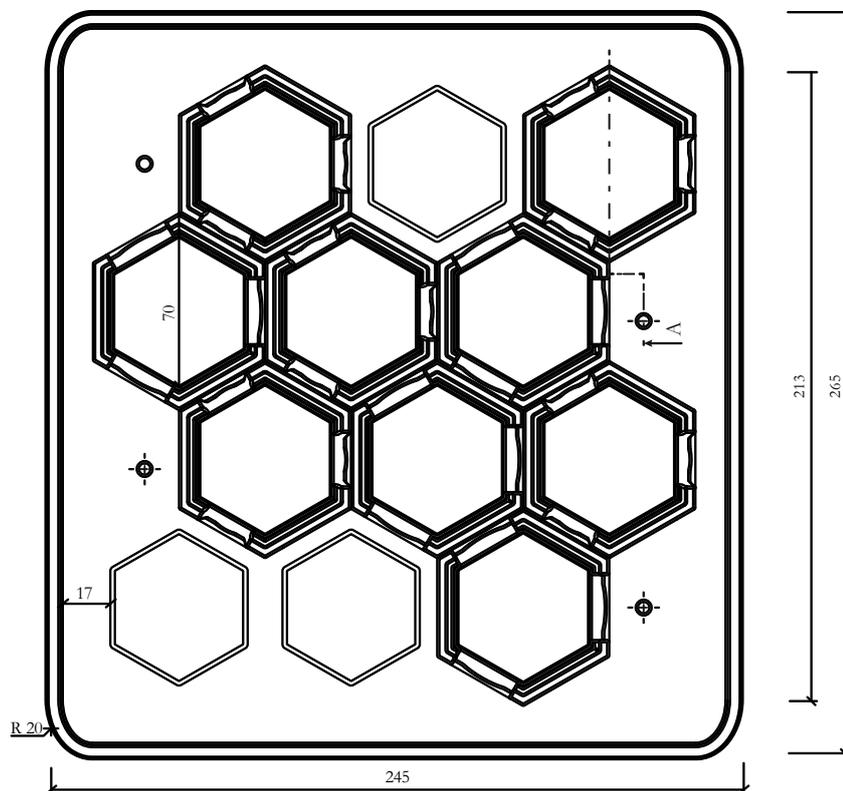
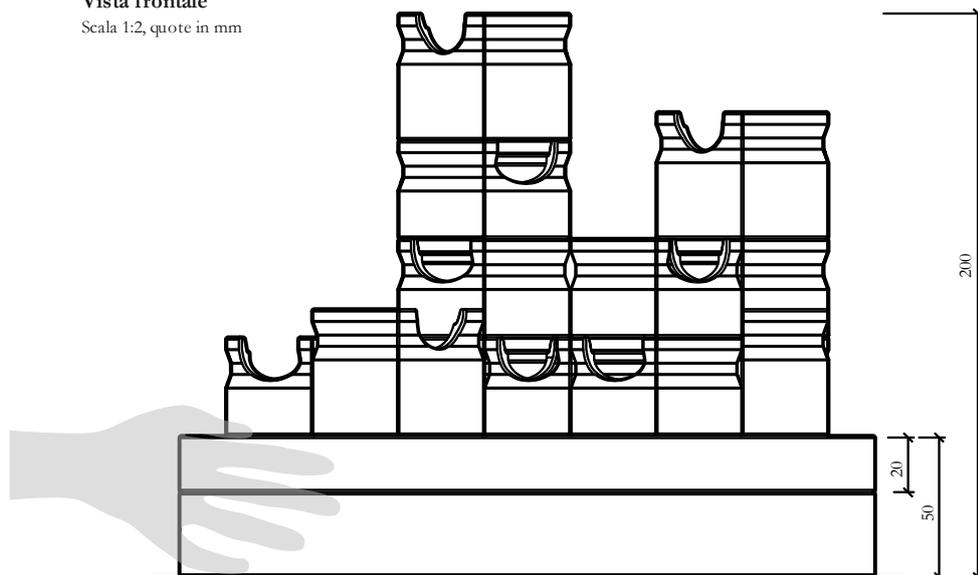
KŌYA



Il terrarium aperto prende il nome di *KŌYA*, parola giapponese che significa “terra desolata” o “selvaggio”. La scelta di questo nome richiama il fatto che questo è un terrarium per piante succulente, che, per loro caratteristica, richiedono poche cure, essendo molto resistenti e capaci di sopravvivere in ambienti aridi e secchi. *KŌYA* presenta un ingombro massimo di dimensioni 245x265x200 mm, dove l'altezza si riferisce alla disposizione mostrata nella tavola tecnica, ma è comunque variabile in base alle preferenze di disposizione degli utenti.

Vista frontale

Scala 1:2, quote in mm



KOYA presenta una base, al cui interno si trova il sensore, caratterizzata da 12 alloggiamenti di 4 mm di profondità ciascuno; questi, che hanno le dimensioni dei contenitori modulari, permettono il posizionamento degli stessi sulla base secondo le preferenze degli utenti, che possono scegliere o meno di occupare tutti gli spazi messi a disposizione sulla base.

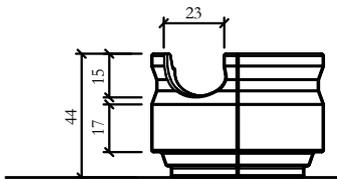
I contenitori sono forniti in un numero di 15 con dimensione del lato dell'esagono pari a 35 mm; di questi, 5 contenitori sono caratterizzati da un'altezza di 54 mm e dall'aver 3 fessure (di ingombro 19x14x4 mm) che si ispirano ad asole tagliate a metà e posizionate lateralmente a lati alterni. La loro

presenza permette alle piante di uscire dal contenitore e ricevere tutta la luce possibile, ma anche di apprezzare lo stato di crescita delle piantine. I restanti 10 contenitori, invece, hanno un'altezza di 44 mm e presentano anch'essi 3 fessure (di ingombro 23x15x4 mm); queste sono più accentuate nella parte superiore in modo da facilitare la disposizione al suo interno del sedum dorato, una pianta succulenta a crescita bassa, ideale per formare densi tappeti vegetali, al pari del muschio per i terrari chiusi. Entrambe le due tipologie di contenitori sono costituite da una rientranza, di forma ergonomica, posta sulla parte superiore per permettere di prendere e spostare facilmente i contenitori senza rischiare di danneggiare le piante o che l'utente si ferisca, visto che queste sono spesso costituite da spine o setole che possono causare prurito e irritazione.

Vista frontale

Contenitore per sedum dorato

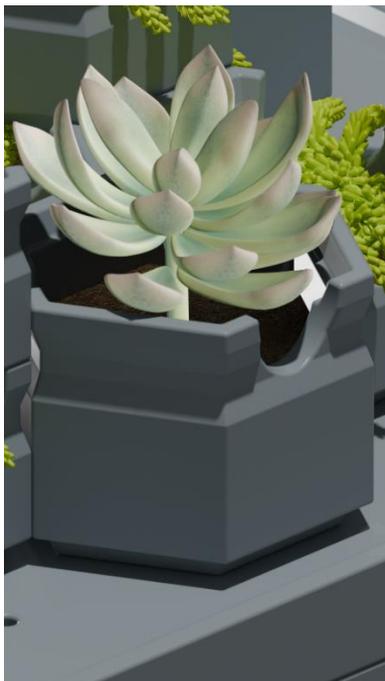
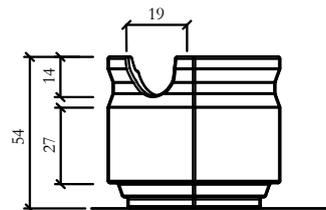
Scala 1:2, quote in mm



Vista frontale

Contenitore per succulente

Scala 1:2, quote in mm



Contenuto

Oltre alla struttura del terrarium, si prevede di fornire all'utente tutto il necessario per mettere a dimora le piante. In questo senso, nella confezione verranno inclusi:

- un pacchetto contenente un mix di terriccio e sabbia;
- un pacchetto contenente il sedum dorato;
- vasi biodegradabili per il trasporto delle piante da inserire nei contenitori del terrarium.

Le varie tipologie di piante sono:



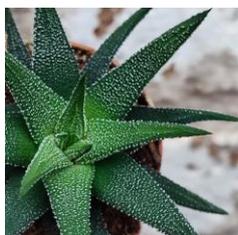
Sedum dorato [150]

Pianta succulenta perenne appartenente alla famiglia delle Crassulaceae, è nota per il suo colore verdastro tendente al giallo e per la facilità di coltivazione. Spesso viene sistemata in cesti dove cresce a cascata o usata in analogia al muschio per terrari aperti.



Aloe vera [151]

Pianta succulenta molto apprezzata per le sue proprietà benefiche e la sua capacità di adattarsi a diversi ambienti. Presenta foglie carnose, spesse e lanceolate, disposte a rosetta. Il colore varia dal verde al grigio-verde, con possibili macchie bianche.



Hawortia Concolor [152]

Succulenta arbustiva appartenente alla famiglia botanica delle Asphodelaceae. La pianta forma una rosetta di foglie ed è caratterizzata da foglie carnose, spesse, appuntite all'apice, di colore verde scuro, ricoperte da piccoli tubercoli di colore bianco grigiastro.



Pachyveria [153]

Pianta dal fusto breve da cui spuntano foglie succulente appuntite di colore verde chiaro o verde-azzurro, con punte che sfumano sul rossastro. Crescono raggruppate in ricche splendide rosette.



Echeveria pulvinata [154]

Piccola pianta costituita da un fascio di fusti, legnosi alla base e carnosi nella parte apicale, che terminano con rosette di foglie succulente di colore verde-bluastro, con una sfumatura rossastra all'estremità. Sono molto decorative essendo formate da foglie a forma di clava e ricoperte da una morbida peluria, piacevole al tatto.



Arrojadoa [155]

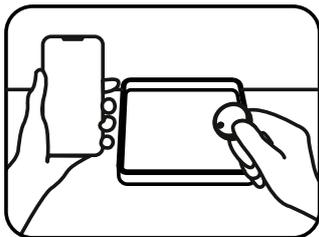
Cactus dal fusto piuttosto sottile e lungo che si divide in diverse costole, sulla cui sommità si sviluppano le spine. Raggiunta la maturità, in cima al fusto compare un vistoso cefalio, una fitta peluria rossastra, eretta e rigida. Quando la pianta fiorisce, sulla sommità del cefalio sbocciano meravigliosi fiori cilindrici e carnosì.

Storyboard d'uso

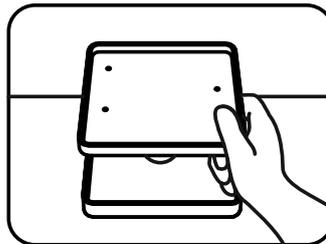
L'utente inserisce il sensore all'interno della parte inferiore della base della struttura, e successivamente vi posiziona la parte superiore della base in cui si trovano i 12 alloggiamenti per i contenitori. In seguito, inserisce all'interno dei 15 contenitori un composto formato da terra e sabbia in cui posizionare le piantine nei 5 contenitori più grandi e il sedum dorato nei restanti.

Successivamente, sfruttando la forma ergonomica dei contenitori, l'utente va a comporre la propria disposizione posizionandoli a proprio piacimento sulla base o impilandoli gli uni sugli altri. Infine, l'utente posiziona il terrarium così assemblato in un luogo sufficientemente soleggiato nella propria abitazione. Grazie al sistema di misurazione integrato nella base, l'utente monitora le condizioni del proprio terrarium tramite l'app collegata.

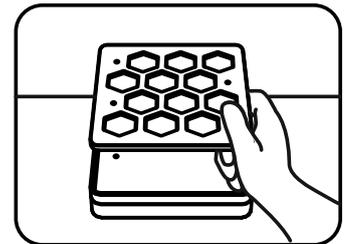
Storyboard d'uso



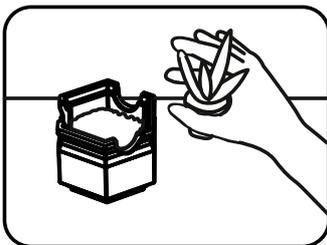
Posiziona il sensore nel fondo della base e collegalo al telefono.



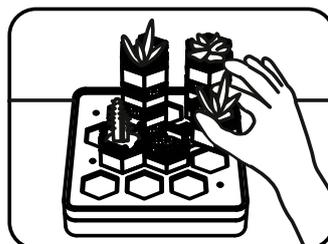
Poni il coperchio sopra la base.



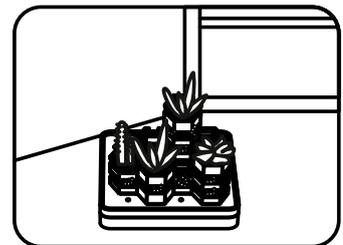
Collocare il supporto sopra al coperchio.



Sistema le piantine e il sedum dentro i relativi contenitori.



Disponi i contenitori a piacere sul supporto.



Metti il terrarium KÖYA dove vuoi e tranne beneficio

NIWA

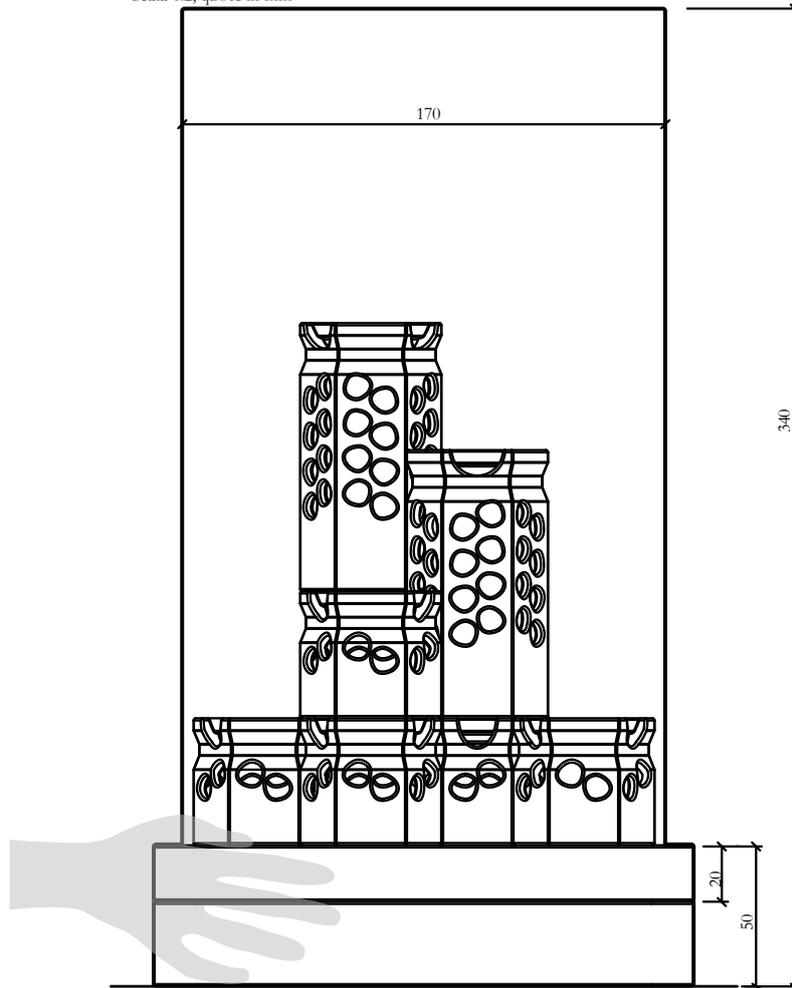


Il terrarium chiuso prende il nome di *NIWA*, termine giapponese che significa “giardino in miniatura”. Questa scelta vuole richiamare i giardini giapponesi, famosi per la cura con cui sono progettati, al punto tale che, spesso, sono considerati delle vere e proprie opere d’arte viventi per la loro capacità di evocare emozioni e sensazioni uniche. Questo terrarium, essendo chiuso, è indicato per tutte quelle piante tropicali, che, vivendo in ambienti umidi, traggono beneficio da un ambiente confinato in cui l’umidità viene favorita dal naturale meccanismo di traspirazione delle piante stesse.

NIWA presenta un ingombro massimo di dimensioni 190x230x340 mm, dove, in questo caso, l’altezza massima è limitata dall’altezza delle lastre di PMMA (di dimensioni 205x170x300 mm e di 3 mm di spessore) che costituiscono la copertura del terrarium.

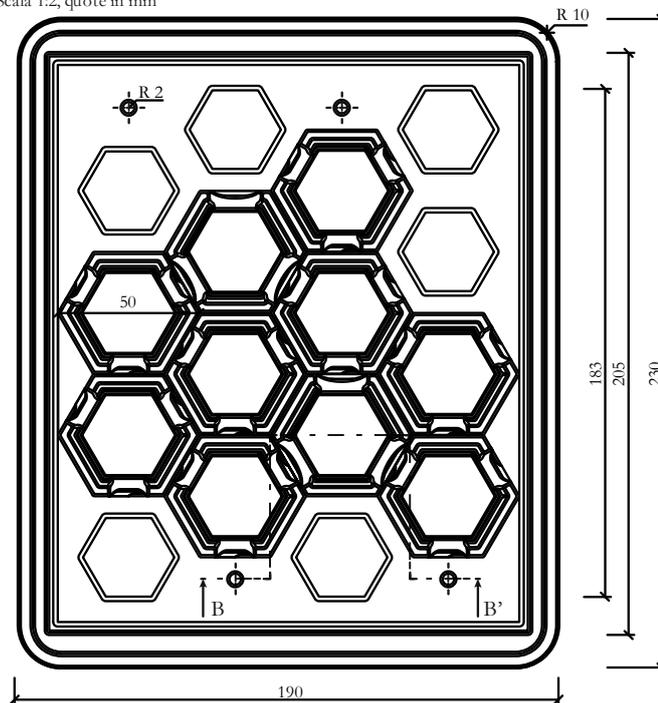
Vista frontale

Scala 1:2, quote in mm



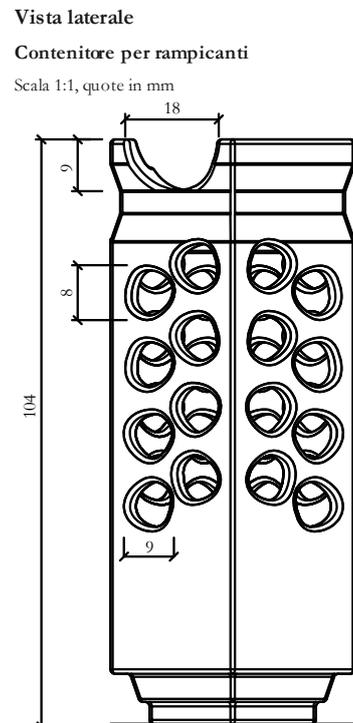
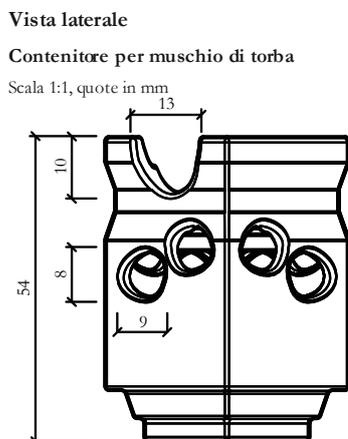
Vista dall'alto

Scala 1:2, quote in mm



NIWA presenta una base, al cui interno si trova il sensore, caratterizzata da 16 alloggiamenti di 4 mm di profondità ciascuno; questi, che hanno le dimensioni dei contenitori modulari, permettono il posizionamento degli stessi sulla base secondo le preferenze degli utenti, che possono optare per configurazioni in cui vengono impilati l'uno sull'altro o si occupano tutti gli spazi messi a disposizione sulla base. Similmente a *KŌYA*, anche in questo caso vengono forniti 15 contenitori modulari, di cui il lato dell'esagono misura 25 mm. Per supportare la possibile scelta di piante rampicanti, vengono forniti 2 contenitori di 104 mm di altezza caratterizzati da 3 fessure (di ingombro 18x9x4 mm) posizionate sulle facce laterali, a lati alterni. Il loro scopo è permettere la fuoriuscita delle piante dalla loro dimora per ricevere tutta la luce possibile, ma anche per apprezzarne più facilmente lo stato di crescita. Nel caso in cui si scelgano delle piante rampicanti, come l'edera, la maggior altezza di questi 2 contenitori garantisce loro un maggior sviluppo, in quanto possono sfruttare lo spazio per avvolgersi meglio attorno ai contenitori.

In aggiunta, si forniscono altri 13 contenitori di altezza 54 mm, anch'essi con 3 fessure (di ingombro 13x10x4 mm). Le dimensioni più contenute dei contenitori sono adatte alla messa a dimora di piccole piante, come fittonia, felce, pilea, così come il muschio che contribuisce a creare un letto erboso e a trattenere efficacemente l'umidità dell'ecosistema terrarium. Entrambe le due tipologie di contenitori sono costituite da una rientranza, dalla forma ergonomica, posta sulla parte superiore per facilitare lo spostamento dei contenitori senza portare danni alle piantine. In aggiunta alle tre fessure, sono presenti dei fori (di dimensioni 8x8x4 mm) su tutti e sei i lati dei contenitori, per un totale di 48 fori per i 2 contenitori grandi e di 12 per i 13 contenitori più piccoli. Lo scopo per cui sono stati introdotti è garantire una maggior visibilità dello stato di crescita delle piante e del muschio che cresce all'interno dei contenitori.





Contenuto

Oltre alla struttura del terrarium, si prevede di fornire all'utente tutto il necessario per mettere a dimora le piante. In questo senso, nella confezione verranno inclusi:

- un pacchetto contenente il terriccio;
- un pacchetto contenente il muschio;
- vasi biodegradabili per il trasporto delle piante da inserire nei contenitori del terrarium.

Le varie tipologie di piante sono:



Muschio [156]

Elemento decorativo versatile che può essere utilizzato per creare terrari. La sua struttura, composta da minutissime foglioline, riveste l'importante funzione di trattenere l'umidità, prevenendo così la disidratazione delle altre piante nel terrarium.



Pilea [157]

Pianta sempreverde originaria della Cina, è caratterizzata da foglie rotonde come monete che spuntano all'estremità di gambi esili che convergono dal fusto. E' una pianta dall'andamento a metà tra il rampicante e il cadente che ama un buon grado di umidità.



Fittonia [158]

Pianta perenne sempreverde appartenente alla famiglia delle Acanthaceae, originaria delle foreste pluviali del Sud America. Possiede foglie ovali dalle nervature marcate di colore bianco. Il colore delle foglie cambia a seconda delle varietà dal verde al rosa. I fusti sono coperti da una leggera peluria. Ama habitat con tassi di umidità molto alti e mancanza di luce del sole diretta.



Edera [159]

Pianta sempreverde, rampicante o strisciante con foglie molto fitte a forma lobata, lucide e di colore verde sia chiaro sia scuro con evidenti venature e con variegatura bianco-crema. Preferisce un ambiente umido con posizioni luminose o semi-ombreggiate.



Felce [160]

Pianta sempreverde che si distingue per il suo fogliame rigoglioso, composto da fronde di diverse forme e dimensioni. Le foglie possono essere intere, pennate o finemente divise. Prediligono ambienti umidi con luce indiretta o penombra.



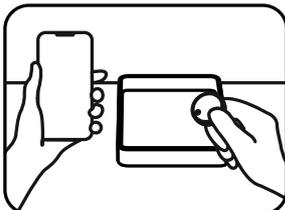
Muehlenbeckia complexa [161]

Pianta sempreverde, rampicante e cespugliosa, che presenta fusti sottili e flessibili, che si intrecciano formando un groviglio denso e intricato. Predilige posizioni luminose, ma non esposte alla luce diretta, e ambienti umidi.

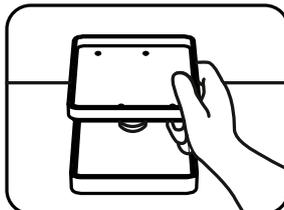
Storyboard d'uso

L'utente inserisce il sensore all'interno della base alla struttura, e successivamente vi posiziona la parte superiore della base in cui si trovano i 16 alloggiamenti per i contenitori. In seguito, l'utente inserisce il terriccio all'interno dei 15 contenitori forniti e posiziona le piante rampicanti nei 2 contenitori più alti e le altre piantine con il muschio nei restanti 13. Successivamente, sfruttando la forma ergonomica dei contenitori, l'utente li posiziona a proprio piacimento sia sulla base sia gli uni sugli altri. È consigliato posizionare in cima i contenitori con le piantine, in modo da facilitarne lo sviluppo, e in basso quelli contenenti il muschio. In seguito, si posiziona la copertura trasparente di PMMA all'interno di un'apposita insenatura (di 4 mm di profondità), in modo da sigillare l'interno e creare così un ecosistema chiuso. Infine, l'utente posiziona il terrarium così costruito in qualsiasi luogo della propria abitazione con sufficiente illuminazione naturale. Grazie al sistema di misurazione integrato nella base, l'utente monitora le condizioni del proprio terrarium tramite l'app collegata al sensore.

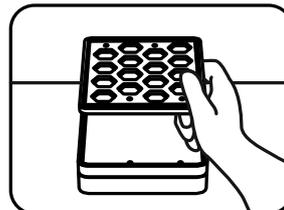
Storyboard d'uso



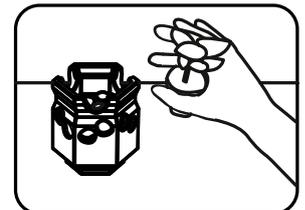
Posiziona il sensore nel fondo della base e collegalo al telefono.



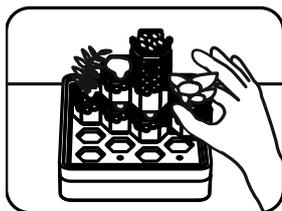
Poni il coperchio sopra la base.



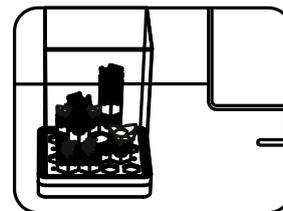
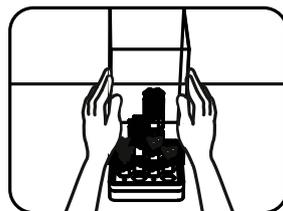
Colloca il supporto sopra al coperchio.



Sistemale piantine e il muschio dentro i relativi contenitori



Disponi i contenitori a piacere sul supporto.



Metti il terrarium NIWA dove vuoi e tranne benefico.

Tecnologie

Il sensore di temperatura e umidità preso a riferimento è il modello *RuuviTag* fornito da *Ruuvi*, azienda finlandese specializzata nella produzione di soluzioni smart per il monitoraggio degli ambienti [162]. *RuuviTag* è un sensore Bluetooth che monitora le condizioni ambientali e invia i dati direttamente al proprio smartphone.

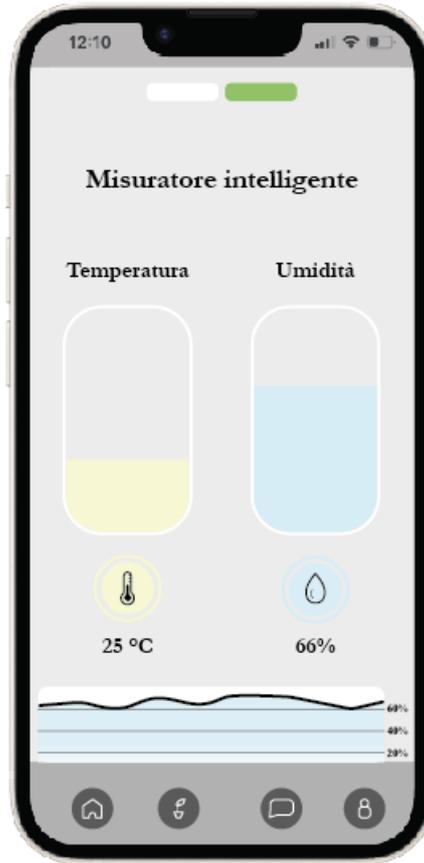
Le sue dimensioni compatte, pari a 52 mm di diametro e 12.5 mm di spessore, lo rendono perfetto per essere inserito all'interno del fondo della base del terrarium.

Questo sensore permette di rilevare l'umidità con un'accuratezza di $\pm 3\%$ e la temperatura con uno scarto di $\pm 0.2^\circ\text{C}$. Possiede inoltre una batteria di lunga durata, garantita da 12 a 24 mesi di funzionamento continuato.

Al contrario di altri tipi di sensori, questo modello non si connette allo smartphone via wifi, ma tramite bluetooth; sebbene questo possa sembrare una limitazione, in quanto i dati sono consultabili solamente nei pressi del sensore stesso, è anche vero che non è necessario installare alcun hub aggiuntivo che faccia da ponte tra il sensore e la rete wifi domestica. Adottare un sensore di questo tipo, quindi ridurrebbe il costo finale del prodotto.

La consultazione dei dati rilevati da *RuuviTag* avviene tramite app proprietaria, dopo che l'utente ha associato il sensore allo smartphone. Questa app può essere configurata per inviare messaggi push allo smartphone per avvisare circa lo stato dell'ambiente misurato, permette di monitorare le misurazioni in *real-time*, ma anche la visualizzazione di grafici che mostrano fino a 10 giorni di rilevazioni, salvate ad intervalli di 5 minuti [163].

Tenendo in considerazione quanto offerto da *Ruuvi*, si prevede l'utilizzo di una tecnologia simile con un sensore di temperatura e umidità da far aderire al fondo della base con un pellicola adesiva fornito con il terrarium. Per garantire la visualizzazione dei dati raccolti dal sensore, verrà sviluppata un'app che l'utente potrà installare sul proprio smartphone. Questa permetterà, non solo il monitoraggio dell'ambiente del terrarium, ma anche la diagnosi delle condizioni di salute delle piantine: l'utente, infatti, potrà scansionare le piantine con la fotocamera del proprio smartphone e ricevere indicazioni su come trattarle in caso di malattie. La possibilità di condividere le foto con una community di utenti, dove ricevere consigli utili alla cura delle piante, permetterà un maggior coinvolgimento degli utenti stessi.



Packaging

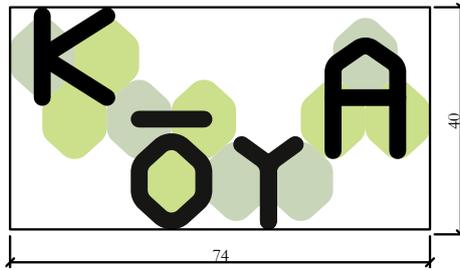
Per entrambi i terrari, il packaging è stato progettato con una scatola rigida a spalla e collo, caratterizzata da uno spessore di 3 mm per la spalla e di 2 mm per il collo, dove quest'ultimo ha un'altezza totale di 25 mm per il packaging di *KŌYA* e di 50 mm per quello di *NIWA*. Una struttura di questo tipo è stata scelta per conferire al packaging una maggiore robustezza e un aspetto più elegante; allo stesso tempo, richiama il sistema di incastri e l'impilabilità alla base dell'intero progetto. La scatola, realizzata in carta riciclata, presenta un colore giallo esterno e bianco interno. Il design garantisce una chiusura sicura, impedendo al contenuto di muoversi durante il trasporto.



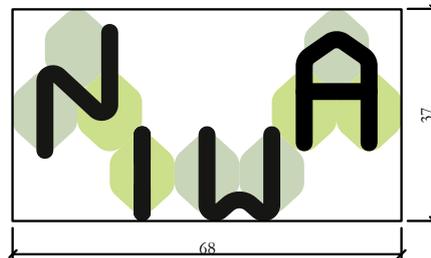
Il logo *LIVIN'ATURE*, di ingombro 43x53 mm, è ben in evidenza sulla superficie superiore del coperchio del packaging di entrambi i terrari. Questo intende rappresentare gli elementi chiave del progetto, essendo infatti costituito da un esagono a metà realizzato con linee nere pulite. La scelta di questa forma geometrica non solo è un forte richiamo alle forme dei contenitori modulari esagonali del progetto, ma evoca anche un concetto di perfezione geometrica, dato dal fatto che questa forma viene istintivamente applicata in natura (ad esempio per i favi) in quanto permette di ottimizzare gli spazi.

All'interno dell'esagono, sono presenti linee verticali nelle tonalità del verde chiaro e scuro per evidenziare le due tipologie di piante disponibili. Il verde chiaro rappresenta le piante succulente, note per la loro resilienza e adattabilità, mentre il verde scuro evoca le piante tropicali, suggerendo la loro rigogliosità. Questa combinazione cromatica crea un contrasto dinamico che riflette la diversità del mondo naturale e le due possibili soluzioni offerte dal progetto *LIVIN'ATURE*. A completare l'identità visiva, il nome del progetto è scritto con il carattere *Garamond*. Il font è stato scelto per le sue linee raffinate e le proporzioni armoniche che, oltre a garantire una leggibilità ottimale, richiamano le caratteristiche geometriche legate alla natura.

Il packaging del terrarium *KŌYA* è costituito da una scatola di dimensioni 405x275x170 mm, caratterizzata da un fondo e da un coperchio rispettivamente di altezza 120 e 74 mm. Al centro della superficie superiore del coperchio è presente il logo *LIVIN'ATURE*, mentre sulla superficie laterale (vista frontale) è ben visibile il logo di *KŌYA*, caratterizzato da un ingombro di 74x40 mm. Quest'ultimo è costituito dal nome, in nero, integrato in un motivo esagonale che richiama le due tonalità di verde presenti nel logo del progetto, creando così un collegamento visivo con l'identità del marchio. Sulla stessa faccia della scatola, nel fondo, è presente una vista assometrica del terrarium, per mostrare un esempio di configurazione del prodotto.



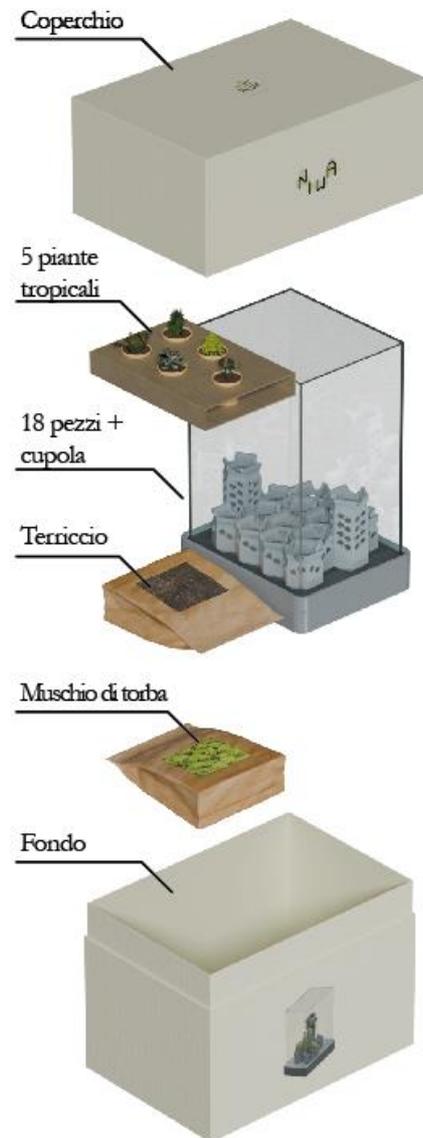
Il packaging del terrarium *NIWA*, è realizzato con una scatola di dimensioni 350x240x351 *mm*, caratterizzata da un fondo e da un coperchio rispettivamente di altezza 248 e 153 *mm*. Come per il modello aperto, anche quest'ultimo presenta sulla superficie superiore del coperchio il logo *LIVIN' ATURE* delle stesse dimensioni del packaging di *KŌYA*, mentre sulla superficie laterale (vista frontale) si trova il logo del modello di dimensioni 68x37 *mm*. Come il precedente, anche questo è caratterizzato da una scritta in nero all'interno di un pattern di esagoni con i colori del logo del progetto. Sulla stessa faccia della scatola, nel fondo, è presente una vista assonometrica del terrarium, per mostrare un esempio di configurazione del prodotto.



Esploso packaging



Esploso packaging



Materiali e processi di produzione

La realizzazione della cupola del terrarium *NIWA* farà affidamento sul polimetilmetacrilato (PMMA), commercialmente noto con il nome di *plexiglass*. Questo fu inventato nei primi anni del '900, in Germania, da Otto Karl Julius Röhm, un pioniere della ricerca sui materiali plastici, e commercializzato nel 1933 dalla *Röhm & Haas*, azienda chimica di sua proprietà. L'obiettivo che Röhm voleva raggiungere con il PMMA era la creazione di un materiale simile al vetro, ma più leggero e resistente agli urti [164]. Infatti, grazie alle sue proprietà uniche e alla sua trasparenza, divenne ben presto un sostituto del vetro per la maggior parte delle sue precedenti applicazioni (ad esempio, parti automobilistiche e aeronautiche, oggetti di arredamento, ecc.).

La scelta del PMMA per le lastre della cupola di *NIWA* risulta quindi giustificata, in quanto il PMMA permette di ottenere prestazioni identiche a quelle del vetro, in termini di trasparenza e passaggio della luce solare, pur garantendo una buona resistenza ai raggi UV e una maggior leggerezza [165]. In questo modo, si garantisce il mantenimento delle proprietà della cupola nel tempo.

Tipicamente, le lastre di PMMA sono prodotte per colatura o per estrusione. Nel primo caso, i monomeri di MMA (metilmetacrilato) in stato liquido vengono posti in uno stampo piano con un agente catalizzante [166]. Lo stampo viene poi riscaldato per avviare la reazione di polimerizzazione, che trasforma l'MMA liquido in una lastra solida di PMMA. Tra i vantaggi dell'utilizzo del processo di colatura si ha [167]:

- maggiore uniformità di spessore delle pareti delle lastre;
- eccellente chiarezza ottica, rendendole particolarmente adatte per applicazioni che richiedono una elevata trasparenza.

Tuttavia, questa tecnica di produzione risulta più complessa di quella per estrusione; di conseguenza, i costi risultano essere superiori.

La linea di produzione della *Wuhan Handern Machinery Co.* [168] può essere presa come riferimento per il processo di colatura.

La produzione di lastre di PMMA per estrusione, invece, avviene per polimerizzazione dei monomeri in un reattore da cui si ricava un pellet [166]; questo viene quindi fuso e spinto a passare attraverso una filiera, la cui forma e spessore determina il risultato finale del processo. Siccome il risultato finale potrebbe avere delle variazioni di spessore, tipicamente la produzione di lastre di PMMA per estrusione non viene impiegata dove è richiesta una maggior precisione ottica. Tuttavia, grazie alla maggior semplicità del processo, questo ha un costo inferiore rispetto alla colatura [167].

Per quest'ultimo processo si può prendere come riferimento la linea di produzione *JWSI series* della *Jwell Extrusion Machinery Co.* di Shanghai [169].

Nel progetto dei terrari *NIWA* e *KŌYA*, sia la base di appoggio sia gli elementi modulari, che compongono la struttura di messa a dimora delle piante, saranno realizzati in acido polilattico (PLA). Questo, noto anche come polilattato, è un polimero termoplastico biodegradabile facente parte della famiglia delle bioplastiche, termine con cui si indicano i polimeri che derivano interamente da materie prime di origine vegetale (e quindi rinnovabili) [170]. In particolare, il PLA si basa su sostanze vegetali, quali l'amido di mais, la canna da zucchero o la radice di manioca [171]. Le origini del PLA risalgono al 1926, quando il chimico francese Maurice Lemoigne scoprì e isolò la prima bioplastica. Tuttavia, vista l'abbondanza e l'economicità del petrolio, la sua scoperta venne accantonata fino alla seconda metà del 1970, quando, vista la crisi petrolifera, fu preso maggiormente in considerazione [170]. La vera innovazione in questo settore si ebbe nei primi anni 2000, quando il PLA acquisì rilevanza commerciale come valida alternativa alle plastiche convenzionali, questo anche grazie ai progressi della tecnologia dei polimeri e alla crescente domanda di materiali sostenibili. Data la sua origine, il PLA è ecologico e può essere smaltito in modo naturale, in circa 50 giorni, in un centro industriale di compostaggio, attraverso un processo che lo trasforma in terriccio e fertilizzante per il suolo [158]. È ampiamente riconosciuto per i suoi vantaggi ambientali e per la facilità d'uso in vari processi produttivi, in particolare nel settore della stampa 3D.

In termini di proprietà meccaniche, il PLA è relativamente resistente ed adatto ad applicazioni legate alla componentistica per prototipi, modelli e pezzi decorativi; presenta caratteristiche simili al polietilene (PE), al polipropilene (PP) o al polistirene (PS), ma, seppur più rigido, non ha la stessa resistenza al calore e agli agenti chimici dell'ABS. Le sue proprietà meccaniche e chimiche possono essere migliorate rafforzando il materiale con specifici additivi [172].

Uno degli aspetti più importanti del PLA è il suo punto di fusione relativamente basso. Il PLA, infatti, fonde generalmente tra i 180°C e i 220°C, a seconda del produttore e della miscela di filamenti. Questa bassa temperatura di fusione rende il PLA facile da stampare, anche sulle stampanti 3D desktop più economiche [173].

Lo stampaggio dei componenti in PLA richiede che [173]:

- la temperatura dell'ugello di stampa si attesti sui 200°C;
- la temperatura del letto di stampa sia compresa tra i 50°C e i 60°C per prevenire problemi di deformazione e sollevamento degli strati;
- la velocità di stampa sia moderata, cioè compresa tra 50 e 60 *mm/s*, mentre velocità più elevate sono da evitare in quanto possono causare una scarsa adesione degli strati;
- si abbia una ventola di raffreddamento in modo da ridurre il rischio di deformazioni.

L'uso del PLA per le parti strutturali del terrarium è quindi giustificato dall'abbattimento dei costi dei prodotti, questo grazie all'economicità del materiale e all'uso di tecniche di stampa semplici. Le buone proprietà meccaniche del PLA, relativamente alla specifica applicazione che se ne vuole fare, permettono la realizzazione di una struttura modulare, con elementi impilabili appoggiati sulla base, senza problemi di sollecitazioni meccaniche legate al peso della struttura, comprensiva della terra e delle piante.

Il processo di stampa 3D avviene utilizzando una tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), che rappresenta la tecnologia di stampa 3D più diffusa e utilizzata al mondo. Questa è una tecnologia di produzione additiva usata comunemente per applicazioni di modellazione, prototipazione e produzione a partire da un file CAD. Fu ideata e brevettata nel 1989 da Scott Crump e successivamente commercializzata dall'azienda da lui fondata, Stratasys [174].

L'FDM lavora su un principio "additivo" rilasciando il materiale su strati. Tipicamente, una stampante FDM si compone di [175]:

- un piatto di stampa sul quale viene prodotto il pezzo;
- una bobina di filamento che funge da materiale di stampa;
- un estrusore che guida il filamento durante il processo di stampa;
- un sistema di movimento per spostare la testina di estrusione e il piatto sugli assi X, Y e Z, così da stampare gli oggetti in 3 dimensioni;
- una testina di stampa che deposita il materiale strato dopo strato.

La tecnologia FDM impiega principalmente materiali termoplastici forniti sotto forma di filamento. Il filamento viene alimentato nella stampante dall'estrusore, che lo spinge verso la testina di stampa, denominata anche *hotend*. In questa sezione, il materiale viene riscaldato fino al suo punto di fusione tramite una resistenza, si scioglie e viene estruso attraverso un ugello sottile [175]. Tale ugello è in grado di operare sia in direzione orizzontale sia verticale, grazie all'impiego di un meccanismo a controllo numerico che segue un percorso prestabilito, tracciato da un software di *slicing*. Al fine di migliorare l'adesione di alcuni materiali al piano di stampa, si fa spesso uso di supporti riscaldati o additivi che contrastano la compressione indotta dal raffreddamento del materiale [174].

Per il processo di stampa 3D per mezzo di filamenti di PLA si prende come riferimento la stampante 3D Bambu Lab P1S [176].

Il packaging di *NIWA* e *KŌYA* sarà realizzato da una scatola rigida di cartone la cui produzione è realizzata per mezzo di una fustellatrice. Questa è una macchina utilizzata nel settore della cartotecnica per il taglio preciso e netto di carta e cartone; ne esistono di tipologie diverse, tra cui fustellatrici piane, rotative o forgiate [177]. Oltre a tagliare, la fustellatrice viene utilizzata anche per realizzare pieghe nel materiale per snervamento o schiacciamento, le quali sono necessarie per l'assemblaggio finale della

scatola. Per il processo di taglio e di realizzazione delle pieghe del packaging si prende come riferimento la fustellatrice GUOWANG R-130Q [178].

La stampa dei loghi sul cartone avviene per mezzo di stampanti digitali che consentono una maggiore flessibilità e velocità di produzione.

Per il processo stampa dei loghi e delle immagini del packaging si prende come riferimento la stampante digitale Onepass Carton Machine, progettata specificatamente per carta e cartone che permette di ottenere stampe di alta qualità grazie alle sue testine di stampa in doppia quadricromia [179].

Costi

Per il progetto di entrambi i terrari *KŌYA* e *NIWA*, è stato stimato il costo dei materiali necessari alla realizzazione delle due strutture.

Questo è stato reso possibile grazie alla piattaforma online *3DEXPERIENCE Make* della *Dassault Systèmes*, azienda leader nel fornire soluzioni e servizi che coprono l'intero ciclo di sviluppo di un prodotto [180]. Questa piattaforma online [181] fornisce un valido aiuto nella stima dei costi di produzione: infatti, offre la possibilità di ottenere dei preventivi immediati semplicemente facendo l'upload del proprio modello 3D in formato STL. Il sistema analizza automaticamente il modello e fornisce un preventivo in base ai materiali e alle tecnologie di produzione.

Nello specifico, utilizzando una tecnologia di stampa FDM e il PLA come materiale, il costo di produzione stimato ammonta complessivamente a 170 € per il terrarium *KŌYA* e a 200 € per il terrarium *NIWA*. A questo si deve aggiungere, per il modello *NIWA*, il costo delle 5 lastre di plexiglass per un totale di 32 €. Per entrambi i modelli, si deve considerare anche il costo del sensore: dato come riferimento il sensore *Ruuvitag*, si deve aggiungere circa 39 €.

Per ogni unità, si stima un costo complessivo di 10 € per le piante fornite, comprensivo del terriccio e del muschio, o del sedum nel caso *KŌYA*.

Per quanto riguarda il packaging, dai contatti con l'azienda JAYSTAR Packaging [182], che offre soluzioni di imballaggio, è stato fornito come preventivo un costo di 58 €; questo comprende sia il costo della produzione della scatola rigida, realizzata in carta *Solid Bleached Sulfate*, sia il costo della colorazione e della stampa dei loghi.

Il totale raggiunge i 277 € per il terrarium *KŌYA*, mentre i 339 € per il terrarium *NIWA*.

Per il tipo di tecnologie impiegate, i due terrari si posizionano in una fascia di mercato media, se si prende come punto di riferimento il competitor *TERRALIVING*. Questo utilizza tecnologie di produzione simili, ma il suo focus è diverso dai prodotti *NIWA* e *KŌYA*, che si concentrano più sulla personalizzazione della struttura e sull'esperienza di stare a contatto con la natura per l'assemblaggio dei terrari.

Capitolo V

Conclusioni

La crescente attenzione al benessere personale, amplificata dalla pandemia di COVID-19, ha portato ad una maggiore consapevolezza di come gli spazi interni abbiano un forte impatto sulla salute fisica e mentale. Lo stress, legato anche al trascorrere la maggior parte del proprio tempo in ambienti chiusi, come case ed uffici, sta diventando sempre più causa di patologie.

Dagli studi evidenziati, è emerso che la natura ha un grande impatto benefico sulla salute delle persone, in quanto ne migliora anche la produttività nel contesto lavorativo. Nonostante esistano già delle soluzioni per rendere il luogo di lavoro meno stressante, come l'introduzione di giardini verticali, non si può affermare allo stesso modo a proposito degli spazi abitativi, tranne in alcuni casi in cui il concetto di benessere assume grande importanza a monte della progettazione, come nelle case rigenerative.

In questa tesi, si è potuto esplorare come diversi fattori concorrono al mitigamento delle condizioni di stress negli spazi *indoor*: in particolar modo, soluzioni come il *biophilic design* possono trasformare gli ambienti integrando in essi la natura in modo da favorire il benessere psico-fisico.

L'ambito di progetto presentato da questa tesi mostra come vi sia una maggior sensibilità verso le tematiche ambientali e la sostenibilità, con persone che, sempre più, si rivolgono a pratiche di giardinaggio per ricercare sensazioni di benessere che il contatto con la natura può portare. In particolare, la presenza di terrari negli spazi abitativi dona benessere generale ma anche comfort grazie al suo impatto visivo. Inoltre, oltre ai benefici delle piante in casa, potersi prendere cura di queste porta al rilassamento e alla connessione con la natura anche in ambienti urbani dove non c'è molto spazio verde.

In questo senso, la progettazione di un terrarium in due modelli (aperto per piante succulente e chiuso per piante tropicali) può rappresentare un esempio concreto di come declinare i principi del *biophilic design* con un semplice strumento che soddisfi la necessità crescente di includere la natura negli spazi chiusi. L'utilizzo dei materiali PLA e PMMA, uniti a tecniche di produzione efficienti, quali la stampa 3D, concorrono a ridurre l'impatto ambientale del progetto e a contenere i costi. Il prodotto integra tecnologie di monitoraggio, fornite da un sensore in grado di rilevare le grandezze fisiche di maggior interesse per il benessere delle piante, ovvero la temperatura e l'umidità relativa. Tali grandezze sono visualizzate su una app dedicata, rendendo il prodotto accessibile anche a utenti non esperti in giardinaggio, facilitando così la cura e il mantenimento delle piante.

Una limitata interazione dell'utente con il terrarium, che, una volta assemblato, non verrebbe più toccato dallo stesso se non per mantenerlo fornendo acqua, potrebbe rappresentare un punto debole del progetto. Lo stesso dicasi per le possibili combinazioni di strutture realizzabili con i pezzi forniti che, seppur numerose in termini di posizionamento, non offrono varietà di forme. Allo stesso tempo, le piante che è possibile coltivare sono limitate alle sole fornite assieme alla struttura del terrarium, punto questo che potrebbe non incontrare il favore di tutti. Infine, le dimensioni del prodotto non permettono di accogliere le piante per tutto il loro ciclo vitale; inevitabilmente, una volta raggiunto un sufficiente livello di crescita, l'utente dovrà potare le piante, operazione potenzialmente rischiosa se non fatta da persone con una certa esperienza, o rinvasarle altrove con conseguente impoverimento del contenuto del terrarium stesso. La necessità di queste operazioni potrebbe scoraggiare gli utenti meno portati.

Questi punti deboli, lungi dal sminuire il valore del progetto, rappresentano sicuramente spunti per futuri sviluppi e miglioramenti, con l'obiettivo di creare soluzioni sempre più efficaci e accessibili per poter "vivere la natura".

Ringraziamenti

Con la presente tesi si può dire concluso il mio primo ciclo di studi al Politecnico di Torino. È stata un'esperienza molto gratificante che, con i suoi alti e bassi, mi ha permesso di venire in contatto e di confrontarmi con svariate persone. In particolare, i vari progetti di gruppo svolti durante questi anni hanno contribuito sicuramente a farmi crescere dal punto di vista professionale ed umano.

Il lavoro di questa tesi mi ha permesso di esplorare tematiche che ampliassero i miei interessi legati al giardinaggio e alla cura delle piante. Per questo motivo, i miei ringraziamenti vanno al prof. Fabrizio Valpreda per avermi supportato e per la serietà e la disponibilità dimostrate durante tutto questo periodo di lavoro.

I miei ringraziamenti più grandi vanno alla mia famiglia che mi ha sostenuta con fiducia durante i miei studi e nei momenti più difficili.

In ultimo, un ringraziamento va ai miei amici e compagni di corso con i quali si sono condivisi soddisfazioni e momenti piacevoli durante questi anni.

Riferimenti bibliografici

- [1] (2019) L'evoluzione dell'abitazione: dalle caverne ai grattacieli. Disponibile in: <https://evaluto.it/evoluzione-abitazione-dalle-caverne-ai-grattacieli/> [18/12/2024]
- [2] (2018) Dalla caverna al grattacielo: evoluzione della casa nel tempo. Disponibile in: <https://www.suggerimentimmobiliari.it/dalla-caverna-al-grattacielo-evoluzione-della-casa-nel-tempo/> [18/12/2024]
- [3] (2023) La casa del futuro? Sarà efficiente, healthy e riciclabile: l'intervista ad Alberto Mattiello. Disponibile in: <https://rebuilditalia.it/it/news/dettaglio/la-casa-del-futuro-sara-efficiente-healthy-e-riciclabile-lintervista-ad-alberto-mattiello> [18/12/2024]
- [4] The Plan (2018) Indoor Generation. Disponibile in: <https://www.theplan.it/design/indoor-generation> [20/11/2024]
- [5] Tim Nudd (2018) Meet the Skylight Company That Says Indoor Life Is Killing Us. Disponibile in: <https://musebyclios.com/health/meet-skylight-company-says-indoor-life-killing-us/> [20/11/2024]
- [6] Velux (2018) The Indoor Generation. Disponibile in: <https://static.tecnichenuove.it/impresedilinelnews/2018/05/IndoorGeneration.pdf> [20/11/2024]
- [7] Munir, S., Gunturu, S., & Abbas, M. (2024). Seasonal affective disorder. StatPearls Publishing. Disponibile in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568745/> [20/01/2025]
- [8] Wang, H. C., Ting, W., Li, Z., Sun, E. T., & Wang, X. (2020). Mental Health Problems of Individuals Under the Stay-Home Policy. *Psychiatry Investigation*, 17(7), 712-713. Disponibile in: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7385223/pdf/pi-2020-0219.pdf> [21/11/2024]
- [9] Nathan, Y. (2021) How Much More Time We Spent at Home. Disponibile in: <https://flowingdata.com/2021/09/03/everything-more-from-home/> [21/11/2024]
- [10] Ronda, K., Parlapiano, A. (2024) A Nation of Homebodies. Disponibile in: <https://www.nytimes.com/2024/10/05/upshot/americans-homebodies-alone-census.html> [21/11/2024]
- [11] Sharkey, P. (2024). Homebound: The Long-Term Rise in Time Spent at Home Among US Adults. *Sociological Science*, 11, 553-578. Disponibile in: https://sociologicalscience.com/download/vol_11/august/SocSci_v11_553to578_updated.pdf [21/11/2024]
- [12] (2020) Condizioni abitative e disagio psico-fisico nel periodo di lockdown. Disponibile in: https://www.polimi.it/fileadmin/user_upload/comunicati_stampa/1590744333_CS_PoliMi_UniGe_abitazioni_e_disagio_psicofisico.pdf [25/11/2024]
- [13] Morganti, A., Brambilla, A., Aguglia, A., Amerio, A., Miletto, N., Parodi, N., ... & Capolongo, S. (2022). Effect of housing quality on the mental health of university students during the COVID-19 lockdown. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2918. Disponibile in: <https://www.researchgate.net/publication/358962786> [25/11/2024]
- [14] Selye, H. (1976). Stress without Distress. In: Serban, G. (eds) *Psychopathology of Human Adaptation*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2238-2_9. Disponibile in: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-2238-2_9 [27/11/2024]
- [15] (2019) La natura, una reale cura per corpo e mente. Disponibile in: <https://www.eticoscienza.it/2019/01/29/la-natura-una-reale-cura-per-corpo-e-mente/> [27/11/2024]
- [16] (2023) Stress sintomi, cause, reazioni e rischi. Disponibile in: <https://stresscoach.it/stress-cause-reazioni-sintomi-e-rischi/> [27/11/2024]
- [17] (2019) Burn-out an “occupational phenomenon”: International Classification of Diseases. Disponibile in: <https://www.who.int/news/item/28-05-2019-burn-out-an-occupational-phenomenon-international-classification-of-diseases> [27/11/2024]

- [18] (2021) Troppo stress nel lavorare da casa: il burnout da smart working. Disponibile in: <https://www.forlitoloday.it/benessere/salute/stress-smart-working-burnout-cosa-e-come-prevenirlo.html> [27/11/2024]
- [19] (2022) Mental Health at Work: Policy brief. Disponibile in: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/362983/9789240057944-eng.pdf> [27/11/2024]
- [20] ISPRA (2010) Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia. Disponibile in: <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010300/10392-rapporto-117-2010.pdf> [28/11/2024]
- [21] Tagliapietra, M., Ghiara, S., Caldararo, F., Tulli, A., Mercuriali, V. (2020) INQUINAMENTO INDOOR. Cosa c'è da sapere. Disponibile in: https://www.donnegeometra.it/wp-content/uploads/2020/06/Inquinamento_Indoor.pdf [28/11/2024]
- [22] Johnson, J. (2021) What to know about circadian rhythm. Disponibile in: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/circadian-rhythms> [02/12/2024]
- [23] Nielsen, M. S. (2023) What are the consequences of a poor lighting design?. Disponibile in: <https://chromaviso.com/en/knowledge-about-light/consequences-of-poor-lighting-design> [02/12/2024]
- [24] Portale RLS (2019) Patologie da stress termico e lavoro. Disponibile in: <https://reterls.it/files/STRESS%20TERMICO%20E%20LAVORO.pdf> [02/12/2024]
- [25] Studio Essepi (2019) Microclima e benessere termico: normativa e indici di riferimento. Disponibile in: <https://www.studioessepi.it/magazine/ambiente/microclima-e-benessere-termico-normativa-e-indici-riferimento> [02/12/2024]
- [26] () INQUINAMENTO ACUSTICO IN CASA: Un nemico silenzioso. Disponibile in: <https://tortallaisolanti.it/blog/post/inquinamento-acustico-in-casa-un-nemico-silenzioso> [03/12/2024]
- [27] Dicuonzo, B. (2024) Il rumore come fattore di stress ambientale. Come ridurlo?. Disponibile in: <https://www.my-personaltrainer.it/salute-benessere/stress-ambientale-il-rumore.html> [03/12/2024]
- [28] Normattiva (1995) LEGGE 26 ottobre 1995, n. 447. Disponibile in: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1995-10-26;447!vig> [03/12/2024]
- [29] Banfi, D. (2024) Troppo rumore fa male al cuore. Disponibile in: <https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/cardiologia/troppo-rumore-fa-male-al-cuore> [02/01/2025]
- [30] Ivancich, V. (2018) Natura. Perché la natura ci fa star bene?. Disponibile in: <https://www.focus.it/ambiente/natura/perche-la-natura-ci-fa-star-bene> [03/10/2024]
- [31] The Free Dictionary (n.d.) Phytoncide. Disponibile in: <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Phytoncide> [03/10/2024]
- [32] Monce, L. (2019). Il grande libro della silvoterapia: Guida al potere guaritore degli alberi. Edizioni Lindau. Disponibile in: https://www.google.it/books/edition/Il_grande_libro_della_silvoterapia/aZqSDwAAQBAJ?hl=it&gbpv=0 [03/10/2024]
- [33] Tsunetsugu, Y., Park, B. J., & Miyazaki, Y. (2010). Trends in research related to “Shinrin-yoku”(taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan. *Environmental health and preventive medicine*, 15, 27-37. Disponibile in: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2793347/pdf/12199_2009_Article_91.pdf [03/10/2024]
- [34] Benelli, R. (2020) Natura e Salute. Disponibile in: https://legatumoriprato.it/wp-content/uploads/2020/04/NATURA-E-SALUTE-10-APRILE-CONCLUSO_compressed.pdf [03/10/2024]
- [35] Terapia forestale (n.d.) Fattori in gioco. Disponibile in: <http://terapiaforestale.ibe.cnr.it/index.php/fattori-in-gioco/> [04/10/2024]
- [36] Compo (n.d.) Forest bathing: bagni nella natura, un viaggio nel benessere. Disponibile in: <https://www.compo-hobby.it/manuale/cura-delle-piante/giardino/cura-del-giardino/bagno-nel-verde> [04/10/2024]

- [37] A.I.Me.F. (2020) Gli Effetti sulla Salute dimostrati dalla Ricerca in Medicina Forestale. Disponibile in: <https://www.forestbathingcenter.com/wp-content/uploads/2020/07/Gli-Effetti-sulla-Salute-dimostrati-dalla-Ricerca-in-Medicina-Forestale.pdf> [04/10/2024]
- [38] Trotta, L. (2017) Linfociti NK (cellule Natural Killer). Disponibile in: <https://www.biopills.net/linfociti-nk-cellule-natural-killer/> [04/10/2024]
- [39] Forest Bathing Central (2020) Phytoncides: The Science Behind Forest Bathing Benefits. Disponibile in: <https://forestbathingcentral.com/phytoncides/> [04/10/2024]
- [40] (2021) Wood Therapy: l'abbraccio della foresta. Disponibile in: <https://www.listonegiordano.com/one/natura/wood-therapy-foresta/> [05/10/2024]
- [41] (2016) Tell Your Stress to Take a Walk in the Woods. Disponibile in: <https://www.goodearthplants.com/3835-2/> [05/10/2024]
- [42] Li, Q. (2023). New Concept of Forest Medicine. *Forests*, 14(5), 1024. Disponibile in: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/5/1024> [05/10/2024]
- [43] Whitney-Coulter, A. (2021) Use Your Five Senses to Connect With Nature. Disponibile in: <https://www.mindful.org/sense-the-benefits-of-nature/> [05/10/2024]
- [44] Bertini, I. (2023) Immergersi nella natura: la chiave per vivere a lungo e in salute. Disponibile in: <https://innovando.news/immergersi-nella-natura-la-chiave-per-vivere-a-lungo-e-in-salute/> [05/10/2024]
- [45] (n.d.) Forest City Shijiazhuang. Disponibile in: <https://www.stefanoberarchiteti.net/en/project/forest-city/> [05/10/2024]
- [46] (2023) Sottovalutiamo troppo spesso il comfort visivo. Disponibile in: <https://www.unafinestrasulfuturo.it/comfort-visivo> [07/10/2024]
- [47] Dhayal, P., & Jha, B. (2023). Indoor Visual Comfort: A Review of Factors and Assessments. Disponibile in: https://www.researchgate.net/publication/376183870_Indoor_Visual_Comfort_A_Review_of_Factors_and_Assessments [07/10/2024]
- [48] Università degli studi di Trieste (n.d.) La luce blu. Disponibile in: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/747775/mod_resource/content/1/Luce%20blu.pdf [07/10/2024]
- [49] (n.d.) Illuminazione naturale: definizione, vantaggi e metodi di calcolo. Disponibile in: <https://www.pedago.it/blog/illuminazione-naturale.htm> [08/10/2024]
- [50] (n.d.) Decreto ministeriale Sanità 5 luglio 1975. Disponibile in: https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/1975_dm_05_07.htm [08/10/2024]
- [51] Frano, J. T. (2019) How to Design for Visual Comfort Using Natural Light. Disponibile in: <https://www.archdaily.com/911210/let-there-be-light-key-indicators-to-describe-and-design-visual-comfort> [08/10/2024]
- [52] (2024) Tipi di lampadine: confronto consumi e guida alla scelta. Disponibile in: <https://www.elettronew.com/blog/2024/10/18/tipi-di-lampadine/> [12/11/2024]
- [53] (n.d.) Illuminazione artificiale: l'importanza di progettare la luce di spazi e ambienti. Disponibile in: <https://www.aldobernardi.it/news/illuminazione-artificiale-l%E2%80%99importanza-di-progettare-la-luce-di-spazi-e-ambienti.html> [12/11/2024]
- [54] Coro, I. (2023) Inquinamento Luminoso: il lato oscuro della luce blu di smartphone e tablet. Disponibile in: <https://www.policlinico.mi.it/news/2023-09-22/3504/inquinamento-luminoso-il-lato-oscuro-della-luce-blu-di-smartphone-e-tablet> [12/11/2024]
- [55] (2022) Comfort termico. Disponibile in: <https://www.inail.it/portale/prevenzione-e-sicurezza/it/come-fare-per-conoscere-il-rischio/ergonomia/comfort-termico.html> [10/10/2024]
- [56] (2016) Come si misura il comfort termico e il benessere interno di un'abitazione?. Disponibile in: <https://biblus.acca.it/macro-indicatori-comfort-termico/> [10/10/2024]

- [57] (n.d.) Il comfort acustico in un ambiente: La sua importanza e come ottenerlo. Disponibile in: <https://gattusocontract.com/il-comfort-acustico-di-un-ambiente-la-sua-importanza-e-come-ottenerlo/> [12/10/2024]
- [58] (2024) Pressione acustica. Disponibile in: https://it.wikipedia.org/wiki/Pressione_acustica [12/10/2024]
- [59] (2016) Come misurare il comfort acustico di un edificio e migliorare il benessere interno. Disponibile in: <https://biblus.acca.it/come-misurare-comfort-acustico/> [12/10/2024]
- [60] (2023) L'acustica nell'architettura e nel design d'interni: comfort, stile e sostenibilità. Disponibile in: <https://it.linkedin.com/pulse/lacustica-nellarchitettura-e-nel-design-dinterni-comfort> [12/10/2024]
- [61] (2017) Indice Europeo della Qualità dell'Aria: informazioni aggiornate sulla qualità dell'aria a portata di mano. Disponibile in: <https://www.eea.europa.eu/it/highlights/indice-europeo-della-qualita-dell2019aria> [12/10/2024]
- [62] (2018) Qualità dell'aria indoor: salubrità e monitoraggio degli inquinanti indoor. Disponibile in: <https://www.infobuild.it/approfondimenti/qualita-aria-indoor-monitoraggio-inquinanti-indoor> [12/10/2024]
- [63] (2018) Ventilazione naturale: perché è importante e come funziona. Disponibile in: <https://www.infobuild.it/approfondimenti/come-funziona-la-ventilazione-naturale> [12/10/2024]
- [64] (n.d.) Arredamento in stile hygge: caratteristiche e come realizzarlo. Disponibile in: <https://nobento.it/blog/arredamento-in-stile-hygge-caratteristiche-e-come-realizzarlo/> [14/10/2024]
- [65] (2024) What is Hygge? A Simple Guide to Hygge Interior Design. Disponibile in: <https://www.lavenderandlaurelhome.com/post/what-is-hygge-a-simple-guide-to-hygge-interior-design> [14/10/2024]
- [66] (2021) Hygge Decor Guide: How to Add Hygge Style to Your Home. Disponibile in: <https://www.masterclass.com/articles/hygge-decor-guide> [14/10/2024]
- [67] (n.d.) Lagom: la ricetta svedese per vivere serenamente. Disponibile in: <https://www.westwing.it/inspiration/arredamento/stili/lagom/> [14/10/2024]
- [68] (2022) Come arredare in stile Lagom. Disponibile in: <https://www.arredamentomd.it/blog/come-arredare-in-stile-lagom> [14/10/2024]
- [69] (2009) Yin e yang. Disponibile in: [https://www.treccani.it/enciclopedia/yin-e-yang_\(Dizionario-di-filosofia\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/yin-e-yang_(Dizionario-di-filosofia)/) [15/10/2024]
- [70] (n.d.) Il Feng Shui nell'interior design: caratteristiche e materiali da utilizzare. Disponibile in: <https://www.tosilab.it/feng-shui-interior-design/> [15/10/2024]
- [71] Tomasoni, A. (2022) Il Feng Shui nell'Interior Design. Disponibile in: <https://www.giallopastello.it/feng-shui-interior-design> [15/10/2024]
- [72] (2009) Feng Shui: I 5 elementi. Disponibile in: <https://sakuramagazine.com/feng-shui-i-5-elementi/> [15/10/2024]
- [73] (2024) Feng Shui Interior Design Ideas (2024). Disponibile in: <https://housemilldesign.com/2024/01/31/feng-shui-interior-design-ideas-2024/> [15/10/2024]
- [74] Sayaka, A.-A. (2021) Japanese Culture: The Actual Meaning of Wabi-Sabi. Disponibile in: <https://nakamotoforestry.com/japanese-culture-the-actual-meaning-of-wabi-sabi/> [15/10/2024]
- [75] (n.d.) Wabi-Sabi: la bellezza delle imperfezioni. Disponibile in: <https://www.westwing.it/inspiration/arredamento/stili/wabi-sabi/> [15/10/2024]
- [76] Carter, E. (2024) How to Embrace Wabi Sabi Decor in Your Home. Disponibile in: <https://www.lorddecor.com/blog/wabi-sabi-decor> [07/12/2024]

- [77] (2022) Ikigai - L'arte di vivere secondo il proprio essere e come includerla nel Design d'Interni. Disponibile in: <https://www.noogar.com/it/post/ikigai-arte-giapponese-arredare-casa-interni-fuerteventura> [15/10/2024]
- [78] Marchi, S. (2021) Ikigai: atmosfere giapponesi e home decor. Disponibile in: <https://www.homestyleblogs.it/arredare-casa-con-lo-stile-minimale-giapponese/> [15/10/2024]
- [79] He, O. (2023) Che cos'è la cromaticità. Disponibile in: <https://www.rayzeek.com/it/glossary/che-cose-la-cromaticita> [10/12/2024]
- [80] (2022) Percezione del colore nell'occhio umano: perchè vediamo i colori?. Disponibile in: <https://www.zeiss.it/vision-care/benessere-occhi/comprendere-la-visione/come-funziona-la-visione-dei-colori.html> [10/12/2024]
- [81] Pagani, C. (2001) Le variazioni antropologico-culturali dei significati simbolici dei colori. Disponibile in: <https://www.ledonline.it/leitmotiv/Allegati/leitmotiv010114.pdf> [10/12/2024]
- [82] Pitari, M. (2018) Cromoterapia, il potere dei colori per la salute. Disponibile in: <https://www.paginemediche.it/benessere/corpo-e-mente/cromoterapia-il-potere-dei-colori-per-la-salute> [10/12/2024]
- [83] (2019) Il significato dei colori. Disponibile in: <https://www.guidapsicologi.it/articoli/il-significato-dei-colori> [10/12/2024]
- [84] (2022) Cromoterapia: trovare il colore adatto ad ogni stanza. Disponibile in: <https://www.genovatoday.it/casa/arredamento/cromoterapia-casa.html> [10/12/2024]
- [85] (2023) Cromoterapia e illuminazione: la terapia del colore. Disponibile in: <https://www.novalux.com/it/news/cromoterapia-e-illuminazione-la-terapia-del-colore> [10/12/2024]
- [86] (2024) La casa rigenerativa. Disponibile in: <https://jraffaele.com/la-casa-rigenerativa/> [17/12/2024]
- [87] (n.d.) Bullitt Center. Disponibile in: <https://living-future.org/case-studies/bullitt-center-2/> [17/12/2024]
- [88] Fahmy, A., Abdou, A., & Ghoneem, M. (2019). Regenerative architecture as a paradigm for enhancing the urban environment. *Port-Said Engineering Research Journal*, 23(2), 11-19. Disponibile in: https://www.researchgate.net/publication/336038626_Regenerative_Architecture_as_a_Paradigm_for_Enhancing_the_Urban_Environment [17/12/2024]
- [89] (2022) Sumu Yakushima Regenerative Residence / tono Inc.. Disponibile in: <https://www.archdaily.com/992151/sumu-yakushima-residence-and-hotel-tono-inc> [17/12/2024]
- [90] (n.d.) Sumu. Disponibile in: <https://sumu-life.net/place/> [17/12/2024]
- [91] (n.d.) Ricehouse. La nostra storia. Disponibile in: <https://www.ricehouse.it/la-nostra-storia/> [17/12/2024]
- [92] (n.d.) Ricehouse. Prodotti. Disponibile in: <https://www.ricehouse.it/prodotti/> [17/12/2024]
- [93] Monterisi, T. (2022) Ricehouse: i materiali a base di scarti scarti di riso per l'architettura rigenerativa. Disponibile in: <https://urbanpromo.it/content/uploads/sites/20/2022/08/Tiziana-Monterisi.pdf> [17/12/2024]
- [94] (n.d.) Ricehouse. Casa ZS. Disponibile in: <https://www.ricehouse.it/storie/casa-zs/> [17/12/2024]
- [95] Pinnfire, L. (n.d.) What is Regenerative Design?. Disponibile in: <https://tateandco.com/answers/what-is-regenerative-design/> [18/12/2024]
- [96] Trombetta, C. (2018). L'esperienza del Regenerative Design nel dibattito su ambiente costruito e resilienza. *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, 15, 143-152. Disponibile in: <https://www.rivistadistoriadelleducazione.it/index.php/techne/article/download/5006/5006> [18/12/2024]

- [97] Focà, A., & Laganà, A. (2015). Nuove responsabilità: ripensare alla rigenerazione. *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, 10. Disponibile in: <https://www.rivistadistoriadelleducazione.it/index.php/techne/article/download/4478/4478> [18/12/2024]
- [98] (2023) Living Building Challenge. Disponibile in: <https://livingvillage.yale.edu/the-project/the-living-building-challenge/> [18/12/2024]
- [99] (n.d.) Living Building Challenge. Disponibile in: <https://living-future.org/lbc/> [18/12/2024]
- [100] Rogers, K. (n.d) Biophilia hypothesis. Disponibile in: <https://www.britannica.com/science/biophilia-hypothesis> [19/12/2024]
- [101] (n.d.) Biophilia. Disponibile in: <https://www.kobo.com/ww/en/ebook/biophilia-2> [19/12/2024]
- [102] Kellert, S., Calabrese, E. (2015). The practice of biophilic design. London: Terrapin Bright LLC, 3(21). Disponibile in: https://www.biophilic-design.com/_files/ugd/21459d_81ccb84caf6d4bee8195f9b5af92d8f4.pdf [19/12/2024]
- [103] Barbiero, G. (2021). Biofilia e Gaia: all'origine dell'ecologia affettiva. In *Mostra "Ecophilia"*. Disponibile in: https://www.univda.it/wp-content/uploads/2018/11/ECOPHILIA_Barbiero.pdf [19/12/2024]
- [104] Lorenzoni, S. (2022) Servizi ecosistemici, cosa sono e perchè sono importanti. Disponibile in: <https://www.thegoodintown.it/servizi-ecosistemici-cosa-sono/> [19/12/2024]
- [105] Brotto, L., Corradini, G., Chiriaco, M. V., Portaccio, A., Perugini, L., Pettenella, D., ... & Romano, R. (2018). Stato del Mercato Forestale del Carbonio in Italia 2018. *Nucleo Monitoraggio del Carbonio, CREA, Rome*. Disponibile in: https://www.nucleomonitoraggiocarbonio.it/it/filesvari/notizie/2018/Report_StatoMercatoForestaleCarbonio_2018.pdf [19/12/2024]
- [106] Bolten, B., Barbiero, G. (2020). Biophilic Design: How to enhance physical and psychological health and wellbeing in our built environments. *Visions for Sustainability*, 13: 11-16. Disponibile in: <https://www.univda.it/wp-content/uploads/2018/11/13-Visions-11-16.pdf> [27/12/2024]
- [107] (n.d.) The Biophilia hypothesis. Disponibile in: <https://archive.org/details/biophiliahypothe0000unse> [27/12/2024]
- [108] Kellert, S. R. (2008). Dimensions, elements, and attributes of biophilic design. *Biophilic design: the theory, science, and practice of bringing buildings to life*, 2008, 3-19. Disponibile in: https://www.researchgate.net/publication/284608721_Dimensions_elements_and_attributes_of_biophilic_design [27/12/2024]
- [109] Wijesooriya, N., Brambilla, A., & Markauskaite, L. (2023). Biophilic design frameworks: A review of structure, development techniques and their compatibility with LEED sustainable design criteria. *Cleaner Production Letters*, 4, 100033. Disponibile in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666791623000064#bib22> [27/12/2024]
- [110] Marino, G., Voci, M. C. (2019) Biofilia. *Connessione vitale. Casa Naturale*, 98 Disponibile in: <https://www.univda.it/wp-content/uploads/2018/11/2019-01-Casa-Naturale-biofilia.pdf> [27/12/2024]
- [111] (2015) 14 Patterns of Biophilic Design. Disponibile in: <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns/> [27/12/2024]
- [112] Berto, R., Barbiero, G. (2017). The biophilic quality index. A tool to improve a building from "green" to restorative. Disponibile in: https://www.researchgate.net/publication/320169760_The_Biophilic_Quality_Index_A_tool_to_improve_a_building_from_green_to_restorative [27/12/2024]
- [113] Heath, O. (2021). *Design a Healthy Home: 100 ways to transform your space for physical and mental wellbeing*. Dorling Kindersley Ltd.

- [114] Staszowska, A. (2020). Application of Biophilic Installations for Indoor Air Quality Improvement. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 22(2), 716-726. Disponibile in: https://www.researchgate.net/publication/350960360_Application_of_biophilic_installations_for_indoor_air_quality_improvement [29/12/2024]
- [115] (n.d.) VerticalOxygen. Disponibile in: <https://verticaloxygen.com/> [29/12/2024]
- [116] (n.d.) How can biophilic design improve indoor air quality?. Disponibile in: <https://www.linkedin.com/advice/0/how-can-biophilic-design-improve-indoor-6sbwe> [29/12/2024]
- [117] (2023) Is Biophilia a good idea in the office place?. Disponibile in: <https://www.studioforma.ca/is-biophilia-a-good-idea-in-the-office-place/> [29/12/2024]
- [118] (2019) Ricerca choc: un'ora sola al giorno a contatto con la natura, in Italia anche meno. Disponibile in: <https://press.velux.it/the-indoor-generation-2/> [03/01/2025]
- [119] (2024) . Disponibile in: https://www.unisalute.it/wcm/connect/1ddf3fc6-0f0b-43c6-8d4a-108783234f39/Osservatorio+Sanit%C3%A0+UniSalute_Salute+mentale.pdf?MOD=AJPERES&CVI D=oSCcliX [03/01/2025]
- [120] Intini, E. (2016) Ansia: colpisce le donne più degli uomini. Disponibile in: <https://www.focus.it/comportamento/psicologia/ansia-colpisce-le-donne-piu-degli-uomini> [03/01/2025]
- [121] (2024) Generazione Ansia, gli adolescenti con la fatica emotiva di non essere abbastanza. Disponibile in: https://www.ansa.it/canale_lifestyle/notizie/teen/2024/06/10/generazione-ansia-gli-adolescenti-con-la-fatica-emotiva-di-non-essere-abbastanza_41a84ec6-7d30-490c-9c58-32a9b9c8a243.html [03/01/2025]
- [122] (2020) Cresce la passione per il verde in Italia: lockdown e prospettive future nell'Osservatorio Nomisma. Disponibile in: <https://www.nomisma.it/focus/italiani-e-passione-per-giardinaggio-osservatorio-nomisma/> [03/01/2025]
- [123] (2021) A brief history of indoor plants. Disponibile in: https://floralsoul.md/en/history_of_plants/ [04/01/2025]
- [124] Abdalla, S. (n.d.) A Brief History of Indoor Plants: How the Ancient Egyptians started the 5,000 year-old trend. Disponibile in: <https://csa-living.org/oasis-blog/a-brief-history-of-indoor-plantsnbsphow-the-ancient-egyptians-started-the-5000-year-old-trend> [04/01/2025]
- [125] (2023) Il Giardino della casa dei Vettii a Pompei. Disponibile in: <https://cimgreen.cims.it/2023/01/27/il-giardino-della-casa-dei-vettii-a-pompei/> [04/01/2025]
- [126] Higham, K. (2024) The History of Houseplants: How Nature Moved Indoors. Disponibile in: <https://www.plantstore.ie/blogs/news/the-history-of-houseplants-how-nature-moved-indoors> [04/01/2025]
- [127] (2021) Storia del Bonsai. Dalla Cina al Giappone e fino in Occidente. Disponibile in: <https://www.bombonieregreen.it/storia-del-bonsai/> [04/01/2025]
- [128] (n.d.) A history of house plants. Disponibile in: <https://www.queensofgreendesign.co.uk/history-of-pot-plants> [04/01/2025]
- [129] (n.d.) Houseplant. Disponibile in: <https://en.wikipedia.org/wiki/Houseplant> [04/01/2025]
- [130] (n.d.) Green wall. Disponibile in: https://en.wikipedia.org/wiki/Green_wall [04/01/2025]
- [131] (n.d.) Che cos'è un Terrarium?. Disponibile in: <https://www.flormaison.it/che-cosa-e-il-terrarium/> [05/01/2025]
- [132] Keogh, L. (2017). The Wardian case: How a simple box moved the plant kingdom. *Arnoldia*, 74(4), 2-13. Disponibile in: <https://arboretum.harvard.edu/stories/the-wardian-case-how-a-simple-box-moved-the-plant-kingdom/> [05/01/2025]
- [133] Hershey, D. R. (1996). Doctor Ward's accidental terrarium. *The American Biology Teacher*, 58(5), 276-281. Disponibile in: <https://online.ucpress.edu/abt/article-abstract/58/5/276/15552/Doctor-Ward-s-Accidental-Terrarium?redirectedFrom=fulltext> [05/01/2025]

- [134] (n.d.) Wardian case. Disponibile in: https://en.wikipedia.org/wiki/Wardian_case [05/01/2025]
- [135] Giles, J. (n.d.) The history of terrariums: the Wardian case. Disponibile in: <https://www.gardensillustrated.com/plants/the-history-of-terrariums-the-wardian-case> [05/01/2025]
- [136] (2023) The History of Terrariums. Disponibile in: <https://londonterrariums.com/blogs/terrarium-101/the-history-of-terrariums> [05/01/2025]
- [137] (n.d.) Terrarium History: A Journey. Disponibile in: <https://terrariumworld.co.uk/a-terrarium-history/> [05/01/2025]
- [138] (2015) Ferns for the Parlor. Disponibile in: <https://cdn.artbma.org/2022/01/11175351/atg-jan.pdf> [05/01/2025]
- [139] Bauer, A., Levy, N. (2018) Terrarium: 33 Glass Gardens to Make Your Own. Chronicle Books LLC.
- [140] (n.d.) Terraliving. Disponibile in: <https://www.theterraliving.com/> [07/01/2025]
- [141] (2021) The Oracle 2.0 - Desktop Parametric Moss Wall Sculpture by TerraLiving. Disponibile in: <https://www.theterraliving.com/post/the-oracle-2-0-desktop-parametric-moss-wall-sculpture-by-terraliving> [07/01/2025]
- [142] (n.d.) The Eden. Disponibile in: <https://www.theterraliving.com/bioart/the-eden-%26-eden---x> [07/01/2025]
- [143] (n.d.) What is ZERO Series?. Disponibile in: <https://www.theterraliving.com/zero-moss-faq> [07/01/2025]
- [144] (n.d.) Oasis Terarrium. Disponibile in: <https://vulkaza.com/products/oasis-terarrium> [07/01/2025]
- [145] (n.d.) Dremel. Our history. Disponibile in: <https://www.dremel.com/au/en/about-us> [07/01/2025]
- [146] (n.d.) Costruire un terrario. Disponibile in: <https://www.dremel.com/it/it/crea-con-dremel/idee--progetti/costruire-un-terrario> [07/01/2025]
- [147] (2022) Seeing Green? Monitree Brings Living Plants to Your Desktop Monitor. Disponibile in: <https://coolbacker.com/seeing-green-monitree-brings-living-plants-to-your-desktop-monitor/> [07/01/2025]
- [148] (n.d.) Biorb terrariums. Disponibile in: <https://uk.biorb.com/collections/biorb-terrariums> [07/01/2025]
- [149] (n.d.) Botanica Sanctuary. Disponibile in: <https://swissaquashop.ch/en/terrarium/2658-botanica-sanctuary-m-temperate-concrete-400000002895.html> [07/01/2025]
- [150] (n.d.) Sedum dorato. Disponibile in: https://www.picturethisai.com/it/wiki/Sedum_hispanicum__Aureum_.html [15/01/2025]
- [151] (n.d.) Aloe vera. Disponibile in: https://www.picturethisai.com/it/wiki/Aloe_vera.html [15/01/2025]
- [152] (n.d.) Haworthia concolor. Disponibile in: <https://www.giromagicactus.com/haworthia-concolor/> [15/01/2025]
- [153] (n.d.) Pachyveria. <https://www.giromagicactus.com/pachyveria-giromagi-cactus/> Disponibile in: [15/01/2025]
- [154] (n.d.) Echeveria pulvinata. Disponibile in: <https://www.giromagicactus.com/echeveria-pulvinata/> [15/01/2025]
- [155] (n.d.) Arrojadoa. Disponibile in: <https://www.giromagicactus.com/arrojadoa-giromagi-cactus/> [15/01/2025]
- [156] (n.d.) Muschio vivo per terrario o copri suolo. Disponibile in: <https://www.quadrifogliogarden.com/piante-verdi/3496-muschio.html> [15/01/2025]
- [157] (n.d.) Pilea. Disponibile in: <https://www.fiurimilano.com/product-page/pilea> [15/01/2025]

[158] (n.d.) Fittonia - una pianta comunicativa. Disponibile in: <https://www.errenelbosco.it/fittonia-una-pianta-comunicativa/> [15/01/2025]

[159] (n.d.) Hedera Helix Variegata. Disponibile in: <https://egarden.store/prodotti/hedera-helix-variegata/> [15/01/2025]

[160] (n.d.) Felce da appartamento. Disponibile in: <https://www.roagnavivai.it/felce-da-appartamento/> [15/01/2025]

[161] (n.d.) Muehlenbeckia complexa. Disponibile in: <https://www.simegarden.com/products/muhelenbeckia-complexa> [15/01/2025]

[162] (n.d.) About Ruuvi. Disponibile in: <https://ruuvi.com/about-us/> [10/01/2025]

[163] (n.d.) Ruuvitag. Disponibile in: <https://ruuvi.com/ruuvitag/> [10/01/2025]

[164] (n.d.) This is how PLEXIGLAS® came to be. Disponibile in: <https://www.plexiglas.de/en/about-us/history> [10/01/2025]

[165] (n.d.) PLEXIGLAS® products and their properties at a glance. Disponibile in: <https://www.plexiglas.de/en/products> [10/01/2025]

[166] Henriksen, A. (2024) Cast vs Extruded PMMA: What is the difference between cast and extruded acrylic?. Disponibile in: <https://plasticservicecompany.com/en/articles/cast-vs-extruded-pmma/> [10/01/2025]

[167] (2023) Differenza tra PMMA/Metacrilato colato e PMMA/Metacrilato estruso. Disponibile in: <https://plast-zone.com/blogs/notizie/differenza-tra-pmma-metacrilato-colato-e-pmma-metacrilato-estruso> [10/01/2025]

[168] (n.d.) PMMA Cast acrylic sheet production line. Disponibile in: <https://www.lookingplas.com/product/showProductDetail?id=7968> [10/01/2025]

[169] (n.d.) Linea di estrusione di lastre JWS1 series. Disponibile in: <https://www.directindustry.it/prod/jwell-extrusion-machinery-co-ltd-shanghai/product-73842-2423724.html> [10/01/2025]

[170] (n.d.) Le Bioplastiche. Disponibile in: https://www.mistralab.it/ambiente/ambiente/23_Bioplastiche/Bioplastiche.html [10/01/2025]

[171] (n.d.) Understanding PLA (Polylactic Acid): Material Types, Applications, and Industry Usage. Disponibile in: <https://cncmachines.com/understanding-pla-poly-lactic-acid-material-types-applications-industry-usage> [10/01/2025]

[172] (n.d.) Everything you need to know about PLA 3D Printing. Disponibile in: <https://www.makerbot.com/stories/everything-you-need-to-know-about-pla-3d-printing/> [10/01/2025]

[173] Reed, C. (2024) PLA 3D Printing: The Ultimate Guide. Disponibile in: <https://explore3dprint.com/pla-3d-printing-the-ultimate-guide/> [10/01/2025]

[174] (n.d.) Modellazione a deposizione fusa. Disponibile in: https://it.wikipedia.org/wiki/Modellazione_a_deposizione_fusa [10/01/2025]

[175] Nunzia, A. (2024) Modellazione a deposizione fusa (FDM): tutto quello che c'è da sapere. Disponibile in: <https://www.3dnatives.com/it/modellazione-deposizione-fusa-021120219> [10/01/2025]

[176] (n.d.) Stampante 3D Bambu Lab P1S. Disponibile in: <https://cianoshapes.com/prodotto/bambulab-p1s/> [10/01/2025]

[177] (n.d.) Macchine fustellatrici per cartotecniche. Disponibile in: <https://www.bussiservice.it/macchine-fustellatrici-per-cartotecniche/> [10/01/2025]

[178] (n.d.) Fustellatrice automatica GUOWANG C-130Q con estrattore. Disponibile in: <https://www.grafipro.it/catalogo-macchinari-per-la-stampa-e-cartotecnica/fustellatrice-automatica-guowang-c-106q-con-estrattore-2/> [10/01/2025]

[179] (n.d.) Stampante digitale Onepass Carton Machine. Disponibile in: <https://www.sy-faith.com/products-detail-4764339> [10/01/2025]

[180] (n.d.) Dassault Systèmes. Storia. Disponibile in: <https://www.3ds.com/it/about/company/history> [12/01/2025]

[181] (n.d.) 3D Experience Make. Quote. Disponibile in: <https://make.3dexperience.3ds.com/quote/upload> [12/01/2025]

[182] (n.d.) Jaystar. Profilo aziendale. Disponibile in: <http://it.jaystar-packaging.com/company-profile/> [12/01/2025]