

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia Generale
Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Cognitiva Applicata**

Tesi di Laurea Magistrale

**Effetti psicologici e psicofisiologici di un ambiente biofilico interno. Uno
studio in realtà virtuale**

Psychological and psychophysiological effects of a biophilic indoor
environment. A virtual reality study

Relatore

Prof.ssa Francesca Pazzaglia

Correlatore

Dott. Enrico Sella

Laureanda: Silvia Bellini

Matricola: 2052299

Anno accademico 2022/2023

INDICE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1 - LA PSICOLOGIA AMBIENTALE	7
1.1 Che cos'è la Psicologia ambientale	7
1.2 Ipotesi della Biofilia	9
1.3 Stressor ambientali	11
1.4 Rigeneratività ambientale	14
<i>1.4.1 Stress recovery theory (SRT; Ulrich, 1983)</i>	17
<i>1.4.2 Attention restoration theory (ART; Kaplan e Kaplan, 1989)</i>	19
<i>1.4.3 Approcci teorici ed empirici recenti</i>	23
CAPITOLO 2 - BENESSERE IN AMBIENTI NATURALI E COSTRUITI	27
2.1 Il ruolo degli ambienti naturali e costruiti sul benessere della persona	27
<i>2.1.1 Effetti rigenerativi degli ambienti naturali</i>	27
<i>2.1.2 Effetti rigenerativi della natura in Realtà Virtuale</i>	29
<i>2.1.3. Effetti rigenerativi di ambienti costruiti</i>	33
<i>2.1.4 Effetti rigenerativi di ambienti costruiti in Realtà Virtuale</i>	36
2.2 La progettazione biofilica: biophilic design	38
<i>2.2.1 Le caratteristiche del biophilic design</i>	38
2.2.2 Gli effetti rigenerativi del biophilic design	43
CAPITOLO 3 - LA RICERCA	47
3.1 Obiettivi della ricerca	47
3.2 Metodo	49
<i>3.2.1 Partecipanti</i>	49
<i>3.2.2 Caratteristiche sociodemografiche del campione</i>	49
<i>3.2.3 Strumenti e Materiali</i>	50
3.3 Procedura	61
CAPITOLO 4 - RISULTATI	66
4.1 Analisi statistiche delle variabili psicologiche	66
4.2 Statistiche descrittive del campione totale	66
4.3 Statistiche descrittive del campione suddiviso per gruppi	67
4.4 Analisi preliminari	68

4.5 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sui sintomi di malessere	68
4.6 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sullo stato emotivo	69
4.6.1 Valenza emotiva e arousal.....	69
4.6.2 Stato affettivo positivo e negativo	71
4.7 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sulla rigeneratività percepita	74
<i>4.7.1 Rigeneratività percepita totale.....</i>	<i>74</i>
<i>4.7.2 Sottoscale</i>	<i>74</i>
4.8 Effetto dell'esposizione all'ambiente virtuale sulla percezione delle qualità affettive dei luoghi.....	77
4.9 Analisi statistiche delle variabili fisiologiche	83
4.10 Preprocessamento dei dati fisiologici.....	84
4.11 Analisi preliminari	85
4.12 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sull'attività elettrodermica (EDA).....	85
4.13 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sul segnale fotopletismografico (PPG)	87
<i>4.13.1 Frequenza cardiaca (HR)</i>	<i>87</i>
<i>4.13.2 Variabilità della frequenza cardiaca (HRV).....</i>	<i>89</i>
 DISCUSSIONE	 91
 CONCLUSIONE	 96
 RINGRAZIAMENTI.....	 100
 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	 101

INTRODUZIONE

La presente tesi nasce dalla ricerca che si propone di valutare gli effetti psicologici e psicofisiologici derivanti dall'esposizione ad un ambiente interno, progettato seguendo i principi della biofilia e reso accessibile attraverso la Realtà Virtuale, sul benessere della persona. Sono numerosi gli studi in letteratura che dimostrano gli effetti benefici del contatto con la natura attraverso la sua caratteristica di "rigeneratività", ovvero la sua influenza positiva sul livello fisiologico, affettivo, cognitivo e comportamentale (Gifford, 2014). Gli ambienti che possiedono caratteristiche naturali contribuiscono alla riduzione fisiologica dello stress, al potenziamento degli affetti positivi e alla diminuzione di quelli negativi, e al ripristino delle risorse cognitive implicate nello svolgimento di compiti, soprattutto attentivi (Berto, 2014; Joye e Van den Berg, 2011). Gli studi di questi effetti si basano su due teorie principali: la Stress recovery theory (SRT; Ulrich, 1983), secondo la quale il contatto con la natura apporta benessere in termini di riduzione dello stress, e la Attention restoration theory (ART; Kaplan e Kaplan, 1989), secondo la quale particolari caratteristiche dell'ambiente comportano un ripristino di risorse cognitive che vanno ad esaurirsi nello svolgimento di compiti quotidiani. Purtroppo, a causa della recente urbanizzazione, le persone si sono allontanate dalla natura, e trascorrono la maggior parte del proprio tempo in luoghi chiusi e costruiti, in città urbane che ridimensionano sempre di più i cosiddetti "spazi verdi" (Kellert e Calabrese, 2015). Risulta sempre più importante, quindi, inserire elementi naturali all'interno degli ambienti costruiti, affinché possano indurre gli stessi effetti benefici del contatto diretto con la natura, ove questo risulti impossibile. L'ulteriore problematica relativa al cambiamento climatico spinge ad effettuare scelte differenti nella progettazione e costruzione di spazi. Il design biofilico, ideato

da Kellert (2008), nasce quindi con l'obiettivo di influire positivamente sul benessere delle persone e dell'ambiente, attraverso le sue caratteristiche di ecosostenibilità.

Le ambientazioni biofiliche utilizzate nella presente ricerca prendono il nome di "Bio.Pod", e nascono da un progetto dell'architetta Giuliana Salmaso. Il Bio.Pod è una struttura realizzata interamente in legno che assume una forma a chiocciola ispirata dal guscio di alcuni molluschi. La forma ispirata alla natura, l'inserimento di materiali naturali, la presenza di piante, acqua, luci naturali, colori caldi e un lucernario da cui si può vedere il cielo, seguono le caratteristiche del design biofilico (Browning, Ryan e Clancy, 2014; Kellert e Calabrese, 2015). La collaborazione con il Dipartimento di Psicologia Generale di Padova ha permesso la realizzazione di questo ambiente in realtà virtuale, una nuova tecnologia che consente, ad oggi, nuove soluzioni che possono essere utilizzate sia nel campo della ricerca che nel campo terapeutico. L'utilizzo di ambienti virtuali progettati seguendo le caratteristiche biofiliche permette non solo di supportare la ricerca scientifica o il lavoro di architetti, designer, ingegneri e psicologi ambientali, ma di offrire un'equivalente esperienza a contatto con la natura anche alle persone che non possono esperirla nella realtà (Yin, Zhu, MacNaughton, Allen e Spengler, 2018).

La presente ricerca è stata condotta su un campione di 150 partecipanti (91 femmine e 59 maschi) di età compresa tra 19 e 37 anni, suddivisi in tre diverse condizioni: una condizione di controllo in cui l'ambiente virtuale neutro è stato progettato con un minimo grado di caratteristiche biofiliche al fine di ricreare un ambiente "standard" che può essere ritrovato più facilmente all'interno di un contesto lavorativo; una condizione biofilica in cui l'ambiente presentato corrisponde al Bio.Pod e una seconda condizione biofilica in cui, all'interno del Bio.Pod, è stata inserita una finestra con la visione diretta su un bosco. Sono state misurate variabili psicologiche quali lo stato affettivo (in termini di emozioni positive e negative e di valenza) e il tipo di sensazione provata (in termini di arousal), la rigeneratività percepita e la

valutazione delle qualità affettive dei luoghi. In aggiunta, sono state misurate variabili fisiologiche, quali l'attività elettrodermica, la frequenza cardiaca e la variazione della frequenza cardiaca. L'obiettivo generale è quello di confrontare l'ambiente standard e i due ambienti dotati di un maggior grado biofilico, per verificare se questi ultimi contribuiscono maggiormente all'incremento del tono affettivo positivo, al decremento di quello negativo, alla riduzione delle variabili fisiologiche legate allo stress e alla maggior percezione di rigeneratività rispetto all'ambiente di controllo.

La presente tesi sperimentale è articolata in quattro capitoli. Nel primo capitolo viene introdotta la disciplina della Psicologia ambientale, con un approfondimento sul rapporto uomo-natura attraverso l'ipotesi della biofilia (Wilson, 1984), l'analisi dei principali stressor ambientali e degli effetti rigenerativi della natura sull'uomo attraverso le due teorie principali di riferimento: la Stress recovery theory (SRT; Ulrich, 1983) e la Attention restoration theory (ART; Kaplan e Kaplan, 1989). Il secondo capitolo si concentra sul benessere esperito in ambienti naturali e costruiti, valutandone gli effetti anche attraverso l'esperienza di tali ambienti in realtà virtuale. In aggiunta, vengono introdotte le basi del Biophilic Design (Kellert, 2008) e vengono analizzati gli effetti sul benessere dati dall'esperienza di ambienti con tali caratteristiche, anche in realtà virtuale. Nel terzo capitolo viene descritta la ricerca sperimentale condotta, con particolare descrizione degli obiettivi, del metodo, delle caratteristiche dei partecipanti, degli strumenti e materiali utilizzati, e della procedura adottata. Nel quarto capitolo vengono descritti i risultati emersi dalla sperimentazione, partendo dalle analisi delle variabili psicologiche quali lo stato affettivo e la rigeneratività percepita, fino all'analisi delle variabili fisiologiche, quali l'attività elettrodermica (EDA), la frequenza cardiaca (HR) e la variabilità della frequenza cardiaca (HRV). Infine, è presente una discussione di tali risultati e una conclusione in cui si evidenziano i limiti della ricerca e le possibilità di futuri sviluppi.

CAPITOLO 1

LA PSICOLOGIA AMBIENTALE

1.1 Che cos'è la Psicologia ambientale

La Psicologia ambientale viene definita come quella scienza che si occupa di studiare il rapporto tra l'essere umano e l'ambiente che lo circonda. Nello specifico indaga il modo in cui l'ambiente influenza il nostro funzionamento mentale, le nostre emozioni, e il nostro comportamento e, viceversa, il modo in cui l'uomo, con le sue azioni e il suo comportamento, tende a modificare l'ambiente (Costa, 2013). Il nostro modo di pensare e il nostro comportamento non dipendono solamente da chi siamo, ma anche dall'ambiente che ci circonda. Il nostro comportamento cambia in funzione dell'ambiente in cui siamo inseriti e questo ha effetti anche su fattori di sviluppo e crescita determinati geneticamente, attraverso l'espressione del fenotipo. Le caratteristiche del luogo in cui ci troviamo influenzano il modo in cui ci relazioniamo con le altre persone, il modo in cui esploriamo l'ambiente fisico che ci circonda, e il modo in cui ci muoviamo al suo interno.

L'ambiente non ha però il solo potenziale di influenzare il funzionamento e il benessere dell'uomo; quest'ultimo, infatti, è l'essere che più è in grado di modificarlo e adattarlo per i propri scopi e soddisfare i propri bisogni. Per la psicologia ambientale risulta quindi importante lo studio del modo in cui la persona agisce e modifica il proprio ambiente, in quanto può fornire evidenze sulle caratteristiche individuali (come la personalità) e sul funzionamento dell'uomo nel tempo. Un esempio possono essere le caratteristiche degli edifici a seconda dei periodi storici, o più semplicemente il modo in cui le persone arredano e personalizzano i luoghi in cui passano la maggior parte del loro tempo (Costa, 2013).

Uno dei primi studiosi ad introdurre il termine di "psicologia ambientale" fu Hellpach nella prima metà del ventesimo secolo (Pol, 2006). Egli studiò principalmente l'impatto di

differenti stimoli ambientali (forma, colore, sole e luna) sulle attività umane e si concentrò poi su fenomeni più urbani quali l'affollamento delle persone in un dato ambiente (valutazione soggettiva che si verifica quando il numero di persone presenti in quel luogo viene percepito come eccessivo rispetto al proprio livello desiderato) e la sovrastimolazione ambientale (condizione che si verifica quando uno o più sensi del corpo vengono stimolati a livelli elevati da fattori dell'ambiente esterno). Brunswik (1903-1955) e Lewin (1890-1947) vengono invece considerati i padri fondatori della Psicologia Ambientale (Gifford, 2007). Questi autori si interessarono particolarmente all'interazione tra ambiente fisico e processi psicologici, concentrandosi sulla percezione degli stimoli ambientali, preferendo il comportamento delle persone nella loro vita quotidiana rispetto ai setting artificiali del laboratorio (Steg, Van del Berg e De Groot, 2013). Intorno agli anni 40' del Novecento nasce il termine di "Psicologia Architettónica" (Canter, 1970; Pol, 2007; Winkel, Saegert e Evans, 2009) per sottolineare l'interesse nello studio degli ambienti costruiti, e in particolare il modo in cui questi ultimi influenzano la percezione e il comportamento dell'uomo. Un ulteriore tema affrontato da questa disciplina, alla fine degli anni 60' del Novecento, è quello della sostenibilità ambientale (Steg et al., 2013). Esso comprende lo studio e il cambiamento dei comportamenti pro-ambientali al fine di mantenere un ambiente sano e sostenibile, studiando fattori quali l'inquinamento dell'aria (De Groot, 1967; Lindvall, 1970), il rumore urbano (Griffiths e Langdon, 1968) e la valutazione della qualità ambientale (Appleyard e Craik, 1974). Pertanto, emerge come il campo della Psicologia Ambientale sia ora interessato anche a modificare i comportamenti delle persone al fine di ridurre il loro impatto negativo sull'ambiente e contemporaneamente preservare il loro benessere e qualità di vita.

In generale, ad oggi, la Psicologia Ambientale è caratterizzata da quattro aspetti fondamentali: il primo riguarda l'approccio interattivo tra l'uomo e l'ambiente. Il secondo riguarda l'interdisciplinarietà e la collaborazione tra campi di ricerca differenti il cui obiettivo

è quello di definire un quadro generale delle problematiche e delle sfide che interessano la relazione uomo-ambiente. Il terzo consiste nell'approccio centrato sul problema che caratterizza la psicologia ambientale, il cui interesse non è solo quello di individuare e definire delle teorie, ma di applicarle ai problemi di vita quotidiana trovando soluzioni. Il quarto e ultimo aspetto riguarda la diversità dei metodi utilizzati nella ricerca. Gli psicologi e i ricercatori esperti in psicologia ambientale cercano infatti di utilizzare disegni di ricerca differenti, con metodi sia qualitativi che quantitativi (Steg et al., 2013), al fine di avere un quadro comprensivo, accurato ed esaustivo sulle evidenze scientifiche della relazione uomo-ambiente.

1.2 Ipotesi della Biofilia

Durante lo studio di ambienti costruiti e naturali è emerso come l'uomo abbia una netta preferenza per i secondi rispetto ai primi (Kellert e Wilson, 1993). Questa preferenza è spesso spiegata adottando una prospettiva evuzionista: l'uomo, nel corso della storia, ha dovuto adattarsi all'ambiente naturale in cui viveva sviluppando schemi cognitivi, affettivi e comportamentali necessari alla sua sopravvivenza. Tali schemi sono presenti tuttora nel nostro codice genetico e determinano la nostra preferenza verso paesaggi verdi, ricchi di vegetazione, acqua e animali rispetto a paesaggi moderni e urbanizzati (Kellert e Wilson, 1993). Questa predisposizione naturale umana, biologicamente determinata, a ricercare contatto con la natura e con tutto ciò che è vivente si riassume nel termine "biofilia", concetto espresso per la prima volta da Erich Fromm (1964) e ripreso da Edward Osborne Wilson (1984) che deriva dal greco e significa letteralmente "amore per la vita" e si contrappone alla necrofilia, ovvero "amore per la morte". Tra gli studiosi più importanti in ambito biofilico, oltre a Wilson, è necessario menzionare Stephen Kellert, il quale ha applicato i principi della biofilia al design (Kellert e Wilson, 1993). Egli sottolinea l'espressione funzionale della biofilia, data dall'equilibrio di

nove valori di base, universali e presenti in ogni cultura, che si esprimono nella relazione tra esseri umani e natura. I primi tre valori, rispettivamente: umano, naturalistico ed estetico, si riferiscono al primo contatto iniziale dell'uomo con la natura. I tre successivi: utilitaristico, di difesa e di dominio, sottolineano il desiderio di utilizzare e controllare la natura per i propri scopi, mentre gli ultimi: simbolico, scientifico e morale si riferiscono alla consapevolezza e alla riflessione (Barbiero e Berto, 2016).

Nonostante la predisposizione biofilica sia biologicamente determinata, Kellert (2012) sostiene che essa necessita comunque di essere coltivata e conquistata attraverso processi educativi che consentano di manifestare la sua natura adattiva e benefica. Una delle tendenze delle società occidentali è infatti quella tecnologica, che porta, insieme all'urbanizzazione, ad un allontanamento sempre maggiore dalla natura (Starri, 2021). Questo distacco ha importanti conseguenze sulla vita delle persone, in particolar modo sullo sviluppo delle nuove generazioni. A tale proposito, Richard Louv (2005) conia l'espressione "nature-deficit disorder" (sindrome da deficit di natura). Essa non rappresenta una diagnosi ufficiale inserita nella Classificazione Statistica Internazionale delle Malattie e dei Problemi Sanitari Correlati (ICD-10-CM), ma è un'etichetta utilizzata per sottolineare le problematiche che insorgono nei bambini che vengono privati del contatto diretto con la natura e della pratica di attività libere all'aperto (Driessnack, 2009). Nelle nuove generazioni, soprattutto quelle che crescono in contesti urbanizzati, le esperienze a diretto contatto con la natura come giocare in giardino, nel bosco, nei campi, lungo le spiagge o laghi, vengono sostituite con attività svolte all'interno come guardare la televisione, giocare ai videogiochi o utilizzare il proprio smartphone (Charles, Louv, Bodner e Guns, 2008). Nonostante non ci siano sintomi definiti per la sindrome da deficit di natura, Charles e collaboratori (2008) sottolineano come i tassi di obesità infantile, di disturbo da deficit dell'attenzione/ipertattività (ADHD), compromissione di abilità sociali e alterazioni della salute mentale (inclusa la depressione) siano aumentati a livelli preoccupanti.

L'esposizione dei bambini alla natura aumenta le loro abilità cognitive, specialmente in termini di funzioni esecutive (Wells, 2000), la capacità di concentrazione, il pensiero creativo, la capacità di problem solving, l'autodisciplina e l'autoregolazione (Burdette e Whitaker, 2005), la salute fisica e mentale nella resistenza ai sintomi di stress e depressione, riducendo i sintomi del disturbo da deficit dell'attenzione/iperattività (ADHD) (Kuo e Taylor, 2004). Nel 2007, la World Future Society ha inserito la sindrome da deficit di natura tra i 10 elementi che possono impattare e modificare la salute mondiale negli anni a venire (Driessnack, 2009). Al fine di sensibilizzare le persone al tema della biofilia e all'importanza della connessione con la natura (intesa come il modo in cui le persone instaurano relazioni con l'ambiente naturale) è necessaria la presenza di educazione e riflessione sul tema, esperienze precoci di contatto con la natura e, infine, la progettazione in chiave biofilica dei luoghi della nostra quotidianità (Pazzaglia e Tizi, 2022).

1.3 Stressor ambientali

Nella relazione uomo-ambiente, vi sono alcuni fattori, chiamati *stressor ambientali*, che possono avere effetti negativi sul benessere psicofisico e psicologico delle persone. Gli stressor ambientali vengono definiti come “caratteristiche specifiche dell'ambiente fisico che hanno effetti, spesso negativi, sul benessere psicofisico dell'individuo” (Pazzaglia e Tizi, 2022). Studi recenti mostrano che essi sono associati a malattie croniche non trasmissibili e colpiscono la maggior parte della popolazione che vive in paesi industrializzati (Münzel e Daiber, 2018). I modelli psicologici si differenziano da quelli biologici per la loro attenzione all'influenza di fattori psicologici sulla risposta allo stress, che viene definito come la “risposta dell'organismo, sul piano biologico, cognitivo, affettivo e comportamentale, a una situazione in cui sono presenti minacce per il nostro benessere psicofisico” (Carlson, 2007). È determinato da uno squilibrio tra le richieste ambientali e la disponibilità di risorse dell'individuo per fronteggiarle.

Tra i modelli più conosciuti si ricorda quello di Lazarus, un modello transazionale in cui viene spiegato come lo stress sia il prodotto dell'interazione tra la persona e l'ambiente. Lo stress non sorgerebbe solo al verificarsi di un evento traumatico o negativo in generale, ma dipenderebbe anche da due livelli di valutazione da parte dell'individuo: il primo livello consiste nella valutazione primaria della gravità della minaccia, mentre il secondo livello consiste nella valutazione secondaria delle risorse e delle strategie di coping che la persona possiede per affrontarla (Lazarus 1966; Lazarus e Folkman, 1987). McEwen (1998) propone una visione alternativa e dinamica dello stress con la *Allostatic load theory*. A differenza delle teorie omeostatiche in cui esiste uno stato ideale di funzionamento corporeo, il cui esempio lo si ritrova nella teoria di Lazarus, il modello di McEwen suggerisce che ogni volta in cui un individuo entra a contatto con uno stressor, il sistema fisiologico dello stress si attiva per trovare un nuovo equilibrio che gli permette di essere funzionale nella nuova situazione. Questo processo, chiamato allostatico, comporta numerosi benefici all'individuo, ma un'esposizione prolungata a fattori stressogeni richiede modifiche del funzionamento di base che possono portare ad usura del corpo.

Tra i principali stressor ambientali troviamo: il rumore, la temperatura, la scarsa qualità abitativa e l'inquinamento dell'aria. Il rumore viene definito come un suono non desiderato e caratterizzato da intensità, frequenza, periodicità e durata. La sola presenza del suono è necessaria, ma non sufficiente, alla produzione del rumore. È la sua caratteristica psicologica di indesiderabilità e la sua componente fisica di intensità a far sì che venga percepito come tale (Evans e Cohen, 1987). Il rumore cronico ha effetti a livello psicologico, comportamentale e produce, inoltre, stress fisiologico. In accordo con l'Organizzazione Mondiale della Sanità, ogni anno si perdono oltre un milione di anni di vita sana a causa dell'esposizione al rumore ambientale nei paesi dell'Europa occidentale (Münzel e Daiber, 2018). Persone che lavorano in contesti lavorativi rumorosi presentano una pressione sanguigna elevata (Tomei et al., 2010),

l'esposizione al rumore del traffico è associata a ipertensione in persone di età compresa tra i 44 e i 55 anni (De Kluizenaar, Gansevoort, Miedema e de Jong, 2007), bambini che frequentano scuole vicino ad un aeroporto mostrano livelli più alti di noradrenalina, ormoni dello stress e pressione sanguigna più alta rispetto a bambini che vivono in contesti silenziosi (Evans, Bullinger e Hygge, 1998). Il rumore impatta negativamente sulla prestazione scolastica (ad esempio l'abilità di lettura in bambini che frequentano scuole vicino alla ferrovia rispetto a bambini la cui scuola è inserita in un contesto tranquillo), le abilità di attenzione (Evans e Hygge, 2007) e di memoria (Van Kempen et al., 2006). Il rumore può essere inoltre responsabile di due effetti: l'*after-effect* e lo *spillover effect*. Il primo si riferisce all'effetto negativo del rumore sui livelli di motivazione e sul funzionamento cognitivo che si mantiene anche quando lo stressor viene eliminato, mentre il secondo, riferito maggiormente al rumore causato dal traffico, consiste nell'accumulo di fatica dovuto a stressor ambientali in un determinato contesto che influisce sul benessere della persona stessa in un contesto differente (Evans e Cohen, 2004). Per quanto riguarda la temperatura, il *discomfort* termico creato dallo scostamento della temperatura corporea dal suo livello ottimale, ha conseguenze sulla prestazione fisica e mentale, sul comportamento sociale e sull'adattamento fisiologico (Pazzaglia e Tizi, 2022). L'esposizione al freddo riduce la prestazione in compiti che richiedono destrezza manuale e discriminazione tattile, su compiti cognitivi che richiedono attenzione, ragionamento, apprendimento e memoria (Palinkas et al., 2005). L'esposizione al caldo, in particolare a temperature che superano i 32 °C comporta un peggioramento generale delle prestazioni fisiche e cognitive, incide sull'umore manifestando maggiormente comportamenti aggressivi e riduce la propensione all'altruismo. L'esposizione a temperature superiori ai 35 °C induce a uno stato di sonnolenza e inattività al fine di ridurre al minimo il consumo di energie (Griffith e Veitch, 1971). La qualità abitativa viene valutata attraverso standard di qualità dell'abitazione, densità di abitanti e rumore. Uno studio di Evans e

Marcynyszyn (2004) ha dimostrato alti livelli di ormoni dello stress in bambini che vivono in condizioni abitative povere. Una bassa qualità abitativa è associata anche a stress, problemi mentali come ansia e depressione, e un minore sviluppo nel funzionamento emotivo, cognitivo e comportamentale in bambini e adolescenti (Coley, Leventhal, Lynch e Kull, 2013). Il miglioramento delle condizioni abitative, infatti, è associato ad un aumento nella felicità e soddisfazione di vita (Thomson, Thomas, Sellstrom e Petticrew, 2013). Infine, come ultimo stressor ambientale, facciamo riferimento all'inquinamento dell'aria, problematica molto importante nel momento in cui passiamo la maggior parte delle nostre giornate in ambienti interni (WHO, 2014). Sempre secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, l'inquinamento atmosferico è il fattore di rischio ambientale clinicamente più rilevante e causa, a livello globale, milioni di decessi all'anno, la maggior parte dei quali causati da malattie cardiovascolari o cerebrovascolari (Münzel e Daiber, 2018). Una cattiva qualità dell'aria è associata ad un peggioramento delle prestazioni fisiche e cognitive, all'aumento dei sintomi di disagio fisico e psicologico (Seppanen, Fisk, Mendell, 1999). Al fine di ridurre le conseguenze negative di questo stressor, è necessaria la progettazione e la gestione di edifici sostenibili (Gawande et al., 2020).

1.4 Rigeneratività ambientale

Nonostante l'ambiente possa avere degli effetti negativi sul benessere delle persone, esso possiede anche una caratteristica molto importante di "rigeneratività" in grado di influire positivamente sul livello fisiologico, affettivo, cognitivo e comportamentale (Gifford, 2014). Con "ambienti rigenerativi" si intendono luoghi che consentono e promuovono la rigeneratività, definita come il recupero di processi psicologici e fisiologici suscitati da specifici ambienti e configurazioni ambientali (Joye e Van den Berg, 2011). Si verifica inoltre un potenziamento degli stati affettivi positivi e una diminuzione di quelli negativi e un recupero

delle prestazioni cognitive ridotte da una condizione di stress, soprattutto in compiti attentivi (Berto, 2014). Gli ambienti per eccellenza che possiedono il maggior grado di proprietà rigenerative sono quelli naturali rispetto a quelli urbani e questa preferenza risulta indipendente dal tipo di ambiente naturale considerato, dagli strumenti utilizzati per la misurazione e dal contesto di esposizione (in laboratorio o in un luogo più ecologico) (Menardo, Brondino, Hall e Pasini, 2019).

Lo studio degli effetti rigenerativi di ambienti urbani e naturali viene tipicamente condotto utilizzando un paradigma sperimentale che prevede l'induzione di stress o fatica in un campione di volontari. Successivamente, vengono esposti casualmente ad ambienti naturali o costruiti, reali o simulati. Il livello di stress/fatica viene misurato in tre momenti diversi: all'inizio dell'esperimento, dopo l'induzione di stress e dopo l'esposizione ad ambienti (naturali o costruiti). In questo modo è possibile misurare l'efficacia dell'induzione dello stress e gli effetti ristorativi dell'ambiente. Le variabili dipendenti che tipicamente vengono misurate riguardano quelle affettive (positive e negative), cognitive (ad esempio attraverso compiti di attenzione e memoria) e fisiologiche (misurazione della frequenza cardiaca, pressione sanguigna, conduttanza cutanea e livelli di cortisolo). Lo scopo generale di questi studi è dimostrare che l'esposizione ad ambienti naturali aumenta l'esperienza di emozioni positive, migliora la prestazione in compiti di attenzione e induce maggiori cambiamenti nelle misure fisiologiche nella riduzione di stress nei partecipanti che sono stati sottoposti ad ambienti naturali rispetto a quelli costruiti (Velarde, Fry, e Tveit, 2007).

A differenza degli stressor ambientali che inducono effetti negativi sul benessere psicofisico delle persone, è quindi possibile sfruttare determinate caratteristiche ambientali al fine di migliorare il benessere individuale e collettivo (Pazzaglia e Tizi, 2022). Gli studi condotti nel campo della Rigeneratività ambientale sono guidati principalmente da due spiegazioni teoriche: la Stress recovery theory (SRT; Ulrich, 1983) e la Attention restoration

theory (ART; Kaplan e Kaplan, 1989), all'interno della quale individua quattro proprietà che contraddistinguono gli ambienti rigenerativi:

1. Fuga/distacco (*being away*): si riferisce al bisogno di sentirsi distanti dalla routine quotidiana. I luoghi naturali come mare, montagna, laghi, boschi e prati sono spesso le mete preferite per soddisfare questo bisogno. Kaplan sottolinea come non sia necessario andare lontano per sperimentare la sensazione di fuga, anche luoghi naturali facilmente accessibili offrono rigeneratività.
2. Fascinazione (*fascination*): la natura, con i suoi elementi e processi affascinanti quali le nuvole, il tramonto, la neve, il movimento delle foglie al vento, attira l'attenzione in maniera automatica e senza sforzo.
3. Ampiezza (*extent*): non è riferita solamente alla dimensione spaziale, facilmente identificabile in un bosco, ma anche al senso di coerenza e di sentirsi in un posto differente. A livello ancora più concettuale, questa caratteristica la si può ritrovare anche in ambienti che includono manufatti storici che possono indurre un senso di connessione a epoche e ambienti del passato più ampi. A livello più concreto, invece, Lynch (1960) sottolinea come luoghi estesi e ordinati attraggano maggiormente l'attenzione spontanea delle persone per periodi prolungati senza sforzi.
4. Compatibilità (*compatibility*): sembra esserci una connessione speciale tra le caratteristiche dell'ambiente e le inclinazioni umane. Riferendosi alle differenze individuali, ognuno trova nella natura una congruenza con i propri obiettivi e interessi.

Gli ambienti rigenerativi non hanno solo un effetto diretto sul benessere delle persone, ma possono essere considerati anche un fattore di protezione per la salute dall'impatto di situazioni stressanti. Purtroppo, a causa dell'urbanizzazione, la possibilità di poter frequentare spazi verdi o ambienti rigenerativi si è drasticamente ridotta (Van den Berg, van Winsum-Westra, De Vries e Van Dillen, 2010). Conoscere quali siano gli elementi e le caratteristiche di un luogo che

possano avere un effetto benefico sull'individuo è fondamentale per poter garantire a tutti, in base alle proprie possibilità, una migliore qualità di vita (Pazzaglia e Tizi, 2022).

1.4.1 Stress recovery theory (SRT; Ulrich, 1983)

Nel 1983 Roger Ulrich espone per la prima volta la sua teoria del recupero dallo stress in un articolo intitolato *Aesthetic and Affective Response to Natural Environment*. Egli sostiene che la risposta iniziale delle persone all'interno di un ambiente è un affetto generalizzato, ad esempio piacere o dispiacere, che avviene senza un riconoscimento o processamento consapevole dell'ambiente stesso. Si assiste ad una risposta affettiva positiva quando, all'interno dell'ambiente, sono presenti determinate caratteristiche o elementi preferiti quali presenza di contenuto naturale (es. vegetazione), caratteristiche quali complessità, simmetria, indizi di profondità, caratteristiche della superficie, visuale deflessa (es. un sentiero che curva) e assenza di minacce. Veloci risposte affettive positive a questi elementi danno inizio al processo rigenerativo consentendo un sollievo dallo stress accompagnato da piacere e una riduzione di livelli di arousal ed emozioni negative come la paura. Inoltre, se l'ambiente e la scena scaturiscono abbastanza interesse, possono avere inizio anche processi cognitivi più complessi che inducono memorie o pensieri consapevoli. Queste ultime due esperienze sono più rare, mentre è più probabile l'iniziale e veloce risposta affettiva positiva che coinvolge solo processi cognitivi elementari (Steg et al., 2013). La dinamica di risposta allo stress consiste nell'attivazione psicologica, fisiologica e comportamentale che, se perdura nel tempo, può avere conseguenze negative sulla salute dell'individuo (Baroni e Berto, 2013). Quindi, di fronte a determinate caratteristiche dell'ambiente, si passa da un'iniziale attivazione del sistema simpatico (tipica di un organismo stressato) ad un'attivazione del sistema parasimpatico con il raggiungimento di un equilibrio fisiologico e un successivo rilassamento (Pazzaglia e Tizi, 2022). La SRT è una teoria psicoevolutiva: la prospettiva evolutiva sostiene che poiché gli

esseri umani si sono evoluti per lunghi periodi in ambienti naturali, essi si siano in una certa misura adattati fisiologicamente e forse psicologicamente a questi ambienti, al contrario di quelli urbani (Berto, 2014). Un famoso esempio a sostegno della SRT è lo studio condotto da Ulrich stesso (1984) su pazienti ospedalizzati, in cui ha dimostrato che coloro la cui finestra della camera si affacciava sugli alberi piuttosto che su un muro di mattoni hanno avuto una convalescenza più semplice e veloce, con un numero inferiore di giorni di degenza post-operatoria, punteggi più bassi di complicanze post-chirurgiche, minor riferimento di note negative da parte di infermieri e ridotta assunzione di analgesici. Esempi più recenti che mostrano l'efficacia della SRT si rifanno allo studio *between-subjects* di Yin, Yuan, Arfaei, Catalano, Allen e Spengler (2020) in cui 100 partecipanti sono stati esposti, attraverso l'utilizzo della Realtà Virtuale (VR) a quattro versioni differenti di un ufficio: una condizione non-biofilica in cui non è stato introdotto alcun elemento naturale e tre condizioni in cui è stata modulata la componente biofilica: una condizione in cui è stato introdotto del verde interno, una condizione in cui è stata creata una finestra con vista sul verde e una condizione mista in cui sono stati inclusi elementi di verde interno e vista sul verde esterno. Affinché si potessero studiare gli effetti sulla riduzione dello stress dato da ambienti naturali, sono state misurate le seguenti variabili fisiologiche: *heart rate variability* (HRV), definita come la stima delle variazioni che intercorrono tra un battito e l'altro del nostro cuore; frequenza cardiaca (HR); livello di conduttanza cutanea (SCL), definita come la misura delle variazioni continue nelle caratteristiche elettriche della pelle e pressione sanguigna (BP). Come variabile psicologica è stato misurato il livello di ansia di stato attraverso una versione ridotta dello State-Trait Anxiety Inventory (STAI). I risultati riportano un generale effetto rigenerativo degli ambienti biofilici (vs. condizione non-biofilica) in termini di riduzione dello stress fisiologico e nei livelli di ansia. In particolare, vi è una riduzione della BP nelle condizioni biofiliche (vs. non-biofilica), un'attivazione più veloce del sistema parasimpatico (che conduce a rilassamento) nelle

condizioni biofiliche (vs. non-biofilica) soprattutto nella condizione con verde interno. Non ci sono stati risultati statisticamente significativi sui cambiamenti dello SCL, che potrebbe richiedere una tempistica maggiore per diminuire i livelli di attivazione rispetto ai 6 minuti di esposizione all'ambiente virtuale scelti dai ricercatori. Sono state trovate differenze relative al tipo di condizione: l'ufficio con verde interno porta ad una riduzione dello stress fisiologico, mentre l'ufficio con vista sul verde esterno porta ad una riduzione nei livelli di ansia. L'ufficio creato attraverso la combinazione di verde interno e vista sul verde esterno mostra risultati moderati sia sulla riduzione dello stress fisiologico che psicologico legato ad una riduzione dei livelli di ansia. Nella sua revisione, Berto (2014), riporta che l'effetto rilassante della natura è supportato anche da dati provenienti da misure neurofisiologiche come l'elettroencefalogramma (EEG) e la risonanza magnetica funzionale (fMRI). Studi con EEG hanno dimostrato, attraverso la presenza di maggior attività elettrica cerebrale nella gamma di frequenze alfa (associate a minor eccitazione fisiologica e ad una sensazione di rilassamento vigile), che l'esposizione a stimoli naturali è associata a maggiori livelli di tranquillità. Studi condotti attraverso la fMRI hanno individuato una maggior attività dell'amigdala durante la visione di scene urbane. L'attivazione dell'amigdala è legata all'impulsività, all'ansia e all'aumento dello stress. Al contrario, la visione di scene naturali attivano l'area del cingolo anteriore e l'insula, le cui attività sono associate a maggior empatia e comportamento altruistico.

1.4.2 Attention restoration theory (ART; Kaplan e Kaplan, 1989)

Un presupposto centrale di questa teoria è che le persone abbiano capacità limitate nel dirigere l'attenzione verso qualcosa che non è interessante di per sé (Steg et al., 2013). L'attenzione è una funzione cognitiva complessa implicata nella maggior parte dei compiti che affrontiamo quotidianamente e si divide in: attenzione selettiva (prestare attenzione ad uno specifico

elemento o compito), attenzione sostenuta (mantenere l'attenzione per lunghi periodi di tempo), attenzione divisa (quando si eseguono contemporaneamente due compiti distinti), riorientamento del focus attentivo (quando si alterna l'attenzione tra più elementi diversi) e l'attenzione controllata (quando si cerca di inibire gli stimoli distraenti) (Pazzaglia e Tizi, 2022). Il meccanismo cognitivo implicato nell'inibizione o nel blocco di stimoli distraenti è chiamato Esecutivo centrale, che viene esaurito da un utilizzo intensivo (Kaplan, Berman, 2010). Ciò può causare fatica attentiva (*direct attentional fatigue*) che si manifesta attraverso emozioni negative, irritabilità, impulsività, frustrazione, ridotta propensione all'altruismo (Berto, 2014), minor funzionamento associato ad un processo decisionale meno efficiente, minori livelli di autocontrollo e può essere, inoltre, collegata ad una varietà di problemi legati alla salute come l'obesità (Ohly et. al, 2016). La fatica attentiva può essere contrastata, secondo l'Attention restoration theory, quando le persone si trovano in ambienti che possiedono le quattro caratteristiche individuate da Kaplan spiegate precedentemente (Steg et al., 2013). Al fine di comprendere meglio il processo attraverso cui la fatica attentiva viene contrastata, è necessario distinguere due diverse modalità di attenzione: la prima, definita attenzione volontaria o diretta, consiste nel dirigere volontariamente l'attenzione verso elementi ambientali rilevanti inibendo, contemporaneamente, quelli che non lo sono. La seconda, definita attenzione involontaria o indiretta, coglie diversi aspetti dell'ambiente in maniera spontanea, suscitata da proprietà definite collative, cioè stimoli che presentano delle novità o delle incongruenze rispetto alle conoscenze precedenti (Berlyne e Lazzaroni, 1971) senza che ci sia coinvolgimento intenzionale. Questa forma di attenzione viene chiamata anche *fascination*, la quale non richiede l'attivazione di processi inibitori e non decade con il tempo. Inoltre, consente il ripristino dell'attenzione diretta ed è elicitata soprattutto da ambienti rigenerativi, sottolineandone la loro importanza (Neilson, Craig, Travis, Kelin, 2019; Pazzaglia e Tizi, 2022). Vi è una distinzione, secondo Kaplan, tra *hard fascination* e *soft fascination*.

Nella prima, l'attenzione spontanea è attratta da stimoli esterni che permettono la focalizzazione della stessa senza sforzo attentivo da parte dell'individuo e contemporaneamente ripristinano quella volontaria. Tuttavia, i nostri pensieri sono interamente coinvolti dall'attività e non rimane spazio mentale per altro, a differenza della *soft fascination* in cui stimoli a bassa intensità, gradevoli, interessanti e coinvolgenti (tipici degli ambienti naturali) permettono di lasciare sufficiente spazio alla riflessione personale, migliorando la consapevolezza di sé e i propri scopi. Un esempio del meccanismo attraverso cui opera la *soft fascination* è dato da studi recenti che hanno trovato tempi di sguardo più lunghi verso stimoli naturali rispetto a stimoli artificiali presentati allo stesso momento (Masuch, Einenkel, Weninger, Schwarzl, Girsovics, e Oberzaucher, 2018) e che scene ad alto livello di *fascination* elicitano più fissazioni e movimenti oculari rispetto ad ambienti con basso livello di *fascination*, suggerendo nei confronti dei primi un minor sforzo nel catturare maggiormente l'attenzione (Berto, Massaccesi e Pasini, 2008).

L'ART è definita una teoria psicofunzionalista. L'approccio funzionalista sostiene che gli esseri umani hanno una predisposizione non appresa a prestare attenzione e a rispondere positivamente ai contenuti naturali e alle configurazioni caratteristiche di contesti favorevoli alla sopravvivenza durante l'evoluzione (Berto, 2014).

Uno studio a conferma della ART è stato condotto da Amicone et. al (2018), in cui sono stati valutati gli effetti di ambienti naturali sulle funzioni cognitive e sulla percezione di rigeneratività in due classi distinte di una scuola primaria italiana. Nello specifico, è stato valutato l'effetto della ricreazione condotta in ambienti naturali rispetto alla ricreazione condotta in ambienti costruiti all'interno della scuola in due momenti diversi: al mattino e al pomeriggio. I risultati dimostrano come svolgere l'intervallo mattutino in ambienti naturali (vs. costruiti) comporti un miglioramento nelle funzioni esecutive maggiormente implicate nelle ore scolastiche, come l'attenzione sostenuta, attenzione selettiva e concentrazione e un

aumento nella percezione di rigeneratività del luogo misurati sia prima che dopo l'esposizione. Non sono stati trovati miglioramenti, invece, nella capacità di controllo degli impulsi in nessuna tipologia di ambiente (naturale o costruito). I risultati derivanti dallo svolgimento dell'intervallo pomeridiano in ambienti naturali sottolineano un miglioramento dell'attenzione sostenuta e selettiva rispetto agli ambienti costruiti, in cui è stata trovata una diminuzione di tali funzioni. La percezione di rigeneratività dell'ambiente naturale è risultata maggiore rispetto all'ambiente costruito. Questi risultati sottolineano l'importanza di garantire spazi verdi rigenerativi all'interno delle scuole, al fine di poter rigenerare le funzioni cognitive che vengono indebolite dalle richieste scolastiche quotidiane. Sono state avanzate, comunque, alcune critiche riguardo la mancanza di specificità nel definire l'esaurimento delle risorse nell'attenzione diretta. Nello specifico, non è chiaro se i) essa sia una risorsa unitaria o multipla e ii) se l'attenzione diretta sia effettivamente l'attuale risorsa cognitiva ad essere esaurita e successivamente ripristinata dagli effetti rigenerativi dei luoghi, come suggerisce l'ART, o se l'effetto rigenerativo sia più complesso e coinvolga più processi cognitivi interrelati (Neilson et al., 2019). Nella revisione sistematica di Ohly et. al (2016), gli autori indagano se alcune misure di attenzione siano più sensibili di altre all'esposizione ad ambienti naturali. Sono stati analizzati dieci tipi diversi di compiti attentivi, alcuni focalizzati sulla memoria a breve termine come il Digit Span Forward (DSF); altri sulla memoria di lavoro come il Digit Span Backward (DSB); sulla vigilanza, come il Proofreading Task (PR) e il Search Memory Task (SMT), ritenuto più complesso rispetto al PR in quanto richiede anche la combinazione della memoria di lavoro, il Sustained Attention to Response Test (SART); il Symbol Digit Modalities Test (SDMT) è un compito più complesso che richiede l'utilizzo delle funzioni esecutive e diversi processi percettivi e attentivi; il Trail Making Test A (TMTA) richiede anche una forte componente motoria oltre che attentiva, mentre il Trail Making Test B (TMTB) richiede più capacità di memoria di lavoro. Ciò che hanno trovato è che ci sono evidenze empiriche a

supporto della ART per tre misure: Digit Span Forward, Digit Span Backward e Trail Making Test B. I partecipanti esposti a setting naturali hanno mostrato migliori prestazioni attentive post-esposizione rispetto ai partecipanti esposti a setting non naturali. Nel Search Memory Task è stato trovato un vantaggio nella prestazione dei partecipanti esposti a setting non naturali (vs. naturali). Mentre, per quanto riguarda gli altri tipi di compiti, non sono state trovate differenze significative tra i setting (naturale vs. non naturale). Questo studio suggerisce, quindi, che l'effetto della natura sul ripristino delle risorse attentive non sembra avvenire per qualsiasi compito. Essa ha un effetto maggiore in compiti relativamente impegnativi (DSF, DSB, TMTB) mentre in compiti meno impegnativi, ad esempio il SART che richiede attenzione sostenuta, ha meno effetto.

Sebbene entrambe le teorie sottolineino il maggior effetto rigenerativo degli ambienti naturali rispetto a quelli urbani o artificiali, che portano l'organismo ad uno stato di maggior benessere psicofisiologico dovuto a meccanismi di adattamento evolutivi della nostra specie, differiscono in ciò che spinge gli individui a ricercare luoghi rigenerativi. Nella SRT è lo stress fisiologico, mentre nella ART è l'affaticamento mentale. Ci sono differenze anche nei processi coinvolti nel ripristino: psicofisiologico ed affettivo per la SRT e attenzione diretta per la ART. Nonostante possano sembrare teorie opposte, vanno considerate complementari: l'affaticamento dell'attenzione può essere considerato un effetto collaterale dello stress, e può aumentare la vulnerabilità allo stress stesso (Berto, 2014; Pazzaglia e Tizi, 2022).

1.4.3 Approcci teorici ed empirici recenti

La spiegazione degli effetti rigenerativi di luoghi naturali è stata spesso ricondotta a meccanismi di adattamento e di sopravvivenza dell'uomo nel corso della sua evoluzione, che, secondo Ulrich (1999) ha portato a sviluppare, a livello biologico, una prontezza nel mostrare risposte affettive positive nei confronti di alcune caratteristiche e paesaggi naturali. Queste

cause evolutive degli effetti della rigeneratività sono però state messe in discussione (Joye e De Block, 2011; Joyce e Van den Berg, 2011). La prima critica riguarda il campionamento di studenti universitari provenienti soprattutto da paesi Occidentali, che pongono limiti alla generalizzazione delle assunzioni universaliste sottostanti le teorie rigenerative. La seconda critica riguarda la pressione selettiva nei confronti di ambienti naturali, in quanto l'uomo, nel corso dell'evoluzione, ha sempre abitato in ambienti in cui era presente della vegetazione.

Vengono di seguito presentati tre approcci teorici ed empirici che propongono ulteriori chiarimenti sui meccanismi alla base del processo rigenerativo.

1. *Perceptual Fluency Account* (PFA): si basa sul fenomeno della fluidità percettiva e fornisce un'integrazione della SRT e della ART. La fluidità percettiva oggettiva si riferisce al minor impiego di risorse cognitive nel processamento di alcuni elementi riflettendosi in una maggiore accuratezza e velocità. La fluidità soggettiva si riferisce all'esperienza metacognitiva di esperire un processamento più facile di uno stimolo particolare (Reber, Wurtz, e Zimmermann, 2004). L'assunto principale è che gli ambienti naturali vengono processati più facilmente rispetto agli ambienti urbani, e ciò porta a differenze nel potere rigenerativo. Questo avviene perché l'area visiva del cervello è più responsiva al modo in cui le informazioni visive sono strutturate nelle scene naturali rispetto a quelle costruite, che contengono i cosiddetti "frattali" (elementi che ripetono la propria forma su scala ridotta), e più informazioni ridondanti che rendono il processo percettivo più fluido (Joye, Steg, Ünal e Pals, 2016). Gli effetti maggiormente rigenerativi elicitati dai frattali sono dimostrati dalla ricerca di Taylor e Shepar (2016) e dalla maggior attivazione di onde alfa, indicanti uno stato di rilassamento, durante la visione di frattali naturali rispetto a quelli artificiali (Hägerhäll et al. 2015).

2. *Connectedness to Nature*: la connessione con la natura viene definita come il grado in cui le persone sentono di appartenere al mondo naturale (Mayer e Frantz, 2004). Questo approccio teorico sostiene che sentirsi emotivamente connessi con la natura è un meccanismo alla base dei suoi effetti rigenerativi. Le persone riferiscono di sviluppare senso di identità e scopo nella vita percependo di appartenere al mondo naturale (Steg et al., 2013). Sono stati sviluppati diversi strumenti in grado di misurare quanto una persona si senta connessa con la natura, come ad esempio la Connectedness to nature scale (CNS; Mayer e Frantz, 2004). La CNS misura l'esperienza individuale di connessione e unità con il mondo naturale dal punto di vista affettivo, è composta da 14 item (ad esempio "*Sento spesso un senso di unità con il mondo naturale intorno a me*") a cui si risponde mediante scala Likert a 5 punti (0= fortemente in disaccordo e 5= fortemente d'accordo). Gli studi di Mayer e Frantz (2004) dimostrano come il senso di connessione con la natura sia associato al benessere personale e come la CNS sia correlata anche a comportamenti ecologici e anticonsumistici e ad una identità ambientalista. L'idea sottostante è che, se una persona si sente parte della natura e in relazione con essa, è meno propensa a danneggiarla. Altri studi hanno dimostrato come individui maggiormente connessi con la natura riportano maggiori livelli di benessere dal punto di vista psicologico, emotivo e sociale (Olivos e Clayton, 2017), dimostrando l'importante ruolo del senso di appartenenza alla natura nelle esperienze rigenerative.
3. *Micro-Restorative Experiences e Instorative Effects*: le esperienze micro-rigenerative consistono in un breve contatto con la natura, ad esempio vedendola attraverso la finestra, in un libro, in televisione o in un quadro (Kaplan, 2001). Queste brevi esposizioni, accumulate nel tempo, possono aumentare il senso di benessere e proteggere l'individuo dall'impatto negativo di eventi stressanti. Sono particolarmente efficaci in individui con bassi livelli di stress, mentre per alti livelli di stress è necessario

un contatto più diretto, come dimostra uno studio condotto su insegnanti (Gulwadi, 2006). Uno studio più recente, condotto attraverso interviste semi-strutturate analizzate attraverso l'analisi fenomenologica interpretativa da parte di Darcy et al. (2022) ha sottolineato l'importanza di queste esperienze micro-rigenerative per persone con malattie preesistenti durante il periodo di pandemia da COVID-19 nel Regno Unito. In particolare, la visione online di spazi verdi o blu, la visione della natura attraverso finestre, dipinti o il prendersi cura attivamente di piante da interni hanno fornito un senso di sollievo momentaneo dalla pandemia, offrendo una distrazione dagli ambienti quotidiani in cui si è passata la maggior parte del tempo oppure un luogo più rassicurante per chi ha svolto il lavoro da casa. La natura non ha solo effetti rigenerativi nei confronti di persone con alti livelli di stress e affaticamento, ma anche in persone che si trovano in condizioni di funzionamento ottimali (Hartig, 2007). Gli *instorative effects* si riferiscono a miglioramenti nel funzionamento psicologico e fisiologico innescati da particolari ambienti e configurazioni ambientali (Steg et al., 2013). Studi hanno dimostrato l'effetto dell'esposizione alla natura su individui non stressati in termini di aumento nei livelli di energia (Ryan et al., 2010), miglioramento dell'umore, e abilità di controllo degli impulsi (Beute e de Kort, 2014). In particolare, nello studio di Beute e de Kort è stato indagato l'effetto rigenerativo della natura sul processo di autoregolazione, che richiede molte risorse per essere sostenuto, trovando effetti di miglioramento nel controllo degli impulsi ma non in compiti di funzionamento esecutivo più complessi. Ciò che è interessante è che, in un secondo studio molto simile al precedente, hanno trovato gli stessi effetti positivi della breve esposizione naturale (vs. esposizione ad ambienti urbani) anche in persone che non erano state sottoposte a compiti di esaurimento delle risorse di autoregolazione, sottolineando gli effetti benefici della natura anche in condizioni normali.

CAPITOLO 2

BENESSERE IN AMBIENTI NATURALI E COSTRUITI

2.1 Il ruolo degli ambienti naturali e costruiti sul benessere della persona

2.1.1 *Effetti rigenerativi degli ambienti naturali*

Il termine “ambiente naturale” viene utilizzato in maniera generica per indicare qualsiasi tipo di ambiente, luogo o contesto in cui predominano vegetazione ed elementi naturali, inclusa l’acqua. Vi è una differenza nella definizione di luoghi naturali in base alla quantità di intervento da parte dell’uomo nel design e pianificazione dell’ambiente: si chiamano aree naturali le zone in cui la natura viene lasciata crescere senza alcuna modifica, mentre vengono definiti “spazi verdi” quei luoghi naturali presenti in zone urbane come parchi, giardini e alberi lungo le vie principali (Steg et al., 2013). Dati i numerosi effetti benefici di questi contesti, è necessario garantire alle persone la possibilità di accedervi. Spesso, però, a causa del continuo fenomeno di urbanizzazione, questa possibilità viene meno. In questi casi, la ricerca evidenzia come gli effetti rigenerativi della natura non derivino solamente da un’esposizione diretta ad ambienti naturali (come, ad esempio, passeggiare in un parco naturale), ma anche dalla sua visione indiretta, ovvero attraverso foto, video e quadri rappresentanti la natura e/o elementi naturali specifici (Steg et al., 2013). Una recente revisione sistematica condotta da Jo, Song e Miyazaki (2019) riassume i principali risultati di ricerche che hanno indagato gli effetti psicofisiologici della visione di scene naturali in setting di laboratorio. Tra questi, ad un gruppo di bambini delle scuole elementari è stato chiesto di pedalare su una bicicletta di fronte ad un video di una foresta, mentre ad un altro di pedalare di fronte ad uno schermo nero, trovando nel primo una riduzione nella pressione sanguigna. Dopo aver sostenuto un esame universitario, un gruppo di studenti è stato esposto ad immagini con elementi naturali, mentre un secondo gruppo è stato esposto ad immagini urbane con o senza persone. Sono stati

riscontrati effetti rigenerativi e positivi (in termini di riduzione della frequenza cardiaca e della conduttanza cutanea) nel primo gruppo rispetto al secondo. Studi condotti attraverso risonanza magnetica funzionale (fMRI) dimostrano che la visione di paesaggi raffiguranti montagne e acqua, rispetto alla visione di paesaggi urbani, riduce l'attivazione nella corteccia visiva e incrementa il resto del sistema attentivo. La visione di scene naturali (rispetto ad uno schermo blu) produce un incremento nella produzione di onde Alfa e un decremento nella frequenza cardiaca, mentre vi è una riduzione nella frequenza cardiaca conseguente alla visione di video raffiguranti la natura rispetto ad aree urbane. Un ulteriore studio incluso nella revisione di Berto (2014) mostra come pazienti in una clinica dentistica riportavano maggiori livelli di tranquillità (minori sintomi di agitazione e stress) e una minor frequenza cardiaca (minori livelli di stress psicofisiologico) quando potevano osservare al suo interno un dipinto di una scena naturale rispetto ad un muro bianco.

Uno strumento utilizzato per valutare il livello di rigeneratività percepita di un ambiente naturale o costruito, ovvero la percezione del valore rigenerativo di un luogo, è la *Perceived Restorativeness Scale* (PRS; Hartig, Kaiser, Bowler, 1997). Si tratta di un questionario self-report composto da 26 item suddivisi nei seguenti fattori derivanti dall'ART (Kaplan e Kaplan, 1989): *being-away*, *fascination*, *coherence* e *compatibility*. Le risposte vengono espresse attraverso una scala Likert a 6 punti (0= "Per niente d'accordo" e 6= "Completamente d'accordo"). Esiste una versione italiana della PRS di Pasini, Berto, Scopelliti e Carrus (2009) composta da 29 item (i 26 precedenti più due item che misurano la preferenza e un item che misura il grado di familiarità) e una sua versione ridotta, disponibile in lingua italiana e inglese (PRS-11; Pasini et al., 2014). Essa è composta da 11 item suddivisi nei seguenti fattori: *fascination*, *being-away*, *coherence* e *scope*.

2.1.2 Effetti rigenerativi della natura in Realtà Virtuale

Sviluppi tecnologici più recenti offrono esperienze più “immersive” rispetto alla semplice visione di immagini, dipinti e video naturali attraverso l’utilizzo della realtà virtuale (VR) (Mattila et al., 2020). Essa permette di creare e riprodurre degli ambienti virtuali attraverso l’utilizzo di computer che trasformano una rappresentazione digitale in un’esperienza percettibile, e può raffigurare sia ambienti esistenti che fittizi. Le versioni più sviluppate della realtà virtuale offrono agli utenti delle esperienze vivide, ricche e complesse. L’ambiente virtuale ha due importanti caratteristiche: il senso di immersione, ovvero la capacità tecnica del sistema di offrire un ambiente convincente con cui il soggetto può interagire, e il senso di presenza, ovvero la sensazione di essere all’interno di un ambiente (Mollazadeh e Zhu, 2021). I sistemi di realtà virtuale possono essere suddivisi in: sistemi non immersivi, in cui i soggetti possono interagire con l’ambiente attraverso uno schermo del computer senza essere “immersi” al suo interno; sistemi parzialmente immersivi, in cui il senso di immersione è maggiore ma l’esperienza dell’ambiente avviene attraverso la sua proiezione su uno schermo più grande e attraverso l’utilizzo di specifici guanti o lenti che permettono di esperire maggiormente la tridimensionalità della scena; sistemi completamente immersivi, che implicano la vista stereoscopica della scena attraverso caschetti binoculari o intere stanze virtuali.

Il suo utilizzo è ritenuto un valido strumento terapeutico nel trattamento dei disturbi d’ansia, nella gestione dello stress e nel rilassamento (Berto, 2014) e un metodo pratico utilizzato nell’assistenza sanitaria e nei contesti di riabilitazione (Maggio et al., 2018; Wren et al., 2021). Inoltre, è uno strumento utile per tutte le persone che non possono beneficiare direttamente degli effetti della natura, come ad esempio anziani o pazienti (Lakhani et al., 2020; Szczepanska-Gieracha, Cieślik, Serweta e Klajs, 2021) offrendo un senso maggiore di presenza che influenza il rilassamento e la risposta emotiva (Berto, 2014). Una recente revisione condotta da Li et al. (2021) propone una discussione sulle principali tematiche relative

all'utilizzo della natura virtuale, interrogandosi sui benefici che ne possono derivare, se questi possono essere paragonati agli effetti dati dall'esposizione alla natura reale, o se sia un mezzo migliore rispetto alla semplice visione di stimoli naturali in 2D. Gli scenari naturali in realtà virtuale vengono creati attraverso due modalità: video a 360° basati su scene reali (360-VR) e immagini o ambienti creati da software utilizzati per lo sviluppo di videogames (CG-VR). Tra le due modalità è risultata essere migliore in termini di rigeneratività emotiva la seconda, dimostrando il suo vantaggio nell'esposizione naturale simulata (Nukarinen et al., 2020).

I principali effetti dell'esposizione alla natura virtuale riportati nella revisione sono: rilassamento psicologico e fisiologico (Riches, Azevedo, Bird, Pisani e Valmaggia, 2021) misurati attraverso questionari self-report, conduttanza cutanea, livelli di cortisolo salivare e variabilità della frequenza cardiaca; effetti rigenerativi attraverso il ripristino della fatica attentiva (Mattila et al., 2020) e miglioramenti nella prestazione cognitiva (Mostajeran, Krzikawski, Steinicke e Kühn, 2021). Tutti questi risultati sono coerenti con quelli ottenuti durante l'esposizione ad ambienti reali. Siccome fattori visivi e uditivi hanno un ruolo importante nell'ottenimento di benefici dovuti all'esposizione naturale (Briki e Majed, 2019), i dispositivi di VR offrono stimoli audiovisivi vividi, che possono creare l'illusione di essere trasportati in un mondo virtuale facilitando la sensazione di presenza all'interno di un ambiente naturale rigenerativo con i conseguenti benefici psicologici (Smyth, Benyon, McCall, O'Neill e Carroll, 2015). Questi effetti sono inoltre regolati dalle caratteristiche dell'ambiente e dalla qualità delle strutture, che potendo essere modificate e create su misura negli ambienti virtuali, offrono un'esperienza ottimale (Mattila et al., 2020). Alcuni studi dimostrano effetti psicologici e fisiologici equivalenti tra esposizione alla natura reale e virtuale in termini di affetti positivi, rigeneratività, senso di presenza e pensiero creativo (Browning, Mimnaugh, Van Riper, Laurent e LaValle, 2020; Chirico e Gaggioli, 2019; Palanica, Lyons, Cooper, Lee e Fossat, 2019), indicando che i benefici ottenuti attraverso entrambe le modalità sono comparabili.

Questa equivalenza di risultati potrebbe essere dovuta ai vividi stimoli audiovisivi accennati precedentemente, mentre non è chiaro perché altri fattori ambientali benefici caratteristici della natura reale (come ad esempio la luce naturale, il microbioma ambientale e gli ioni negativi dell'aria generati dalle piante), non presenti nella natura virtuale, non causino potenziali differenze (Stanhope, Breed e Weinstein, 2020). Una spiegazione potrebbe essere data dal fatto che durante la visione della natura virtuale, l'assenza di altri stimoli sensoriali permetterebbe alla persona di concentrarsi maggiormente sul contenuto dell'ambiente e aumentarne gli effetti psicologici (Mattila et al., 2020). Dato il limitato numero di studi sul paragone degli effetti dovuti all'esposizione di ambienti naturali reali o virtuali, le differenze tra questi necessitano di ulteriori ricerche. Per quanto riguarda la differenza negli effetti di scenari naturali presentati attraverso realtà virtuale o immagini in 2D, ci sono alcune controversie: nello studio di Liszio, Graf e Masuch (2021) e in quello di Yeo et al. (2020), la visione dell'oceano presentata in VR ha avuto come risultato un incremento negli affetti positivi rispetto alla sola vista dell'immagine tradizionale, mentre nello studio di Mostajeran et al. (2021) l'esposizione ad una foresta in VR ha avuto meno effetti nella riduzione dello stress rispetto alla foresta presentata attraverso immagini. Questi risultati non supportano l'ipotesi iniziale riguardo la maggior efficacia degli ambienti virtuali. Ciò può essere spiegato dal maggior senso di presenza prodotto dalla realtà virtuale, che risulta correlato positivamente con l'arousal fisiologico. Questa correlazione potrebbe respingere gli effetti di rilassamento indotti dagli stimoli naturali e quindi ridurre l'effetto (Mostajeran et al., 2021). Vi è, inoltre, una differenza tra gli effetti della realtà virtuale interattiva e non interattiva. La prima risulta essere più interessante e motivante nel coinvolgimento di pazienti in terapia riabilitativa, inducendo un maggior senso di presenza spaziale, maggior livello di variabilità nella frequenza cardiaca, indicando un maggior rilassamento fisiologico. Durante un trattamento attraverso videogiochi interattivi in VR durato quattro settimane, è stata osservata una riduzione nei sintomi depressivi in una

popolazione anziana (Szczepanska-Gieracha et al., 2021). Sono stati studiati anche gli effetti dello svolgimento del “green exercise” (termine utilizzato per descrivere gli esercizi svolti in ambienti naturali in cui si ottiene una combinazione degli effetti positivi dell’attività fisica e della natura) in ambienti simulati: la realtà virtuale sembra indurre un senso di presenza e di rigeneratività percepita durante la simulazione di una camminata nella natura simile ad una camminata reale (Calogiuri et al., 2019), mentre non sono stati trovati miglioramenti dell'umore durante un’attività ciclistica ad alta intensità svolta in natura virtuale. Questo può indicare che i benefici del green exercise in ambienti simulati possono dipendere dalle dimensioni misurate e dal tipo di esercizio svolto (Alkahtani, Eisa, Kannas e Shamlan, 2019).

Nonostante i numerosi effetti positivi ottenuti attraverso l’esposizione alla realtà virtuale, essa non è esente da limiti: innanzitutto l’applicazione generale della VR avviene attraverso stimoli audiovisivi e non sfrutta l’aggiunta di ulteriori stimoli sensoriali (Melo et al., 2020); infatti, sembra che stimoli olfattivi della natura, come ad esempio l’odore degli alberi, risultino più efficaci nella riduzione dello stress rispetto agli stimoli visivi (Ikei, Song, Lee e Miyazaki, 2015) e non sembrano essere presenti studi riguardanti applicazioni multisensoriali in VR. Un ulteriore limite riguarda la *cybersickness*, una condizione di disorientamento e nausea prodotta dalla mancata corrispondenza tra informazioni sensoriali provenienti dal sistema visivo e dall’apparato vestibolare durante l’immersione all’interno dell’ambiente virtuale. L’intensità di questo malessere dipende dal tipo di ambiente virtuale creato (Martirosov, Bureš e Zítka, 2021), ma non è ancora chiaro in che modo i benefici della natura virtuale possano essere ridotti dai sintomi negativi della *cybersickness* e nemmeno la loro entità. La realtà virtuale risulta quindi essere, ad oggi, uno strumento molto utile nel contesto rigenerativo, sebbene necessiti di ulteriori studi al riguardo.

2.1.3. Effetti rigenerativi degli ambienti costruiti

Gli effetti rigenerativi della natura sono stati esaminati non solo nel contesto naturale, ma anche in ambienti costruiti dall'uomo. Come evidenziato dalla revisione della letteratura di Berto (2014), gli effetti positivi dell'esposizione (visione) della natura sembrerebbero verificarsi anche in diversi contesti: negli ospedali, in quanto offre ai pazienti che vi risiedono la possibilità di distrarsi dalle pratiche mediche (spesso fastidiose e stressanti), aumentando la loro percezione nella capacità di controllo del proprio stato emotivo, diminuendo le emozioni negative, ed incrementando quelle positive (Diette et al., 2003; Heerwagen, 1990); nelle carceri e istituti di detenzione, in quanto detenuti la cui stanza di detenzione si affaccia su terreno o alberi mostrano minori livelli di stress e meno malattie rispetto ai detenuti la cui cella si affaccia sul cortile interno della prigione (Moore, 1981); nel contesto lavorativo aziendale, la visione di elementi naturali ha un effetto positivo sul benessere generale dei lavoratori, sul loro funzionamento cognitivo e attenua l'impatto negativo dello stress (Leather, Pyrgas, Beale e Lawrence, 1998; Wells, 2000). È quindi importante sottolineare che le evidenze scientifiche suggeriscono che gli effetti positivi e rigenerativi della natura possano essere riprodotti in contesti costruiti dall'uomo, attraverso l'aggiunta di elementi naturali piacevoli, al fine di sostenere e aumentare il benessere psicologico e fisico della persona

Nonostante gli ambienti naturali siano ritenuti generalmente più rigenerativi rispetto agli ambienti urbani (Menardo et al., 2019; Scopelliti, Carrus, Bonaiuto, 2019), molti studi condotti finora utilizzano questi ultimi come forma di controllo rispetto al potenziale rigenerativo della natura, e pochi studi sono stati condotti, invece, sui loro possibili effetti benefici (Weber e Trojan, 2018). L'Attention restoration theory (ART; Kaplan e Kaplan, 1989) afferma che l'esperienza rigenerativa possa avvenire non solo quando si è esposti ad ambienti naturali, ma che elementi rigenerativi possano essere presenti anche in ambienti urbani e costruiti dall'uomo. Alcuni contesti naturali, infatti, quando vengono percepiti come pericolosi

o minacciosi, perdono i loro effetti benefici e vengono ritenuti meno attrattivi rispetto ad alcuni luoghi costruiti facilmente accessibili e valutati come protettivi (Berto, 2014). Una revisione sistematica di Weber e Trojan (2018) ha riassunto i risultati di ricerche che hanno indagato il potenziale rigenerativo di ambienti urbani cercando di individuare, inoltre, gli elementi ambientali presenti in questi ambienti urbani/costruiti che contribuiscono a questi benefici. Dopo aver confermato un generale effetto rigenerativo degli ambienti urbani contenenti elementi naturali, si sono concentrati sugli aspetti specifici degli ambienti costruiti. Chiedendo ad alcuni partecipanti di nominare i luoghi più attrattivi delle loro città, è risultata una generale preferenza per i luoghi storici-culturali, ricreativi (giudicati come più rigenerativi), panoramici e zone abitate. In un altro studio è stato chiesto di giudicare quattro contesti urbani differenti: parchi urbani, centri commerciali, siti storici e panoramici secondo le quattro qualità ambientali proposte da Kaplan nella ART (1989). I luoghi storici sono stati giudicati tanto rigenerativi quanto i parchi urbani, mentre i luoghi panoramici sono risultati meno rigenerativi rispetto ai primi due. Sono stati giudicati rigenerativi anche musei, chiese e bar, sottolineando l'importanza delle funzioni sociali, ricreative, culturali e spirituali nella sua determinazione. Inoltre, il senso di appartenenza ad una città sembra influenzare la valutazione di rigeneratività del luogo stesso. Caratteristiche quali: alta variabilità architettonica delle facciate, minore altezza degli edifici, permeabilità delle piazze urbane, luminosità, apertura, congruenza, biodiversità e valore estetico correlano positivamente con i giudizi di rigeneratività, mentre l'altezza elevata di strutture o la recinzione di parchi correlano negativamente. Questi studi dimostrano, quindi, che ambienti costruiti (soprattutto ambienti storici e ricreativi) risultano essere tanto rigenerativi quanto quelli naturali. I giudizi sulla rigeneratività e preferenza sembrano essere mediati dall'età: i giovani visitano luoghi sia naturali che costruiti quando sentono il bisogno di rigenerarsi, gli adulti prediligono luoghi naturali, mentre gli anziani

preferiscono l'ambiente di casa, probabilmente a causa della difficoltà nell'accedere a contesti differenti (Weber e Trojan, 2018).

Ci sono caratteristiche negli ambienti costruiti che possono influire sull'esperienza spaziale delle persone, e, di conseguenza, sulla cognizione, sulle emozioni e sul comportamento (Pazzaglia e Tizi, 2022). Un esempio è dato dagli effetti di forma e dimensione: le forme curve e dinamiche date dalla natura vengono preferite rispetto a superfici squadrate, i cui angoli appuntiti appaiono innaturali e creano sensazioni di disagio. Le dimensioni di uno spazio interno ritenuto confortevole non devono essere né troppo ridotte, le quali causano un senso di oppressione, né troppo ampie, le quali rendono la percezione del luogo come più insicuro. Luoghi chiusi con soffitti bassi, ad esempio, determinano la decisione, da parte delle persone, di uscire (Vartanian et al., 2015). Anche la luce ha un impatto sulla salute, sul benessere e sulla produttività: gli individui preferiscono la luce naturale a quella artificiale in termini di rigeneratività. Verde e luce naturale hanno infatti effetti simili nell'impatto positivo sull'umore, sulle performance cognitive e sulla salute fisica e mentale. La luce solare risulta essere la migliore per l'occhio umano, e se proviene da più direzioni, risulta essere maggiormente stimolante (Pazzaglia e Tizi, 2022). Studenti esposti ad una luce fredda mostrano livelli più alti di vigilanza, maggior concentrazione, velocità e prestazioni nello svolgimento di compiti cognitivi (Keis, Helbi, Streb e Hille, 2014). Il colore presente nell'ambiente influenza gli stati emotivi, le prestazioni cognitive, i processi decisionali, il comportamento, la percezione di alcune caratteristiche degli oggetti e della temperatura, anche senza che la persona ne sia consapevole. Il suo utilizzo nella progettazione non avviene solo a livello estetico, ma viene utilizzato anche per modificare la percezione degli spazi. Generalmente vengono preferiti colori con tonalità più fredde rispetto a quelle calde, colori più saturi e luminosi rispetto a quelli più tenui, e sembra che si tenda a sceglierli in base al proprio stato psicologico: nei momenti di depressione vengono preferiti colori spenti, mentre nei

momenti di euforia vengono scelti colori brillanti (Costa, 2013). La piacevolezza del colore può avere, inoltre, un impatto sull'attaccamento ad un luogo e sulla soddisfazione residenziale (Pazzaglia e Tizi, 2022). Infine, anche i materiali influiscono sul senso di connessione con la natura, soprattutto se si tratta di materiali come legno e pietra rispetto a quelli artificiali, che ne accentuano la separazione. In particolare, il legno autentico (e non sue imitazioni) offre una stimolazione multisensoriale attraverso la vista, l'olfatto e il tatto producendo effetti rigenerativi simili a quelli ottenuti dal contatto con la natura in termini di riduzione della frequenza cardiaca e nei livelli di stress (Kelz, Grote e Moser, 2011).

2.1.4 Effetti rigenerativi degli ambienti costruiti in Realtà Virtuale

Spesso le influenze di alcune caratteristiche architettoniche sull'essere umano vengono studiate a livello soggettivo attraverso questionari compilati dai partecipanti dopo aver usufruito dello spazio costruito per diverso tempo. Lo sviluppo della realtà virtuale permette, invece, di valutare le caratteristiche dell'ambiente durante la sua progettazione, in modo da massimizzare la soddisfazione e il comfort di chi dovrà farne uso una volta realizzato (Zou e Ergan, 2019). Uno studio condotto da Zou e Ergan (2019) utilizza la realtà virtuale per ottenere delle misure oggettive attraverso la rilevazione dell'attività elettroencefalografica (EEG), conduttanza cutanea e registrazione dei movimenti oculari durante la navigazione attiva in un ambiente virtuale. Gli ambienti da loro creati si basano su caratteristiche progettuali legate ad un senso di rigeneratività che hanno individuato in uno studio precedente. In particolare: la presenza di finestre aumenta la velocità di recupero da stress e fatica attentiva; la dimensione ridotta delle finestre influenza il recupero dalla fatica; la presenza di luce naturale aiuta il rilassamento e la riduzione dei livelli di stress; infine, la presenza della vista sulla natura induce sensazioni rigeneranti. Sulla base di ciò, l'ambiente virtuale "rigenerante" include la presenza di finestre all'interno di un corridoio che consente l'ingresso della luce naturale, finestre di maggiori

dimensioni nella stanza principale che permettono la vista sull'ambiente esterno e la presenza di piante naturali. All'opposto, l'ambiente "non rigenerativo" non presenta finestre nel corridoio, vi è conseguente assenza di luce naturale, e le finestre della stanza principale, di dimensioni ridotte, non consentono una vista sull'ambiente naturale esterno. Ai partecipanti è stato chiesto di svolgere un compito navigando attivamente all'interno di entrambi gli ambienti virtuali mentre venivano registrati i dati elencati precedentemente. I risultati dimostrano differenze nelle risposte EEG durante l'esposizione ad entrambi gli ambienti, maggiori picchi nella conduttanza cutanea (interpretati come maggiori livelli di ansia) nell'ambiente non rigenerativo rispetto alla baseline, un minor numero di fissazioni in punti di interesse e una minor durata delle prime fissazioni nell'ambiente rigenerativo, indicanti maggior efficienza nei compiti di navigazione e maggiori livelli di attenzione rispetto all'ambiente non rigenerativo. Inoltre, i partecipanti hanno osservato per tempi più lunghi aree di interesse contenenti elementi naturali.

Riassumendo i principali risultati degli studi descritti precedentemente, si nota una generale preferenza (anche in termini di rigeneratività) per gli ambienti naturali (Menardo et al., 2019), per gli ambienti urbani contenenti elementi naturali (Weber e Trojan, 2018) e per gli ambienti interni in cui sono inseriti elementi appartenenti al mondo naturale (Zou e Ergan, 2019). Questi dati forniscono importanti linee guida per una nuova ideazione di spazi il cui scopo è quello di promuovere il benessere della persona nel proprio contesto a livello fisico, psicologico e cognitivo. Un esempio è dato dal *restorative design*, un approccio di progettazione multidisciplinare che ha come obiettivo la rigenerazione dallo stress e dalla stanchezza mentale. Spesso le caratteristiche degli ambienti costruiti nei quali passiamo la maggior parte del nostro tempo sono progettate seguendo criteri di efficienza e praticità, trascurando il loro possibile effetto rigenerativo, contribuendo alla riduzione del contatto con la natura, all'aumento dell'inquinamento e all'esaurimento di risorse naturali (Kellert e

Calabrese, 2015). Il restorative design cerca di ovviare a questi problemi utilizzando i risultati delle ricerche scientifiche in tema di benessere, schierandosi a favore di uno sviluppo sostenibile (Pazzaglia e Tizi, 2022). Nella progettazione di spazi urbani risulta necessario, al fine di favorirne il potenziale rigenerativo, l’inserimento di spazi verdi che contengano alberi, vegetazione e acqua e la possibilità di garantire un senso psicologico di sicurezza, privacy e accessibilità. Per quanto riguarda gli spazi interni, invece, è possibile inserire degli elementi quali immagini, video, profumi o suoni della natura che possano replicare le sue proprietà rigenerative, ed è proprio di questo che si occupa il *biophilic design*.

2.2 La progettazione biofilica: *biophilic design*

2.2.1 Le caratteristiche del *biophilic design*

Il paradigma prevalente di progettazione e costruzione di ambienti moderni risulta essere, ad oggi, uno dei più grandi impedimenti all’esperienza degli effetti benefici della natura. Infatti, nonostante l’uomo si sia evoluto in contesti naturali, ora spende il 90% del proprio tempo all’interno di ambienti costruiti. Ne consegue una crescente disconnessione con il mondo naturale dovuta ad una riduzione nel contatto con la luce naturale, con l’aria, la vegetazione e le forme naturali (Kellert e Calabrese, 2015).

Kellert (2008) cerca di colmare queste carenze implementando un nuovo stile di progettazione chiamato “*biophilic design*”. Esso deriva dalla teoria della biofilia (la quale ipotizza che gli uomini abbiano un’innata connessione con la natura) e consiste nell’integrazione di elementi naturali all’interno di ambienti costruiti (Wilson, 1984). Egli definisce tre diversi tipi di esperienze naturali che rappresentano le categorie di base del design biofilico: l’esperienza diretta della natura, l’esperienza indiretta della natura e l’esperienza dello spazio e del luogo. La prima si riferisce all’effettivo contatto con caratteristiche naturali presenti all’interno dell’ambiente costruito quali luce naturale, aria, piante, animali, acqua e

vista del paesaggio. La seconda si riferisce al contatto con rappresentazioni o immagini della natura, trasformazioni dello stato originario di elementi naturali o l'esposizione a particolari pattern o processi caratteristici del mondo naturale. L'ultima esperienza si riferisce alle caratteristiche spaziali dell'ambiente naturale che hanno contribuito al benessere dell'uomo e alla sua salute durante il corso dell'evoluzione. Esse includono, ad esempio, la complessità organizzata, la navigazione all'interno dell'ambiente e la teoria prospettiva-rifugio: per "prospettiva" si intende la proprietà di uno spazio che permette di avere un'ampia vista, preferibilmente dall'alto, dell'ambiente circostante, mentre con il termine "rifugio" ci si riferisce alla possibilità di ripararsi e di trovare un posto in cui nascondersi per proteggersi. Da queste tre esperienze, Kellert propone 24 attributi del design biofilico suddivisi nelle tre categorie appena descritte. Queste qualità ambientali vengono esperite attraverso i nostri cinque sensi e il movimento. Incontri multisensoriali con la natura all'interno dell'ambiente costruito contribuiscono al comfort, alla soddisfazione, al piacere e alla performance cognitiva delle persone (Kellert e Calabrese, 2015).

Di seguito vengono presentati alcuni esempi degli attributi individuati da Kellert e i loro possibili effetti positivi sulle persone forniti dalla revisione di Zhong, Schröder e Bekkering (2021).

- Esperienza diretta con la natura:
 - Acqua: la sua presenza all'interno di ambienti costruiti può ridurre lo stress, promuovere la soddisfazione, la salute e la performance. Il suo effetto positivo risulta essere maggiore quando viene percepita come pulita ed esperita attraverso più sensi: la vista, il suono e il tatto. Può essere inserita all'interno dell'ambiente costruito attraverso fontane, acquari, cascate e laghetti, oppure attraverso la vista o l'accesso diretto a fiumi, mare, laghi etc.

- Piante: l'introduzione di piante risulta essere una delle strategie più efficaci per ottenere un'esperienza diretta con la natura all'interno degli spazi costruiti. La loro presenza riduce i livelli di stress, contribuisce al benessere e alla salute fisica, migliora la sensazione di comfort, l'umore, la performance e la produttività. Inoltre, riduce l'inquinamento dell'aria migliorandone la qualità e può ridurre il consumo energetico. L'effetto positivo si verifica se la loro presenza risulta essere abbondante, rispetto a piante singole e isolate, se sono connesse ecologicamente tra loro e se riflettono la vegetazione locale. Possono essere introdotte all'interno di ambienti costruiti anche attraverso la creazione di tetti, pareti e facciate verdi.
- Esperienza indiretta con la natura:
 - Forme e geometrie naturali: creano connessioni culturali ed ecologiche con l'ambiente circostante, aumentano la creatività, l'efficienza e l'estetica della struttura generando complessità visiva. Vengono inserite all'interno degli spazi attraverso l'imitazione di contorni e motivi di organismi viventi (ad esempio le chioccioline), attraverso l'utilizzo di frattali e seguendo delle regole matematiche precise, ad esempio la Sezione Aurea o la Sequenza di Fibonacci, che risultano essere esteticamente attraenti e abbondantemente presenti nelle forme naturali.
- Esperienza dello spazio e del luogo:
 - Attaccamento al luogo: supporta il rilassamento e un senso psicologico di comfort e sicurezza, stabilisce connessioni tra dimensioni diverse (culturali, storiche, geografiche ed ecologiche) generando un "senso del luogo" e promuovendo la preferenza per ambienti familiari. Ciò può essere garantito offrendo una vista sul panorama caratteristico circostante o su punti di riferimento salienti, attraverso l'utilizzo di materiali e piante autoctone e

l'adeguamento della forma degli ambienti costruiti alle forme del paesaggio circostante.

Successivamente, Browning, Ryan e Clancy (2014) identificano 14 pattern di progettazione biofilica ispirandosi al lavoro di Kellert e li suddividono in tre categorie: i) natura nello spazio; ii) surrogati naturali; iii) natura dello spazio. Nel 2020, Browning e Ryan introducono un ulteriore quindicesimo pattern, quello della meraviglia. Nonostante entrambe le cornici concettuali abbiano come obiettivo la definizione di attributi che possano essere di aiuto ad architetti e designer nell'applicazione del biophilic design, le categorie di Kellert si basano sulla teoria della biofilia e i suoi valori derivanti dalla psicologia evolutiva, mentre Browning, Ryan e Clancy definiscono le proprie categorie studiando la relazione tra l'uomo e la natura basandosi su risposte biologiche e psicologiche delle persone, sul loro benessere, salute fisica, funzionalità cognitive e performance (Zhong, Schröder e Bekkering, 2022).

Di seguito, alcuni esempi degli attributi individuati da Browning et al. (2014) e le relative evidenze sperimentali a supporto della relazione tra le dimensioni e il benessere psicofisico riportate nel loro studio. Gli indici considerati nella valutazione sono: riduzione dello stress, miglioramento della prestazione cognitiva e aumento delle emozioni positive e dell'umore. Va sottolineato che tutti i 14 pattern mostrano un effetto positivo rispetto ad almeno uno degli indici considerati (Pazzaglia e Tizi, 2022).

- Natura nello spazio:
 - Connessione visiva con la natura: comporta riduzione della pressione sanguigna e della frequenza cardiaca, aumenta il coinvolgimento attentivo, l'atteggiamento positivo e la felicità in generale.
 - Connessione non visiva con la natura (comprende i suoni naturali, le sostanze volatili e gli odori): riduce la pressione sanguigna e gli ormoni dello stress,

impatta positivamente la performance cognitiva e aumenta la percezione di miglioramento nella salute mentale e nella tranquillità.

- Surrogati naturali:
 - Utilizzo di materiali naturali: riduce la pressione sanguigna, aumenta la creatività, la performance e migliora il senso di comfort.
- Natura dello spazio:
 - Prospettiva: riduce lo stress, la noia, l'irritazione e la fatica, migliora il senso di comfort e di sicurezza; il rifugio, invece, aumenta la concentrazione, l'attenzione e la percezione di sicurezza.

Gli effetti positivi di questi pattern e di quelli precedenti non influiscono solamente sulle persone che abitano gli ambienti, ma anche sul tema della sostenibilità. Infatti, studi raccolti nella revisione di Zhong et al. (2022) dimostrano l'interrelazione tra il biophilic design e l'architettura sostenibile. Infatti, 11 dei 17 obiettivi inseriti all'interno dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (UN, 2015) possono essere raggiunti direttamente e indirettamente attraverso il design biofilico (Zhong et al., 2022).

Alcuni di questi obiettivi sono: buona salute e benessere (raggiungibile attraverso la riduzione dell'inquinamento dell'aria, l'ottimizzazione del comfort termico, gli effetti rigenerativi, l'incremento di emozioni positive e l'incoraggiamento dell'attività fisica); azione climatica (attraverso la riduzione del consumo energetico ottenuta mediante lo sfruttamento degli effetti climatici della vegetazione, attenuazione del rumore e riducendo l'inquinamento dell'acqua); industria, innovazione e infrastrutture (incrementando la bellezza delle facciate dei palazzi, utilizzando la realtà virtuale nel design, aumentando la valutazione degli edifici e promuovendo incentivi da parte delle politiche); lavoro dignitoso, crescita economica e qualità dell'insegnamento (la presenza della natura aumenta la produttività dei lavoratori e il miglioramento nelle risorse e performance cognitive) (Zhong et al., 2022).

2.2.2 Gli effetti rigenerativi del biophilic design

Diversi studi hanno dimostrato gli effetti positivi del contatto con la natura in ambienti esterni (aree naturali, spazi verdi o ambienti naturali in generale) in termini di rigeneratività. Simili risultati derivano dall'inserimento di elementi naturali all'interno di ambienti costruiti, sebbene il numero di studi condotti sia decisamente inferiore. Nonostante ci siano studi che dimostrano l'effetto del design biofilico sulle risposte psicologiche e fisiologiche (anche se in misura minore), sono stati condotti pochi studi sul modo in cui differenti elementi di questo design contribuiscono agli effetti sulla salute e sul benessere (Yin, Yuan, Arfaei, Catalano, Allen e Spengler, 2020).

Come per la valutazione degli effetti rigenerativi di alcune caratteristiche architettoniche descritte nel paragrafo precedente, anche gli effetti del design biofilico spesso vengono studiati attraverso valutazioni post-occupazionali. Una valutazione pre-occupazionale può essere libera da bias soggettivi e misurare effettivamente le risposte psicologiche e fisiologiche al design biofilico che possono guidare la progettazione. L'utilizzo della Realtà Virtuale, quindi, potrebbe risultare efficace nella simulazione di ambienti biofilici interni in un setting di laboratorio in cui vengono controllate diverse variabili come la grandezza, la disposizione degli spazi e la qualità dell'ambiente interno, creando più facilmente differenti ambienti biofilici in modo da valutare la differenza del loro impatto sul benessere. Inoltre, come già esposto, la VR risulta efficace per chi non può accedere direttamente ad ambienti naturali (esterni o interni) a causa di condizioni di salute e di impedimenti nel movimento (Yin et al., 2020). Lo studio condotto da Yin et al. (2020), offre un esempio dell'applicazione della VR nello studio degli effetti benefici di ambienti biofilici interni sui livelli di stress e ansia. Inoltre, ha come obiettivo quello di identificare le differenze negli effetti di ambienti interni creati variando il grado e il tipo di elementi biofilici, suddividendoli in due condizioni: "verde interno" e "vista esterna". Sono state considerate quindi 4 condizioni: una non biofilica di

controllo, una biofilica con solo verde interno, una biofilica con solo vista sull'esterno e una creata attraverso la combinazione di verde interno e vista esterna. Riassumendo i risultati è stato trovato che, in generale, l'effetto dei tre ambienti biofilici è maggiore rispetto a quello non biofilico nella riduzione dei livelli di stress e ansia, e questo effetto si verifica nei primi 4 minuti dei 6 generalmente necessari per il processo rigenerativo. È stata trovata una differenza tra la condizione biofilica con verde interno e quella con verde esterno: nella prima vi è un effetto maggiore nella riduzione di stress fisiologico, mentre nella seconda vi è un effetto maggiore nella riduzione dei livelli di ansia. La combinazione di entrambi gli elementi ha prodotto effetti moderati sia sulla riduzione dei livelli di stress che sulla riduzione dei livelli di ansia. Questo studio non solo dimostra l'efficacia dell'utilizzo della VR nella progettazione di ambienti biofilici interni, ma anche della sua utilità nel migliorare il benessere delle persone che lo utilizzano. Inoltre, gli effetti benefici a livello sia psicologico che fisiologico dati da un ambiente biofilico interno virtuale risultano paragonabili a quelli di un ambiente biofilico reale (Yin et al., 2018).

Oltre agli studi in realtà virtuale svolti su lavoratori in ufficio e pazienti in ospedale, è stato condotto uno studio su un campione di 52 studenti della British University in Egitto volto ad indagare il livello di soddisfazione degli studenti in ambienti accademici (Mahrous, Dewidar, Refaat e Nessim, 2023). Gli autori hanno creato un ambiente biofilico interno virtuale, e hanno ipotizzato un maggior grado di soddisfazione in questo ambiente rispetto ad un ambiente non biofilico reale. I risultati confermano l'ipotesi e mostrano un elevato impatto positivo di alcune caratteristiche architettoniche biofiliche quali l'inserimento di luce naturale, ampie finestre, connessione indiretta con la natura, materiali naturali e ventilazione (implementata attraverso una stimolazione multisensoriale dovuta all'utilizzo di un ventilatore a bassa velocità durante l'esposizione in VR) sui loro livelli di soddisfazione misurati attraverso la Perceived Restorative Scale (PRS).

Dalla revisione condotta da Mollazadeh e Zhu sull'applicazione di ambienti virtuali per la progettazione biofilica (2021), risulta che l'immersione in ambienti naturali virtuali elicitava le stesse risposte fisiologiche, psicologiche e cognitive dell'immersione in ambienti naturali reali. Studi empirici dimostrano le proprietà rigenerative e il potenziale di riduzione dello stress degli ambienti virtuali che includono pattern di progettazione biofilica, ma sono ancora pochi gli studi condotti sugli effetti della progettazione biofilica in ambienti costruiti. La realtà virtuale può offrire una rappresentazione plausibile di ambienti reali supportando la sua validità ecologica per il design biofilico, che dipende anche dal senso di "presenza" elicitato nei soggetti. Poiché la maggior parte degli studi in realtà virtuale si focalizza sulla sola stimolazione visiva, il senso di presenza può essere implementato in futuro attraverso l'utilizzo di una stimolazione multisensoriale (ad esempio acustica, tattile, olfattiva e termica). Inoltre, esso dipende anche da fattori tecnici (quali il senso di immersione e realismo prodotto dall'ambiente virtuale), e dai fattori dei soggetti tra cui: umore, età e familiarità con la tecnologia. Infatti, persone con maggior esperienza di gaming mostrano livelli maggiori di presenza negli ambienti virtuali (Weech, Kenny e Barnett-Cowan, 2019), mentre persone anziane sperimentano maggiori difficoltà quando le informazioni sensoriali visive non corrispondono, il che può impattare anche sull'equilibrio e il movimento. Per quanto riguarda il genere, ci sono pochi studi al riguardo, tra cui quello di Yin, Arfaei, MacNaughton, Catalano, Allen e Spengler (2019) che dimostra un maggior tempo speso su elementi biofilici in VR da parte di partecipanti di sesso femminile. La maggior esperienza con la natura durante l'infanzia può aumentare la percezione dei suoi effetti rilassanti, e, in ambienti biofilici virtuali, persone cresciute in contesti rurali o suburbani interagiscono per più tempo con elementi naturali. Ulteriori fattori da tenere in considerazione sono le preferenze individuali e le differenze percettive e cognitive, che possono influire sul modo in cui gli individui percepiscono gli ambienti e gli stimoli biofilici e, di conseguenza, il potenziale rigenerativo degli ambienti

virtuali. In aggiunta, in letteratura ci sono pochi studi che indagano l'effetto dell'esposizione ad ambienti virtuali realizzati attraverso il design biofilico sullo stato emotivo.

In conclusione, la realtà virtuale risulta essere un importante strumento per lo studio dell'ambiente naturale e del design biofilico attraverso due prospettive. La prima prevede l'applicazione della VR per facilitare alle persone l'accesso alla natura in contesti in cui essa non risulta disponibile o vi sono difficoltà nel raggiungerla. Quindi, in questi casi, quando non è possibile esperire la natura reale, la sua simulazione permette di ottenere effetti rigenerativi simili. La seconda prospettiva riguarda l'ambito di ricerca: l'utilizzo della realtà virtuale permette di creare differenti tipi di ambienti, consente ai soggetti di avere esperienze interattive ed esplorare attivamente il contesto, permette la manipolazione diretta degli stimoli mantenendo un certo grado di controllo sperimentale, di randomizzare le condizioni e le variabili e di raccogliere dati avendo un feedback immediato. Per gli architetti e i designer risulta utile nel testare ipotesi progettuali su scale reali, mentre la manipolazione delle caratteristiche di design facilitano la loro visualizzazione, la percezione degli spazi e valutazioni pre-occupazionali degli spazi (Mollazadeh e Zhu, 2021). Risulta necessario, quindi, svolgere altri studi in merito per poter massimizzare il suo potenziale ed estenderne le applicazioni.

CAPITOLO 3

LA RICERCA

Nel presente capitolo vengono esposti i principali obiettivi dello studio, il metodo, gli strumenti e i materiali utilizzati, e la descrizione della procedura sperimentale adottata per condurre la ricerca.

3.1 Obiettivi della ricerca

La presente ricerca ha come obiettivo generale quello di indagare gli effetti psicologici e psicofisiologici derivanti dall'esposizione indiretta, mediante l'utilizzo della realtà virtuale, ad un ambiente "biofilico" interno, sul benessere di giovani adulti con età compresa tra i 19 e i 37 anni. Nello specifico, si vuole fare un confronto tra un ambiente "standard" e due ambienti appositamente progettati per avere un alto grado di caratteristiche biofiliche. Gli ambienti biofilici sono stati progettati per essere inseriti in un ambiente di lavoro e al fine di offrire una pausa rigenerativa al personale, particolarmente quello sottoposto a un carico cognitivo importante. Eravamo quindi interessati a verificare se un luogo con elevate caratteristiche rigenerative (Bio.Pod) producesse degli effetti rigenerativi e di benessere superiori a quelli di una saletta standard, simile a quelle presenti in molte aziende. A tale scopo, l'ambiente di controllo usato è una saletta con caratteristiche comuni di attrattività e biofilia: colori neutri alle pareti, la presenza di un quadro e di una pianta, tutti elementi spesso presenti nei luoghi dove impiegati e impiegate svolgono una pausa dal lavoro.

A tal fine, i partecipanti coinvolti sono stati suddivisi casualmente in tre gruppi distinti (disegno sperimentale between-subject) e sono stati esposti a tre diverse condizioni sperimentali: un gruppo è stato esposto ad una stanza progettata con un minimo grado di elementi biofilici (definita come condizione di "Controllo"), un altro gruppo è stato esposto ad una stanza con caratteristiche architettoniche ispirate alla biofilia (definita come condizione "Biofilica"),

mentre un terzo gruppo è stato esposto ad una stanza con caratteristiche architettoniche biofiliche in cui è stata inclusa una finestra con vista sulla natura (definita come condizione "Biofilica+natura"). Nello specifico, gli obiettivi del presente studio sono stati:

- i) Esaminare gli effetti dell'esposizione ad un ambiente virtuale (Controllo, Biofilico o Biofilico+natura) sullo stato affettivo, valutando il tipo di emozione (emozioni positive e negative, e valenza emotiva) e di sensazione provata (nei termini di arousal). Questa valutazione è stata effettuata sia nella fase di pre-esposizione che nella fase di post-esposizione. Ci aspettiamo un aumento nello stato affettivo positivo e un decremento dello stato affettivo negativo nella condizione Biofilica e Biofilica+natura. Inoltre, ci aspettiamo una riduzione della sensazione provata (in termini di arousal) nella condizione Biofilica e Biofilica+natura rispetto alla condizione Controllo.
- ii) Esaminare gli effetti dell'esposizione ad un ambiente virtuale Biofilico e Biofilico+natura, rispetto alla condizione di Controllo, sulla rigeneratività ambientale percepita e le sue caratteristiche (*Being away, Fascination, Coherence, Scope*), e sulla valutazione delle qualità affettive dei luoghi. Ci aspettiamo di trovare una maggiore percezione delle caratteristiche di rigeneratività e un maggior numero di caratteristiche affettive positive nella condizione Biofilica e Biofilica+natura.
- iii) Valutare gli effetti dell'esposizione ad un ambiente virtuale sugli indici psicofisiologici dei soggetti, misurando la conduttanza cutanea, la frequenza cardiaca e la variabilità della frequenza cardiaca in una fase di baseline e monitorando gli indici durante la fase di sperimentazione. Ci aspettiamo di trovare una riduzione della conduttanza cutanea, della frequenza cardiaca e una riduzione della variabilità della frequenza cardiaca nella fase di esposizione rispetto a quella di baseline nella condizione Biofilica e Biofilica+natura.

3.2 Metodo

3.2.1 Partecipanti

Il campione totale è composto da 150 partecipanti, di cui 91 femmine e 59 maschi. L'età dei soggetti del campione è compresa tra 19 e 37 anni ($M = 22.53$, $DS = 3.34$). La scolarità media del campione è pari a 15.3 anni ($DS = 2.59$). Il reclutamento dei partecipanti e la somministrazione dell'esperimento sono iniziati nel mese di dicembre 2022 e sono terminati nel mese di maggio 2023, con la collaborazione di un secondo sperimentatore. Nel campione sono stati coinvolti studenti universitari provenienti da diverse Scuole dell'Ateneo dell'Università degli Studi di Padova (Scuola di Psicologia, Scuola di Ingegneria, Scuola di Biologia, Scuola di Chimica, Scuola di Lingue, letterature e mediazione culturale), oltre ai contatti personali degli sperimentatori. La partecipazione si è basata su adesione volontaria, subordinata alla presentazione e accettazione del consenso informato alla ricerca.

3.2.2 Caratteristiche sociodemografiche del campione

Il 61% del campione totale è rappresentato da partecipanti di sesso femminile, con un'età media pari a 22.08 anni ($DS = 3.22$). La scolarità media è di 14.85 anni ($DS = 2.40$). Il 39% del campione totale è rappresentato da partecipanti di sesso maschile, con un'età media pari a 23.24 anni ($DS = 3.42$). La scolarità media è di 15.98 anni ($DS = 2.74$). In Tabella 1 sono riportate le statistiche descrittive del campione totale.

Tabella 1. Statistiche descrittive del campione totale

N = 150	%	ETA'		SCOLARITA'	
		Media	Dev.Std	Media	Dev.Std
FEMMINE	61	22,08	3,22	14,85	2,4
MASCHI	39	23,24	3,42	15,98	2,74

3.2.3 Strumenti e Materiali

Di seguito vengono descritti gli strumenti utilizzati nelle varie fasi della sperimentazione: fase di screening e fase sperimentale in laboratorio (pre-esposizione, esposizione e post-esposizione alla realtà virtuale). Nella descrizione dei questionari e delle prove, vengono presentate anche le variabili dipendenti e alcuni esempi degli item.

- Strumenti utilizzati nella fase di valutazione preliminare (screening):

Domanda ad hoc: familiarità con l'utilizzo di realtà virtuale.

Sono state poste le seguenti domande al fine di valutare se il partecipante avesse già avuto esperienza con la realtà virtuale e se la usasse quotidianamente:

“Ha mai utilizzato strumenti di realtà virtuale (es. visore, piattaforme 3D, metaverso)?”, “Possiede uno strumento di Realtà Virtuale?”, “Utilizzo di strumenti di realtà virtuale (es. visore, piattaforme 3D, metaverso)”, “Quante volte utilizza strumenti di Realtà Virtuale?”, “Come descriverebbe la sua esperienza con la realtà virtuale?”, “Utilizzo di console per videogiochi”.

Morningness-Eveningness Questionnaire - reduced version (MEQR; Adan e Almirall 1991).

È un questionario di autovalutazione utilizzato per definire la tipologia circadiana dell'individuo, classificando le persone in base alla fase del proprio ritmo circadiano. La presente ricerca utilizza la versione ridotta a 5 domande. Un esempio di item è “Per sentirti pienamente in forma, a che ora ti alzeresti alla mattina se fossi completamente libero/a di pianificare la tua giornata?”. In base al punteggio ottenuto, è possibile classificare le persone in una di queste categorie:

- Serotini (punteggio compreso tra 4 e 10): sono così definiti coloro che presentano una tendenza a rimanere svegli per più tempo di notte, difficoltà a svegliarsi presto la mattina, e che si sentono più attivi negli orari serali. I serotini, inoltre, mostrano una migliore capacità ad adattarsi a variazioni del proprio ciclo attività-riposo, e non necessitano di seguire dei ritmi di vita regolare.
- Intermedi (punteggio compreso tra 11 e 18): coloro che non appartengono né alla categoria dei serotini né a quella dei mattutini. Rappresentano la maggioranza della popolazione.
- Mattutini (punteggio compreso tra 19 e 25): al contrario dei serotini, essi tendono ad assumere ritmi di vita regolari, alzandosi presto la mattina e addormentandosi nelle prime ore della sera. Mostrano, infatti, una scarsa capacità di adattamento a variazioni del ciclo attività-riposo, e si sentono più attive nella prima metà della giornata, con un calo dei livelli di vigilanza nel primo pomeriggio.

State-Trait Anxiety Inventory (STAI-Y2; Spielberger et al., 1983)

È un questionario self report utilizzato per misurare l'ansia di tratto utilizzando domande che si riferiscono a come il soggetto si sente abitualmente. È composto da 20 item in cui viene chiesto al soggetto come si sente e come si comporta in determinate situazioni quotidiane. Le risposte vengono fornite attraverso l'espressione del grado di accordo con le affermazioni proposte scegliendo una risposta su scala Likert a 4 punti (da 1= "Per nulla" a 4= "Moltissimo"). Alcuni esempi sono: "*Mi sento teso e irrequieto*", "*Vivo le delusioni con tanta partecipazione da non poter togliermele dalla testa*". Il punteggio totale viene calcolato sommando il punteggio ottenuto a tutti gli

item. La variabile dipendente che viene misurata è l'ansia di tratto. Il valore dell'alfa di Cronbach varia da .08 a .90.

Simulator Sickness Questionnaire (SSQ; Kennedy et al., 1993)

Questionario self-report che indaga il malessere provocato da sistemi di realtà virtuale. Viene chiesto al soggetto di valutare la gravità di 16 sintomi compilando una scala Likert a 3 punti (da 0= "Nessuna Percezione" a 3= "Percezione grave"). In questa ricerca la lista di sintomi è stata ridotta a 13, alcuni esempi sono: "Disagio generalizzato", "Mal di testa", "Visione offuscata", "Fatica a concentrarsi". I sintomi sono raggruppati in tre categorie non mutuamente esclusive che rappresentano i sintomi di nausea (N), disturbi oculomotori (O) e disorientamento (D). Il punteggio per ogni categoria è dato dalla somma dei punteggi dei sintomi moltiplicata per un fattore costante che corrisponde a 9.54 per N, 7.58 per O e 13.92 per D. Il punteggio totale è dato dalla somma dei punteggi delle categorie moltiplicato per il valore costante 3.74. Il punteggio totale può essere associato a valori trascurabili se risulta inferiore a 5, minimo se è tra 5 e 10, significativo se è tra 10 e 15 e preoccupante se è tra 15 e 20. Queste soglie possono essere applicate anche alle singole categorie N, O e D.

- Strumenti utilizzati nella fase di pre-esposizione all'ambiente virtuale:

Bracciale Empatica E4: dispositivo per il monitoraggio della frequenza cardiaca (HR), della variabilità della frequenza cardiaca (HRV) e della conduttanza cutanea (EDA). La variabilità della frequenza cardiaca si riferisce all'oscillazione della frequenza cardiaca su una serie di battiti cardiaci consecutivi per un periodo di osservazione variabile. Viene eseguita un'analisi spettrale del segnale in cui viene valutato il dominio del tempo e della frequenza. La conduttanza cutanea, nota anche come attività

elettrodermica, si riferisce alla misura delle variazioni di conduttanza elettrica della pelle in risposta alla secrezione di sudore dovuto all'attivazione del sistema nervoso simpatico in risposta a stati emotivi e cognitivi. La conduttanza cutanea, quindi, offre una visione diretta della regolazione emotiva autonoma. Nella figura 1 viene mostrato un esempio del Bracciale Empatica E4. Nella fase sperimentale viene fatto indossare il bracciale al partecipante avendo premura di farlo aderire alla pelle evitando che possa muoversi e creare del rumore durante la registrazione dei dati psicofisiologici. L'accensione consiste nel premere un pulsante sulla superficie del bracciale che inizierà ad emettere una luce blu lampeggiante e l'attesa di circa 40 secondi prima dell'inizio della registrazione dei dati, il cui segnale è l'emissione di una luce blu costante. Ad ogni ulteriore pressione del pulsante di accensione durante la registrazione dei dati corrisponde la creazione di un marker, identificato attraverso una linea rossa verticale che attraversa il tracciato risultante dal software di analisi dei dati di Empatica.

Figura 1. Bracciale Empatica E4



Self-Assessment Manikin (SAM; Bradley e Lang, 1994)

È uno strumento di autovalutazione dello stato emotivo e di attivazione del partecipante nel momento presente. È composto da due item: nel primo, il soggetto deve segnare una “X” sul numero corrispondente alla figura che meglio rappresenta il tipo di emozione che prova in quel momento, su scala Likert a 9 punti (1= “Molto triste”, 9= “Molto

felice”). Nel secondo item, il soggetto deve segnare una “X” sul numero corrispondente alla figura che meglio rappresenta il tipo di sensazione che prova in quel momento, su scala Likert (1= “Poco attivato – calmo/impassibile”, 9= “Molto attivo – eccitato/agitato”). Le variabili dipendenti che vengono misurate sono l’emozione e la sensazione.

Positive and Negative Affect Schedule (PANAS; Watson, Clark, e Tellegen, 1988)

È uno strumento self-report utilizzato per valutare le emozioni positive e negative del soggetto nel momento presente. È formato da 20 item: 10 aggettivi per la scala di affetto positivo (PA) e 10 aggettivi per la scala di affetto negativo (NA). Nel nostro studio, è stata utilizzata una versione ridotta nella quale sono stati selezionati i seguenti item per la scala PA: “*Determinato*”, “*Attento*”, “*Concentrato*”, “*Ispirato*”, “*Attivo*” e i seguenti item per la scala NA: “*Turbato*”, “*Ostile*”, “*Vergogna*”, “*Nervoso*”, “*Impaurito*”. Le risposte vengono fornite su scala Likert a 5 punti (1= “Per niente”, 5= “Estremamente”). Il punteggio per ogni sottoscala viene calcolato sommando le risposte date ad ogni item corrispondente. Le variabili dipendenti misurate sono l’affetto positivo e l’affetto negativo. Il coefficiente di consistenza interna della sottoscala PA varia da .86 a .90, mentre quello della scala NA varia da .84 a .87.

- Strumenti utilizzati nella fase di esposizione:

Oculus Quest 2 (Oculus, Meta)

È un visore per realtà virtuale (VR) sviluppato da Reality Labs, un’unità di ricerca di Meta Platforms che produce hardware e software per realtà virtuale. Oculus Quest 2 è un aggiornamento di Oculus Quest originale, con design simile ma con caratteristiche migliorate. È possibile utilizzare il visore insieme ai controller senza il collegamento

ad un computer da gaming attraverso un'applicazione per smartphone. La tecnologia 6DoF ("Sei gradi di libertà") permette al visore di effettuare un tracking dei movimenti della persona che lo utilizza senza la necessità di sensori esterni. La presenza di un audio posizionale 3D integrato direttamente nel visore ne permette l'utilizzo senza cuffie. Prevede, inoltre, un aumento della risoluzione del display per ogni occhio ed è compatibile con l'utilizzo di occhiali. Nella figura 2 viene mostrato un esempio di Oculus Quest 2. La procedura di utilizzo in laboratorio prevede di far indossare il visore al soggetto posizionandolo sulla testa e regolando il cinturino in base alla fisionomia del partecipante. È fondamentale che risulti ben aderente al capo per garantire una visione ottimale dello schermo. Successivamente, si procede con la taratura dello strumento premendo un pulsante sul controller che viene posizionato all'altezza del visore del partecipante, in modo da poter allineare gli assi della stanza virtuale con l'altezza e la posizione del soggetto.

Figura 2. Oculus Quest 2



- Strumenti utilizzati nella fase di post-esposizione all'ambiente virtuale:

Paced Auditory Serial Addition Task (PASAT; Gronwall, 1977)

È un test cognitivo in cui viene chiesto al soggetto di ascoltare una serie di 30 numeri presentati mediante un audio, e di sommare, per ogni cifra udita, la cifra udita precedentemente. Viene richiesto inoltre di riferire la somma a voce alta. Le

successioni di numeri vengono presentate secondo 5 velocità differenti, in cui l'intervallo degli stimoli può essere di 4000, 3000, 2600, 2200 e 1800 ms. Nella nostra ricerca abbiamo utilizzato l'intervallo di 1800 ms. È un compito che misura la velocità di elaborazione controllata dell'informazione, la memoria di lavoro e l'attenzione sostenuta. Al soggetto è richiesto di comprendere l'informazione acustica, ricordare la cifra precedentemente udita, eseguire addizioni, fornire risposte verbali e inibire la risposta precedente, seguendo il ritmo di presentazione degli stimoli. Il calcolo del punteggio viene eseguito compilando una griglia di risposte in cui viene segnato se la somma riportata dal soggetto corrisponde a quella corretta. Le variabili dipendenti misurate sono il numero di risposte corrette, il numero di risposte sbagliate e il numero di omissioni.

Domanda ad hoc: percezione del tempo.

È stata chiesta al soggetto la percezione del tempo trascorso nell'ambiente virtuale al fine di indagare se questa venga modificata a seconda della condizione sperimentale e quindi del tipo di ambiente virtuale presentato. È stata formulata nel seguente modo: “*Secondo te quanto tempo è trascorso dall'inizio alla fine della presentazione del video?*”.

Perceived Restorativeness Scale-11-versione ridotta (PRS-11; Pasini et. al., 2014)

È uno strumento self-report che serve ad indagare la rigeneratività di un luogo attraverso le sue proprietà benefiche. È una versione italiana ridotta della Perceived Restorativeness Scale (Hartig et al., 1997) in cui vengono selezionati 11 item su 26 che misurano i seguenti fattori: *fascination*, *being away*, *coherence*, e *scope*. Il fattore “*fascination*” viene indagato attraverso gli item 7, 8, 10 di cui esempi: “*Luoghi come*

questo mi incuriosiscono” (item 7), *“In luoghi come questo la mia attenzione è attratta da molte cose interessanti”* (item 8). Il fattore *“being away”* viene misurato attraverso gli item 1, 4, 6, di cui esempi: *“Luoghi come questo sono un rifugio dalle preoccupazioni quotidiane”* (item 1), *“Per smettere di pensare alle cose che devo fare mi piace andare in luoghi come questo”* (item 4). Il fattore *“coherence”* viene misurato attraverso gli item 2, 9, 11, di cui un esempio: *“C’è un ordine chiaro nella disposizione fisica di luoghi come questo”* (item 2). Infine, il fattore *“scope”* viene indagato attraverso gli item 3 e 5. *“In luoghi come questo ci sono poche limitazioni alla mia possibilità di muovermi”* (item 3), *“Luoghi come questo sono abbastanza grandi da essere esplorati in molte direzioni”* (item 5). Al soggetto è richiesto di valutare il suo grado di accordo con le affermazioni degli item scegliendo la risposta su scala Likert a 10 punti (0= “Per niente”, 10= “Moltissimo”). Le variabili dipendenti misurate sono: il punteggio totale (ricavato dalla somma di tutti gli item) e il punteggio alle sottoscale (*fascination, being away, coherence, e scope*).

Modello circonflesso delle qualità affettive dei luoghi – strumento italiano (Perugini et al., 2002)

È uno strumento italiano ispirato al Modello circonflesso di Russell (Russell e Lanius, 1984) che valuta le caratteristiche affettive dei luoghi attraverso una lista di aggettivi, organizzati secondo un modello circonflesso basato su due dimensioni principali: *“Rilassante-Stressante”* e *“Entusiasmante-Deprimente”*. Ci sono altre due dimensioni che risultano essere salienti, ovvero *“Piacevole-Spiacevole”* e *“Stimolante-Soporifero/Noioso”*. Nella nostra ricerca è stata impiegata una versione ridotta dello strumento, che ha ridimensionato la lista di item da 48 a 24.

Esempi di item per ognuna delle otto sotto-scale sono:

RILASSANTE: item “*Tranquillo*”

STRESSANTE: item “*Caotico*”

ENTUSIASMANTE: item “*Eccitante*”

DEPRIMENTE: item “*Triste*”

PIACEVOLE: item “*Bello*”

SPIACEVOLE: item “*Opprimente*”

STIMOLANTE: item “*Dinamico*”

SOPORIFERO/NOIOSO: item “*Sonnolente*”

Il soggetto deve esprimere il suo grado di accordo con gli aggettivi che esprimono la sua esperienza nell’ambiente, su scala Likert a 7 punti (1= ”Per niente adatto”, 7= “Del tutto adatto”). Il punteggio viene calcolato sommando le risposte ad ogni item suddiviso per la sottoscala corrispondente. Le variabili dipendenti calcolate sono quindi i punteggi alle 8 sottoscale. Il valore medio dell’Alfa di Cronbach è di .86, mentre per ogni sottoscala è: rilassante .92, stressante .84, entusiasmante .92, deprimente .83, piacevole .93, spiacevole .90, stimolante .81, soporifero/noioso .77.

- Ambienti virtuali:

Gli ambienti virtuali utilizzati nella presente ricerca sono stati implementati da Massimiliano Martinelli e Sara Errigo, in accordo con il responsabile tecnico Diego Varotto, del Dipartimento di Psicologia Generale di Padova.

A) **Ambiente di Controllo:** questo ambiente è stato realizzato con l’idea di ricreare uno luogo plausibilmente presente all’interno di un contesto lavorativo. Per questo motivo è stato realizzato con un minimo grado di elementi biofilici. Nello specifico, come è possibile osservare nella figura 3, sia la pavimentazione che le pareti mantengono colori caldi e naturali. All’interno della stanza è presente un divanetto

su cui i soggetti si accomodano “virtualmente”, realizzato anch’esso con una superficie a toni caldi. Sulla destra, rispetto alla seduta, è stata inserita una pianta verde ed è presente una finestra provvista di tende bianche, da cui non è possibile vedere l’ambientazione esterna. Di fronte alla seduta, invece, è stato scelto di inserire un quadro raffigurante l’opera “Espiritualidad” (Agnes Martin), una serie di strisce orizzontali di colore rosso tenue su sfondo bianco. È stata scelta questa opera neutra in modo da non elicitare particolari risposte di attivazione nei partecipanti. In tutte e tre le condizioni è presente un suono naturale udibile attraverso il visore che riproduce il cinguettio degli uccelli e il rumore dell’acqua. È stato scelto di inserire il suono anche in questo ambiente in modo da controllare che possibili effetti di maggiore rilassamento indotti dalle due condizioni biofiliche non siano dovuti solamente alla presenza del suono naturale, ma alle caratteristiche dell’ambiente stesso.

B) **Ambiente Biofilico**: questo ambiente corrisponde alla riproduzione virtuale del Bio.Pod, una struttura interamente in legno che assume una forma biomorfica ispirata dal guscio di alcuni molluschi (figura 3 e 4). L’ingresso, leggermente in salita, guida il partecipante verso un divanetto dalle forme arrotondate e un colore chiaro naturale. All’interno, alla destra della seduta, è presente la rappresentazione di un laghetto con acqua in movimento, una roccia e una ninfea al suo interno. Poco distante dal laghetto sono presenti altre due rocce e una lampada in legno al cui interno è presente una candela. A sinistra del divanetto è presente una pianta verde, e il soffitto è provvisto di un oculo che permette la visione del cielo con nuvole in movimento. Anche in questa condizione, come spiegato precedentemente, il

partecipante può sentire i suoni naturali del cinguettio degli uccelli e il rumore dell'acqua in movimento presente nel laghetto.

C) **Ambiente Biofilico+natura**: questo ambiente corrisponde alla seconda versione virtuale del Bio.Pod. Si presenta esattamente come la versione Biofilica precedentemente descritta, ma con l'aggiunta della vista sulla natura attraverso un'apertura posizionata di fronte alla seduta, come si può vedere nella figura 3 e 5. Anche in questa condizione sono presenti i suoni naturali.

Figura 3. Esempi delle condizioni sperimentali: A) condizione "Controllo", B) condizione "Biofilica", C) condizione "Biofilica+natura".



Figura 4. Forma del Bio.Pod



Figura 5. Bio.Pod; Condizione Biofilica+natura



3.3 Procedura

A tutti i partecipanti che hanno aderito volontariamente alla ricerca sono state proposte due fasi: la prima riguardante la compilazione di un questionario online svolta autonomamente (fase di screening), e la seconda riguardante la fase di sperimentazione in laboratorio in cui sono stati utilizzati il dispositivo Empatica E4 ed il visore Oculus Quest 2 ed è stata chiesta la compilazione di questionari e prove cognitive prima e dopo l'esposizione all'ambiente virtuale.

1. Fase di screening:

Questa prima fase è stata svolta prima di giungere in laboratorio. Al soggetto è stato inviato un link tramite indirizzo e-mail appartenente ad un questionario compilato attraverso la piattaforma Qualtrics. Dopo aver letto e accettato il consenso informato e le indicazioni sul trattamento dei propri dati per scopi di ricerca, il soggetto ha creato il proprio codice identificativo composto dalle ultime due lettere del proprio cognome e le cifre del giorno e mese di nascita, più le cifre del giorno e mese della data di compilazione. Successivamente, sono state chieste informazioni demografiche quali nome e cognome, età, genere, anni di scolarità, impegno lavorativo più informazioni personali quali stato di salute, uso di farmaci, hobby e attività praticate nella natura. In aggiunta, sono state chieste informazioni relative all'esperienza e utilizzo di strumenti

di realtà virtuale. È stata controllata la presenza di condizioni neurologiche al fine di escludere i partecipanti a rischio. Successivamente, il partecipante è stato invitato a compilare i seguenti questionari: MEQr (Adan e Almirall 1991), STAI-Y2 (Spielberger et al., 1983), SSQr (Kennedy et al., 1993). La durata della fase di screening ha richiesto 15 minuti per ogni partecipante.

2. **Fase sperimentale:**

Dopo aver ricevuto la compilazione del questionario di screening, sono stati concordati giorno e ora con il partecipante per l'appuntamento in laboratorio. I partecipanti sono stati suddivisi casualmente seguendo l'omogeneità del campione per età, genere e scolarità nelle tre condizioni: "Controllo", "Biofilica" e "Biofilica+natura".

Tutti gli esperimenti sono stati condotti nel laboratorio di realtà virtuale nel dipartimento di Psicologia Generale di Padova, Università di Padova. Sono stati coinvolti due sperimentatori che hanno seguito la fase sperimentale. La fase di sperimentazione è suddivisa in quattro momenti:

- i. **Fase di baseline:** dopo una breve accoglienza nella prima stanza, è stato chiesto al partecipante di indossare il dispositivo Empatica E4 ed è stato accompagnato nella stanza di realtà virtuale. Dopo aver fatto accomodare il soggetto su una poltrona, gli è stato chiesto di indossare il visore Oculus Quest 2 per la realtà virtuale, e, una volta tarato lo strumento, si è lasciato il partecipante in un ambiente virtuale neutro per 4 minuti, tempo necessario per registrare la condizione psicofisiologica di baseline in un ambiente privo di stimoli.

- ii. **Fase di pre-esposizione:** dopo aver trascorso 4 minuti nella stanza virtuale di baseline, è stato premuto il dispositivo Empatica indossato dal soggetto per creare un marker ed è stato chiesto al soggetto di rimuovere il dispositivo Oculus, di recarsi nella stanza in cui è stato accolto, e di accomodarsi su una sedia. Lo sperimentatore ha premuto nuovamente il dispositivo Empatica per la creazione di un marker. Al fine di indurre uno stato di stanchezza mentale e stress prima dell'esposizione agli ambienti rigenerativi, è stato chiesto al soggetto di svolgere il test cognitivo PASAT (Gronwall, 1977) previa familiarizzazione con il compito, ascoltando una sequenza di numeri presentata attraverso un audio, e riferendo a voce alta la somma tra il numero appena udito e numero udito precedentemente. Poi è stato chiesto al soggetto di compilare il questionario SAM (Bradley e Lang, 1994) e PANAS (Watson, Clark, e Tellegen, 1988). È stato creato un nuovo marker premendo il dispositivo Empatica.
- iii. **Fase di esposizione:** il partecipante è stato condotto nuovamente nella stanza di realtà virtuale, gli è stato chiesto di indossare nuovamente il visore Oculus, è stato creato un nuovo marker sul dispositivo Empatica ed è stato condotto in un ambiente virtuale per 5 minuti. Il tipo di ambiente in questo caso è stato scelto in base alla condizione sperimentale.
- iv. **Fase di post-esposizione:** dopo aver trascorso 5 minuti nell'ambiente virtuale, è stato creato un marker cliccando il dispositivo Empatica, è stato chiesto al soggetto di rimuovere l'Oculus, ed è stato accompagnato nella stanza di compilazione dei questionari. Dopo aver creato un marker, si è invitato il soggetto a compilare i questionari SAM (Bradley e Lang, 1994), PANAS (Watson, Clark, e Tellegen, 1988), a svolgere nuovamente il test cognitivo

PASAT (Gronwall, 1977) e a compilare la domanda ad hoc sulla percezione del tempo. È stato poi creato un doppio marker da parte dello sperimentatore. Come parte finale della sperimentazione, è stato chiesto al soggetto di compilare tre questionari: PRS-11 (Pasini et al., 2014), Modello circonflesso delle qualità affettive dei luoghi (Perugini et. al., 2002), SSQr (Kennedy et al., 1993). È stato spento il dispositivo Empatica, è stato rimosso, ed è stato lasciato spazio a eventuali dubbi, domande, chiarimenti o curiosità da parte del partecipante. Dopo aver concluso eventuali confronti, il soggetto è stato ringraziato ed accompagnato all'uscita. Data la breve durata della sperimentazione, approssimativamente di circa 40 minuti, non sono state previste pause durante la pratica, in quanto ogni fase era intervallata da spostamenti di breve durata tra una stanza e l'altra. In Tabella 2 viene presentato uno schema riassuntivo della procedura svolta.

Tabella 2. Schema riassunto della procedura svolta

FASE DI SCREENING
Compilazione di un questionario sulla piattaforma Qualtrics
Domanda ad hoc sull'utilizzo della realtà virtuale MEQr (Adan e Almirall 1991) STAI-Y2 (Spielberger et al., 1983) SSQ (Kennedy et al., 1993)
FASE DI BASELINE
Dispositivo Empatica E4 Oculus Quest 2 (Meta)
FASE DI PRE-ESPOSIZIONE ALL'AMBIENTE VIRTUALE
Dispositivo Empatica E4

PASAT (Gronwall, 1977)

SAM (Bradley e Lang, 1994)

PANAS (Watson, Clark, e Tellegen, 1988)

FASE DI ESPOSIZIONE ALL' AMBIENTE VIRTUALE

Dispositivo Empatica E4

Oculus Quest 2

FASE DI POST-ESPOSIZIONE ALL' AMBIENTE VIRTUALE

Dispositivo Empatica E4

SAM (Bradley e Lang, 1994)

PANAS (Watson, Clark, e Tellegen, 1988)

Domanda ad hoc sulla percezione del tempo

PASAT (Gronwall, 1977)

PRS-11 (Pasini et al., 2014)

Modello circonflesso delle qualità affettive dei luoghi (Perugini et. al., 2002)

SSQ (Kennedy et al., 1993)

CAPITOLO 4

RISULTATI

4.1 Analisi statistiche delle variabili psicologiche

Per esaminare se vi fossero differenze tra i tre gruppi, ovvero le condizioni sperimentali (Controllo, Biofilico, Biofilico+natura) per le variabili sociodemografiche (età, genere e scolarità), per la preferenza circadiana (MEQ-r) e l'ansia di tratto (STAI-Y2) sono state condotte delle analisi della varianza (ANOVA).

In seguito, per valutare gli effetti pre- e post-esposizione all'ambiente virtuale (sessione) nelle tre condizioni sperimentali (Controllo, Biofilico, Biofilico+natura) sulle variabili di interesse quali: sintomi negativi dovuti all'utilizzo della realtà virtuale (SSQ); valenza emotiva e arousal (SAM); emozioni positive e negative (PANAS), sono stati condotti una serie di modelli di ANOVA 2 (sessione) X 3 (condizioni) a misure ripetute.

Infine, per esaminare l'effetto dell'esposizione all'ambiente virtuale nelle tre condizioni sulla rigeneratività percepita (PRS-11 punteggio totale e sottoscale) e sulle qualità affettive dei luoghi (Modello circonflesso delle qualità affettive dei luoghi; Perugini et al., 2002) è stata utilizzata l'analisi della varianza (ANOVA). Le analisi sono state svolte tramite l'utilizzo del software statistico JASP 0.17.3.

4.2 Statistiche descrittive del campione totale

Il campione totale è composto da 150 partecipanti adulti, di cui 91 femmine e 59 maschi. L'età dei soggetti del campione è compresa tra 19 e 37 anni ($M = 22.53$, $DS = 3.34$). La scolarità media del campione è pari a 15.3 anni ($DS = 2.59$). Il 61% del campione totale è rappresentato da partecipanti di sesso femminile, con un'età media pari a 22.08 anni ($DS = 3.22$) e una scolarità media è di 14.85 anni ($DS = 2.40$). Il 39% del campione totale è rappresentato da

partecipanti di sesso maschile, con un'età media pari a 23.24 anni (DS = 3.42) e una scolarità media è di 15.98 anni (DS = 2.74). In Tabella 1 sono riportate le statistiche descrittive del campione totale.

Tabella 1. Statistiche descrittive del campione totale.

N = 150	%	ETA'		SCOLARITA'	
		Media	Dev.Std	Media	Dev.Std
TOTALE	100	22.53	3.34	15.3	2.59
FEMMINE	61	22,08	3,22	14,85	2,4
MASCHI	39	23,24	3,42	15,98	2,74

4.3 Statistiche descrittive del campione suddiviso per gruppi

Il campione totale è stato suddiviso in tre gruppi (condizioni): Controllo, Biofilico e Biofilico+natura. Il gruppo “Controllo” è formato da 30 femmine e 20 maschi. L'età media è pari a 22.3 anni (DS = 3.70), mentre la scolarità media è pari a 15.04 anni (DS = 2.42). Il gruppo “Biofilico” è composto da 30 femmine e 20 maschi. L'età media del gruppo è pari a 22.4 (DS = 3.19), mentre la scolarità media è di 15.04 anni (DS = 2.42). Infine, il gruppo “Biofilico+natura” è composto da 31 femmine e 19 maschi. L'età media è pari a 22.9 anni (DS = 3.13), mentre la scolarità media è di 15.28 anni (DS = 2.64). In Tabella 2 sono riportate le statistiche descrittive del campione suddiviso per gruppi.

Tabella 2. Statistiche descrittive del campione suddiviso per gruppi

GRUPPO	F	M	ETA'		SCOLARITA'	
			Media	Dev.Std	Media	Dev.Std
Controllo	30	20	22.3	3.70	15.04	2.42
Biofilico	30	20	22.4	3.19	15.04	2.42
Biofilico+natura	31	19	22.9	3.13	15.28	2.64

4.4 Analisi preliminari

Dall'analisi ANOVA non emergono differenze significative tra i gruppi in termini di età [$F=0.461_{(2,147)}$, $p=0.631$, $\eta^2_p=0.006$], di genere [$F=0.284_{(2,147)}$, $p=0.753$, $\eta^2_p=0.004$] e di scolarità [$F=0.542_{(2,147)}$, $p=0.583$, $\eta^2_p=0.007$]. Inoltre, non emergono differenze significative tra i gruppi in termini di caratteristiche individuali quali il ritmo circadiano (valutato attraverso il questionario MEQr) [$F=1.192_{(2,147)}$, $p=0.306$, $\eta^2_p=0.016$] e l'ansia di tratto (valutata attraverso il questionario STAI-Y2) [$F=0.066_{(2,147)}$, $p=0.936$, $\eta^2_p=8.943e-4$]. Tali risultati indicano che i gruppi risultano omogenei per le variabili controllate e quindi non vi sono possibili influenze sulle variabili dipendenti di interesse di questo studio. In Tabella 3 sono riportati i risultati.

Tabella 3. Analisi preliminari

	F	p	η^2_p
Età	0.461	0.631	0.006
Genere	0.284	0.753	0.004
Scolarità	0.542	0.583	0.007
MEQr	1.192	0.306	0.016
STAI-Y2	0.066	0.936	8.943e-4

Note. MEQr= Preferenza circadiana; STAI-Y2= Ansia di tratto; F= Test F di Fisher; p= P-Value; η^2_p = Effect size

4.5 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sui sintomi di malessere

È stata utilizzata l'analisi della varianza (ANOVA) 2 (sessione) x 3 (condizioni) a misure ripetute per controllare che l'utilizzo della Realtà Virtuale non avesse provocato sintomi di malessere nei partecipanti. Risultano differenze statisticamente significative tra il punteggio ottenuto al Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) post-esposizione e il punteggio ottenuto

nel pre-esposizione mostrando un effetto principale della sessione [$F=44.942_{(1,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.234$]. Nello specifico, il punteggio ottenuto nella sessione di post-esposizione dal gruppo Controllo, dal gruppo Biofilico e Biofilico+natura risulta inferiore rispetto ai punteggi ottenuti nella sessione di pre-esposizione. Questi risultati sembrerebbero indicare che l'utilizzo del visore per realtà virtuale non ha aumentato i sintomi di malessere nei partecipanti. Non vi è un effetto significativo dell'interazione tra sessione e condizione [$F=2.064_{(2,147)}$, $p=0.131$, $\eta^2_p=0.027$], il che indica che nonostante i punteggi di tutti i gruppi nella fase di post-esposizione si siano ridotti rispetto alla fase di pre-esposizione, nessun gruppo mostra un decremento maggiore rispetto agli altri. In tabella 4 sono presentati i risultati.

4.6 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sullo stato emotivo

4.6.1 Valenza emotiva e arousal

Per quanto riguarda la valutazione della valenza emotiva (SAM VALENCE), l'analisi della varianza (ANOVA) 2 (sessione) x 3 (condizione) a misure ripetute mostra una differenza statisticamente significativa tra i punteggi ottenuti nella sessione di post-esposizione all'ambiente virtuale e i punteggi ottenuti nella sessione di pre-esposizione, mostrando un effetto significativo della sessione [$F=27.603_{(1,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.156$]. Non è presente, invece, un effetto significativo dell'interazione tra sessione e condizioni [$F=0.023_{(2,147)}$, $p=0.977$, $\eta^2_p=3.134e-4$]. Tutti e tre i gruppi mostrano un incremento nella valenza emotiva, ma questo incremento non differisce tra le tre condizioni. Il gruppo Biofilico e Biofilico+natura mostrano quindi un aumento della valenza emotiva simile al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare che l'esposizione ad ambienti virtuali con un diverso grado di biofilia non è in grado di portare ad effetti diversi nell'incremento della valenza emotiva.

Per quanto riguarda la valutazione dell'arousal (SAM AROUSAL), l'analisi della varianza (ANOVA) a misure ripetute mostra un effetto principale della sessione in quanto i

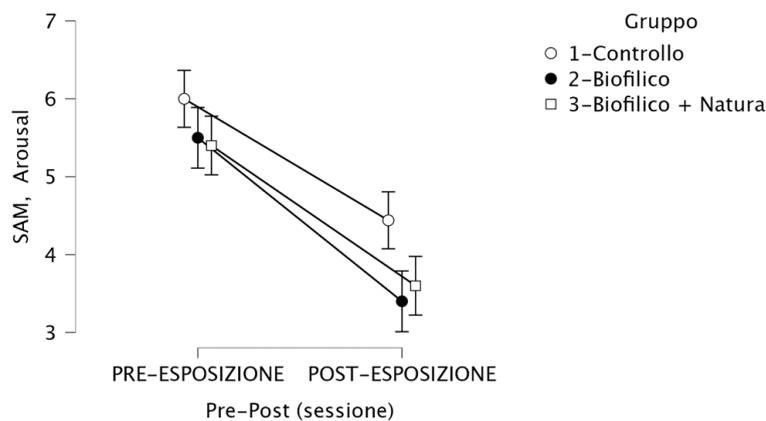
punteggi ottenuti nella sessione di post-esposizione differiscono significativamente da quelli ottenuti nella sessione di pre-esposizione [$F=140.778_{(1,147)}, p<.001, \eta^2_p=0.489$]. Tutti i gruppi, infatti, mostrano un decremento nell'arousal dopo essere stati esposti all'ambiente virtuale, mentre non è presente un effetto significativo di interazione tra sessione e condizioni [$F=1.037_{(2,147)}, p=0.357, \eta^2_p=0.014$] che possa indicare una riduzione maggiore dell'arousal nel gruppo Biofilico e Biofilico+natura rispetto al gruppo Controllo. Come per la valenza emotiva, questi risultati potrebbero indicare che l'esposizione ad ambienti virtuali con diverso grado biofilico non porta ad effetti diversi nel decremento dell'arousal. I risultati sono presentati nella Tabella 4 e nella Figura 1.

Figura 1. a) SAM, Valenza emotiva; b) SAM, arousal

a)



b)



4.6.2 Stato affettivo positivo e negativo

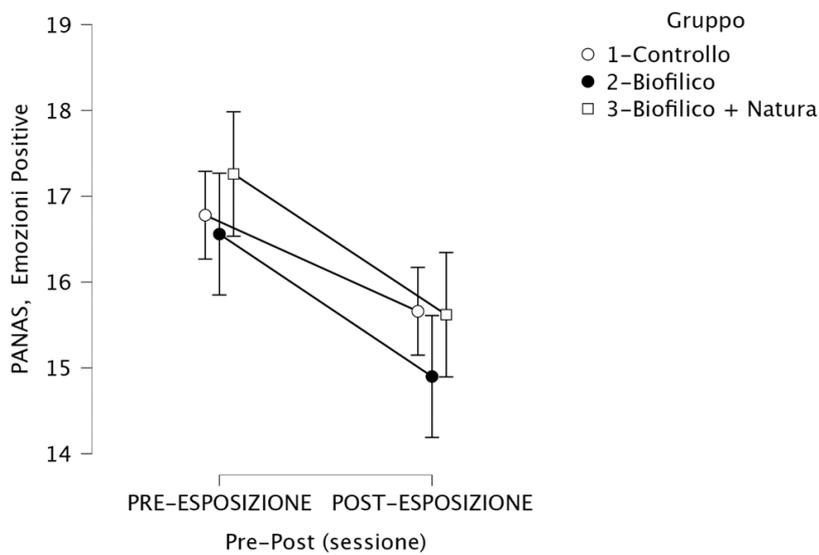
Dall'analisi della varianza (ANOVA) 2 (sessione) x 3 (condizioni) a misure ripetute emerge una differenza statisticamente significativa tra la valutazione dello stato affettivo positivo (PANAS: Emozioni Positive) nella sessione di post-esposizione all'ambiente virtuale rispetto alla valutazione dello stato affettivo positivo nella sessione di pre-esposizione [$F=30.564_{(1,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.172$]. Nonostante la valenza emotiva precedentemente descritta aumenti significativamente, tutti e tre i gruppi mostrano un decremento significativo delle emozioni positive dopo essere stati esposti all'ambiente virtuale. Non è presente un effetto significativo di interazione tra sessione e condizioni [$F=0.440_{(2,147)}$, $p=0.654$, $\eta^2_p=0.006$], il che indica che il gruppo Biofilico e Biofilico+natura mostrano un decremento delle emozioni positive simile al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare che gli ambienti virtuali con diversi gradi di biofilia non sono in grado di portare ad effetti diversi nel decremento delle emozioni positive.

Inoltre, emerge una differenza statisticamente significativa tra la valutazione dello stato affettivo negativo (PANAS, Emozioni Negative) nella sessione di pre-esposizione rispetto alla sessione di post-esposizione, mostrando un effetto principale della sessione [$F=105.614_{(1,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.418$]. Tutti e tre i gruppi mostrano un decremento significativo delle emozioni

negative dopo essere stati esposti all'ambiente virtuale, senza differire significativamente tra loro. Infatti, non è presente un effetto significativo di interazione tra sessione e condizioni [$F=0.660_{(2,147)}$, $p=0.519$, $\eta^2_p=0.009$], il che potrebbe dimostrare che la condizione Biofilica e Biofilica+natura non comportano un decremento maggiore rispetto a quella di Controllo nella riduzione delle emozioni negative. In Tabella 4 e in Figura 2 sono presentati i risultati.

Figura 2. a) PANAS, Emozioni Positive; b) PANAS, Emozioni Negative.

a)



b)

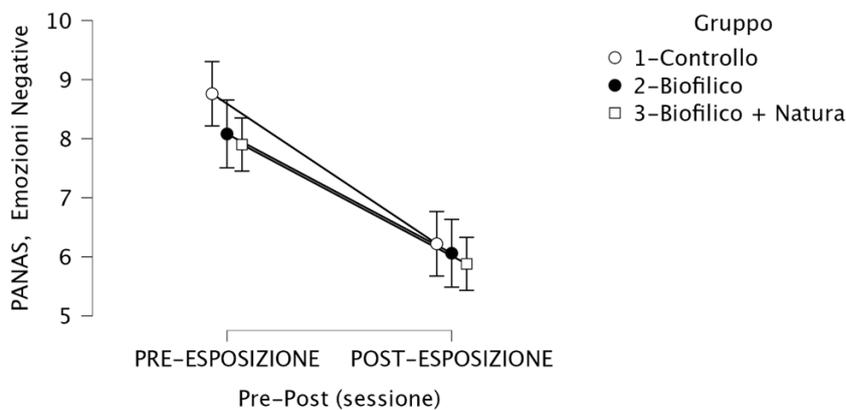


Tabella 4. Statistiche descrittive delle tre condizioni sugli effetti pre- e post-esposizione all'ambiente virtuale sui sintomi di malessere (SSQ), sulla valenza emotiva e arousal (SAM) e sulle emozioni positive e negative (PANAS)

		PRE-ESPOSIZIONE						POST-ESPOSIZIONE						F	p	η^2_p
		Controllo		Biofilico		Biofilico+natura		Controllo		Biofilico		Biofilico+natura				
		M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS			
SSQ	Pre-Post (sessione)	26.20	15.35	28.76	19.34	33.38	22.63	20.00	16.891	20.72	16.89	20.72	16.08	44.942	<.001	0.234
	Pre-Post (sessione) * Gruppo													2.064	0.131	0.027
SAM VALENCE	Pre-Post (sessione)	5.98	1.32	6.08	1.28	6.18	1.19	6.58	1.05	6.72	1.31	6.76	1.51	27.260	<.001	0.156
	Pre-Post (sessione) * Gruppo													0.023	0.977	3.13400E-01
SAM AROUSAL	Pre-Post (sessione)	6.00	1.53	5.50	1.87	5.40	1.81	4.44	1.74	3.40	1.65	3.60	1.88	140.778	<.001	0.489
	Pre-Post (sessione) * Gruppo													1.037	0.357	0.014
PANAS P	Pre-Post (sessione)	16.780	2.91	16.56	3.86	17.26	3.73	15.66	3.28	14.90	3.71	15.62	3.40	30.564	<.001	0.172
	Pre-Post (sessione) * Gruppo													0.440	0.645	0.006
PANAS N	Pre-Post (sessione)	8.76	3.44	8.08	3.64	7.90	2.96	6.22	1.91	6.06	2.23	5.88	1.83	105.614	<.001	0.418
	Pre-Post (sessione) * Gruppo													0.660	0.519	0.009

Note. SSQ= Simulator Sickness Questionnaire; SAM VALENCE= Valenza emotiva; SAM AROUSAL= Arousal; PANAS P= Emozioni positive; PANAS

N= Emozioni negative; M= Media; DS= Deviazione Standard; F= Test F di Fisher;

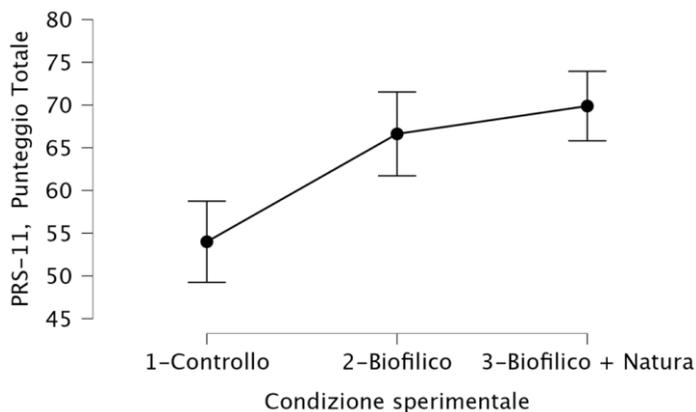
p= P-Value; η^2_p = Effect size

4.7 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sulla rigeneratività percepita

4.7.1 Rigeneratività percepita totale

Dall'analisi della varianza (ANOVA) risulta una differenza statisticamente significativa tra i tre gruppi nel punteggio totale di rigeneratività valutato dopo l'esposizione all'ambiente virtuale (PRS-11, Punteggio Totale) [$F=13.489_{(2,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.155$]. L'effetto principale della condizione indica che la condizione Biofilica e Biofilica+natura hanno ottenuto un punteggio di rigeneratività totale maggiore rispetto alla condizione di Controllo. Questo risultato potrebbe dimostrare che gli ambienti virtuali contenenti un maggior numero di caratteristiche biofiliche vengono giudicati come più rigenerativi rispetto ad ambienti più "standard". I risultati sono riportati nella Tabella 5 e nella Figura 3.

Figura 3. PRS-11, Punteggio Totale

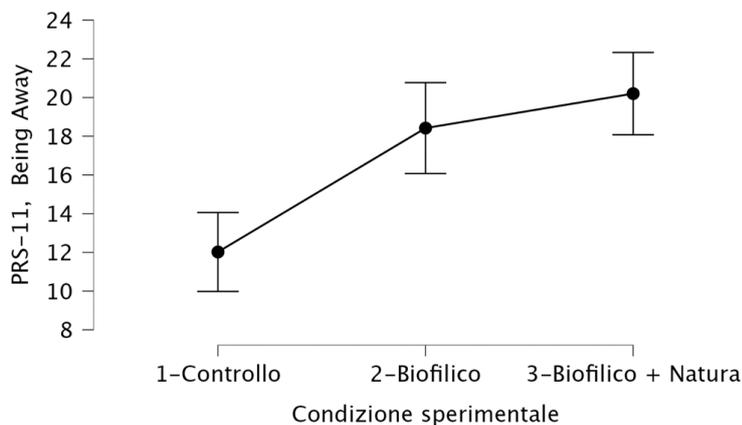


4.7.2 Sottoscale

Dall'analisi ANOVA condotta sul punteggio della sottoscala "Being Away" (PRS-11, Being Away), risulta una differenza statisticamente significativa tra i tre gruppi [$F=15.789_{(2,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.177$]. L'effetto principale della condizione indica che nel gruppo Biofilico e Biofilico+natura la sottoscala ha ottenuto punteggi significativamente maggiori rispetto al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare che all'interno dell'ambiente virtuale con

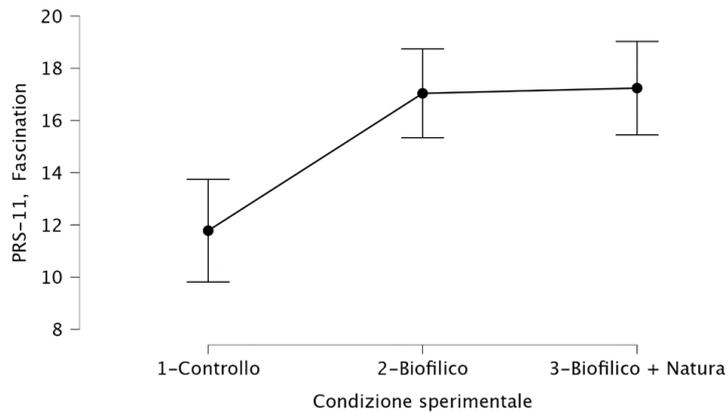
un maggior numero di caratteristiche biofiliche, le persone percepiscono maggiormente un senso di fuga e di distacco dalla quotidianità rispetto alle persone che si trovano all'interno di un ambiente virtuale che non possiede queste caratteristiche. I risultati sono riportati nella Tabella 5 e nella Figura 4.

Figura 4. PRS-11, punteggi della sottoscala “Being Away”



Per quanto riguarda l'analisi ANOVA condotta sul punteggio della sottoscala “*Fascination*”, risulta una differenza statisticamente significativa tra i tre gruppi [$F=11.655_{(2,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.137$]. La sottoscala ha ottenuto punteggi significativamente maggiori nel gruppo Biofilico e Biofilico+natura rispetto al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare che l'ambiente virtuale con un maggior grado di biofilia suscita un fascino maggiore rispetto all'ambiente di controllo. I risultati sono riportati in Tabella 5 e in Figura 5.

Figura 5. PRS-11, punteggi della sottoscala “Fascination”



Sempre attraverso l'utilizzo dell'analisi ANOVA, non emergono differenze statisticamente significative nei punteggi ottenuti alle sottoscale “*Coherence*” e “*Scope*” fra i tre gruppi [$F=1.491_{(2,147)}$, $p=0.228$, $\eta^2_p=0.020$], [$F=12.620_{(2,147)}$, $p=0.415$, $\eta^2_p=0.012$]. Nonostante le figure 6 e 7 mostrino un punteggio maggiore del gruppo Biofilico+natura sia nella sottoscala “*Coherence*” che nella sottoscala “*Scope*”, questo non risulta essere significativo rispetto al punteggio ottenuto dagli altri gruppi. L'assenza dell'effetto principale della condizione potrebbe indicare che l'ambiente virtuale con un maggior grado di biofilia non suscita maggiormente un senso di ordine, coerenza e di possibilità di esplorazione rispetto ad un ambiente virtuale di controllo. I risultati sono riportati in Tabella 5 e nelle Figure 6 e 7.

Figura 6. PRS-11, punteggi della sottoscala “Coherence”

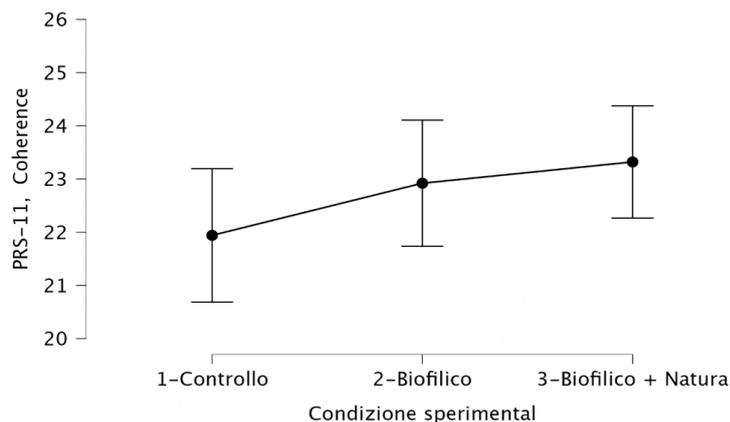


Figura 7. PRS-11, punteggi della sottoscala “Scope”

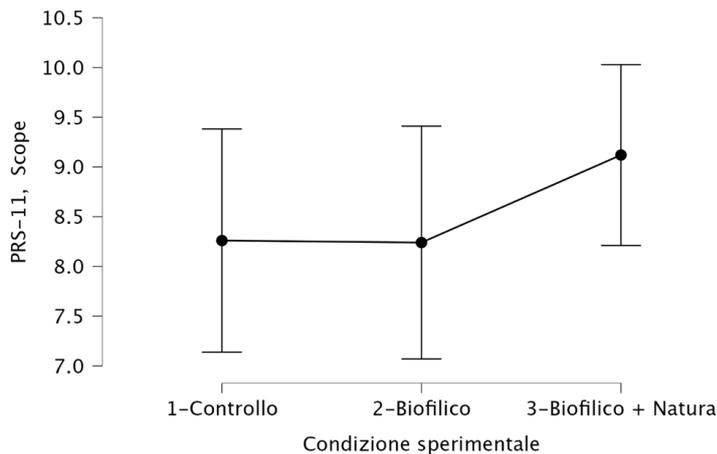


Tabella 5. Statistiche descrittive delle tre condizioni sull’effetto dell’esposizione ad un ambiente virtuale sulla rigeneratività percepita totale e sulle sue sottoscale.

	GRUPPO						F	p	η^2_p
	Controllo		Biofilico		Biofilico+natura				
	M	DS	M	DS	M	DS			
PRS-11 TOT	54.000	16.712	66.620	17.266	69.880	14.312	13.489	<.001	0.155
PRS-11 BA	12.020	7.173	18.420	8.266	20.200	7.486	15.789	<.001	0.177
PRS-11 FA	11.780	6.917	17.040	5.986	17.240	6.301	11.655	<.001	0.137
PRS-11 COH	21.940	4.414	22.920	4.174	23.320	3.711	1.492	0.228	0.020
PRS-11 SCO	8.260	3.948	8.240	4.118	9.120	3.198	0.885	0.415	0.012

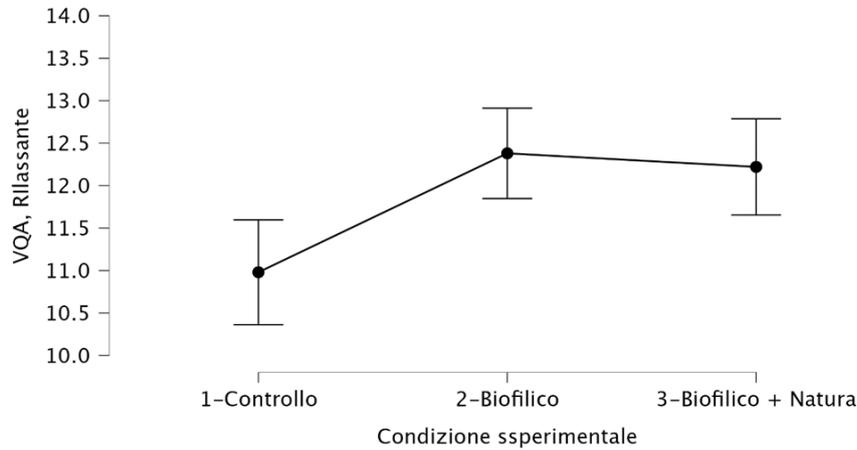
Note. PRS-11_TOT= Punteggio totale; PRS-11_BA= Being Away; PRS-11_FA= Fascination; PRS-11_COH= Coherence; SCO= Scope; F= Test F di Fisher; p= P-Value; η^2_p = Effect size

4.8 Effetto dell’esposizione all’ambiente virtuale sulla percezione delle qualità affettive dei luoghi

Dall’analisi ANOVA sono emerse delle differenze significative nei punteggi della sottoscala “Rilassante” del Modello di Russell fra i tre gruppi, valutata dopo l’esposizione all’ambiente virtuale [$F=7.225_{(2,147)}$, $p=0.001$, $\eta^2_p=0.090$]. Vi è un effetto principale della condizione in quanto i punteggi della sottoscala ottenuti dal gruppo Biofilico e Biofilico+natura risultano significativamente maggiori rispetto al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare

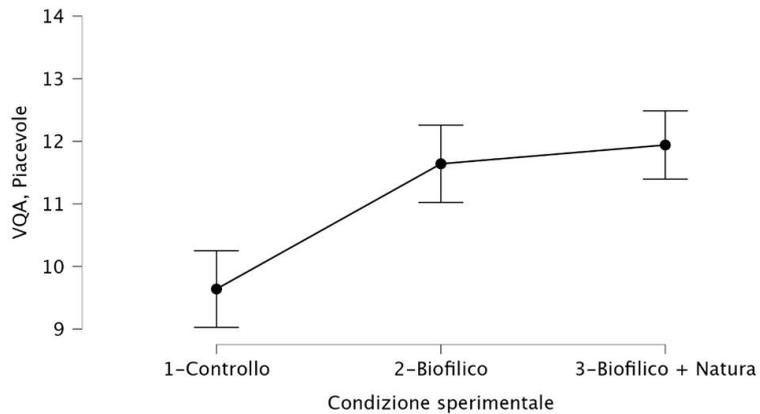
che l'ambiente virtuale contenente un maggior numero di elementi biofilici risulta essere più rilassante rispetto ad ambienti virtuali sprovvisti di tali caratteristiche. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 8.

Figura 8. VQA, punteggi della sottoscala “Rilassante”



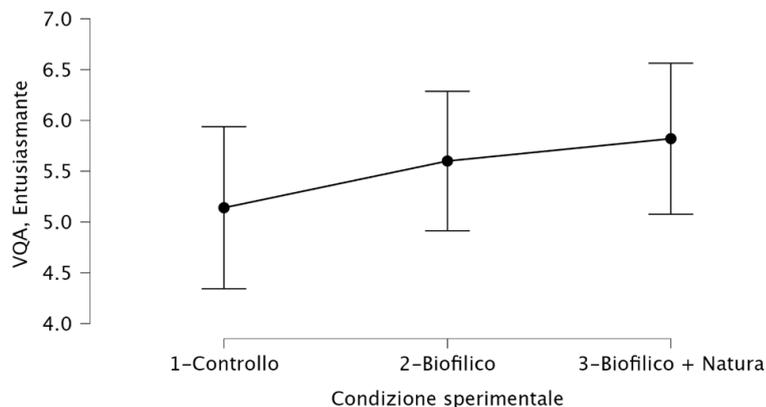
Per quanto riguarda la sottoscala “*Piacevole*”, l’analisi ANOVA mostra delle differenze significative fra i tre gruppi [$F=17.958_{(2,147)}$, $p<0.01$, $\eta^2_p=0.196$]. Nello specifico, la sottoscala ha ottenuto un punteggio maggiore nel gruppo Biofilico e Biofilico+natura rispetto al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare, come per la sottoscala precedente, che ambienti virtuali contenenti un numero maggiore di caratteristiche biofiliche risultano essere più piacevoli rispetto ad ambienti che non le contengono. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 9.

Figura 9. VQA, punteggi della sottoscala “Piacevole”



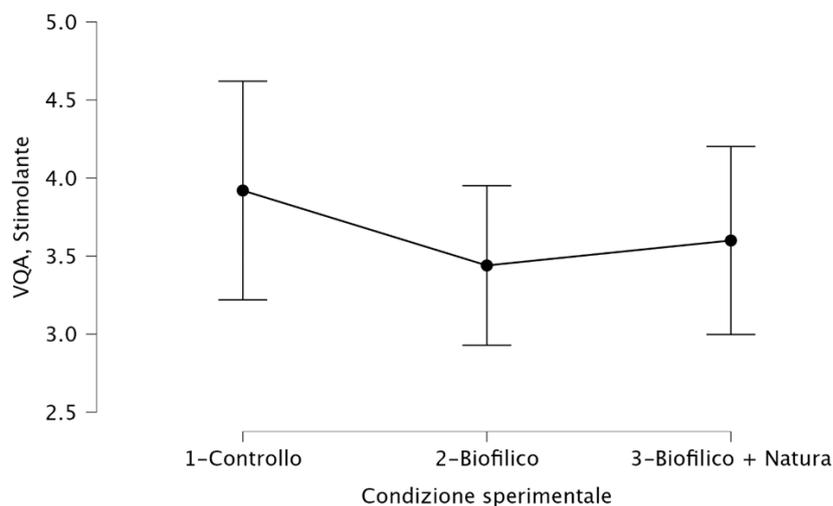
Dall'analisi ANOVA non emergono differenze significative fra i tre gruppi nel punteggio della sottoscala “*Entusiasmante*” [$F=0.878_{(2,147)}$, $p=<0.418$, $\eta^2_p=0.012$]. L'assenza di un effetto principale della condizione indica che i punteggi fra i tre gruppi non differiscono significativamente nonostante il gruppo Biofilico e Biofilico+natura abbiano ottenuto punteggi maggiori rispetto al gruppo Controllo. Questi risultati potrebbero indicare che gli ambienti virtuali che possiedono più caratteristiche biofiliche non risultano essere significativamente più entusiasmanti rispetto ad ambienti di controllo. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 10.

Figura 10. VQA, punteggi della sottoscala “Entusiasmante”



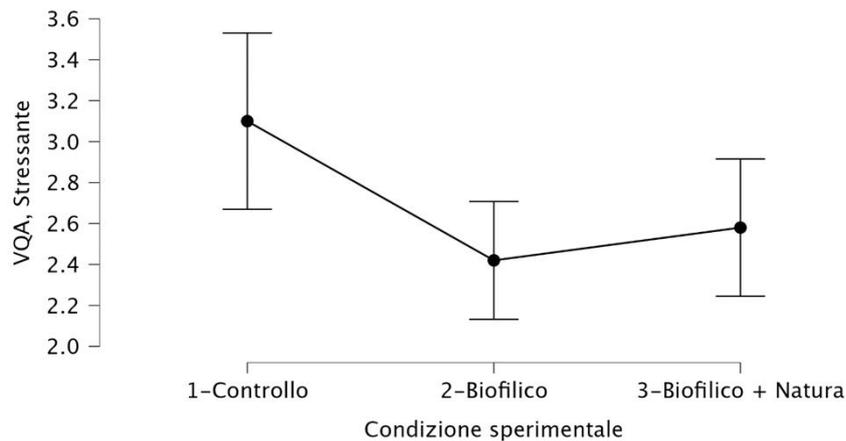
Anche per la sottoscala “*Stimolante*”, dall’analisi ANOVA non emergono differenze statisticamente significative nel punteggio fra i tre gruppi [$F=0.649_{(2,147)}$, $p=0.524$, $\eta^2_p=0.009$]. Questi risultati potrebbero indicare che gli ambienti virtuali più biofilici non vengono percepiti come più stimolanti rispetto a quello di controllo. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 11.

Figura 11. VQA, punteggi della sottoscala “*Stimolante*”



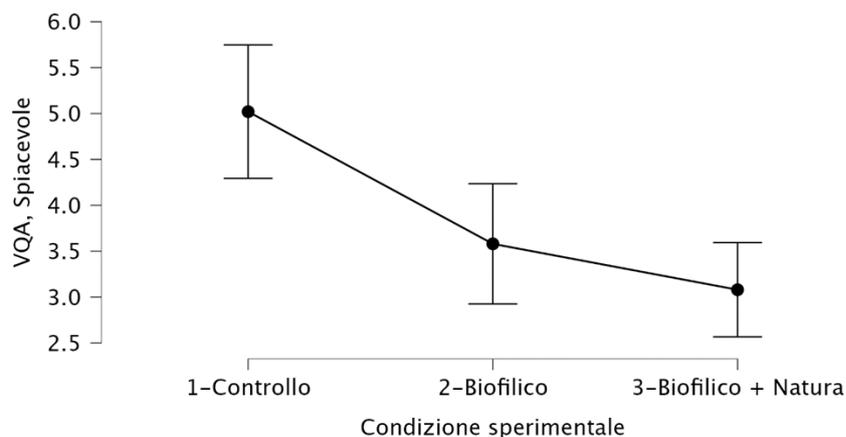
Dall’analisi ANOVA emerge una differenza statisticamente significativa nel punteggio della sottoscala “*Stressante*” fra i tre gruppi [$F=4.024_{(2,147)}$, $p=0.020$, $\eta^2_p=0.052$]. L’effetto principale della condizione mostra un punteggio alla sottoscala significativamente maggiore nel gruppo Controllo rispetto al gruppo Biofilico e Biofilico+natura. Questi risultati potrebbero indicare che l’ambiente virtuale con un minor grado di biofilia venga percepito come più stressante rispetto agli ambienti virtuali biofilici. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 12.

Figura 12. VQA, punteggi della sottoscala “Stressante”



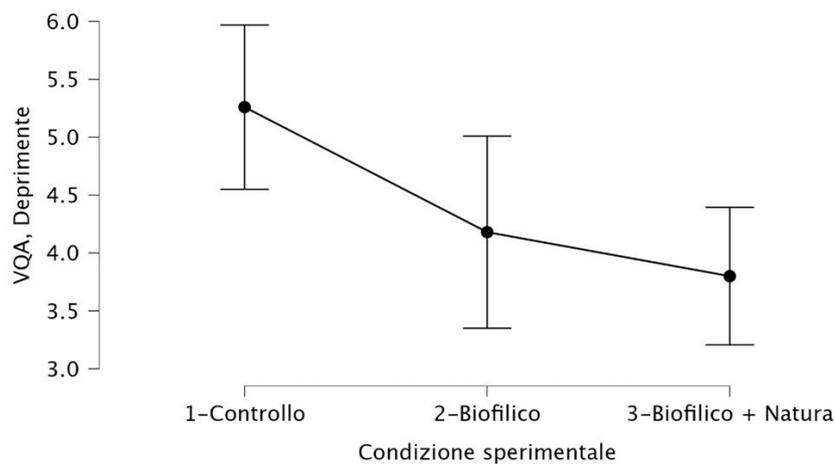
L'analisi ANOVA condotta sul punteggio della sottoscala “*Spiacevole*” indica una differenza statisticamente significativa fra i tre gruppi [$F=10.065_{(2,147)}$, $p<.001$, $\eta^2_p=0.120$]. L'effetto principale della condizione indica che il punteggio ottenuto nella sottoscala dal gruppo Controllo è significativamente maggiore rispetto al gruppo Biofilico e Biofilico+natura, il che potrebbe indicare che ambienti virtuali poco biofilici siano percepiti come più spiacevoli rispetto ad ambienti virtuali maggiormente biofilici. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 13.

Figura 13. VQA, punteggi della sottoscala “Spiacevole”



Anche l'analisi ANOVA condotta sui punteggi della sottoscala "Deprimente" mostra differenze statisticamente significative fra i tre gruppi [$F=4.500_{(2,147)}$, $p=0.013$, $\eta^2_p=0.058$]. L'effetto principale della condizione indica che il punteggio della sottoscala ottenuto dal gruppo di controllo risulta significativamente maggiore rispetto al gruppo Biofilico e Biofilico+natura. I risultati potrebbero indicare che ambienti virtuali poco biofilici vengono percepiti come più deprimenti rispetto agli ambienti virtuali maggiormente biofilici. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 14.

Figura 14. VQA, punteggi della sottoscala "Deprimente"



L'analisi ANOVA condotta sui punteggi della sottoscala "Soporifero/Noioso" non mostra differenze statisticamente significative fra i tre gruppi [$F=1.886_{(2,147)}$, $p=0.155$, $\eta^2_p=0.025$]. L'assenza dell'effetto principale della condizione potrebbe indicare che gli ambienti virtuali maggiormente biofilici e gli ambienti virtuali poco biofilici sono percepiti come soporiferi allo stesso modo. I risultati sono riportati in Tabella 6 e in Figura 15.

Figura 15. VQA, punteggi della sottoscala “Soporifero/noioso”

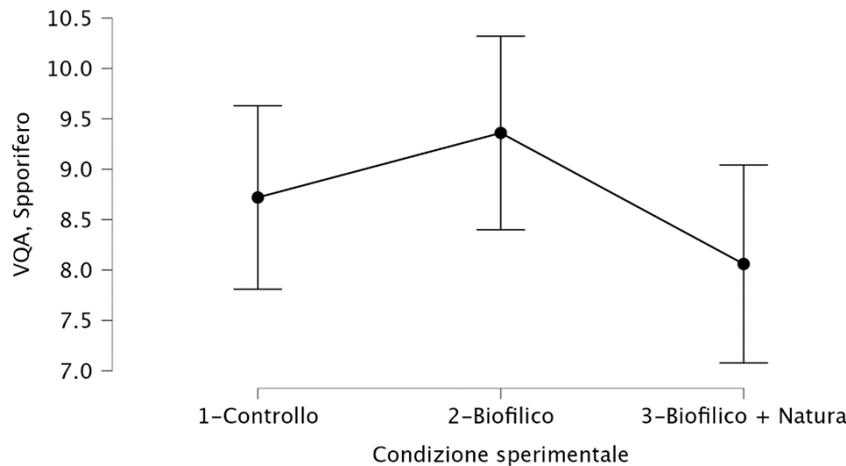


Tabella 6. Statistiche descrittive delle tre condizioni sull’effetto dell’esposizione ad un ambiente virtuale sulla valutazione delle qualità affettive dei luoghi.

	GRUPPO						F	p	η^2_p
	Controllo		Biofilico		Biofilico+natura				
	M	DS	M	DS	M	DS			
VQA_RIL	10.980	2.171	12.380	1.872	12.220	1.993	7.225	0.001	0.090
VQA_PIA	9.640	2.155	11.640	2.174	11.940	1.921	17.958	<.001	0.196
VQA_ENT	5.140	2,807	5.600	2.416	5.820	2.616	0.878	0.418	0.012
VQA_STI	3.920	2.465	3.440	1.798	3.600	2.119	0.649	0.524	0.009
VQA_STR	3.100	1.515	2.420	1.012	2.580	1.180	4.024	0.020	0.052
VQA_SPI	5.020	2.559	3.580	2.304	3.080	1.805	10.065	<.001	0.120
VQA_DEP	5.260	2.497	4.180	2.929	3.800	2.090	4.500	0.013	0.058
VQA_SOP	8.720	3.201	9.360	3.379	8.060	3.455	1.886	0.155	0.025

Note. VQA_RIL= Rilassante; VQA_PIA= Piacevole; VQA_ENT= Entusiasmante; VQA_STI= Stimolante; VQA_STR= Stressante; VQA_SPI= Spiacevole; VQA_DEP= Deprimente; VQA_SOP= Soporifero/Noioso; F= Test F di Fisher; p= P-Value; η^2_p = Effect size

4.9 Analisi statistiche delle variabili fisiologiche

Per valutare gli effetti dell’esposizione ad un ambiente virtuale sugli indici psicofisiologici, sono stati analizzati, grazie al supporto del Dott. Nicola Cellini, i dati di conduttanza cutanea (SC, dall’inglese *Skin Conductance*), anche chiamata attività elettrodermica (EDA, dall’inglese *Electrodermal Activity*) attraverso il toolbox di Matlab Ledalab (V3.4.9; <http://www.ledalab.de>) e il segnale fotopletismografico (PPG, dall’inglese

PhotoPlethysmoGraphy), anche chiamato impulso di volume di sangue (BVP, dall'inglese *Blood Volume Pulse*) attraverso il software Kubios HRV Premium (versione 3.3.1, Tarvainen et al., 2014, 2020). Tutte le analisi dei dati fisiologici sono state condotte utilizzando modelli lineari ad effetti misti (LMM). In caso di effetti significativi sono stati condotti post-hoc utilizzando il test di Holm. Per tutte le analisi il livello di significatività è stato fissato a $p < .05$.

4.10 Preprocessamento dei dati fisiologici

Inizialmente è stato svolto un preprocessamento dei dati: nello specifico, il campionamento dei dati EDA è stato ridotto a 10 Hz ed è stato utilizzato uno *smoothing* Gaussiano a 8 punti. Eventuali artefatti sono stati identificati visivamente e corretti utilizzando un'interpolazione *spline*. Quindi i dati sono stati processati attraverso la *continuous decomposition analysis* (CDA), implementa in Ledalab (Benedek e Kaernbach, 2010), in finestre da 60 secondi (4 per la baseline e 5 per la condizione sperimentale). Dalla CDA, sono stati estratti i parametri *global mean* (GM, media dei valori di EDA nei 60 secondi, μS), e il numero di risposte di conduttanza (nSCR). Per quanto riguarda il segnale fotopletismografico, la sua registrazione è stata importata nel software ed eventuali artefatti sono stati corretti utilizzando il sistema automatico di Kubios. L'analisi del segnale cardiaco è stata effettuata in due distinte maniere. La frequenza cardiaca è stata estratta in finestre da 60 secondi (4 per la baseline e 5 per la condizione sperimentale), mentre le misure relative alla variabilità della frequenza cardiaca (HRV, dall'inglese *Heart Rate Variability*) in blocchi di 4 minuti per la baseline e 5 per la sessione sperimentale. Tra i parametri HRV sono state scelte due misure nel dominio del tempo, visto che studi precedenti hanno mostrato una ridotta affidabilità delle misure nel dominio delle frequenze (Meneghini et al., 2019): la deviazione standard degli intervalli interbattito (SDNN, dall'inglese *standard deviation of normal IBIs*) e la radice quadrata della media della differenza al quadrato di intervalli interbattito adiacenti (RMSSD, dall'inglese *root mean square of*

successive differences between normal IBIs), rispettivamente indici della variabilità totale e dell'influenza del sistema parasimpatico sul cuore.

4.11 Analisi preliminari

Sono state condotte delle analisi preliminari per valutare se ci fossero delle differenze alla condizione di baseline (pre-esposizione all'ambiente virtuale) per quanto riguarda le variabili HR, GM e nSCR, avendo come fattori fissi il Gruppo e i Minuti (da 1 a 4), e come fattori *random* i soggetti sperimentali. L'analisi dei 4 minuti di baseline non ha mostrato alcun effetto significativo per la HR (tutti gli $F < 2.31$, tutti i $p > .076$), indicando una simile frequenza cardiaca tra i tre gruppi e nel corso della baseline. Per quanto riguarda le diverse misure di EDA, la GM ha mostrato solo un effetto dei Minuti [$F_{3,441}=4.223$, $p=.006$], con un aumento di conduttanza tra il primo minuto e quelli successivi (tutti i $p < .036$), ma nessuna differenza tra gruppi. Anche il nSCR ha mostrato un significativo effetto del passaggio del tempo [$F_{3,441}=8.861$, $p < .001$], con un decremento di risposte tra il primo e il secondo e terzo minuto ($p < .004$), ma non con il quarto ($p=.104$).

4.12 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sull'attività elettrodermica (EDA)

Sono stati condotti due modelli lineari ad effetti misti (LMM) per le variabili GM e nSCR registrate in 60s durante la sessione sperimentale, includendo il Gruppo e i Minuti (da 1 a 5) come fattori fissi, i soggetti sperimentali come fattori *random*, e il valore medio delle 2 variabili registrato in baseline come covariata. L'analisi della GM ha mostrato un effetto significativo dei Minuti [$F_{4,588}=78.017$, $p < .001$], con una diminuzione dell'attività elettrodermica da ogni minuto ai successivi (tutti i $p < .012$). Né il Gruppo [$F_{2,146}=1.696$, $p=.187$] né l'interazione Gruppo \times Minuti [$F_{8,588}=0.883$, $p=.530$, Figura 16] sono risultati significativi, indicando un simile decremento di conduttanza durante l'esposizione allo scenario sperimentale. Anche

l'analisi della nSCR ha mostrato un effetto significativo dei Minuti [$F_{4,588}=34.144$, $p<.001$], con una diminuzione del numero di risposte dal primo minuto ai successivi (tutti i $p<.001$), dal secondo al quarto minuto (tutti i $p<.003$) e un incremento di risposte dal quarto al quinto minuto ($p=.001$). Né il Gruppo [$F_{2,146}=.744$, $p=.477$] né interazione Gruppo \times Minuti [$F_{8,588}=1.192$, $p=.301$, Figura 17] sono risultati significativi, indicando un simile decremento di risposte tra i tre gruppi durante l'esposizione allo scenario sperimentale. Questi risultati potrebbero indicare che l'esposizione ad ambienti con un diverso grado di biofilia non è in grado di portare ad effetti differenti nell'attività elettrodermica.

Figura 16. Andamento della *Global Mean* (GM) nei tre gruppi nei cinque minuti di esposizione allo scenario sperimentale. μ S: micro Siemens.

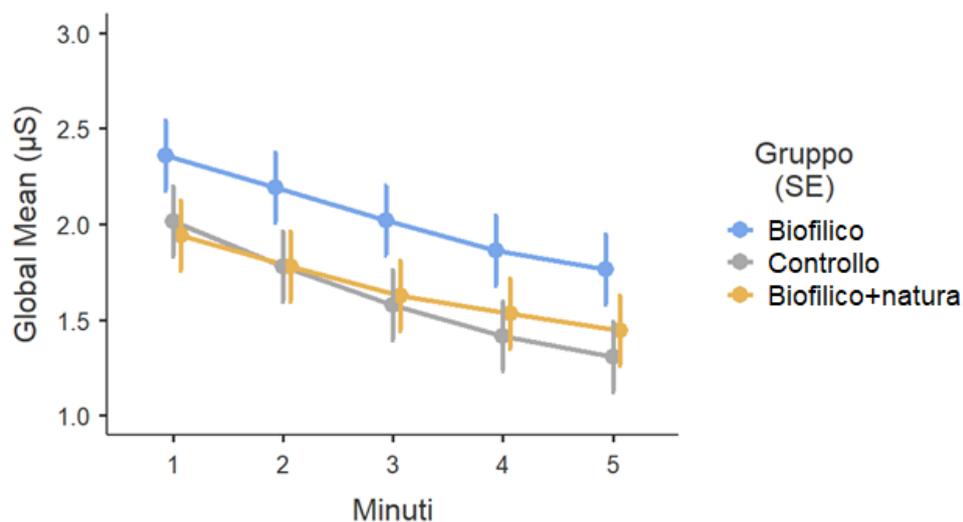
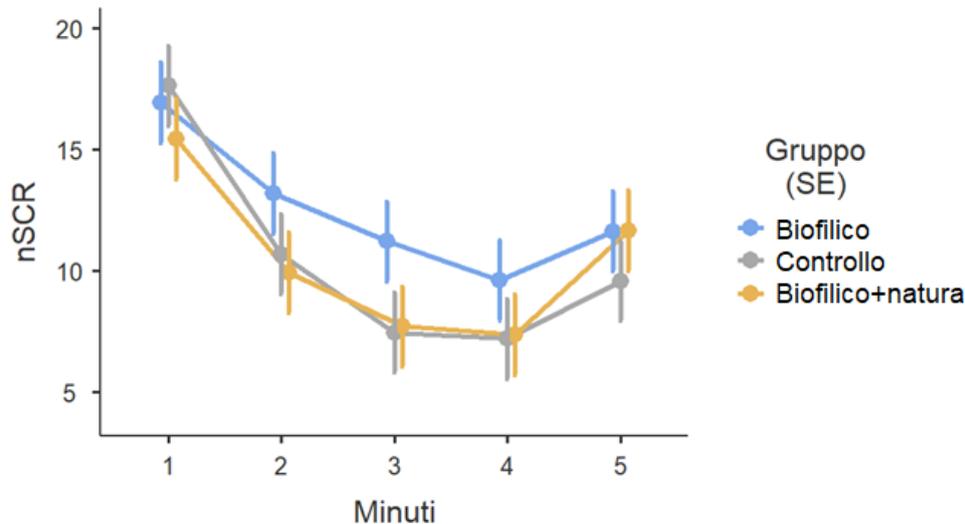


Figura 17. Andamento del numero di risposte di conduttanza (nSCR) nei tre gruppi nei cinque minuti di esposizione allo scenario sperimentale.



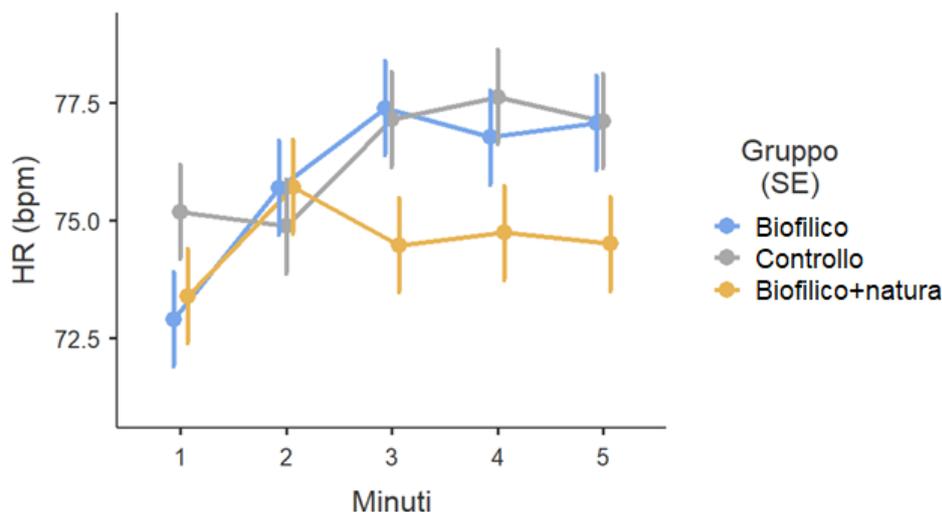
4.13 Effetti dell'esposizione all'ambiente virtuale sul segnale fotopletismografico (PPG)

4.13.1 Frequenza cardiaca (HR)

Come per le variabili GM e nSCR, anche per la variabile HR (registrata in 60s durante la sessione sperimentale) è stato condotto un modello lineare ad effetti misti (LMM), includendo il Gruppo e i Minuti (da 1 a 5) come fattori fissi, i soggetti sperimentali come fattori *random*, e il valore medio della variabile registrato in baseline come covariata. L'analisi della HR ha mostrato un effetto significativo dei Minuti [$F_{4,588}=9.684, p<.001$], con un incremento della frequenza cardiaca dal primo minuto ai successivi (tutti i $p<.008$), ma questo aumento si stabilizza dal secondo minuto in poi (tutti i $p>.331$). Sebbene il Gruppo non sia risultato significativo [$F_{2,146}=1.309, p=.273$], si è osservata una significativa interazione Gruppo \times Minuti [$F_{8,588}=2.850, p=.004$] (Figura 18). L'analisi post-hoc ha mostrato un aumento di HR tra il primo minuto e i successivi per il gruppo Biofilico (tutti $p<.001$), tra il primo (e secondo) minuto e il terzo, quarto e quinto (tutti $p<.024$), mentre per il gruppo Biofilico+natura si è

osservata una differenza solo tra il primo e il secondo minuto ($p=.007$), mostrando una HR che rimane stabile nei minuti successivi (tutti i $p>.115$). Tuttavia, se questi confronti vengono corretti per comparazioni multiple con il test di Holm, rimane significativa solo la differenza tra il primo minuto e il terzo, quarto e quinto nel gruppo Biofilico (tutti $p<.001$). Come si evince dal grafico in Figura 18, nonostante l'esposizione ad un ambiente virtuale Biofilico con elementi naturali provochi un aumento della frequenza cardiaca tra il primo e il secondo minuto, a differenza dell'ambiente virtuale di Controllo e di quello Biofilico (senza visione sulla natura), essa con il passare dei minuti tende a ridursi e poi a stabilizzarsi. Questi risultati potrebbero indicare che l'esposizione ad ambienti virtuali biofilici (con visione sulla natura) contribuisca ad una regolarizzazione più veloce della frequenza cardiaca rispetto ad ambienti standard.

Figura 18. Andamento della frequenza cardiaca (HR) nei tre gruppi nei cinque minuti di esposizione allo scenario sperimentale. Bpm: battiti per minuto.



4.13.2 Variabilità della frequenza cardiaca (HRV)

Per le variabili SDNN e RMSSD sono stati condotti due modelli lineari ad effetti misti (LMM) con il Gruppo e la Sessione (Baseline e Sperimentale) come fattori fissi, e i soggetti sperimentali come fattori *random*. L'analisi sul SDNN ha mostrato un significativo effetto della Sessione [$F_{2,148}=5.768, p=.018$], con un incremento della variabilità della frequenza cardiaca durante la sessione sperimentale. Non si sono osservate differenze né di Gruppo né interazioni significative (Figura 19). L'analisi sul RMSSD ha mostrato un significativo effetto della Sessione [$F_{2,148}=6.277, p=.013$], con un incremento dell'attività parasimpatica durante la sessione sperimentale. Non si sono osservate differenze né di Gruppo né interazioni significative (Figura 20). Questi risultati potrebbero indicare che l'esposizione ad ambienti virtuali con un diverso grado di biofilia non porta ad effetti diversi nella variabilità della frequenza cardiaca e nell'aumento dell'attività parasimpatica.

Figura 19. Andamento della *standard deviation of NN intervals* (SDNN) nei tre gruppi alla baseline e nella sessione sperimentale. Ms: millisecondi.

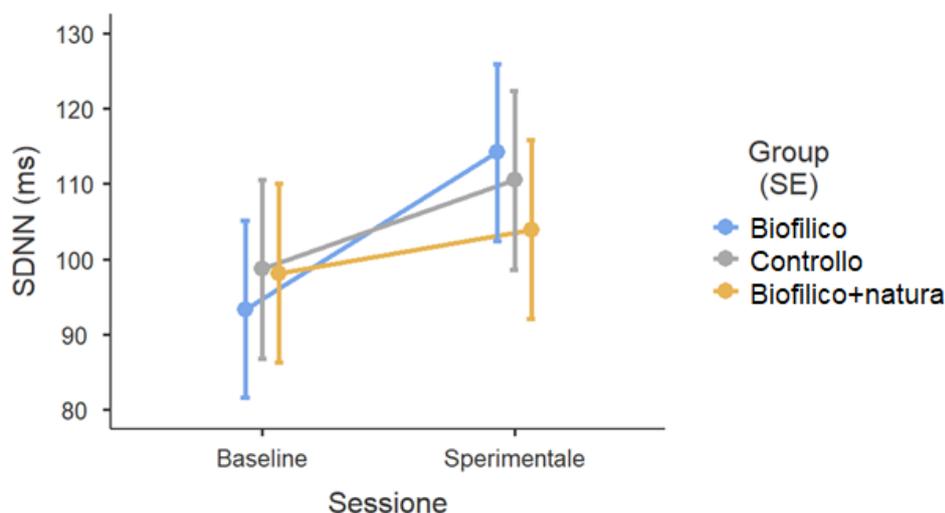
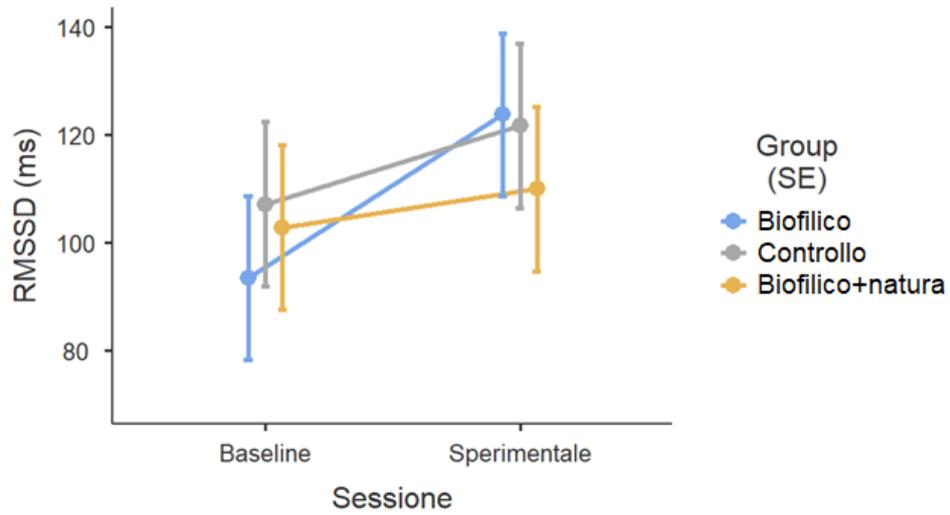


Figura 20. Andamento della *root mean square of standard deviation* (RMSSD) nei tre gruppi alla baseline e nella sessione sperimentale. Ms: millisecondi.



DISCUSSIONE

In accordo con la letteratura scientifica esistente riguardo gli effetti benefici dovuti alle diverse modalità di contatto con la natura, la seguente ricerca è stata condotta per esaminare gli effetti psicologici e psicofisiologici di tre ambienti indoor, presentati attraverso la realtà virtuale, sul benessere psicologico e psicofisiologico. Questi ambienti sono stati realizzati utilizzando differenti gradi di biofilia: nell'ambiente di Controllo è stato introdotto un numero minimo di caratteristiche biofiliche, ed è stato reso simile ad un ambiente che si potrebbe trovare all'interno di un contesto lavorativo; nell'ambiente Biofilico e Biofilico+natura è stato scelto di inserire un alto livello di caratteristiche biofiliche al fine di confrontarne gli effetti. Gli obiettivi specifici sono stati i seguenti: i) esaminare gli effetti dell'esposizione ad un ambiente virtuale indoor sullo stato affettivo, la valenza emotiva e la sensazione sperimentata (arousal); ii) valutare gli effetti dell'esposizione ad uno dei suddetti ambienti virtuali sulla percezione di rigeneratività dell'ambiente e sulla valutazione delle qualità affettive dei luoghi nella fase successiva all'esposizione; iii) esplorare l'effetto dell'esposizione ad uno degli ambienti virtuali indoor su parametri fisiologici, ovvero la conduttanza cutanea, la frequenza cardiaca, e la variabilità della frequenza cardiaca confrontando i valori misurati durante la fase iniziale (pre-esposizione) con quelli rilevati durante l'esposizione all'ambiente virtuale.

Nello specifico, la ricerca è stata condotta utilizzando un disegno sperimentale between-subject in cui un campione composto da 150 partecipanti (91 femmine e 59 maschi), di età compresa tra 19 e 37 anni, è stato suddiviso in 3 diverse condizioni: Controllo, Biofilica e Biofilica+natura. La sperimentazione è stata suddivisa in due fasi: una fase iniziale di screening nella quale ad ogni partecipante è stato chiesto di compilare un questionario online riguardante le caratteristiche individuali, ed una fase sperimentale condotta in laboratorio nella quale ai partecipanti è stato chiesto di compilare alcuni questionari, di utilizzare l'Oculus per l'esposizione agli ambienti virtuali, di indossare il dispositivo Empatica per il monitoraggio

degli indici fisiologici, e di eseguire nuovamente alcuni compiti e compilare altri questionari al fine di valutare gli effetti dell'esposizione agli ambienti virtuali sul livello affettivo, psicologico e fisiologico.

Per quanto riguarda l'analisi ANOVA a misure ripetute condotta al fine di valutare l'influenza dell'esposizione ad un ambiente virtuale sulla valenza emotiva e sull'arousal, emerge un aumento, in tutte e tre le condizioni, della piacevolezza delle emozioni provate rispetto alla fase di pre-esposizione. Allo stesso modo, in fase di post-esposizione emerge una diminuzione dell'arousal rispetto alla fase di pre-esposizione in tutti e tre gli ambienti. Riguardo a questi primi risultati, non sono presenti studi in letteratura che abbiano utilizzato il Self-Assessment Manikin (SAM; Bradley e Lang, 1994) per indagare gli effetti di un ambiente biofilico virtuale sugli aspetti emotivi; quindi, si consigliano maggiori ricerche su questo aspetto.

Per quanto riguarda l'analisi ANOVA a misure ripetute condotta al fine di indagare l'influenza dell'esposizione ad un ambiente virtuale sullo stato affettivo positivo (PANAS; Emozioni Positive) e negativo (PANAS; Emozioni Negative), emerge una riduzione significativa delle emozioni negative in fase di post-esposizione rispetto a quella di pre-esposizione in tutte e tre le condizioni. Questo risultato risulta essere in accordo con lo studio di Jung, Kim e Kim (2023) nel quale il decremento di emozioni negative risulta essere maggiore in ambienti virtuali biofilici rispetto ad ambienti che non possiedono tali caratteristiche. Interessante è, invece, l'analisi del risultato emerso nel presente studio riguardo al decremento di emozioni positive in seguito all'esposizione a tutti e tre gli ambienti virtuali. In primo luogo, risulta essere in disaccordo con la SRT (Ulrich, 1983), la quale sostiene che, all'interno di un ambiente provvisto di elementi naturali, si assiste ad una veloce risposta affettiva positiva la quale dà inizio al processo rigenerativo accompagnato da un aumento della piacevolezza, una riduzione dell'attivazione fisiologica e un decremento di emozioni negative. In secondo luogo,

questo dato risulta essere incoerente con l'aumento della valenza emotiva ottenuto nelle analisi precedenti, il quale, nonostante non mostri differenza tra i tre gruppi, indica comunque un suo aumento in generale. Una spiegazione plausibile potrebbe essere dovuta al fatto che le emozioni positive del PANAS, in particolare quelle scelte nella versione ridotta adottata, sono emozioni attivanti. La loro riduzione, quindi, potrebbe essere dovuta non tanto alla valenza emotiva (che risulta aumentata), ma dalla riduzione dell'attivazione (arousal).

Per quanto riguarda l'effetto dell'esposizione ad un ambiente virtuale sulla valutazione di rigeneratività (PRS-11), i risultati dell'analisi ANOVA mostrano un punteggio totale maggiore per quanto riguarda gli ambienti progettati con un grado maggiore di biofilia (le due versioni del Bio.Pod) rispetto all'ambiente standard, in accordo con la letteratura (Mahrous et al., 2023; Mollazadeh e Zhu, 2021). Anche le sottoscale "Being Away" e "Fascination" risultano essere valutate in misura maggiore dopo l'esposizione ad ambienti virtuali maggiormente biofilici rispetto all'ambiente di controllo. Nonostante esista poca letteratura in merito allo studio della rigeneratività percepita in ambienti virtuali interni realizzati con caratteristiche biofiliche, i risultati significativi ottenuti nel presente studio sono in accordo con quelli ottenuti da Lei, Yuan e Siu Yu Lau (2021) nel quale è stato confermato che ambienti virtuali interni con caratteristiche biofiliche risultano essere percepiti come più rigenerativi rispetto ad ambienti non biofilici.

L'analisi ANOVA condotta al fine di indagare la valutazione delle qualità affettive dei luoghi mostra che gli ambienti virtuali con il numero maggiore di caratteristiche biofiliche vengono giudicati come più rilassanti, piacevoli e meno stressanti, spiacevoli e deprimenti rispetto all'ambiente virtuale standard. Inoltre, sebbene non significativamente, tali ambienti vengono giudicati come più entusiasmanti rispetto all'ambiente di controllo. Non emergono invece differenze significative tra i tre ambienti per quanto riguarda gli aggettivi "Stimolante" e "Soporifero/noioso". Non esistono, in letteratura, studi che indagano la valutazione delle

qualità affettive dei luoghi in ambienti interni biofilici virtuali; quindi, si suggeriscono maggiori ricerche su questo aspetto.

Dalle analisi dei due modelli lineari misti (LMM) utilizzati per valutare l'effetto dell'esposizione ad un ambiente virtuale sui livelli di conduttanza cutanea (EDA) emerge un effetto simile per le due variabili utilizzate: media dei valori di conduttanza misurati in 60s (GM) e il numero di risposte di conduttanza (nSCR). Nello specifico, vi è una diminuzione dell'attività elettrodermica con il passare del tempo durante la fase di esposizione a tutti e tre gli ambienti virtuali. Anche per quanto riguarda l'andamento della variabile nSCR, vi è una diminuzione nel numero di risposte di conduttanza con il passare dei minuti durante la fase di esposizione indipendentemente dall'ambiente. Da questi risultati emerge che, contrariamente alle nostre aspettative, il maggior grado di biofilia degli ambienti virtuali non ha contribuito ad una maggiore diminuzione nei livelli di conduttanza cutanea rispetto all'ambiente di controllo. Nonostante ci sia un numero limitato di studi in merito, i nostri risultati sembrano essere coerenti con gli studi di Yin et al. (2019) e di Yin et al. (2018) nei quali sono stati trovati, rispettivamente, leggeri decrementi e decrementi maggiori dei valori EDA negli ambienti virtuali biofilici rispetto a quelli non biofilici.

L'analisi della frequenza cardiaca (HR) ha indicato un effetto positivo dell'esposizione ai due ambienti virtuali con un maggior grado di biofilia rispetto a quello di controllo: nonostante in tutti e tre i gruppi, inizialmente, la frequenza tenda ad aumentare, nel gruppo biofilico+natura essa va incontro ad una riduzione e stabilizzazione con il trascorrere dei minuti, mentre tende a stabilizzarsi, similmente, nel gruppo biofilico. Questi risultati sono da ritenere positivi in termini di rilassamento, e mostrano un effetto che non è stato trovato invece in altri studi (Yin et al., 2018; Yin et al., 2019; Yin et al., 2020).

Le analisi condotte su due indici di variabilità della frequenza cardiaca (HRV), ovvero l'indice di variabilità totale (SDNN) e di influenza del sistema parasimpatico sul cuore

(RMSSD), indicano un incremento uguale in tutti e tre i gruppi durante la fase di esposizione rispetto alla baseline, confermando un effetto di rilassamento. Un risultato simile, pur non significativo, è stato trovato nello studio di Yin et al. (2018).

Confrontando quindi i risultati ottenuti, emerge come i due ambienti provvisti di un maggior grado di biofila vengano percepiti come più rigenerativi rispetto all'ambiente standard e vengano giudicati con un numero maggiore di caratteristiche affettive positive. Tale differenza nella percezione soggettiva non trova riscontro negli indici relativi alle emozioni (valenza emotiva e arousal, emozioni positive e negative) e negli indici fisiologici (conduttanza cutanea e variabilità della frequenza cardiaca) ad eccezione della frequenza cardiaca (HR), che viene regolarizzata più velocemente nella condizione Biofilica+natura rispetto alle altre due. In conclusione, quindi, in tutti gli ambienti vi è un miglioramento nel tono dell'umore e nel rilassamento (percepito, attraverso la PRS-11, e misurato, attraverso gli indici fisiologici), a conferma della SRT (Ulrich, 1983). Inoltre, nei due ambienti sperimentali (ovvero le versioni virtuali del Bio.Pod) vi è una percezione maggiore del senso di fuga e di distacco (*being-away*) e di fascino (*fascination*), con il riconoscimento, in aggiunta, che si tratta di luoghi con caratteristiche affettive particolari e migliori.

CONCLUSIONE

A causa della recente urbanizzazione, l'uomo trascorre la maggior parte del suo tempo in luoghi chiusi e costruiti. In aggiunta, esistono particolari condizioni fisiche, di salute o legate al contesto abitativo che impediscono alle persone di poter avere un contatto diretto con la natura, il quale risulta benefico sia dal punto di vista psicologico che psicofisiologico. Per trovare una soluzione a questi problemi, è nato un nuovo stile di design chiamato "Biophilic Design", il quale inserisce, all'interno di ambienti costruiti e in maniera sostenibile, elementi, materiali, colori, luci, suoni e forme ispirate alla natura. L'obiettivo principale è quello di garantire a chiunque gli effetti benefici della natura attraverso un contatto più o meno diretto con essa, ad esempio all'interno delle proprie abitazioni, del proprio ambiente lavorativo, scolastico, ospedaliero e di ogni altro tipo. Al fine di comprendere al meglio quali siano le caratteristiche che contribuiscono maggiormente al miglioramento del benessere delle persone, la ricerca scientifica ha bisogno di poter analizzare contesti differenti, ricreati in base alle caratteristiche indagate. Per ridurre le tempistiche di progettazione e i suoi costi, la realtà virtuale può essere utilizzata per questi scopi. La possibilità di creare virtualmente ambientazioni e di modificarle quando necessario, rende più facile non solo la ricerca stessa, ma anche il lavoro di architetti, ingegneri e designer che possono collaborare con l'utente durante ogni fase di progettazione. L'utilizzo della realtà virtuale può essere efficace anche nei contesti in cui risulta impossibile realizzare fisicamente l'ambiente biofilico. Questo può essere il caso di pazienti impossibilitati al movimento o che per motivi sanitari non possono avere particolari elementi biofilici all'interno della propria stanza. In letteratura ci sono revisioni che dimostrano effetti paragonabili tra l'esposizione reale ad ambienti naturali e l'esposizione virtuale a tali ambienti (Browning et. al, 2020; Chirico e Gaggioli, 2019; Palanica et al., 2019). Essendo il biophilic design una modalità progettuale abbastanza recente, e la realtà virtuale una tecnologia in

continua evoluzione, esistono ancora pochi studi in letteratura che dimostrano gli effetti dovuti ad esposizioni ad ambienti virtuali progettati secondo le caratteristiche biofiliche. La presente ricerca, quindi, ha avuto lo scopo di ampliare la letteratura in merito. Oltre ad aver confermato gli assunti della Stress recovery theory (SRT, Ulrich, 1983) con i risultati ottenuti dall'esposizione a tutti e tre gli ambienti virtuali indoor, gli ambienti biofilici da noi progettati con un grado maggiore di biofilia (Bio.Pod) sono stati giudicati come più rigenerativi rispetto all'ambiente di controllo, e dotati di un numero maggiore di caratteristiche affettive positive.

Nonostante ciò, è necessario evidenziare alcuni limiti del presente studio: il campione, seppur abbastanza numeroso, risulta essere limitato ad una certa fascia di età, compresa tra i 18 e i 37 anni. Al fine di applicare i principi del biophilic design a contesti differenti e di comprendere l'effetto dell'età e dell'invecchiamento sulla percezione della rigeneratività ambientale, sarebbe necessario condurre ricerche variando l'età del campione. Inoltre, al fine di indagare l'effetto rigenerativo degli ambienti biofilici virtuali, sarebbe stato opportuno avere un gruppo di controllo che eseguisse la sessione sperimentale in un ambiente virtuale progettato con totale assenza di caratteristiche biofiliche, in modo da verificare che sia effettivamente l'utilizzo del design biofilico ad indurre effetti benefici ed escludere ulteriori possibili spiegazioni.

Come indicazioni per ricerche future, potrebbero essere aggiunti scenari differenti con ulteriori combinazioni di caratteristiche biofiliche al fine di valutare il diverso grado di rigeneratività di ognuna e realizzare versioni più interattive, le quali risultano migliori nell'induzione di rilassamento fisiologico. Il Bio.Pod in realtà virtuale può essere uno strumento utile in contesti lavorativi in cui viene data la possibilità di usufruirne, per pochi minuti, durante le pause, al fine di aumentare il benessere dei lavoratori. Inoltre, può essere utilizzato in contesti ospedalieri in cui i pazienti non possono avere un contatto con la natura di tipo differente oppure nel contesto clinico, nel quale può risultare efficace come supporto ai

trattamenti che prevedono tecniche di rilassamento. Nel contesto scolastico può essere un ottimo strumento per ridurre i livelli di stress negli studenti e aumentarne la performance, così come in abitazioni private in cui non vi è la disponibilità di un giardino o di una vista sulla natura. A tal fine, dato lo scarso numero di studi condotti sull'effetto di ambienti biofilici interni in realtà virtuale sullo stato affettivo, sarebbe opportuno condurre ulteriori studi utilizzando differenti questionari per ampliare la letteratura sul tema. Infine, sempre a causa di un minor numero di studi condotti sulle differenze di genere in termini di effetto di rigeneratività di ambienti biofilici virtuali, sarebbe opportuno valutare questo aspetto al fine di poter personalizzare gli ambienti e massimizzarne l'effetto rigenerativo.

RINGRAZIAMENTI

Ritengo innanzitutto doveroso ringraziare la Prof.ssa Francesca Pazzaglia per avermi dato la possibilità di partecipare a questa ricerca, di avvicinarmi concretamente al mondo della Psicologia ambientale, e di avermi trasmesso la sua passione per la materia durante il corso universitario. Un ulteriore doveroso ringraziamento va al Dott. Enrico Sella, il quale mi ha guidato pazientemente lungo tutto questo percorso che mi ha sempre spaventata, facendomi sentire all'altezza di ogni situazione. Ringrazio i tecnici dipartimentali che hanno permesso la realizzazione degli ambienti virtuali e la gestione degli strumenti informatici, e il Dott. Nicola Cellini, che ha analizzato i dati fisiologici e mi ha pazientemente spiegato tutto ciò che per me era nuovo e, a volte, incomprensibile.

Un enorme ringraziamento va all'architetta Giuliana Salmaso, che con la sua energia, solarità e determinazione mi ha permesso di vivere esperienze uniche a Milano e a Perugia attraverso la presentazione del Bio.Pod. Ringrazio il Dott. Leonardo Nunzi, collega tesista e ormai amico, con cui ho condiviso mesi di fatica, impegno e disperazione.

Un immenso grazie ai miei genitori, ai miei nonni e a tutti i miei parenti, che nonostante la distanza mi hanno sempre sostenuto e sono sempre stati orgogliosi di me. Un grazie speciale a Emanuele, che mi ha supportato e, soprattutto supportato fin dall'inizio, prendendosi cura di me. Un enorme grazie a Letizia, Sofia, Samuele, Nicolò e Gennaro, miei punti di riferimento. Mille grazie a tutti i miei coinquilini di Rovereto, di Padova e ai ragazzi dei Navigli, che hanno reso senza dubbio migliori i miei anni universitari e mi hanno aiutato a diventare la persona che sono ora, di cui vado fiera.

Un grazie a chi mi ha accompagnato durante il mio percorso di crescita, a chi mi ha ispirato, a chi mi ha spronato, a chi è rimasto, a chi mi ha ostacolato e a chi se n'è andato. Non ho modo di elencare e ringraziare ogni singola persona, ma sono sicura che chiunque abbia incrociato la mia strada, possa ritrovarsi tra queste righe. Il mio percorso non è giunto al termine, ma ringrazio anche me stessa per essere arrivata fin qui.

Ancora infinitamente grazie.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Adan, A., & Almirall, H. (1991). Horne & Östberg morningness-eveningness questionnaire: A reduced scale. *Personality and Individual differences*, 12(3), 241-253.*
- Alkahtani, S., Eisa, A., Kannas, J., & Shamlan, G. (2019). Effect of acute high-intensity interval cycling while viewing a virtual natural scene on mood and eating behavior in men: A randomized pilot trial. *Clinical Nutrition Experimental*, 28, 92-101.*
- Amicone, G., Petruccelli, I., De Dominicis, S., Gherardini, A., Costantino, V., Perucchini, P., & Bonaiuto, M. (2018). Green breaks: The restorative effect of the school environment's green areas on children's cognitive performance. *Frontiers in psychology*, 9, 1579.
- Appleyard, D. and Craik, K.H. (1974). The Berkeley environmental simulation project: its use in environmental impact assessment. In: *Environmental Impact Assessment: Guidelines and Commentary* (ed. T.G. Dickert and K.R. Downey), 121–125. Berkeley, CA: University of California Extension.*
- Barbiero, G., & Berto, R. (2016). *INTRODUZIONE ALLA BIOFILIA. La relazione con la Natura tra genetica e psicologia* (pp. 1-212). Carocci Editore.*
- Baroni, M. R., & Berto, R. (2013). *Stress ambientale: cause e strategie di intervento*. Carocci Ed..*
- Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). Decomposition of skin conductance data by means of nonnegative deconvolution. *psychophysiology*, 47(4), 647-658.*
- Berlyne, D. E., & Lazzeroni, V. (1971). *Conflitto attivazione e creatività: psicofisiologia del comportamento esplorativo*. Angeli.*

- Berto, R. (2014). The role of nature in coping with psycho-physiological stress: A literature review on restorativeness. *Behavioral sciences*, 4(4), 394-409.
- Berto, R., Massaccesi, S., & Pasini, M. (2008). Do eye movements measured across high and low fascination photographs differ? Addressing Kaplan's fascination hypothesis. *Journal of environmental psychology*, 28(2), 185-191.*
- Beute, F., & De Kort, Y. A. W. (2014). Natural resistance: Exposure to nature and self-regulation, mood, and physiology after ego-depletion. *Journal of Environmental Psychology*, 40, 167-178.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Briki, W., & Majed, L. (2019). Adaptive effects of seeing green environment on psychophysiological parameters when walking or running. *Frontiers in psychology*, 10, 252.*
- Browning, M. H., Mimnaugh, K. J., Van Riper, C. J., Laurent, H. K., & LaValle, S. M. (2020). Can simulated nature support mental health? Comparing short, single-doses of 360-degree nature videos in virtual reality with the outdoors. *Frontiers in psychology*, 10, 2667.
- Burdette, H. L., & Whitaker, R. C. (2005). A national study of neighborhood safety, outdoor play, television viewing, and obesity in preschool children. *Pediatrics*, 116(3), 657-662.*
- Calogiuri, G., Litleskare, S., Fagerheim, K. A., Rydgren, T. L., Brambilla, E., & Thurston, M. (2018). Experiencing nature through immersive virtual environments: Environmental perceptions, physical engagement, and affective responses during a simulated nature walk. *Frontiers in psychology*, 8, 2321.*

- Canter, D. (ed.) (1970). *Architectural Psychology*. London: Royal Institute of British Architects.*
- Carlson, N. R., & Carlson, N. R. (2007). *Physiology of behavior*.*
- Cf, O. D. D. S. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. *United Nations: New York, NY, USA*.
- Charles, C., Louv, R., Bodner, L., & Guns, B. (2008). *Children and nature 2008. A Report on the Movement to Reconnect Children to the Natural World*. Santa Fe: *Children and Nature Network*, 9(11).
- Chirico, A., & Gaggioli, A. (2019). When virtual feels real: Comparing emotional responses and presence in virtual and natural environments. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(3), 220-226.*
- Coley, R. L., Leventhal, T., Lynch, A. D., & Kull, M. (2013). Relations between housing characteristics and the well-being of low-income children and adolescents. *Developmental psychology*, 49(9), 1775.*
- Costa, M. (2009). *Psicologia ambientale e architettonica. Come l'ambiente e l'architettura influenzano la mente e il comportamento: Come l'ambiente e l'architettura influenzano la mente e il comportamento*. FrancoAngeli.
- Darcy, P. M., Taylor, J., Mackay, L., Ellis, N. J., & Gidlow, C. J. (2022). Understanding the role of nature engagement in supporting health and wellbeing during COVID-19. *International journal of environmental research and public health*, 19(7), 3908.
- De Groot, I. (1967). Trends in public attitudes toward air pollution. *Journal of the Air Pollution Control Association* 17: 679–681.*
- De Kluizenaar, Y., Gansevoort, R. T., Miedema, H. M., & de Jong, P. E. (2007). Hypertension and road traffic noise exposure. *Journal of occupational and environmental medicine*, 484-492.*

- Diette, G. B., Lechtzin, N., Haponik, E., Devrotes, A., & Rubin, H. R. (2003). Distraction therapy with nature sights and sounds reduces pain during flexible bronchoscopy: A complementary approach to routine analgesia. *Chest*, *123*(3), 941-948.*
- Driessnack, M. (2009). Children and nature-deficit disorder. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*, *14*(1), 73.
- Driessnack, M. (2009). Children and nature-deficit disorder. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*, *14*(1), 73.
- Emamjomeh, A., Zhu, Y., & Beck, M. (2020). The potential of applying immersive virtual environment to biophilic building design: A pilot study. *Journal of Building Engineering*, *32*, 101481.
- Evans, G.W. and Cohen, S. (1987). Environmental stress. In: Handbook of Environmental Psychology, vol. 1 (ed. D. Stokols and I. Altman), 571–610. New York, NY: Wiley.*
- Evans, G. W., & Cohen, S. (2004). Environmental stress. In C. Spielberger (Ed.), *Encyclopedia of applied psychology*.*
- Evans, G. W., & Marcynyszyn, L. A. (2004). Environmental justice, cumulative environmental risk, and health among low-and middle-income children in upstate New York. *American journal of public health*, *94*(11), 1942-1944.*
- Evans, G. W., Bullinger, M., & Hygge, S. (1998). Chronic noise exposure and physiological response: A prospective study of children living under environmental stress. *Psychological science*, *9*(1), 75-77.*
- Evans, G., & Hygge, S. (2007). Noise and cognitive performance in children and adults.*

- Gawande, S., Tiwari, R. R., Narayanan, P., & Bhadri, A. (2020). Indoor air quality and sick building syndrome: Are green buildings better than conventional buildings?. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 24(1), 30.
- Gifford, R. (2007). *Environmental Psychology: Principles and Practice*, 4e. Colville WA: Optimal Books.
- Gifford, R. (2014). Environmental psychology matters. *Annual review of psychology*, 65, 541-579.*
- Gilavand, A., & Jamshidnezhad, A. (2016). The effect of noise in educational institutions on learning and academic achievement of elementary students in Ahvaz, South-West of Iran.*
- Griffit, W., & Veitch, R. (1971). Hot and crowded: Influence of population density and temperature on interpersonal affective behavior. *Journal of personality and social psychology*, 17(1), 92.*
- Griffiths, I.D. and Langdon, F.J. (1968). Subjective response to road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration* 8: 16–32.*
- Gronwall, D. M. A. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and motor skills*, 44(2), 367-373.
- Gulwadi, G. B. (2006). Seeking restorative experiences: Elementary school teachers' choices for places that enable coping with stress. *Environment and Behavior*, 38(4), 503-520. *
- Hägerhäll, C. M., Laike, T., Küller, M., Marcheschi, E., Boydston, C., & Taylor, R. P. (2015). Human physiological benefits of viewing nature: EEG responses to exact and statistical fractal patterns. *Nonlinear Dynamics, Psychology & Life Sciences*, 19(1).
- Hartig, T. (2007). Three steps to understanding restorative environments as health resources. *Open space: People space*, 2.*

- Hartig, T., Kaiser, F. G., & Bowler, P. A. (1997). *Further development of a measure of perceived environmental restorativeness*. Institutet för bostads-och urbanforskning.*
- Heerwagen, J. H. (1990). Affective functioning, "light hunger," and room brightness preferences. *Environment and Behavior*, 22(5), 608-635.*
- Ikei, H., Song, C., Lee, J., & Miyazaki, Y. (2015). Comparison of the effects of olfactory stimulation by air-dried and high-temperature-dried wood chips of hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) on prefrontal cortex activity. *Journal of Wood Science*, 61, 537-540.*
- Jo, H., Song, C., & Miyazaki, Y. (2019). Physiological benefits of viewing nature: A systematic review of indoor experiments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4739.
- Joye, Y., & De Block, A. (2011). 'Nature and i are two': A critical examination of the biophilia hypothesis. *Environmental Values*, 20(2), 189-215.
- Joye, Y., & Van den Berg, A. (2011). Is love for green in our genes? A critical analysis of evolutionary assumptions in restorative environments research. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10(4), 261-268.
- Joye, Y., Steg, L., Ünal, A. B., & Pals, R. (2016). When complex is easy on the mind: Internal repetition of visual information in complex objects is a source of perceptual fluency. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 42(1), 103.
- Jung, D., Kim, D. I., & Kim, N. (2023). Bringing nature into hospital architecture: Machine learning-based EEG analysis of the biophilia effect in virtual reality. *Journal of Environmental Psychology*, 89, 102033.
- Kaplan, R. (2001). The nature of the view from home: Psychological benefits. *Environment and behavior*, 33(4), 507-542.*

- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge university press.*
- Kaplan, S., & Berman, M. G. (2010). Directed attention as a common resource for executive functioning and self-regulation. *Perspectives on psychological science*, 5(1), 43-57.
- Keis, O., Helbig, H., Streb, J., & Hille, K. (2014). Influence of blue-enriched classroom lighting on students' cognitive performance. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(3-4), 86-92.*
- Kellert, S. R. (2008). Dimensions, elements, and attributes of biophilic design. *Biophilic design: the theory, science, and practice of bringing buildings to life*, 3-19.
- Kellert, S. R. (2012). *Building for life: Designing and understanding the human-nature connection*. Island press.
- Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (Eds.). (1993). *The biophilia hypothesis*. Island press.*
- Kellert, S., & Calabrese, E. (2015). The practice of biophilic design. *London: Terrapin Bright LLC*, 3, 21-46.
- Kelz, C., Grote, V., & Moser, M. (2011, September). Interior wood use in classrooms reduces pupils' stress levels. In *Proceedings of the 9th Biennial Conference on Environmental Psychology*.*
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220.
- Kuo, F. E., & Faber Taylor, A. (2004). A potential natural treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: evidence from a national study. *American journal of public health*, 94(9), 1580-1586.*

- Lakhani, A., Martin, K., Gray, L., Mallison, J., Grimbeek, P., Hollins, I., & Mackareth, C. (2020). What is the impact of engaging with natural environments delivered via virtual reality on the psycho-emotional health of people with spinal cord injury receiving rehabilitation in hospital? Findings from a pilot randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(9), 1532-1540.*
- Lazarus, R. S. (1966). Psychological stress and the coping process.*
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1987). Transactional theory and research on emotions and coping. *European Journal of personality*, 1(3), 141-169.*
- Leather, P., Pyrgas, M., Beale, D., & Lawrence, C. (1998). Windows in the workplace: Sunlight, view, and occupational stress. *Environment and behavior*, 30(6), 739-762.*
- Lei, Q., Yuan, C., & Lau, S. S. Y. (2021). A quantitative study for indoor workplace biophilic design to improve health and productivity performance. *Journal of Cleaner Production*, 324, 129168.
- Li, H., Zhang, X., Wang, H., Yang, Z., Liu, H., Cao, Y., & Zhang, G. (2021). Access to nature via virtual reality: A mini-review. *Frontiers in psychology*, 12, 725288.
- Lindvall, T. (1970). On sensory evaluation of odorous air pollutant intensities. *Nordisk. Hygienisk Tidskrift (Suppl. 2)*: 1–181.*
- Liszio, S., Graf, L., & Masuch, M. (2018). The relaxing effect of virtual nature: immersive technology provides relief in acute stress situations. *Annu. Rev. Cyberther. Telemed*, 16, 87-93.*
- Louv, R. (2005), *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*, Algonquin Books, Chapel Hill (NC) (trad. it. *L'ultimo bambino nei boschi. Come riavvicinare i nostri figli alla natura*, Rizzoli, Milano 2006).
- Maggio, M. G., De Cola, M. C., Latella, D., Maresca, G., Finocchiaro, C., La Rosa, G., ... & Calabrò, R. S. (2018). What about the role of virtual reality in Parkinson disease's

cognitive rehabilitation? Preliminary findings from a randomized clinical trial. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 31(6), 312-318.*

- Mahrous, A., Dewidar, K., Refaat, M., & Nessim, A. (2023). The impact of biophilic attributes on university students level of Satisfaction: Using virtual reality simulation. *Ain Shams Engineering Journal*, 102304.
- Martirosov, S., Bureš, M., & Zítka, T. (2022). Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. *Virtual Reality*, 26(1), 15-32.
- Masuch, K., Einkenkel, K. E., Weninger, M. J., Schwarzl, C., Girsovics, V., & Oberzaucher, E. (2018). Nature Catches the Eye—Human Gaze Behaviour as a Detector of Spontaneous Visual Attention. *Human Ethology Bulletin*, 33(2), 13-21.
- Mattila, O., Korhonen, A., Pöyry, E., Hauru, K., Holopainen, J., & Parvinen, P. (2020). Restoration in a virtual reality forest environment. *Computers in Human Behavior*, 107, 106295.
- Mayer, F. S., & Frantz, C. M. (2004). The connectedness to nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of environmental psychology*, 24(4), 503-515.*
- McEwen, B. S. (1998). Stress, adaptation, and disease: Allostasis and allostatic load. *Annals of the New York academy of sciences*, 840(1), 33-44.*
- Melo, M., Gonçalves, G., Monteiro, P., Coelho, H., Vasconcelos-Raposo, J., & Bessa, M. (2020). Do multisensory stimuli benefit the virtual reality experience? A systematic review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(2), 1428-1442.*
- Menardo, E., Brondino, M., Hall, R., & Pasini, M. (2021). Restorativeness in natural and urban environments: A meta-analysis. *Psychological Reports*, 124(2), 417-437.

- Menghini, L., Gianfranchi, E., Cellini, N., Patron, E., Tagliabue, M., & Sarlo, M. (2019). Stressing the accuracy: Wrist-worn wearable sensor validation over different conditions. *Psychophysiology*, 56(11), e13441.*
- Mollazadeh, M., & Zhu, Y. (2021). Application of virtual environments for biophilic design: a critical review. *Buildings*, 11(4), 148.
- Moore, E. O. (1981). A prison environment's effect on health care service demands. *Journal of environmental systems*, 11(1), 17-34.*
- Mostajeran, F., Krzikawski, J., Steinicke, F., & Kühn, S. (2021). Effects of exposure to immersive videos and photo slideshows of forest and urban environments. *Scientific Reports*, 11(1), 3994.
- Münzel, T., & Daiber, A. (2018). Environmental stressors and their impact on health and disease with focus on oxidative stress. *Antioxidants & redox signaling*, 28(9), 735-740.
- Neilson, B. N., Craig, C. M., Travis, A. T., & Klein, M. I. (2019). A review of the limitations of Attention Restoration Theory and the importance of its future research for the improvement of well-being in urban living.
- Nukarinen, T., Istance, H. O., Rantala, J., Mäkelä, J., Korpela, K., Ronkainen, K., ... & Raisamo, R. (2020, April). Physiological and psychological restoration in matched real and virtual natural environments. In *Extended abstracts of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-8).*
- Ohly, H., White, M. P., Wheeler, B. W., Bethel, A., Ukoumunne, O. C., Nikolaou, V., & Garside, R. (2016). Attention Restoration Theory: A systematic review of the attention restoration potential of exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 19(7), 305-343.

- Olivos, P., & Clayton, S. (2017). Self, nature and well-being: Sense of connectedness and environmental identity for quality of life. *Handbook of environmental psychology and quality of life research*, 107-126.*
- Palanica, A., Lyons, A., Cooper, M., Lee, A., & Fossat, Y. (2019). A comparison of nature and urban environments on creative thinking across different levels of reality. *Journal of Environmental Psychology*, 63, 44-51.*
- Palinkas, L. A., Mäkinen, T. M., Pääkkönen, T., Rintamäki, H., Leppäluoto, J., & Hassi, J. (2005). Influence of seasonally adjusted exposure to cold and darkness on cognitive performance in circumpolar residents. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46(3), 239-246.*
- Pasini, M., Berto, R., Brondino, M., Hall, R., & Ortner, C. (2014). How to measure the restorative quality of environments: The PRS-11. *Procedia-Social and behavioral sciences*, 159, 293-297.
- Pasini, M., Berto, R., Scopelliti, M., & Carrus, G. (2009). Measuring the restorative value of the environment: Contribution to the validation of the Italian version of the Perceived Restorativeness Scale. *Giunti Organizzazioni Speciali*.
- Pazzaglia, F., e Tizi, L. (2022). Che cos'è il restorative design. Roma: Carocci editore
- Perugini, M., Bonnes, M., Aiello, A., & Ercolani, A. P. (2002). Il modello circonflesso delle qualità affettive dei luoghi: Sviluppo di uno strumento valutativo Italiano. *Testing Psicometria Metodologia*.
- Pol, E. (2006). Blueprints for a history of environmental psychology (I): From first birth to American transition. *Medio ambiente y comportamiento humano*, 7(2), 95-113.*
- Pol, E. (2007). Blueprints for a history of environmental psychology (II): from architectural psychology to the challenge of sustainability. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano* 8 (1/2): 1–28.*

- Reber, R., Wurtz, P., & Zimmermann, T. D. (2004). Exploring “fringe” consciousness: The subjective experience of perceptual fluency and its objective bases. *Consciousness and cognition*, 13(1), 47-60.*
- Riches, S., Azevedo, L., Bird, L., Pisani, S., & Valmaggia, L. (2021). Virtual reality relaxation for the general population: a systematic review. *Social psychiatry and psychiatric epidemiology*, 56, 1707-1727.*
- Ryan, C. O., & Browning, W. D. (2020). Biophilic design. *Sustainable built environments*, 43-85.
- Ryan, C. O., Browning, W. D., Clancy, J. O., Andrews, S. L., & Kallianpurkar, N. B. (2014). Biophilic design patterns: emerging nature-based parameters for health and well-being in the built environment. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 8(2), 62.
- Ryan, R. M., Weinstein, N., Bernstein, J., Brown, K. W., Mistretta, L., & Gagné, M. (2010). Vitalizing effects of being outdoors and in nature. *Journal of environmental psychology*, 30(2), 159-168.*
- Scopelliti, M., Carrus, G., & Bonaiuto, M. (2019). Is it really nature that restores people? A comparison with historical sites with high restorative potential. *Frontiers in psychology*, 9, 2742.
- Seppänen, O. A., Fisk, W. J., & Mendell, M. J. (1999). Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor air*, 9(4), 226-252.*
- Smyth, M., Benyon, D., McCall, R., O’Neill, S., & Carroll, F. (2015). Patterns of place: an integrated approach for the design and evaluation of real and virtual environments. *Immersed in Media: Telepresence Theory, Measurement & Technology*, 237-260.*
- Spielberger, C. D. (1983). State-trait anxiety inventory for adults.*

- Stanhope, J., Breed, M. F., & Weinstein, P. (2020). Exposure to greenspaces could reduce the high global burden of pain. *Environmental Research*, 187, 109641.
- Starri M. (2021), *Digital 2021. I dati di luglio*, in “We Are Social”, 23 luglio, <https://wearesocial.com/digital-2021>.*
- Steg, L., Van del Berg, A., & De Groot, J. (2013). *Manuale di psicologia ambientale e dei comportamenti ecologici*. Edizioni FerrariSinibaldi.
- Szczepańska-Gieracha, J., Cieślik, B., Serweta, A., & Klajs, K. (2021). Virtual therapeutic garden: a promising method supporting the treatment of depressive symptoms in late-life: a randomized pilot study. *Journal of Clinical Medicine*, 10(9), 1942.*
- Tarvainen, M. P., Lipponen, J., Niskanen, J. P., & Ranta-aho, P. O. (2020). Kubios HRV User Guide, Kubios Oy.*
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV—heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(1), 210-220.*
- Taylor, R. P., & Spehar, B. (2016). Fractal fluency: an intimate relationship between the brain and processing of fractal stimuli. *The fractal geometry of the brain*, 485-496.
- Thomson, H., Thomas, S., Sellstrom, E., & Petticrew, M. (2013). Housing improvements for health and associated socio-economic outcomes. *Cochrane database of systematic reviews*, (2).
- Tomei, G., Fioravanti, M., Cerratti, D., Sancini, A., Tomao, E., Rosati, M. V., ... & Tomei, F. (2010). Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: a meta-analysis. *Science of the total environment*, 408(4), 681-689.
- Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. In *Behavior and the natural environment* (pp. 85-125). Boston, MA: Springer US.*

- Ulrich, R. S. (1999). Effects of gardens on health outcomes: Theory and research. *Healing gardens: therapeutic benefits and design recommendation*.*
- Van den Berg, A. E., van Winsum-Westra, M., De Vries, S., & Van Dillen, S. M. (2010). Allotment gardening and health: a comparative survey among allotment gardeners and their neighbors without an allotment. *Environmental Health, 9*, 1-12.*
- Van Kempen, E., Van Kamp, I., Fischer, P., Davies, H., Houthuijs, D., Stellato, R., ... & Stansfeld, S. (2006). Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project. *Occupational and environmental medicine, 63*(9), 632-639.*
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Gonzalez-Mora, J. L., Leder, H., ... & Skov, M. (2015). Architectural design and the brain: Effects of ceiling height and perceived enclosure on beauty judgments and approach-avoidance decisions. *Journal of environmental psychology, 41*, 10-18.*
- Velarde, M. D., Fry, G., & Tveit, M. (2007). Health effects of viewing landscapes—Landscape types in environmental psychology. *Urban forestry & urban greening, 6*(4), 199-212.*
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology, 54*(6), 1063.
- Weber, A. M., & Trojan, J. (2018). The restorative value of the urban environment: A systematic review of the existing literature. *Environmental Health Insights, 12*, 1178630218812805.
- Weech, S., Kenny, S., & Barnett-Cowan, M. (2019). Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: a review. *Frontiers in psychology, 10*, 158.*
- Wells, N.M. (2000). At home with nature: effects of 'greenness' on children's cognitive functioning. *Environment and Behavior 32* (6): 775–795.*

- Wilson E. O. (1984), *Biophilia*, Harvard University Press, Cambridge (MA)*
- Winkel, G., Saegert, S., and Evans, G.W. (2009). An ecological perspective on theory, methods, and analysis in environmental psychology: advances and challenges. *Journal of Environmental Psychology* 29 (3): 318–328.*
- World Health Organization. (2014). *WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion*. World Health Organization.
- Wren, A. A., Neiman, N., Caruso, T. J., Rodriguez, S., Taylor, K., Madill, M., ... & Nguyen, L. (2021). Mindfulness-based virtual reality intervention for children and young adults with inflammatory bowel disease: A pilot feasibility and acceptability study. *Children*, 8(5), 368.*
- Yeo, N. L., White, M. P., Alcock, I., Garside, R., Dean, S. G., Smalley, A. J., & Gatersleben, B. (2020). What is the best way of delivering virtual nature for improving mood? An experimental comparison of high definition TV, 360 video, and computer generated virtual reality. *Journal of environmental psychology*, 72, 101500.*
- Yin, J., Arfaei, N., MacNaughton, P., Catalano, P. J., Allen, J. G., & Spengler, J. D. (2019). Effects of biophilic interventions in office on stress reaction and cognitive function: A randomized crossover study in virtual reality. *Indoor air*, 29(6), 1028-1039.
- Yin, J., Yuan, J., Arfaei, N., Catalano, P. J., Allen, J. G., & Spengler, J. D. (2020). Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality. *Environment International*, 136, 105427.
- Yin, J., Zhu, S., MacNaughton, P., Allen, J. G., & Spengler, J. D. (2018). Physiological and cognitive performance of exposure to biophilic indoor environment. *Building and Environment*, 132, 255-262.

- Zhong, W., Schröder, T., & Bekkering, J. (2022). Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review. *Frontiers of Architectural Research*, 11(1), 114-141.
- Zou, Z., & Ergan, S. (2019). A framework towards quantifying human restorativeness in virtual built environments. *arXiv preprint arXiv:1902.05208*.
- <http://www.ledalab.de>

*= Opere non direttamente consultate