

## ARTICLE INFO

Received	18 March 2024
Revised	19 April 2024
Accepted	25 April 2024
Published	30 June 2024

**TECNOLOGIA, ENERGIA E TEMPO**

Percorsi sperimentali  
per il design di tecnologie appropriate

**TECHNOLOGY, ENERGY, AND TIME**

Experimental paths  
for the design of appropriate technology

Anna Paola Vacanti, Carmelo Leonardi

## ABSTRACT

Esplorando l'intreccio tra tecnologia, energia e tempo dalla rivoluzione industriale alla crisi climatica attuale il paper indaga come l'incessante ricerca di efficienza e produttività abbia plasmato le società occidentali, incrementando il sovraconsumo energetico e aggravando le emergenze ambientali. Attraverso l'analisi di movimenti sperimentali legati al concetto di tecnologie appropriate come la Permacultura, il Low-tech e il Solarpunk si intende proporre una visione critica del modello di sviluppo contemporaneo ormai insostenibile, proponendo paradigmi alternativi che favoriscono sostenibilità, equità e una riconnessione con i cicli naturali. L'approccio multidisciplinare del Design emerge come strumentale nella transizione verso pratiche energetiche sostenibili, ponendo le basi per la transizione verso scenari futuri in cui tecnologia e natura coesistano armoniosamente.

Exploring the intertwining of technology, energy, and time from the Industrial Revolution to the current climate crisis, the paper investigates how the relentless pursuit of efficiency and productivity has shaped Western societies, increasing energy overconsumption and exacerbating environmental emergencies. Analysing experimental paths related to the concept of appropriate technology, such as Permaculture, Low-tech and Solarpunk, a critical view of the contemporary unsustainable development model is presented, proposing alternative paradigms that foster sustainability, equity and reconnection with natural cycles. The multidisciplinary design approach emerges as instrumental in the transition to sustainable energy practices, laying the foundation for the transition to future scenarios in which technology and nature coexist harmoniously.

## KEYWORDS

consumo energetico, tecnologie appropriate, low-tech, permacultura, solarpunk

energy consumption, appropriate technology, low-tech, permaculture, solarpunk



**Anna Paola Vacanti**, PhD and Researcher at the 'Iuav' University of Venezia (Italy), works on human-technology interaction, exploring the intersection between human factors, technological development and the latter's social and ecological impact. Parallel to her academic career, since 2018, she has organised TEDxGenova, an autonomous event operating under an official TED license for the local dissemination of valuable ideas. E-mail: avacanti@iuav.it

**Carmelo Leonardi** is a Product Designer and PhD Candidate in Design Sciences at the 'Iuav' University of Venezia (Italy). In the context of the PhD Programme, he conducts research on the energy transition, simultaneously exploring new design paradigms and the concepts of social and environmental sustainability in the design. | E-mail: cleonardi@iuav.it

Tecnologia, energia, tempo: dalla rivoluzione industriale in poi questi tre elementi della vita moderna si sono inestricabilmente intrecciati, al punto che l'artificializzazione del contesto naturale, l'accesso continuo all'energia, e la gestione del tempo lineare sono dati per scontati, come caratteristiche 'naturali' della quotidianità. La mentalità occidentale si è evoluta verso una concezione del tempo come bene, favorendo l'individualismo, la competizione e l'economia di mercato. In effetti molte delle caratteristiche che tendiamo a considerare universalmente appannaggio della natura umana sono al contrario storicamente e culturalmente specifiche soltanto delle comunità occidentali (Henrich, 2022).

Il nostro rapporto con il tempo è peculiare nei termini in cui siamo spinti a sfruttarlo al massimo, impiegando ogni minuto in attività ritenute produttive, sfuggendo ozio e noia come valori negativi. Di conseguenza si è plasmato il contesto tecnologico a cui siamo simbioticamente legati: prodotti e servizi fisici e digitali sono sempre accessibili, di giorno e di notte: affinché lo siano, il flusso di energia che li alimenta deve necessariamente essere ininterrotto. Il tempo così inteso non è abitabile; è un flusso trascinate che non offre appigli, in cui le persone sono immerse e precipitano in avanti (Han, 2022).

Oggi, il rapido evolversi della crisi climatica ci pone di fronte a nuove emergenze e urgenze e a un necessario confronto con la limitatezza delle risorse del Pianeta, anche in riferimento al sovrconsumo dell'ecosistema digitale globale (Belkhir and Elmeligi, 2018). I problemi che dobbiamo affrontare sono così vasti da sfuggire all'immediata percezione, prendendo la forma di 'iperoggetti' (Morton, 2016). Ad esempio, il condizionamento dell'aria, come tecnologia e pratica, è parte di un sistema che include infrastrutture elettriche, industrie di produzione, normative politiche e abitudini di consumo: il suo impatto va oltre lo spostare flussi di aria altrove. Su scala planetaria, altrove è lo stesso posto; si sta semplicemente spostando l'inquinamento all'interno di un sistema senza realmente risolvere nulla; in effetti, ciò che si fa è sprecare energia: nel 2023 le emissioni di gas serra derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili hanno toccato il loro apice (Climate Analytics, 2023).

Alla luce delle superiori premesse il contributo riconsidera il rapporto tra tecnologia, energia e gestione del tempo alla luce delle crisi ambientali contemporanee, fornendo una comparazione critica tra gli approcci della Permacultura, del Solar Punk e del Low Tech, attraverso la lente del Design come disciplina cruciale per supportare la transizione energetica nel mondo occidentale. Le prime due sezioni approfondiscono dal punto di vista storico ed ecologico la situazione odierna di sovrconsumo di energia, legata all'evoluzione dell'impianto tecnologico che sostiene le pratiche giornaliere delle società occidentali; la terza contiene una ricognizione di rilevanti movimenti sperimentali che tentano di proporre nuovi paradigmi di consumo energetico. A seguire si presenta una discussione critica sulla specificità di tali approcci e sulla necessità di implementare strumenti e metodi del design per tradurre questi percorsi sperimentali in pratiche progettuali.

**Evoluzione della domanda energetica** | L'evoluzione storica delle fonti di energia ha camminato

di pari passo con l'avanzamento tecnologico. Lo spostamento da fonti come il legno, l'acqua e la forza umana o animale verso l'utilizzo di carbone, petrolio, gas naturale ed elettricità ha reso l'accesso all'energia più conveniente, sostenendo l'industrializzazione e l'espansione urbana e modellando la struttura delle società e delle economie contemporanee (Wrigley, 2013). Il consumo energetico procapite delle società più tecnicamente evolute mostra la dipendenza da tecnologie energivore, al punto che la media di consumo di un nordamericano è più del doppio di quella di un europeo (la media italiana è inferiore di circa il 30%), e venti volte maggiore di quella di un africano<sup>1</sup> (Fig. 1): l'ampiezza del divario evidenzia l'urgenza e la complessità di bilanciare il consumo energetico; è evidente che non sia possibile aspirare a diffondere lo stile di vita occidentale ad altre società, a causa della limitatezza delle risorse (De Decker, 2017; Rau and Oberhuber, 2023).

La storia del dibattito tra Corrente Alternata (CA) e Continua (CC) esemplifica l'evoluzione delle nostre esigenze energetiche e capacità tecnologiche (Fig. 2). La CA si è affermata per la sua facilità di trasmissione su lunghe distanze, portando a una maggiore efficienza e alla riduzione delle centrali elettriche necessarie. Oggi assistiamo a un ritorno di interesse verso la CC, spinto dalla crescente adozione di fonti di energia rinnovabili, che generano appunto CC, capace di un'efficienza energetica superiore, riducendo la dissipazione di calore e consentendo risparmi energetici tra il 2% e il 4% (Torchiani, 2023); la sua implementazione promette di rivoluzionare le reti di distribuzione e gli impianti industriali, offrendo prospettive di sviluppo significative, anche integrando sistemi di stoccaggio per compensare le fluttuazioni di potenza, riducendo il rischio di interruzioni dell'alimentazione e i tempi di fermo. Tuttavia questa transizione svela un'importante discrepanza progettuale: i nostri dispositivi sono largamente configurati per l'uso in CA, nonostante la crescente efficienza energetica dei sistemi a CC.

Questo scenario in evoluzione riflette la continua interazione tra il progresso tecnologico e l'uso dell'energia e mette in evidenza come il rapporto tra uomo e tecnologia richieda che entrambi gli attori si adattino in parte l'uno all'altro (Vacanti et alii, 2023). In quanto disciplina deputata a colmare il divario tra artefatti e utenti, incorporando la tecnologia negli ambienti quotidiani, il Design ricopre evidentemente un ruolo cruciale nel conseguimento della transizione energetica, che richiede perciò un'iniziativa creativa in grado di rinnovare le modalità di produzione e consumo (Papanek, 2022), ponendo l'attenzione al sistema e focalizzandosi sull'esperienza, nelle sue declinazioni tangibili e intangibili (Fagnoni and Olivastri, 2019). Il paradosso dell'efficienza (Tsao et alii, 2010), in cui il miglioramento tecnologico porta a un aumento del consumo energetico anziché a una riduzione, evidenzia la necessità di un approccio al design che sostenga e sviluppi interventi di rimodellazione dell'interazione complessa tra sistemi socio-ecologici e socio-tecnici (Ceschin and Gaziulusoy, 2019).

**Visioni ecologiche per tecnologie appropriate** | Il termine 'ecologia' descrive la relazione ecosistemica tra entità e contesto ambientale (Zanotto, 2020), segnalandosi come un indicatore cruciale

nelle discussioni sulla crisi ambientale attuale caratterizzata da un persistente disequilibrio tra i cicli tecnologici, che rappresentano l'azione umana, e i cicli biologici della natura (Perriccioli, Ruggiero and Salka, 2021). In risposta a questa condizione diverse correnti ecologiche propongono soluzioni alternative all'adozione acritica di tecnologie avanzate, riconoscendo e mitigando i loro impatti negativi. Visioni radicate nelle tradizioni indigene e filosofie occidentali condividono una critica comune all'infrastruttura industriale globale e promuovono una riconnessione con i ritmi della natura. Nel contesto occidentale diversi pensatori portano avanti critiche al paradigma dominante di crescita illimitata ascrivibili alla 'teoria della decrescita' che suggerisce un modello alternativo di sviluppo e che non rinuncia alla complessità delle società moderne, ma cerca un dialogo attivo con le sfide del presente (Latouche, 2010).

In questo dibattito, il ruolo del Design è storicamente legato alle dinamiche di consumo del sistema capitalistico (Wizinsky, 2022); esso si è evoluto – anche dal punto di vista energetico – nell'ottica di considerare gli utenti soprattutto 'consumatori' che usufruiscono di beni e servizi a pagamento e ciò ha implicato una incontrollata crescita della domanda di energia, fino alle condizioni odierne, in cui il rischio è la prospettiva di un futuro di povertà energetica (OIPE, 2020). Tuttavia l'impiego del potere trasformativo del design in contesti più ampi e sistemici (Barbero and Ferrulli, 2023) rappresenta un'opportunità notevole di immaginare scenari più desiderabili, dal punto di vista sociale, oltretutto tecnico (Di Dio et alii, 2022); in questa prospettiva Manzini (2015) ha evidenziato il carattere sperimentale e collettivo del percorso che dovrebbe guidare la transizione ecologica ed energetica: per avere successo esso deve essere percepito come avanzamento verso una qualità di vita superiore, sia su scala individuale che comunitaria, pur portando a una riduzione dei consumi. Il paper prende le mosse da questo inquadramento filosofico e disciplinare, contribuendo alla discussione sull'applicazione operativa dei concetti qui citati nel contesto della progettazione delle cosiddette 'tecnologie appropriate'.

L'interesse per le tecnologie appropriate ha radici profonde nel contesto post-coloniale degli anni Sessanta, quando emerse la necessità di fornire sostegno ai Paesi allora definiti del Terzo Mondo; Schumacher (1974) introdusse allora la definizione di 'tecnologia appropriata', sottolineando l'importanza di sviluppare tecniche adeguate alle risorse e necessità di ciascun contesto locale, che fossero altresì efficienti, replicabili e rispettose di diverse culture e ambienti. Questi concetti auspicavano l'implementazione di una tecnologia più efficiente delle pratiche indigene, ma più economica rispetto a quella industriale, con l'obiettivo di favorire investimenti locali e decentralizzazione (Bishop, 2021; Patnaik and Tarei, 2022): da queste premesse si sono sviluppate visioni diverse, che integrano la loro attività con approcci sostenibili al consumo energetico.

**Percorsi sperimentali** | La Permacultura (Fig. 3), acronimo di 'agricoltura permanente', nasce negli anni Settanta dalla collaborazione tra Mollison e Holmgren (1979) come sistema integrato di principi di design ecologico e ambientale, volto a riprodurre modelli e strategie osservati negli eco-

sistemi naturali. Questo approccio è orientato non solo a incrementare l'efficienza delle pratiche agricole ma a promuovere la creazione di comunità responsabili e autosufficienti. La Permacultura è intesa come arte di tessere relazioni consapevoli nel mondo della complessità, dove la vita è concepita come una rete di interconnessioni che scambiano energia, materia e informazioni, rigenerandosi nel tempo (Stevovic, Jovanovic and Djuric, 2018). Si fonda su tre principi etici fondamentali: la cura della terra, la cura delle persone e la redistribuzione del surplus per sostenere questi obiettivi, promuovendo un utilizzo etico e frugale delle risorse (Mollison, 1988). La Permacultura si distingue per l'approccio innovativo ai cicli del tempo e dell'energia, contrastando la dipendenza dalle fonti energetiche non rinnovabili e promuovendo il riciclo degli scarti, la riduzione dei consumi e lo sviluppo di tecnologie appropriate.

Il concetto di Low-tech (Fig. 4) è stato recentemente riproposto da Philippe Bihoux (2020), che propone un approccio alla tecnologia orientato al basso consumo, caratterizzando gli oggetti e i sistemi Low-tech come duraturi, facilmente riparabili e progettati per minimizzare l'impatto della loro produzione e del loro uso. Un tale approccio prende corpo negli anni Sessanta in contesti diversi, dagli Stati Uniti all'Europa e al Terzo Mondo, con l'intento comune di offrire alternative concrete alle forme di vita moderne centralizzate ed energivore (Gaillard and Bihoux, 2023). Il Low-tech, in quanto movimento, invita a una riflessione profonda sulla riappropriazione del tempo, proponendo un rallentamento dei ritmi di vita per distaccarsi dalla frenesia contemporanea e orientarsi verso un'esistenza più equilibrata e sostenibile. Le pratiche Low-tech, pur non rispettando talvolta gli standard convenzionali in termini di efficienza, pre-

stazioni e comodità d'uso, si distinguono per la promozione di un uso più moderato della tecnologia, evidenziando l'importanza di acquisire competenze tecniche di produzione semplici, che favoriscano autonomia e consapevolezza negli utenti (Fig. 5).

Di stampo più speculativo è il Solarpunk (Fig. 6) che nasce nel 2008 distaccandosi dai suoi predecessori 'punk' per la capacità di pensare un futuro non solo diverso ma praticabile e sostenibile. Descritto come modo per immaginare il miglior Antropocene possibile, il Solarpunk coltiva una visione positiva e speranzosa, pragmatica di un futuro radicato in tecnologie e culture sostenibili (Rivero-Vadillo, 2022). La visione scenaristica si manifesta in grandi metropoli, in equilibrio con il regno vegetale (Hunting, 2021; Fig. 7) e individua nel maker il proprio attore principale che si riappropria della tecnologia (Pone, 2023) e la applica per la salvezza di un mondo sull'orlo della catastrofe ambientale, 'hackerando' i detriti dell'era industriale e creando isole di autosufficienza (Reina-Rozo, 2021). Questo movimento sta guadagnando slancio sia nell'arte che nelle pratiche DIY (Do It Yourself), con collettivi di maker e hacker che materializzano esperienze progettuali in varie località, dimostrandone il potenziale positivo.

### Consumo energetico, gestione del tempo e usabilità

Si propone un'indagine comparativa dei movimenti descritti, condotta scegliendo come parametri i tre elementi che il contributo mira a mettere in relazione. A questi si aggiunge l'usabilità, intesa come grado di efficienza ed efficacia con cui si compie l'interazione tra persone e artefatti, necessaria come parametro che introduce le esigenze umane in relazione con gli altri elementi. L'analisi di natura qualitativa si basa sulla letteratura esistente e sullo studio di casi progettuali, identificati sul database Scopus con periodo di riferimento a partire dal 2008, attraverso le parole chiave 'permaculture', 'low-tech', 'solarpunk' e loro variazioni<sup>2</sup> (Tab. 1). I casi selezionati sono accomunati da un approccio alla produzione energetica che si distanzia dalla gestione del tempo occidentale e che mira a costruire negli utenti consapevolezza riguardo ai propri consumi.

Dal punto di vista tecnologico la Permacultura enfatizza l'intelligenza naturale e le soluzioni ispirate direttamente dalla natura, promuovendo sistemi autosufficienti (Fig. 8). Prodotti rilevanti di questo tipo includono biodigestori domestici<sup>3</sup> che convertono i rifiuti della cucina in biogas pulito e fertilizzante liquido direttamente sul posto, trasformando uno scarto in risorsa energetica, e stufe ad accumulo di calore<sup>4</sup>, che utilizzano la massa termica per accumulare calore durante il funzionamento e rilasciarlo gradualmente nel tempo, mantenendo l'ambiente interno caldo anche dopo che il fuoco è spento.

Il Low-tech si focalizza invece sull'applicazione di soluzioni tecnicamente semplici, e sul recupero e la rivisitazione di tecnologie desuete a sostituzione di sistemi high-tech, favorendo il DIY e la diffusione di risorse open source, che permettono la scalabilità dei progetti in diversi contesti, comprese aree remote e a basso reddito (Fig. 9). A titolo esemplificativo, si cita l'utilizzo di macchine a pedali a energia umana, di cui esistono numerosi casi applicativi: Mayapedal<sup>5</sup> in Guatemala (Fig. 10), VitaGoat Cycle Grinder<sup>6</sup> della canadese

Malnutrition Matters, e i mulini a pedale per la lavorazione delle fave di cacao nelle comunità messicane.<sup>7</sup>

Il Solarpunk si distingue per la sua propensione a soluzioni avanzate, compresa l'intelligenza artificiale, mirando a riappropriarsi e ripensare la tecnologia moderna in chiave ecocompatibile, attraverso l'attività della comunità maker (Fig. 11). Iniziative come il Solarpunk Festival<sup>8</sup> hanno l'obiettivo di realizzare progetti che incorporano i principi del movimento attraverso co-design e attività di prototipazione per lo sviluppo di comunità abitative autosufficienti che integrano pannelli solari con sistemi di raccolta delle acque piovane e che promuovono la creazione di spazi pubblici verdi e inclusivi per favorire l'interazione sociale (Fig. 12). Allo stesso modo, l'impresa edile indiana Solarpunk Futures<sup>9</sup> si impegna nella ricerca e sviluppo di soluzioni abitative autosufficienti in grado di garantire l'efficienza energetica equilibrando innovazione e tradizioni locali.

Sul fronte energetico i tre movimenti adottano modalità diverse. La Permacultura si concentra sul principio 'energy cycling' (Fig. 13), che consiste nel riciclo dell'energia mediante la sua cattura, immagazzinamento e utilizzo in loco (Pain and Pain, 1980), sfruttando vento e sole per generare elettricità, compost e scarti di cucina per produrre metano, acque grigie per l'irrigazione e letame animale per la produzione di biogas. Il Low-tech mira a ridurre al minimo il consumo energetico massimizzando e integrando le fonti rinnovabili con la forza umana. Il Solarpunk immagina un habitat costruito adattato in modo creativo per massimizzare il guadagno solare, promuovendo l'autosufficienza attraverso un'alimentazione prevalentemente elettrica e valorizzando le fonti rinnovabili come elementi estetici oltre che funzionali.

Riguardo al tempo, la Permacultura rispetta i cicli stagionali e promuove la conservazione dell'energia per l'utilizzo futuro, riflettendo una visione del tempo come elemento da armonizzare con i ritmi della natura, il Low-tech promuove uno stile di vita lento e considera l'intermittenza dell'energia rinnovabile cercando di proporre alternative da perseguire in mancanza di essa, mentre il Solarpunk critica il consumo rapido di risorse e prodotti, sottolineando l'importanza di progettare artefatti per durare tutta la vita: il tempo, secondo questa concezione, è una preziosa risorsa da utilizzare per traghettare gradualmente la società capitalista verso un futuro preferibile di benessere collettivo.

Rispetto al parametro usabilità ci sono significative differenze nei requisiti di impegno e apprendimento da parte degli utenti. La Permacultura e il Low-tech richiedono maggiore impegno attivo e capacità manuale, hanno una curva di apprendimento più ripida e preferiscono l'impatto ridotto all'efficienza e la facilità d'uso; il Solarpunk, pur mantenendo una complessità tecnologica, cerca di bilanciare la fruizione accessibile con tecniche avanzate, sottolineando l'interazione sociale e la cooperazione tra comunità locali: in generale, il fattore critico di molti di questi progetti è l'ingombro; infatti per raggiungere un livello di efficienza paragonabile a quello degli artefatti high-tech richiedono spesso molto spazio.

Lo sviluppo di dispositivi sostenibili richiede un approccio al design che ponga al centro non solo una progettazione efficiente dal punto di vista energetico, ma anche la creazione di nuovi modi di re-

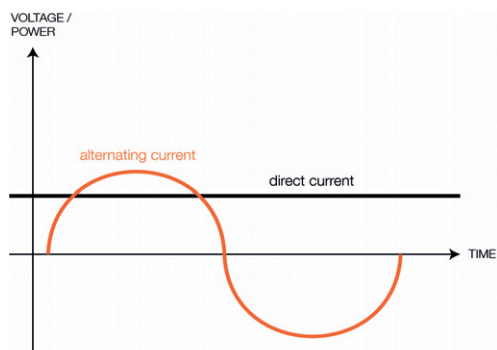
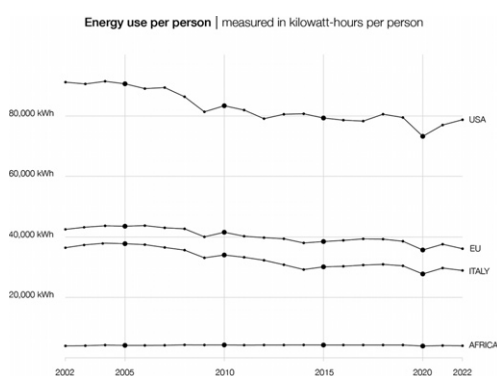


Fig. 1 | Per capita energy consumption 2002-2022 (credit: Our World in Data, 2022; adapted by the Authors).

Fig. 2 | Descriptive diagram of the differences between direct and alternating current (credit: the Authors, 2024).

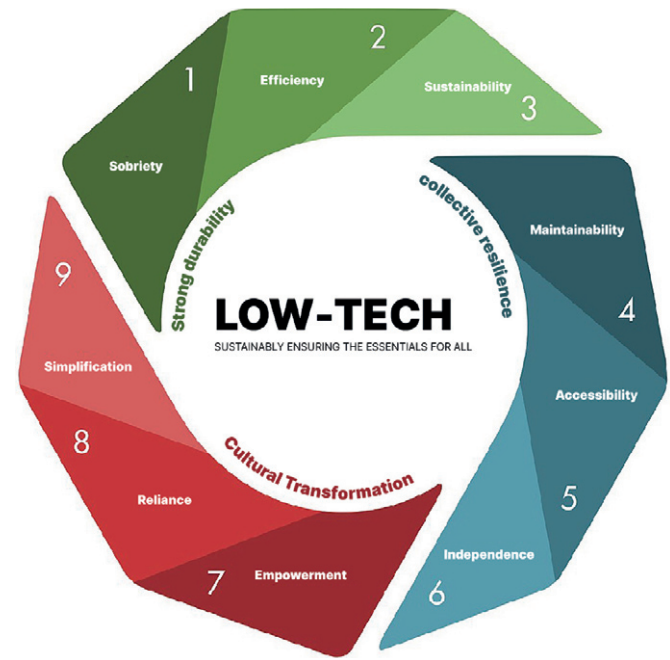


Fig. 3 | Diagram of the Permaculture 'flower' (source: WikiMedia Commons, 2022).

Fig. 4 | Diagram of the principles of low-tech (source: WikiMedia Commons, 2021).

lazionarsi con gli strumenti che utilizziamo quotidianamente. Nonostante il valore delle pratiche e degli esempi descritti, la loro diffusione su larga scala affronta notevoli sfide legate alla percezione culturale e alla necessità di adattare gli stili di vita. L'adozione di questi modelli segna una netta distanza dallo stile di vita occidentale convenzionale, rendendoli 'alieni' e difficilmente attuabili.

Un ostacolo significativo è l'estetica frugale di alcune di queste soluzioni, che può risultare difficile da integrare in determinati contesti; inoltre l'autoproduzione e il DIY richiedono tempo e competenze specifiche, non sempre disponibili o desiderate. Altro fattore limitante è la mancanza di visibilità dell'impatto effettivo di queste pratiche, anche attraverso dati sul consumo energetico e sui benefici ambientali, che potrebbe incentivare una maggiore adozione. Affrontare questi ostacoli richiede una riflessione profonda sulle dinamiche culturali e sociali che influenzano le scelte di vita sostenibili, nonché un impegno per aumentare la consapevolezza e la praticità delle soluzioni proposte. Non solo: pur delineando un futuro sostenibile e desiderabile, oggi queste pratiche sono relegate a un contesto didattico, sperimentale e scenaristico, privo di una concreta applicazione nel campo progettuale: è necessario che vengano reinterpretate attraverso gli strumenti del Design, al fine di tradurle in sistemi e artefatti utilizzabili nella quotidianità.

**Conclusioni** | Il raggiungimento dell'equilibrio ecologico richiede la definizione di nuovi cicli tecnologici (Perriccioli, Ruggiero and Salka, 2021); questo cambiamento è frenato da molteplici ostacoli, che includono fattori culturali, politici, sociali (Bauwens, Hekkert and Kirchherr, 2020). Le pratiche descritte non offrono semplici alternative tecniche, ma agiscono come catalizzatori della transizione verso uno stile di vita dal minore impatto ecologico, promuovendo al contempo l'autonomia e la resilienza individuale e collettiva. Oggi questi movimenti sono guidati più da maker e comunità bottom up che da professionisti del progetto e que-

sto traspare dalla resa estetica degli artefatti e dalla loro capacità di inserirsi nei contesti di vita di più persone in maniera efficace.

La rilevanza del Design in questo processo è fondamentale: i designer hanno il compito di rendere le alternative agli stili di vita tecnofili ed energivori più attraenti e desiderabili, trasformando profondamente il modo in cui fruiamo la tecnologia. La discontinuità delle energie rinnovabili e la necessità di integrare efficacemente sistemi alternativi di produzione e accumulo di energia richiedono un ripensamento radicale dei parametri del progetto tecnologico, considerando elemento chiave la variabilità temporale dell'approvvigionamento energetico.

Condurre pratiche di design per la transizione significa progettare strategie sistemiche rivolte a futuri a breve e medio termine per affrontare problematiche complesse e interconnesse (Bisson et alii, 2022), tenendo conto che il bene società sono di fronte alla sfida di affrontare la transizione verso la sostenibilità e che ciò comporterà cambiamenti a più livelli sistemici (Irwin, 2019). Attraverso tale trasformazione progettuale è possibile avviare un percorso verso una gestione dell'energia che sia non solo tecnicamente efficiente ma anche culturalmente significativa, rifiutando la tecnofilia (Pone, 2022), intesa come entusiasmo acritico per le soluzioni tecnologiche, che rischia di condurre verso stili di vita tecnocratici, compromettendo ulteriormente il posizionamento dell'uomo all'interno della biosfera.

In quest'ottica il Design non dovrebbe limitarsi a risolvere problemi tecnici ma deve svolgere il ruolo di mediatore tra l'essere umano e il suo ambiente, facilitando la costruzione di un futuro energetico che porti a ridefinire l'ininterrotto fluire del tempo tipico dell'Occidente, trascendendo l'idea di quest'ultimo come bene da sfruttare. La tecnologia e l'energia, pur essendo pilastri della modernità, possono adattarsi a una temporalità che accetta i cicli naturali di abbondanza e scarsità: il Design può anticipare un futuro in cui le pratiche

umane si allineano con la stagionalità energetica, educando all'accettazione di una presenza tecnologica intermittente, valorizzando gli intervalli necessari al rinnovo delle risorse.

In questo senso il saggio fornisce una prima base concettuale per stimolare la comunità scientifica ad approfondire teorie e pratiche sperimentali per l'impiego di tecnologie appropriate energeticamente efficienti e a mettere a punto un rinnovato paradigma progettuale 'energy-driven' a partire da una sistemica mappatura di casi studio al fine di condividere saperi nella forma di principi, linee guida e prassi volte a favorirne la scalabilità.

Technology, energy, time: since the industrial revolution, these three elements of modern life have become inextricably intertwined, to the point that the artificialisation of the natural environment, continuous access to energy, and linear time management are taken for granted as 'natural' features of everyday life. The Western mindset has evolved toward a conception of time as a commodity, favouring individualism, competition, and market economics. Indeed, many of the characteristics that we tend to consider universally pertaining to human nature are, on the contrary, historically and culturally specific to Western communities (Henrich, 2022).

Our relationship with time is particular in that we are driven to make the most of it, spending every minute on activities considered productive and avoiding idleness and boredom as negative values. As a result, the technological context to which we are symbiotically bound has been shaped: physical and digital products and services are always accessible, day and night: for it to be so, the flow of energy that feeds them must necessarily be uninterrupted. Time, so understood, is not habitable; it is a dragging flow that offers no footholds in which people are immersed and plummet forward (Han, 2022). Today, however, the rapidly evolving climate crisis confronts us with new emergencies and ur-



**Fig. 5** | Vegetable casserole cooked with a solar oven (source: Wikimedia Commons, 2008).

**Fig. 6** | Solarpunk flag (source: Wikimedia Commons, 2019).

**Fig. 7** | Vision (AI generated) of a hypothetical future Solarpunk (source: Wikimedia Commons, 2023).

gencies, and a necessary confrontation with the planet's finite resources, including how the global digital ecosystem is overexploited (Belkhir and Elmeligi, 2018). The problems we face are so vast that they escape immediate perception, taking the form of 'hyperobjects' (Morton, 2016). For example, air conditioning, as a technology and practice, is part of a system that includes electrical infrastructure, manufacturing industries, political regulations, and consumption habits. Its impact goes beyond moving air flows elsewhere. On a planetary scale, elsewhere is the same place; you move pollution within a system without solving anything. In fact, you are wasting energy: in 2023, greenhouse gas emissions from fossil fuel use peaked (Climate Analytics, 2023).

The paper reconsiders the relationship between technology, energy and time management in light of contemporary environmental crises, providing a critical comparison of Permaculture, Solar Punk and Low Tech approaches through the lens of design as a crucial discipline to support the energy transition in the Western world. The first two sec-

tions delve historically and ecologically into today's situation of energy overconsumption, linked to the evolving technological framework that supports the daily practices of Western societies; the third contains a survey of relevant experimental paths that attempt to propose new paradigms of energy consumption. This is followed by a critical discussion of the specificity of such approaches and the need to implement design tools and methods to translate these experimental paths into design practices.

**Evolution of energy demand** | The historical evolution of energy sources has walked hand in hand with technological advancement. The shift from sources such as wood, water, and human or animal power to the use of coal, oil, natural gas, and electricity has made access to energy more affordable, supporting industrialisation and urban expansion and shaping the structure of contemporary societies and economies (Wrigley, 2013). The per capita energy consumption of the most technically advanced societies shows their dependence on energy-intensive technologies, so much so that the extent that the average consumption of a North American is more than twice that of a European (the Italian average is about 30% lower), and twenty times greater than that of an African<sup>1</sup> (Fig. 1). The magnitude of the gap highlights the urgency and complexity of balancing energy consumption; it is clear that it is not possible to aspire to spread the Western lifestyle to other societies because of limited resources (De Decker, 2017; Rau and Oberhuber, 2023).

The history of the debate between Alternating Current (AC) and Continuous Current (DC) exemplifies the evolution of our energy needs and technological capabilities (Fig. 2). AC became popular because of its ease of transmission over long distances, leading to greater efficiency and the reduction of power plants needed. Today, we are witnessing a resurgence of interest in DC, driven by the growing adoption of renewable energy sources, which generate precisely DC, capable of superior energy efficiency, reducing heat dissipation and enabling energy savings between 2% and 4% (Torchiani, 2023); its implementation promises to revolutionise distribution networks and industrial plants, offering significant development prospects, including integrating storage systems to compensate for power fluctuations, reducing the risk of power outages and downtime. However, this transition reveals a significant design discrepancy: our devices are configured mainly for AC use despite the increasing energy efficiency of DC systems.

This evolving scenario reflects the continuous interaction between technological progress and energy use and highlights how the relationship between humans and technology requires both actors to adapt to each other to some extent (Vacanti et alii, 2023). As a discipline deputed to bridge the gap between artefacts and users, incorporating technology into everyday environments, design plays a crucial role in achieving the energy transition, which therefore requires a creative initiative capable of renewing the modes of production and consumption (Papanek, 2022), placing attention to the system, and focusing on experience, in its tangible and intangible declinations (Fagnoni and Olivastri, 2019). The efficiency paradox (Tsao et alii, 2010), in which technological improvement leads to an increase in energy consumption rather than

a reduction, highlights the need for a design approach that supports and develops interventions to reshape the complex interaction between socio-ecological and socio-technical systems (Ceschin and Gaziulusoy, 2019).

### Ecological visions for appropriate technology

The term 'ecology' describes the ecosystemic relationship between entity and environmental context (Zanotto, 2020), signalling itself as a crucial indicator in discussions of the current ecological crisis characterised by a persistent disequilibrium between technological cycles, which represent human action, and the biological cycles of nature (Perriccioli, Ruggiero and Salka, 2021). In response to this condition, several ecological currents propose alternative solutions to the uncritical adoption of advanced technologies, recognising and mitigating their negative impacts. Views rooted in indigenous traditions and Western philosophies share a common critique of the global industrial infrastructure and promote a reconnection with the rhythms of nature. In the Western context, several thinkers advance critiques of the dominant paradigm of unlimited growth ascribable to 'degrowth theory' that suggests an alternative model of development that does not renounce the complexity of modern societies but seeks an active dialogue with the challenges of the present (Latouche, 2010).

In this debate, the role of Design is historically linked to the consumption dynamics of the capitalist system (Wizinsky, 2022). Design has evolved – also energetically – from the perspective of considering users primarily 'consumers' who use goods and services for a fee. This has implied an uncontrolled growth in energy demand, up to today's conditions, where the risk is the prospect of a future of energy poverty (OIPE, 2020). However, employing the transformative power of design in broader, systemic contexts (Barbero and Ferrulli, 2023) represents a remarkable opportunity to imagine more desirable social and technical scenarios (Di Dio et alii, 2022). In this perspective, Manzini (2015) highlighted the experimental and collective nature of the path that should guide the ecological and energy transition: to be successful, it must be perceived as an advancement toward a higher quality of life, both on an individual and community scale, while leading to a reduction in consumption. The paper builds on this philosophical and disciplinary framing, discussing the operational application of the concepts mentioned here in designing so-called 'appropriate technology'.

The interest in appropriate technology has deep roots in the postcolonial context of the 1960s when the need emerged to provide support to countries then defined as Third World; Schumacher (1974) introduced the definition of 'appropriate technology' at that time, emphasising the importance of developing techniques appropriate to the resources and needs of each local context, which were also efficient, replicable, and respectful of different cultures and environments. These concepts advocated the implementation of technology that was more efficient than indigenous practices but cheaper than industrial technology, with the goal of fostering local investment and decentralisation (Bishop, 2021; Patnaik and Tarei, 2022). Different visions have developed from these premises, integrating their activities with sustainable approaches to energy consumption.

**Experimental paths** | Permaculture (Fig. 3), an acronym for ‘permanent agriculture’, emerged in the 1970s from the collaboration between Mollison and Holmgren (1979) as an integrated system of ecological and environmental design principles aimed at reproducing patterns and strategies observed in natural ecosystems. This approach is oriented to increase the efficiency of agricultural practices and promote the creation of responsible and self-sufficient communities. Permaculture is understood as the art of weaving conscious relationships in the world of complexity, where life is conceived as a network of interconnections that exchange energy, matter, and information, regenerating over time (Stevovic, Jovanovic and Djuric, 2018). It is based on three basic ethical principles: care for the earth, care for people, and redistribution of surplus to support these goals, promoting ethical and frugal use of resources (Mollison, 1988). Permaculture is distinguished by its innovative approach to time and energy cycles, countering dependence on non-renewable energy sources, promoting waste recycling, reducing consumption, and developing appropriate technologies.

The Low-tech concept (Fig. 4) has recently been revived by Philippe Bihouix (2020), who proposes a low-consumption approach to technology, characterising Low-tech objects and systems as durable, easily repairable, and designed to minimise the impact of their production and use. Such an approach took shape in the 1960s in diverse contexts, from the United States to Europe and the Third World, with the common intent of offering concrete alternatives to centralised, energy-intensive modern living forms (Gaillard and Bihouix, 2023). Low-tech, as a movement, invites a deep reflection on the re-appropriation of time, proposing a slowdown in the place of life to break away from the contemporary frenzy and move towards a more balanced and sustainable existence. Low-tech practices, while sometimes falling short of conventional standards in terms of efficiency, performance, and convenience of use, are distinguished by their promotion of a more moderate use of technology, emphasising the importance of acquiring simple technical production skills that foster autonomy and awareness in users (Fig. 5).

Of a more speculative bent is Solarpunk (Fig. 6), which was born in 2008, detaching itself from its ‘punk’ predecessors by its ability to think of a future that is not only different but viable and sustainable. Described as a way to imagine the best possible Anthropocene, Solarpunk cultivates a positive and hopeful yet pragmatic vision of a future rooted in sustainable technologies and cultures (Rivero-Vadillo, 2022). The scenaristic vision manifests itself in large metropolises, in balance with the plant kingdom (Hunting, 2021; Fig. 7) and identifies the maker as its primary actor who reappropriates technology (Pone, 2023) and applies it to the salvation of a world on the brink of environmental catastrophe, ‘hacking’ the detritus of the industrial age, creating islands of self-sufficiency (Reina-Rozo, 2021).

This movement is gaining momentum in art and DIY (Do It Yourself) practices, with collectives of makers and hackers materialising design experiences in various locations, demonstrating their positive potential.

**Energy consumption, time management, and usability** | A comparative investigation of the movements described is proposed, conducted by choosing the three elements the contribution aims to relate as parameters. To these is added usability, understood as the degree of efficiency and effectiveness with which the interaction between people and artefacts is accomplished, which is necessary as a parameter that introduces human needs in relation to the other elements. The analysis of a qualitative nature is based on the existing literature and the study of design cases, identified from the Scopus platform with a reference period from 2008, through the keywords ‘permaculture’, ‘low-tech’, ‘solarpunk’ and their variations<sup>2</sup> (Tab. 1). The selected cases are united by an approach to energy production that departs from Western time management and aims to build awareness in users about their consumption.

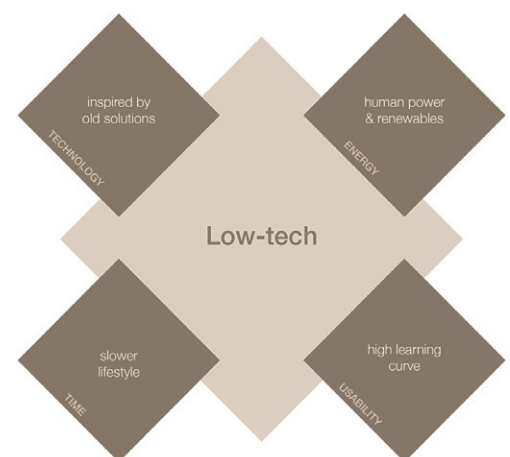
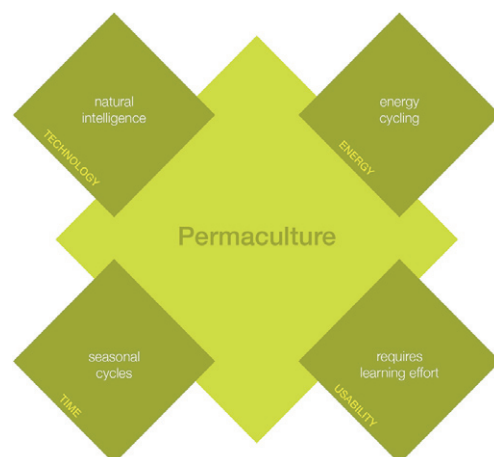
From a technological perspective, Permaculture emphasises natural intelligence and solutions inspired directly by nature, promoting self-sufficient systems (Fig. 8). Relevant products of this type in-

clude household biodigesters<sup>3</sup> that convert kitchen waste into clean biogas and liquid fertiliser directly on site, turning waste into an energy resource, and heat-storage stoves<sup>4</sup>, which use thermal mass to store heat during operation and release it gradually over time, keeping the indoor environment warm even after the fire is out.

Low-tech, on the other hand, focuses on the application of technically simple solutions and the recovery of obsolete technologies to replace high-tech systems, encouraging the self-production and dissemination of open-source resources that allow the scalability of projects in different contexts, including remote and low-income areas (Fig. 9). Examples include the use of human-powered pedal machines, of which numerous application cases exist: Mayapedal<sup>5</sup> in Guatemala (Fig. 10), VitaGoat Cycle Grinder<sup>6</sup> by Canadian Malnutrition Matters, and pedal-powered mills for processing cocoa beans in Mexican communities.<sup>7</sup>

Solarpunk is distinguished by its propensity for advanced solutions, including Artificial Intelligence, aiming to reappropriate and rethink modern technology in an environmentally friendly way through maker community activities (Fig. 11). Initiatives such as the Solarpunk Festival<sup>8</sup> aim to implement projects that incorporate the principles of the movement through co-design and prototyping activities to develop self-sufficient housing communities that

	Technology	Energy	Time	Usability
<b>Permaculture</b>	natural intelligence inspired by natural solutions self-sufficient and easily repairable	energy cycling collection and reuse of existing energy from natural sources	respect for natural and seasonal cycles storage of energy for later use	designed for small independent communities requires active engagement and learning from users
<b>Low-tech</b>	inspired old solutions DIY and open-source built to last and be repaired	low energy consumption human power renewable sources	promotion of a slower lifestyle takes into consideration the intermittency of energy availability	high learning curve prefers low impacts to efficiency and ease of use
<b>Solarpunk</b>	advanced solutions (also AI) appropriates and repurposes modern technology designed by hackers and makers	mainly based on electrical power renewable sources wind turbines and solar panels as aesthetic symbols	critique of the quick consumption of resources and products focus on artefacts that ‘last for a lifetime’	focus on social interaction and cooperation among local communities accessible interaction with advanced tech



**Tab. 1** | Comparison of Permaculture, Low-tech and Solarpunk (credit: the Authors, 2024).

**Fig. 8** | Summary scheme of Permaculture (credit: the Authors, 2024).

**Fig. 9** | Summary scheme of Low-tech (credit: the Authors, 2024).

integrate solar panels with rainwater harvesting systems and promote the creation of green and inclusive public spaces to foster social interaction (Fig. 12). Similarly, Indian construction company Solarpunk Futures<sup>9</sup> engages in research and development of self-sufficient housing solutions that ensure energy efficiency while balancing innovation and local traditions.

Regarding energy, the three movements adopt different modes. Permaculture focuses on the ‘energy cycling’ principle (Fig. 13) of recycling energy by capturing, storing, and using it on site (Pain and Pain, 1980), harnessing wind and sun to generate electricity, compost and kitchen waste to produce methane, grey water for irrigation and animal manure for biogas production. Low-tech minimises energy consumption by maximising and integrating renewable sources with human power. Solarpunk envisions a built habitat creatively adapted to maximise solar gain, promoting self-sufficiency through predominantly electric power and enhancing renewables as aesthetic as well as functional elements. Regarding time, Permaculture respects seasonal cycles and promotes the conservation of en-

ergy for future use, reflecting a view of time as an element to be harmonised with the rhythms of nature; Low-tech promotes a slow lifestyle and considers the intermittency of renewable energy while trying to propose alternatives to be pursued in its absence; Solarpunk criticises the rapid consumption of resources and products, emphasising the importance of designing artefacts to last a lifetime: time, according to this conception, is a valuable resource to be used to gradually ferry capitalist society to a preferable future of collective well-being.

There are significant differences in the requirements for user engagement and learning regarding the usability parameter. Permaculture and Low-tech require more active engagement and manual skills, have a steeper learning curve, and prefer reduced impact to efficiency and ease of use; Solarpunk, while maintaining technological complexity, seeks to balance accessible usability with advanced techniques, emphasising social interaction and cooperation among local communities. In general, the critical factor in many of these projects is clutter, as to achieve a level of efficiency comparable to high-tech artefacts, they often require a lot of space.

The development of sustainable devices requires a design approach that places energy-efficient design at the centre and the creation of new ways of relating to the tools we use daily. Despite the value of the practices and examples described, their widespread adoption faces significant challenges related to cultural perceptions and the need to adapt lifestyles. Adopting these models marks a clear distance from the conventional Western lifestyle, making them ‘alien’ and challenging to implement.

A significant obstacle is the frugal aesthetics of some of these solutions, which can be difficult to integrate in specific contexts. In addition, self-production and DIY require time and particular skills, which are not always available or desired. Another limiting factor is the lack of visibility of the actual impact of these practices, including data on energy consumption and environmental benefits, which could incentivise greater adoption. Addressing these obstacles requires deep reflection on the cultural and social dynamics that influence sustainable lifestyle choices, as well as efforts to increase awareness and practicality of proposed solutions. Moreover, while outlining a sustainable and desirable future, today these practices are relegated to didactic, experimental, and scenaristic contexts, lacking concrete application in the design field. Therefore, they need to be reinterpreted through the tools of design in order to be translated into systems and artefacts that can be used in everyday life.

ecological impact, while promoting individual and collective autonomy and resilience. Today, these movements are driven more by bottom-up makers and communities than by design professionals, and this is apparent in the aesthetic rendering of artefacts and their ability to fit into multiple people’s life contexts effectively.

On the contrary, the relevance of Design in this process should be paramount: designers are tasked with making alternatives to technophilic and energy-consuming lifestyles more attractive and desirable, profoundly transforming the way we use technology. The discontinuity of renewable energy and the need to effectively integrate alternative energy production and storage systems require a radical rethinking of the parameters of technological design, considering the temporal variability of energy supply as a key element.

Engaging in design practices for transition means designing systemic strategies aimed at short and medium-term futures to address complex and interconnected issues (Bisson et alii, 2022), taking into account that entire societies are faced with the challenge of coping with the transition to sustainability and that this will involve changes at multiple systemic levels (Irwin, 2019). Through such a design transformation, it is possible to initiate a path toward energy management that is not only technically efficient but also culturally meaningful, rejecting technophilia (Pone, 2022), understood as uncritical enthusiasm for technological solutions, which risks leading toward technocratic lifestyles, further compromising human positioning within the biosphere.

From this perspective, Design should not be limited to solving technical problems; it must play the role of mediator between human beings and their environment, facilitating the construction of an energy future that leads to redefining the uninterrupted flow of time typical of the West, transcending the idea of the latter as a commodity to be exploited. Technology and energy, while pillars of modernity, can adapt to a temporality that accepts the natural cycles of abundance and scarcity: Design can anticipate a future in which human practices align with energy seasonality, educating for the acceptance of an intermittent technological presence, valuing the intervals necessary for the renewal of resources.

In this sense, this paper provides an initial conceptual basis to stimulate the scientific community to explore theories and experimental practices for the use of appropriate energy-efficient technologies, and to develop a renewed ‘energy-driven’ design paradigm from a systemic mapping of case studies in order to share knowledge in the form of principles, guidelines, and practices aimed at fostering their scalability.

**Conclusions** | Achieving ecological balance requires establishing new technological cycles (Perriccioli, Ruggiero and Salka, 2021); this change is held back by multiple obstacles, which include cultural, political, and social factors (Bauwens, Hekkert and Kirchherr, 2020). The practices described do not simply offer technical alternatives, but act as catalysts for the transition to a lifestyle with less

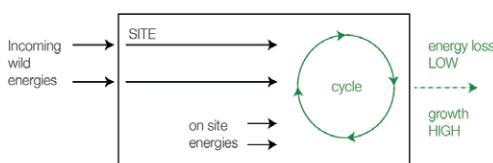
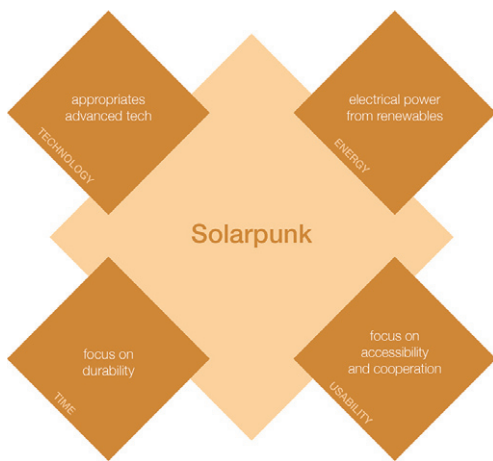


Fig. 10 | Mayapedal Pedal Mixer (source: Flickr.com, 2009).

Fig. 11 | Summary scheme of Solarpunk (credit: the Authors, 2024).

Fig. 12 | Timeline of the Solar Punk Festival co-design process (source: solarpunkfestival.com, 2018).

Fig. 13 | Descriptive diagram of the Permaculture concept of ‘energy cycling’ (credit: the Authors, 2024).

## Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the Authors. Nevertheless, the introductory paragraphs, ‘Energy consumption, time management, and usability’ and ‘Ecological visions for appropriate technology’ are attributed to A. Vacanti, while the paragraphs ‘Evolution of energy demand’, ‘Experimental paths’ and ‘Conclusions’ are attributed to C. Leonardi.

## Notes

- 1) For more information, see the webpage: ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use [Accessed 16 March 2024].
- 2) The keywords used include ‘permaculture’, ‘permaculture design’, ‘low-tech’, ‘low-tech design’, ‘solarpunk’, ‘solar AND punk’, and ‘solarpunk design’. The search returned 185 results regarding permaculture practices, as many as 530 results related to low-tech practice, and ten results containing the term Solarpunk.
- 3) For more information, see the webpage: homebiogas.com/shop/backyard-systems [Accessed 16 March 2024].
- 4) For more information, see the webpage: filodipaglia.it/filodifuoco/stube-info [Accessed 16 March 2024].
- 5) For more information, see the webpage: mayapedal.org [Accessed 16 March 2024].
- 6) For more information, see the webpage: malnutrition.org/our-technologies/vitagoat/vitagoat-system [Accessed 16 March 2024].
- 7) For more information, see the webpage: corporateknights.com/food-beverage/chocolately-good-pedal-powered-chococol-delivers-food-mission [Accessed 16 March 2024].
- 8) For more information, see the webpage: solarpunkfestival.com [Accessed 16 March 2024].
- 9) For more information, see the webpage: solarpunkfutures.in [Accessed 16 March 2024].

## References

- Barbero, S. and Ferrulli E. (2023), “Transizione ecologica e digitale – Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI | Ecological and digital transition – Systemic Design in SMEs open innovation processes”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 269-280. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13232023 [Accessed 16 March 2024].
- Bauwens, T., Hekkert, M. and Kirchherr, J. (2020), “Circular futures – What will they look like?”, in *Ecological Economics*, vol. 175, article 106703, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106703 [Accessed 16 March 2024].
- Belkhir, L. and Elmeligi, A. (2018), “Assessing ICT global emissions footprint – Trends to 2040 & recommendations”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 177, pp. 448-463. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.239 [Accessed 16 March 2024].
- Bihouix, P. (2020), *The Age of Low Tech – Towards a Technologically Sustainable Civilization*, Bristol University Press, Bristol.
- Bishop, C. P. (2021), “Sustainability lessons from appropriate technology”, in *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 49, pp. 50-56. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cosust.2021.02.011 [Accessed 16 March 2024].
- Bisson, M., Palmieri, S., Ianniello, A. and Botta, L. (2022), “Transition product design – Una proposta di framework per un approccio olistico alla progettazione sistemica | Transition product design – A framework proposal for a holistic approach to systemic design”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 202-211. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12182022 [Accessed 16 March 2024].
- Ceschin, F. and Gaziulusoy, I. (2019), *Design for Sustainability – A Multi-level Framework from Products to Socio-Technical Systems*, Routledge, London. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9780429456510 [Accessed 16 March 2024].
- Climate Analytics (2023), *When will global greenhouse gas emissions peak?* [Online] Available at: tinyurl.com/5bcnaym9 [Accessed 16 March 2024].
- De Decker, K. (2017), “How (not) to run a modern society on solar and wind alone”, in *Low-Tech Magazine*, 13/09/2017. [Online] Available at: tinyurl.com/4e3r4ac8 [Accessed 16 March 2024].
- Di Dio, S., Inzerillo, B., Monterosso, F. and Russo, D. (2022), “Design e transizione digitale – Nuove sfide design-driven per l’innovazione tecno-sociale | Design and digital transition – New design-driven challenges for techno-social innovation”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 212-225. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12192022 [Accessed 16 March 2024].
- Fagnoni, R. and Olivastri, C. (2019), “Hardesign vs Soft-design”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 5, pp. 145-152. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/5162019 [Accessed 16 March 2024].
- Gaillard, C. and Bihouix, P. (2023), *Une antropologie pour comprendre les lo-tech*, Delpire & co, Paris.
- Han, B.-C. (2022), *Le non cose – Come abbiamo smesso di vivere il reale*, Einaudi, Torino.
- Henrich, J. (2022), *WEIRD – La mentalità occidentale e il futuro del mondo*, Il Saggiatore, Milano.
- Hunting, E. (2021), *Solarpunk – Design ed estetica postindustriale*, Future Fiction, Roma.
- Irwin, T. (2019), “The emerging transition design approach”, in *Cuaderno | Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación (Ensayos)*, vol. 73, pp. 149-181. [Online] Available at: doi.org/10.18682/cdc.vi73.1043 [Accessed 16 March 2024].
- Latouche, S. (2010), *Farewell to Growth*, Polity Press, Cambridge.
- Manzini, E. (2015), *Design, When Everybody Designs – An Introduction to Design for Social Innovation*, MIT Press, Cambridge. [Online] Available at: mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1300011/mod\_folder/content/0/Manzini%20E%20(2015)%20Design%20When%20Everybody%20Designs.pdf?forcedownload=1 [Online] Available at: Mollison, B. (1988), *Permaculture – A designer’s manual*, Tagari Publications, Tyalgum.
- Mollison, B. and Holmgreen, D. (1979), *Permaculture One – A perennial agricultural system for human settlements*, Tagari Publications, Tyalgum.
- Morton, T. (2016), *Dark Ecology – For a Logic of Future Coexistence*, Columbia University Press, New York.
- OIPE – Osservatorio Italiano Povertà Energetica (2020), *La povertà energetica in Italia – Secondo rapporto dell’Osservatorio Italiano sulla Povertà Energetica (OIPE)*. [Online] Available at: oipecosservatorio.it/wp-content/uploads/2020/12/rapporto2020\_v2.pdf [Accessed 16 March 2024].
- Pain, I. and Pain, J. (1980), *The methods of Jean Pain – Or another kind of garden*. [Online] Available at: library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Another\_Kind\_of\_Garden-The\_Methods\_of\_Jean\_Pain.pdf [Accessed 16 March 2024].
- Papanek, V. (2022), *Design per il mondo reale – Ecologia umana e cambiamento sociale*, Quodlibet, Roma.
- Patnaik, J. and Tarei, P. K. (2022), “Analysing appropriateness in appropriate technology for achieving sustainability – A multi-sectorial examination in a developing economy”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 349, article 131204, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131204 [Accessed 16 March 2024].
- Perriccioli, M., Ruggiero, R. and Salka, M. (2021), “Ecologia e tecnologie digitali – L’architettura alla piccola scala come luogo di connessioni | Ecology and digital technologies – Small-scale architecture as a place of connections”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 10, pp. 36-45. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1032021 [Accessed 16 March 2024].
- Pone, S. (2022), “Maker – Il ritorno dei costruttori – Una possibile transizione digitale per l’Architettura | Maker – The return of the builders – A possible digital transition for Architecture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 12, pp. 14-23. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1212022 [Accessed 16 March 2024].
- Rau, T. and Oberhuber, S. (2023), *Material Matters – Developing business for a circular economy*, Routledge, London.
- Reina-Rozo, J. D. (2021), “Art, Energy and Technology – The Solarpunk Movement”, in *International Journal of Engineering, Social Justice and Peace*, vol. 8, issue 1, pp. 47-60. [Online] Available at: doi.org/10.24908/ijesjp.v8i1.14292 [Accessed 16 March 2024].
- Rivero-Vadillo, A. (2022), “Challenging Solarpunk’s Technophilia through Degrowth Imaginaries in Julia K. Patt’s Caught Root and Linda Jordan’s Reclaiming”, in *Ecocene | Cappadocia Journal of Environmental Humanities*, vol. 3, issue 1, pp. 41-55. [Online] Available at: doi.org/10.46863/ecocene.64 [Accessed 16 March 2024].
- Schumacher, E. F. (1974), *Small is beautiful – Economics as if people mattered*, Sphere, London.
- Stevovic, S., Jovanovic, J. and Djuric, D. (2018), “Energy efficiency in urban areas by innovative permacultural design”, in *Archives for Technical Sciences*, vol. 19, issue 1, pp. 65-74. [Online] Available at: doi.org/10.7251/afts.2018.1019.065S [Accessed 16 March 2024].
- Torchiani, G. (2023), “Energie rinnovabili – Stato dell’arte in Italia, Europa e nel mondo”, in *energyup.tech*, 23/08/2023. [Online] Available at: energyup.tech/sostenibilita/energie-rinnovabili-quali-sono-vantaggi-e-stato-dell-arte-in-italia-e-nel-mondo/ [Accessed 16 March 2024].
- Tsao, J. Y., Saunders, H. D., Creighton, J. R., Coltrin, M. E. and Simmons, J. A. (2010), “Solid-state lighting – An energy-economics perspective”, in *Journal of Physics D | Applied Physics*, vol. 43, issue 35, article 354001, pp. 1-17. [Online] Available at: dx.doi.org/10.1088/0022-3727/43/35/354001 [Accessed 16 March 2024].
- Vacanti, A., De Chirico, M., Leonardi, C. and Cason Villa, M. (2023), “Energy responsive design – A novel paradigm for human-technology interaction”, in *Rivista Italiana di Ergonomia*, vol. 27, pp. 7-20. [Online] Available at: societadiergonomia.it/la-rivista\_i-numeri/#rivista-italiana-di-ergonomia\_n-27 [Accessed 16 March 2024].
- Wizinsky, M. (2022), *Design after Capitalism – Transforming design today for an equitable tomorrow*, MIT Press, Cambridge.
- Wrigley, E. A. (2013), “Energy and the English Industrial Revolution”, in *Philosophical Transaction of the Royal Society A | Mathematical, Physical and Engineering Science*, vol. 371, 20110568. [Online] Available at: doi.org/10.1098/rsta.2011.0568 [Accessed 16 March 2024].
- Zanotto, F. (2020), *Circular Architecture – A design ideology*, LetteraVentidue Edizioni, Siracusa.