

# Design vs Disegno. Reale vs Virtuale.

## Il *Digital Twin* come approccio olistico alla sostenibilità

Benedetta Terenzi

### Abstract

Nell'era della digitalizzazione, tra le tecnologie emergenti, anche il Digital Twin (DT) sta avendo un rapido e costante sviluppo. Il DT, o gemello digitale, è una rappresentazione virtuale di un oggetto o di un sistema, collegato a esso per tutto il ciclo di vita. Si tratta di un modello informatizzato altamente complesso, esatta replica del suo corrispettivo fisico. Le possibilità applicative del Digital Twin nella progettazione e nello sviluppo dei prodotti sono in forte aumento grazie anche alla possibilità che offre di giocare vari ruoli dell'intero ciclo di vita del manufatto al quale si riferisce. Le ricerche in questo campo stanno procedendo con l'obiettivo di arrivare a ottimizzare l'intero processo di progettazione (dalla generazione del concept alla selezione dei materiali, dalla verifica del progetto alla produzione, dalla consegna all'uso, arrivando alla gestione del fine vita).

Sulla base di queste considerazioni, l'articolo ha l'obiettivo di evidenziare come il DT possa guidare l'innovazione in chiave sostenibile e di economia circolare, supportando aziende, enti e istituzioni a ridurre i costi, a ottimizzare l'uso delle risorse e diminuire l'impronta di carbonio. Tuttavia, nonostante il loro potenziale, i gemelli digitali non sono stati esaminati in modo critico nei paradigmi della sostenibilità e nel loro vantaggio verso la promozione degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.

Parole chiave: digital twin, design for future, sviluppo sostenibile, planet life design.

### Introduzione

Derivato dal latino *designare*, il termine "design" assume il duplice significato di "designare" e di "disegnare", esprimendo il concetto dell'intenzione e dell'attività progettuale di carattere inventivo [Maldonado 2013], seppure nel linguaggio comune continui a indicare anche l'espressione concreta e tangibile nella quale quest'ultima si estrinseca: un disegno, una decorazione, un motivo, un ornamento, uno stile o una composizione visiva. Inteso come pratica del progetto e capacità soggettiva di produrre valore estetico, di senso e talvolta economico nei prodotti industriali, siano essi artefatti materiali o comunicativi, fisici o virtuali, nel difficile compito di dare forma al linguaggio della modernità, il design si esprime oggi in valenze assai ampie, dal reale al virtuale, dal prodotto ai servizi [Trabucco 2015].

Non a caso la WDO (*World Design Organization*) definisce il design come «a strategic problem-solving process that drives innovation, builds business success, and leads to a better quality of life through innovative products, systems, services, and experiences. [...] Design provides a more optimistic way of looking at the future by reframing problems as opportunities. It links innovation, technology, research, business, and customers to provide new value and competitive advantage across economic, social, and environmental spheres» [1]. E ancora «Design is a problem solving activity, a creative activity, a systemic activity, and a coordinating activity» [Borja De Mozota 2003, p. 23].

Parallelamente, per il Diritto Industriale il termine "disegno" è sinonimo di realizzazione grafica volta a delineare

l'aspetto di un prodotto bidimensionale; "modello", per contro, esprime il medesimo concetto in relazione a un prodotto tridimensionale [Floridia 2020].

Analizzando il rapporto tra design e disegno, appare quindi interessante approfondire la relazione tra la realtà e la sua immagine, tra il processo progettuale e la bivalenza del suo esito finale che corre su due piani, l'artefatto fisico e il suo modello digitale, ponendo l'attenzione sulla specificità dell'ambito disciplinare del disegno, nella generazione, costruzione e analisi di disegni, immagini e modelli, come esiti di rappresentazioni scalari di realtà esistenti o progettate. Dal punto di vista etico e culturale, l'interpretazione che offre Baudrillard di codici, modelli e segni, sottolinea le forme di organizzazione di un nuovo ordine sociale dominato dalla simulazione e da una paradossale "iperrealtà" dove l'esperienza umana è una emulazione della realtà [Baudrillard 1981]. Baudrillard reinterpretò la realtà sociale contemporanea definendola come il risultato di un processo di simulazione e sostituzione che si termina nello stadio in cui il simulacro smette di essere copia della realtà distaccandosene *in toto* [Caro et al. 2020]. Senza dover prendere in considerazione gli esempi più lampanti rappresentati dai *social networks* e dalla cultura del feticismo dell'immagine che ne risulta, ancor più emblematico è il recente fenomeno della nascita dei metaversi e dei *Non-Fungible Tokens* (NFTs).

Un universo, quello del virtuale, che rimette al centro della discussione il tema dell'utilità e dell'etica del design: se non possiamo e non vogliamo esimerci dal convivere con l'iperreale, ci chiediamo che ruolo può assumere il design, che per definizione presiede alla configurazione dei caratteri morfologici, estetici, simbolici, culturali, relazionali, funzionali, tecnologici e produttivi degli artefatti, materiali e immateriali. Obiettivi dell'azione progettuale sono il miglioramento della qualità della vita delle persone nei diversi contesti, presenti e futuri, e il contributo all'innovazione dei sistemi socio-tecnici verso modelli di sostenibilità, circolarità, inclusione ed equità sociale. In questo senso, il perimetro disciplinare del design sposta il proprio orizzonte includendo ambiti emergenti nei campi strategico-organizzativo, del digitale, dell'innovazione sociale, ed è aperto all'aggiornamento continuo in relazione alle sfide delle società contemporanee e alle nuove frontiere scientifico-tecnologiche. In questo senso si esplorano le potenzialità applicative dei domini visuali-sinestetici e informativo-computazionali tipici del design, e le innovazioni possibili nelle applicazioni a supporto del processo realizzativo alle varie scale.

## Il "gemello digitale"

Il termine *Digital Twin* (DT) o gemello digitale è usato sempre più spesso nelle discussioni tecniche e nel gergo comune, soprattutto in connessione alla digitalizzazione dei processi industriali, ma non solo. Anche in ambiti di ricerca il termine viene adottato sempre più frequentemente in relazione allo studio di sistemi complessi per mezzo di tecnologie digitali. Ad esempio, nella scienza della vita si parla di "gemello digitale" del corpo umano, nell'ambito dei cambiamenti climatici di *Digital Twin* del pianeta Terra.

Il *Digital Twin* si differenzia dalla ricostruzione 3D, che fornisce una rappresentazione statica del modello fisico, per il fatto di essere dinamico grazie alla possibilità di scambiare dati in tempo reale con la controparte fisica mediante l'utilizzo dei sistemi dell'IoT (*Internet of Things*). La sua paternità appartiene a Michael Vickers, che ne presenta un prototipo per la prima volta nel 1970 in occasione dell'utilizzo simultaneo da parte della NASA di quindici computer per creare le simulazioni che guidarono l'equipaggio dell'Apollo 13 nell'operazione di recupero spaziale. La prima applicazione software a livello industriale si deve, invece, a Michael Grieves, che nel 2002 presentò il gemello digitale come modello concettuale per la gestione del ciclo di vita di un prodotto (PLM) [2].

Come afferma Grieves [Grieves, Vickers 2016], il gemello digitale è un modello concettuale che dimostra che tutte le informazioni incorporate in un prodotto tangibile possono esistere digitalmente.

Il DT è un modello al computer, alimentato con dati raccolti da un sistema reale, in grado di rappresentare in modo sintetico ma fedele (spesso attraverso visualizzazioni con modelli 3D, grafici, curve e cruscotti) lo stato complessivo del gemello reale. Si tratta di un modello di software eseguibile che gira su un sistema *host*. Emula l'hardware, compresi i set di istruzioni della CPU, le mappe di memoria, i registri e gli *interrupt*, a un livello sufficiente che può essere adattato allo sviluppo del software. Dal punto di vista del software, è compatibile a livello binario con l'hardware emulato, consentendo agli utenti di eseguire immagini binarie non modificate dell'intero *stack software*, che comprende tutto, dai dispositivi e *firmware* di basso livello ai sistemi operativi, al *middleware* e, infine, all'applicazione da sviluppare. Semplificando potremmo dire che il DT è una perfetta integrazione tra lo spazio cibernetico e quello fisico, è l'equivalente di una centrale di controllo del gemello reale, sviluppata dentro un software e funzionante anche senza il sistema controllato.

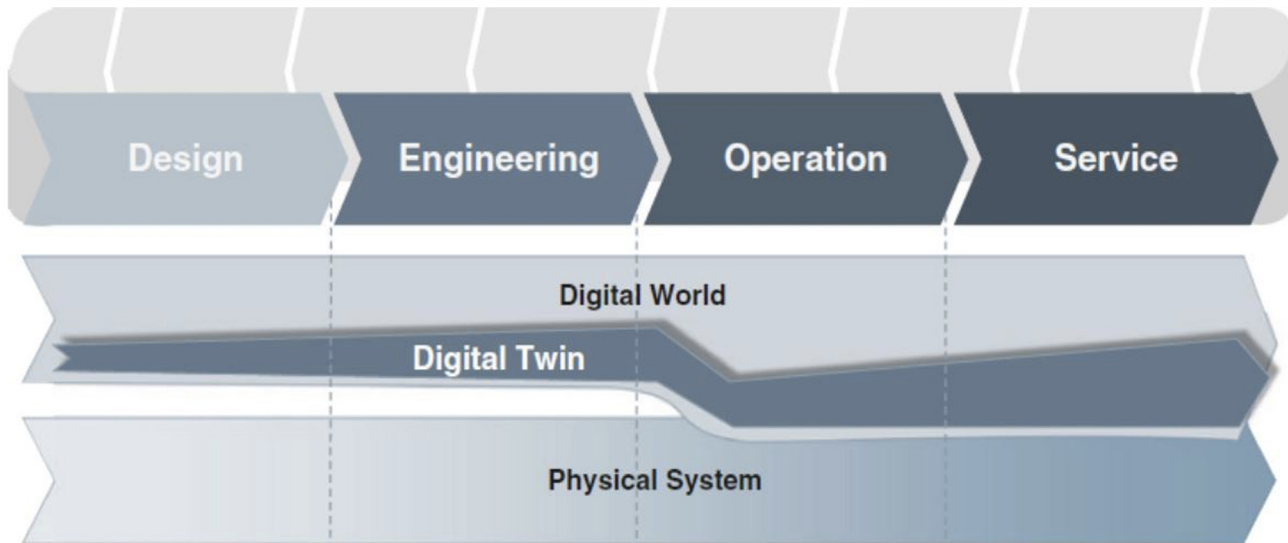


Fig. 1. Schema di applicazione del DT al processo di progettazione.

Secondo la schematizzazione di Grieves [2020], il gemello digitale è composto da tre elementi distinti: c'è il prodotto fisico che è sempre esistito, che possiamo definire 'gemello fisico', c'è poi la controparte virtuale, appunto il gemello virtuale, e infine il terzo elemento è dato dalla la connessione biunivoca tra la versione fisica e quella virtuale, e cioè dai dati provenienti dal mondo fisico, raccolti e trasmessi al suo gemello digitale.

Già nel 2019 Gartner, leader nella ricerca tecnologica, aveva incluso il DT nella sua Top Ten Strategic Technology Trends [3], ma di recente, il concetto di DT sta assumendo nuovi significati ampliandosi a modello digitale olistico di un sistema reale. Si tratta di uno strumento incredibilmente potente, perché consente non solo di avere il controllo delle funzioni allo stato in essere, ma anche di essere predittivi. Questo è reso possibile in gran parte dalla potenza di calcolo e analisi dati oggi disponibili nei supercalcolatori o in *cloud*. Le possibilità applicative del gemello virtuale sono ulteriormente amplificate in ambito industriale dalla crescente automazione dei processi, dove tutto è gestito da sistemi di telerilevamento e le operazioni di riconfigurazione e manutenzione devono avvenire senza intervento umano, diventando una delle tecnologie abilitanti più promettenti per la

realizzazione della manifattura intelligente e dell'Industria 4.0 [Tao et al. 2018].

I gemelli digitali possono fornire al settore produttivo soluzioni in grado di ottimizzare le prestazioni degli asset attraverso molteplici dimensioni di sostenibilità, sicurezza e redditività grazie a modelli adattivi, dati condivisi e visualizzazione avanzata (fig.1). Le tecnologie dei gemelli virtuali possono anche aumentare la velocità del *time-to-market*, riducendo al contempo il rischio associato a progetti complessi [Lo 2021]. Man mano che i nostri mondi fisici e digitali convergono, i gemelli digitali possono svolgere un ruolo chiave nell'aiutare la società a superare alcune delle sue sfide più urgenti per la sostenibilità, nell'ottica di garantire una migliore qualità della vita per tutti [Tao et al. 2020].

#### Approccio olistico alla sostenibilità attraverso il *Digital Twin*

La sostenibilità è un traguardo poliedrico, ambientale, economico, sociale, e lo strumento ultimo per conseguirla è la conoscenza, nelle sue varie forme, soprattutto, quella della complessità dell'ecosistema. Gli ecosistemi hanno in sé la

grande potenzialità di preservare la vita, con un dinamismo caratterizzato da ciclicità e sussidiarietà reciproca. Purtroppo, questa sussidiarietà ecosistemica è fortemente modificata in modo diretto e indiretto dall'impronta antropica [Tartaglia et al. 2021].

Per questo il termine sostenibilità è sempre più associato a quello di responsabilità, ovvero, la necessità di interpretare in fieri bisogni sociali, sicurezza, protezione dell'ambiente, etica delle produzioni, e fornire ad essi una giusta risposta.

L'*European Green Deal* [4] è il piano d'azione per rendere sostenibile l'economia dell'UE, trasformando le sfide climatiche e ambientali in opportunità e rendendo inclusiva la transizione. Il *Green Deal* europeo ha il compito di evitare le emissioni nette di gas serra entro il 2050, promuovendo un modello di crescita economica disaccoppiato dall'uso delle risorse, con un focus principale sull'inclusività, dove nessuna persona e nessun luogo devono essere lasciati indietro. I punti principali spaziano tra l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare, il ripristino della biodiversità e la riduzione decisa delle emissioni e dell'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria. Sono stati inoltre messi a disposizione una serie di strumenti di finanziamento per sostenere la creazione di una legge europea sul clima, necessaria per trasformare l'impegno teorico e politico in un obbligo legale e quindi in un'azione efficace. Il raggiungimento di questo obiettivo richiederà azioni da parte di tutti i settori dell'economia europea, compresi gli investimenti in tecnologie trasversali innovative e rispettose dell'ambiente, il sostegno all'innovazione dell'industria, la diffusione di forme di trasporto pubblico e privato più pulite, economiche e salutari, la decarbonizzazione del settore energetico.

In questo senso, il ruolo del design appare indispensabile, proprio perché orientato alla progettazione di scenari complessi e alla definizione delle modalità di interazione degli uomini con gli uomini, e degli uomini con il proprio habitat [Terenzi 2021].

Parallelamente, oggi ci si muove in modelli mutevoli che necessitano di rispondere rapidamente agli stimoli sociali culturali e politici. Modelli che assumono pertanto carattere di alta flessibilità e adattabilità. La fluidità del contesto ha ampliato esponenzialmente i confini operativi ed epistemologici del design, che non è più progettazione della componente estetica della produzione in serie ma diventa design per lo sviluppo di nuovi comportamenti, dove gli oggetti e servizi sono pensati non solo per rispondere alle esigenze espresse, ma anche e soprattutto per individuare e anticipare i bisogni latenti in chiave di sviluppo sostenibile.

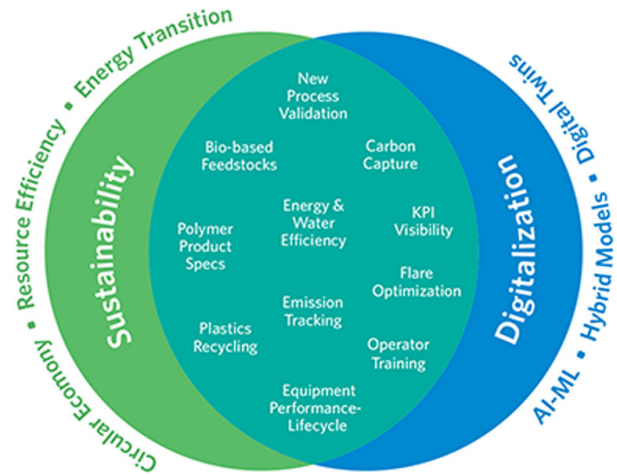
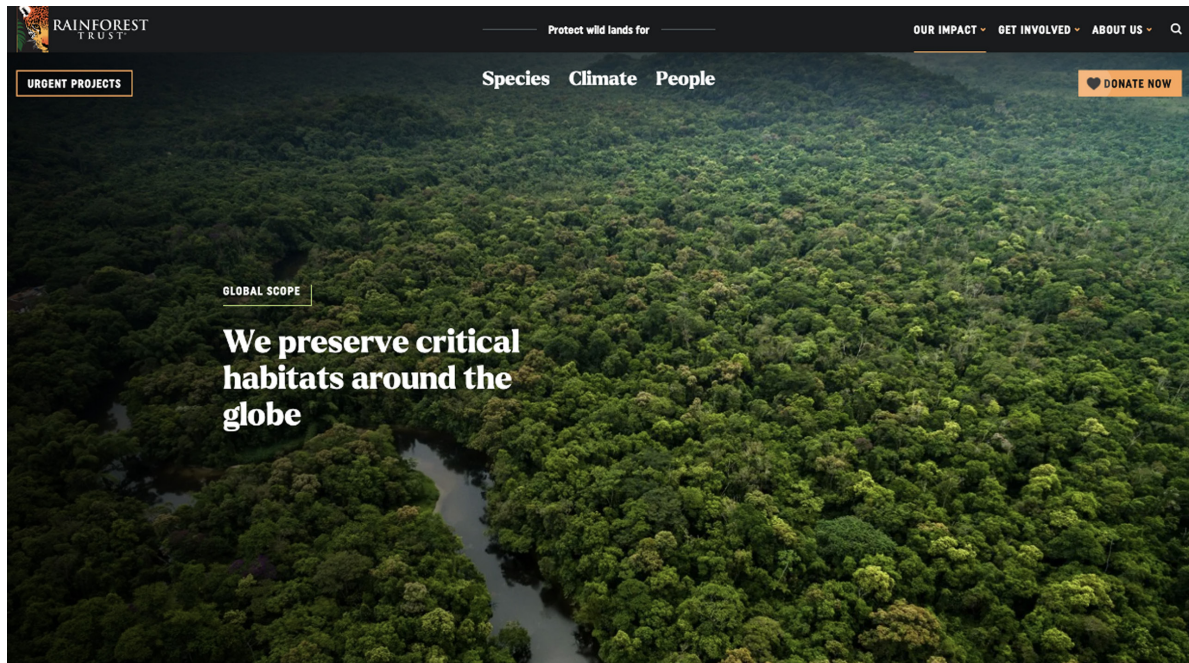


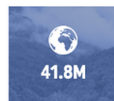
Fig. 2. Gemelli digitali come parte integrante dell'approccio sostenibile. <https://www.automation.com/en-us/articles/march-2022/make-digital-twins-sustainability-program> (consultato il 21 dicembre 2022).



DID YOU KNOW?



of the world's biodiversity is found in rainforests



acres protected around the globe



acres of rainforest—twice the size of San Francisco—disappear each day

OUR IMPACT

**We protect the world's most threatened species by protecting the ecosystems they depend on**

For more than 30 years, we have demonstrated that safeguarding critical habitat is the most effective way to protect species. We work with local partners to develop projects aimed at securing vital habitat.

[DONATE NOW](#)

Fig. 3. Homepage della piattaforma Rainforest Trust.



L'anticipazione è sempre più al centro dei dibattiti contemporanei urgenti, dal cambiamento climatico alla crisi economica. Questo aspetto sottolinea la componente anticipatoria alla quale il progetto, oggi più che mai, è chiamato a rispondere. Secondo il pensiero di Bernard Cazes, il fatto di pensare al futuro è da sempre una componente essenziale della natura umana e le pratiche anticipatorie stanno venendo in primo piano nella vita politica, organizzativa e personale, ma anche nelle pratiche del design [Arnaldi, Poli 2012]. Se per Viktor Margolin [2017] progettare nel presente richiede una visione di ciò che il futuro potrebbe e dovrebbe essere, secondo Bertrand de Jouvenel [2018] abbiamo dei futuri possibili, o futuribili, mentre per Berger la concezione francese di prospettiva come visione del futuro rimanda a tre aspetti: conoscenza sul passato e sul presente; immaginazione e volontà [Arnaldi, Poli 2012].

In questo contesto, l'azione progettuale diventa il nesso pratico tra il passato e il "futuro possibile" e i manufatti materiali e immateriali che essa produce esplicitano la possibilità di esistere nel momento stesso in cui si realizzano e allo stesso tempo la loro potenzialità per quello che potrebbero essere. Tra il concetto di sostenibilità e le possibilità di predizione, assume un nuovo ruolo la trasformazione digitale (fig. 2).

La digitalizzazione ha dimostrato di essere uno dei principali abilitatori per la costruzione di economie e società più sostenibili, grazie al suo potenziale attuale e futuro, nel facilitare nuovi modelli di consumo, di produzione e di lavoro, e quindi, anche a supporto della realizzazione dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite [Tzachor et al. 2022]. La crescente abbondanza di dati a disposizione può guidare le scelte verso decisioni più intelligenti e informate, mentre la crescita dell'automazione e dell'IA (Intelligenza Artificiale) può rendere le nostre azioni più efficienti ed efficaci. Un ambiente digitale che riflette, rispecchia ed evolve prima dell'ambiente fisico come quello del DT rappresenta un vantaggio unico dal punto di vista della sostenibilità, perché permette di prevedere le evoluzioni dei sistemi complessi elaborati.

I DT possono guidare la sostenibilità sostanzialmente su due livelli diversi. Da un lato, possono essere utilizzati per acquisire, organizzare e visualizzare dati, per fornire un modello realistico del mondo fisico. Questo aspetto rappresenta un valido aiuto volto a capire e quantificare ciò che sta accadendo e per combinare dati differenti utili all'osservazione dell'impatto delle decisioni rispetto al sistema elaborato.

Il valore del gemello digitale è che l'informazione sostituisce lo spreco di risorse fisiche. I bit sono più economici degli

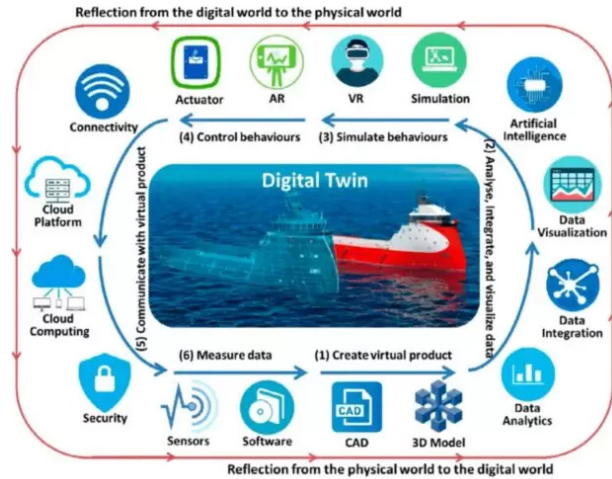


Fig. 4 ILIAD project Digital Twin of the Ocean (DTO).  
Cfr. : <<https://zeroemission.eu/ue-stanzianti-17-mln-di-euro-al-progetto-iliad-per-l-elaborazione-gemello-digitale-degli-oceani/>> (consultato il 19 dicembre 2022).

atomi, mentre i bit diventano più economici a un ritmo esponenziale e gli atomi più costosi al ritmo dell'inflazione. Possiamo utilizzare le informazioni dei gemelli digitali per creare, produrre, far funzionare e supportare i prodotti e i sistemi in modo più efficace ed efficiente.

Dall'altro, il modello digitale può assumere il ruolo di guida predittiva per il futuro, confrontare possibili scenari e prevedere l'esito delle diverse alternative prima che le decisioni vengano prese.

Queste potenzialità rappresentano vantaggi di vasta portata in una varietà di settori [Tao et al. 2019]. La natura dinamica della modellazione si presta alla ottimizzazione di risorse, processi e sistemi in ambiti come la gestione delle risorse, la gestione del traffico o l'ottimizzazione della logistica, il bilanciamento delle reti energetiche o facilitare la resilienza di fronte agli impatti dei cambiamenti climatici.

Il modello *Digital Twin* è stato utilizzato dalla NASA per i veicoli spaziali [Glaessgen, Stargel 2012] e dalla *U.S. Air Force* per i caccia a reazione [Tuegel 2012].

L'industria petrolifera sta esplorando l'uso del *Digital Twin* per le piattaforme di produzione oceaniche [Renzi et al. 2017] mentre *General Electric* ha utilizzato ampiamente il termine, soprattutto per le apparecchiature di generazione di energia [Castellanos 2017]. I gemelli virtuali sono stati utilizzati nello sviluppo dell'85% dei veicoli elettrici del mondo, di oltre il 75% dell'energia eolica globale, hanno permesso di realizzare il primo aereo solare al mondo e hanno contribuito allo sviluppo di numerosi biomateriali.

La descrizione di alcuni esempi pratici aiuta a meglio comprendere le possibilità di sviluppo in chiave sostenibile del gemello digitale.

*Rainforest Trust* è una organizzazione di conservazione che crea *Digital Twin* di foreste pluviali ai tropici. L'obiettivo è quello di interpretare i dati per consentire agli esperti di identificare i paesaggi che necessitano di protezione immediata per dare la priorità alle specie che risultano maggiormente minacciate e avere l'effetto positivo immediato di tutela della biodiversità per le specie arboree del pianeta. Sulla base delle previsioni, il *Rainforest Trust* acquisisce terreno con caratteristiche di specifica efficienza, per salvare gli acri di maggior impatto per la protezione della fauna selvatica (fig. 3).

L'*European Digital Twin Ocean* (DTO) nasce su iniziativa della Presidente della Commissione europea Ursula von der Leyen, per sostenere il quadro della missione dell'UE 'Restore Our Ocean and Waters' e consentire il raggiungimento dell'obiettivo del *Green Deal* europeo. In questa ottica, il Consorzio ILIAD ha ottenuto una sovvenzione di 17 mi-

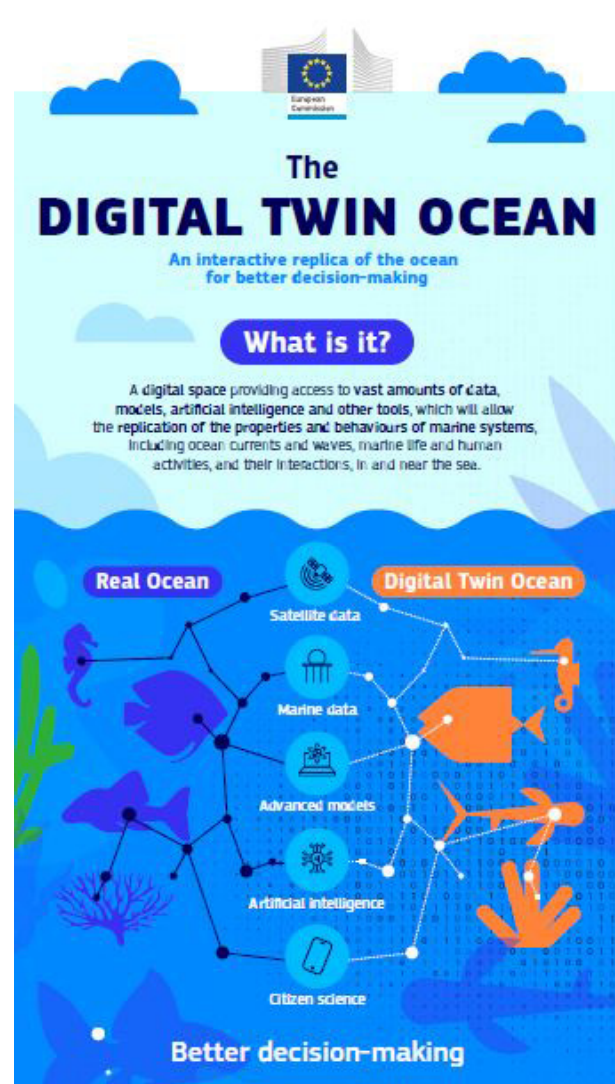


Fig. 5. Digital Twin of the Ocean, EU Missions in Horizon Europe. Cfr.: <[https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/restore-our-ocean-and-waters/european-digital-twin-ocean-european-dto\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/restore-our-ocean-and-waters/european-digital-twin-ocean-european-dto_en)> (consultato il 19 dicembre 2022).

## ILIAD FIELDS OF APPLICATION OF DTs









 Wind energy	Blue economy, harness ocean electricity, integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), a clean, productive, predicted, safe ocean.	 Pollution	Pollution monitoring, mitigation, and remediation, integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), high resolution, near real time, stop waste entering the ocean, a clean, healthy and resilient, productive, predicted, safe ocean.
 Renewable energy from the ocean: currents, waves, floating solar	Blue economy, harness ocean electricity, integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), a clean, productive, predicted, safe ocean.	 Met ocean data: hind-, now- and forecasts	Integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies, mapping the ocean (share and manage ocean data), understand & forecast ocean behaviour & climate change, sea level rise and extreme values in coastal environments, a predicted, safe, accessible, inspiring & engaging ocean
 Fisheries and aquaculture	Farm to fork, integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), High resolution, near real time a clean, healthy and resilient, productive, predicted, safe ocean.	 Biodiversity assessments and monitoring	Protect biodiversity, Integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), a clean, healthy and resilient, —predicted, safe, accessible ocean
 Marine traffic and harbour safety	Marine socio-economic systems, blue economy, integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), a productive, predicted, safe, accessible ocean.	 Insurance for marine and maritime activities	Marine socio-economic systems, blue economy, integrate data, models, physical ocean observatories at sea and digital technologies (HPC, AI, data analytics), a productive, predicted, safe, accessible ocean.

Fig. 6. ILIAD fields of application of DTs. Cfr.: <<https://www.ocean-twin.eu/news/article/what-is-a-digital-twin-of-the-ocean-and-what-can-it-be-used-for>> (consultato il 19 dicembre 2022).



lioni di euro dall'Unione Europea per sviluppare e lanciare un DTO che fornirà previsioni altamente accurate dei dati in evoluzione nei mari globali attraverso algoritmi di AI. Il progetto ILIAD svilupperà un DT contenente rappresentazioni virtuali del mare che integrerà ed estenderà l'osservazione della Terra dell'UE attraverso modelli predittivi e infrastrutture digitali per fornire dati e previsioni altamente accurate, dal cambiamento climatico alle energie rinnovabili marine (figg. 4-6). Durante l'incontro *One Ocean Summit* del febbraio 2022 Ursula von der Leyen ha spiegato come un gemello digitale dell'oceano sia un'opportunità per l'Europa di concentrare l'attenzione sulle nostre risorse oceaniche collettive da preservare.

Ad oggi, uno dei *City Digital Twin* più avanzati è quello della città di Zurigo. A supporto delle *smart cities*, si prevede che il gemello digitale delle città riesca a riflettere e influenzare in modo mirato le funzioni e i processi urbani per migliorarne la realizzazione, l'operatività e la gestione. Come parte importante della strategia *smart city* della città, il gemello digitale di Zurigo è stato sviluppato per supportare il processo decisionale attraverso un'immagine spaziale digitale. Esso consente di visualizzare gli spazi stradali, i servizi sotterranei e gli edifici pubblici scelti con livelli di dettaglio più elevati. Inoltre, sono stati sperimentati diversi vantaggi e applicazioni che si sono rivelati utili nel contesto del processo decisionale di pianificazione urbana, come il confronto e la valutazione di diversi scenari di sviluppo urbano, la facilitazione della partecipazione pubblica alla pianificazione, l'integrazione delle questioni climatiche urbane nei piani di sviluppo con la simulazione degli effetti di un cambiamento ambientale, supportando il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica definiti nella missione *Climate-neutral and smart cities*.

Il gemello digitale della città di Zurigo mostra un elevato potenziale per migliorare la visualizzazione e la pianificazione della città e l'inclusione delle parti interessate, nell'ottica di migliorare la qualità della vita dei suoi cittadini (fig. 7).

Infine, vediamo come la difficile gestione della mole dei dati utilizzati per rendere tutto questo possibile, possa essere essa stessa resa più sostenibile. Infatti, come è ben noto, i *data center*, spazi fisici dedicati all'archiviazione dei sistemi informatici che ospitano server, contribuiscono in modo significativo alle emissioni di CO<sub>2</sub>. Ad esempio, ogni ricerca *online* ha un costo ambientale per il pianeta, tanto che nell'elaborazione di 3,5 miliardi di ricerche al giorno, Google rappresenta circa il 40% dell'impronta di carbonio di Internet. I movimenti meccanici all'interno delle *Computer Processing Unit* (CPU) e la rotazione continua dei dischi rigidi richiedono grandi quantità di

elettricità e quindi capacità di raffreddamento. Un *Digital Twin* di questo processo ha la capacità di identificare potenziali alterazioni per ridurre le duplicazioni dei dati nell'archiviazione (*Dark Data*) e anche migliorare le prestazioni nei centri per ridurre al minimo il consumo di energia non necessario. In questo senso il DT può rivelare modifiche piccole ma di grande impatto alla gestione dei *data center*, che possono ottenere vantaggi fino al 70% di riduzione dell'energia, correlata al risparmio sui costi.

## Conclusioni

È innegabile che la scienza e la tecnologia stiano accelerando a ritmi senza precedenti, ma è necessario capire oggi le implicazioni di come questi progressi tecnologici influiranno direttamente su tutti gli aspetti della società, e su come volgerli in chiave di miglioramento della vita sul pianeta.

Seppure fino a pochi anni fa una ricerca su Internet del termine *Digital Twin* avrebbe prodotto una manciata di risultati, oggi la stessa ricerca produce oltre un milione di risultati, mentre una ricerca di immagini di DT produce mezzo milione di immagini, includendo applicazioni nei settori più disparati. I vantaggi dei gemelli virtuali sono numerosi, e il più importante è il supporto e l'accelerazione che queste tecnologie possono dare per la transizione verso un'economia più circolare. Man mano che le organizzazioni e la nostra società maturano digitalmente, il gemello digitale può passare dalla descrizione di elementi della realtà presente, di cosa sta accadendo, alla descrizione della previsione del futuro e del perché, alla proposta di interventi e, potenzialmente, dare grande impulso alla transizione ecologica. Un supporto importante in questo senso è dato anche dai metodi di rappresentazione utilizzati e ulteriormente affinabili volti alla definizione dei gemelli virtuali, e quindi al loro disegno, inteso nella più ampia accezione di mezzo conoscitivo della struttura formale, di strumento per l'analisi, la trasmissione, la fruizione e divulgazione dei valori esistenti, tangibili e intangibili. E questo può essere applicato all'intero ciclo di vita dell'*asset*, del processo, del sistema o dell'organizzazione, creando valore attraverso l'innovazione continua.

Nel gemello virtuale, il reale e il virtuale esistono uno in funzione dell'altro, l'intangibilità del DT passa attraverso una ricostruzione della realtà, in uno scambio biunivoco, con l'obiettivo di arrivare a una evoluzione dell'esistente in uno scenario prossimo, che viene definito per essere manipolato nell'ottica di previsione del futuro.

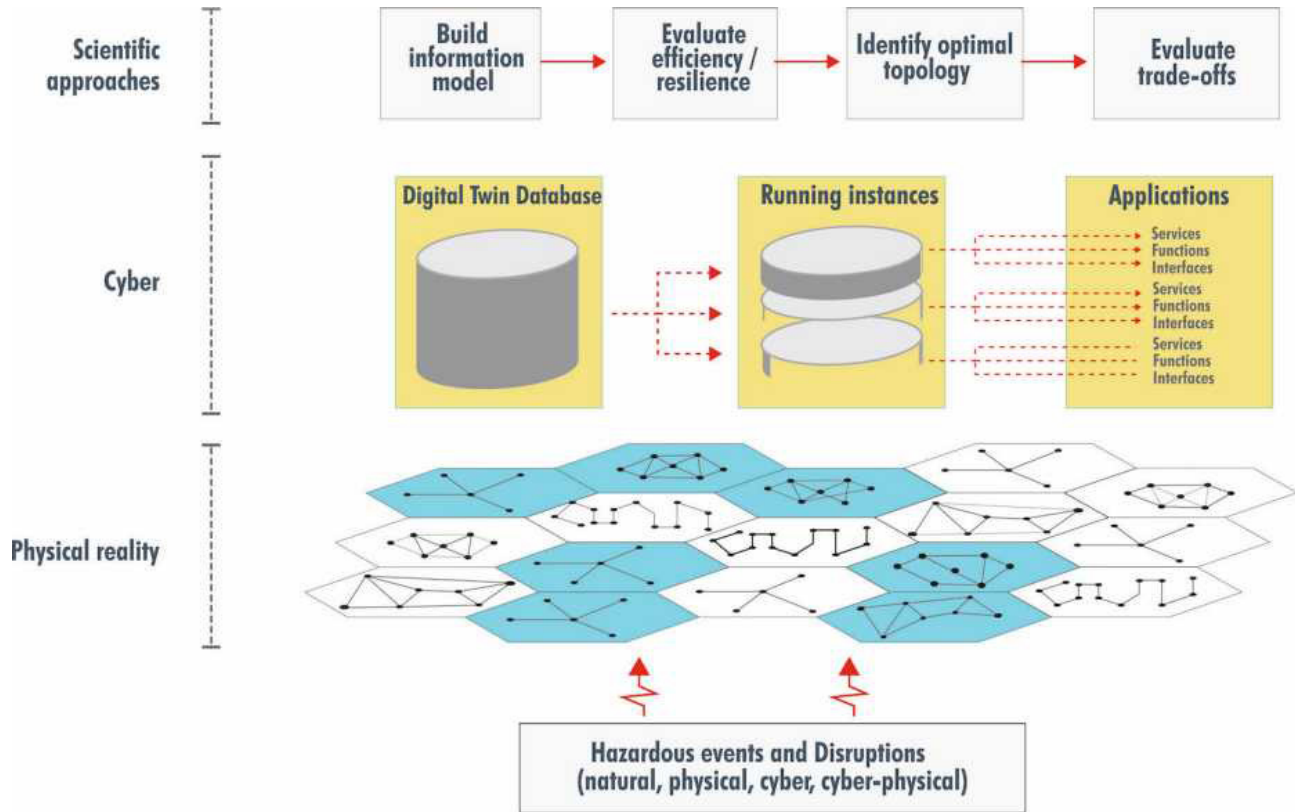


Fig. 7. Schema del modello digitale della città di Zurigo. I modelli informativi insieme ai modelli multifisici evidenziano le interdipendenze all'interno di un ambiente di supporto decisionale collaborativo abilitato dal Digital Twin. Cfr.: <<https://frs.ethz.ch/research/cyber-physical-systems/digital-twin-enabled-system-resilience.html>> (consultato il 19 dicembre 2022).

Una peculiarità intrinseca del sistema, non ancora del tutto svicerata, è senz'altro quella di leggere le potenzialità del gemello virtuale nell'ottica delle possibilità che esso offre di diminuzione di emissioni di CO<sub>2</sub>, in tutte le sue declinazioni potenziali. Secondo gli analisti, nel 2025 il mercato dei DT ammonterà a ben 35,8 miliardi di euro, quasi dieci volte il suo valore di sei anni prima e possono portare a 7,5 Gt di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2030.

Per massimizzarne i vantaggi, i gemelli digitali non dovranno concentrarsi sulle singole risorse, ma elevarsi per comprendere e operare su interi processi e contesti.

Raggiungere il fragile equilibrio degli obiettivi di sostenibilità, considerando in modo equo le persone, il pianeta e il profitto, è una sfida considerevole, ma che deve essere affrontata, e le tecnologie digitali saranno al centro di questa transizione. Per fare questo, è importante che l'ecosistema sia sufficientemente flessibile da adattarsi alla sua crescita, tenendo conto di un mondo che cambia e di una portata geografica e sociale in espansione.

Da un lato i vantaggi sono indubbi, dall'altro ci sono limiti all'ambito di applicazione, e uno di questi è legato, ad esempio, alla *privacy*. L'altro tema è quello della responsabilità individuale e collettiva, di evitare che il trionfo del contenuto soppianti il contenuto, che la presenza ubiqua di simboli, narrazioni fallaci e virtuali, assumendo sempre più rilievo e importanza a scapito delle realtà che descrivono, finisca per divenire l'unico strumento interpretativo disponibile.

In questo senso, appare, infine, interessante aprire le prospettive e fare un parallelo con un altro sistema virtuale che interessa la trasformazione dell'epoca contemporanea, quale il concetto di metaverso.

I gemelli digitali, essendo copie digitali in tempo reale di un oggetto fisico, possono essere definiti come elementi costitutivi del metaverso, e vedono appunto nei metaversi la loro

naturale evoluzione, in quanto connessione generale tra il mondo digitale e il mondo fisico che consente e sfrutta la possibilità di passare da una realtà all'altra e amplia le esperienze possibili. Il metaverso sintetizza il percorso di sostituzione della realtà, del valore individuale e concreto, con una nuova concezione ontologica di verità: la verità dell'illusione, di 'realtà senza realtà'. In altre parole, seppure i DT e il metaverso condividano le stesse logiche di base di funzionamento, è altrettanto vero che mentre i primi consistono in una serie di istanze virtuali di un asset fisico, caratterizzate da un flusso continuo di dati in tempo reale che consente di utilizzare l'*Internet of Things*, l'intelligenza artificiale e il *machine learning*, per effettuare analisi predittive e simulazioni complesse in tempo reale, per i metaversi non c'è ancora una chiarezza di intenti su come canalizzare le potenzialità delle esperienze totalmente immersive in una realtà simulata, non necessariamente gemella rispetto al mondo reale.

In merito alla loro sostenibilità, in termini ambientali, per quanto ci siano già primi studi che indicano anche le probabili ricadute positive in termini di riduzione della CO<sub>2</sub> di un progressivo e massivo utilizzo dei metaversi, questo è ancora tutto da verificare. Sostituire i beni fisici con quelli virtuali può idealmente consentire, ad esempio, di ridurre l'impatto ambientale delle catene di produzione; inoltre, favorire gli eventi digitali, preferendoli a quelli in presenza, farebbe calare la necessità di spostarsi con mezzi inquinanti e migrare le attività sociali nella realtà virtuale consentirebbe di ridurre in modo drastico i rifiuti prodotti, eliminando lo spreco. Va però rilevato che questa tendenza può rischiare di lasciare un'impronta sul nostro ecosistema perché apre le porte a nuove necessità e a nuovi abitudini e modelli di consumo strettamente legati all'utilizzo di Internet, che farebbero comunque aumentare la domanda di nuovi relativi servizi e materie prime.

## Note

[1] Cfr.: <<https://wdo.org/about/definition/>> (consultato il 19 dicembre 2022).

[2] Cfr.: <<https://studylib.net/doc/15295818/plm-presentation>> (consultato il 19 dicembre 2022).

[3] Cfr.: <<https://www.gartner.com/en/documents/3904569>> (consultato il 19 dicembre 2022).

[4] Green Deal. Available online: <[https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_it](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it)> (consultato il 30 settembre 2022).

## Autore

Benedetta Terenzi, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale Università degli Studi di Perugia, [benedetta.terenzi@unipg.it](mailto:benedetta.terenzi@unipg.it)

## Riferimenti bibliografici

- Arnaldi, S., Poli, R. (a cura di). (2012). *La previsione sociale. Introduzione allo studio dei futuri*. Roma: Carocci Editore.
- Baudrillard, J. (2008). *Bestie Beaubourg, apparenze e altri oggetti*, (a cura di M.G. Brega). Milano: Edizioni Pgreco.
- Borja de Mozota, B. (2005) Design Management: Using Design to Build Brand Value and Corporate Innovation. In *Technovation*, Vol. 25, Issue 3, pp. 305-306.
- Caro, T. L., Moroncini, B., Brega, M. G. (2020). *Icona e simulacro*. Potenza: Edizioni Grenelle.
- Castellanos, S. (2017). GE's Digital Replicas, Which Monitor Machines, Gain a Voice. *Wall Street Journal*. New York, Dow Jones.
- de Jouvenel, B. (2018). *L'avenire della politica e l'arte della congettura*. Roma: Biblioteca di Storia e Politica, Editore Pagine.
- Economist, T. (2015). *The digital twin*. GE Lookahead.
- European commission, *Shaping europe's digital future*, 19 febbraio 2020.
- Florida, G. (2020) I disegni e modelli. In *Diritto industriale. Proprietà intellettuale e concorrenza*, VI ed., p. 289. Torino: Giappichelli.
- Glaessgen, E. H., D. Stargel. (2012). The digital twin paradigm for future nasa and us air force vehicles. *AAIA 53rd Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference*, Honolulu, Hawaii.
- Grieves, M., J. Vickers. (2016). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems*. F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt and A. Alves. Switzerland, Springer: pp. 85-114.
- Grieves, M. (2019). Virtually Intelligent Product Systems: Digital and Physical Twins. *Complex Systems Engineering: Theory and Practice*. S. Flumerfelt, K. Schwartz, D. Mavris and S. Briceno, American Institute of Aeronautics and Astronautics: pp. 175-200.
- Grieves, M. (2020). Digital Twin: Developing a 21st Century Product Model. In *Voices of Practitioner Scholars in Management*. Publisher, pp. 197-210. USA: Orange Frazer Press.
- Ham, Y., Kim, J. (2020). Participatory sensing and digital twin city: Updating virtual city models for enhanced risk-informed decision-making. In *Management in Engineering*, 2020, 36, ASCE.
- Lo, C.K., Chen, C.H., Zhong, R.Y. (2021). A review of digital twin in product design and development. In *Advanced Engineering Informatics*: 48, 101297.
- Maldonado, T. (2013). *Disegno industriale: un riesame*. Milano: Feltrinelli.
- Margolin, V. (2017). *Design, the Future and the Human Spirit*. Design Issues, 23 (3), pp. 4-15
- Renzi, D., D. Maniar, S. McNeill, C. Del Vecchio (2017). Developing a Digital Twin for Floating Production Systems Integrity Management. Offshore Technology Conference. Rio de Janeiro, Offshore Technology Conference.
- Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., Guo, Z., Lu S.C.Y., Nee A.Y.C. (2018). Digital twin-driven product design framework. In *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2018.1443229
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., Nee, A.Y.C. (2019). Digital Twin in Industry: State-of-the-Art. In *IEEE Trans. Ind. Inform*: 15, pp. 2405-2415.
- Tao, F., Liu, A., Hu, T., Nee, A.Y.C. (2020) *Digital Twin Driven Smart Design*. Paperback ISBN: 9780128189184
- Tartaglia, A., Terenzi, B., Castaldo G. (2021). Landscape as Strategy for Environmental Multi-functionality. In Filippucci, M., Bianconi, F. (a cura di). *Digital Draw Connections. Representing Complexity and Contradiction in Landscape*. Cham: Springer, p.p 769-785.
- Terenzi, B. (2021) Antropocene: mappe per la progettazione del futuro. In Cicalò, E. Menchetelli, V., Valentino M. (a cura di). *Linguaggi Grafici MAPPE*. Alghero: Publica, pp. 1564-1593
- Trabucco, F. (2015). *Design*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Tuegel, E. (2012). The Airframe Digital Twin: Some Challenges to Realization. 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Tzachor, A., Sabri, S., Richards, C.E. et al. (2022). Potential and limitations of digital twins to achieve the Sustainable Development Goals. In *Nat Sustain* <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00923-7>