

## ARTICLE INFO

Received	31 January 2024
Revised	18 March 2024
Accepted	13 April 2024
Published	30 June 2024

## LA DECARBONIZZAZIONE DEGLI EDIFICI SARÀ SUFFICIENTE?

Limitare e ridistribuire l'aumento di superficie costruita

## WILL DECARBONISING BUILDINGS BE ENOUGH?

Constrain and redistribute growth in floor area

David Ness

### ABSTRACT

Se per fronteggiare il cambiamento climatico la decarbonizzazione dell'ambiente costruito è indicata come la principale strategia attraverso energie rinnovabili ed efficienza energetica, tuttavia essa non prende in esame il ruolo svolto dall'aumento di superficie costruita e il relativo consumo indiscriminato di materiali e risorse naturali che invece, spostando il quadro di riferimento, dovrebbero essere considerati come la causa principale non solo dei cambiamenti climatici, ma anche della perdita di biodiversità e dell'aumento delle disuguaglianze nel mondo. Il recente riconoscimento dell'importanza del carbonio incorporato ha portato una maggiore attenzione a un diverso approccio finalizzato a ridurre e ridistribuire l'aumento di superficie costruita, basandosi su dati statistici relativi al carbonio, alla superficie edificata e alle diverse tipologie edilizie. Prendendo in esame gli scenari di crescita e utilizzando un approccio creativo sistemico e il concetto di 'innovability', il saggio introduce il ruolo della 'sufficienza' per ridurre il consumo di nuovo suolo e per rispondere alle esigenze dei nuovi servizi resi possibili dalla digitalizzazione. Se da un lato questo cambiamento trasformativo può ridurre drasticamente le emissioni di carbonio, la perdita di biodiversità e le disuguaglianze, dall'altro pone sfide e opportunità importanti per architetti, progettisti e altri operatori del settore.

While decarbonising the built environment is a dominant strategy in tackling climate change, centred on renewable energies and energy efficiency, it overlooks the role played by growth in built floor area in overconsumption of material and other natural resources. Shifting our frame of reference enables us to view this as the root cause of not only climate change, but also the destruction of biodiversity and increased global inequity. Recent recognition of embodied carbon has led to increased attention to ways of reducing and redistributing growth in global floor area – for both new builds and renovations – based upon carbon budgets with floor area projections and allocations for various building typologies. In reviewing growth projections, and employing creative systems thinking and 'innovability', the essay introduces the role of 'sufficiency' in avoiding, reducing and prioritising demand in the built environment, coupled with novel ways of meeting service needs enabled by digitalisation. While such a transformative change may dramatically reduce carbon consumption, biodiversity loss and global inequity, it also poses major challenges and opportunities for architects, designers and other industry stakeholders.

### KEYWORDS

emergenza climatica, sufficienza, sovraconsumo di risorse, disuguaglianza, innovability

climate emergency, sufficiency, overconsumption of resources, inequality, innovability



**David Ness**, Architect and PhD, is an Adjunct Professor within UniSA STEM at the University of South Australia. He focuses on 'sufficiency' among ways to deliver more services with less resource consumption, carbon, and cost. David was awarded the ARUP Global Research Challenge 2017 for adapting the circular economy to the built environment. He has advised UN ESCAP and UN-Habitat on 'green growth' and eco-efficient and inclusive infrastructure. E-mail: david.ness@unisa.edu.au

La risposta all'emergenza climatica viene spesso enfatizzata in termini di 'decarbonizzazione', promuovendo una transizione energetica basata sulle energie rinnovabili e sul miglioramento dell'efficienza energetica dell'ambiente costruito. Tuttavia raramente ci si rende conto che il consumo di risorse materiali – comprese quelle associate agli impianti per le energie rinnovabili – gioca un ruolo importante nel computo dell'energia utilizzata e delle emissioni generate (Haigh, 2023; Fig. 1). Probabilmente, per fornire una risposta più incisiva, dovremmo spostare il focus dalla decarbonizzazione al consumo eccessivo di materiali e altre risorse non rinnovabili che è triplicato negli ultimi 50 anni (UNEP, 2024), considerando, in una prospettiva più ampia, che il cambiamento climatico è uno dei sei limiti planetari che richiedono un'attenzione urgente e che anche altri, tra cui la perdita di biodiversità, sono stati già superati (Rockström et alii, 2023).

Tali questioni dovrebbero essere affrontate nel rispetto degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG), e in particolare con azioni per il clima (SDG 13), per la riduzione delle disuguaglianze (SDG 10) e per la vita sulla terra (SDG 15). Secondo Stahel (2008), rispondere alle sfide climatiche, come ad altre sfide, non è solo una questione di riduzione delle emissioni, ma anche di etica globale; probabilmente l'eccessivo consumo di risorse è l'elemento comune e alla radice di tutte queste crisi, con il 18% della popolazione che assorbe il 74% del consumo globale (Steffen et alii, 2015). Friends of the Earth Europe (2022) ha sottolineato che «Our core ecological problem is not climate change. It is overconsumption, with climate change and its social inequalities as the symptom». Una tale visione è ben rappresentata nel diagramma a 'coppa di champagne' (Fig. 2), inserito nell'Human Development Report (UNDP, 1992) e recentemente adattato da Oxfam (2023; Fig. 3): il 10% della popolazione più ricca è responsabile del 50% delle emissioni globali di carbonio, mentre il 50% delle persone più povere è responsabile solo dell'8%.

Hickel et alii (2022) hanno valutato i contributi nazionali al collasso dell'ecosistema in relazione all'estrazione dei combustibili fossili, evidenziando il concetto di 'quote equilibrate' di utilizzo delle risorse 'basate su principi di equità e sostenibilità' e sostenendo la necessità di un drammatico cambio di paradigma: l'1% più ricco del mondo deve ridurre il suo consumo di carbonio e l'uso delle risorse di circa il 96% affinché il 50% più povero possa aumentare le proprie emissioni pro capite di circa tre volte (UNEP, 2020). Analogamente Hickel et alii (2022) hanno rilevato come i Paesi ad alto reddito debbano ridurre l'uso di risorse mediamente del 70%; una tale stima evidenzia la necessità di una strategia globale di riduzione e riequilibrio del consumo di risorse per affrontare i cambiamenti climatici, la perdita di biodiversità e le disuguaglianze, chiamando il settore edilizio, tra i più energivori, a svolgere un ruolo di primo piano (Ness, 2022b).

**Rilevanza dell'aumento di superficie** | Gli edifici e le infrastrutture sono responsabili di circa il 40% delle emissioni globali, del 50% dell'estrazione di risorse e del 40% dei rifiuti e le emissioni annue legate alla costruzione di edifici stanno inesorabilmente aumentando. Nel 2016 hanno raggiunto i

3,7 Gt di CO<sub>2</sub>eq, con una incidenza crescente del carbonio e dell'energia 'incorporati' nelle fasi di estrazione, produzione di materiali e realizzazione dell'opera: oltre alle emissioni 'operative' (circa il 28%), esse attualmente rappresentano circa il 12% del totale durante il ciclo di vita di un edificio (Falk et alii, 2020). È stato inoltre rilevato che con una maggiore 'decarbonizzazione' delle fonti energetiche la quota di energia e di emissioni incorporate tende ad aumentare; ad esempio in Australia si prevede che essa costituirà l'85% del totale delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2050 (GBCA e thinkstep anz, 2021). In parole povere, secondo Barber (2023, p. 2) 'gli edifici sono più efficienti, ma sono anche più grandi e più numerosi'.

La United Nations Environment Programme e la Global Alliance for Buildings and Construction (UNEP, 2022) hanno segnalato che le emissioni legate all'aumento delle superfici costruite hanno superato i vantaggi derivanti dall'aumento dell'uso di energie rinnovabili e dall'efficienza energetica. Tale dato è stato confermato dall'IPCC (2022, chapter 9.4), mentre Falk et alii (2020) hanno rilevato, su base annua, che mentre il consumo di energia per metro quadro si sta riducendo di circa l'1,5%, la superficie costruita è aumentata di circa il 2,3%. Nonostante ciò il mondo delle costruzioni continua a puntare su innovazione tecnologica ed efficienza, pianificando una «[...] double global building floor area by 2060 by adding 230 billion square metres of new floor area, the equivalent of adding an entire New York City every 34 days» (Architecture 2030, 2021; Fig. 4). Purtroppo tali proiezioni sono raramente messe in discussione e senza un cambio di rotta facilmente diventeranno realtà.

Anche un'analisi superficiale delle implicazioni di una crescita così massiccia deve suscitare preoccupazione rispetto al sempre maggiore consumo di carbonio, alla distruzione degli habitat naturali (Fig. 5) e a una distribuzione tutt'altro che equa della crescita (Fig. 6), spesso giustificati come necessari per rispondere all'incremento dell'urbanizzazione e con affermazioni secondo cui «[...] 70 per cent of buildings standing in Africa by 2040 have not yet been built» (Oxford Economics, 2021, p. 39); d'altra parte, gli autori del report Future of Construction considerano l'urbanizzazione, che si prevede accelererà la crescita dei mercati emergenti, un'opportunità per il mondo capitalista, prevedendo una crescita simile anche negli Stati Uniti. In modo allarmante il settore continua a sostenere che gli obblighi climatici possono essere rispettati continuando a costruire nuovi edifici: «[...] we won't stop creating buildings, but we can pivot, make them part of the solution» (Himes, 2021), facendo affidamento sui cosiddetti materiali a basso contenuto di carbonio, a base biologica e fotosintetici (Ness, 2022a).

Sfidare tali mentalità e pratiche, ottenere sostegno e creare slancio per il cambiamento è importante non solo per rispettare gli accordi internazionali sul clima, ma anche per arrestare la perdita di biodiversità e l'incremento delle disuguaglianze. Le previsioni citate sono state elaborate dall'UN DESA (2018) e da altre Organizzazioni in un periodo in cui si accettava la necessità di una crescita economica continua e incrementale; tuttavia il clima è cambiato e questo approccio deve essere messo in discussione: la conferenza dal titolo Beyond Growth 2023, tenuta nel maggio

2023, 'smentisce' le previsioni di crescita prodotte dalla 'modellazione climatica integrata' (Sciences Po, 2023). È quindi indispensabile rivedere e mettere in discussione le previsioni di un aumento elevato della superficie costruita. Ma qual è la reale domanda di servizi, alloggi e infrastrutture? Dove si concentrerà? Può essere soddisfatta da soluzioni non edilizie, come servizi digitali e simili?

**Obiettivi, proposta e metodologia** | Affrontare le 'questioni' del nostro tempo con un approccio 'sistemico critico' (Irwin, 2018) e mettere in discussione l'eccessivo consumo di risorse (Ness, 2021b) richiede una drastica rottura di pensiero e politiche consolidati. Possiamo trovare ispirazione nelle arti e nel lavoro dell'artista del vetro Liam Fleming che, nei suoi 'Vasi Transitori' (Fig. 7), esprime il concetto di 'rinuncia al controllo', espandendo i confini della scultura del vetro: «[...] flat, curved, angled, and asymmetric Pillar Vase is a reference to the support structures and angles of the built environment»<sup>2</sup>. Allo stesso modo la 'innovability' può aprire orizzonti più ampi promuovendo il cosiddetto 'olismo creativo' piuttosto che il riduzionismo; secondo Jackson (2006) infatti esso presenta molti vantaggi rispetto ai tradizionali approcci riduzionistici nell'affrontare la complessità, il cambiamento e la diversità e può far emergere punti di vista e convinzioni divergenti su situazioni problematiche complesse, consentendo di apprezzare appieno 'visioni del mondo' alternative e le possibilità di cambiamento che esse offrono.

Parallelamente Caffo (2023) ha messo in discussione la nostra visione della realtà, evidenziando i nostri pregiudizi più nascosti, mentre il teorico dei sistemi Ackoff (cit. in Wardman, 2011) ha rilevato che la realtà non è bidimensionale, ma multidimensionale e ogni parte di essa da una visione diversa rispetto a confini e prospettive che possono essere letti alla macro scala, attraverso la sintesi, o alla scala del dettaglio, attraverso l'analisi (Ackoff, 2004). Una tale esplorazione creativa può essere supportata e potenziata dalle 'reti relazionali' (Floridi, 2020) e dalle tecnologie digitali che aprono possibilità finora inedite.

In quest'ottica si intende sviluppare e testare una proposta finalizzata a un 'cambio di paradigma' nel pensiero e negli approcci all'architettura e all'ambiente costruito più appropriato all'attuale epoca del 'superamento del limite'<sup>3</sup> e persino della 'fine della specie' (Caffo, 2023).

In primo luogo, con uno 'sguardo' a livello di sistemi più ampi, vengono esaminate le attuali proiezioni di aumento della superficie costruita e le strategie per affrontare questa importante sfida; la proposizione 1) è che 'le esigenze di servizi nel mondo possono essere soddisfatte con un minor numero di costruzioni, limitando le superfici dei Paesi industrializzati per consentire una crescita maggiore a quelli in via di sviluppo'. In secondo luogo, concentrando l'attenzione su architetti e progettisti, vengono esaminati approcci e pratiche del settore industriale che hanno un potenziale rispetto al risparmio di risorse e sono più eque; la proposizione 2) è che 'la digitalizzazione e altre forme di innovability possono essere utilizzate per fornire servizi a privati e aziende con una minore necessità di superficie'. Infine si riporta l'attuale corrente di pensiero che promuove una maggiore crescita edilizia per comprenderne i principi e le forze che la guidano.





Fig. 1 | Sunraysia Solar Farm, Australia (credit: UNSW, Sydney).

**La frenesia edilizia** | Vi è la convinzione diffusa che il settore edilizio e immobiliare possa continuare a crescere nel consumo di risorse materiali «[...] in the midst of the major building binge in human history» (Himes, 2021), rispettando al contempo l'obiettivo delle emissioni 'zero' entro il 2050 attraverso la 'decarbonizzazione dell'energia e l'efficienza energetica'. Nel frattempo, al di là delle emissioni generate, l'estrazione e l'uso dei materiali sono responsabili di oltre il 90% della perdita di biodiversità e dello stress idrico (Haigh, 2023). Sebbene gli edifici e le infrastrutture svolgano un ruolo cruciale nell'affrontare le diverse sfide legate al cambiamento climatico, alla perdita di biodiversità e alla disuguaglianza, le emissioni annuali del settore sono in costante aumento e nel 2016 hanno raggiunto 3,7 Gt CO<sub>2</sub>eq (Falk et alii, 2020); inoltre, come hanno rilevato Deetman et alii (2020), la domanda di materiali da costruzione continuerà ad aumentare nella maggior parte delle regioni, anche nei Paesi sviluppati, dove la crescita della popolazione è relativamente stabile.

L'industria delle costruzioni prosegue instancabilmente e senza freni nella sua corsa verso una crescita indiscriminata, convinta che possa essere comunque 'sostenibile' grazie a materiali bio e a basso contenuto di carbonio e alla 'tecnologie pulite' (Ness, 2021b): il mantra delle 'zero emissioni di carbonio entro il 2050' manca di un senso di urgenza, viene visto come una continuazione delle pratiche 'business as usual', grazie a false compensazioni di carbonio, e di solito non riesce a raggiungere una riduzione assoluta delle emissioni, soprattutto di quelle incorporate. A questo proposito il Green Building Council degli Stati Uniti ha affermato, in modo fuorviante, che le emissioni assolute degli edifici commerciali statunitensi sono diminuite rispetto ai livelli del 1990, nonostante la superficie calpestabile sia aumentata del 55% nello stesso periodo (USGBC, 2023; Arehart et alii, 2021).

Purtroppo non sempre vengono posti limiti alle dimensioni e alla superficie dei nuovi edifici, mentre un numero sempre maggiore di grattacieli è

promosso come segno di prosperità e sostenibilità, grazie anche alle certificazioni ambientali più 'verdi' (Ness, 2021b). È il caso del progetto, depositato presso la South Australian Planning Commission, per una torre da 400 milioni di dollari, 37 piani e 183 metri di altezza, che ospita un hotel di lusso e uffici a ridosso di edificio storico, parte del quale dovrebbe essere demolito. L'edificio, che una volta autorizzato sarà il più alto della Città di Adelaide (Fig. 8), riflette la strategia del Consiglio Comunale e del Governo del Sud Australia di rispondere alle discutibili previsioni di crescita demografica e all'attuale crisi abitativa attraverso un significativo aumento delle superfici costruite. Tale strategia tuttavia confligge con l'urgente necessità di mitigare il cambiamento climatico e non prende in esame l'impatto del carbonio incarnato (Ness and Xing, 2023).

L'attenzione è prevalentemente rivolta all'energia e alle emissioni operative: il Rapporto State of Climate Action (Boehm et alii, 2023) raccomanda di ridurre l'emissione di carbonio a 13-16 kg CO<sub>2</sub>eq per metro quadro, come strategia principale di un approccio su più fronti che prevede il miglioramento dell'efficienza energetica, la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, la garanzia che i nuovi edifici siano a zero emissioni in fase di esercizio e la sostituzione di materiali con altri a basso o nullo contenuto di carbonio; tuttavia, al momento in cui si scrive, è improbabile che tali approcci siano sufficienti.

**Riduzione della domanda di risorse: 'the elephant in the room'** | Secondo Friends of the Earth Europe (2022), «Demand-side measures that seek to address and remedy the inequitable overconsumption of natural resources are the elephant in the EU-policy room» e «Our current system extracts, produces, consumes, and wastes resources much faster than Earth can regenerate»: la riduzione assoluta della domanda e del consumo di risorse rimane un punto cieco nelle strategie nazionali per il clima e l'energia, specialmente se riferite al settore delle costruzioni. Per superare que-

sta criticità è necessario mettere in discussione la domanda di risorse rivalutando cosa si deve costruire, se è necessario e per chi e dove, tutte questioni che possono prefigurare un cambiamento epocale per le proiezioni sulla realizzazione di nuovi edifici e infrastrutture (Ness, 2022a; Tab. 1).

Se nel Report Mitigation of Climate Change l'IPCC (2022) fa notare che per migliorare il proprio benessere le persone richiedono servizi e non energia primaria o risorse in sé, nel Report dell'anno successivo (IPCC, 2023) rileva che misure incentrate sulla domanda e nuove modalità di erogazione di servizi possono ridurre le emissioni nei settori dell'edilizia, dei trasporti terrestri e dell'agricoltura di una percentuale variabile tra il 40 e il 70% rispetto agli scenari di riferimento, pur riconoscendo che alcune regioni del mondo e particolari gruppi socio-economici richiedono energia e risorse aggiuntive; in particolare nel solo settore edilizio la mitigazione della domanda ha il potenziale di ridurre le emissioni del 66% entro il 2050, oltre che sostenere un consumo e una produzione responsabili (SDG 12) e il raggiungimento di altri SDGs. Soluzioni finalizzate alla riduzione della domanda di energia e risorse non rinnovabili possono quindi consentire di ottenere comunque un elevato benessere (Sugiyama et alii, 2024), come confermato anche dalla Circle Economy Foundation (2024) secondo la quale potremmo soddisfare i nostri bisogni con un terzo di materiali in meno rispetto a quelli utilizzati oggi.

Il riconoscimento dell'importante ruolo delle politiche sulla 'sufficienza' nel limitare la domanda del settore edilizio è stato introdotto dall'IPCC (2022, pp. 1008, 955): «[...] a set of measures and daily practices that avoid demand for energy, materials, land and water while enabling well-being for all within planetary boundaries. [...] Implementing sufficiency measures that limit growth in floor area per capita, particularly in developed regions, reduced the dependence of climate mitigation on technological solution [...] at a global level, up to 17% of mitigation potential could be captured by 2050 through sufficiency interventions».

Nel perseguire il benessere per tutti il concetto di 'sufficienza' riconosce che buona parte della popolazione mondiale non dispone di risorse sufficienti, mentre altri consumano più risorse del necessario; questa duplice condizione si traduce nell'imperativo di 'ridurre e condividere' (Kitzes et alii, 2008), già promosso da Schmidt-Bleek (Fig. 9) e dai suoi colleghi del Fattore 10 che sostenevano la necessità di ridurre e razionalizzare il consumo di risorse (Schmidt-Bleek, 1993; Ness, 2022b). Nella sostanza, «[...] sufficiency addresses the issue of a fair consumption of space and resources» (IPCC, 2022, p. 955).

Se da un lato l'economia circolare mira a massimizzare il valore dalle risorse mantenendole in uso, ad esempio attraverso il riuso adattivo di edifici e infrastrutture, dall'altro è largamente inefficace se la domanda di nuove costruzioni è in continua crescita (Circle Economy Foundation, 2024); la 'sufficienza' si fonda prevalentemente sul principio di riduzione della domanda e la combinazione degli approcci di 'sufficienza' e circolarità può aumentare l'efficacia complessiva delle azioni (Saheb, 2021); le strategie per mitigare la domanda, la 'dematerializzazione' e l'innovazione dei servizi sono aspetti che caratterizzano la 'sufficienza'.

Sebbene la 'sufficienza' possa rappresentare un anatema per coloro che perseguono una maggiore crescita con lo sfruttamento di risorse naturali, l'Associazione négaWatt (2023, p. 3) ha rilevato che essa non implica necessariamente un declino economico, ma può avere un impatto positivo sull'occupazione: «[...] an energy transition based on sufficiency, efficiency and renewables would provide economic, social, and environmental benefits»: le politiche improntate alla 'sufficienza' hanno quindi il potenziale per creare un'importante 'svolta' nel settore delle costruzioni, 'cambiando il rapporto con lo spazio', modificando l'approccio allo sviluppo e prefigurando una 'nuova umanità' (Ness, 2023; Caffo, 2023).

**La 'sufficienza' può essere il motore di una 'Buildings Breakthrough'?** | Durante la COP28 negli Emirati Arabi Uniti è stata lanciata la cosiddetta 'Buildings Breakthrough' (letteralmente, 'svolta in edilizia'), un'iniziativa che si aggiunge alla Breakthrough Agenda introdotta alla precedente COP26 di Glasgow. L'Agenda mira a rafforzare la collaborazione internazionale per rendere le tecnologie verdi e le soluzioni sostenibili l'opzione più conveniente, accessibile e attraente nei settori chiave e in tutte le regioni del mondo entro il 2030.

Tuttavia, secondo il Report Breakthrough Agenda (IEA, 2023), il settore dell'edilizia non sta procedendo come dovrebbe verso l'obiettivo di zero emissioni del 2050, registrando una crescita media dell'1% all'anno dal 2015; nonostante si sia verificata una riduzione del 6% nell'intensità energetica finale nello stesso periodo, questo progresso è stato ampiamente superato dalla crescita della superficie: «Energy intensity needs to fall a further 35% by 2030 to be aligned with the IEA Net Zero Scenario [e per essere] net zero by 2050, all new buildings need to be net zero from 2030, up from less than 5% of new buildings today». Come altre Agende rivoluzionarie su trasporti stradali, acciaio, cemento e calcestruzzo, la Breakthrough degli edifici si concentra attualmente sulle tecnologie pulite e sull'efficienza, impegnandosi a triplicare l'uso delle energie rinnovabili e a raddoppiare l'efficienza energetica entro il 2030, quindi attraverso un potenziamento di strategie che in passato hanno fallito (Ness, 2023; Tab. 2).

Per limitare e redistribuire la crescita con una maggiore attenzione alla domanda il Breakthrough

Agenda Report ha introdotto il concetto di 'sufficienza': «[...] sufficiency measures must complement the role played by efficiency, behaviour and renewables in the mitigation of emissions [...] with implementation efforts led by developed countries which have a larger floor area to repurpose, and less pressure from population growth and less pressure from population growth and urbanisation» (IEA, 2023, pp. 115, 116). Inoltre, per favorire comprensione e finalità dell'approccio basato sulla 'sufficienza' all'interno del settore, i Paesi dovrebbero elaborare definizioni comuni, stabilire metriche di monitoraggio (ad esempio, la crescita della superficie pro capite) condivise e identificare politiche di 'sufficienza' efficaci all'interno del settore.

Ma quali sono le strategie 'top-down' e 'bottom-up' per limitare l'aumento di nuove superfici e che favorisce la comprensione e l'applicazione del principio di 'sufficienza'? A questo proposito è da rilevare che i budget di carbonio possono non solo limitare il 'consumo di carbonio', ma anche fungere da delega / procura (compensazione) per i budget dei materiali (EEB, 2020).

**Budget di carbonio** | Diversi studi hanno dimostrato che i 'budget di carbonio' possono influenzare e riequilibrare la distribuzione della crescita edilizia globale (Habert et alii, 2020; Hoxha et alii, 2020). Secondo l'IPCC (2022, p. 955), «The remaining carbon budget, and its normative target for distributional equity, is the upper limit of sufficiency» e può essere assegnato a Paesi, città e settori ma anche frazionato per singoli edifici. In un momento in cui l'attenzione dell'industria è rivolta, senza tener conto del quadro generale, principalmente a requisiti 'bottom-up' per i materiali a base biologica e naturali, questo meccanismo può fornire un freno generalizzato all'aumento di superficie, allo stato attuale incontrollabile.

L'equa distribuzione delle risorse e la 'giustizia climatica' sono principi fondamentali per l'assegnazione dei budget di carbonio (Alcaraz et alii, 2018) e nella ricerca del massimo valore sociale per l'allocazione delle risorse e delle emissioni di carbonio la nozione di 'valore d'uso' offre una possibile soluzione. Secondo la teoria della termodinamica, i valori d'uso sono definiti come materiali o energia a bassa entropia, basati sulla capacità di soddisfare i bisogni dell'uomo (Geor-

gescu-Roegen, 1973); in questa prospettiva l'edilizia sociale e a prezzi accessibili dovrebbe avere la precedenza rispetto all'edilizia realizzata a fini speculativi (Ness, 2022a), come illustrato nella Figura 10.

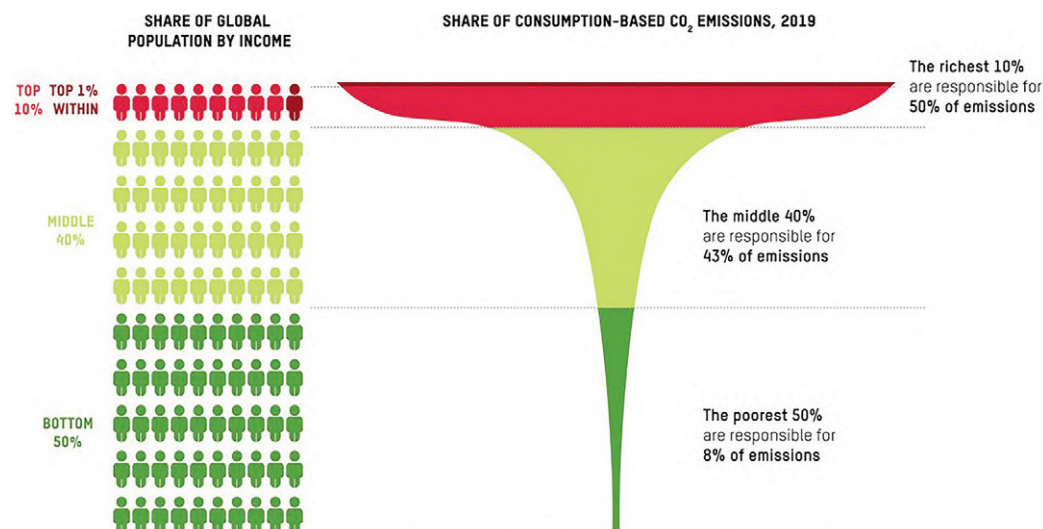
Den et alii (2023) hanno compiuto un importante passo avanti nell'identificare, per conto di Science Based Targets, la quota appropriata di emissioni incarnate negli edifici rispetto all'intero bilancio del carbonio: utilizzando i dati sullo sviluppo complessivo della superficie globale forniti da AIE (2021), CRREM (2023) e Deetman et alii (2020), gli studiosi hanno proposto un percorso di decarbonizzazione per le diverse tipologie edilizie al metro quadro, in linea con lo scenario IPCC di 1,5 °C. Mentre AIE e CRREM prevedono una crescita costante delle superfici edificate, soprattutto nei mercati in via di sviluppo, il percorso di decarbonizzazione sviluppato da Den et alii (2023, p. 19) «[...] relies on slowing floor area growth and building construction in developed economies to a major extent and to a considerable extent in developing economies as well». Analogamente agli studi di Deetman et alii (2020), Den et alii (2023, p. 10) hanno stimato un aumento dei tassi di crescita delle superfici per uffici e commercio al dettaglio, a fronte di una leggera diminuzione per il settore residenziale, evidenziando che «[...] the projected high growth in floor area results in steep intensity reductions to stay within the global carbon budget».

In Danimarca la Reduction Roadmap per le emissioni di CO<sub>2</sub>, basata su dati scientifici, stabilisce l'obiettivo del 96% per il settore edilizio raggiungibile entro il 2030 solo attraverso una serie di azioni tra cui la riduzione delle nuove superfici calpestabili: le emissioni di carbonio dovrebbero essere ridotte da 9,6 a 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq per metro quadro all'anno, riducendo contemporaneamente il tasso di costruzione da 3.072.000 a 770.000 mq all'anno (EFFEKT, MOE e CEBRA, 2022; Fig. 11). È evidente che esiste un notevole gap tra le ambizioni della Reduction Roadmap e gli altri studi. Secondo LETI (2020, p. 6), «Over the next 40 years, the world expects to build 230 billion square metres of new construction [...] so we must act now to meet the challenge of building net zero developments». Mentre le 'azioni primarie' prevedono il 'costruire meno' e la rivalutazione della necessità di realizzare nuove costruzioni per soddi-



Fig. 2 | Champagne glass logo (source: UNDP, 1992).

Fig. 3 | Global income groups and associated consumption emissions in 2019 (source: Oxfam, 2023).







**Fig. 4** | 44-storey tower in Brooklyn, New York City's first all-electric skyscraper (credit: P. Bendov, 2024).



**Fig. 5** | Yujiafu Financial District in Tianjin (credit: O. Giebel, 2014)

sfare le esigenze della popolazione, la tabella di marcia lancia un messaggio, purtroppo non ascoltato, sulla necessità di ridurre drasticamente le nuove costruzioni nelle società più industrializzate.

L'efficacia dei bilanci di carbonio nel limitare le nuove costruzioni dipende quindi in larga misura dalla capacità di misurare il carbonio incorporato, soprattutto nelle fasi di avvio, pianificazione e approvazione dei potenziali progetti.

**Impatto del carbonio incorporato** | Il carbonio incorporato legato prevalentemente alla fase di costruzione rappresenta la parte preponderante del carbonio incorporato totale (Le Den et alii, 2023) ed è proprio qui che si dovrebbero concentrare le energie per ottenere risparmi significativi in termini sia di consumo di carbonio sia di risorse, senza dimenticare l'impatto sul costo complessivo. Attualmente sono in fase di sviluppo gli standard per quantificare il carbonio incorporato (un esempio è lo standard britannico Net Zero Carbon Buildings) e ci si impegna per la riduzione del carbonio nell'intero ciclo di vita degli edifici: come riportato dallo standard professionale RICS<sup>4</sup> (Royal Institution of Chartered Surveyors), il calcolo del carbonio nell'intero ciclo di vita include il carbonio operativo, il carbonio incorporato e quello generato dagli utenti durante la fase di esercizio di un manufatto edilizio; in particolare la RICS pone una particolare attenzione alla fase 'upfront carbon', che include le attività non fisiche pre-costruzione.

Parallelamente agli studi sul carbonio incorporato negli edifici Habert et alii (2023) hanno dimostrato che sviluppo urbano e infrastrutture giocano un ruolo cruciale nella domanda energetica pro-

capite e nelle emissioni di CO<sub>2</sub>, mentre Krausmann, Wiedenhofer e Haberl (2020, p. 1) hanno verificato che «[...] providing essential services with a considerably lower level of material stocks could contribute to large reductions in global resource use and GHG emissions». Entrambe le ricerche mettono in evidenza l'importanza del consumo di materiali negli edifici e in ambito urbano, sottolineando il ruolo chiave della riduzione del carbonio incorporato nel contrastare il consumo di carbonio nelle città. C40 Cities (2018) ha evidenziato che se si considera il consumo di carbonio (compreso quello incorporato associato ai prodotti importati) le emissioni territoriali aumentano di oltre il 60%.

Gran parte degli sforzi per ridurre il carbonio incorporato è concentrata sui materiali, e in particolare sono rivolti a 'decarbonizzare' le industrie che producono materiali ad alta intensità di carbonio attraverso l'individuazione di parametri di riferimento per metro quadrato di costruzione. Un tale approccio, incentrato sulla 'efficienza' piuttosto che sulla 'sufficienza', basandosi su obiettivi pro capite non riesce a limitare le dimensioni complessive degli edifici; ciò che serve è invece una visione strategica e sistemica, di tipo 'top-down' nella fase di pre-costruzione, come proposto dalla RICS, che prenda in esame nuovi modi per evitare e ridurre le emissioni di carbonio incorporato, in primis limitando le nuove costruzioni e riusando quelle esistenti.

Come sostenuto da Horup et alii (2022, p. 7), «[...] Budget-based targets set at a building level [...] constitute a strong signal for the demand side (investors, owners) and would subsequently be passed down the value chain (designers, produc-

ers)»; inoltre gli stessi ricercatori non mancano di evidenziare che per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi è necessaria una 'trasformazione profonda' del settore, con politiche e azioni volte a ridurre nuova superficie costruita.

#### **Innovability nell'Architettura e nel Design** | Af-

frontare la drastica riduzione della domanda e del consumo di risorse attraverso la 'sufficienza' richiede innanzitutto la consapevolezza che potremmo già trovarci in pieno Antropocene (Steffen et alii, 2015) e dover affrontare da subito ciò che Barber (2023) definisce 'architecture of the overshoot', ovvero l'architettura del superamento del limite. Un approccio minimalista, sufficiente e intelligente alla progettazione degli edifici e dei servizi potrebbe modificare radicalmente la figura di architetti e designer, aprendo al contempo a nuove opportunità di lavoro, creative e alternative. Secondo Falk et alii (2020, p. 83) per dimezzare le emissioni entro il 2030 occorre adottare una serie di iniziative correlate: «[...] First, one should try to reduce the total need for building space, then improve the way space is used, then reconstruct a building to better adapt it to its needs, and only as a fourth and last resort construct a new building» (Fig. 12). Il Circular Buildings Toolkit (Arup and EMF, n.d.) individua quale azione strategica il 'non costruire nulla – rifiutare la costruzione di nuove strutture non necessarie': «[...] a deep and thoughtful interrogation of the project brief against the client's needs is needed to decide whether a new building is the best way to meet those needs»; una tale strategia mira a evitare il consumo intensivo di materiali per le nuove costruzioni.





**Figg. 6, 7** | Skyscrapers juxtaposed with informal settlement in India (credit: G. Taylor, 2015); Transitory Form #3, mould-blown glass, fused and slumped (source: liamfleming.com).

**Fig. 8** | Proposal for Adelaide's tallest building, 254 North Terrace (credit: SA Planning Commission and Walter Brooke Architects).

L'esplorazione di possibili alternative per soddisfare, attraverso i servizi, i bisogni degli utenti con un minore 'consumo di carbonio' potrebbe essere facilitata da una più stretta interlocuzione con i committenti, che consentirebbe una migliore comprensione delle loro esigenze, ma anche un'analisi più mirata nella fase di progettazione e costruzione per ridurre costi e impatti sul clima (Hurst, 2023). Con il riuso adattivo e la gestione di beni e spazi esistenti, nonostante la quantità di progetti ex-novo è destinata a diminuire, potrebbero emergere soluzioni più creative ed economicamente vantaggiose (Ness, 2021b). In termini di politiche e incentivi per il settore anche i criteri di assegnazione delle 'certificazione verdi' dovrebbero subire una profonda rivisitazione, dando premialità a edifici 'di modesta estensione' e prendendo a esempio le opere degli architetti Lacaton e Vassal o la struttura temporanea di Arup per il People's Pavilion di Eindhoven (Ness, 2021a; Figg. 13, 14).

Durante il primo International Sufficiency Summit<sup>5</sup> Inês Costa, partner associato di Deloitte, ha sottolineato che le imprese e l'industria dovrebbero considerare le strategie di 'sufficienza' come 'intelligenti' perché in grado di stimolare l'innovazione, nel rispetto delle leggi della termodinamica: «[...] We should stop thinking of planetary limits as constraints, but rather as guidelines, frontier conditions and starting points». In questo contesto la nozione di 'innovability' ci deve invitare a mettere in discussione le attuali pratiche e ad esplorare creativamente nuove possibilità.

In risposta alla pandemia da Covid-19 sono stati sviluppati, ad esempio, nuovi modelli di lavoro a distanza dimostrando che molti servizi e

attività digitalizzate non richiedono necessariamente uno spazio fisico: è il caso degli istituti di credito e degli uffici postali che hanno ridotto il numero di filiali e digitalizzato i servizi (Falk et alii, 2020) o ancora della didattica, della telemedicina, dell'intrattenimento o della vendita al dettaglio così come di altri servizi espletati online con una contrazione dell'utilizzo degli spazi fisici o infine dei poli di innovazione che, se in passato occupavano spazi fisici, ora sono spesso 'sufficienti' ecosistemi digitali.

Nel 2021 l'Unione Europea ha promosso il Nuovo Bauhaus come parte del Green Deal, con l'obiettivo di stimolare modalità creative per soddisfare i bisogni attraverso un uso meno intensivo dei materiali (European Commission, 2021; Ness, 2021a); dopo numerose consultazioni su una possibile missione di rigenerazione dei quartieri la New EU Bauhaus Academy Alliance ha deciso di avviare la formazione su 'soluzioni circolari bio-based' (European Commission, 2023). Tuttavia, sebbene rappresenti un passo avanti verso la sostenibilità, questa strategia rimane focalizzata sui materiali ed è improbabile che riesca da sola a limitare l'aumento complessivo di superficie costruita. È invece giunto il momento per il Nuovo Bauhaus, per gli architetti e per i ricercatori di cogliere l'opportunità offerta dalla 'innovability' e dalle 'città intelligenti' di guidare il cambiamento trasformativo necessario per affrontare la 'architecture of the overshoot'.

**Discussione** | Nonostante il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP, 2022) e l'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA, 2021) conti-

nuo a enfatizzare l'importanza dell'energia prodotta da fonti rinnovabili per raggiungere l'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2050, si prevede un significativo aumento della superficie costruita (Fig. 15), mentre gli studi condotti da Boehm et alii (2023), CRREM (2023) e Deetman et alii (2020) hanno dimostrato che un percorso di decarbonizzazione richiede anche un rallentamento dell'aumento della superficie costruita, soprattutto nelle regioni del Nord del mondo. Le proiezioni al 2050 stimano una crescita del 150% del patrimonio edilizio per uffici e attività commerciali e del 50% per quello residenziale, il che richiederebbe una sensibile riduzione dell'intensità energetica al fine di rimanere all'interno dei budget di carbonio (Deetman et alii, 2020).

Probabilmente la costruzione di nuovi immobili commerciali e di altre tipologie con un 'valore d'uso' non strettamente necessario al soddisfacimento dei bisogni dell'uomo dovrebbe essere drasticamente limitata, soprattutto in considerazione della disponibilità di numerose aree da riqualificare e della capacità della digitalizzazione di fornire molti servizi a distanza. La Reduction Roadmap della Danimarca evidenzia che per raggiungere l'obiettivo di riduzione del 96% delle emissioni bisogna intervenire anche limitando la nuova superficie costruita (EFFEKT, MOE and CEBRA, 2022), con particolare riferimento a quella commerciale che ha un 'valore d'uso' minore rispetto a quella residenziale.

L'introduzione di politiche e modelli di 'sufficienza', parallelamente alle diverse pratiche ormai consolidate di impronta circolare, ha il potenziale per ridurre e riequilibrare la domanda di risorse,

in modo equo, entro i limiti del pianeta e a supporto dei diversi SDG. Come evidenziato da O'Neill et alii (2018, p. 6), «[...] resource use could be reduced significantly in wealthy countries without affecting social outcomes, while also achieving social outcomes, while also achieving a more equitable distribution among countries».

L'esperienza francese maturata su approcci basati sulla 'sufficienza', sull'uso di energie rinnovabili e sulla efficienza energetica ha prodotto anche benefici economici, sociali e ambientali, secondo lo slogan 'consumare meno per vivere meglio' (négaWatt Association, 2023). Dal punto di vista architettonico e progettuale le strategie di 'sufficienza', basate sui bilanci di carbonio, possono limitare le nuove costruzioni, ma possono anche stimolare la 'innovability' con azioni di riuso adattivo del patrimonio esistente attraverso una più proficua interlocuzione con i committenti nella ricerca di soluzioni a minore intensità di materiali

e di carbonio, come nel caso dello Zeitz Museum di Città del Capo (Fig. 16).

Il Buildings and Climate Global Forum, tenutosi a Parigi nel marzo 2024, con il governo francese – leader nelle politiche di 'sufficienza' – tra i principali organizzatori, ha fornito un'opportunità unica per evidenziare il ruolo della 'sufficienza' nel dare soluzioni a specifiche esigenze e sfidare uno scenario secondo il quale «[...] buildings are essential for climate change mitigation and [...] the global buildings surface should double by 2060»<sup>6</sup>. Il Forum ha previsto una sessione dedicata alla 'sufficienza' lanciando diversi appelli ai governi partecipanti: dare priorità alla 'sufficienza' nelle politiche pubbliche di decarbonizzazione del settore edilizio e nella cooperazione internazionale; riconsiderare gli scenari di crescita al 2050 dell'ambiente costruito per garantirne la compatibilità con le risorse limitate; considerare il carbonio della fase pre-costruzione (upfront) al pari del carbonio incorporato.

Sebbene la 'sufficienza' sia stata solo menzionata nella Dichiarazione di Chaillot<sup>7</sup> del Forum, il suo inserimento nel documento rappresenta un 'passo avanti' per un riconoscimento all'interno delle politiche internazionali su clima, giustizia sociale e risorse non rinnovabili.

**Conclusioni** | Sebbene diverse Organizzazioni internazionali come il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP, 2022) sottolineino l'importanza delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica nella lotta al cambiamento climatico, il saggio ha messo in luce l'inefficacia di tale approccio quando non affronta contemporaneamente il problema dell'aumento della superficie edificata e del consumo di risorse.

Con la Proposizione 1), avvalendosi del pensiero creativo dei sistemi e della 'innovability', è stato introdotto il concetto di 'sufficienza', per evitare o ridurre l'aumento di nuova superficie edificata e definire le priorità della domanda nel settore delle costruzioni. L'attenzione crescente al carbonio incarnato ha portato a considerare modalità di riduzione e redistribuzione dell'aumento della superficie globale, utilizzando bilanci di carbonio e assegnazioni di superficie in relazione alle diverse tipologie edilizie. In relazione alla Proposizione 2), e sempre avvalendosi del concetto di 'innovability', è stato dimostrato che, se da un lato l'emergenza climatica rappresenta una sfida globale piuttosto impegnativa, dall'altro crea opportunità per architetti e designer che possono giocare un ruolo cruciale nell'affrontare le sfide della 'architecture of the overshoot', sviluppando innovazione e creando nuove prospettive di impresa grazie alla digitalizzazione.

Una sfida impegnativa e urgente è rappresentata dal cambio significativo delle politiche e degli approcci promossi dalle Organizzazioni internazionali come l'UNEP e la Global Alliance for Buildings and Construction, così come delle pratiche degli operatori del settore. Sono inoltre necessarie ulteriori ricerche per valutare la necessità di nuove edificazioni e le relative proiezioni di crescita che allo stato attuale implicano un raddoppio della domanda globale di materie prime entro il 2060, soprattutto nelle società più ricche.

Altri studi dovrebbero poi portare all'assegnazione del budget di carbonio per ciascun Paese, città e settore, in relazione allo storico delle emissioni e delle esigenze locali. Il carbonio incarnato e il consumo di risorse di potenziali nuovi progetti dovrebbero essere valutati all'interno di questi bilanci e di questo quadro, dando priorità a interventi con un maggiore 'valore d'uso' sociale. Parallelamente occorrerà promuovere buone pratiche capaci di dimostrare che, pur limitando le nuove costruzioni e il consumo di risorse, è possibile realizzare modelli di impresa redditizi con un aumento dell'occupazione, ispirandosi a quelle esperienze francesi che hanno messo in campo politiche e approcci improntati alla 'sufficienza'.

Il presente saggio, che ha una finalità 'esplorativa', ha messo in evidenza alcune strategie per affrontare la transizione richiesta al settore edilizio rispetto all'emergenza climatica, alla perdita di biodiversità e alla disuguaglianza, dimostrando che la decarbonizzazione degli edifici non è sufficiente se non si tiene conto del consumo di risorse e del carbonio incarnato associati alla continua espansione edilizia, soprattutto nelle società cosiddette

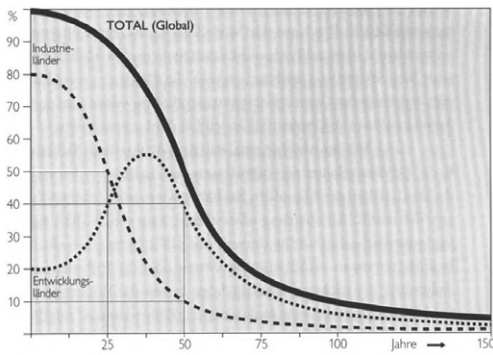
No.	Key topics	References
a.	Absolute reduction of resource demand a blindspot in climate policies	Friends of Earth Europe (2022)
b.	Over-dependence on technological solutions to climate mitigation	Ness (2023)
c.	Question demand - what needs to be built (if at all), for whom, and where?	Ness (2022a)
d.	Can reduce emissions by 40-70% by 2050, 66% in case of buildings	IPCC (2023)
e.	Role of sufficiency policies in avoiding demand in buildings sector	IPCC (2022)
f.	Implement sufficiency measures that limit growth in floor area per cap	IPCC (2022)
g.	Many lack sufficient resources, while others consume too much: 'shrink and share'	Kitzes et alii (2008) Schmidt-Bleek (1993)
h.	While sufficiency can be paired with circularity, it should come first	Saheb (2021)
i.	Sufficiency does not necessarily means economic decline, may generate jobs	négaWatt Association (2023)
j.	Potential to create major 'breakthrough', change mindsets, presage 'a new humanity'	Ness (2023) Caffo (2023)

Tab. 1 | Reducing resource demand: 'the elephant in the room' (credit: the Author, 2024).

No.	Key topics	References
a.	Breakthrough Agenda focuses upon clean technologies and efficiency	IEA (2023)
b.	Buildings Breakthrough commitment to triple renewables, double energy efficiency	IEA (2023)
c.	But any gains likely to be outpaced by growth in floor area	UNEP (2022) Ness (2023)
d.	Sufficiency introduced to Buildings Breakthrough: constrain and redistribute such growth	IEA (2023)
e.	Developed countries that have larger floor area to repurpose should take lead	IPCC (2023)
f.	Establish tracking metrics (floor area growth per cap) and effective sufficiency policies	IEA (2023)
g.	Identify mechanisms to constrain floor area growth e.g. top down carbon budgets	EEB (2020)

Tab. 2 | Can 'sufficiency' underpin a 'Buildings Breakthrough'? (credit: the Author, 2024).





**Fig. 9** | Material flow reduction scheme; legend: Industrie-länder – Industrialised countries; Entwicklungs-länder – Developing countries; Jahre -Years (source: Schmidt-Bleek, 1993).



**Figg. 10, 11** | Sky City Casino in Adelaide (credit: the Author, 2024); Reduction Roadmap (courtesy of Reduction Roadmap, Denmark).



‘sviluppate’, ed evidenziando la necessità di studi ulteriori e più approfonditi di quanto sia stato possibile fare in queste pagine.

Our response to the climate emergency is usually framed in terms of ‘decarbonisation’, an energy transition based upon renewables and efficiency improvements. However, it is seldom realised that our consumption of material resources – including renewable energy infrastructure – plays a large part in the energy we use and the emissions we generate (Haigh, 2023; Fig. 1). Arguably, for the stronger response required, we need to shift our frame of reference beyond decarbonisation to the gross over-consumption of materials and other resources, with material use having tripled in the past 50 years (UNEP, 2024). Similarly, taking a wider view, climate change can be seen as just one of the six planetary boundaries that are currently being exceeded, with biodiversity loss among those demanding urgent attention (Rockström et alii, 2023).

Tackling these crises should be seen in the context of the Sustainable Development Goals (SDGs), including Climate Action (SDG 13), Reducing Inequalities (SDG 10) and Life on Land (SDG 15). As Stahel (2008) pointed out, responding to climate and other challenges is not just a matter of reducing emissions, but also of global ethics. Arguably, overconsumption of resources is the common element and at the root of all these crises, with 18% of the population driving 74% of global consumption (Steffen et alii, 2015). Friends of the Earth Europe (2022) emphasised that «Our

core ecological problem is not climate change. It is overconsumption, with climate change and its social inequalities as the symptom». This is represented by the ‘champagne glass’ diagram (Fig. 2), originating in the Human Development Report (UNDP, 1992) and more recently adapted by Oxfam (2023; Fig. 3). The richest 10% within the bowl of the glass are responsible for around 50% of ‘consumption carbon’, whereas the contribution of the poorest 50% occupying most of the stem is a negligible 8%.

Moreover, Hickel et alii (2022, p. e344) assessed national contributions to extraction-related ecological breakdown, highlighting the notion of ‘fair shares’ of resource use that are «[...] grounded in principles of equity and sustainability». A dramatic paradigm shift is required for the richest 1% to reduce their carbon consumption and resource use by around 96%, while the poorest 50% could increase their per capita emissions by around three times (UNEP, 2020). Similarly, Hickel et alii (2022) found that high-income countries need to scale down aggregate resource use by an average of 70%. This points to the need for a global strategy to reduce and rebalance resource consumption directed at tackling climate change, biodiversity loss, and inequality, with the building and construction sector, among the most energy-intensive, required to play a major role (Ness, 2022b).

**Significance of buildings growth** | Buildings and infrastructure are together responsible for around 40% of global emissions, 50% of resource extraction, and 40% of waste. Annual emissions related to building construction are steadily increasing

and reached 3.7 Gt CO<sub>2</sub>eq in 2016, with energy and emissions ‘embodied’ in the extraction and production of materials and construction of increasing significance. In addition to operational emissions (around 28%), this currently comprises around 12% of the total over a building’s life (Falk et alii, 2020). With greater ‘decarbonisation’ of energy sources, the proportion of embodied energy and emissions is also increasing. Without intervention, it is forecast to constitute 85% of all Australian emissions by 2050 (GBCA and thinkstep anz, 2021). In simple terms, «Buildings are more efficient, but they are also bigger and more numerous» (Barber, 2023, p. 2).

The United Nations Environment Programme and the Global Alliance for Buildings and Construction (UNEP, 2022) reported that emissions associated with floor area growth had surpassed gains from increased use of renewables and energy efficiency. This message was reiterated by the IPCC (2022, chapter 9.4), while Falk et alii (2020, p. 80) noted that «[...] Energy use per square metre is reducing by about 1.5% per year, but this is offset by an increase in floor area of 2.3% per year». Nevertheless, the industry continues to rely upon technological efficiency improvements, while expecting to «[...] double global building floor area by 2060 by adding 230 billion square metres of new floor area, the equivalent of adding an entire New York City every 34 days» (Architecture 2030, 2021; Fig. 4). Regrettably, such projections are seldom challenged and may become a self-fulfilling prophecy.

Even a cursory view of the implications of such massive growth must surely arouse our concerns about ever-increasing consumption carbon, de-





**Fig. 12** | Park Hill Estate, Sheffield: building life was extended by reinforcing and rejuvenating the structure, while the infill was renovated using adaptable and moveable design (source: hoddereducationmagazines.com).

struction of natural habitats (Fig. 5), and the equity of where this growth is located (Fig. 6). This is often justified as necessary to respond to increasing urbanisation, amid claims that «[...] 70 per cent of buildings standing in Africa by 2040 have not yet been built» (Oxford Economics, 2021, p. 39). On the other hand, the authors of the report entitled *Future of Construction* view urbanisation – expected to «[...] turbocharge growth in emerging markets» – as an opportunity for capitalists, while also expecting such growth in the U.S. Alarmingly, the sector continues to argue that climate obligations can be met while continuing new construction: «[...] we won't stop creating buildings, but we can pivot, make them part of the solution» (Himes, 2021), with reliance upon so-called low-carbon, biogenic, and photosynthetic materials (Ness, 2022a). In other words, they wish to 'have their cake and eat it too'.

Challenging such mindsets and practices, garnering support, and creating momentum for change is important not only to meet climate obligations but also to arrest biodiversity loss and growing inequity. Such forecasts originated from UN DESA (2018) and others at a time when the need for continued and increasing economic growth was accepted. However, the 'climate' (sic) has now changed, and this approach is widely disputed. The *Beyond Growth 2023* conference, held during May 2023<sup>1</sup>, 'debunks' the growth forecasts that dominate 'integrated climate modelling' (Sciences Po, 2023). Thus, reviewing and challenging the forecasts of high growth in floor area is imperative. What is the real demand for human services, shelter and infrastructure? Where will it be based? Can it be met by non-build solutions, such as digital services and the like?

**Aims, proposition, and methodology** | In tackling these 'issues' of our time with a 'critical systems' approach (Irwin, 2018) and questioning the overconsumption of resources in construction (Ness, 2021b), a dramatic disruption of established thinking and policies is required. We can turn to the arts for inspiration, such as the work of glass artist Liam Fleming, who 'relinquishes control' in his 'Transitory Vessels' (Fig. 7), stretching the bound-

aries in sculpting glass. His «[...] flat, curved, angled, and asymmetric Pillar Vase is a reference to the support structures and angles of the built environment»<sup>2</sup>. Similarly, 'innovability' can open up wider horizons by promoting 'creative holism' rather than reductionism (Jackson, 2006, pp. 652, 655); this «[...] confers many advantages over traditional reductionist approaches in dealing with complexity, change and diversity [and can bring forward] divergent views and beliefs [...] on complex problem situations, [enabling participants] to appreciate more fully alternative 'world-views' and the possibilities for change they offer».

Similarly, Caffo (2023) has questioned our view of reality, highlighting our inherent bias, while systems theorist Ackoff (cited in Wardman, 2011, p. 9) discerned that: «[...] reality is not two-dimensional, it is multi-dimensional, and every slice through it will give a different view». In this regard, different boundaries or perspectives of a complex situation can be studied by switching our focus between 'zooming out', synthesis, or 'zooming in', analysis (Ackoff, 2004). Such creative exploration can be assisted and enhanced by 'relational networks' (Florida, 2020), facilitated by digital technologies that open up hitherto unseen possibilities.

Thus, we aim to develop and test a proposition involving a 'paradigm shift' in thinking and approaches to architecture and the built environment, more appropriate for the age of the 'overshoot'<sup>3</sup> and even 'the end of the species' (Caffo, 2023).

Firstly, current projections for global floor area growth in the built environment are reviewed by 'zooming out' to a wider systems level, while strategies to tackle this major challenge are examined. Proposition 1) is that 'global service needs can be met with less construction overall by constraining floor area in the Global North while enabling additional growth in the South'. Secondly, while 'zooming in' to focus upon architects and designers, industry attitudes and practices are examined with a view to uncovering the potential for less resource-intensive and more equitable solutions. Proposition 2) is that 'digitalisation and other kinds of 'innovability' may be used to provide human and business services with less require-

ment for real estate'. Next, we seek to highlight the current zeitgeist based upon increased building growth, and understand the mindsets and forces that drive it.

**The buildings binge** | There is evidence of a widespread belief that the construction and property sector may continue its appetite for growth in the consumption of material resources «[...] in the midst of the major building binge in human history» (Himes, 2021), while meeting its obligations to attain 'net-zero' emissions by 2050 via 'decarbonisation of the energy grid and energy efficiency. Meanwhile, beyond the emissions it generates, material extraction and use are responsible for over 90% of biodiversity loss and water stress (Haigh, 2023). While buildings and infrastructure play a critical role in tackling the interlinked challenges of climate change, biodiversity loss, and inequality, annual emissions related to the sector are increasing steadily and reached 3.7 Gt CO<sub>2</sub>eq in 2016 (Falk et alii, 2020). Moreover, as Deetman et alii (2020, p. 1) found, «[...] demand for construction materials will continue to increase in most regions, even in developed countries», where population growth is relatively stable.

Nevertheless, the global construction industry relentlessly pursues unrestrained growth, whilst under the misconception that this can be 'green' due to bio- and low-carbon materials and 'clean tech' (Ness, 2021b). The mantra of 'net-zero carbon by 2050' lacks a sense of urgency, is often seen as continuation of 'business as usual' practices enabled by spurious carbon offsets, and usually fails to achieve absolute reduction of emissions, especially embodied. In this regard, the US Green Building Council made the misleading claim that «[...] absolute U.S. commercial building emissions have decreased to 1990 levels despite a 55% increase in floor area over the same period» (USGBC, 2023, p. 3; Arehart et alii, 2021).

Regrettably, there are few restraints on new buildings' size and floor area, with more skyscrapers often encouraged as a sign of prosperity while being awarded the highest 'green' ratings (Ness, 2021b). For example, plans for a \$400 million, 37-storey, 183-metre tower, including a luxury hotel and office space located behind a heritage structure (part of which would be demolished), have been lodged with the South Australian Planning Commission. If approved, this would become the City of Adelaide's tallest building (Fig. 8). This is in the context of City Council and SA Government plans to respond to questionable population growth forecasts and the current housing crisis via greatly increased construction. Such strategies, though, contradict the urgent need to mitigate climate change and fail to consider the impact of embodied carbon (Ness and Xing, 2023).

Meanwhile, most attention remains focused upon operational energy and emissions. The State of Climate Action Report (Boehm et alii, 2023) advocates reducing the carbon intensity of building operations to 13-16 kg CO<sub>2</sub>eq per square metre, as the primary strategy of a multi-pronged approach that involves improving energy efficiency, energy retrofits of existing building stock, ensuring new buildings are net zero in operation, and substituting low- and zero carbon materials. However, as we now discuss, such approaches are unlikely to be enough.



### Reducing resource demand: 'the elephant in the room'

According to Friends of the Earth Europe (2022), «Demand-side measures that seek to address and remedy the inequitable overconsumption of natural resources are the elephant in the EU-policy room», adding that «Our current system extracts, produces, consumes, and wastes resources much faster than Earth can regenerate». Yet, absolute reduction of resource demand and consumption remains a blind spot in national climate and energy strategies. As we have seen, this is most evident in the case of the built environment. Overcoming this discrepancy entails questioning demand: what needs to be built (if at all), for whom, and where, which can presage momentous change for future building and infrastructure projections (Ness, 2022a; Tab. 1).

As the IPCC (2022, p. 505) noted, «[...] to enhance well-being, people demand services and not primary energy and resources per se». Furthermore, the IPCC (2023) emphasised that demand-side measures and new ways of end-use service provision may reduce emissions in end-use sectors (buildings, land transport and food) by 40-70% compared to baseline scenarios, while recognising that some regions and socio-economic groups require additional energy and resources. In the buildings sector alone, demand-side mitigation has the potential to reduce emissions by 66% by 2050, in addition to supporting responsible consumption and production (SDG 12) and attainment of other SDGs. The power of demand-side solutions could be harnessed for high well-being with low energy and material demand (Sugiyama et alii, 2024); as Circle Economy Foundation (2024) simply expressed, we could meet our needs with one-third fewer materials than used today.

The important role of 'sufficiency' policies in avoiding demand in the buildings sector was introduced by the IPCC (2022, p. 1008): «[...] a set of measures and daily practices that avoid demand for energy, materials, land and water while enabling well-being for all within planetary boundaries». The report added: «[...] Implementing sufficiency measures that limit growth in floor area per capita, particularly in developed regions, reduced the dependence of climate mitigation on technological solution [...] At a global level, up to 17% of mitigation potential could be captured by 2050 through sufficiency interventions» (IPCC, 2022, p. 955).

In pursuing well-being for all, the 'sufficiency' concept recognises that many lack sufficient resources (insufficient) while others consume more resources than required (over-sufficient). This reflects the notion of 'shrink and share' (Kitzes et alii, 2008), and the earlier work of Schmidt-Bleek (Fig. 9) and his 'Factor 10' colleagues, who argued for a shrinking and convergence of resource consumption (Schmidt-Bleek, 1993; Ness, 2022b). In essence, «[...] sufficiency addresses the issue of a fair consumption of space and resources» (IPCC, 2022, p. 955). While the circular economy seeks to gain more value from resources by keeping them in use, such as via adaptive reuse of buildings and infrastructure, it is largely ineffective when demand for new construction continues to increase (Circle Economy Foundation, 2024). On the other hand, 'sufficiency' emphasises the need to consider ways of avoiding and reducing demand in the first place,

while pairing of 'sufficiency' and circularity can increase overall effectiveness (Saheb, 2021). Demand-side strategies, 'dematerialisation', and service innovation are unique and important aspects of 'sufficiency'.

While 'sufficiency' may be anathema to those who pursue increased material-driven growth, négaWatt Association (2023, p. 3) found that it does not necessarily mean an economic decline and can have a positive impact upon jobs: «[...] an energy transition based on sufficiency, efficiency and renewables would provide economic, social, and environmental benefits». Nevertheless, 'sufficiency' policies have the potential to create a major 'breakthrough' within the buildings and property sector, changing 'the relationship of space' and mindsets, and presaging 'a new humanity' (Ness, 2023; Caffo, 2023).

### Can 'sufficiency' underpin a 'Buildings Breakthrough'?

The 'Buildings Breakthrough' was

launched at COP28 UAE, adding to the Breakthrough Agenda introduced at COP26 Glasgow. The Agenda aims to strengthen international collaboration to make clean technologies and sustainable solutions the most affordable, accessible and attractive option in key sectors and all regions by 2030.

The Breakthrough Agenda Report (IEA, 2023) notes that the building sector is not on track for net zero by 2050, with emissions growing at an average of 1% per year since 2015. Although the final energy intensity of the sector has decreased by around 6% over the same period, this improvement has been outpaced by floor area growth: «[...] Energy intensity needs to fall a further 35% by 2030 to be aligned with the IEA Net Zero Scenario»; in addition, «[...] to be net zero by 2050, all new buildings need to be net zero from 2030, up from less than 5% of new buildings today». As with other Breakthrough Agendas, including road transport, steel, cement and concrete, the Build-



**Fig. 13, 14** | Temporary People's Pavilion, Eindhoven, 2017 Dutch Design Week. The structure was made entirely from borrowed materials, while the pavilion was clad in interlocking plastic tiles recycled from PET bottles donated by town residents (source: tudelft.nl; credit: F. Dujardin).



ings Breakthrough currently focuses upon clean technologies and efficiency, with a commitment to tripling the use of renewables and doubling energy efficiency by 2030 – a strengthening of strategies failed in the past (Ness, 2023; Tab. 2).

To constrain and redistribute such growth, with increased attention to the demand side, the Breakthrough Agenda Report introduced the concept of ‘sufficiency’: «[...] sufficiency measures must complement the role played by efficiency, behaviour and renewables in the mitigation of emissions [...] with implementation efforts led by developed countries which have a larger floor area to repurpose, and less pressure from population growth and less pressure from population growth and urbanisation» (IEA, 2023, pp. 115, 116). Furthermore, to advance the understanding and role of ‘sufficiency’ within the sector, countries should develop common definitions, establish tracking metrics (e.g. growth of floor area per capita), and identify effective ‘sufficiency’ policies within the sector. What are some mechanisms to constrain growth in new floor areas, especially ‘top-down’ but also ‘bottom-up’, which advance the understanding and use of ‘sufficiency’ principles? In this regard, carbon budgets may not only constrain ‘consumption carbon’ but also serve as a proxy for material budgets (EEB, 2020).

**Carbon budgets** | EU Research has led the way in showing how ‘carbon budgets’ may constrain and rebalance the distribution of global building growth (Habert et alii, 2020; Hoxha et alii, 2020). «The remaining carbon budget, and its normative target for distributional equity, is the upper limit of sufficiency» (IPCC, 2022, p. 955), and may be allocated to countries, cities, sectors, and even disaggregated to individual buildings. At a time when the industry is focussed upon ‘bottom-up’ requirements for bio-materials and the like, while failing to see the bigger picture, this mechanism can provide the overarching constraint on growth in floor area that is so desperately required.

Distributional equity and climate justice are important principles for assigning carbon budgets (Alcaraz et alii, 2018). In questioning how the allocation of resources and carbon may deliver the most societal value, the notion of ‘use-value’ also provides a way forward. In the theory of thermodynamics, use values are defined as material or energy with low entropy, based upon capacity to satisfy human needs (Georgescu-Roegen, 1973). With this in mind, social and affordable housing could arguably be given precedence to the over 50 per cent of new real estate that is constructed for investment, financialisation and capital gain (Ness, 2022a) – such as the casino shown in Figure 10.

Le Den et alii (2023) took an important step for Science Based Targets by identifying the appropriate share of buildings’ embodied emissions out of the entire carbon budget. Using data on overall global floor area development from the IEA (2021), CRREM (2023), and Deetman et alii (2020), they proposed a global decarbonisation pathway for building typologies per square metre, compliant with the IPCC 1.5 °C scenario. While the IEA and CRREM anticipate continued growth of floor area, with the vast majority occurring in ‘developing markets’, the decarbonisation pathway developed by Le Den et alii (2023, p. 19) «[...] relies on slowing floor area growth and building construction in developed economies to a major extent and to a considerable extent in developing economies as well». Similar to the findings of Deetman et alii (2020), Le Den et alii (2023, p. 10) projected an increase in growth rates of floor area for offices and retail, compared with a slight decrease for residential: as they point out, «[...] the projected high growth in floor area results in steep intensity reductions to stay within the global carbon budget».

On the other hand, the science-based Danish Reduction Roadmap, sets 96% reduction targets for the building sector by 2030, based upon constraining both emissions and floor area. Carbon emissions should be reduced from 9.6 kg CO<sub>2</sub>e/sqm per year while, at the same time, reducing the rate of construction from 3,072,000 sqm per year to 770,000 sqm per year (EFFEKT, MOE and CE-BRA, 2022; Fig. 11). Clearly, there is a wide disparity between the ambitions of the Reduction Roadmap and the other studies. According to LETI (2020, p. 6), «[...] Over the next 40 years, the world expects to build 230 billion square metres of new construction [...] so we must act now to meet the challenge of building net zero developments». Whilst ‘primary actions’ include ‘build less’ and questioning if a new building is necessary to meet the brief, the strong message of the Reduction Roadmap – that the rate of new construction must be significantly reduced in wealthier societies – has not been heeded.

The effectiveness of carbon budgets in constraining new construction is highly dependent on the ability to measure embodied carbon, especially at the inception, planning and approval phases of potential projects.

**Impact of embodied carbon** | So-called ‘upfront’ embodied carbon associated with initial construction, especially the substructure and superstructure, represents the largest share of total embodied carbon (Le Den et alii, 2023). This is where attention should be focused to make significant savings in carbon and resource consumption – not to

mention overall cost. Embodied carbon standards are under development (e.g. the UK Net Zero Carbon Buildings Standard), while the notion of reducing whole life carbon of buildings is now gaining acceptance. As the RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors) professional standard explains<sup>4</sup>, whole-life carbon constitutes operational, embodied and user carbon over the entire life cycle of a built asset. Notably, RICS gives special attention to the ‘upfront carbon’ stage, including non-physical pre-construction activities.

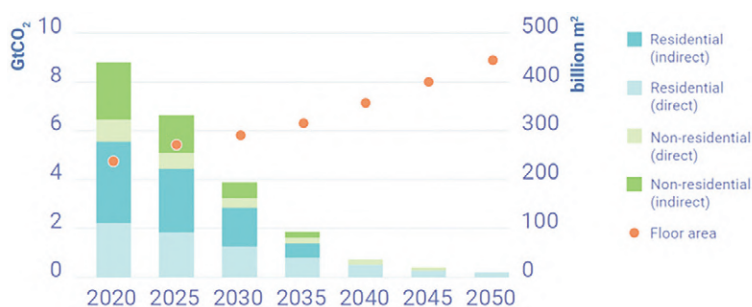
Beyond building-related embodied carbon, Haberl et alii (2023) showed that patterns of settlements and infrastructures have a major influence on per-capita energy demand and CO<sub>2</sub> emissions at the urban level. Moreover, «[...] providing essential services with a considerably lower level of material stocks could contribute to large reductions in global resource use and GHG emissions» (Krausmann, Wiedenhofer and Haberl, 2020, p. 1). Such research highlights the consumption of materials in buildings and urban settings, including the important role played by reducing embodied carbon in cutting the ‘consumption carbon’ of cities. C40 Cities (2018) emphasised that taking into account consumption carbon (including embodied carbon associated with imported products) increased territorial-based emissions by over 60%.

However, most efforts to reduce embodied carbon have focussed upon the materials level. These seek to ‘decarbonise’ the carbon-intensive material production industries, involving embodied carbon benchmarks per square metre of construction. This is an efficiency rather than a ‘sufficiency’ metric based upon targets per capita, and fails to constrain overall building size. Instead, a top-down strategic and ‘systems’ viewpoint is required at the RICS pre-construction stage, which considers ways to avoid and reduce embodied carbon by constraining new builds and adapting existing assets.

As emphasised by Horup et alii (2022, p. 7), «[...] Budget-based targets set at a building level [...] constitute a strong signal for the demand side (investors, owners) and would subsequently be passed down the value chain (designers, producers)». Furthermore, the authors emphasised that achieving Paris-aligned values requires a ‘fundamental transformation’ of the industry, with action by policy-makers to reduce the number of square metres built.

**Innovability in Architecture and Design** | A dramatic reduction in resource demand and consumption via ‘sufficiency’ begins with understanding that we may already be in the new geological epoch known as the Anthropocene (Steffen et alii, 2015) and facing ‘architecture of the overshoot’ (Barber, 2023).

A minimalist, sufficient, and ‘smart’ approach to buildings and services could have profound implications for the roles of architects and designers, while opening up alternative business and creative opportunities. According to Falk et alii (2020, p. 83), halving emissions by 2030 will require a series of related initiatives: «[...] First, one should try to reduce the total need for building space, then improve the way space is used, then reconstruct a building to better adapt it to its needs, and only as a fourth and last resort construct a new build-



**Fig. 15** | Global buildings energy demand and floor area growth under the IEA Net Zero Emissions by 2050 Scenario (source: UNEP, 2022; IEA, 2021).

ing» (Fig. 12). The Circular Buildings Toolkit (Arup and EMF, n.d.) highlights, as Step 1, the option of ‘build nothing – refuse unnecessary new construction’: it notes that: «[...] a deep and thoughtful interrogation of the project brief against the client’s needs is needed to decide whether a new building is the best way to meet those needs», a strategy aimed at avoiding intensive material use associated with new construction.

The opportunity to pursue alternative ways of meeting services, with less ‘consumption carbon’, could foster a closer relationship with clients, which involves understanding their needs, a stronger voice in the pre-construction stage, and new services such as ‘climate-based optioneering’ (Hurst, 2023). While the design of new ‘greenfield’ projects may decline, more creative and profitable opportunities may arise via adaptive reuse, stewardship and management of existing assets and spaces (Ness, 2021b). In terms of industry policies and incentives, criteria for ‘green’ certification systems would require major transformation to constrain building size and reward ‘modest’ solutions, as exemplified by architects such as Lacaton and Vassal or Arup’s temporary structure for the People’s Pavilion Eindhoven (Ness, 2021a; Figg. 13, 14).

At the 1st International Sufficiency Summit<sup>5</sup>, Inês Costa, Associate Partner Deloitte, emphasised that business and industry should view ‘sufficiency’ strategies as ‘smart and intelligent’ and able to stimulate innovation, while conforming with the laws of thermodynamics: «[...] We should stop thinking of planetary limits as constraints, but rather as guidelines, frontier conditions and starting points». In this regard, the notion of ‘innovability’ leads us to question the status quo and creatively uncover new possibilities.

Responses to Covid-19 accompanied by new patterns of remote work, including increased working from home, have shown that digitalised services and transactions may obviate the need for physical space. For example, Falk et alii (2020) highlighted recent reduced demand for physical banks and post offices, where many activities are now performed online. Online education also reduces the need for teaching spaces, while similar trends in the fields of virtual health, entertainment, retail, food provisioning, and the like all reduce the need for real estate. Similarly, Innovation hubs, formerly involving physical spaces, now often suffice via online eco-systems.

When announced in 2021 as part of the EU Green Deal, the New EU Bauhaus offered great promise to pursue creative ways to meet needs in a less material-intensive manner (European Commission, 2021; Ness, 2021a). Amid continuing consultation on a potential mission to revitalise neighbourhoods, the New EU Bauhaus Academy Alliance will now promote training on ‘circular bio-based solutions’ (European Commission, 2023). While this may be a step forward, it is once again focused upon the materials level and is unlikely to constrain overall growth in floor area. It is undoubtedly time for the New Bauhaus, architects and researchers to seize the opportunity offered by innovability, ‘smart cities’ and the like to drive the transformative change necessary for ‘architecture in the overshoot’.

**Discussion** | The United Nations Environment Pro-



**Fig. 12** | Zeitz Museum of Contemporary Art Africa, Heatherwick Studio Architects: adaptive reuse of disused grain silos (credit: I. Baan; courtesy ArchDaily and Arup).

gramme (UNEP, 2022) and IEA (2021) continue to prioritise clean energy in pursuing net zero emissions by 2050 despite expecting floor area to increase markedly (Fig. 15). However, the analyses by Boehm et alii (2023), CRREM (2023) and Deetman et alii (2020) have shown that a decarbonisation pathway also requires slowing floor area growth, especially in the Global North. This pathway is jeopardised by the projected 150% growth in the building stock for offices and retail by 2050, versus 50% for residential stock, which would necessitate steep intensity reductions to stay within carbon budgets (Deetman et alii, 2020).

Arguably, the construction of commercial and other properties with questionable ‘use value’ should be severely restrained, especially in view of the vast tracts of vacant space available for refurbishment and the ability of digitalisation to deliver many services online. Denmark’s Reduction Roadmap emphasises that a required 96% reduction can be achieved by reducing both emissions and the rate of construction (EFFEKT, MOE and CEBRA, 2022). Notably, this roadmap is for housing construction, with arguably more ‘use value’ than commercial construction.

The introduction of ‘sufficiency’ policies and practices, coupled with the already widespread acceptance of circularity, has the potential to reduce and rebalance demand for resources, in a fair way, all within planetary boundaries and in support of the SDGs. As O’Neill et alii (2018, p. 6) found, «[...] resource use could be reduced significantly in wealthy countries without affecting social outcomes, while also achieving social outcomes, while also achieving a more equitable distribution among countries».

When combined with renewables and efficiency, the French experience of ‘sufficiency’ approaches has also indicated economic, social, and environmental benefits: ‘consuming less to live better’ (négaWatt Association, 2023). From an architectural and design perspective, while ‘sufficiency’ strategies such as carbon budgets may constrain new construction, they may also stimulate ‘innovability’ in adapting existing stock and assisting clients in finding less material- and carbon-intensive solutions – as with the Zeitz Museum, Cape Town (Fig. 16).

The Buildings and Climate Global Forum, Paris, March 2024, with the French Government – a leader in ‘sufficiency’ policies – among key organisers, provided a unique opportunity to highlight the role of ‘sufficiency’ and demand-side solutions in challenging projections that «[...] buildings are essential for climate change mitigation and [...] the global buildings surface should double by 2060»<sup>6</sup>. The Forum included a ‘sufficiency’ session, which conveyed the following calls to participating governments: to prioritise ‘sufficiency’ in public policies for decarbonising the building sector and international cooperation; to reconsider the built environment growth scenarios for 2050 to ensure compatibility with limited resources; and to transfer the semantics of embodied carbon into limiting initial (upfront) carbon.

Although ‘sufficiency’ was only briefly mentioned in the Forum’s Declaration of Chailot<sup>7</sup>, this provides a ‘foot in the door’ for further efforts to emphasise the fundamental importance of ‘sufficiency’ within international climate, social justice, and resource policies.



**Conclusions** | While organisations such as the United Nations Environment Programme (UNEP, 2022) advocate increased reliance on renewables and energy efficiency as their dominant strategy to combat climate change, this essay has revealed the ineffectiveness of this approach when it fails to tackle growing floor area and resource consumption.

In reviewing and challenging these projections via Proposition 1), with creative systems thinking and ‘innovability’, the essay has introduced the role of ‘sufficiency’ in avoiding, reducing and prioritising demand in the built environment. Recent recognition of embodied carbon has increased attention on ways to reduce and redistribute growth in global floor area, based upon carbon budgets accompanied by floor area allocations for various building typologies. In relation to Proposition 2), and again employing ‘innovability’, it has been shown that responding to the global imperatives not only poses major challenges but also creates opportunities for architects and designers. The essay has indicated how architects, designers, and other stakeholders

should urgently respond to the challenges of ‘architecture in the overshoot’ in a positive and novel manner. This may stimulate alternative ways of meeting service needs, aided by digitalisation, while opening up to new business opportunities. However, transforming the policies and mindsets of organisations such as UNEP and its Global Alliance for Buildings and Construction, coupled with industry practitioners who are accustomed to limitless construction, looms as a major and urgent challenge.

Firstly, further research is required to question the need and projections for massive growth in global floor area that involves a doubling of global demand for raw materials by 2060, especially when situated in wealthier societies. Secondly, these investigations should lead to the allocation of carbon budgets for countries, cities and the building sector, based upon historical emissions and needs. The embodied carbon and resource consumption of potential new projects may then be assessed within these budgets and framework, with projects having a higher societal ‘use

value’ being prioritised. Thirdly, further research and case studies are necessary to demonstrate that such policies, which constrain new construction and resource consumption, may lead to alternative business models, sources of income, and employment. In this regard, much can be learned from the French and EU experiences with ‘sufficiency’ policies and approaches.

This essay, which has an ‘exploratory’ purpose, has highlighted some strategies to address the transition required by the building and construction sector concerning climate emergency, biodiversity loss and inequality; it has demonstrated that the decarbonisation of buildings is not enough if the consumption and embodied carbon associated with a continued building expansion, especially in so-called ‘developed’ societies, is not taken into account, and has highlighted the need for further and more in-depth studies than have been possible in these pages.

## Notes

1) For more information, see the webpage: [beyond-growth-2023.eu/about-beyond-growth/](https://beyond-growth-2023.eu/about-beyond-growth/) [Accessed 14 January 2024].

2) More Liam Fleming artworks can be found at the webpage: [liam.fleming.com.au](https://liam.fleming.com.au) [Accessed 14 January 2024].

3) For more information on Architecture in the Overshoot – Design and Temporal Dysphoria in Times of Transition, see the webpage: [thebritishacademy.ac.uk/projects/architecture-in-the-overshoot-design-and-temporal-dysphoria-in-times-of-transition/](https://thebritishacademy.ac.uk/projects/architecture-in-the-overshoot-design-and-temporal-dysphoria-in-times-of-transition/) [Accessed 14 January 2024].

4) For more information on Whole Life Carbon Assessment for the Built Environment, Professional Standard, see the webpage: [rics.org/profession-standards/rics-standards-and-guidance/sector-standards/construction-standards/whole-life-carbon-assessment](https://rics.org/profession-standards/rics-standards-and-guidance/sector-standards/construction-standards/whole-life-carbon-assessment) [Accessed 14 January 2024].

5) For more information, see the webpage: [wrf2023.org/key-takeaways-from-the-1st-international-sufficiency-summit/](https://wrf2023.org/key-takeaways-from-the-1st-international-sufficiency-summit/) [Accessed 14 January 2024].

6) For more information, see the webpage: [unep.org/news-and-stories/press-release/buildings-and-climate-global-forum-declaration-de-chailot](https://unep.org/news-and-stories/press-release/buildings-and-climate-global-forum-declaration-de-chailot) [Accessed 30 March 2024].

7) The Declaration of Chailot (8 March 2024) may be accessed from the above link. While reuse, repurposing and renovation of existing buildings and infrastructures are recommended to minimise the use of non-renewable resources, the overriding emphasis remains on planning, design, operation, and management of all-around sustainable, zero-emission, resilient, and resource-efficient buildings.

## References

- Ackoff, R. L. (2004), “Transforming the systems movement”, in *The Systems Thinker*, vol. 15, issue 8, pp. 2-5. [Online] Available at: [thesystemsthinker.com/wp-content/uploads/pdfs/150801pk.pdf](https://thesystemsthinker.com/wp-content/uploads/pdfs/150801pk.pdf) [Accessed 14 January 2024].
- Alcaraz, O., Buenestado, P., Escribano, B., Sureda, B., Turon, A. and Xercavins, J. (2018), “Distributing the global climate budget with climate justice criteria”, in *Climate Change*, vol. 149, pp. 131-145. [Online] Available at: [doi.org/10.1007/s10584-018-2224-0](https://doi.org/10.1007/s10584-018-2224-0) [Accessed 14 January 2024].
- Architecture 2030 (2021), “Why the built environment?”, in *Architecture 2030*, 06/10/2021. [Online] Available at: [architecture2030.org/why-the-built-environment/](https://architecture2030.org/why-the-built-environment/) [Accessed 14 January 2024].

Arehart, J. H., Pomponi, F., D’Amico, B. and W. V., Srubar III (2021), “A new estimate of building floor space in North America”, in *Environmental Science and Technology*, vol. 55, issue 8, pp. 5161-5170. [Online] Available at: [doi.org/10.1021/acs.est.0c05081](https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05081) [Accessed 14 January 2024].

Arup and EMF – Ellen MacArthur Foundation (n.d.), *Circular building design toolkit*. [Online] Available at: [ce-toolkit.dhub.arup.com/strategies](https://ce-toolkit.dhub.arup.com/strategies) [Accessed 14 January 2024].

Barber, D. A. (2023), “Solar architecture and the sufficiency imperative”, in *Renewable and Sustainable Energy Transition*, vol. 4, pp. 1-3. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.rset.2023.100066](https://doi.org/10.1016/j.rset.2023.100066) [Accessed 14 January 2024].

Boehm, S., Jeffrey, L., Hecke, J., Schumer, C., Jaeger, J., Fyson, C., Levin, K., Nilsson, A., Naimoli, S., Daly, E., Thwaites, J., Lebling, K., Waite, R., Collis, J., Sims, M., Singh, N., Grier, E., Lamb, W., Castellanos, S., Lee, A., Geffray, M.-C., Santo, R., Balehgn, M., Petroni, M. and Masterson, M. (2023), *State of Climate Action 2023*, Systems Change Lab, Berlin and Cologne, Germany. [Online] Available at: [doi.org/10.46830/wriprt.23.00010](https://doi.org/10.46830/wriprt.23.00010) [Accessed 14 January 2024].

C40 Cities (2018), *Consumption-based GHG emissions of C40 cities*, Climate Leadership Group, C40 Cities for Climate Change, March. [Online] Available at: [cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content\\_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5ad4c0c274c4837def5d3b91/files/C40\\_GHGE-Report\\_040518.pdf?1540555698](https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5ad4c0c274c4837def5d3b91/files/C40_GHGE-Report_040518.pdf?1540555698) [Accessed 14 January 2024].

Caffo, L. (2023), “A talk with Leonardo Caffo”, in *Lunatum Magazine*, 10/02/2023. [Online] Available at: [lunatummag.com/article/lunatumtalks-with-leonardo-caffo](https://lunatummag.com/article/lunatumtalks-with-leonardo-caffo) [Accessed 14 January 2024].

Circle Economy Foundation (2024), *The Circular Economy Gap Report 2024*. [Online] Available at: [circularity-gap.world/2024](https://circularity-gap.world/2024) [Accessed 26 January 2024].

CRREM – Carbon Risk Real Estate Monitor (2023), *From global emission budgets to decarbonisation pathways at property level*. [Online] Available at: [crrem.eu/wp-content/uploads/2023/01/CRREM-downscaling-documentation-and-assessment-methodology\\_Update-V2\\_V1.0-11-01-23.pdf](https://crrem.eu/wp-content/uploads/2023/01/CRREM-downscaling-documentation-and-assessment-methodology_Update-V2_V1.0-11-01-23.pdf) [Accessed 14 January 2024].

Deetman, S., Marinova, S., van der Voet, E., van Vuuren, D., Edelenbosch, O. and Heijungs, R. (2020), “Modelling global material stocks and flows for residential and service sector buildings towards 2050”, in *Journal of Cleaner Pro-*

*duction*, vol. 245, article 118658, pp. 1-11. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118658](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118658) [Accessed 14 January 2024].

EEB – European Environmental Bureau (2020), *A circular economy within ecological limits – Why we need to set targets to reduce EU resource consumption and waste generation in the new Circular Economy Action Plan*. [Online] Available at: [eeb.org/library/a-circular-economy-within-ecological-limits/](https://eeb.org/library/a-circular-economy-within-ecological-limits/) [Accessed 12 January 2024].

EFFEKT, MOE and CEBRA (2022), *The Reduction Roadmap*, Denmark, Copenhagen, September. [Online] Available at: [reductionroadmap.dk/reduction-roadmap](https://reductionroadmap.dk/reduction-roadmap) [Accessed 24 January 2024].

European Commission (2023), “New European Bauhaus Academy to build skills for sustainable construction with innovative materials”, in *ec.europa.eu*, 18/12/2023. [Online] Available at: [ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_6593](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6593) [Accessed 14 January 2024].

European Commission (2021), *New European Bauhaus – Shaping more beautiful, sustainable and inclusive forms of living together*. [Online] Available at: [europa.eu/new-european-bauhaus/index\\_en](https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en) [Accessed 14 January 2024].

Falk, J., Gaffney, O., Bhowmik, A. K., Bergmark, P., Galaz, V., Gaskell, N., Henningsson, S., Hojer, M., Jacobson, L., Jonas, K., Kaberger, T., Klingensfeld, D., Lenhart, J., Loken, B., Lundén, D., Malmödin, J., Malmqvist, T., Olausson, V., Otto, I., Pearce, A., Pihl, E. and Shalit, T. (2020), *Exponential roadmap – Scaling 36 solutions to halve emission by 2030*, version 1.5, Future Health, Sweden. [Online] Available at: [exponentialroadmap.org/wp-content/uploads/2020/03/ExponentialRoadmap\\_1.5.1\\_216x279\\_08\\_AW\\_Download\\_Singles\\_Small.pdf](https://exponentialroadmap.org/wp-content/uploads/2020/03/ExponentialRoadmap_1.5.1_216x279_08_AW_Download_Singles_Small.pdf) [Accessed 29 January 2024].

Floridi, L. (2020), “The green and the blue – A new political ontology for a mature information society”, in *ssrn.com*, 30/04/2021. [Online] Available at: [dx.doi.org/10.2139/ssrn.3831094](https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3831094) [Accessed 29 January 2024].

Friends of the Earth Europe (2022), “The time is ripe for resource use reduction targets”, in *friendsoftheearth.eu*, 26/10/2022. [Online] Available at: [friendsoftheearth.eu/news/the-time-is-ripe-for-resource-use-reduction-targets/](https://friendsoftheearth.eu/news/the-time-is-ripe-for-resource-use-reduction-targets/) [Accessed 27 January 2024].

GBCA – Green Building Council of Australia and thinkstep-anz (2021), *Embodied carbon and embodied energy in Australia’s buildings*. [Online] Available at: [thinkstep-anz.com/assets/Whitepapers-Reports/Embodied-](https://thinkstep-anz.com/assets/Whitepapers-Reports/Embodied-)

Carbon-Embodied-Energy-in-Australias-Buildings-2021-07-22-FINAL-PUBLIC.pdf [Accessed 14 January 2024].

Georgescu-Roegen, N. (1973), "The entropy law and the economic problem", in Daly, H. E. (ed.), *Toward a steady-state economy*, W. H. Freeman & Co., pp. 37-49. [Online] Available at: are.na/block/7305017 [Accessed 14 January 2024].

Haberl, H., Löw, M., Perez-Laborda, A., Matej, S., Plank, B., Wiedenhofer, D., Creutzig, F., Erb, K.-H. and Duro, J. A. (2023), "Built structures influence patterns of energy demand and CO<sub>2</sub> emissions across countries", in *Nature Communications*, vol. 14, article 3898, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41467-023-39728-3 [Accessed 14 January 2024].

Habert, G., Röck, M., Steininger, K., Lupisek, A., Birgisdottir, H., Design, H., Chandrakumar, C., Pittau, F., Passer, A., Rovers, R., Slavkovic, K., Hollberg, A., Hoxha, E., Juselme, T., Nault, E., Allacker, K. and Lützkendorf, T. (2020), "Carbon budgets for buildings – Harmonising temporal, spatial and sectoral dimensions", in *Buildings & Cities*, vol. 1, issue 1, pp. 429-452. [Online] Available at: doi.org/10.5334/bc.47 [Accessed 14 January 2024].

Haigh, L. (2023), "Beyond the energy transition", in *Economist Impact*, 31/07/2023. [Online] Available at: impact.economist.com/sustainability/circular-economies/beyond-the-energy-transition-why-we-need-a-circular-economy-to-keep-human [Accessed 14 January 2024].

Hickel, J., O'Neill, D. W., Fanning, A. L. and Zoomkawala, H. (2022), "National responsibility for ecological breakdown – A fair-shares assessment of resource use – 1970-2017", in *The Lancet / Planet Health*, vol. 6, issue 4, pp. e342-e349. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00044-4 [Accessed 14 January 2024].

Himes, A. (2021), "Talk by A. Himes to TedX Seattle", in *carbonleadershipforum.org*. [Online] Available at: carbonleadershipforum.org/tedx-himes-climate-change [Accessed 14 January 2024].

Horup, L. H., Steinmann, J., Le Den, X., Röck, M., Sørensen, A., Tozan, B. and Birgisdottir, H. (2022), *Towards EU embodied carbon benchmarks for buildings – # 3 Defining budget-based targets – A top-down approach*. [Online] Available at: doi.org/10.5281/zenodo.6120882 [Accessed 14 January 2024].

Hoxha, E., Röck, M., Truger, B., Steininger, K. and Passer, A. (2020), "Austrian GHG emission targets for new buildings and major renovations – An exploratory study", in *IOP Conf Series / Earth and Environmental Science*, vol. 588, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032052 [Accessed 14 January 2024].

Hurst, W. (2023), "Get up to speed on embodied carbon now, say leading developers", in *Architects' Journal*, 25/05/2023. [Online] Available at: architectsjournal.co.uk/news/get-up-to-speed-on-embodied-carbon-now-say-leading-developers [Accessed 14 January 2024].

IEA – International Energy Agency (2023), *Breakthrough Agenda Report 2023 – Buildings*. [Online] Available at: iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2023/buildings [Accessed 14 January 2024].

IEA – International Energy Agency (2021), *Net Zero by 2050 – A roadmap for the global energy sector*. [Online] Available at: iea.org/reports/net-zero-by-2050 [Accessed 14 January 2024].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2023), *Climate Change 2023 – Synthesis Report – Summary for Policymaker*. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\_AR6\_SYR\_SPM.pdf [Accessed 14 January 2024].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), *Climate Change 2022 – Mitigation of climate change*, Working Group III 6th Assessment Report. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg3/ [Accessed 14 January 2024].

Irwin, T. (2018), "The Emerging Transition Design Approach", in Stormi, C., Leahy, K., McMahon, M., Lloyd, P. and Bohemia, E. (eds), *Design as a catalyst for change / DRS International Conference 2018, 25-28 June, Limerick, Ireland*, pp. 968-989. [Online] Available at: doi.org/10.21606/drs.2018.210 [Accessed 30 January 2024].

Jackson, M. C. (2006), "Creative holism – A critical systems approach to complex problem situations", in *Systems, Research and Behavioural Science*, vol. 23, issue 5, pp. 647-657. [Online] Available at: doi.org/10.1002/sres.799 [Accessed 14 January 2024].

Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., Peller, A., Goldfinger, S., Cheng, D. and Tea, K. (2008), "Shrink and Share – Humanity's Present and Future Ecological Footprint", in *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 363, issue 1491, pp. 467-475. [Online] Available at: doi.org/10.1098/rstb.2007.2164 [Accessed 14 January 2024].

Krausmann, F., Wiedenhofer, D. and Haberl, H. (2020), "Growing stocks of buildings, infrastructures and machinery as key challenge for compliance with climate targets", in *Global Environmental Change*, vol. 61, article 102034, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102034 [Accessed 14 January 2024].

Le Den, X., Caspani, M., Steinmann, J., Ryberg, M. and Lauridsen, K. (2023), *A 1.5 °C pathway for the global building sector's embodied emissions – Pathway Development Description – Draft*, Science Based Targets. [Online] Available at: sciencebasedtargets.org/resources/files/DRAFT\_SBTi\_Embodied-carbon-pathway-development-description.pdf [Accessed 14 January 2024].

LETI – London Energy Transformation Initiative (2020), *LETI Embodied Carbon Primer – Supplementary guidance to the Climate Emergency Design Guide*. [Online] Available at: leti.uk/\_files/ugd/252d09\_8ceffbcfb43cf8a19ab9af5073b92.pdf [Accessed 14 January 2024].

négaWatt Association (2023), *Energy sufficiency – Towards a more sustainable and fair society*. [Online] Available at: negawatt.org/IMG/pdf/181029\_energy-sufficiency\_negawatt-scenario\_eng.pdf [Accessed 14 January 2024].

Ness, D. A. (2023), "Technological efficiency limitations to climate mitigation – Why sufficiency is necessary", in *Buildings & Cities*, vol. 4, issue 1, pp. 139-157. [Online] Available at: doi.org/10.5334/bc.297 [Accessed 14 January 2024].

Ness, D. (2022a), "Towards sufficiency and solidarity – COP27 implications for construction and property", in *Buildings & Cities*, vol. 3, issue 1, pp. 912-919. [Online] Available at: doi.org/10.5334/bc.268 [Accessed 14 January 2024].

Ness, D. (2022b), "Beyond circularity – Do we need to shrink and share", in Pál, V. (ed.), *Social and Cultural Aspects of the Circular Economy*, Routledge, pp. 194-203. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9781003255246-12 [Accessed 14 January 2024].

Ness, D. (2021a), "Dalla nuova edilizia alla rigenerazione – Può il Nuovo Bauhaus ridefinire l'architettura e dare risposte ai cambiamenti globali? | The shift from new build to regeneration – Can the New Bauhaus transform architecture and design to meet global challenges?", in *Agathón / International journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 22-31. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/922021 [Accessed 16 January 2024].

Ness, D. (2021b), *The impact of overbuilding on people and the planet*, Cambridge Scholars Publishing, Nottingham. [Online] Available at: cambridgescholars.com/product/978-1-5275-2402-6 [Accessed 14 January 2024].

Ness, D. and Xing, K. (2023), "Embodied carbon – The elephant in the urban growth room", in *The Fifth Estate*, 28/11/2023. [Online] Available at: thefifthestate.com.au/urbanism/embodied-carbon-the-elephant-in-the-urban-growth-room/ [Accessed 14 January 2024].

O'Neill, D. W., Fanning, A. L., Lamb, W. F. and Steinberger, J. K. (2018), "A good life for all within planetary boundaries", in *Nature Sustainability*, vol. 1, pp. 88-95. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4 [Accessed 14 January 2024].

Oxfam (2023), *Climate Equality – A planet for the 99%*. [Online] Available at: policy-practice.oxfam.org/resources/climate-equality-a-planet-for-the-99-621551/ [Accessed 24 January 2024].

Oxford Economics (2021), *Future of Construction – A global forecast for construction to 2030*, September. [Online] Available at: oxfordeconomics.com/wp-content-up-

loads/2023/08/Future-of-Construction-Full-Report.pdf [Accessed 14 January 2024].

Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S., Abrams, J., Andersen, L. et alii (2023), "Safe and just Earth system boundaries", in *Nature*, vol. 619, article 7968, pp. 102-111. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8 [Accessed 14 January 2024].

Saheb, Y. (2021), *Sufficiency and Circularity – The two overlooked decarbonisation strategies in the 'Fit for 55' Package*, European Environmental Bureau – EEB. [Online] Available at: eeb.org/library/sufficiency-and-circularity-the-two-overlooked-decarbonisation-strategies-in-the-fit-for-55-package/ [Accessed 14 January 2024].

Schmidt-Bleek, F. B. (1993), *The Fossil Makers*, Birkhäuser.

Sciences Po (2023), *Designing an outline for a new climate mitigation modelling framework*, Hybrid Workshop, 22/11/2023, Sciences Po, Paris. [Online] Available at: sciencespo.fr/psia/chair-sustainable-development/2023/11/22/workshop-designing-an-outline-for-a-new-climate-mitigation-modelling-framework/ [Accessed 26 January 2024].

Stahel, W. R. (2008), "Global climate change in the wider context of sustainability", in *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice*, vol. 33, pp. 507-529. [Online] Available at: doi.org/10.1057/gpp.2008.21 [Accessed 14 January 2024].

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. and Ludwig, C. (2015), "The trajectory of the Anthropocene – The great acceleration", in *The Anthropocene Review*, vol. 2, issue 1, pp. 81-98. [Online] Available at: doi.org/10.1177/2053019614564785 [Accessed 14 January 2024].

Sugiyama, M., Wilson, C., Wiedenhofer, D., Benigna Boza-Kiss, B., Cao, T., Chatterjee, J. S., Chatterjee, S., Hara, T., Hayashi, A., Ju, Y., Krey, V., León, M. F., Martínez, L., Masanet, E., Mastrucci, A., Min, J., Niamir, L., Pelz, S., Roy, J., Saheb, Y., Schaeffer, R., Ürge-Vorsatz, D., van Ruijven, B., Shimoda, Y., Verdolini, E., Wiese, F., Yamaguchi, Y., Zell-Ziegler, C. and Zimm, C. (2023), "High with low – Harnessing the power of demand-side solutions for high wellbeing with low energy and material demand", in *Joule*, vol. 8, issue 1, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.joule.2023.12.014 [Accessed 24 January 2024].

UN DESA (2018), *The world's cities in 2018*. [Online] Available at: un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the\_worlds\_cities\_in\_2018\_data\_booklet.pdf [Accessed 28 January 2024].

UNDP – United Nations Development Programme (1992), *Human Development Report 1992*. [Online] Available at: hdr.undp.org/content/human-development-report-1992 [Accessed 14 January 2024].

UNEP – United Nations Environment Programme (2024), *Global resources outlook 2024 – Bend the trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes*, International Resource Panel, Nairobi. [Online] Available at: unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024 [Accessed 30 March 2024].

UNEP – United Nations Environment Programme (2022), *2022 Global status report for buildings and construction – Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*, UN Environment Programme. [Online] Available at: wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/41133 [Accessed 14 January 2024].

UNEP – United Nations Environment Programme (2020), *Emissions Gap Report*. [Online] Available at: unep.org/emissions-gap-report-2020 [Accessed 14 January 2024].

USGBC – U.S. Green Building Council (2023), *State of Decarbonisation – Progress in U.S. Commercial Buildings 2023*. [Online] Available at: usgbc.org/resources/state-decarbonization-progress-us-commercial-buildings-2023 [Accessed 14 January 2024].

Wardman, K. (2011), "From mechanistic to social systemic thinking – A digest of a talk by Russell Ackoff", in *The Systems Thinker*, vol. 22, issue 7, pp. 7-10. [Online] Available at: thesystemsthinker.com/wp-content/uploads/pdfs/220711pk.pdf [Accessed 14 January 2024].