

## ARTICLE INFO

Received	20 March 2023
Revised	02 May 2023
Accepted	09 May 2023
Published	30 June 2023

## VERTICAL FARM

Dalle forme dell'agricoltura nuove architetture e città

## VERTICAL FARM

New architectures and cities from the forms of agriculture

Sara Basso, Thomas Bisiani, Pierluigi Martorana, Adriano Venudo

### ABSTRACT

L'articolo indaga la convergenza tra natura e architettura, analizzando il fenomeno delle vertical farm, quale manifestazione architettonica di alcune tendenze contemporanee. Questi edifici alti, funzionali all'agricoltura, presentano anche caratteristiche di sostenibilità, come la riduzione delle catene di approvvigionamento e del consumo di suolo. Il tema viene sviluppato attraverso quattro ambiti: l'origine dell'edificio alto come espressione simbolica e la sua evoluzione contemporanea; l'agricoltura fuori suolo in relazione alle categorie macroeconomiche classiche a partire dal '700; tre casi di studio di vertical farm sperimentali (Skyfarm, Farmscraper e Farmhouse), lette quali possibili origini di nuovi tipi architettonici. In conclusione viene svolta un'analisi critica delle possibili ricadute urbane delle vertical farm a partire dal concetto di diritto al cibo.

The paper investigates the convergence between nature and architecture, analysing the phenomenon of vertical farms as an architectural manifestation of specific contemporary trends. These high-rise buildings are functional for agriculture while also exhibiting sustainability features, such as the reduction of supply chains and land consumption. The issue is articulated through four areas: the origin of the tall building as a symbolic expression and its contemporary evolution; above-ground agriculture in relation to classical macroeconomic categories since the 1700s; and three case studies of experimental vertical farms (Skyfarm, Farmscraper and Farmhouse), interpreted as possible origins of new architectural types. In conclusion, a critical analysis of the potential urban impacts of vertical farms is conducted, based on the concept of the right to food.

### KEYWORDS

fattorie verticali, Skyfarm, Farmscraper, Farmhouse, diritto al cibo

vertical farms, Skyfarm, Farmscraper, Farmhouse, right to food

**Sara Basso**, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Engineering and Architecture of the University of Trieste (Italy). She carries out research mainly in the field of urban planning, and is currently coordinating research to develop the central spaces of the Municipality of Staranzano (GO). E-mail: sara.basso@dia.units.it

**Adriano Venudo**, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Engineering and Architecture of the University of Trieste (Italy). He carries out research mainly in the field of composition and architectural design, and is currently the Scientific Director of the research project for the architectural and landscape rehabilitation of the former powder keg in Romans D'Isonzo (GO). E-mail: avenudo@units.it

**Thomas Bisiani**, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Engineering and Architecture of the University of Trieste (Italy). He carries out research mainly in the field of composition and architectural design, and is part of the Research Group for the redevelopment of the former Caserma Francescato in Cividale del Friuli (UD). E-mail: tbisiani@units.it

**Pierluigi Martorana** is an Agronomist and partner of Studio Benincà (Verona, Italy). His work as a professional is mainly focused in the agronomic and environmental fields, both for agricultural entrepreneurs and Public Administrations, particularly as a specialised figure in preparing and evaluating urban planning tools. E-mail: pierluigimartorana@gmail.com



Possiamo definire la globalizzazione come l'estensione senza precedenti degli spazi di circolazione, di consumo e di comunicazione (Farinelli, 2019). In sostituzione dei confini è possibile immaginare delle frontiere, cioè uno spazio intermedio, meno definito, dove le differenze entrano in contatto e possono mescolarsi promuovendo fenomeni evolutivi (Zanini, 1997). Tra questi fenomeni di ibridazione il presente contributo indaga quello tra natura e architettura attraverso il tipo delle 'vertical farm', in quanto sembra essere una forma di convergenza di diverse tendenze dell'architettura contemporanea: da una parte la tendenza alla crescita, di cui l'edificio alto è una tipica fenomenologia, dall'altra una tendenza più recente, legata a nuovi grandi habitat, funzionali non tanto a ospitare l'essere umano, ma piuttosto agenti o forme di vita 'altre'. Non mancano gli aspetti di sostenibilità legati a fattori di densità ecologica, riduzione delle catene di approvvigionamento, riutilizzo di edifici obsoleti, riduzione del consumo di suolo e degli impatti paesaggistici. Tutti questi fattori concorrono a tratteggiare un nuovo profilo del rapporto tra natura e costruzione che caratterizza l'architettura come sapere. Una natura 'para-artificiale', contaminata nel suo svilupparsi in contesti 'duri'; una condizione ambigua, intermedia, ibrida tra oggetto e ambiente; sta proprio in questa condizione conflittuale, di incrocio, l'interesse del tema perché esplora quegli ambiti 'di contatto' dove la biodiversità architettonica è maggiore.

Dal punto di vista metodologico il tema viene sviluppato attraverso un approfondimento in quattro ambiti: una prima parte esplora i presupposti architettonico-disciplinari dell'edificio alto; un inquadramento dal punto di vista agronomico traccia il perimetro tecnico dell'agricoltura 'fuori suolo'; successivamente vengono analizzati dal punto di vista architettonico tre casi di studio significativi con l'obiettivo di individuare approcci, logiche e famiglie; infine vengono analizzate criticamente le ricadute urbane. In questa lettura multidisciplinare del tema è da leggersi l'originalità dei contenuti proposti. La componente relativa all'agricoltura urbana è uno spartiacque disciplinare che consente di riconoscere nelle vertical farm un ambito di indagine autonomo rispetto al tema affine, ampiamente dibattuto, del rapporto tra edifici alti e vegetazione con finalità estetico-ornamentali. Il presente studio è quindi molto specifico perché indaga una tipologia particolare, la fattoria verticale, che assume la forma del grattacielo; a tale scopo vengono selezionati casi studio e presentate teorie che circoscrivono la ricerca ad ambiti esclusivamente urbani e densamente abitati come ad esempio le metropoli asiatiche o americane, perché l'entità e l'impatto di un tale organismo architettonico e tecnologico e le relative risorse da mettere in atto per la realizzazione possono reggere al momento soltanto la dimensione e la scala di casi grandi ed estremi. Si tratta di quei contesti in cui l'uso del suolo si traduce nel 'metro quadrato come un bene primario' e le sue strategie di occupazione e organizzazione producono risvolti diretti sulla forma della città, sulla società e sull'economia, indirizzando non da ultimo a specifiche e proprie soluzioni architettoniche (Giedion, 1941).

Le vertical farm rappresentano 'soluzioni tipologiche' molto giovani, i cui primi studi teorici risalgono all'inizio di questo millennio (Despommier,

2010), mentre la ricerca progettuale e le applicazioni tecnologiche e commerciali non hanno più di quindici anni: manca quindi ancora una vera prospettiva sullo sviluppo, sull'applicabilità e sugli effetti di queste tipologie architettoniche verticali. Va anche aggiunto che se è possibile collezionare casi studio, prime realizzazioni ed esperimenti, ad oggi manca 'una distanza storica dall'argomento' e quindi anche una elaborazione della critica architettonica e urbana. Tuttavia si ritiene che quello delle vertical farm sia un modello che, in futuro, se debitamente scalato e riformulato rispetto alle specificità e alle istanze contestuali, potrà trovare applicazione e sviluppo in ambiti extraurbani o comunque non soltanto per le grandi città poiché porta con sé un naturale principio di 'risparmio di suolo' e di ottimizzazione funzionale che nascono proprio dall'integrazione tra le forme dell'abitare e quelle del coltivare.

### **Big, una storia verticale tra tipi e caratteri della globalizzazione**

La costruzione in altezza ha un carattere 'primario' e l'innalzamento dei menhir è la prima azione che definisce un 'oggetto situato' (Careri, 2006), un cambio di posizione intenzionale che conferisce significati simbolici, religiosi, geometrici e geografici a un elemento che passa da uno stato naturale a una condizione artificiale. La verticalità rappresenta crescita e fertilità, l'erezione dei totem in molte culture esprime la fede nella capacità dell'essere umano di vivere in armonia con la natura (Rykwert, 1988). La costruzione in altezza è quindi una figura consolidata che è sempre stata presente nella cultura architettonica e ha un valore fortemente simbolico. Nel 1896 Henry Sullivan pubblica il celebre articolo *The Tall Office Building Artistically Considered* (Sullivan, 1896) stabilendo una nuova origine della costruzione in altezza. Il grattacielo viene riconosciuto come un innovativo tipo architettonico, espressione ottimistica del futuro in chiave tecnica e il suo sviluppo diviene inarrestabile fino agli anni '70 quando la crisi energetica evidenzia i punti di debolezza impliciti negli edifici con sviluppo verticale: è necessaria molta energia sia per costruire in altezza che per garantire il comfort e l'efficienza dell'edificio nel tempo, ma si pongono anche questioni legate alla salubrità degli ambienti (ad esempio per la limitata aerazione naturale). Su tali questioni secondo James Wines (2002) non si è stato avviato un adeguato dibattito costruttivo, soprattutto per la contrapposizione tra gli interessi speculativi legati allo sfruttamento in altezza e posizioni culturali più radicali che ha prodotto una sorta di lungo 'stallo critico'. Sempre James Wines, a partire da questi presupposti, ha riconosciuto una tendenza che ha chiamato *Vertiscapes*, una prima forma di design ecologico di cui fanno parte una generazione di edifici alti e 'verdi' disegnati da Roger Ferri (Fig. 1), SITE (Fig. 2) e Emilio Ambasz (Fig. 3).

Successivamente gli attentati alle Twin Towers del 2001 hanno evidenziato la fragilità del tipo più rappresentativo del XX secolo, mettendo in discussione la tipologia per questioni di sicurezza. Tuttavia la torre, quale 'edificio simbolo', continua a essere la tipologia che meglio rappresenta le realtà urbane più ricche e moderne, soprattutto negli Stati Uniti e in Asia; tutto ciò nonostante la recente pandemia da Covid-19 che, diffusa proprio a partire dalle popolose città cinesi, ha messo in discussione uno dei principi che definisce na-

tura e ragione dell'edificio alto: la densità. Da simbolo ottimistico della tecnica il grattacielo si è trasformato progressivamente in manifestazione di forza finanziaria: la globalizzazione ha fatto leva sulle sue dimensioni stimolando negli anni '90 Mario Gandelsonas (1990) nella scrittura del saggio *Conditions for a Colossal Architecture* e Rem Koolhaas (1995) nella pubblicazione del suo celebre testo sulla *Bigness*. L'architettura 'grande' assume un carattere indifferente rispetto alle specificità dei luoghi e il suo valore consiste nelle dimensioni misurabili, che superano questioni qualitative e di merito. Un altro carattere tipico della globalizzazione è l'inversione dei rapporti tra città, architettura e infrastruttura: la qualità delle grandi città si misura in dotazioni infrastrutturali, connessioni e collegamenti con altre città, altrettanto grandi. La logistica e le interfacce tra infrastrutture definiscono nuovi spazi fisici a supporto dei flussi materiali e immateriali; gli edifici che ne derivano sono una forma di architettura senza l'uomo (Koolhaas, 2020).

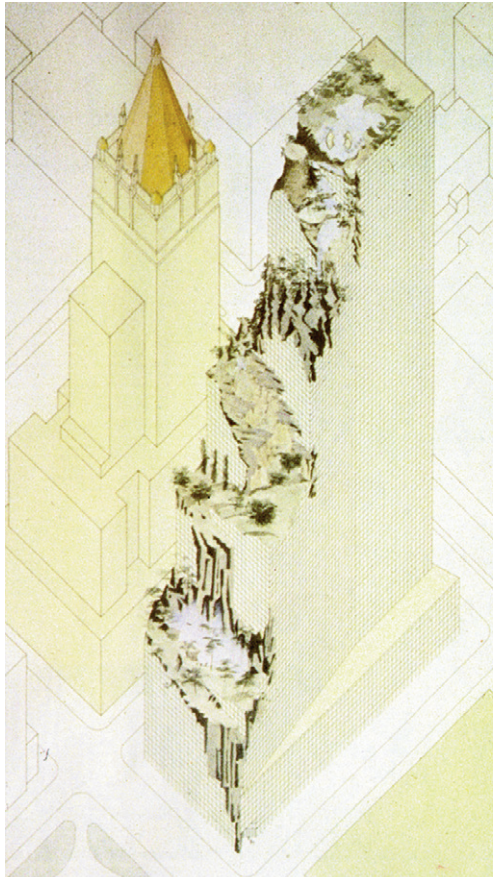
Tra i numerosi esempi si segnalano gli Amazon's Robotics Fulfillment Centers, centri logistici in cui lo spazio è interdetto agli umani e in cui i data centers, 'le case di internet', si sviluppano per migliaia di metri quadri ospitando solo pochi tecnici; siamo in presenza di nuovi tipi, apparentemente senza qualità architettoniche, dove parcheggi e superfici vetrate scompaiono perché non servono alle entità che li abitano. A questa nuova categoria appartiene il progetto *Pig City* di MVRDV del 2001 (Fig. 4), un allevamento biologico di maiali ospitato in edifici alti per limitare il consumo di suolo in Olanda, un Paese in cui questa risorsa è particolarmente limitata. Meno nobile appare invece il recente *Pig Palace*, costituito da due corpi di fabbrica di 26 piani ciascuno realizzati a Ezhou, che con i suoi 390.000 metri quadri di superficie è il più grande e il più 'alto' allevamento intensivo della Cina e del mondo.

**Dark ecologies e verticalismo** | Prende corpo così un nuovo rapporto tra uomo e natura e Timothy Morton (2007) conia il termine 'dark ecology', un modello ecologico che presuppone sistemi aperti in cui la vita, prospera in questi spazi intermedi tra categorie tutt'altro che rigide. L'esplorazione di una nuova natura, in relazione con l'abitare umano e meno aderente a una ortodossia ecologista, produce, per Manuel Gausa (2022), architetture sempre più sperimentali, ibride, mutanti e mutabili in cui naturale e artificiale, verde vegetale e grigio minerale si mescolano in un nuovo cromatismo, la 'dark ecology'. Questa tendenza si sposa con il carattere ibrido dei grandi edifici contemporanei la cui dimensione consente di accogliere una varietà di funzioni, conferendo una nuova qualità che mette in discussione il carattere monofunzionale dell'edificio alto nei termini teorizzati da Sullivan.

I programmi complessi delle città, di solito affrontati bidimensionalmente, oggi possono trovare applicazione sfruttando il 'verticalismo' (Ábalos and Grau, 2011) e combinazioni multifunzionali in altezza che costituiscono parti urbane compiute dove l'articolazione della sezione in verticale diventa l'equivalente del tradizionale progetto di suolo. Il grattacielo continua a essere quindi una tipologia attuale, efficace e rappresentativa nonostante le criticità legate alla sostenibilità e alla si-



curezza, aspetti per i quali studi e ricerche contemporanee indagano soluzioni e modelli sempre più efficienti, orientati a ridurre l'impronta ecologica e il consumo energetico dei nuovi edifici privilegiando forme naturali di controllo del microclima interno. La tendenza prevalente mira a sviluppare una dimensione in cui il verde integrato ha un carattere urbano ed estetico, una valenza ornamentale come nella Torre di Giunigi a Lucca che fa da contraltare al verde agricolo produttivo dei Giardini di Babilonia. In quest'ottica la relazio-



ne tra architettura verticale e agricoltura, che determina forme contemporanee particolari, ha un carattere di specificità che giustifica l'individuazione di una nuova area di studio da indagare compiutamente; il concetto di fattoria verticale infatti è stato coniato solo recentemente da Dickson Despommier (2010), mentre la prima opera divulgativa in Italia risale a pochi anni fa (Cigliano and Bellavista, 2019).

#### Agricoltura: dal maggese alla vertical farm |

L'edificio alto, così come descritto, appare come una soluzione architettonica ideale per integrare non solo forme di vegetazione (Talenti and Teodosio, 2022) ma anche di agricoltura avanzata, definita 'fuori suolo'. Nasce così una convergenza transcalare e transdisciplinare (Tesoriere, 2020) tra una forma architettonica tipicamente urbana e l'agricoltura, che è il principale agente delle trasformazioni territoriali dei paesaggi in funzione delle esigenze produttive.

L'attuale condizione è l'esito di almeno due 'salti evolutivi' tecnici e agronomici; la prima grande rivoluzione agricola risale alla fine del '700 con un'evoluzione tecnologica che introduce macchinari e rotazione agraria per aumentare la produttività dei terreni. Oltre al maggese viene meno la proprietà collettiva e si assiste alla riduzione della maglia podereale e a una maggiore variabilità culturale. La manodopera, l'unica risorsa abbondante, surroga i fattori produttivi terra e capitale fino alla metà del '900; in questa seconda fase, l'agricoltura si ritrova priva di risorse. In molti Paesi il numero degli addetti si riduce sensibilmente: in Italia, ad esempio, dal 1951 al 1971 si passa da 8,2 milioni a 3,2 milioni di addetti, e data la scarsità della manodopera vengono applicati i principi della semplificazione culturale e della meccanizzazione. Conseguentemente il territorio si trasforma in funzione delle macchine: aumentano le dimensioni e la regolarità dei campi; scompaiono siepi e filari; aumentano la specializzazione e la desertificazione delle aree rurali, si riduce la biodiversità. Il fattore produttivo lavoro viene sostituito dalla meccanizzazione, mentre il fattore terra gioca un ruolo ambiguo: la disponibilità delle aree non aumenta, anzi viene ridotta dall'urbanizzazione e dall'abbandono delle aree marginali.

In questo scenario si colloca la tecnica di produzione definita come coltivazione fuori suolo, o vertical farm nel caso i processi di produzione e trasformazione siano condotti in ambienti costruiti, con impianti che utilizzano sistemi di coltivazione senza substrato, cioè che non prevedono l'ancoraggio delle radici delle piante. Si tratta in ogni caso di coltivazioni con crescita limitata, quali lattughe, fragole e alcune floricole prodotte prevalentemente con la tecnica idroponica NFT (Nutrient Film Technique): uno strato di soluzione nutritiva all'interno di canalette alimenta l'apparato radicale delle piante parzialmente immerso nel liquido. Una seconda tipologia idroponica è il Floating System, nel quale le piante, sostenute da pannelli di polistirolo ad alta densità, galleggiano in vasche di soluzione nutritiva. A queste tecniche

si affianca la coltivazione aeroponica, nella quale le piante vengono sostenute da pannelli in materiale plastico ancorati a una struttura di supporto. In tutti e tre i casi il terreno, quale fonte di sostegno e nutrimento, diventa un elemento superfluo.

#### Vantaggi e svantaggi delle vertical farm per il futuro dell'agricoltura urbana |

L'utilizzo di serre o tunnel non consente vantaggi significativi in termini di consumo suolo, mentre garantisce una riduzione del 90-95% delle risorse idriche e un prodotto più sano poiché un ambiente protetto limita i patogeni e riduce l'uso di fitofarmaci. Vantaggi consistenti, in termini di consumo di suolo, sono legati a un processo più sofisticato, attraverso il controllo del microclima e dei parametri ambientali. La luce naturale viene sostituita da un'illuminazione a LED che riproduce la radiazione solare; l'aria viene trattata con sistemi di filtraggio che impediscono la diffusione di microrganismi e spore fungine; la temperatura viene controllata con sistemi di condizionamento. Questo ambiente, creato all'interno di strutture dedicate, consente di organizzare la coltivazione su piani sovrapposti o verticali e si presta a una robotizzazione del ciclo produttivo che riduce la manodopera.

Svincolando la produzione agricola dal terreno, la superficie produttiva si riduce al sedime dell'edificio che ospita il processo; si apre quindi uno scenario nuovo in termini di pianificazione: possono essere edificate nuove strutture in ambito urbano o possono essere recuperati fabbricati dismessi. Si minimizza di conseguenza la distanza tra produzione e consumo, con evidenti benefici in termini di filiera di approvvigionamento e con consistenti risparmi per la collettività.

Non possono però essere trascurate alcune criticità: sono necessari significativi volumi di investimento, proporzionali al livello di automazione che riguardano tutte le fasi, dalla realizzazione delle strutture fino ai sistemi di controllo hardware e di gestione software. Sono necessari impianti avanzati di controllo del microclima e deve essere impiegato personale specializzato, in termini strettamente agronomici, ma anche capace di gestire i sistemi che governano l'impianto; inoltre edifici di questo tipo, risultano fortemente energivori.

La vertical farm è spesso considerata l'espressione di una nuova rivoluzione agricola, ma questa valutazione deve essere ridimensionata poiché il modello è limitato a comparti produttivi specifici, quali l'orticoltura e il florovivaismo e il suolo 'risparmiato' tendenzialmente viene occupato da altre produzioni agricole tradizionali, quali seminativi e specie arboree di altri comparti produttivi. Forse la vera rivoluzione in atto è rappresentata dall'adozione di sofisticati sistemi di automazione (i cosiddetti 'farm bots') che tendono a sostituire sempre più la manodopera.

#### Evoluzione e rivoluzione introdotte dalle vertical farm: casi studio e 'salti di specie' |

A partire da queste considerazioni sulla natura dell'edificio alto e sull'agricoltura fuori suolo sono stati individuati tre esempi di vertical farm. Si tratta di casi paradigmatici perché nelle loro declinazioni preludono a un possibile salto di specie tipologico, come fu per i primi grattacieli di Sullivan o per le sperimentazioni metaboliste degli anni '60. Tre casi esemplificativi di combinazione della vertical farm con il grattacielo tradizionale: da un lato l'a-

Fig. 1 | New York Skyscraper (1976), designed by Roger Ferri (source: archiveofaffinities.tumblr.com, 2023).

Fig. 2 | High-rise of Homes (1982), designed by SITE (source: sitenewyork.com 2023).



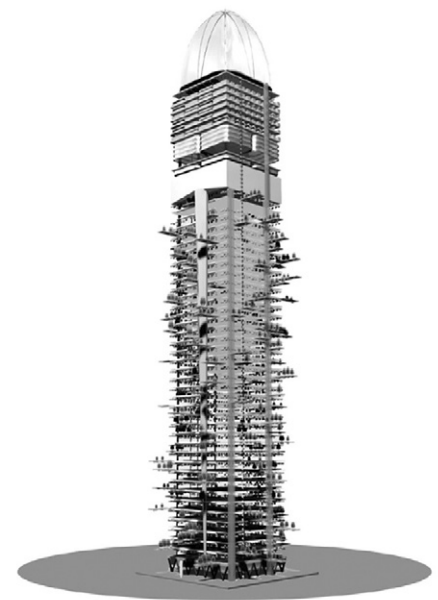
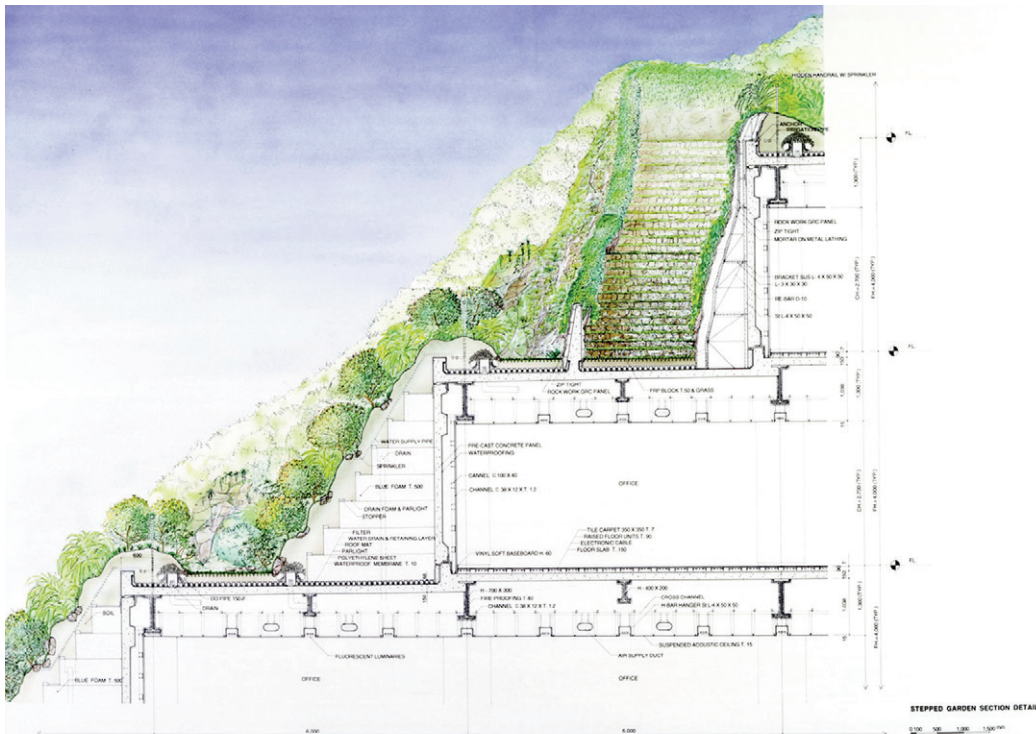


Fig. 3 | ACROS Fukuoka (1995), designed by Emilio Ambasz (source: floormature.it, 2023).

Fig. 4 | PigCity, vertical farm prototype in Holland (2001-2022), designed by MVRDV (source: mvrnv.nl, 2023).

zienda agricola centralizzata, pura (Skyfarm) oppure che dialoga con altre attività (Farmscraper), e dall'altro la fattoria intesa come aggregazione di piccoli centri produttivi corrispondenti a singole unità residenziali (Farmhouse), una tipologia nuova da indagare.

Il primo concept di vertical farm compare nel 2007-2008 alla Columbia University grazie agli studi di Despommier<sup>1</sup> a cui segue una prima prolifica serie di prototipi e metaprogetti intorno al 2009-2010 tra la Silicon Valley e la Harvard University<sup>2</sup>. Dal 2012 ad oggi si registrano molte sperimentazioni tra Stati Uniti e Paesi asiatici<sup>3</sup>, ma pochi sono i progetti che hanno raggiunto livelli esecutivi e ancora meno quelli che sono stati realizzati<sup>4</sup>, cosa tutt'altro che anomala se consideriamo che la vertical farm è 'una tipologia giovanissima' e quella che si sviluppa con altezze da grattacielo e neonata.

I tre casi studio selezionati si ritengono emblematici per varie ragioni: in primo luogo perché sono fra i pochi ad aver superato l'entusiasmo della fase iniziale di concept per arrivare a definizioni più esecutive di forma e funzione e di costi-benefici; poi perché sono fra i pochissimi sul panorama mondiale che integrano efficacemente la 'fattoria verticale' con la tipologia, ben più consolidata, del grattacielo e quindi propongono possibili alternative di ricerca progettuale in termini abitativi spaziali, urbani, strutturali, distributivi, tipologici e urbani (di relazione con il contesto) innovativi; perché l'articolazione del programma e il mix funzionale interno e interno-esterno mostrano tre possibili alternative in grado di generare sistemi complessi, nuovi modi di vivere e quindi anche nuove forme di società; il quarto motivo riguarda le tre possibili declinazioni del modello produttivo agricolo, centralizzato, policentrico e misto; il quinto riguarda, per tutti e tre, l'importante risvolto urbano (sociale ed economico) di un'agricoltura senza suolo e della relativa produzione e distribuzione alimentare (a chilometro zero) in contesti metropolitani densi e fortemente antropizzati.

I casi studio esemplificano tre ecologie: se nel medio periodo risultassero funzionali e funzionanti, questi tre 'modelli insediativi' potrebbero essere esportati (e magari anche combinati tra loro come gli habitat nelle ecologie) in tutte le megalopoli, garantendo potenzialmente produzione alimentare e cibo a prescindere dalle condizioni climatiche, geografiche, di rendita e soprattutto logistiche (la distanza logistica e il livello di servizio infrastrutturale sono sempre stati dei fattori di 'differenza' o di uguaglianza sociale). A questi modelli agricoli verticali corrispondono conformazioni architettoniche che reinterpretano la 'forma grattacielo' a livello compositivo e di linguaggio, ma anche su un piano di nuove relazioni funzionali, sociali, economiche e di significato. I tre casi selezionati sono metamorfosi: la tipologia del grattacielo veicola nuove forme urbane, un elemento 'geneticamente modificato' che, come il grattacielo a fine Ottocento, può introdurre nuovi paradigmi perché la costruzione in altezza è anche e soprattutto un fatto antropologico e culturale.

Skyfarm (Figg. 5, 6) è un modello elaborato da Richard Rogers (RSHP) in occasione dell'Expo 2015 di Milano - Nutrire il Pianeta. Si tratta di una vertical farm 'pura', una macchina architettonica pensata come soluzione agricola per garantire autosufficienza energetica e alimentare entro il 2050 quando l'80% della popolazione mondiale vivrà nelle città. La struttura a 'tensegrity', costituita da componenti discreti compressi ed elementi continui in tensione, è pensata in bambù per costituire un iperboloido rigido e leggero che massimizza l'esposizione solare. La geometria consente una facile scalabilità consentendo varianti sia per città medio-piccole che per aree urbane più dense, ulteriormente modulabili in funzione di latitudine e irraggiamento solare.

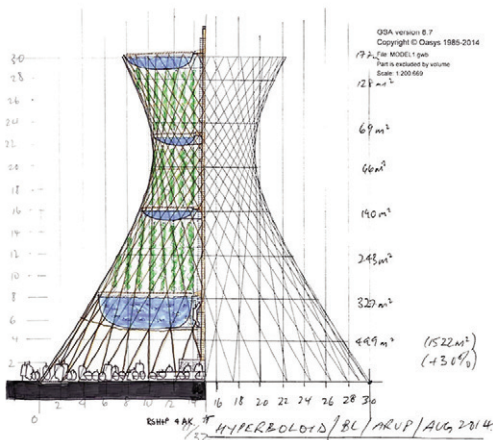
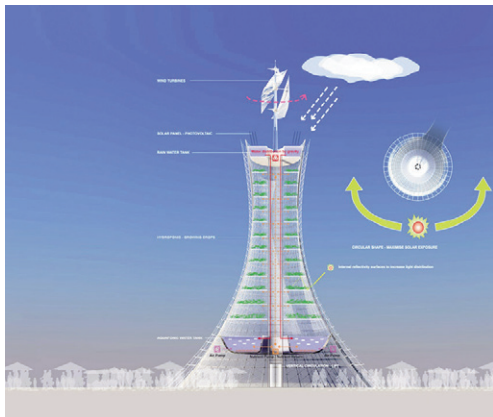
Skyfarm ospita un sistema acquaponico 'circolare' per colture vegetali e ittiche: gli scarti dei pesci nutrono le piante, le quali fungono da filtro per l'habitat dei pesci. La grande vasca, posta sopra l'ingresso, offre stabilità alla struttura ed è con-

trobilanciata da una vasca superiore per l'itticoltura in acqua dolce, che filtra la luce e raccoglie l'acqua piovana. Gli altri piani ospitano coltivazioni fuori suolo mentre sulla sommità sono installate turbine eoliche e pannelli solari mobili. Al piano terra sono presenti spazi pubblici, comuni, di vendita per i prodotti e una piazza coperta a tutt'altezza che rende visibile la struttura, le varie attività e i macchinari di produzione.

La Jian Mu Tower (Figg. 7, 8), progettata da Carlo Ratti con Italo Rota nel 2021, è localizzata a Shenzhen, una delle aree più dense del pianeta. Il Farmscraper di 51 piani prevede coltivazioni indoor, residenze, uffici, attività commerciali e spazi pubblici. L'edificio, che è posto nell'ultimo isolato libero nel quartiere degli affari della città cinese, riveste un valore strategico in termini di servizi, vita sociale e per lo skyline urbano. La principale tecnica agricola prevista è quella idroponica, alla quale viene dedicato 1/8 della superficie dell'edificio; ulteriori 10.000 metri quadri, distribuiti su vari livelli, sono dedicati a microcolture con tecniche diversificate, a cui si aggiungono serre verticali, agrumeti e food court che nell'insieme introducono così un innovativo modello di 'orto diffuso' integrato.

La produzione alimentare stimata è di 270 tonnellate all'anno capace di soddisfare il fabbisogno di circa 40.000 persone: una filiera alimentare autosufficiente gestirà la coltivazione, il raccolto, la vendita e il consumo all'interno dell'edificio stesso attraverso un 'agronomo virtuale' supportato dall'intelligenza artificiale. Le facciate sono intese come diaframmi abitati, serre con funzione di autoregolazione climatica mentre lo sviluppo verticale è scandito da 5 'piani-loggia' con giardini, orti e spazi comuni che si aprono su hall interne a più altezze, su cui si affacciano le altre attività; in definitiva sono dispositivi architettonici che garantiscono la superficie coltivabile e definiscono lo sviluppo compositivo del grattacielo.

Affascinato dagli Immeubles-villas di Le Corbusier per l'articolazione distributiva delle unità residenziali duplex, lo studio di Chris Precht ha



**Figg. 5, 6** | Skyfarm, vertical farm prototype (2015), designed by RSHP (source: dezeen.com, 2023; rshp.com, 2023).

progettato nel 2019 un complesso sistema di aggregazione a torre di abitazioni dotate di 'orti verticali', dimensionati per soddisfare il micro-fabbisogno degli abitanti di ogni cellula; l'eccedenza viene commercializzata in un mercato al piano terra che funge anche da spazio pubblico, insomma un sistema autosufficiente di appartamenti-fattoria abitati da inquilini-agricoltori che costituiscono una comunità agricola urbana verticale, la Farmhouse (Figg. 9, 10).

La struttura è un sistema modulare triangolare prefabbricato in legno lamellare che consente di articolare i duplex collocando la distribuzione ogni due livelli; i moduli strutturali lasciati vuoti configurano le terrazze per la coltivazione, 'balconi agricoli' attrezzati per la produzione in vaso o con tecniche idroponiche; le unità immobiliari riutilizzano l'acqua piovana e soddisfano il fabbisogno energetico grazie a pannelli solari e microturbine eoliche. L'articolazione morfologica della torre, basata sul principio strutturale delle 'diagrid' e sul principio compositivo del 'traliccio riempito', risulta geometricamente complessa e ricca, con riferimenti all'architettura capsulare degli anni '60; ad ogni piano sono presenti ulteriori moduli aperti destinati a giardini comuni che attraversano l'edificio e consentono il passaggio di luce e aria. Il sistema risulta flessibile anche in altezza, potendo svilupparsi dai 18 ai 30 piani in modo da adattarsi sia alle grandi metropoli cinesi sia alle città europee.

I tre casi studio rappresentano la china di una complessa sperimentazione di dimensioni planetarie che, seppur molto recente (non ha più di 15-20 anni), preannuncia una nuova forma di archi-

tettura, ma anche di città e conseguentemente di società perché propone contemporaneamente nuovi modelli integrati di produzione (indoor farming), di distribuzione agroalimentare e di approvvigionamento del cibo 'più facile' in tutte quelle aree densamente urbane dove invece questo aspetto si presenta sempre più problematico e spesso contraddittorio, come denunciato dalla FAO nel Global Food Losses and Food Waste Report del 2018 (cit. in Cigliano and Bellavista, 2019). I tre casi ci mostrano in modo diversificato le possibili combinazioni e ibridazioni tra il grattacielo e l'indoor farming e rappresentano una risposta concreta allo scenario agroalimentare urbano. La comparazione di questi tre modelli di Vertical Farm (Tab. 1) consente di tracciare un percorso progettuale importante che va oltre lo sviluppo del modello tecnologico agroalimentare, di per sé già considerevole perché la coltivazione su piani verticali sovrapposti permette di moltiplicare non solo i cicli di produzione, e quindi la marginalità e redditività per unità di superficie, ma anche l'incremento proporzionale per unità di superficie. A questo va aggiunto che l'indoor farming 'porta il cibo vicino alle persone', abbattendo i costi di logistica e di trasporto, riducendo il deperimento nutrizionale del prodotto. Questo principio assume maggior significato proprio se applicato nelle metropoli, in quelle aree urbane che entro il 2030 accoglieranno il 70% della popolazione mondiale (Demographia, 2022), dove il valore del metro quadrato e dell'unità di superficie, che è un bene primario, è elevatissimo.

Le vertical farm oggetto dello studio sono state selezionate rispetto alla tipologia di coltivazione, l'orticoltura, ad eccezione della Skyfarm che contempla anche una quota parte di itticultura, in ragione della fattibilità e sostenibilità dell'investimento complessivo, della redditività e del rapporto costi-benefici, dell'impatto ambientale e della possibilità di integrare forme di abitabilità. Sono state escluse le sperimentazioni zootecniche perché ancora a uno stadio embrionale di sviluppo e ingegnerizzazione e caratterizzate da notevoli criticità rispetto alle emissioni e al trattamento dei reflui da deiezioni<sup>5</sup>, ma soprattutto difficilmente integrabili in ambito urbano.

I tre casi presentati sono molto evoluti sia rispetto al modello tecnologico agroalimentare che all'integrazione e articolazione architettonica<sup>6</sup>; rappresentano tre possibili e alternativi modi di integrare l'indoor farming con la tipologia del grattacielo e tutti e tre portano con sé forme, seppur diverse, di abitabilità e di coltivazione su piani sovrapposti. Tutti e tre prevedono un impianto radicato 'socialmente' ed economicamente al suolo urbano attraverso un piano terra aperto e accessibile che integra spazi pubblici (piazze, percorsi, giardini e aree per la socialità) con la funzione primaria della vertical farm, mercati e spazi di vendita (Skyscraper e Farmscraper) o di scambio (Farmhouse) di ciò che viene prodotto all'interno, un vero e proprio mercato a chilometro zero.

Lo Skyfarm propone tecniche di coltivazione molto diversificate fornendo così un ventaglio produttivo agroalimentare molto ampio e all'azienda agricola verticale unisce didattica e cultura (diversi piani sono visitabili come una sorta di museo), mentre Farmscraper e Farmhouse alternano funzioni differenti. Se Farmscraper sviluppa il programma funzionale e l'assetto morfologico del

grattacielo secondo un 'principio classico', a blocchi funzionali organizzati come un'azienda agricola con comunità di 'contadini urbani', Farmhouse organizza l'insieme a partire dalla combinazione pulviscolare in verticale di cellule residenziali, piccoli orti e spazi produttivi, replicando una sorta di comunità orticola verticale. In tutti e tre i casi la vertical farm oltre che fattoria urbana si fa grattacielo e poi città, generando nuovi morfemi spaziali, forse anche nuove tipologie (Figg. 11, 12).

### Food: riscrivere il rapporto tra città e campagna

Potenzialità e criticità dell'agricoltura fuori suolo sono chiare, così come appaiono stimolanti gli ottimistici scenari progettuali che invitano a nuove esplorazioni architettoniche sia tipologiche che morfologiche. La disciplina urbanistica riconosce nelle vertical farm una possibile risposta al problema della sicurezza alimentare (Al-Kodmany, 2018; Despommier, 2010), in quanto ad oggi il raggiungimento dell'Obiettivo 2 – Zero Hunger dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (UN, 2015) appare ancora difficile da raggiungere. In quest'ottica la città continua a rimanere un campo di sperimentazione privilegiato per sviluppare politiche e progetti finalizzati agli obiettivi di sostenibilità indicati dagli SDG (Sonnino, Tegoni and De Cunto, 2019). Le ragioni sono chiare: ad oggi, il 55% della popolazione vive in aree urbane e si prevede che nel 2050 questa percentuale aumenterà fino al 70% (FAO, 2019). Se 'nutrire la città' è un imperativo, altrettanto importanti sono la garanzia di sostenibilità dei sistemi alimentari e un più generale e diffuso diritto al cibo (Rodotà, 2014).

Dall'inizio del nuovo millennio considerare il cibo un tema di Urban Planning e Urban Design è riconosciuto come una necessità (Viljoen and Wiskerke, 2012; Viljoen et alii, 2015; Lohrberg et alii, 2016). Da una prospettiva progettuale il riconoscimento ha comportato sforzi per riconfigurare il limite tra urbano e rurale come luogo generativo di attività e pratiche orientate a riapprossimare città e campagna (Donadieu, 1998; Mininni, 2013). Ampiamente dibattuto è il ruolo che l'agricoltura può avere per ridisegnare i bordi urbani, recuperare spazi ed edifici abbandonati, rigenerare e valorizzare forme di naturalità in città: è, in particolare, nelle molteplici forme di agricoltura urbana e periurbana che si riconosce il potenziale per rendere più sostenibili i sistemi di produzione agricola e più resilienti le città (de Zeeuw and Drechsel, 2015; Mougeot 2005).

Guardando al contesto europeo, tuttavia, il dibattito su forme di agricoltura urbana intensiva che, svincolandosi dal fattore suolo, sfruttino la densità in altezza come leva della produttività appare meno evoluto. Ancora limitata è la ricerca sulle vertical farm come occasione di riflessione sulla forma urbana, forse smorzata anche dagli esiti contraddittori delle esperienze nei più maturi contesti americano e asiatico (Butturini and Marcellis, 2020). Si può osservare, soprattutto nelle più note sperimentazioni di fattorie verticali, come l'edificio rimanga isolato o, comunque, non sia in grado di porsi in forte relazione con il tessuto urbano, quantomeno per generare un principio insediativo in grado di riscrivere la forma della città. In quest'ottica è da chiedersi se le vertical farm possano davvero integrarsi nei tessuti urbani generando nuovi spazi abitabili e al contempo rispondere ai bisogni alimentari della città.



### Vertical farm come occasione di rigenerazione urbana, tra recupero, riciclo e giustizia socio-spaziale

I termini 'food security' e 'foodability' rimandano a un concetto di accesso al cibo che comprende, oltre alla distanza fisica dai luoghi di produzione e distribuzione alimentare, le condizioni economiche degli utenti e la loro capacità di riconoscere e procurarsi alimenti salutarì e appropriati (Rodotà, 2014), ma anche l'idea che l'ambiente in cui gli utenti abitano consenta uno stile di vita sano. Questa 'apertura' concettuale è significativa perché sposta l'attenzione dal cibo al contesto in cui viene prodotto, distribuito, consumato, riciclato; lette attraverso le questioni di sicurezza alimentare, diritto al cibo e salute pubblica, le vertical farm mostrano alcuni limiti.

In linea di massima esse sembrano rispondere, almeno parzialmente, ai temi posti dall'accessibilità al cibo, portando la produzione alimentare intensiva in città, indipendentemente dalla disponibilità del fattore suolo. Se le vertical farm rientrano, a tutti gli effetti, tra le forme di agricoltura urbana, la natura specificatamente imprenditoriale degli investimenti alla base di questa attività, rende difficile riconoscerne, almeno al momento, concrete potenzialità sociali. Un tema, quello del rapporto con il contesto, che potrebbe aprire a riflessioni e sperimentazioni utili a ripensare la tipologia della vertical farm in forme nuove dove, come evidenziato nei casi di studio illustrati, l'attacco a terra possa riconfigurarsi come uno spazio di mediazione l'intorno urbano.

Piuttosto che liquidare le vertical farm come una soluzione troppo ardua, o controversa, per affrontare il tema della produzione alimentare in città e, più in generale, quello della sicurezza alimentare, possiamo provare a capire quali possano essere le strade da percorrere per rendere questa una soluzione praticabile per 'nutrire la città', oltre che un campo innovativo di progetto per nuovi grattacieli. La distanza tra visioni e realizzazioni offre l'opportunità di ragionare sull'idea della vertical farm come una complessa 'food infrastructure', spostando l'attenzione dalla 'macchina grattacielo' alla sua capacità di innescare relazioni virtuose con il contesto urbano in una prospettiva di rigenerazione e metabolismo urbano (Gasparrini and Terracciano, 2016; Grulois, Tosi and Crosas, 2018; Dal Ri, Farvaggiotti and Albatici, 2020). A tal fine appaiono oggetto di possibili ulteriori approfondimenti quegli esempi nei quali le forme di agricoltura indoor si accompagnano al recupero di edifici abbandonati e a più complessi processi di rigenerazione urbana (Cigliano and Bellavista, 2019).

The Plant, ad esempio, è una vertical farm che si insedia in un edificio un tempo dedicato alla stagionatura della carne nel distretto del meatpacking di Chicago (Despommier, 2020): oltre a una diversificazione produttiva (si alleva pesce, si fermenta birra, si produce kombucha e si coltivano funghi), ciò che appare interessante è il tentativo di rendere il tutto sostenibile, attraverso il riciclo dei rifiuti anche delle aziende vicine tramite un digestore anaerobico biogas. Ugualmente importante appare il coinvolgimento di piccoli produttori locali in un mercato aperto tutto l'anno, come pure le attività commerciali legate alla ristorazione e allo svago (ristoranti, birrerie, ecc.). Insomma a rendere 'sostenibile' l'intervento è l'idea che la vertical farm sia un elemento di un più complesso

'condensatore sociale' basato su forme di agricoltura 'sostenibile' (Figg. 13, 14): ne deriva un possibile ulteriore filone tipologico e di ricerca dal quale ricavare almeno tre elementi di riflessione per il progetto di fattorie verticali che orientino il progetto della città.

La prima considerazione va fatta riconoscendo che, in contesti come quello europeo, la strada più plausibile per includere le vertical farm all'interno delle città sia quella volta al recupero di contenitori in disuso e/o aree abbandonate; le vertical farm possono fungere da driver per operazioni di rigenerazione di aree dismesse più complesse. Una seconda considerazione riguarda la possibilità che le vertical farm entrino in sinergia, piuttosto che in competizione, con forme di agricoltura tradizionale. Per costruire tali sinergie appare utile caratterizzare l'edificio con una mixité di funzioni, che apre a importanti margini di sperimentazione tipologica, ma anche valorizzare le potenzialità delle vertical farm nel favorire forme di relazioni più strutturate con il contesto urbano attraverso la produzione agricoltura e il suo indotto (vendita e consumo di cibo, istruzione, ricerca e sperimentazione) che trovano nel 'livello zero' delle vertical farm lo 'spazio di connessione' tra gli edifici e il contesto (Dal Ri, Farvaggiotti and Albatici, 2020). La sfida per il progetto delle vertical farm è aperta e si pone quindi come occasione per reinventare il rapporto tra l'edificio multifunzionale, i nuovi modi di abitare e il progetto della città.

Globalisation can be defined as the unprecedented extension of the spaces of circulation, consumption, and communication (Farinelli, 2019). In place of borders, it is possible to imagine frontiers, namely an intermediate, less defined space where differences come into contact and can mingle, promoting evolutionary phenomena (Zanini, 1997). Among these hybridisation phenomena, this study explores the one between nature and architecture through the type of 'vertical farms', an apparent form of convergence of different trends in contemporary architecture. On the one hand, the tendency toward growth, of which the tall building is the typical phenomenology, and on the other hand, a more recent trend related to significant new habitats, which are functional to accommodate, rather than humans, agents or 'other' life forms. There is no shortage of sustainability aspects related to ecological density factors, reduction of supply chains, reuse of obsolete buildings, reduction of land consumption and landscape impacts. All these factors combine to outline a new profile of the relationship between nature and construction that characterises architecture as knowledge. A 'para-artificial' nature, contaminated by its development in 'harsh' contexts; an ambiguous, intermediate, hybrid condition between object and environment. In this conflicting, intersecting condition, the issue's interest lies in exploring those 'contact' areas where architectural biodiversity is greatest.

Methodologically, the topic is developed by

**Figg. 7, 8** | Farming System and Zero srl, Farmscraper, vertical farm project in Shenzhen (2016), designed by Carlo Ratti with Italo Rota and Arup (source: carloratti.com, 2023).

in-depth study in four areas: the first part explores the architectural-disciplinary assumptions of the tall building, then a framing from an agronomic point of view traces the technical perimeter of 'above-ground' agriculture, and subsequently, three significant case studies are analysed architecturally with the aim of identifying approaches, logics, and families, and, finally, urban impacts are critically analysed. The originality of the proposed contribution can also be found in this structure, which approaches the topic in multidisciplinary terms. The urban agriculture component, in particular, is a disciplinary divide that allows vertical farms to be recognised as an autonomous field of inquiry with respect to the related and widely debated topic of the relationship between tall buildings and vegetation for aesthetic-ornamental purposes. The present study is, therefore, very specific because it investigates a particular typology, the vertical farm, which takes the form of a high-rise building. For this purpose, the selected case studies and theories circumscribe the research solely to urban settings, within densely populated contexts such as Asian or American metropolises, as the scale and impact of such an architectural and technological organism and the associated resources to be put in place for implementation can only currently accommodate the size and





scale of significant and extreme cases. This concerns those contexts in which land use translates into the 'square meter as a primary commodity' and its strategies of occupation and organisation produce direct implications for the form of the city, society, and economy, ultimately leading to specific and distinctive architectural solutions (Giedion, 1941).

Vertical farms represent very young 'typological solutions', with the first theoretical studies dating back to the beginning of this millennium (Despommier, 2010), while design research and technological and commercial applications are no more than fifteen years old. Thus, there is still no real perspective on the development, applicability and effects of these vertical architectural typologies. Moreover, it is worth adding that, while it is possible to collect case studies, early realisations, and experiments, as of today the 'historical distance from the topic' is not sufficient, and therefore an elaboration of architectural and urban criticism does not yet exist. However, it is believed

that the vertical farm model, if duly scaled and reformulated with respect to contextual specifics and instances, may find application and development in suburban areas in the future, or at any rate, not only in large cities, since it naturally entails a principle of 'land saving' and functional optimisation arising precisely from the integration of forms of living and forms of cultivation.

**Big, a vertical narrative between types and characters of globalisation** | Construction in height has a 'primary' character.

The raising of menhirs is the first action that defines a 'situated object' (Careri, 2006), an intentional change of position conferring symbolic, religious, geometric, and geographic meanings on an element that moves from a natural state to an artificial condition. The verticality represents growth and fertility; the erection of totems in many cultures expresses faith in the ability of human beings to live in harmony with nature (Rykwert, 1988). The tall structure is thus an established figure that has always been present in architectural culture and has a strong symbolic value. In 1896 Henry Sullivan published his famous article *The Tall Office Building Artistically Considered* (Sullivan, 1896), establishing a new origin of height building. The skyscraper was recognised as an innovative architectural type, an optimistic expression of the future in a technical key, and its development became unstoppable until the 1970s when the energy crisis highlighted the weaknesses implicit in vertically developed buildings: a great deal of energy is needed both to build high and to ensure the building's comfort and efficiency over time, but there are also issues related to the healthiness of the rooms (e.g. limited natural ventilation. According to James Wines (2002), a constructive debate has yet to ensue on these issues, mainly due to the clash between speculative development interests at height and more radical cultural positions that have produced a long 'critical stalemate'. From these assumptions, James Wines recognised a trend he named *Vertiscapes*, an early form of ecological design, which includes a generation of tall 'green' buildings designed by Roger Ferri (Fig. 1), from SITE (Fig. 2) and by Emilio Ambasz (Fig. 3).

Subsequently, the attacks on the Twin Towers in 2001 highlighted the fragility of the most 20th century's most iconic architectural typology of the 20th century, questioning it for security reasons. Nevertheless, the tower, as a 'symbolic building', continues to be the typology that most represents the richest and most modern urban realities, especially in the United States and Asia; all this in spite of the recent Covid-19 pandemic, which spread precisely from the populous Chinese cities and called into question one of the principles that define the nature and reason for tall buildings: density. From an optimistic symbol of technology, the skyscraper has gradually manifested financial strength. Globalisation has leveraged its size. In the 90s, Mario Gandelsonas (1990)

wrote the essay *Conditions for a Colossal Architecture*, and later Rem Koolhaas (1995) published his famous text on *Bigness*. The tall building takes on an indifferent character with respect to the specificities of places, and its value is deposited in measurable dimensions, which outweigh questions of quality and merit. Another typical characteristic of globalisation is the inversion of the relationships between cities, architecture, and infrastructure. The quality of large cities is measured in infrastructure facilities, connections and links with other, equally large cities. Logistics and infrastructure interfaces define new physical spaces to support material and immaterial flows; the resulting buildings are a form of architecture devoid of humans (Koolhaas, 2020).

The references are numerous. Amazon's Robotics Fulfillment Centers are logistics centres where space is precluded to humans, data centres, 'the homes of the internet', spread over thousands of square meters, housing only a few technicians, new types, seemingly without architectural qualities, where parking lots and glass surfaces disappear, because they do not serve the entities that inhabit them. MVRDV's 2001 Pig City project belongs to this new category (Fig. 4), an organic pig farm housed in tall buildings to limit land consumption in a country such as Holland, where this resource is minimal. Less noble, however, is the recent Pig Palace, two 26-story buildings built in Ezhou that, at 390,000 square meters, is China's largest intensive livestock farm and the tallest in the world.

**Dark ecology and verticalism** | As a new relationship between humans and nature emerges, and Timoty Morton (2007) coins the term 'dark ecology', an ecological model that implies open systems where life thrives in these intermediate spaces between far-form rigid categories. According to Manuel Gausa (2022), the exploration of a new nature, in relation to human habitation and less adherence to an ecological orthodoxy, produces increasingly experimental, hybrid, 'mutant and mutable' architectures in which natural and artificial, the green of plant and the grey of the mineral mix into a new chromatism, the 'dark ecology'. Their breadth makes it possible to accommodate a variety of functions, a quality that challenges the monofunctional character of the tall building in the terms theorised by Sullivan.

Usually approached two-dimensionally, complex city programmes can now be realised by exploiting 'verticalism' (Ábalos and Grau, 2011) and multifunctional height combinations that constitute completed urban parts where the articulation of the vertical section becomes the equivalent of the traditional ground plan. The skyscraper, therefore, continues to be a current, adequate and representative type, despite the weaknesses related to sustainability and safety. Contemporary studies and research explore increasingly efficient solutions and models aimed at reducing the ecological footprint of new buildings, reducing energy consumption, and favouring natural forms of control of the internal microclimate. The prevailing trend is to develop a dimension in which integrated greenery has an urban and aesthetic character, an ornamental value, as in the Torre di Giunigi in Lucca, as opposed to the productive agricultural greenery of the Gardens of Babylon. From



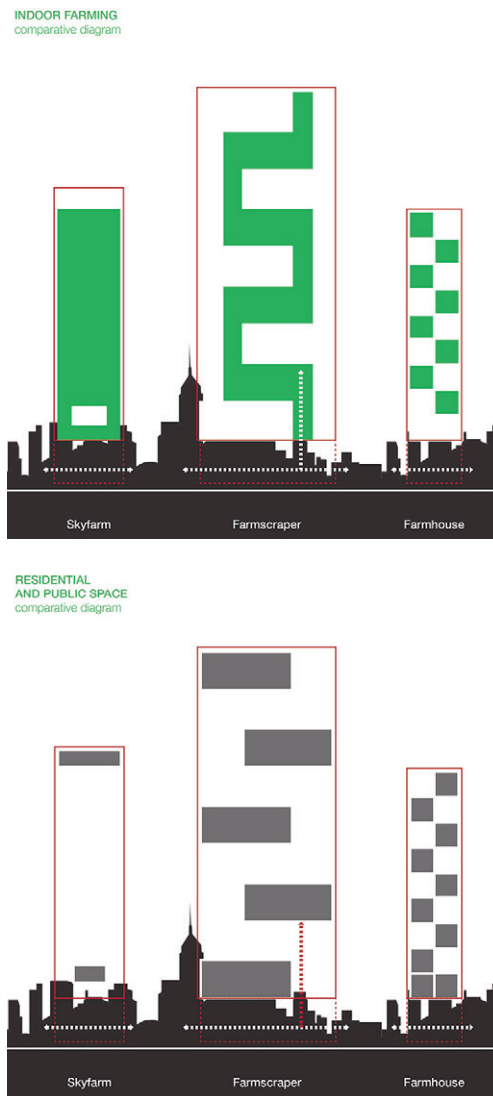
**Fig. 9, 10** | Farmhouse, vertical farm prototype (2019), designed by Chris Precht (source: dezeen.com, 2023).

Next page

**Tab. 1** | Skyfarm, Farmscraper and Farmhouse: scheme of comparison, common futures and markers (credit: the Authors, 2023).

N°	Common features and markers	Skyfarm Richard Rogers – RSHP	Farmscraper Carlo Ratti – CRA	Farmhouse Chris Precht
1	Context		Metropolitan (urban density)	
2	Intervention typology		Ex novo	
3	Prevalent typological development		Tower	
4	Use of decorative greenery In facade		No	
5	Year	2015-17	2020-21	2019-21
6	Design level	Advanced prototype, 3 – 5 projects under development	Final design in development	Advanced prototype, one project under development
7	Height	15 – 150 m	218 m	218 m
8	Floor number	3 – 30	51	15 – 30
9	Scaling	●		
10	Modularity			●
11	Non-agricultural residential use		●	
12	Production and retail (km zero market)	●	●	●
13	Functional mix (excluding ground floor)		●	●
14	Ground floor open to public	●	●	●
15	Ground floor integrated to the urban context	●	●	●
16	Indoor public spaces (excluding the ground floor)		●	Semi-public, only for inhabitants
17	Centralized and organized production on a single farm	●	●	
18	Production autonomy or free microproductions			●
19	Horticulture	●	●	●
20	Cultivation mix	●	●	●
21	Hydroponic crops	●	●	●
22	Aeroponic crops	●	●	
23	Land-based crops		●	●
24	Self-production energy	●	●	●
25	Overall satisfaction of energy needs	●		Partial
26	Climate self-regulation	●	●	
27	Use of sustainable materials for structures	Wood		Wood
28	Figurative research and formal experimentation	Hyperboloid	Excavated block	Modular assembly and three-dimensional pattern





**Fig. 11, 12** | Skyfarm, Farmscraper and Farmhouse: comparative diagrams, indoor farming and residential and public space (credits: the Authors, 2023).

this perspective, the relationship between vertical architecture and agriculture, which determines particular contemporary forms, has a character of specificity that justifies the identification of a new area of study to be fully investigated; in fact, the concept of the vertical farm was coined only recently by Dickson Despommier (2010), while the first popularised work in Italy dates back a few years ago (Cigliano and Bellavista, 2019).

**Agriculture: from fallow to vertical farm** | The tall building, as described, appears as an ideal architectural solution to integrate not only forms of vegetation (Talentì and Teodosio, 2022) but also advanced agriculture, defined as 'soilless'. This results in a transcalar and transdisciplinary convergence (Tesoriere, 2020) between a typically urban architectural form and agriculture, which is the main agent of spatial landscape transformations based on production needs.

The current condition results from at least two technical and agronomic 'evolutionary leaps'. The first major agricultural revolution was in the late 1700s. A technological evolution that introduces operating machines and crop rotation, increasing land productivity. In addition to the abandonment of fallow land, collective properties disappear, ac-

companied by a reduction in the farm grid and more significant crop variability. Manpower, the only abundant resource, supersedes the productive factors of land and capital until the mid-1900s. In this second phase, agriculture finds itself devoid of resources. In many countries, the number of employees declined significantly: in Italy, for example, from 1951 to 1971, the number of employees fell from 8.2 million to 3.2 million. Given the scarcity of manpower, crop simplification and mechanisation principles are applied. Consequently, the territory is transformed according to the machines: the size and regularity of fields increase; hedges and rows disappear; specialisation and desertification of rural areas increase; and biodiversity is reduced. The labour production factor is replaced by mechanisation, while the land factor plays an ambiguous role: the availability of land does not increase; instead, it is reduced by urbanisation and the abandonment of marginal areas.

The production technique defined as above-ground cultivation, or vertical farms in the case of production and processing processes being conducted in built environments, is part of this scenario, with plants using cultivation systems without substrate, i.e. without the anchoring of plant roots. These are, in any case, crops with limited growth, such as lettuces, strawberries and some floricultural crops produced mainly with the hydroponic technique NFT (Nutrient Film Technique), which involves a layer of nutrient solution inside gutters feeding the plants' root system partially immersed in the liquid. A second hydroponic type is the Floating System, in which plants, supported by high-density polystyrene panels, float in nutrient solution tanks. Alongside these techniques is aeroponic cultivation, in which plants are supported by plastic panels anchored to a support structure. Regardless of the method used, the soil becomes superfluous as a source of support and nutrition.

**Advantages and disadvantages of vertical farms for the future of urban agriculture** |

Using greenhouses or tunnels does not provide any significant benefits in terms of soil consumption, while it guarantees a 90-95% reduction in water resources and a healthier product since a protected environment limits pathogens and reduces the use of pesticides. Substantial advantages in land consumption are linked to a more sophisticated process through controlling the microclimate and environmental parameters. Natural light is replaced by LED lighting that reproduces solar radiation; the air is treated with filtering systems that prevent the spread of microorganisms and fungal spores; the temperature is controlled with air conditioning systems. This environment, created within dedicated facilities, allows cultivation to be organised on overlapping or vertical planes and lends itself to the robotisation of the production cycle, reducing labour.

By decoupling agricultural production from the land, the productive area is reduced to the building site that houses the process, thus creating a new scenario in terms of planning: new structures can be built in urban areas, or abandoned buildings can be reclaimed. Consequently, the distance between production and consumption is minimised, with obvious benefits in terms of

supply chain and substantial savings for the community. However, it is not possible to overlook specific critical issues. Significant investment volumes are required, proportional to the level of automation. Investments cover all phases, from the construction of facilities to hardware control and software management systems. Advanced microclimate control facilities are needed, and specialised personnel must be employed, in strictly agronomic terms, but also capable of managing the systems that regulate the facility. In addition, buildings of this type are highly energy intensive.

The vertical farm is often seen as the expression of a new agricultural revolution, but this assessment must be scaled back since the model is limited to specific production sectors, such as horticulture and floriculture, and the 'saved' land tends to be occupied by other traditional agricultural production, such as arable crops and tree species from other production sectors. Perhaps the real revolution taking place is the adoption of sophisticated automation systems (so-called 'farm bots') that increasingly replace labour.

**Evolution and revolution introduced by vertical farms: case studies and 'leaps of species'** |

Three cases of vertical farms were identified Based on these considerations on the nature of tall buildings and above-ground farming. These are paradigmatic examples because they foreshadow a possible typological species leap, as with Sullivan's early skyscrapers or the metabolist experiments of the 1960s. Three sample cases of the combination of the vertical farm with the traditional skyscraper: on the one hand, the centralised, pure farm (Skyfarm) or one that dialogues with other activities (Farmscraper), and on the other hand, the farm understood as an aggregation of small production centres corresponding to individual residential units (Farmhouse), a new typology to be investigated.

According to this view, the first vertical farm concept appeared in 2007-2008 at Columbia University thanks to Despommier's studies<sup>1</sup>, followed by a first prolific series of prototypes and meta-projects around 2009-2010 between Silicon Valley and Harvard University<sup>2</sup>. As of 2012 to date, many experiments have taken place in the United States and Asian countries<sup>3</sup>, but few projects have reached executive levels, and even fewer have been implemented<sup>4</sup>. This is not unusual if we consider that we are talking about 'a very young typology', and the one that takes on the true vertical form of the skyscraper, the vertical farm, is in its infancy.

The three selected case studies are considered emblematic for several reasons: firstly because these projects are among the few that have overcome the enthusiasm of the initial concept phase to achieve more executive definitions of form and function and cost-benefit; second, because they are among the very few on the world scene that effectively integrate the 'vertical farm' with the far more established typology of the skyscraper, thus proposing possible alternatives for design research in innovative spatial, urban, structural, distributional, typological and urban (context-relationship) terms; the third reason concerns the articulation of the program and the indoor and indoor-outdoor functional mix (showing three possible alternatives) capable of generating

complex systems, new ways of living and thus also new forms of society; the fourth reason concerns the three possible declinations of the agricultural production model, centralized, polycentric and mixed; and the fifth reason concerns, for all three, the important urban (social and economic) implication of soil-free agriculture and related (zero-mile) food production and distribution in dense and highly anthropized metropolitan contexts.

The proposed case studies exemplify three ecologies. In fact, in the medium term, these three 'settlement models' could be exported (and perhaps even combined as habitats in ecologies) in all megacities, potentially guaranteeing food production and food regardless of climatic, geographical, income and, above all, logistical conditions (the logistical distance and the level of infrastructural service have always been factors of 'difference' or social equality). These vertical agricultural patterns correspond to architectural conformations that reinterpret the 'skyscraper form' at the level of composition and language but also on a level of new functional, social, economic, and meaningful relationships. The three selected cases are metamorphoses: the skyscraper typology conveys new urban forms, a 'genetically modified' element that, like the skyscraper in the late 19th century, can introduce new paradigms because building in height is also, and above all, an anthropological and cultural fact.

Skyfarm (Fig. 5, 6) is a model developed by Richard Rogers (RSHP) during the Milan 2015 Expo – Feeding the Planet. This is a 'pure' vertical farm, an architectural machine designed as an agricultural solution to ensure energy and food self-sufficiency by 2050, when 80% of the world's population will live in cities. The 'tensegrity' structure, consisting of compressed discrete components and continuous elements in tension, is designed in bamboo to form a rigid, lightweight hyperboloid that maximises solar exposure. The geometry allows for easy scalability: versions are available for medium-small cities and denser urban areas, which can be modulated according to latitude and solar radiation. Skyfarm houses a 'circular' aquaponics system for plant and fish crops:

fish waste feeds the plants, which act as a filter for the fish habitat. The large tank, located above the entrance, provides stability and is counterbalanced by an upper freshwater fish tank, which filters light and collects rainwater. The other floors house soilless crops, while wind turbines and mobile solar panels are installed on the top. Public spaces are located on the ground floor: common and sales areas for products and a full-height covered plaza that makes the facility, various activities, and operating machines visible.

The Jian Mu Tower (Fig. 7, 8), designed by Carlo Ratti with Italo Rota in 2021, is located in Shenzhen, one of the densest areas on the planet. The 51-storey Farmscraper includes indoor crops, residences, offices, businesses and public spaces. The building, located on the last vacant block in the Chinese city's business district, is of strategic value in terms of services, social life and its architectural role in the skyline. The main agricultural technique planned is hydroponics, to which 1/8 of the building area is dedicated. An additional 10,000 square meters, distributed on various levels, are dedicated to microcultures with diversified techniques, to be joined by vertical greenhouses, citrus groves, and food courts, thus introducing an innovative model of an integrated 'widespread vegetable garden'.

The estimated food production is 270 tons per year, serving the needs of about 40,000 people: a self-sufficient food supply chain will manage cultivation, harvest, sale, and consumption within the building itself through a 'virtual agronomist' supported by artificial intelligence. On the outside, facades are intended as inhabited diaphragms, greenhouses with the function of climate self-regulation. The vertical development is marked by 5 'loggia floors' with gardens, vegetable gardens and common areas that open onto inner halls at multiple heights, on which other activities overlook. Architectural devices secure the cultivable area and define the compositional development of the skyscraper.

Fascinated by Le Corbusier's Immeubles-villas for the distributional articulation of duplex residential units, in 2019, Chris Precht's studio de-

signed a complex tower aggregation system of homes equipped with a 'vertical vegetable garden', sized to meet the micro-needs of the inhabitants of each cell. The surplus is commercialised in a market on the ground floor, serving as a public space. A self-sufficient system of apartment farmhouses inhabited by tenant farmers, constituting a vertical urban farming community: the Farmhouse (Fig. 9, 10).

The structure is a prefabricated triangular modular system made of laminated wood, which allows for the articulation of duplexes by placing the distribution every two levels. The terraces for cultivation correspond to the empty structural modules; these innovative 'agricultural balconies' are equipped for production in pots or with hydroponic techniques. The housing units reuse rainwater and meet energy needs through solar panels and micro wind turbines. The morphological articulation of the tower, based on the structural principle of 'diagrids' and the compositional principle of 'filled trellis', is geometrically complex and rich, with references to the capsular architecture of the 1960s. Each floor features additional open modules intended as communal gardens that run through the building, allowing light and air to pass through. The system is also flexible in height, as it can vary from 18 to 30 floors to adapt both to large Chinese metropolises and European cities.

The three case studies represent the slope of complex experimentation of planetary dimensions that, although very recent (no more than 15-20 years old), foreshadows a new form of architecture, but also of cities and consequently of society, because it simultaneously presumes new integrated models of production (indoor farming), agribusiness distribution and 'easier' food procurement in all those densely urban areas where instead this aspect is increasingly problematic and often contradictory, as reported by the FAO in the 2018 Global Food Losses and Food Waste Report (cit. in Cigliano and Bellavista, 2019). The three cases show us three diversified possible combinations and hybridisations between skyscraper and indoor farming and represent a concrete response to the urban agri-food scenario. The com-



Fig. 13 | The Plant (credit: E. A. Rogers, 2015).

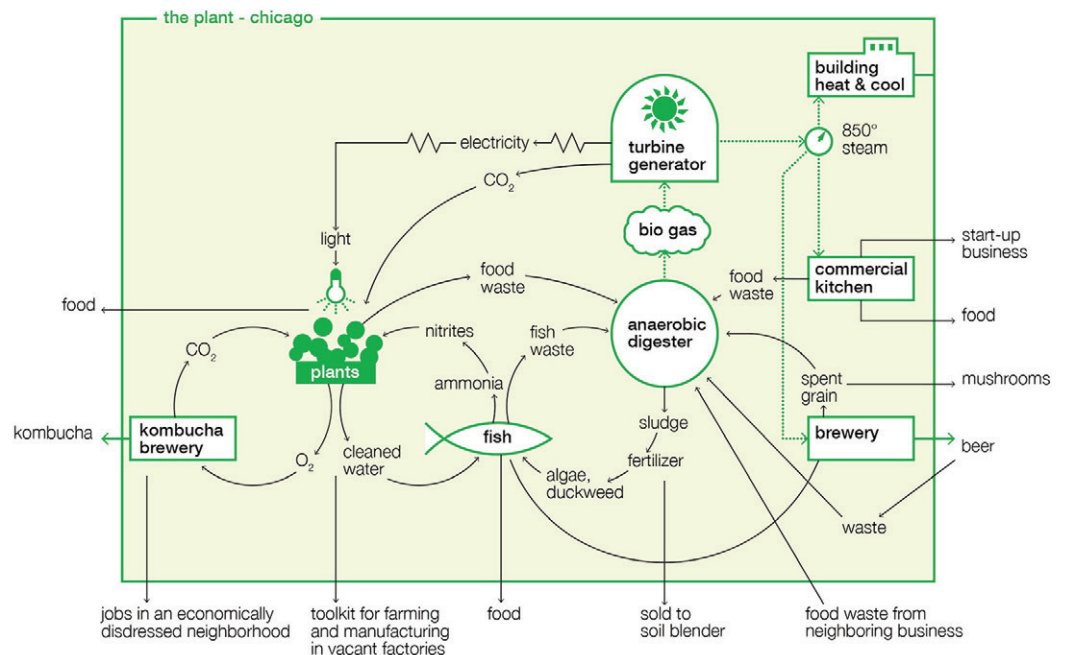


Fig. 14 | The Plant, Closed Loop diagram (credit: M. Bergstrom, 2016; the Authors, 2023).



parison between these three models of Vertical Farm (Tab. 1) traces an important design path that goes beyond the development of the agri-food technological model, in itself already considerable because the cultivation of overlapping vertical planes allows for the multiplication of not only the production cycles, and therefore the marginality and profitability per unit area, but also of the proportional increase per unit area. In addition, indoor farming 'brings food close to people', lowering logistic and transportation costs and reducing nutritional spoilage of the product. This principle takes on greater significance when applied in the metropolises, those urban areas that by 2030 will accommodate 70% of the world's population (Demographia, 2022), and where the value of the square meter and unit area, which is a primary commodity, is exceptionally high.

The analysed vertical farms were selected with respect to the type of farming, horticulture, except the Skyfarm, which also contemplates a share of fish farming, because of the feasibility and sustainability of the overall investment, profitability and cost-effectiveness, environmental impact, and the possibility of integrating forms of habitability. In fact, zootechnical experiments have been excluded because they are still at an embryonic stage of development and engineering and are characterised by significant problems concerning emissions and wastewater treatment from manure<sup>5</sup>, but above all not integrable with forms of urban life.

The three cases presented here are very advanced both with regard to the agri-food technological model and the integration and architectural articulation<sup>6</sup>. They represent three possible and alternative ways of integrating indoor farming with the skyscraper building type, and all three also bring different forms of living and growing on stacked floors. All three provide for 'socially' and economically rooted support to the urban territory through an open and accessible ground floor that integrates public spaces (squares, pathways, gardens, and areas for socialising) with the primary function of the vertical farm: markets and spaces for selling (Skyscraper and Farmscraper) or exchanging (Farmhouse) what is produced inside, a real zero-mile market.

The Skyfarm proposes highly diversified cultivation techniques, thus providing a wide range of agribusiness production, and the vertical farm combines education and culture (several floors can be visited as a kind of museum). At the same time, Farmscraper and Farmhouse intersperse functions, mixing 'vertical fields' with residential units and public spaces for sociability, as if the city 'entered inside the skyscraper'. Farmscraper develops the functional program and morphological layout of the high-rise building according to a 'classical principle', with functional blocks organised as a farm with communities of 'urban farmers'. In contrast, Farmhouse organises the whole from the pulviscular, vertical combination of residential cells, small gardens, and production spaces, replicating a sort of vertical horticultural community.

In all three cases, the vertical farm, as well as the urban farm, becomes a skyscraper and then a city, generating new spatial morphemes, perhaps even new typologies (Fig. 11, 12).

### **Food: rewriting the relationship between city and countryside**

The potential and criticalities of above-ground agriculture are clear, as are the optimistic design scenarios that invite new typological and morphological architectural explorations. Conversely, urban planning recognises vertical farms as a possible answer to the problem of food security (Al-Kodmany, 2018; Despommier, 2010). As of today, Goal 2 – Zero Hunger of the United Nations 2030 Agenda (UN, 2015) still appears difficult to achieve. Within this framework, the city remains a privileged field of intervention to develop policies to achieve the sustainability objectives set by the SDGs (Sonnino, Tegoni and De Cunto, 2019). The reasons are clear: as of today, 55% of the population lives in urban areas, which is expected to increase to 70% by 2050 (FAO, 2019). If 'feeding the city' is imperative, ensuring the sustainability of food systems and a more general and widespread right to food are equally important (Rodotà, 2014).

Since the beginning of the new millennium, the consideration of food as an Urban Planning and Urban Design issue has been acknowledged as a necessity (Viljoen and Wiskerke, 2012; Viljoen et alii, 2015; Lohrberg et alii, 2016). From a design perspective, recognition has involved efforts to reconfigure the boundary between urban and rural as a place that generates activities and practices geared toward the reapproximation of city and countryside (Donadieu, 1998; Mininni, 2013). The role that agriculture can play in redesigning urban edges, reclaiming abandoned spaces and buildings, and regenerating and enhancing forms of naturalness in cities is widely debated: in particular, the potential to make agricultural production systems more sustainable and cities more resilient is recognised in the multiple forms of urban and peri-urban agriculture (de Zeeuw and Drechsel, 2015; Mougeot 2005).

When looking at the European context, however, the debate on forms of intensive urban agriculture, which are untethered from the land factor exploit height density as a productivity lever, needs to be more evolved. The research on vertical farms as an opportunity for reflection on urban form still appears weak, perhaps also muffled by the contradictory outcomes of experiences in the more mature American and Asian contexts (Butturini and Marcellis, 2020). It is worth noting, especially with regard to the best-known experiments with vertical farms, that the building remains isolated or, at any rate, is unable to stand in strong relation to the urban fabric, at the very least to generate a settlement principle capable of rewriting the shape of the city. This begs the question: can vertical farms integrate into urban fabrics by generating new living spaces while meeting the city's nutritional needs?

### **The vertical farm as an opportunity for urban regeneration, between recovery, recycling and socio-spatial justice**

The terms 'food security' and 'foodability' refer to a concept of access to food that also includes the idea that the environment in which users live enables a healthy lifestyle, in addition to the physical distance from places of food production and distribution, the economic conditions of users, their ability to recognise and procure healthy and appropriate food (Rodotà, 2014). This conceptual shift is significant because

it shifts the focus from food to the context in which it is distributed, consumed, and recycled. Vertical farms, as read through the issues of food safety, right to food and public health, show some limitations. In principle, they seem to respond, at least partially, to the issues posed by food accessibility by bringing food production to the city in intensive forms that are independent of land availability. For all intents and purposes, vertical farms are included among the forms of urban agriculture; however, the highly entrepreneurial nature of the initiatives underlying this activity makes it difficult to recognise, at least at present, their concrete social potential. That of the relationship with the context is a theme that could lead to valuable reflections and experiments to rethink the typology of the vertical farm in new forms where, as highlighted in the illustrated case studies, the attachment to the ground can reconfigure itself as a space of mediation with the city.

Rather than dismissing vertical farms as too bold or controversial, in addressing the issue of food production in the city and that of food security more generally, it is possible to try to understand what avenues can be pursued to make this a viable solution to 'feed the city', as well as an innovative field of design for new high-rise buildings. The distance between vision and implementation offers an opportunity to reflect on the idea of the vertical farm as a complex 'food infrastructure', shifting the focus from the skyscraper machine to its ability to initiate virtuous relationships with the urban context in a perspective of urban regeneration and metabolism (Gasparrini and Terracciano, 2016; Grulois, Tosi and Crosas, 2018; Dal Ri, Farvagiotti and Albatici, 2020). To this end, those examples where forms of indoor agriculture are accompanied by the rehabilitation of abandoned buildings and more complex processes of urban regeneration could be the subject of possible further investigation (Cigliano and Bellavista, 2019).

The Plant, for example, is a vertical farm that settles into a building once dedicated to meat seasoning in Chicago's meatpacking district (Despommier, 2020). In addition to production diversification (fish farming, beer brewing, kombucha production, and mushroom cultivation), what appears interesting is the attempt at sustainability by recycling waste from neighbouring farms as well through an anaerobic biogas digester. Equally important is the involvement of small local producers in the year-round market, as well as the commercial activities related to the presence of the kitchen, brewery, etc. In short, what makes the operation 'sustainable is the idea that the vertical farm is an element of a more complex 'social condenser' based on 'sustainable' forms of agriculture (Fig. 13, 14). The result is a possible additional typological and research strand to draw at least three insights for designing vertical farms to guide the city's design.

The first consideration is to recognise how, in contexts such as Europe, the most plausible way to include vertical farms within cities is to rehabilitate disused containers and/or abandoned areas. Vertical farms can catalyse more complex brown-field regeneration operations, as is currently being attempted. A second consideration concerns the possibility of vertical farms entering into synergy, rather than competition, with traditional forms of agriculture. In order to build such synergies, it

seems helpful to characterise the building with a mixité of functions, which opens up stimulating prospects for typological experimentation, but also to exploit the potential of vertical farms in fostering more structured forms of relations within

the urban context through agricultural production and its allied industries (sale and consumption of food, education, research and experimentation), which find in the 'zero level' of vertical farms the 'connection space' between buildings and the

context (Dal Ri, Farvagiotti and Albatici, 2020). The challenge for the vertical farms design is open; it presents itself as an opportunity to reinvent the relationship between the multifunctional building, i.e. a new way of living, and the city's design.

## Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the authors. Nevertheless, the introductory paragraph, 'Big, a vertical narrative between types and characters of globalisation' and 'Dark ecology and verticalism' are to be attributed to T. Bisiani, the paragraphs 'Agriculture: from fallow to vertical farm' and 'Advantages and disadvantages of vertical farms for the future of urban agriculture' to P. Martorana, the paragraph 'Evolution and revolution introduced by vertical farms: case studies and leaps of species' to A. Venudo, the paragraphs 'Food: rewriting the relationship between city and countryside' and 'The vertical farm as an opportunity for urban regeneration, between recovery, recycling and socio-spatial justice' to S. Basso.

## Notes

1) Vertical farming solutions had already been hypothesised in the first half of the 1900s, but only as technological solutions for the optimisation of water and soil and processes of agricultural industrialisation; the contemporary meaning of vertical farm comes from the research of Dickson Despommier (2010) Professor Emeritus of Microbiology and Public Health at Columbia University, and in particular, from research conducted between 2005 and 2007 on the problem of food supply for the two million inhabitants of Manhattan and the eight million of New York.

2) Research project by I. Rocker and dissertation of GSD Harvard University (Nam, 2011).

3) The very first design experiments are listed as examples: Urban Vertical Farming Prototype for New York (2009), designed by Jugmin Nam (GSD Harvard University); Eco-Laboratory in Seattle (2010), designed by Dan Albert, Myer Harrell, Brian Geller, Chris Dukehart, and Weber Thompson; Eurofresh Farm in the desert near Wilcox Arizona (2012); Harvest Green Tower (2012) in Vancouver, designed by Romes Architects; Dragonfly Tower (2012) in New York, designed by Vincent Callebout.

4) We refer to the Planet Farm in Milan, currently nearing completion, which, however, is a solution that is still a long way from the high-rise typology and the development of extensive levels of habitability.

5) In an otherwise suburban setting, the only case of a vertical farm proposing intensive vertical barn farming has been implemented in Ezhou, China. It involves two 100-meter-tall skyscrapers that will contain one million pigs, and integration with other activities or forms of habitation is impossible.

6) The three case studies are hereby compared and published for the first time. Iconographic materials and project documentation were retrieved directly from the source. For information, see the webpages: precht.at/project/001-the-farmhouse/?index=0; carloratti.com/project/jian-mu-tower/; rshp.com/projects/health-and-science/skyfarm/ [Accessed 04 May 2023].

## References

Ábalos, I. and Grau, U. (2011), "Verticalism – The future of skyscraper", in a+t research group, Fernandez Per, A., Mozas, J. and Arpa, J. (eds), *This is Hybrid – An analysis of mixed-use buildings*, a+t architecture publishers, Vitoria-Gasteiz, pp. 276-298.

Al-Kodmany, K. (2018), "The vertical farm – A Review of Developments and Implications for the vertical City", in *Buildings*, vol. 8, issue 2, article 24, pp. 1-36 [Online] Available at: doi.org/10.3390/buildings8020024 [Accessed 15 March 2023].

Butturini, M. and Marcellis, L. F. M. (2020), "Vertical farming in Europe – Present status and outlook", in Kozai, T., Niu, G. and Takagaki, M. (eds), *Plant Factory – An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Academic Press, New York, pp. 77-91. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-12-816691-8.00004-2 [Accessed 04 May 2023].

Careri, F. (2006), *Walkscapes – Camminare come pratica estetica*, Einaudi, Torino.

Cigliano, B. and Bellavista, M. (2019), *Vertical Farming*, Licosia, Salerno.

Dal Ri, S., Favargiotti, S. and Albatici, R. (2020), "The role of vertical farming in re-thinking and re-designing cities within a circular perspective", in *Tema*, vol. 6, issue 1, pp. 96-106. [Online] Available at: doi.org/10.30682/tema0601i [Accessed 15 March 2023].

de Zeeuw, H. and Drechsel, P. (eds) (2015), *Cities and Agriculture – Developing resilient urban food systems*, Routledge, New York.

Demographia, (2022), *Demographia World Urban Areas – 18th Annual 2022.07*, Belleville. [Online] Available at: demographia.com/db-worldua.pdf [Accessed 04 May 2023].

Despommier, D. (2020), "Vertical farming systems for urban agriculture", in Wiskerke, J. S. C. (ed.), *Achieving sustainable urban agriculture*, Burleigh Dodds, Cambridge, pp. 143-171. [Online] Available at: doi.org/10.19103/AS.2019.0063.10 [Accessed 15 March 2023].

Despommier, D. (2010), *The vertical farm – Feeding the world in the 21st century*, Mcmillan, New York.

Donadieu, P. (1998), *Campagnes urbaines*, Actes Sud, Arles.

FAO (2019), *FAO framework for the Urban Food Agenda – Leveraging sub-national and local government action to ensure sustainable food systems and improved nutrition*, Rome. [Online] Available at: doi.org/10.4060/ca3151en [Accessed 15 March 2023].

Farinelli, F. (2019), *L'invenzione della Terra*, Sellerio, Palermo.

Gandelsonas, M. (1990), "Conditions for a Colossal Architecture", in Goldberger, P., Gandelsonas, M. and Pastier, J. (eds), *Cesar Pelli – Buildings and Projects 1965-1990*, Rizzoli, New York, pp. 9-12.

Gasparini, C. and Terracciano, A. (eds) (2016), *Dross City – Metabolismo urbano, resilienza e progetto di riciclo dei drosscape*, ListLab, Trento.

Gausa, M. (2022), "Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-years research on green hybridization", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 15 March 2023].

Giedion, S. (1941), *Spazio Tempo ed Architettura – Lo sviluppo di una nuova tradizione*, Hoepli, Milano.

Grulois, G., Tosi, M. C. and Crosas, C. (eds) (2018), *Designing Territorial Metabolism – Metropolitan Studio on Barcelona, Brussels and Veneto*, Jovis, Berlin.

Koolhaas, R. (2020), "TRIC – Post-human architecture", in AMO and Koolhaas, R. (eds), *Countryside – A Report*, Taschen, Colonia, pp. 272-273.

Koolhaas, R. (1995), "Bigness, or the problem of Large", in O.M.A., Koolhaas, R. and Mau, B. (eds), *S,M,L,XL*, The Monacelli Press, New York, pp. 494-517.

Lohrberg, F., Lička, L., Scazzosi, L. and Timpe, A. (eds)

(2016), *Urban agriculture Europe*, Jovis, Berlin. [Online] Available at: ideabooks.it/wp-content/uploads/2016/12/Urban-Agriculture-Europe.pdf [Accessed 15 March 2023].

Mininni, M. (2013), *Approssimazioni alla città – Urbana, rurale, ecologia*, Donzelli, Roma.

Morton, T. (2007), *Ecology without Nature – Rethinking Environmental Aesthetics*, Harvard University Press, Cambridge.

Mougeot, L. J. A. (ed.) (2005), *Agropolis – The social, political, and environmental dimensions of urban agriculture*, Routledge, London.

Nam, J. (2011), "Urban Epicenter/ NYC", in *worldarchitecture.org*, 21/04/2011. [Online] Available at: worldarchitecture.org/architecture-projects/mzme/urban-epicenter-nyc-project-pages.html [Accessed 15 March 2023].

Rodotà, S. (2014), *Il diritto al cibo*, RCS MediaGroup, Milano.

Rykwert, J. (1988), *Necessità dell'artificio*, Edizioni di Comunità, Milano.

Sonnino, R., Tegoni, C. L. S. and De Cunto, A. (2019), "The challenge of food systemic food change – Insights from cities", in *Cities*, vol. 85, pp. 110-116. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cities.2018.08.008 [Accessed 15 March 2023].

Sullivan, L. H. (1896), "The tall office building artistically considered", in *Lippincott's Magazine*, n. 57, pp. 403-409. [Online] Available at: archive.org/details/tallofficebuildi00sull [Accessed 15 March 2023].

Talenti, S. and Teodosio, A. (2022), "Grattacieli e vegetazione – Una simbiosi inedita | Skyscrapers and greenery – An unprecedented symbiosis", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 94-103. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1182022 [Accessed 15 March 2023].

Tesoriere, Z. (2020), "Il territorio nell'architettura – Grande scala e agricoltura nell'architettura italiana, 1966-1978 | The territory into architecture – Big scale and agriculture in Italian Architecture, 1966-1978", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 07, pp. 44-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/752020 [Accessed 15 March 2023].

UN – United Nations (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 15 March 2023].

Viljoen, A. and Wiskerke, H. (eds) (2012), *Sustainable food planning – Evolving theory and practice*, Wageningen Academic Publisher, Wageningen. [Online] Available at: doi.org/10.3920/978-90-8686-187-3 [Accessed 15 March 2023].

Viljoen, A., Schlesinger, J., Bohn, K. and Drescher, A. (2015), "Agriculture in Urban Planning and Spatial Design", in de Zeeuw, H. and Drechsel, P. (eds), *Cities and Agriculture – Developing Resilient Urban Food System*, Routledge, New York, pp. 88-120. [Online] Available at: iwmi.cgiar.org/Publications/Books/PDF/cities\_and\_agriculture-developing\_resilient\_urban\_food\_systems.pdf [Accessed 15 March 2023].

Wines, J. (2002), "Vertiscapes – The Skyscraper as Garden", in Gissen D. (ed.), *Big & Green toward sustainable architecture in the 21st century*, Princeton Architectural Press, New York, pp. 78-87.

Zanini, P. (1997), *Significati del confine – I limiti naturali, storici, mentali*, Bruno Mondadori, Milano.