

# Efficienza energetica eco-sostenibile per la rigenerazione delle città

La climatizzazione degli edifici è tutt'ora responsabile di oltre il 60% del consumo di energia. Tetti e pareti verdi si inseriscono strategicamente nell'ambito delle soluzioni naturali per attuare processi di adattamento e mitigazione volti a contrastare il riscaldamento globale attraverso la riduzione dell'utilizzo delle fonti fossili e delle emissioni di gas serra nel settore delle costruzioni.

DOI 10.12910/EAI2020-076

di Carlo Alberto Campiotti, Divisione Servizi Integrati per lo Sviluppo Territoriale, Responsabile del Laboratorio Regioni Area Settentrionale; Patrizia De Rossi, Germina Giagnacovo, Arianna Latini, Susanna Mariani, Laboratorio Regioni Area Settentrionale, ENEA

**L**e città svolgono un ruolo dominante nel mondo di oggi e, nonostante occupino soltanto il 3% della superficie del pianeta, sono responsabili dell'80% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub> e di circa i due terzi del consumo mondiale di energia (UNEP 2016). Secondo stime ONU, la metà della popolazione mondiale vive ormai nelle città e si prevede che entro il 2030 vi si aggiungeranno altri 2 miliardi di nuovi abitanti. Sono queste le motivazioni principali alla base del ruolo di protagonista dato alle città dalla Commissione Europea nella lotta al riscaldamento globale. **La climatizzazione degli edifici risulta tutt'oggi responsabile di oltre il 60% del consumo di energia per il riscaldamento nei climi più freddi e per il raffrescamento nei climi più caldi** (COM(2016) 51 final). In questo ambito, le soluzioni basate sulla natura (Natural Based Solutions, NBS), come ad esempio l'impiego diffuso della vegetazione sugli edifici, con attenzione ai tetti, pareti e muri, consentono di migliorare il livello di isolamento e ombreggiatura e in questo modo favoriscono una riduzione della domanda di energia per la climatizzazione (European Commission, 2015). Questo articolo descrive le potenzialità associate

alle soluzioni naturali e all'innovazione tecnologica del sistema agricolo per contrastare il riscaldamento globale e sostenere l'avvio di processi di rigenerazione delle città.

## NBS, agricoltura urbana e vertical farm

Nel settore agricolo si punta allo sviluppo di sistemi energetici con fonti zero-carbonio e all'adozione di nuovi modelli di sistema agricolo-alimentare privo di emissioni di CO<sub>2</sub>, caratterizzati da un uso sostenibile delle risorse naturali, con in primo luogo il suolo, l'acqua e l'energia. Nel 2015, la Commissione Europea ha pubblicato il rapporto "Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities", che individua la componente naturale e, nello specifico, le NBS come supporto alle strategie di riqualificazione e di recupero di aree urbane degradate. Nelle città si possono trovare spesso residui di aree verdi contraddistinte da habitat naturali che possono persino includere specie rare e in via di estinzione. I tetti e le pareti verdi in zone urbane centrali possono essere considerati anche come ambienti per la conservazione o per la reintrodu-

zione di queste specie, concorrendo al ripristino degli ecosistemi degradati. **La scelta di specie vegetali da inserire in tali NBS associate agli edifici costituisce quindi un aspetto fondamentale per il miglioramento e la difesa della biodiversità vegetale e animale.** A tal proposito, conviene escludere specie aliene e invasive che potrebbero impoverire la biodiversità locale. Molto rilevante è, infine, che le specie e le varietà delle colture vegetali allestite sui tetti e le pareti verdi contribuiscono direttamente al miglioramento della qualità dell'aria attraverso la rimozione dei principali inquinanti atmosferici (PM<sub>5-10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>), proporzionando una funzione ecosistemica ambientale e favorendo al tempo stesso la sostenibilità energetica degli edifici e delle città. In aggiunta, **di particolare interesse, è l'uso di piante alimentari sugli edifici anche per la produzione di cibo a livello urbano, oltre che per l'ombreggiatura e la mitigazione delle temperature interne degli edifici** (Di Bonito et al., 2018). L'agricoltura civica e urbana costituisce un approccio olistico alla sicurezza alimentare e alla disponibilità di cibo per i cittadini che si avvantaggia di una filiera corta (km zero) e mette a

disposizione dei cittadini-consumatori prodotti vegetali alimentari garantiti sotto il profilo igienico, sanitario e ambientale, oltre a integrarsi virtuosamente con la città per generare inclusione sociale, occupazione e valore economico. Un esempio particolare di agricoltura urbana è dato dalle “vertical farm” che rappresentano una tecnologia agricola urbana che associa alla coltivazione indoor di piante alimentari tecnologie “senza suolo” a ciclo chiuso, energia rinnovabile, sistemi luminosi di tipo LED (Light Emitting Diodes), riciclo di acqua, controllo di patogeni e sostanze contaminanti (Despommier, 2010). Le principali caratteristiche bio-agronomiche che dovrebbero esibire le specie più adatte al ciclo colturale tipico nelle vertical farm rispetto alla produzione tradizionale sono elencate nella Tabella 1. La produzione di cibo nelle città con le vertical farm si può riassumere sulla base di sei paradigmi: zero emissioni di CO<sub>2</sub>, zero sprechi alimentari, zero trasporti, zero energia fossile, zero pesticidi, zero spreco di suolo. Numerose sono le motivazioni che sostengono lo sviluppo di questa innovazione tecnologica agricola, tra cui soprattutto le stime della crescita della popolazione nelle città, la garanzia della sicurezza alimentare, la possibilità di programmare i tempi di produzione in accordo con le richieste dei consumatori e, infine, l’opportunità di ristrutturare e riqualificare edifici abbandonati e capannoni in ex-aree industriali. La sostenibilità energetica ed ambientale di questa tecnologia colturale trova completa espressione se associata ad una dimensione di economia circolare di tutto il processo produttivo oltre che all’impiego di energia rinnovabile (Figura 1).

### NBS per la rigenerazione delle città

I progressi nella direzione di una strategia per migliorare l’efficienza energetica sono iniziati con la Direttiva 2010/31/UE, seguita da quella sull’efficienza energetica 2012/27/UE, che ha imposto un risparmio di energia del 20% sul consumo totale entro il 2020. Rispetto all’integrazione delle NBS come potenziale strumento a supporto dell’efficienza energetica degli edifici, particolare importanza viene rivestita dalla Direttiva 249/2013 “Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa” e, soprattutto, dalla nuova Direttiva 2018/844, che ha modificato la 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell’edilizia e la 2012/27/UE sull’efficienza energetica. Entrambe queste direttive raccomandano la diffusione di soluzioni naturali come elementi per la riduzione della richiesta energetica degli edifici. Non meno importante è il PAES (Patto dei Sindaci), lanciato dalla Commissione Europea nel 2008 ([www.covenantofmayors.eu](http://www.covenantofmayors.eu)) ed evolutosi in Patto Globale dei Sindaci per il Clima & l’Energia (Global Covenant of Mayors for Climate & Energy) nel 2017. Il nuovo Patto, oltre a prevedere la possibilità di adesione anche per i Paesi extra-UE, ha arricchito i contenuti del PAES (Piano di Azione per l’Energia Sostenibile), mutandone il nome in PAESC (Piano di Azione per l’Energia Sostenibile e il Clima), ed obbliga le città europee a stabilire un piano d’azione per ridurre le emissioni di carbonio di oltre il 20% anche con l’impiego delle NBS e la gestione sostenibile degli spazi verdi per favorire uno sviluppo urbano a emissioni zero. Le NBS, mediante la fotosintesi clorofilliana operata dalle piante, sequestrano

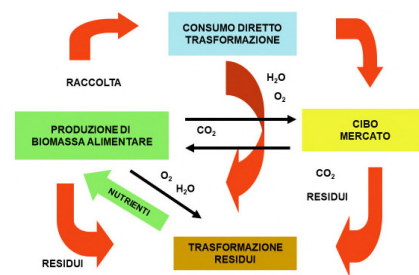


Fig. 1 Ciclo virtuoso della produzione alimentare nelle vertical farm

il carbonio nella vegetazione e nei substrati di coltivazione, riducendo la CO<sub>2</sub> atmosferica e contribuendo alla sostenibilità ambientale delle città. I tetti e le pareti verdi si inseriscono strategicamente nell’ambito delle soluzioni naturali (NBS) per l’attuazione di processi e strutture di adattamento e mitigazione mirati a contrastare il riscaldamento globale con la riduzione del consumo di energia fossile e delle emissioni di gas serra nel settore delle costruzioni.

### L’attività di ricerca e sviluppo ENEA

A questo proposito, presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia è stata avviata un’attività di ricerca e sviluppo nell’ambito del programma RdS (Ricerca di Sistema Elettrico) sostenuto dal Ministero dello Sviluppo Economico (Campiotti et al., 2015; 2016). La piattaforma dimostrativa è stata realizzata sull’edificio denominato “Scuola delle Energie”, utilizzato dal Dipartimento Unità Efficienza Energetica (DUEE) per effettuare corsi di formazione e/o aggiornamento rivolti agli operatori e alle PMI dell’energia e dell’agricoltura, alla Pubblica Amministrazione, agli studenti e ai ricercatori. L’edificio è stato dotato di un’ampia parete verde con piante rampicanti alleva-

Alta produttività per unità di volume e di tempo (gm <sup>-3</sup> day <sup>-1</sup> )
Fenotipo compatto e determinato per favorire l’automazione del ciclo colturale
Maturazione rapida e contemporanea
Traspirazione elevata per consentire la raccolta e il riciclo di acqua

Tab. 1 Caratteristiche delle colture vegetali nella produzione in vertical farm

te in vasi ed ancorate ad una struttura reticolare fissata con supporti distanziati di 60 cm dalle facciate dell'edificio (Figura 2) e di una struttura di tetto verde della superficie di 80 m<sup>2</sup> (Figura 3). Entrambe le strutture sono state dotate di opportuni sistemi di monitoraggio dei parametri microclimatici, principalmente al fine di studiare gli effetti della vegetazione sull'isolamento termico dell'edificio. Il tetto verde è stato diviso in più settori per sperimentare il contributo di diverse tipologie vegetali. L'appezzamento più vasto del tetto è stato dedicato a un mix di Graminaceae microterme; un altro appezzamento, più piccolo, è stato dedicato alle piante del genere *Sedum* spp., appartenente alla famiglia delle Crassulaceae. Infatti, i *Sedum* vengono "tradizionalmente" utilizzati nei tetti verdi, soprattutto in quelli di tipo estensivo, poiché esibiscono una crescita rapida, basse esigenze nutritive ed apparati radicali che si sviluppano più in larghezza che in profondità. Diverse specie di *Sedum* risultano essere resistenti alla siccità, grazie al particolare metabolismo CAM (metabolismo acido delle Crassulaceae) che consente a

queste piante di espletare l'attività fotosintetica anche a stomi chiusi e quindi di conservare l'acqua nelle foglie. In ENEA sono state sperimentate diverse accessioni di *Sedum* spp., raccolte in natura, per selezionare gli ecotipi più adatti all'impiego sui tetti verdi nelle condizioni climatiche del centro Italia (Giagnacovo et al., 2014). Un ulteriore appezzamento è stato destinato al recupero di specie vegetali divenute rare nelle aree urbane, tra cui *Echium vulgare* L., che rappresenta una specie con funzione dominante per il reclutamento della fauna entomofila. Rispetto all'incremento di efficienza energetica dell'edificio, gli effetti delle coperture vegetali della parete e del tetto verde possono essere visualizzati, rispettivamente, in Figura 4 per la parete verde ed in Figura 5 per il tetto verde. La Figura 4 mette in evidenza come la vegetazione eserciti una riduzione delle temperature di oltre 15 °C nelle ore più calde rispetto all'andamento delle temperature delle facciate non vegetate. La Figura 5, invece, riporta l'influenza del tetto verde, inerbito con Graminaceae e *Sedum* spp., sulla temperatura superficiale del lastrico solare. La figu-

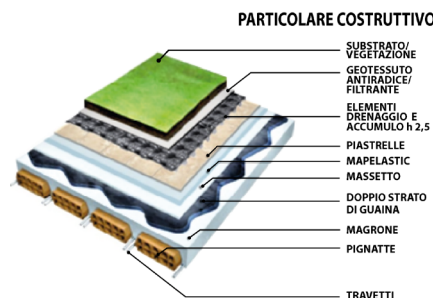


Fig. 3 Prototipo di tetto verde

ra mostra una temperatura del lastrico solare privo di verde superiore di oltre 25 °C rispetto al pavimento inerbito. In ultima analisi, le attività sperimentali sul verde verticale hanno evidenziato una riduzione del flusso termico entrante nell'edificio di circa il 44% dovuta alla presenza della coltre vege-



Fig. 2 Edificio verde (Scuola delle Energie). In alto, l'edificio prima dell'installazione di coltre vegetale; in basso, l'edificio con coltre vegetale

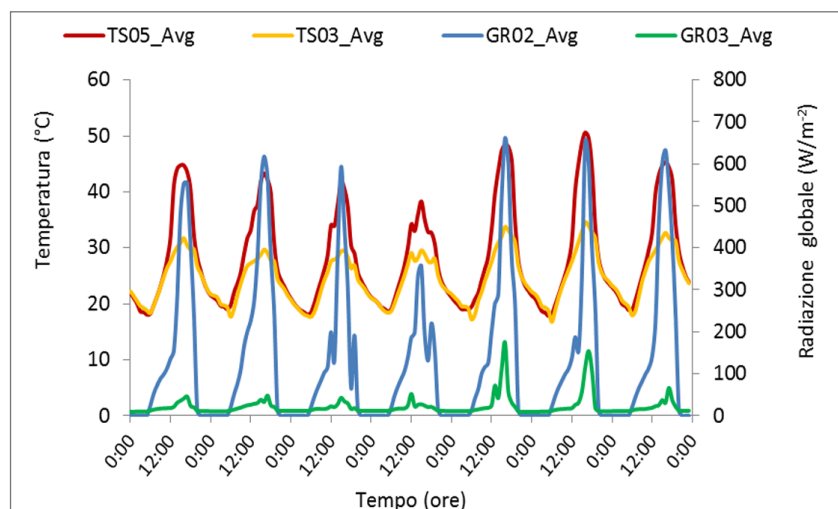


Fig. 4 Parete verde: temperature superficiali e radiazione globale (settimana 14-21 luglio 2020) - Legenda: TS05: Temperatura superficiale della parete dell'edificio priva di copertura vegetale; TS03: Temperatura superficiale della parete dell'edificio con copertura vegetale; GR02: Radiazione globale rilevata davanti la vegetazione; GR03: Radiazione globale rilevata nell'intercapedine (spazio tra la parete verde e la parete dell'edificio).

tale (Campiotti et al., 2018). La stratigrafia inverdita utilizzata a copertura del lastrico solare (tetto verde), invece, ha messo in evidenza un aumento dell'isolamento termico di circa il 43%, sulla base di valori di trasmittanza termica che in relazione alla stratigrafia del pavimento sono passati da  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  (stratigrafia priva di vegetazione) a  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  (stratigrafia inverdita).

### Incentivi, sistemi di supporto e di rating

Uno degli obiettivi delle attività di ricerca dell'ENEA sulle NBS, e in modo specifico sui tetti e le pareti verdi, per migliorare l'ecosostenibilità energetica delle città, è rappresentato dalla definizione di un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) che fornisca indicazioni e supporto tecnico agli stakeholder e agli operatori che si occupano di piani urbanistici delle città idonei a contrastare il riscaldamento globale. I sistemi vegetali sugli edifici contribuiscono a diminuire i consumi di energia elettrica e attenuano il fenomeno delle "isole di calore" nelle città che, soprattutto nei periodi estivi, viene amplificato dai sistemi di condizionamento degli edifici. Tali sistemi, infatti, utilizzano prevalentemente un ciclo di refrigerazione basato sull'assorbimento e la rimozione del calore dall'aria che aspirano dall'interno e che poi scaricano all'esterno. Pertanto, la temperatura dell'aria in ingresso è un fattore importante per l'efficienza della climatizzazione. La riduzione della temperatura dell'aria ambiente intorno alle prese d'aria e alle unità esterne dei condizionatori, attraverso la traspirazione e l'ombreggiamento da parte delle piante opportunamente collocate sugli edifici, riduce la temperatura dell'aria circostante le macchine esterne dei condizionatori e in questo modo contribuisce a miglio-

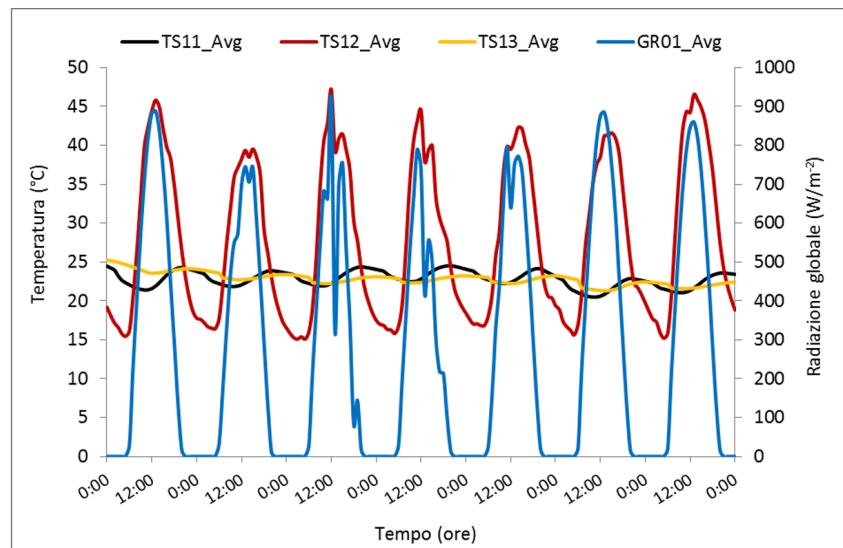


Fig. 5 Tetto verde: temperature superficiali e radiazione globale (settimana 14-21 luglio 2020)  
Legenda :TS11: Temperatura superficiale rilevata sulla pavimentazione sotto il sistema tetto verde costituito dalla vegetazione a Graminaceae; TS13: Temperatura superficiale rilevata sulla pavimentazione sotto il sistema tetto verde costituito dalla vegetazione a Sedum; TS12: Controllo su pavimentazione non coperta dalla vegetazione;GR01: Radiazione globale.

rarne l'efficienza energetica. Inoltre, i fenomeni della fotosintesi e dell'evapotraspirazione delle piante impiegate nell'agricoltura urbana e/o nei sistemi vegetali sugli edifici sottraggono parte dell'energia solare incidente ed emettono meno radiazione infrarossa, evitando il raggiungimento di livelli eccessivi di surriscaldamento dell'aria esterna. **Non meno importanti per stimolare la diffusione delle soluzioni naturali (NBS) ai fini della decarbonizzazione e l'aumento della resilienza delle città sono lo sviluppo di normative e incentivi appropriati. Un ulteriore obiettivo dell'attività di ricerca dell'ENEA sulle NBS per gli edifici e le città si riferisce alla prospettiva di integrare le potenzialità dell'elemento vegetale nei sistemi di rating che definiscono la classificazione degli edifici in termini di**

**sostenibilità ambientale, consumo energetico ed efficienza energetica.** A questo proposito un esempio è rappresentato dal RIE (Riduzione dell'Impatto Edilizio), indice di qualità ambientale utilizzato nel Comune di Bolzano, che certifica l'effetto della qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo e del verde, la cui applicazione limita il più possibile l'impermeabilizzazione del suolo dovuta all'opera edilizia, ristabilendo un equilibrio ecologico attraverso tetti verdi, tecnologie ingegneristico-biologiche, il rinverdimento e la piantumazione. Un ulteriore esempio è dato dalle certificazioni BREEAM o LEED, le più diffuse in materia di sostenibilità, applicabili sia agli edifici esistenti sia a quelli di nuova costruzione, che associano l'impiego del verde al rilascio di crediti che consentono di aumentare il livello di certificazione.

## L'economia circolare come driver di rigenerazione urbana ed efficienza energetica: le attività della piattaforma ICESP



L'economia circolare è al centro del Green Deal Europeo e del Recovery Fund, ed è tra i temi prioritari delle principali agende strategiche europee e mondiali. Implementare un modello di economia circolare in ambito urbano e territoriale significa ripensare il modo in cui materia ed energia sono utilizzate, dalla progettazione alla distribuzione, dal consumo alla gestione del fine vita. Il processo di transizione verso città e territori circolari necessita non solo di nuove tecnologie e nuovi modelli di business, ma deve essere basato su una radicale, sistemica e profonda rigenerazione, che si deve configurare allo stesso tempo come un progetto urbanistico, sociale ed economico, e deve considerare una pluralità di dimensioni: insediative, energetiche, ambientali, economiche, sociali, culturali e istituzionali e, pertanto, anche una pluralità di attori: i governi centrali e locali, le imprese, il mondo della formazione e della ricerca, le associazioni ed i cittadini.

È in questa accezione olistica che il processo di transizione diventa efficace motore di rigenerazione urbana ed efficienza energetica, con il raggiungimento di obiettivi economici, ambientali e sociali.

Progettare e pianificare un processo di transizione circolare urbana è una strada complessa che può trarre ispirazione da esperienze che in tale senso sono già state realizzate, testate e sono replicabili in altri contesti.

La transizione presuppone il profondo ripensamento di ognuno dei settori del segmento urbano dell'economia circolare, focalizzandosi sull'utilizzo di materie e di energia da fonti rinnovabili e su nuovi modelli di condivisione e manutenzione dei beni che ne massimizzino lo sfruttamento.

Nella direzione di innescare, ispirare e supportare processi di transizione circolare urbana e territoriale, opera il Gruppo di Lavoro "Città e Territorio Circolari", istituito nell'ambito della Piattaforma Italiana degli attori per l'Economia Circolare, ICESP ([www.icesp.it](http://www.icesp.it)) realizzata e gestita da ENEA come iniziativa speculare di quella europea, ECESP.

Attraverso la raccolta e lo studio di buone pratiche di economia circolare urbana, il confronto in workshop e

seminari, la condivisione dei punti di forza e di debolezza delle diverse esperienze nazionali nel contesto europeo, e l'elaborazione di rassegne tematiche, il Gruppo di Lavoro orienta le proprie attività alla costruzione di una policy urbana dedicata alla transizione ([www.icesp.it/GdL/5](http://www.icesp.it/GdL/5)).

In tale ottica, il processo di adozione di modelli integrati di sviluppo e gestione circolare può essere incrementato e reso più efficace solo attraverso un supporto coordinato e deciso da parte della governance pubblica, non solo a livello di tutti i settori delle filiere produttive nazionali, ma soprattutto attraverso l'organizzazione e la gestione efficiente del territorio e delle aree urbane come organismi generatori di economia e consumo in senso circolare.

Per maggiori informazioni:

[info@icesp.it](mailto:info@icesp.it)



Rassegna volume 1  
L'economia circolare nelle  
aree urbane e periurbane



Rassegna volume 2  
La transizione verso le  
città circolari

*Grazia Barberio, Responsabile della Sezione di Supporto al coordinamento delle attività sull'Economia Circolare del Dipartimento sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali e coordinatrice della piattaforma ICESP*

*Carolina Innella, Sezione di Supporto al coordinamento delle attività sull'Economia Circolare del Dipartimento sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, referente ENEA del GdL5 ICESP.*

**BIBLIOGRAFIA**

1. Campiotti C.A., Giagnacovo G., Nencini L., Scoccianti M., Consorti L., Bibbiani C. Le coltri vegetali nel settore residenziale. *Energia Ambiente e Innovazione*, 2/2018, <https://doi.org/10.12910/EAI2018-039>
2. Campiotti C.A., Consorti L., Giagnacovo G., Latini A., Puglisi G., Scoccianti M., Viola C. Caratterizzazione di tipologie di sistemi vegetali per migliorare l'efficienza energetica degli edifici nella città metropolitana. Report RdS/ PAR2015/141
3. Campiotti C.A., Giagnacovo G., Latini A., Margiotta F., Nencini L., Pazzola L., Puglisi G. Le coperture vegetali per la sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici. Report RdS/PAR2016/074
4. Commissione Europea. Una strategia dell'UE in materia di riscaldamento e raffreddamento. COM(2016) 51 final
5. Commissione Europea. Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa COM(2013) 249 final
6. Commissione Europea. Towards and EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on “Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities”. 2015
7. Despommier D. *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. Thomas Dunne Books: New York, NY, USA, 2010
8. Di Bonito R., Biagiotti D., Giagnacovo G., Viola C., Campiotti C.A. Sustainable and energy saving urban horticulture on rooftop gardens in Mediterranean climatic conditions. *Acta Hortic.* 1215, 2018, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1215.70>
9. Giagnacovo G., Biagiotti D., Di Bonito R., Campiotti CA. Selezione di ecotipi spontanei di Crassulaceae per la realizzazione tetti verdi in ambiente Mediterraneo. Atti del “X° Convegno Nazionale sulla Biodiversità”, Roma, 10-14 settembre 2014
10. UN Environment Annual Report 2016. Engaging People to protect the planet