

POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Soluciones basadas en la naturaleza y la biomimesis para mejorar el metabolismo urbano y regenerar los edificios y las ciudades.

Original

Soluciones basadas en la naturaleza y la biomimesis para mejorar el metabolismo urbano y regenerar los edificios y las ciudades / Mele, Caterina. - ELETTRONICO. - 2:(2022), pp. 25-33.

Availability:

This version is available at: 11583/2976312 since: 2024-06-10T15:56:20Z

Publisher:

Red Internacional, Interuniversitaria e Interinstitucional de Estudios sobre Biomimesis

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Soluciones basadas en la naturaleza y la biomímesis para mejorar el metabolismo urbano y regenerar los edificios y las ciudades

Nature Based Solutions and Biomimicry to improve urban metabolism and regenerate buildings and cities

Caterina, Mele⁵

Resumen

Las ciudades contemporáneas son la representación espacial de nuestro modelo de desarrollo. De hecho, todas las grandes áreas urbanas del planeta tienen una huella ecológica extremadamente alta e influyen de diversas maneras, directa o indirectamente, en las relaciones entre los componentes biológicos y biofísicos del medio ambiente. Un diseño, desde la escala urbana hasta la de detalle del edificio, basado en un enfoque biomimético y en Soluciones basadas en la Naturaleza es una herramienta válida para transformar el metabolismo urbano en un sentido circular, contribuyendo a la restauración de los ecosistemas degradados, al secuestro de CO₂ y a la mitigación de los efectos del cambio climático. También puede ayudar a mejorar el confort de las zonas urbanas, controlar su gestión de riesgos y aumentar su resiliencia.

Palabras Clave

Cambio Climático, Enfoque Sistémico, Servicios Ecosistémicos, Urbanismo

Abstract

Contemporary cities are the spatial representation of our development model. In fact, all large urban areas on the planet have an extremely high ecological footprint and influence in various ways, directly or indirectly, the relationships between the biological and biophysical components of the environment. A design, from urban to building detailed scale, based on a Biomimetic approach and on Nature-based solutions is a valid tool to transform urban metabolism in a circular sense, contributing to the restoration of degraded ecosystems, CO₂ sequestration and mitigation of the effects of climate change. It can also help improve the comfort of urban areas, control their risk management and increase their resilience.

Nature Based Solutions and Biomimicry to improve urban metabolism and regenerate buildings and cities

Key Words

Climate change, Ecosystem Services, Systemic Approach, Urban Planning

⁵ Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino, Italia. caterina.mele@polito.it

Introducción. El cambio climático y la cuestión urbana.

La cuestión medioambiental y climática es ahora evidente incluso para quienes no pertenecen a la comunidad científica. El informe de síntesis "Cambio Climático 2014", publicado en 2015 por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, punto de referencia para los Acuerdos de París de 2015, establece de forma inequívoca el fenómeno del calentamiento global y los impactos sobre los demás componentes del sistema climático, destacando cómo el factor humano es considerado la causa dominante del calentamiento global por el 95% de la comunidad científica internacional. Las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial hasta niveles sin precedentes en la historia de la humanidad. Las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado un 40%, 150% y 20% desde 1750, alcanzando los valores más altos de los últimos 800.000 años (IPCC, 2015). Desde 2016, la concentración de CO₂ en la atmósfera ha estado por encima de las 400 partes por millón de forma constante; en 2017, varios meses registraron la mayor concentración relativa de toda la historia de la humanidad. Actualmente (octubre de 2022), el nivel de CO₂ registrado en el Observatorio Atmosférico de Mauna Loa, en Hawái, ha alcanzado un valor medio diario de 419 partes por millón. Las proyecciones de las futuras emisiones de gases que alteran el clima varían en una gama muy amplia de valores dependiendo de la existencia o no de políticas climáticas. Sin embargo, en todos los escenarios asumidos, se prevé que la temperatura de la superficie aumente durante este siglo al menos una media de 1,5°C por encima de los niveles preindustriales. De hecho, en algunos focos climáticos (como la zona mediterránea, por ejemplo) ya se ha alcanzado este valor. Si no se adoptan medidas de mitigación significativas, es decir, reducciones sustanciales y sostenidas de las emisiones de gases de efecto invernadero, la temperatura media mundial podría aumentar mucho más, entre 2 y 4 °C y más. Seguir emitiendo a la atmósfera gases que alteran el clima producirá un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que aumentará la probabilidad de que se produzcan impactos graves e irreversibles en la humanidad y en los sistemas naturales y artificiales.

Ante estos escenarios devastadores, la implementación de la Agenda 2030 y la adopción de políticas para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU necesitan urgentemente expresarse de forma más concreta, a través de acciones incisivas y eficaces, declinadas a nivel local con herramientas y estrategias diversificadas, y a través de medidas de evaluación de resultados compartidas y aplicadas a diferentes niveles estratégicos, nacionales e internacionales. Entre los principales problemas que plantean los retos del cambio climático y la sostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo está la cuestión urbana. Las ciudades actuales, de diferentes maneras según los contextos geográficos y locales, se encuentran entre los mayores disipadores de los recursos energéticos y medioambientales de la biosfera. No es posible aplicar estrategias eficaces para frenar las emisiones que cambian el clima y disminuir la huella ecológica global de la humanidad sin una acción importante en las ciudades.

1. Acciones y herramientas para mejorar el metabolismo de las ciudades

Más del 50% de la población mundial vive actualmente en las ciudades y la tendencia no deja de crecer. De hecho, las proyecciones de urbanización de la ONU prevén que para 2050 (United Nations, 2015) el 64% de la población mundial vivirá en zonas urbanas. Además, los efectos de la urbanización son a menudo ambivalentes y contradictorios. El crecimiento urbano suele

ir acompañado de efectos negativos como la congestión del tráfico, el hacinamiento, el desempleo, la contaminación ambiental, la corrupción, las infraestructuras deficientes, la debilidad de las instituciones y, especialmente en los países en desarrollo, la inseguridad de la vivienda (más de mil millones de personas en todo el mundo viven en barrios marginales, bidonvilles, favelas, etc.), la segregación social y espacial y la escasa participación en la vida social y política (UN HABITAT, 2016). El fenómeno de la dispersión urbana, entendido como la expansión urbana desordenada e incontrolada hacia zonas periféricas combinada con la disminución de la densidad de población (Brueckner, 2001), es uno de los cambios de uso del suelo más evidentes que afectan a un número creciente de ciudades en todo el mundo (Arribas-Bel *et al.*, 2011). En Europa, durante los últimos veinte años, las zonas urbanas han seguido expandiéndose, con un aumento de las zonas edificadas de aproximadamente el 20%, frente a un crecimiento de la población de sólo el 6% (EEA, 2021). Este fenómeno es también muy evidente en Italia, donde se han urbanizado grandes cantidades de suelo agrícola frente a un crecimiento demográfico que se ha estancado sustancialmente. Ante esta situación, la transformación de las ciudades en sistemas menos intensivos en energía y con menor impacto ambiental y la reorientación del metabolismo urbano de lineal a circular representa un reto de época de crucial importancia. Como se ha destacado anteriormente, nuestras ciudades son el producto de dinámicas de asentamiento vinculadas sólo en parte al aumento de la población mundial; por lo demás, son la representación físico-espacial de las distorsiones y desequilibrios del modelo de desarrollo de las sociedades humanas basado en el consumo y el despilfarro, característico de la economía neoliberal y de los mercados. Además, en los países de las llamadas economías desarrolladas, las ciudades y los edificios se construyeron en su mayor parte en una época en la que se disponía de energía procedente de combustibles fósiles, disponibles en grandes cantidades y a bajo coste. Tomando como ejemplo a Italia, las ciudades industriales del norte experimentaron un importante aumento demográfico acompañado de una expansión espacial similar que, en el período del llamado boom económico y de la construcción de las dos décadas de 1950-1970, provocó en muchos casos una duplicación del tamaño físico de las ciudades (tal fue, por ejemplo, el destino de Turín, vinculado a la expansión de Fiat, que durante casi un siglo representó la mayor realidad industrial del país), que se adentró en las zonas agrícolas circundantes, dando lugar a mega suburbios marcados por la baja calidad constructiva y ambiental (Garda *et al.*, 2015). Dado que es impracticable el derribo de la mayoría de estos edificios, es esencial iniciar estrategias de amplio alcance que pongan en marcha acciones y proyectos de reurbanización eficaces, aplicados a diferentes niveles de escala, que abarquen desde el rendimiento energético de los edificios individuales y los barrios, hasta vastos programas de regeneración ambiental y paisajística a escala urbana y territorial. Dada la complejidad del problema y la interconexión entre los sistemas antrópicos y los de la biosfera, se requiere un enfoque analítico e incluso pragmático multiescalar y sistémico.

2. Los desafíos del cambio

El crecimiento de las zonas urbanas no sólo conlleva la pérdida de suelos libres y la dispersión o concentración urbana, sino que va inevitablemente acompañado del crecimiento del volumen y la superficie de los edificios, con proporciones realmente impresionantes. Según los datos de la última Alianza Mundial para la Edificación y la Construcción (GABC, 2021), los edificios y las construcciones son responsables del 36% del consumo energético mundial y del 37% de las

emisiones totales de CO₂. Se espera que la superficie de los edificios en todo el mundo aumente en un 75% entre 2020 y 2050, el 80% de los cuales se encontrará en las economías emergentes y en desarrollo (GABC, 2021). Además, se prevé que la demanda de materias primas se duplique de aquí a 2060, y un tercio de este aumento será directamente atribuible al sector de la construcción (GABC, 2021). Para cumplir los objetivos de los Acuerdos Climáticos de París de 2015, y limitar el aumento del calentamiento global a menos de 2°C en este siglo, la eficiencia energética de los edificios debe mejorar al menos un 30% en comparación con los niveles de 2015 para 2030 (GABC, 2016). Todo ello en un escenario que prevé una mayor y continua demanda de energía, especialmente para la climatización de los edificios, ya que la mayor parte de las nuevas construcciones tendrán lugar en los llamados países emergentes situados en zonas geográficas de clima mayoritariamente tropical o subtropical. En 2020, casi el 5% de la energía mundial se destinó a la refrigeración de edificios. En la última década, la tasa de crecimiento anual de los aparatos de aire acondicionado en las economías emergentes y en desarrollo ha sido del 15,7% en India, el 13,1% en Indonesia, el 7,9% en China y el 7,8% en México. Para 2050, se calcula que el 54,5% del parque mundial de aparatos de aire acondicionado estará situado en tres regiones: China (491 millones, 25,3%), India (406 millones, 21%) y Norteamérica (158 millones, 8,2%). En general, desde principios de la década de 2000, el uso de energía para la refrigeración de espacios se ha duplicado, pasando de 1.000 teravatios-hora a 1.945 teravatios-hora, debido a múltiples factores: un clima más cálido, el aumento de la urbanización y la mayor prevalencia de los aparatos de aire acondicionado en los hogares, la mayoría de los cuales son de baja eficiencia y funcionan con energía procedente de combustibles fósiles (GABC, 2021). Ante esta situación, los edificios de emisiones cero y de consumo de energía casi nulo deberían convertirse en la norma mundial de la próxima década para cumplir los objetivos de los Acuerdos Climáticos de París. Dado el impacto de la urbanización a nivel local y global, junto a la necesidad de difusión de los protocolos de certificación ambiental de los edificios (hoy en día sólo una parte de los países del mundo los han adoptado), la regeneración ambiental y la recalificación energética de los edificios a escala urbana deben considerarse como las acciones estratégicas primarias y fundamentales a poner en marcha para que nuestro modelo de desarrollo sea más sostenible, tanto por el lado de los recursos (ambientales y energéticos) como por el lado social (equidad e inclusión), y más resiliente. Parece evidente que la regeneración urbana y territorial declinada dentro de los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030, como el número 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles, el número 13, Acción por el Clima, y el número 15, Vida en la Tierra, no pueden perseguirse individualmente, sino que deben incluirse en una serie de acciones estratégicas coordinadas e integradas a diferentes niveles, desde la escala local hasta la nacional (e internacional) que permitan un verdadero cambio de paradigma en la planificación y el diseño urbano y de edificios que considere la ciudad desde una perspectiva sistémica, en sus complejas interconexiones entre los sistemas humanos y naturales.

En esta dirección van las recientes indicaciones de la Comisión Europea, que identifica las estrategias y acciones inspiradas en la Naturaleza, a adoptar para "perseguir objetivos como el aumento de la sostenibilidad de los sistemas urbanos, la restauración de los ecosistemas degradados, la puesta en marcha de acciones de adaptación y mitigación respecto al cambio climático, y la mejora de la gestión del riesgo y la puesta en marcha de la resiliencia" (Lera *et al.*, 2021). Las Soluciones Basadas en la Naturaleza orientadas al diseño de Infraestructuras

Verdes y Azules, redes de áreas naturales y seminaturales planificadas a nivel estratégico con otros elementos ambientales, diseñadas y gestionadas para proporcionar un amplio espectro de servicios ecosistémicos, pueden convertirse en herramientas fundamentales para transformar los paradigmas del diseño urbano de las ciudades y territorios en una perspectiva ecológicamente orientada. En el área metropolitana de Barcelona, por ejemplo, se consideró el uso de los Servicios Ecosistémicos de la Naturaleza (SE) para la definición de áreas estratégicas multifuncionales a integrar en un proyecto de Infraestructuras Verdes y Azules. Esta red pretende combinar la conservación de la biodiversidad con la mejora de la oferta de SE adoptando un enfoque multiescalar, en la planificación municipal en los Planes de Desarrollo Urbano Municipales y en la planificación regional, por ejemplo, en el Plan Territorial Parcial de las Comarcas Centrales (Basnou *et al.*, 2020). De nuevo en España, en el País Vasco, se utilizó el enfoque ecosistémico para diseñar una infraestructura verde regional definida a través de un proceso de participación y puesta en común articulado en una serie de reuniones sobre temas específicos, con la implicación de las partes interesadas y los expertos, con el objetivo de mejorar la interacción entre múltiples disciplinas y conocimientos, y promover el uso de los SE en las políticas de ordenación del territorio (Peña *et al.*, 2020). Otro ejemplo de integración de un proyecto de infraestructura verde y azul basado en los servicios de los ecosistemas en el proceso de planificación es el Kommunenplan de la ciudad de Oslo. Se trata de un proyecto de red verde destinado a proteger las zonas naturales existentes y a crear nuevos espacios verdes urbanos para la comunidad conectados por una densa red de carriles para bicicletas y peatones para los desplazamientos diarios. La adopción de todas estas estrategias para reparar los daños de la presión de los sistemas humanos sobre el medio ambiente implica no sólo el reconocimiento del enorme valor estratégico de los Servicios Ecosistémicos ofrecidos por los sistemas naturales que deben ser protegidos y preservados, sino también la promoción de una transformación del actual paradigma cultural y económico. Este paradigma sitúa a la humanidad fuera y por encima de la Naturaleza. Lo que se necesita, en cambio, es la afirmación de una nueva visión cultural que reconozca el papel de la naturaleza como modelo, medida y mentor, según los principios de la biomímesis, una ciencia holística que, basándose en conocimientos multi e interdisciplinarios, estudia el funcionamiento de los organismos naturales con el fin de derivar principios que se apliquen a formas, procesos, sistemas y estrategias útiles para resolver problemas humanos de forma sostenible.

3. Posibles soluciones

Como se ha mencionado hasta ahora, la solución a un problema complejo no puede encontrarse sin un enfoque sistémico y multiescalar. En el ámbito de la construcción, la afirmación, a partir de mediados del siglo XX, de los sistemas de construcción prefabricados e industrializados basados en el hormigón armado, con técnicas mejoradas, económicas y de fácil implantación, combinada con la disponibilidad de energía procedente de combustibles fósiles baratos, provocó el cambio radical que ha transformado nuestros edificios y ciudades, no sólo en Italia sino en todo el mundo. Estas casas de varias plantas, con dinámicas y modalidades similares, se han reproducido en todas partes por razones prácticas y económicas y hoy constituyen la mayoría de los edificios que pueblan nuestras ciudades. La calidad de la construcción suele ser mediocre, sobre todo en nuestros suburbios urbanos, y consumen mucha energía para la calefacción y la refrigeración, energía procedente en su mayor parte de gases fósiles. Por tanto,

nuestros edificios son el resultado de estas elecciones del pasado y, en su mayor parte, necesitan una mejora no sólo desde el punto de vista energético, sino también por todas las implicaciones medioambientales a escala urbana. En cuanto a la construcción, las soluciones pueden buscarse en parte en las lecciones que nos llegan de la tradición constructiva histórica, que se remonta a la construcción de edificios en función de las características de los lugares y los climas, según los principios bioclimáticos, utilizando materiales locales y técnicas de bajo impacto ambiental como la paja o la madera. En cuanto al aumento de la demanda de aire acondicionado, que, como hemos visto, afectará principalmente a los países emergentes, constituye sin duda el reto más importante de los próximos años y la solución debe buscarse en los métodos de diseño integrado. Todas las partes implicadas en el proyecto del edificio, como planificadores, arquitectos, ingenieros mecánicos y eléctricos, contratistas, clientes, operadores y usuarios finales, deben trabajar en colaboración desde la primera fase del proyecto para definir los objetivos y el rendimiento energético de las estancias. A nivel del emplazamiento, el diseñador debería adoptar estrategias basadas en la arquitectura bioclimática de acuerdo con la tradición constructiva del lugar, como la orientación óptima del edificio y la configuración espacial, teniendo en cuenta los espacios abiertos, la vegetación, el sombreado mutuo, las masas de agua y la compacidad volumétrica. En el ámbito de los edificios, la aplicación de estrategias sencillas como el aislamiento, el sombreado y la ventilación eficientes, puede conducir a una reducción sustancial de la demanda de energía. Además, de acuerdo con los principios bioclimáticos, los pasillos de ventilación pueden utilizarse en las zonas urbanas para mejorar el flujo del viento, de modo que pueda expulsar el calor y los contaminantes, aliviando el efecto de isla de calor urbano y la contaminación del aire. En Pekín (China) se están planificando corredores de ventilación para reducir el calor urbano, aumentar la ventilación y proteger los terrenos destinados a la mejora del clima y el medio ambiente. Cinco corredores principales, de 500 metros de ancho cada uno, conectarán los parques, ríos, carreteras y zonas bajas de la ciudad. Varios pasillos secundarios de 80 metros los unirán para crear un sistema de ventilación que evite la acumulación de smog. Desde 2014 se han desarrollado sistemas similares en otras ciudades chinas, como Shanghái y Fuzhou (GABC, 2021). Se pueden realizar más economías de escala a nivel de barrio con la introducción de redes inteligentes y sistemas de calefacción o refrigeración de distrito que pueden dimensionarse de forma óptima teniendo en cuenta la diversidad de patrones de uso de los edificios. Por ejemplo, los sistemas de refrigeración urbana pueden reducir el consumo de energía en un 35% aproximadamente en comparación con los sistemas convencionales de agua fría refrigerada por aire y en un 20% en comparación con los sistemas individuales de refrigeración por agua (GABC, 2021).

En el ámbito de la construcción, se pueden idear otras soluciones muy eficaces tanto desde el punto de vista del rendimiento de la envolvente del edificio como desde el punto de vista de la ingeniería de la planta, imitando a la Naturaleza, que tiene un amplio repertorio de soluciones que funcionan en armonía con el medio ambiente. Por ejemplo, el complejo East Gate Harare Centre en Zimbabue, diseñado por Mike Pierce en el 1996, mantiene una temperatura constante en el interior del edificio gracias a un sistema de ventilación pasiva inspirado en la observación del funcionamiento de los termiteros, o la Council House 2, también de Mick Pearce en Melbourne en el 2005, cuya fachada se inspira en el funcionamiento de la corteza de los árboles, y gracias a ello ha reducido las emisiones de CO₂ en un 87%, el consumo de electricidad en un 82%, el de gas en un 87% y el de agua en un 72%. El edificio expulsa el aire viciado por la

noche e inyecta un 100% de aire fresco durante el día. Las láminas del revestimiento del edificio se mueven con el sol para reflejar y recoger el calor. También se inspira en la naturaleza la fachada de microalgas biorreactivas de la BiQ House de Hamburgo (proyecto de Ove Arup, 2013) fachada homeostática diseñada por Decker y Yeadon en el 2014 en Nueva York que consiste en una doble piel de vidrio con elastómeros dieléctricos en su interior, capaz de apantallarse en función de la temperatura exterior del edificio. Al igual que los organismos vivos, es capaz de mantener una temperatura interna constante en diferentes condiciones climáticas externas, o la fachada reactiva al agua hecha de láminas de madera que imitan la forma en que los conos de los árboles trabajan para proteger sus semillas, concebida por el diseñador chino Chao Chen. Inspirados en la naturaleza, también pueden considerarse los sistemas de cubiertas verdes horizontales y verticales más sencillos que están ganando terreno en la edificación e incluso en la remodelación urbana, debido a los potenciales beneficios medioambientales del contexto en el que se insertan. La utilización de estos sistemas, su versatilidad y su facilidad de uso abren muchas posibilidades para la remodelación de edificios y barrios. Los jardines verticales, como los ya famosos de Patrick Blanc, y los sistemas de cubiertas verdes en general aportan numerosos beneficios medioambientales a nivel urbano, gracias a unas prestaciones ecosistémicas similares a las de los sistemas naturales, como la absorción de CO₂ y la producción de oxígeno, la mejora de la calidad del aire mediante la interceptación de las partículas y los contaminantes que entran en contacto con ellos; el filtrado y la depuración de los contaminantes contenidos en el agua de lluvia; la regulación de la temperatura de los edificios mediante la evapotranspiración de las plantas, que provoca el enfriamiento de las superficies y del aire circundante (lo que también supone una menor necesidad de sistemas de aire acondicionado). Junto a los beneficios biofísicos y ambientales, también existen cualidades de carácter perceptivo y social, ya que la presencia de vegetación en el contexto urbano aumenta el confort y el bienestar de los seres humanos y de todas las especies vivas, especialmente en las zonas comprometidas y degradadas.

4. Conclusiones

En términos generales, el uso de soluciones basadas en la naturaleza y de tecnologías verdes, empleadas con un enfoque multiescalar desde la ciudad hasta el edificio y dentro de una visión holística y sistémica del organismo urbano, orientada a reconducir los flujos de materia y energía del metabolismo de las ciudades en un sentido circular y no lineal, puede contribuir concretamente a disminuir la huella ecológica y de carbono de los asentamientos humanos, y a fomentar la biodiversidad mejorando la calidad ambiental y el bienestar, no sólo de la especie humana. Sin embargo, las soluciones técnicas por sí solas no son suficientes; deben ir acompañadas de una revolución cultural progresiva en las sociedades humanas que comprenda la interdependencia y la interconexión de todos los sistemas vivos y naturales del planeta y sitúe el sistema económico humano dentro del funcionamiento y los límites de la Biosfera, no independiente de ellos como se considera erróneamente hoy en día. Para concluir, a pesar de que el reto de la sostenibilidad plantea enormes problemas por resolver, un signo concreto de esperanza que atestigua el inicio de este proceso cultural transformador viene dado no sólo por los numerosos ejemplos de aplicación de soluciones inspiradas en la Naturaleza para la planificación territorial y urbana y el diseño de edificios, cuyo repertorio es mucho más amplio que los casos aquí citados, sino también por los innovadores proyectos de regeneración y

transformación urbana de algunas de las principales ciudades del mundo, como París. Además de la puesta en marcha de intervenciones radicales y valientes en algunos lugares simbólicos de la Ville Lumiere, como los Campos Elíseos, objeto de un gran proyecto de renaturalización destinado a transformarlos en un gran jardín urbano diseñado por el estudio de arquitectura PCA-Stream y encargado por el municipio dirigido por la alcaldesa Anne Hidalgo, para 2028-30. También el proyecto ganador de la licitación lanzada por la Ciudad de París en el marco del Plan Clima y Energía (2014) se basa enteramente en los principios biomiméticos y de inspiración natural. El visionario proyecto de Vincent Callebaut, Paris Smart City 2050, se basa de hecho totalmente en soluciones biomiméticas, en los materiales, en el funcionamiento, en el suministro de energía, en formas orgánicas inspiradas en otras similares del mundo natural como los manglares, los nidos, las colmenas. Así, el proyecto se articula en torno a ocho tipos de torres verdes de alta tecnología con características diferentes según los contextos para los que se proyectan, con el objetivo principal de cumplir los Acuerdos Climáticos de París y reducir en un 75% las emisiones de gases que alteran el clima. Propuestas como ésta, se mire como se mire, son una señal positiva y esperanzadora para la reconciliación de nuestra especie con la Naturaleza y con las demás formas de vida del Planeta.

5. Referencias y Bibliografía

Alberti, V., De Ioris, D., De Pascali, P. (2014). *L'energia nelle trasformazioni del territorio. Ricerche su governance ed energia nelle trasformazioni del territorio*. Franco Angeli: Milano. Italia

Arribas-Bel, D., Nijkamp, P., Scholten, H. (2011). *Multidimensional urban sprawl in Europe: A self-organizing map approach*. Computers, Environment and Urban Systems. 35(4). 2011.

Basnou, C., Baró, F., Langemeyer, J., Castell, C., Dalmases, C., & Pino, J. (2020). *Advancing the green infrastructure approach in the Province of Barcelona: integrating biodiversity, ecosystem functions and services into landscape planning*. Urban Forestry and Urban Greening. 55. 126797. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020>.

Blanc P. (2011). *Le Mur Végétal, de la nature à la ville*, Michel Lafon: Neuilly Sur Seine. France

Brueckner, J.K., (2001). *Urban sprawl: lessons from urbane economics*. in Gale, W. G., Pack, J.

R., Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs, Washington DC: Brookings Institution

Crisci, M., Gemmiti, R., Proietti, E., Violante, A. (2014). *Urban sprawl e shrinking cities in Italia. Trasformazione urbana e redistribuzione della popolazione nelle aree metropolitane*. Roma: CNR-IRPPS e-Publishing, DOI 10.14600/978-88-98822-07-2

Garda E., Mangosio M., Mele, C., Ostorero C. (2015). *Valigie di cartone e case di cemento. Edilizia, industrializzazione e cantiere a Torino nel secondo Novecento*. CELID: Torino. Italia

European Environment Agency (EEA). (2021). *Land take and land degradation in functional urban areas*. 17(2021). Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2800/714139

Global Alliance for buildings and construction (GABC). (2016). *Global roadmap toward GHG and resilient buildings*. United Nations Environment Programme.

Global Alliance for Buildings and Construction (GABC). (2021). *Toward a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. Global Status Report for Building and Constructions. United Nation Environment Programme 1972-2022. Nairobi: Kenya. www.unep.org

IEA (2016). *Energy Technology Perspectives 2016. Towards Sustainable Urban Energy Systems*. IEA/OECD. Paris. France

ISPRA. (2018). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Rapporti 288/2018: Roma. ISBN 978-88-448-0902-7. www.isprambiente.gov.it/

Intergovernmental Panel on climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Fifth Assessment Report. WG III. Cambridge University Press. USA

Lera, M., Agra, R., Segupta, S., Vidal, A., Dickson, B. (2021). *Nature Based Solutions for climate change mitigation*, European Commission: Bruxelles.

Peña, L., de Manuel, B. F., Méndez-Fernández, L., Viota, M., Ametzaga-Arregi, I., & Onaindia, M. (2020). *Co-creation of knowledge for ecosystem services approach to spatial planning in the Basque Country*. Sustainability (Switzerland). 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135287>

United Nations. (2015). *Global Sustainable Development Report 2015 Edition Advance Unedited Version*. (GSDR 2015).

UN HABITAT. (2016). *Urbanization and Development: emerging futures. World cities report*. United Nations Human Settlements Programme. Nairobi: Kenya

United Nations. (2018). *World Urbanisation Prospect: the 2018 revision*. WUP2018

WWF. (2014). *Species and spaces. People and Places*. Living Planet report 2014.

<https://www.infobuild.it/2021/02/champs-elysees-riqualificazione-grande-giardino-pubblico/>
<https://www.mickpearce.com/CH2.html>
https://vincent.callebaut.org/object/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects