

## **BASES**

**BENESSERE AMBIENTE SOSTENIBILITÀ ENERGIA SALUTE**  
**Programmare e progettare nella transizione**

**WELLBEING ENVIRONMENT SUSTAINABILITY ENERGY HEALTH**  
**Planning and design in the transition**



FRANCOANGELI

445.33

T. FERRANTE,  
F. TUCCI (A CURA DI/EDITED BY)

BASES BENESSERE AMBIENTE SOSTENIBILITÀ  
ENERGIA SALUTE  
WELLBEING ENVIRONMENT SUSTAINABILITY  
ENERGY HEALTH



Il libro raccoglie riflessioni e proposte di ricercatori, stakeholder ed esperti intervenuti al convegno internazionale BASES che hanno affrontato i temi di Benessere, Ambiente, Energia e Salute – rispetto ai quali la Sostenibilità gioca un ruolo centrale – in relazione alle emergenti questioni in materia di programmazione e progettazione dell'architettura secondo un approccio tecnologico e ambientale.

*This book collects the reflections and proposals of researchers, stakeholders and experts who spoke at the international conference BASES addressing the themes of Wellness, Environment, Energy, Health, where the Sustainability plays a central role, in relation to emergent themes of architectural planning and design according to a technological and environmental approach.*

**TIZIANA FERRANTE** è professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura (2010), Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, già direttore della Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Architettura e dell'Urbanistica e del Master internazionale Architecture for Health. Dal 1991 svolge ricerche e sperimentazioni nel campo della programmazione e progettazione sanitaria e sociale partecipando come esperto in commissioni ministeriali per valutazione di progetti, elaborazione di linee-guida e normative tecniche.

**TIZIANA FERRANTE** is full professor of Architectural Technology (2010), Sapienza University of Rome, Department of Planning, Design, Architectural Technology, former director of PhD School in Architectural and Urban Planning Engineering and International Master's course Architecture for Health. Since 1991 has been carrying out research and experimentation in the health and social facilities sector, participating as an expert in ministerial commissions for the assessment of projects, elaboration of guidelines and technical standards.

**FABRIZIO TUCCI** è professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, direttore del Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, direttore del Master di II livello in Environmental Technological Design e coordinatore del Dottorato in Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura. È coordinatore degli Stati Generali della Green Economy per l'Architettura e del gruppo internazionale di esperti del Green City Network.

**FABRIZIO TUCCI** is full professor of Architectural Technology, Sapienza University of Rome, director of the Department of Planning, Design, Architectural Technology, director of the Master's Degree Environmental Technological Design, coordinator of the Doctorate in Planning, Design, Architectural Technology. He is coordinator of the States General of the Green Economy for Architecture, and of the international group of experts of the Green City Network.





EDILIZIA/Studi

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

A CURA DI/EDITED BY TIZIANA FERRANTE, FABRIZIO TUCCI

---

# BASES

---

BENESSERE AMBIENTE SOSTENIBILITÀ ENERGIA SALUTE  
**Programmare e progettare nella transizione**

---

WELLBEING ENVIRONMENT SUSTAINABILITY ENERGY HEALTH  
**Planning and design in the transition**

FRANCOANGELI

Il volume prende spunto dagli esiti del Convegno internazionale "BASES" promosso nel quadro delle attività dei *Cluster* "Servizi per la Collettività" e "Nearly Zero Energy Building" della Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura.

I curatori del libro desiderano ringraziare tutti gli autori che hanno partecipato con i loro qualificati contributi al volume.

Un ringraziamento particolare all'arch. PhD Marco Giampaolletti che ha curato l'impaginazione dei testi e delle immagini.

La pubblicazione è stata realizzata con il contributo della Sapienza, Università di Roma, Dipartimento PDTA Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura e con fondi della SITdA Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura.

*In copertina:* Tiziana Ferrante, *BASES*. Acquerello, 2022.

Copyright © 2022 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it).*

# Indice

**Presentazione**, di *Mario Losasso* pag. 11

**Introduzione**, di *Tiziana Ferrante, Fabrizio Tucci* » 13

## PARTE PRIMA SALUTE SOSTENIBILITÀ BENESSERE

**Programmare e progettare per la salute e il benessere in uno scenario di transizione**, di *Tiziana Ferrante* » 21

### Sezione 1

#### Programmare i servizi territoriali per la salute e il benessere

**Programmare i servizi territoriali per la salute e il benessere. Il ruolo della Tecnologia dell'Architettura**, di *Andrea Tartaglia* » 47

**La Missione 6 Component 1 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)**,  
di *Alice Borghini, Simone Furfaro, Federica Riano, Domenico Mantoan* » 57

**La salute in un'ottica globale e di equità**, di *Raffaella Bucciardini* » 65

**Bringing Health into Design: Applying data and multiple scales for effective outcomes**, by *Angela Loder* » 69

**Sanità interconnessa. Cosa ci ha svelato la pandemia**,  
di *Fabrizio Gemmi* » 75

**Dalle Case della Salute alle Case di Comunità. L'esperienza piemontese tra passato, presente e futuro**, di *Giovanna Perino, Gabriella Viberti* pag. 79

**Green and Blue Spaces and Mental Health**, by *Femke Beute, Sjerp de Vries, Annamaria Lammel, Maria Beatrice Andreucci* » 83

**La ricerca in architettura: reti di prossimità, quartieri sani, Case della Comunità. Spunti per il Cluster Servizi per la Collettività**, di *Nicoletta Setola* » 90

## Sezione 2

### Progettare i servizi territoriali per la salute e il benessere

**L'architettura per l'uomo. Tramite spaziale tra sport e salute quali fenomeni culturali**, di *Emilio Faroldi* » 103

**Gli investimenti per l'edilizia sanitaria territoriale all'interno della Missione 6 del PNRR**, di *Gianluca Altamura, Valentina Vena* » 115

**Processi innovativi per il progetto ospedaliero a seguito dell'emergenza pandemica**, di *Roberto Bologna* » 121

**I nuovi luoghi per la salute di prossimità e di comunità**, di *Giovanni Gorgoni* » 127

**Presidi territoriali e modello "a rete": esperienze a confronto**, di *Daniela Pedrini* » 133

**Città in movimento per riavvicinarsi**, di *Cecilia D'Angelo* » 137

**Lo sport e l'impiantistica per la costruzione di un nuovo modello sociale**, di *Paolo Giuntarelli* » 143

**La città come palestra a cielo aperto. La fruibilità degli spazi urbani aperti per la salute, il benessere e l'inclusione delle persone anziane**, di *Cristiana Cellucci* » 147

**L'incontro tra domanda e offerta di ricerca. Cluster Servizi per la Collettività: testimonianza dalle sedi**, di *Teresa Villani* » 157



<b>Prospettive di programmazione e progettazione <i>age-friendly</i> tra quartieri sani e assistenza sociosanitaria,</b> <i>di Elettra Naldi, Nicoletta Setola, Maria Chiara Torricelli</i>	pag. 166
<b>La promozione della salute attraverso le infrastrutture sportive di prossimità,</b> <i>di Francesca Daprà, Maria Pilar Vettori</i>	» 176
<b>Adattabilità dell'alloggio per l'<i>home healthcare</i>,</b> <i>di Federica Romagnoli</i>	» 186
<b>La rete dei servizi socio-sanitari territoriali: spazi per la pediatria e modello di lavoro collaborativo e integrato,</b> <i>di Elisa Biolchini, Riccardo Pollo</i>	» 196

## PARTE SECONDA ENERGIA SOSTENIBILITÀ AMBIENTE

<b>Progettare per la transizione energetica ed ecologica verso la neutralità climatica e la circolarità delle risorse,</b> <i>di Fabrizio Tucci</i>	» 207
--	-------

### Sezione 1 Energia, Clima, *Green City*

<b>Il cambiamento climatico sta cambiando l'architettura?,</b> <i>di Roberto Giordano</i>	» 235
<b>La dimensione progettuale energetico-ambientale nell'architettura e nelle città,</b> <i>di Patrick Thèpot</i>	» 242
<b>Energia e ambiente: un punto sulle politiche per la neutralità climatica,</b> <i>di Edo Ronchi</i>	» 245
<b>Transizione energetica e innovazione urbana,</b> <i>di Adriano Bisello</i>	» 250
<b>Adattamento e mitigazione ambientale per lo spazio abitabile,</b> <i>di Mario Losasso</i>	» 253
<b>Cittadinanza energetica per la neutralità climatica urbana,</b> <i>di Andrea Boeri</i>	» 261

<b>Raccolta dati per la mappatura del micro-clima urbano,</b> <i>di Alessandra Battisti</i>	pag. 271
<b>Rus in Urbe. Innovazioni per l'elevata efficienza del verde pensile,</b> <i>di Maria Antonia Barucco</i>	» 283
<b>Regenerative Design con RE_up: sistema di involucro adattivo per edifici in scenari di transizione,</b> <i>di Consuelo Nava</i>	» 292
<b>Verso la visione di <i>Life Carbon Vision</i>: strumenti per ridurre e ottimizzare l'<i>Embodied and Operational Carbon</i>,</b> <i>di Jacopo Andreotti, Luca Valzano</i>	» 304
<b>Positive Energy District: ricerca e prospettive verso la neutralità climatica,</b> <i>di Maria Beatrice Andreucci</i>	» 313
<b>Le attività del TCLab tra ricerca e verifiche prestazionali certificate,</b> <i>di Martino Milardi</i>	» 319
<b>L'adattamento climatico dei contesti urbani: principali strategie di mitigazione dell'isola di calore urbana,</b> <i>di Domenico D'Olimpio</i>	» 327
<b>La neutralità climatica delle <i>Green City</i>: la testimonianza della città di Milano,</b> <i>di Manuela Ojan</i>	» 336

## Sezione 2

### Energia, circolarità, *Dwelling Renovation*

<b>Le <i>Circular best practices</i> nel campo dell'edilizia: sfide e ambizioni verso la transizione energetica,</b> <i>di Roberto Morabito</i>	» 343
<b>Edifici e spazi di prossimità per la transizione energetica: una sperimentazione su limiti e potenzialità delle Comunità Energetiche Rinnovabili nella città costruita,</b> <i>di Paola Marrone, Ilaria Montella</i>	» 347
<b>Le <i>Nature Based Solutions</i> nella regolazione dei flussi di energia e materia,</b> <i>di Adriano Magliocco</i>	» 356
<b>Strategie di co-design per la rigenerazione urbana. L'esempio del PINQuA formedellAbitare#inAscoli,</b> <i>di Maria Federica Ottone, Rosalba D'Onofrio, Roberta Cocci Grifoni, Enrica Petrucci</i>	» 365

<b>Mitigazione dei cambiamenti climatici e reti per la circolarità: ricerca e sperimentazione progettuale, di Valeria Cecafo</b>	pag. 375
<b>Bio-based thinking: ricerca e innovazione sui materiali carbon-zero per la circular economy, di Antonella Violano, Monica Cannaviello</b>	» 387
<b>Sistemi Building Integrated PhotoVoltaic e progetto di architettura nei processi di transizione verde, di Valeria D'Ambrosio, Enza Tersigni</b>	» 396
<b>Progettare con il clima agli estremi . Due sperimentazioni di architettura solare in Medio Oriente e in Cina settentrionale, di Marco Cimillo, Vittorio Belpoliti</b>	» 405
<b>Textiles Hub – Textiles Heuristic Understanding in Buildings. The role of experimental research in the design process of membrane-based structures, by Carol Monticelli, Alessandra Zanelli, Salvatore Viscuso</b>	» 418
<b>Prato Circular City, di Valerio Barberis</b>	» 429

### Sezione 3

#### Energia, patrimonio, cultural heritage

<b>Il progetto dell'esistente nello scenario della transizione ecologica. Approccio circolare, miglioramento energetico e riuso adattivo, di Serena Baiani</b>	» 435
<b>BEEP Project: un processo per l'ottimizzazione degli interventi di miglioramento energetico ambientale sul costruito storico, di Elena Gigliarelli, Letizia Martinelli, Filippo Calcerano</b>	» 445
<b>Strategie di deep renovation dell'historic heritage. Strumenti semplificati e speditivi di supporto decisionale per la programmazione degli interventi di efficientamento energetico di grandi patrimoni, di Pietromaria Davoli</b>	» 450
<b>Energia e patrimonio culturale. Ricerca, formazione di terzo livello e terza missione, di Giovanna Franco</b>	» 460
<b>Alla ricerca del comfort negli edifici storici non monumentali, di Alessandro Rogora</b>	» 469



<b>MO.S.A.I.C. Una ricerca pluridisciplinare per la mitigazione delle Isole di Calore Urbano</b> , <i>di Francesca Castagneto</i>	pag. 478
<b>Nuovi strumenti e strategie per pianificare la transizione energetica delle isole minori</b> , <i>di Davide Astiaso Garcia, Daniele Groppi, Daniele Bruschi</i>	» 488
<b>Tra tradizione e innovazione: materiali biocompositi per la rigenerazione del patrimonio architettonico esistente</b> , <i>di Rosa Romano, Valerio Alecci, Antonino Maria Marra</i>	» 497
<b>Innovazione e sviluppo. L'università per la competitività industriale</b> , <i>di Paola Gallo</i>	» 506
<b>Strategie e azioni per una città in transizione</b> , <i>di Paola Cerotto</i>	» 516
<b>Referenze fotografiche</b>	» 519

# *Regenerative Design con RE\_uP: sistema di involucro adattivo per edifici in scenari di transizione*

*di Consuelo Nava\**

## **Abstract**

RE\_uP is one of the systems designed for the S2Home housing module, a research and transfer experience on the themes of innovation and sustainability in construction to the advanced manufacturing field, with the aim of prototyping and creating a demonstrator capable of combining the aspects of regenerative design with those of additive manufacturing and offsite construction. An “agile” process of studies and applied research, generated and driven by a platform of integrated knowledge, project collaborations and operations in university laboratories, research centres and factories. A three-year research project, the results of which discussed possible new frameworks, metrics and methods for the design of adaptive enclosures in climate and space transition scenarios. An open question about the relationship between design innovation and product innovation, in which, once again, the ability to manage the process according to the new tools of design and its predictive scenarios, are based on the “scale jumping” and the new capabilities of relationship between “data, information and resources”.

\* Direttrice ABITALab, Dipartimento di Architettura e Territorio, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, [consuelo.nava@unirc.it](mailto:consuelo.nava@unirc.it)

## 1. Regenerative Design e sistemi di involucro adattivi

Il design rigenerativo richiede strumenti aperti alla personalizzazione dell'utente, al di là dei problemi tipici delle scienze architettoniche, e che rispondano a una serie di obiettivi di performance, tra cui quelli legati all'ecosistema locale e alla salute umana. Un cambiamento che non è più pensabile spiegare con il semplice modellare l'impatto del design sull'ecosistema o sulla salute. Nei sistemi rigenerativi, è necessario accoppiare i modelli di una o più variabili dell'ecosistema (per esempio, il clima locale, i cicli dell'acqua locali, il comportamento di altre specie, modelli naturali di crescita della vegetazione) e delle persone (per esempio, comportamenti, fisiologia). Questo è il passo successivo nell'integrazione dei domini di simulazione e nella personalizzazione delle questioni ambientali, ottenuta attraverso simulazioni parametriche. Un concetto che può essere ulteriormente spiegato introducendo due ulteriori concetti rilevanti: co-benefici e salto di scala. (Naboni, De Luca, 2021; trad.it. Nava, 2022)

### 1.1. Cosa è RE\_uP

RE\_uP è un sistema di involucro adattivo per edifici insediabili in scenari resilienti di transizione climatica, con differenti possibilità aggregative e localizzative, disegnato parametricamente, secondo modelli rigenerativi e prototipato per il sistema progettato per un modulo abitativo a doppia sicurezza sismica e ambientale, denominato S2Home<sup>1</sup>. Realizzato in *off-site* (prefabbricazione aperta e dimensionabile), per essere trasportato e insediato in siti sensibili, esso stesso concorre alla capacità di realizzazione rapida in cantiere e consente la massima integrazione di impianti e dispositivi per alte performance energetico-ambientali. La struttura modulare dell'involucro, è leggera per i materiali utilizzati e per il suo *LCA* – profilo ambientale, sia con riferimento ai componenti di telaio (alluminio) che ai componenti della stratificazione (pet riciclato, tessuti in carta o pvc riciclato), realizzando una frontiera capace di termoregolare livelli di comfort, in tutte le zone climatiche di riferimento e con clima estremi, basandosi esclusivamente sul contributo delle prestazioni del suo sistema adattivo. Riesce a rendere un sistema abitativo autosufficiente per giorni, in regime “*off-shore*” (2 giorni isolato, 5 in *smart grid* su *Cluster* minimo), non collegato a alcun impianto generatore di rete energetica, se non usufruendo della propria in distribuzione da proprio sistema di batteria o di redistribuzione da *smart grid*. La pelle esterna, con funzioni di separazione, può assumere

<sup>1</sup> Cfr. Progetto per la ricerca di sviluppo sperimentale e pre-industriale “S2Home \_ Modulo abitativo a doppia sicurezza sismica e ambientale”, attività di ricerca e sviluppo commissionata dalla De Masi Industrie Meccaniche SrL, al team universitario ABITAlab e altri partners, coordinato nel project management e per gli aspetti di sostenibilità e innovazione da C.Nava, nel periodo 2017-2021, dalla fase di design MVP, (cfr: <https://www.youtube.com/watch?v=M0zT1IvP4dc>) al prototipo di sistema esposto alla XVII Mostra di Architettura Internazionale – La Biennale di Venezia.



qualsiasi aspetto e rispondere con altri sistemi in *off-site* alle caratteristiche richieste ad un qualsiasi rivestimento, con grande flessibilità per quanto riguarda il sistema di fissaggio al supporto (telaio RE\_uP).

Ne consegue che per tale organismo abitativo, RE\_uP, non è una “*skin responsiva*”, ma è “un involucro adattivo”, capace di rispondere a requisiti differenti con riferimenti a contesti e condizioni climatiche differenti, in maniera rigenerativa, controllando e abbassando il consumo di CO<sub>2</sub> dalla fase di realizzazione a quella di servizio. In tali condizioni, il suo processo di design, così come i suoi livelli di “impatto totale”, divengono di tipo rigenerativo, capaci di misurare prestazioni che funzionamenti a “bilancio positivo”, sia alla scala aggregativa di *Cluster* e modulare di singolo sistema edilizio, con livelli di servizio di tipo ibrido dal punto di vista spaziale (sistema aperto) e energetico-ambientale (attivo/passivo). (Nava, 2021, 255-274, 2022).

## 1.2. Perché RE\_uP

RE\_uP è un sistema concepito per consentire adeguati livelli di integrazione a strutture di edifici di massimo due livelli di altezza, ma con differenti configurazioni e tipologie; per integrare sistemi e dispositivi di controllo ambientale capaci di termoregolare i flussi di aria naturale e la luce diretta; inoltre l’involucro, può integrare sistemi di produzione energetica, ma anche di monitoraggio delle condizioni di efficienza dell’involucro stesso. Nasce come sistema che si produce in *off-site*, con un grande apporto nell’ingegnerizzazione della progettazione delle sue parti, fornito dal trasferimento dei processi digitali alla fabbricazione, sia in modalità operative che con l’uso di infrastrutturazione meccanica e digitale per la realizzazione di componenti. Quindi, capacità di realizzarsi, nelle sue parti di giunzione, scorrimento, customizzazione con componenti disegnati e fabbricati su misura con macchine a controllo numerico e capacità operative in officina, processi entrambi informati da un’alta precisione e controllo. La sua caratteristica di produzione in serie, di fatto lavora non su un unico catalogo di modelli, ma su più alternative di modelli e soluzioni “a misura”, superando così tutti i vincoli, che vedono nei sistemi di involucro, forti interdipendenze tra telai, stratificazioni, rivestimenti e strutture di supporto. Questo fa assumere a RE\_uP forti caratteristiche di innovazione, con riferimento alle funzioni proprie e di servizio che deve svolgere per un qualsiasi sistema edilizio progettato e realizzato secondo le nuove frontiere del “*green*” e del “digitale”, per scenari “in transizione” con un design avanzato indirizzato a gestire i cambiamenti climatici.

## 2. Innovazione per l'offsite e l'offshore: dal design avanzato al prototipo

L'OSM (*OffSite Manufacturing*) coinvolge la produzione e la costruzione, in cui gli elementi strutturali e non strutturali sono prodotti in ambienti industriali controllati (Goulding et al., 2015). Il suo concetto centrale ruota intorno al disegnare il progetto per permettere l'implementazione della pianificazione e dei processi dal settore manifatturiero alle attività di costruzione (condotte negli impianti di produzione) per raggiungere i risultati previsti (Venables et al., 2004). Progettando le attività di costruzione in un ambiente di produzione più controllabile, si ritiene che la sicurezza, l'efficienza/produttività e la qualità possano essere migliorate insieme alla riduzione dei rifiuti, al miglioramento dei costi e al minore impatto ambientale (Khalfan e Maqsood, 2014; Azhar et al., 2011; Gibb, 2001), (Hammad, Sutrisna, Zaman, 2020, p.191, trad.it. Nava, 2022).

RE\_uP risponde a differenti livelli di innovazione, sia dal punto di vista tecnico che morfologico, è il prodotto di un processo integrato di progettazione, controllo delle sue prestazioni e capacità di realizzazione con un manifatturiero 4.0., in tutte le fasi di avanzamento della sua definizione. I suoi livelli di innovazione esprimono tutti gli attributi di prestazione che lo stesso scambia con il modulo spaziale abitativo S2Home e le capacità di alte prestazioni, nel gestire livelli di benessere e di servizio, come sistema di "frontiera", quale vera e propria interfaccia involucro/pelle.

### 2.1. Attributi di innovazione di RE\_uP per il modulo abitativo S2Home

Produrre "innovazione" attraverso i domini della domanda/desiderio degli utenti, della tecnologia possibile e della permeabilità/competitività commerciale e del mercato, è il processo affrontato con un approccio aperto e progressivo per lo sviluppo della S2\_Home – *offshore* and *offsite*. L'ambizione del tipo S2\_Home è infatti di divenire modello che innesca un'innovazione di filiera sostenibile sull'industrializzazione manifatturiera evoluta, misurata sulla proposta tipologica e di insediamento, capace di fornire progettualità e tecnologie disponibili, prodotti innovativi.

Il modulo abitativo S2\_Home, si realizza quindi, attraverso lo studio approfondito dei sistemi mobili e auto-montanti per rispondere ad una domanda di abitazione tipica degli insediamenti di emergenza o comunque degli scenari di nuovo insediamento. Puntando all'alta qualità dell'abitare, all'efficienza delle prestazioni di funzionamento ed uso, alla versatilità della costruzione di potersi localizzare in differenti clima e siti sensibili. L'innovazione di processo in OSM per il prototipo risponde ad alti livelli di requisiti: all'evoluzione di sistemi tecnologici e forniture tecniche, per caratterizzare il modulo e renderlo disponibile a sistemi aggregativi di scenari differenti geograficamente e sulle performances richieste; all'economia della sua realizzazione attraverso i processi di ottimizzazione e risparmio dei modelli di funzionamento energetico e dei servizi; inoltre a quella economia di scala attuabile

sulla filiera di produzione, utilizzando tecniche e lavorazioni avviate nelle officine manifatturiere avanzate, ma direttamente riferibili ai processi di “*industrial ecodesign*”. (Nava, 2020, 1752-1764)

Il livello di specializzazione necessario per realizzare il tipo S2\_Home, attraverso opere di realizzazione in officina, trasferisce quell’approccio tipico dei processi di innovazione, capaci di diventare pratiche sperimentali ma anche nuovo know how, grazie al trasferimento delle conoscenze dei suoi operatori a tutti i livelli (network delle competenze). Sarà l’autovalutazione attraverso il metodo TRL a metterne in evidenza tale efficacia, raggiungendo di fatto il livello di TRL7, con la realizzazione in scala 1.1 del sistema RE\_uP, quale sistema “dimostratore”, di un prototipo di sistema in ambiente operativo, dopo aver convalidato la tecnologia in ambiente industrialmente rilevante. (Nava, 2019, 21-25)

## 2.2. Design integrato di sistema e componenti per l’offsite

Attraverso le modalità costruttive *off-site* il cantiere diventa più leggero, un laboratorio sperimentale in cui affrontare le attività di assemblaggio e montaggio dei sistemi progettati. Il rapporto tra fabbrica e cantiere ha ricadute dirette su qualità, comfort e sicurezza. Parimenti il processo di ingegnerizzazione fino ai disegni di fabbrica, si avvicina ad un concetto di industrializzazione evoluta, che ha molto a che fare con il digitale e il manufacturing, per il controllo delle soluzioni tecniche. I cinque elementi riconoscibili per l’edilizia *off-site* sono traiettorie direttrici anche per il progetto S2\_Home: l’infrastruttura digitale, la produttività, le differenti scale di produzione, la sostenibilità ambientale, la qualità e la sicurezza insieme. Non ultimo, in termini di filiera produttiva industrializzata, l’affidabilità dei prodotti, la tracciabilità dei componenti, la manutenzione programmabile, così come il contenimento dei costi energetici. Essi diventano targets importantissimi per controllare il ciclo di vita del modulo abitativo come la sua sostenibilità economica nel tempo.

Con riferimento alla cantierabilità, il design ha dovuto riconnettere i requisiti richiesti per la trasportabilità, con la definizione dei sistemi di involucro, giunzioni, strutture ed impianti dimensionati sul modulo di 85 mq ad un livello. Sulla necessità di pensare tali sistemi come aggregabili in officina, per essere trasportati e assemblati sul posto. La modularità di sistemi, ha perseguito un medio livello di unificazione, perché l’implementazione delle soluzioni, per esempio sul funzionamento del modello energetico-ambientale ibrido, hanno comunque richiesto una diversificazione tra i fronti e quindi una conseguente diversificazione dei sistemi della struttura di involucro e del rapporto tra superficie opaca e trasparente, così come per la tipologia di infissi. Nonostante tale necessaria espressione della qualità, si può dire che il controllo del design integrato di sistema e l’*off-site* in officina, rendono facilitato il montaggio operativo in cantiere.

Il rapporto tra struttura (una gabbia di alluminio agganciata ad un sistema di portali in acciaio e setti centrali), tecnologie ed involucro efficiente, è risolto con il



design dei moduli pannelli e la loro struttura in alluminio è capace di ancorarsi su tutti i punti con la struttura in acciaio scatolare dell'intero modulo e di far alloggiare componenti di congiunzione di elementi verticali con gli orizzontali, copertine carter di protezione e stabilizzazione dei coronamenti delle facciate, piuttosto che sistemi copri-giunzioni. La modularità in altezza e sullo sviluppo della facciata, consente comunque di individuare i sistemi-pannello che possono montarsi operativamente, per scorrimento, ribaltamento con cerniere, automazione. I moduli pannelli sono giustapposti alla struttura della scatola, di fatto placcano tutti i fronti e con la loro continuità consentono di progettare anche nei punti di serraggio e giunzione, la protezione dalle perdite termiche, consentendo nelle sezioni vuote l'alloggiamento dello stesso isolante in poliestere utilizzato per tutto l'involucro. La scelta di un sistema isolante stratificato di spessore minimo 5 cm, consente un uso su più dimensioni e spessori nei vuoti tra moduli e giunzioni. Si ottiene una sigillatura completa con questa tipologia di isolamento, in continuità in corrispondenza del telaio in alluminio dei moduli-pannello con tre stratificazioni interne e una esterna verso la barriera antivento, per uno spessore di 20 cm in totale e che ha la capacità di adattarsi a qualsiasi condizione climatica e dai sistemi di rivestimento che possono mutare influenzando di un fattore minimo sulle prestazioni energetiche statiche e dinamiche. La modularità dei pannelli è mutata nelle sue dimensioni nel passaggio tra fase I e fase II del design avanzato, per l'integrazione alla spazialità del tipo di modulo di 85 mq., nel suo sviluppo della frontiera verticale e per la necessità di consentire le movimentazioni e gli scorrimenti per le fasi di montaggio.

Il sistema di involucro leggero a secco garantisce performances elevate in diverse condizioni microclimatiche. Per garantire soluzioni appropriate sono state adottate come riferimento le zone climatiche estreme A ed F e i relativi anno tipo e temperature di progetto. Tale stratificazione garantisce una alta performance energetica in regime statico invernale ed una buona condizione di comfort in condizioni dinamiche estive grazie all'utilizzo di un materiale isolante ad alta densità, alto calore specifico e alto spessore. Il concetto progettuale per l'involucro edilizio è anche quello di poter ricevere sistemi di rivestimento interno/esterno diversificati.

Il modello ibrido edificio-impianto, non ha subito particolari modifiche tipologiche nella fase di ingegnerizzazione, se non il ridimensionamento rispetto alla previsione di utenza e la scelta di prodotti di facile predisposizione e montaggio, sia per la zona impianti buffer in fondazione (generatori, batterie, raccolta acque, etc) che per l'integrazione in copertura (fv, solare). Il modulo abitativo, risponde ai requisiti energetici di impostazione iniziale, attestandosi su un rendimento tipo da classe energetica A4, con una configurazione di S/V – rapporto di forma e scelte tecnologiche – *passivhouse* assimilabili ad un edificio a consumo quasi zero in scenari "isolati" e di tipo "positivo", in aggregazioni di *Cluster* per scenari di transizione (2030, 2050, 2085).



Fig. 1 - Modello in stampa 3D del sistema involucro del modulo abitativo S2Home (ph. PMopenlab, 2021, spazio espositivo Arsenale, Biennale di Venezia).

### 2.3. Alte prestazioni di frontiera: l'interfaccia involucro/pelle

La distribuzione interna del tipo selezionato per la prototipazione del sistema RE\_up, ha un rapporto diretto tra distribuzione degli spazi funzionali e involucro nel suo concetto di "frontiera" ad alte prestazioni energetico-ambientali, attestate sul profilo ibrido del modulo abitativo. La partitura dei sottosistemi di involucro nel rapporto tra superficie specchiata e opaca è dotata dei dispositivi di areazione naturale, che sono collocati sui fronti nord-sud per forzare la ventilazione incrociata negli ambienti retrostanti attraverso sistemi di griglia e sportelli-vasistas e sui fronti est-ovest, con infisso apribile in alto, per migliorare il contributo di areazione nello stato di chiusura degli infissi (cfr.Fig.2). Tale sistema integrato, migliora le prestazioni nel periodo estivo e contribuisce a quanto già assicurato dal sistema di isolamento dell'involucro, la cui stratificazione a fibre di poliestere stratificato riciclato aumenta il profilo ambientale ed ecologico del modulo abitativo. Il rivestimento esterno, corre lungo tutti i sistemi di facciata, con pannelli in alluminio e legno, ancorati alla struttura sottostante del sistema di involucro, adottando sistemi di giunzione ed ancoraggio direttamente sul telaio in alluminio. La partitura stessa e la modularità di tali pannelli risulta quindi una scelta integrata agli aspetti descritti per l'attivazione della funzione passiva della ventilazione naturale e dell'illuminazione diretta. La scatola funzionale della S2\_Home ha inoltre un sistema di pelle materica sensibile e

anche reattiva (con la sperimentazione cibernetica del sistema di monitoraggio), essa può assumere rivestimenti differenti, ma con il suo sistema di ancoraggio fisso diviene di riferimento per la giustapposizione dei pannelli, degli infissi, dei dispositivi di ombreggiamento e delle chiusure stesse. (Nava, 2019, 17)

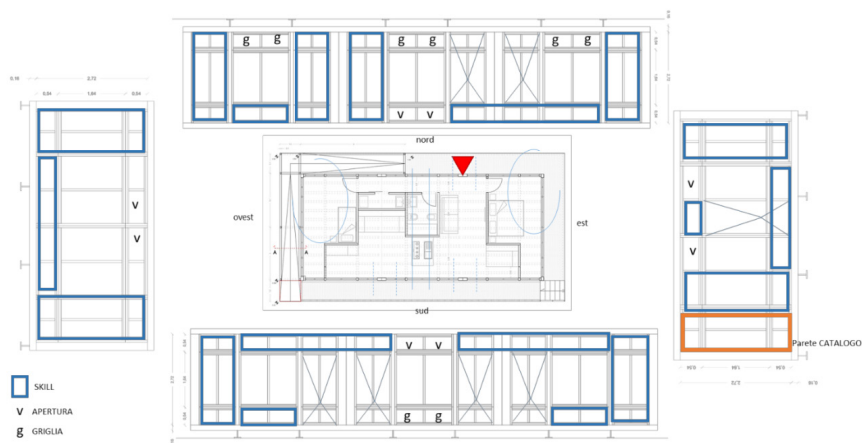


Fig. 2 - Design del sistema di facciata e dispositivi per la ventilazione naturale incrociata (C. Nava, 2019, 17).

### 3. RE\_uP dal prototipo al brevetto

#### 3.1. Le attività di testing sui campioni-pannelli del sistema-involucro

Al fine di testare le risposte energetiche e ambientali della tecnologia del sistema involucro RE\_uP, si istruisce, presso le officine De Masi, l'attività per la realizzazione di campioni di pannello, utili ai laboratori ENEA-Trisaia, per condurre le analisi sui fenomeni di invecchiamento (aging accelerato) e sulle prestazioni energetiche principali, attraverso la costruzione in fabbrica di sezioni di pannello.

Sono stati realizzati diversi telai completi con la preparazione di:

- un campione delle dimensioni 30 cm x 30 cm (cfr. Fig. 3a), costituito da tutta la stratificazione comprensivi i rivestimenti interno ed esterno con sola esclusione del telaio in alluminio per i test sulla conducibilità termica, realizzato in n. 5 unità;
- un campione delle dimensioni 55 cm x 54 cm (cfr. Fig. 3b), con costruzione del telaio e delle stratificazioni isolanti e di protezione con esclusione dei rivestimenti interno ed esterno per i test sul ponte termico tra telaio in alluminio e stratificazione isolante, realizzato in n. 5 unità.





Fig.3a - Fabbricazione campione 30x30 (ph. Archivio S2Home, Officine De Masi, 2018).

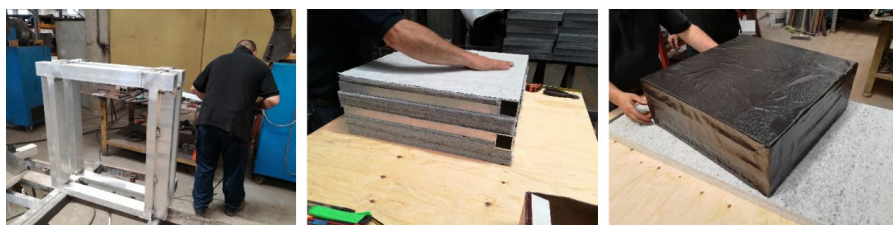


Fig.3b - Fabbricazione campione 55x54 (ph. Archivio S2Home, Officine De Masi, 2018).

Considerando che i test sono durati circa un mese, la sollecitazione cui provini sono stati sottoposti è stata di circa 2,5 anni reali. I risultati dei cicli di aging accelerato, sono stati poi valutati attraverso successive prove termografiche e di caratterizzazione termica, che hanno tutte verificato le condizioni di prestazione e i valori di progetto.

### 3.2. La prototipazione in scala 1:1 e l'attività brevettuale *Re\_uP*

In occasione dell'esposizione della XVII Mostra Internazionale di Architettura – La Biennale di Venezia, al Padiglione Italia, nelle sezioni in mostra per la “ricerca sperimentale” è stato esposto il prototipo in scala 1:1 di una unità tecnologica della parete *RE\_uP*, realizzata presso le officine De Masi<sup>2</sup>. In due pannelli – telaio, il primo mt 2.60 h x mt 2.00 l, con sistema di chiusura scorrevole su binario orizzontale, coibentato con stratificato di poliestere, rivestimento interno in platiche e esterno in alluminio, con interposto tessuto antivento esterno e interno di barriera al vapore in carta telata; il secondo mt 2.60 h x mt 1.00 l. su telaio a ribalta, con struttura di alluminio a vista, di montanti e traversi in giunzione per le differenti tipologie di

<sup>2</sup> Cfr. Attività di manufacturing della parete *RE\_uP*, opera nr.4 del Progetto “S2 Home\_Digital/Human: effort in transition” esposto alla XVII Mostra Internazionale di Architettura - La Biennale di Venezia, al padiglione Italia “Comunità Resilienti” - Sezioni in mostra: ricerca sperimentale, dal 22 maggio al 13 giugno 2021, cfr. [www.pmopenlab/biennale21.com](http://www.pmopenlab/biennale21.com). La parete *RE\_uP* è stata realizzata presso le officine De Masi nei mesi genn./aprile 2021; è disponibile il video delle attività di manufacturing: <https://youtu.be/7mImZNg7XJc>



*Fig. 4 - Prototipo in scala.1 parete RE\_Up modulo S2Home (ph. PMopenlab, 2021, spazio espositivo Arsenale, Biennale di Venezia).*

pannelli del sistema involucro in *off-site*. I componenti sono tutti provenienti da filiere materiali riciclate, con riferimento ai processi di nuova configurazione in OSM.

Nella fase di ricerca brevettuale su banche date internazionali, si è indagato su classi brevettuali e relative sottoclassi con riferimento alle «strutture modulari a pannelli per la realizzazione di prefabbricati» e in particolare su:

- strutture che non si limitano alle pareti, ad esempio tramezzi, o pavimenti o soffitti o tetti; strutture costituite principalmente da elementi portanti, a forma di blocco o di lastra; strutture caratterizzate da parti mobili, separabili o pieghevoli, ad esempio per il trasporto; caratterizzate da parti separabili; costituite principalmente da pannelli; strutture che comprendono parti portanti allungate, ad esempio colonne, travi, scheletri; strutture a struttura tridimensionale;
- pareti, ad esempio tramezzi, per edifici; costruzioni di pareti per quanto riguarda l'isolamento; connessioni appositamente adattate alle pareti;
- edifici o gruppi di edifici per uso abitativo o d'ufficio; esposizione generale, ad esempio coordinamento modulare; case d'abitazione; edifici per abitazione temporanea, ad esempio case estive, piccole costruzioni per occupazione limitata; piccole costruzioni o altre costruzioni per occupazione limitata, erette all'aperto o disposte in edifici.

Visionando oltre 200 invenzioni, RE\_Up, per le sue caratteristiche di design, realizzative e riferimento particolare al sistema completo nei suoi componenti da riciclo, è risultato idoneo per essere depositato come nuova invenzione brevettuale<sup>3</sup>.

## Riferimenti bibliografici

- Hammad, A.W.A., Sutrisna, M., Zaman, A. (2020). *Towards optimising OSM implementation in construction projects. A sustainable procurement perspective*, in Goulding, J.S., Rahimian, F.P. (eds.), *Offsite production and manufacturing for innovative Construction*, Routledge, London and NY, 1-34.
- Naboni, E., De Luca, F., (2021). *Digital Tools to Support District Regenerative Design and Scale Jumping*, in Reith, A., Brajkovic, J. (a cura di). *Scale Jumping: Regenerative Systems Thinking within the Built Environment. A guidebook for regenerative implementation: Interactions, tools, platforms, metrics, practice*, Eurac Research, Bolzano.
- Nava, C. (2019). *Design driven innovation off-shore e off-site. Progetto di ricerca S2Home dal concept al prototipo*, Aracne edizioni, Roma.
- Nava, C. (2020). *Advanced Design for Manufacturing of Integrated Sustainability Off-Shore and Off-Site Prototype - MVP S2\_Home*. *Civil Engineering Journal*, 6, 1752-1764.
- Nava, C. (2021). *Advanced Sustainable Design (ASD) for Resilient Scenarios*, in

<sup>3</sup> Cfr. Sintesi degli elaborati tecnici-descrittivi per la fase brevettuale disponibile sulla piattaforma dedicata [www.pmopenlab.com/biennale21](http://www.pmopenlab.com/biennale21) (patent 102021000008345, inventori: C.Nava, A.Procopio, R.Astorino).

- Chiesa, G. (a cura di). *Bioclimatic approaches in urban and building design*, Springer, Berlin, 255-274.
- Nava, C. (2022). *Hybrid Building*, Reggio Cal., 22 febbraio; *Off-site+Offshore*, Reggio Cal., Reggio Cal., 1 marzo; *From Integrated Building Design to Positive Building*, Reggio Cal., 15 marzo (lezioni al corso Sostenibilità e Innovazione del progetto, UNIRC, a.a.2021-22).
- Università Meditteranea di Reggio Calabria (2019). *Attività della ricerca sperimentale S2Home*, <https://www.unirc.it/comunicazione/articoli/21483/progetto-ricerca-s2home-ii-fase-presentazione-il-modulo-abitativo-nato-dalla-collaborazione-con-de-masi-spa>.
- Università Meditteranea di Reggio Calabria (2021). *Attività Manufacturing RE\_uP, Adaptive envelope system for buildings in resilient scenarios*, <https://youtu.be/7mImZNg7XJc>.