

POLITECNICO DI TORINO
Corso di Laurea Magistrale in
Architettura per il Progetto Sostenibile



TESI DI LAUREA MAGISTRALE

ABITARE RISPETTANDO L'AMBIENTE

.....
L'AUTOSUFFICIENZA DELL'EDIFICIO CAMBIERÀ IL MODO DI VIVERE

Relatore:
Elena Piera MONTACCHINI

Candidata:
Francesca BOGLIO

Correlatore:
Silvia TEDESCO

Matricola:
242990

Febbraio 2019

INDICE

ABSTRACT

CAPITOLO 1

IL SOLAR DECATHLON EUROPE 2019

- | | | |
|-------|---------------------------------------|---------|
| 1.1 _ | La competizione ed il team SEED Italy | pag. 7 |
| 1.2 _ | I contest | pag. 13 |
| 1.3 _ | La SEED Italy Summer School | pag. 17 |
| 1.4 _ | Il progetto di partenza | pag. 23 |

CAPITOLO 2

IL CONTESTO CULTURALE

- | | | |
|-------|-----------------------------------|---------|
| 2.1 _ | L'approccio alla circular economy | pag. 34 |
| 2.2 _ | I cambiamenti climatici | pag. 40 |
| | L'incidenza del settore edilizio | pag. 47 |
| | Gli obiettivi europei e nazionali | pag. 51 |
| | Gli strumenti attuativi | pag. 59 |
| 2.3 _ | Il concetto di casa passiva | pag. 63 |

CAPITOLO 3

L'ARCHITETTURA DI RIFERIMENTO

- | | | |
|-------|---|---------|
| 3.1 _ | I casi studio | pag. 71 |
| | Il ReGen Village | pag. 72 |
| | Il Circular building | pag. 77 |
| | La BiosPHera 2.0 | pag. 82 |
| | La Cabin Modules | pag. 87 |
| | I prototipi del Fuorisalone Milano 2018 | pag. 89 |
| 3.2 _ | L'analisi comparata dei casi studio | pag. 95 |

CAPITOLO 4

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNOLOGICHE

4.1 _ Il risparmio energetico e l'uso di fonti di energia rinnovabile	pag. 101
Il solare termico	pag. 105
I pannelli fotovoltaici innovativi	pag. 107
Le batterie di accumulo	pag. 122
La pompa di calore	pag. 124
La ventilazione meccanica controllata	pag. 128
4.2 _ Il riciclo dell'acqua	pag. 132
4.3 _ La trasformazione dei rifiuti in risorse	pag. 142
I biodigestori	pag. 143
L'autoproduzione alimentare	pag. 148

CAPITOLO 5

L'INTEGRAZIONE TECNOLOGICA NEL PROTOTIPO DEL SDE19

5.1 _ Il fabbisogno energetico	pag. 153
5.2 _ Il fabbisogno idrico	pag. 156
5.3 _ L'ottenimento dell'autosufficienza	pag. 158
Il fotovoltaico	pag. 158
La batteria di accumulo	pag. 165
La pompa di calore	pag. 167
La ventilazione meccanica controllata	pag. 169
Il riciclo dell'acqua	pag. 171
La raccolta dell'acqua piovana	pag. 175
Il biodigestore	pag. 177
L'autoproduzione alimentare	pag. 178

CONCLUSIONI

FONTI BIBLIOGRAFICHE e SITOGRAFIA

ABSTRACT

Nell'ambito del **Solar Decathlon Europe 2019**, una competizione internazionale di architettura, si dovrà progettare e realizzare un prototipo di un'unità abitativa energeticamente autosufficiente, dalle elevate qualità ambientali ed alimentato esclusivamente dal sole come fonte di energia.

L'obiettivo della tesi è quello di approfondire il tema dell'**edificio autosufficiente**, nell'ottica di rispettare sia l'ambiente che le esigenze dell'uomo, mostrando i vantaggi che questo porta alla collettività, quali **contenere i consumi energetici** e **ridurre gli impatti ambientali** come le emissioni di CO₂ nell'atmosfera, ed al singolo, come i possibili **risparmi economici** nel corso del tempo.

L'intento è quello di dimostrare che una progettazione attenta alla **sostenibilità energetica, ambientale ed economica** sia fondamentale per realizzare un edificio che prelevi dall'ambiente solo ciò che è strettamente necessario per il suo funzionamento, per non compromettere la possibilità alle generazioni future di soddisfare i propri bisogni, come sosteneva il Rapporto Brundtland già nel 1987. Si deve, quindi, ripensare al modo di vivere per non consumare risorse più del dovuto, come risposta all'aumento della popolazione, all'inquinamento, alla scarsità di risorse, alla crisi alimentare e soprattutto ai cambiamenti climatici con il surriscaldamento del pianeta.

L'utilizzo di fonti di energia rinnovabile è riconosciuto, insieme ad una complessiva razionalizzazione dei consumi, come una delle poche risposte possibili all'impatto ambientale. Inoltre, si otterrebbero ulteriori risultati attraverso la riduzione quotidiana degli sprechi, non solo di energia, ma anche di altre risorse come l'acqua, oppure tramite la trasformazione dei rifiuti in risorse.

In particolare, nel lavoro di tesi verranno affrontati requisiti e tecnologie relativi a:

- **Utilizzo di fonti di energia rinnovabile** come il sole, tramite impianti innovativi di fotovoltaico e di solare termico, implementati con batterie di accumulo per garantire l'autosufficienza anche quando il sole non è presente, e come l'aria, l'acqua e la terra grazie alle pompe di calore.
- **Riciclo dell'acqua meteorica**, appositamente filtrata per utilizzi non potabili, ed anche depurata per renderla potabile e quindi utilizzabile per usi alimentari.
- **Trasformazione dei rifiuti in risorse**, tramite biodigestori in grado di trasformare quelli organici in fertilizzante per le coltivazioni ed in biogas per cucinare.

Infine, a partire da un progetto preliminare, si ipotizzeranno più soluzioni di integrazione di alcune tecnologie innovative all'interno del prototipo per renderlo totalmente autosufficiente, identificando, come esito del lavoro di tesi, la soluzione che meglio si addice sia per quanto riguarda la competizione, che per il fatto che sarà quella economicamente e tecnicamente più vantaggiosa.

CAPITOLO 1

IL SOLAR DECATHLON EUROPE 2019

.....

La competizione ed il team SEED Italy

I contest

La SEED Italy Summer School

Il progetto di partenza

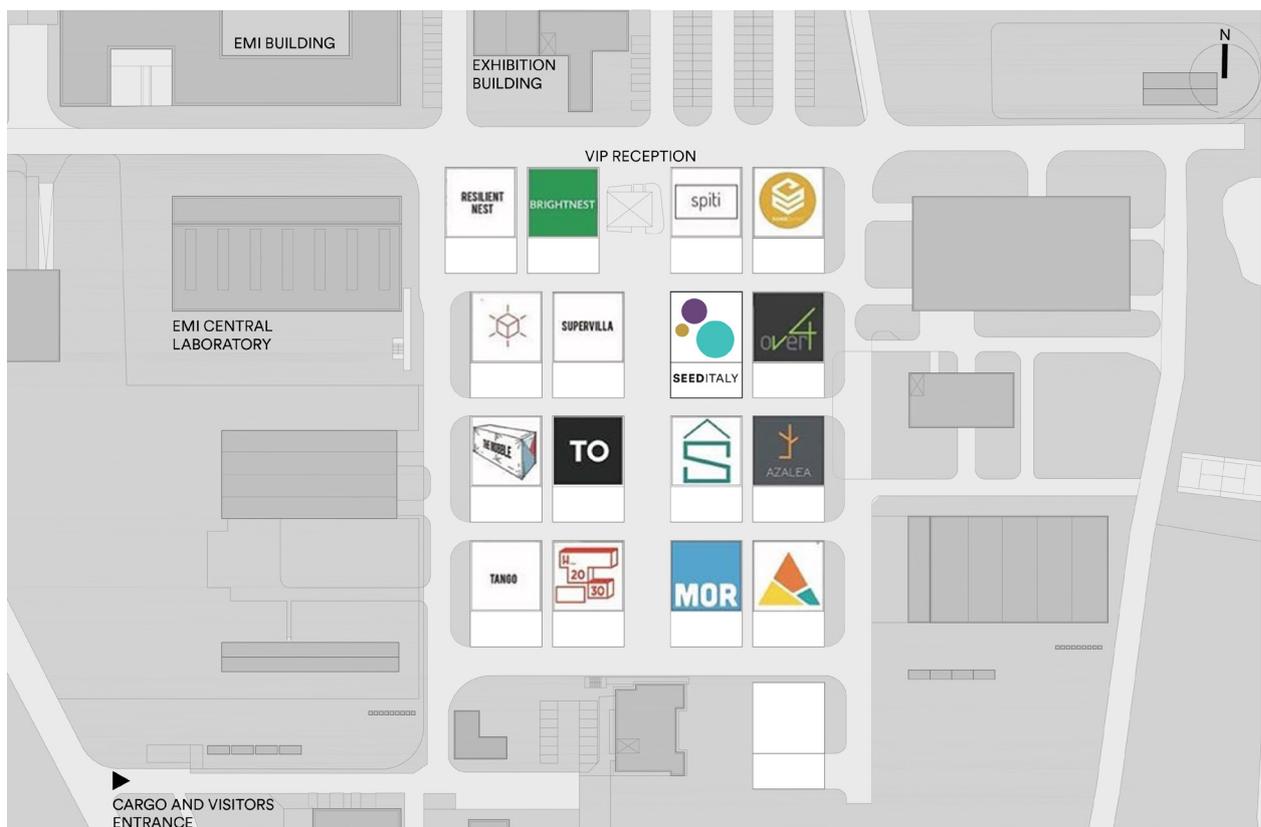
IL SOLAR DECATHLON EUROPE 2019

LA COMPETIZIONE ED IL TEAM SEED ITALY

Il Solar Decathlon è una competizione internazionale di architettura, durante la quale diverse università si sfidano nel progettare e costruire un prototipo di un'unità abitativa energeticamente autosufficiente, avente elevate qualità ambientali, ed alimentato esclusivamente da fonti rinnovabili prediligendo il sole come fonte di energia.

Durante la fase finale, la competizione prevede che i vari team costruiscano i prototipi progettati in precedenza, all'interno del Solar Village, ossia uno spazio espositivo dedicato aperto al pubblico.

Questa edizione sarà ospitata nella città di **Szentendre**, in Ungheria, che durante l'estate 2019 accoglierà sedici nazioni provenienti da tutto il mondo. L'Italia è rappresentata dal gruppo di ricerca **SEED Italy** (Sustainable Energy Efficient Design), coordinato dal Politecnico di Milano ma avente al suo interno rappresentanti di otto università italiane, tra cui il Politecnico di Torino.



15 Giugno 2018: estrazione delle postazioni nel Solar Village per il Solar Decathlon Europe 2019

Il team che si aggiudicherà la vittoria sarà quello che si dimostrerà più abile dal punto di vista architettonico, dell'efficienza energetica, dell'innovazione tecnologica e della comunicazione.

Il **primo Solar Decathlon** fu ospitato nel **2002** dal National Mall di Washington. Parteciparono alla competizione 14 università provenienti esclusivamente dagli Stati Uniti, e dopo una ventina di giorni dall'inizio dei lavori venne proclamata vincitrice quella del **Colorado**, che aveva come obiettivo quello di dimostrare che l'energia solare poteva funzionare in ogni casa. Infatti, progettaronò il prototipo intenzionalmente più simile ad una tipica casa americana che ad una casa solare sperimentale ideata appositamente per la competizione. Un fatto esemplare che fece capire la loro attitudine, fu quello di progettare il tetto con un'inclinazione non perfetta per l'installazione del fotovoltaico, infatti il team puntava sull'accettazione del pubblico piuttosto che sulla massima produzione di energia solare. Un altro punto di forza di questo team fu quello di produrre in serie e commercializzare tutto ciò che vi era all'interno dell'abitazione.

Il **primo Solar Decathlon Europe**, invece, avvenne a Madrid nel **2010**, ed ebbe caratteristiche differenti da quello statunitense, con spazi più ristretti e destinazioni specifiche. Presero parte alla competizione 17 università provenienti da tutto il mondo e vinse quella della **Virginia**, che aveva già partecipato ad un'edizione americana. Infatti, il progetto, migliorò essenzialmente quello precedente che vide il 13° posto in classifica. Il prototipo aveva un design modulare flessibile, infatti le pareti a Nord ed a Sud erano in vetro elettrocromico per riuscire a modulare l'esposizione alla luce, e scorrevoli, quindi riuscivano ad amplificare ed a ridurre gli spazi interni in base alle esigenze. Altri punti di forza del progetto furono i materiali quasi tutti riciclati, i pannelli fotovoltaici bifacciali capaci di impiegare entrambe le facce e quindi di aumentare del 30% la produzione di energia, e l'impianto di domotica che riusciva ad adattarsi automaticamente alle condizioni climatiche esterne comunicandone immediatamente i consumi. La prima edizione del **Solar Decathlon China** ha avuto luogo nel 2013, mentre l'ultima nell'estate del **2018**, che ha visto partecipare 22 team universitari, ed è stata vinta dal quello italiano rappresentato dal **Politecnico di Torino**. L'edificio era interamente alimentato da pannelli solari, termici e fotovoltaici, pensato per funzionare in totale autonomia energetica tramite batterie di accumulo, anzi, la produzione di elettricità era così elevata da poter essere ceduta anche alla rete. All'interno vi era un patio apribile che consentiva sia una ventilazione naturale in estate, che maggiori guadagni diretti di energia provenienti dal sole in inverno, inoltre, era dotato di una parete verde che favoriva il microclima all'interno. Un punto di forza di questo progetto è stato il riciclo delle acque, infatti quelle grigie, quelle piovane e la condensa dell'aria condizionata venivano raccolte e riutilizzate per l'irrigazione delle piante e per gli scarichi domestici. L'acquario che vi era all'interno della casa faceva parte di un innovativo sistema di acquaponica, infatti, l'acqua nella vasca, ricca di sostanze nutritive e di rifiuti organici dei pesci, poteva diventare un ottimo fertilizzante per le piante.

Nel 2015 ci fu il primo Solar Decathlon Latin American and Caribbean, a fine 2018 quello Middle East a Dubai, mentre nel 2019 sarà in programma il primo Solar Decathlon Africa in Marocco.

Durante l'**ultima edizione** del **Solar Decathlon Europe**, nel **2014** a Versailles, è stata la squadra dell'Università di Roma, terza classificata nell'edizione del 2010, ad aggiudicarsi la vittoria con l'edificio "**RhOME for denCity**", con un solo punto di differenza con il secondo classificato. Il prototipo è stato progettato per essere riutilizzabile all'80% e riciclabile al 100%. È stato caratterizzato da alcune soluzioni tecnologiche innovative, come i pannelli solari fotovoltaici flessibili che sono stati integrati nei tendoni ombreggianti delle logge, il parapetto lungo la rampa di accesso che produceva acqua calda ed un sistema di aria fresca programmata. Inoltre, sono stati utilizzati dei miscelatori che hanno ridotto dell'80% l'acqua presente nel rubinetto, ma conservavano comunque la potenza del getto, così da minimizzare la quantità di acqua da riscaldare quando necessario, ed in generale il volume di acqua consumato all'interno dell'abitazione.



RhOME for denCity: prototipo vincitore del Solar Decathlon Europe 2014 [img. 1-2-3-4]

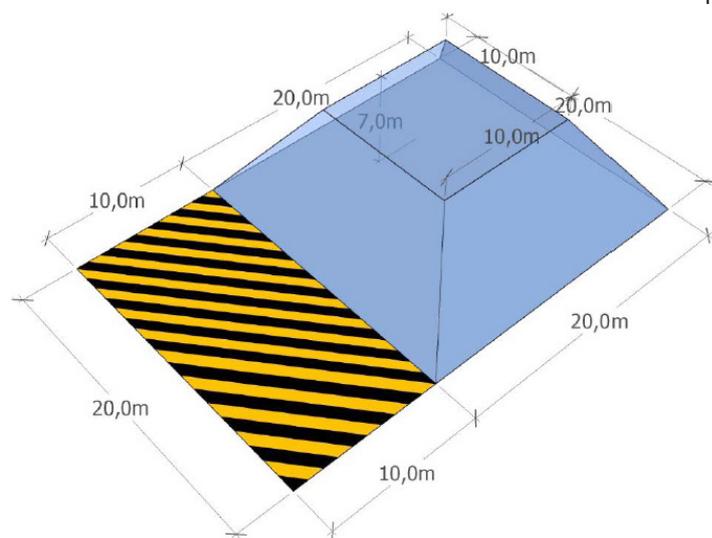
Per ogni edizione vengono selezionati un massimo di venti team studenteschi, i quali sono chiamati a progettare e realizzare il prototipo in un anno e mezzo, da assemblare e costruire dagli stessi studenti, con l'assistenza di alcuni addetti del settore, nel luogo della competizione.

Per quanto riguarda l'edizione del Solar Decathlon Europe in programma per il 2019 (SDE19), ogni prototipo dovrà rispettare la sagoma di volume massimo realizzabile, che sarà un tronco di piramide con base maggiore 20 x 20 m, base minore 10 x 10 m ed altezza di 7 m. La parte antistante la sagoma, con dimensioni 20 x 10 m, rappresenta l'area da utilizzare durante le fasi di costruzione del prototipo, e successivamente, durante la competizione, sarà utilizzata per organizzare i percorsi all'interno del Solar Village e gli spazi per il pubblico.

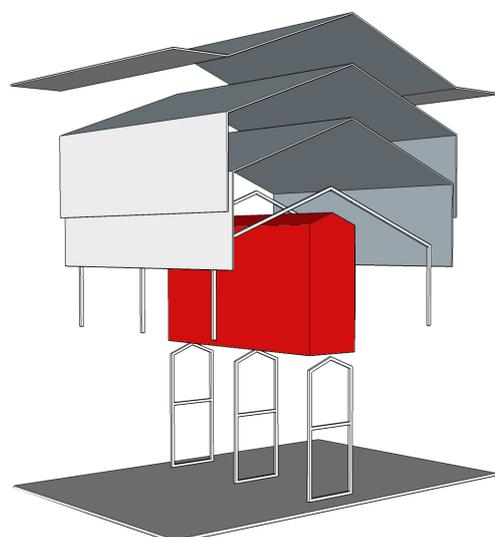
Il prototipo dovrà essere ad un solo piano ed avere una superficie a terra tra i 45 ed i 70 m². Dovrà essere accessibile da tutti abbattendo le barriere architettoniche, e prevedere al suo interno una cucina, una sala da pranzo da minimo otto posti dove organizzare una cena durante la competizione, due work stations, una camera da letto ed i servizi igienici.

Gli ambienti saranno disposti attorno ad un nucleo centrale detto "**core**" che, oltre ad accogliere al suo interno tutti i servizi e gli impianti tecnici, sarà il principale elemento strutturale del prototipo, e dovrà essere trasportato già assemblato quindi, se si sceglie un trasporto su gomma, dovrà avere un'altezza massima di 3,10 m ed una larghezza massima di 2,70 m.

Inoltre, l'involucro dovrà essere adattabile per layer al contesto climatico di riferimento. Infine, come da regolamento, il progetto risponderà alle esigenze dettate sia dalla normativa italiana che da quella ungherese.



sagoma del volume massimo



core centrale [img. 5]

Il prototipo sarà sottoposto a dieci prove, o anche detti **contest**, quali *Architettura, Ingegnerizzazione e costruzione, Efficienza energetica, Comunicazione e sensibilizzazione sociale, Integrazione nell'ambiente ed impatto, Innovazione e vitalità, Circolarità e sostenibilità, Condizioni di comfort abitativo, Funzionamento dell'edificio, e Bilancio energetico.*

La somma dei punteggi assegnati per ogni categoria, insieme ai bonus ed alle penalità, darà il risultato finale e la classifica delle università partecipanti.

Il fulcro del SDE19 è la **rivitalizzazione degli edifici esistenti**, infatti, i team possono concentrarsi su uno o più dei seguenti argomenti, tenendo in considerazione il mutarsi delle stagioni, l'uso di materiali locali e l'integrazione con il contesto:

- Ristrutturazione del tradizionale piano terra ungherese rettangolare con pareti in mattoni, avente o meno pavimentazione in calcestruzzo.
- Appartamento sulla copertura di un edificio esistente per aumentare la densità urbana.
- Progetto di ristrutturazione tipico del paese o della regione di origine del team.
- Qualsiasi altra proposta per risolvere specifiche sfide locali che potrebbero arricchire la Comunità SDE.

Il team SEED Italy approfondirà due dei quattro topics sopra citati presentati dall'ente organizzatore dell'evento, l'Energy Endeavour Foundation, quali *"roof-top apartment to increase urban density"* e *"renovation project typical in the applicant's country of origin or region of the team"*.

La scelta del primo topic è dovuta, oltre che alle evidenti richieste attuali di non consumare più suolo naturale, anche ad un interesse manifestato dal Comune di Milano per la densificazione urbana. La richiesta del Comune è quella di costruire in modo semplice, veloce e con sistemi innovativi a secco, nuovi volumi sulla copertura piana di edifici esistenti che necessitano di essere riqualificati, garantendo tuttavia il mantenimento attivo delle funzioni esistenti durante le operazioni di adeguamento funzionale ed energetico. Oggetto della competizione a Szentendre nel 2019, sarà solo il prototipo di uno dei moduli progettati in copertura.

Il secondo topic, invece, va nella direzione della costruzione di un prototipo adattabile, modificabile per parti, in cui la stratigrafia dei pacchetti di chiusura viene scelta volta per volta, a seconda del clima del contesto di riferimento, in una logica di sovrapposizione di strati. Questo è dato anche dal fatto che il team italiano è composto da università provenienti da otto città della penisola, quali Milano, Torino, Genova, Varese, Firenze, Pescara, Reggio Calabria e Catania, e che quindi possono approfondire le differenti variazioni climatiche.

L'idea di base del team SEED Italy consente di definire cinque aspetti fondamentali del progetto riguardanti la costruzione, la manutenzione e l'operatività del prototipo, nonché di raggiungere gli obiettivi di prestazione richiesti dalle regole del SDE19. Questi sono il risparmio economico, l'adattamento climatico per parti aggiuntive, l'assemblaggio veloce, la previsione del funzionamento energetico e l'utilizzo di tecnologie ibride.

Vi è, inoltre, un **cronoprogramma** dettagliato della competizione, da rispettare altrimenti si incorrerà in penalità, e prevede le seguenti fasi:

- 29 e 30 Giugno: arrivo dei camion contenenti i blocchi preassemblati;
- dall'1 al 10 Luglio: vera e propria costruzione del prototipo nella postazione già assegnata ed all'interno del perimetro stabilito dalle regole;
- 12 Luglio: cerimonia di apertura;
- dal 13 al 27 Luglio: competizione, durante la quale verrà assegnato un punteggio per ciascun contest, per tutti i prototipi in gara;
- 28 Luglio: cerimonia di chiusura ed annunciazione del vincitore;
- dal 29 Luglio al 29 Settembre: i prototipi potranno essere visitati dal pubblico, anche non del settore;
- dal 30 Settembre al 5 Ottobre: disassemblaggio.

Come si può notare, il calendario è molto serrato, soprattutto per quanto riguarda la costruzione del prototipo per la quale si hanno solo dieci giorni, quindi si dovrà realizzare rapidamente la cantierizzazione dello stesso. È per questo motivo che sono preferibili i sistemi a secco, rapidi e semplici da montare. Inoltre, è opportuno trasportare il core già assemblato, contenente l'impiantistica, in modo da avere solo più i collegamenti da effettuare in sito. Per far ciò, occorre scegliere prima il mezzo di trasporto che si intende utilizzare e da questo ne derivano le dimensioni massime del core.

I CONTEST

La denominazione di Solar Decathlon deriva dal fatto che il prototipo sarà soggetto a verifiche inerenti **10 contest** durante i giorni della competizione, ossia *Architettura, Ingegnerizzazione e costruzione, Efficienza energetica, Comunicazione e sensibilizzazione sociale, Integrazione nell'ambiente ed impatto, Innovazione e vitalità, Circolarità e sostenibilità, Condizioni di comfort abitativo, Funzionamento dell'edificio, e Bilancio energetico*. Per ogni contest sarà assegnato un massimo di 100 punti, per un totale, quindi, di 1.000 punti.

Il primo contest, **Architecture**, valuterà la coerenza del design, la flessibilità dello spazio, l'integrazione delle tecnologie all'interno dell'architettura e l'adozione di strategie bioclimatiche. Determinerà anche la coerenza dei progetti in relazione con l'ambiente spaziale e socio-economico del Paese di provenienza di ogni squadra.

Si avrà una valutazione positiva se si tiene in considerazione l'Innovative Spatial Design, ossia l'uso di aree di transizione sfruttando al meglio lo spazio tramite aree trasformabili o multiuso, e l'utilizzo di materiali locali nel contesto ambientale di ciascun progetto.

Il secondo contest, **Engineering & Construction**, valuterà l'implementazione del progetto e dei sistemi di ingegneria. Le squadre dovranno dimostrare il maggior livello di funzionalità della struttura, dell'involucro, dell'elettricità, dell'impianto idraulico e del sistema solare, il più alto livello di progettazione e costruzione, sicurezza e redditività, ed un'adeguata integrazione di questi all'interno del progetto.

Per la progettazione e costruzione degli impianti idraulici ed elettrici, si avranno punti favorevoli se si conserverà l'acqua della casa, quindi utilizzando impianti a basso flusso e risparmio idrico, sistemi di recupero delle acque grigie, trattamenti e riutilizzo dell'acqua. Invece, per la progettazione e realizzazione dei sistemi solari si considererà la funzionalità, il design, l'implementazione, la robustezza ed il valore economico. Sarà valutata la qualità del sistema solare fotovoltaico, ed anche l'idoneità del sistema solare termico per le esigenze particolari di ciascun progetto. Inoltre, l'uso di tale installazione per scopi diversi dalla produzione di ACS (acqua calda sanitaria), ad esempio come supporto per i sistemi HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), verranno valutati positivamente.

Tramite il lavoro di questa tesi, si riuscirà a dare un contributo sia in termini di efficienza energetica, tramite la ricerca di impianti fotovoltaici innovativi e di solare termico, che per quanto riguarda la raccolta ed il riciclo dell'acqua piovana all'interno del prototipo.

Il terzo contest, **Energy Efficiency**, serve ad incoraggiare l'eccellenza nei sistemi e nella progettazione della casa cercando, allo stesso tempo, di ridurre il consumo di energia. I team dovranno dimostrare fino a che punto il design del prototipo ed i suoi sistemi contribuiscano a migliorare l'efficienza energetica.

Si valuterà, quindi, l'efficienza dell'involucro riferita ai materiali utilizzati ed alle soluzioni adottate, oltre che alla presenza di sistemi passivi.

Saranno valutate le simulazioni effettuate per l'analisi energetica, le modifiche al progetto che queste hanno portato, i calcoli delle esigenze, i carichi termici ed il consumo energetico del prototipo. Ci sarà una valutazione termica simulata per confrontare le prestazioni di ogni casa su base comune, come strumento di supporto alle decisioni. I team saranno autorizzati a proporre lo scenario specifico (ventilazione, temperatura di comfort annuale, umidità, occupazione, guadagni interni), così si aiuterà la giuria a valutare i progetti nel loro ambiente originario.

Si effettuerà un'analisi per l'Embodied Energy per valutare, quindi, l'energia incorporata, il consumo di acqua, la produzione di rifiuti nella fase di costruzione, la flessibilità della struttura e la possibilità di essere riutilizzata.

Si valuterà anche l'efficienza degli apparecchi in relazione alle dimensioni della casa ed all'uso previsto.

L'aumento dell'efficienza dovuto al modo di gestire il prototipo sarà valutato positivamente dato che si riferisce a strategie progettate per un contributo al risparmio energetico.

Il lavoro di tesi aiuterà anche a soddisfare questo contest in quanto verranno calcolati i carichi termici ed il consumo energetico del prototipo, per poi poter dimensionare gli impianti solari, sia termici che fotovoltaici.

Il quarto contest, **Communication & Social Awareness**, valuterà la capacità comunicativa dei team di trovare modi creativi, efficaci ed efficienti di trasmettere i temi relativi la sostenibilità, l'innovazione e l'efficienza energetica. Per sperimentare ciò, durante la settimana di Summer School che si vedrà in seguito, è stato studiato e realizzato un forno solare pieghevole portatile che verrà poi dato come gadget a tutti i visitatori del Solar Village che, oltre ad illustrare il progetto, avrà la funzione di forno solare, quindi alimentato solo grazie alla fonte rinnovabile del sole, utile per scaldare in pochi minuti del cibo mentre si passeggia tra i prototipi in gara.

Il quinto contest, **Neighbourhood Integration & Impact**, stabilirà l'integrazione del progetto nel suo contesto. L'obiettivo sarà, quindi, quello di valutare la rilevanza della proposta dell'unità abitativa e la sua localizzazione nel vicinato riguardo ai contesti sociali ed urbani nei luoghi scelti dai team.

Il sesto contest, **Innovation & Viability**, misurerà il grado di innovazione della proposta rispetto alle competizioni precedenti. Si concentrerà sui cambiamenti rivoluzionari, all'interno della casa, nei suoi sistemi o componenti che riescano ad aumentare il valore aggiunto ed a migliorare le prestazioni e l'efficienza. Inoltre, i team dovranno dimostrare, oltre al loro potenziale innovativo, che le proposte siano socialmente, tecnologicamente ed economicamente fattibili. Verranno valutate le innovazioni riguardanti tutti gli altri contest.

Per l'innovazione architettonica si osserverà, quindi, fino a che punto le soluzioni proposte dai team forniscano nuovi concept spaziali e funzionali, nuovi usi dei materiali e della luce.

Per l'innovazione nell'efficienza energetica verranno valutati i contributi tecnologici innovativi attivi e passivi che massimizzano l'efficienza energetica della casa, i modi innovativi per migliorare l'efficienza idrotermale, ambientale, dell'illuminazione ed acustica, promuovendo così la vivibilità del prototipo. Per contribuire a parte di quest'innovazione, nel corso della tesi saranno spiegati molti sistemi fotovoltaici tecnologicamente innovativi.

L'innovazione nella comunicazione e nella consapevolezza sociale verrà valutata tramite tutte le nuove iniziative proposte dai team per attirare l'attenzione del pubblico, oltre a diffondere messaggi chiari come la necessità di un uso responsabile dell'energia e delle risorse naturali, la costruzione sostenibile e l'uso di energia rinnovabile.

Il settimo contest, **Circularity & Sustainability**, valuterà l'abilità e la sensibilità ambientale dei team nel progettare la riduzione degli sprechi, per minimizzare l'impatto ambientale negativo sia durante la produzione dei componenti, che nelle fasi di costruzione, di vita e di demolizione dell'edificio.

Verrà valutato il rapporto tra i concetti generali della casa e della proposta urbana con la sostenibilità, e quindi come ogni team concepisce la sostenibilità dell'ambiente costruito e come ciò si riflette nel progetto.

Sarà analizzato il successo nella selezione delle strategie bioclimatiche passive, di riscaldamento e raffreddamento, i sistemi di accumulo dell'energia termica e la ventilazione naturale, esplicitati anche all'interno della tesi.

Si valuterà nell'intero ciclo di vita, il consumo di acqua e la produzione di rifiuti nel processo di costruzione, dalla produzione dei materiali fino alla demolizione o riuso. La selezione dei materiali sarà valutata tenendo conto della loro LCA (Life Cycle Analysis), se possono essere riutilizzati o riciclabili, dell'energia incorporata, della CO₂ incorporata, della durata e della necessità di manutenzione.

Sarà misurata l'efficienza energetica ed il contributo alla sostenibilità del progetto dei sistemi HVAC, ACS, di illuminazione artificiale e gli elettrodomestici.

Saranno valutati, inoltre, i mezzi adibiti per ridurre le richieste di energia, il grado di autoapprovvigionamento locale e le strategie di regolazione dei consumi. La valutazione dei sistemi solari includerà il tempo di recupero energetico, le emissioni di CO₂ e le caratteristiche del progetto come l'accessibilità, l'integrazione e l'efficienza del sistema implementato.

Per quanto riguarda l'acqua, la valutazione includerà il suo ciclo di gestione, il risparmio idrico, la riscossione, la conservazione, i trattamenti ed il riutilizzo, anche argomento del lavoro di tesi.

La gestione dei rifiuti solidi, invece, sarà valutata in tre momenti: costruzione, fase operativa, e smaltimento, riciclaggio e possibilità di riutilizzo a fine vita.

L'ottavo contest, **Comfort Conditions**, analizzerà la capacità di fornire comfort attraverso il controllo di temperatura, umidità, illuminazione, acustica e qualità dell'aria interna, possibile anche grazie alla ventilazione meccanica controllata.

Il nono contest, **House Functioning**, valuterà la funzionalità della casa e l'efficienza degli elettrodomestici selezionati, al fine di massimizzare le prestazioni del prototipo pur rispettando gli standard esigenti della società attuale.

Per completare il funzionamento di un'intera casa, la gestione dell'acqua assume una parte importante del processo. Pertanto, durante la competizione saranno misurati i consumi di acqua delle case partecipanti.

Il decimo ed ultimo contest, **Energy Balance**, analizzerà l'autosufficienza energetica dei prototipi, oggetto principale della tesi, quindi l'efficienza energetica elettrica ed il loro consumo di energia solare. Valuterà, perciò, il consumo ed il bilancio energetico delle case. Si misurerà anche la gestione del carico di rete e la limitazione della potenza di picco.

Alcuni consumi dipendono dalla superficie della casa come il riscaldamento, il raffreddamento e la ventilazione, mentre altri sono fissi come gli elettrodomestici, perciò, saranno stimati tramite una formula che non penalizzi le case aventi aree inferiori di altre.

Affinchè una casa abbia un bilancio energetico annuale positivo, deve verificarsi che la differenza tra l'energia elettrica generata durante un anno ed il consumo dei carichi elettrici annuali, siano maggiori di zero. Uno dei principali vantaggi dei sistemi solari è che l'elettricità viene consumata nello stesso luogo in cui viene prodotta, e ciò riduce la necessità di linee di trasmissione e le perdite nel trasporto dell'energia elettrica. Questo effetto è massimizzato se l'elettricità viene consumata nello stesso momento in cui viene generata.

Inoltre, evitare i carichi di picco di potenza sulla rete elettrica è un aspetto importante della gestione del carico di energia.

LA SEED ITALY SUMMER SCHOOL

Durante la seconda settimana di Giugno, il team SEED Italy del Politecnico di Milano ha organizzato una Summer School coinvolgendo tutti gli studenti delle otto università italiane partecipanti al Solar Decathlon Europe 2019.

Tale attività, alla quale ho partecipato, è stata particolarmente utile e significativa in preparazione della competizione.

I sei giorni di Summer School sono stati suddivisi in un giorno di seminario, due di hackathon e tre giorni di workshop tecnico-pratico.

Il **seminario** del primo giorno, svoltosi all'interno del Politecnico di Milano, è servito per far luce sugli obiettivi del Solar Decathlon grazie agli interventi di Alessandro Rogora e Paolo Carli, professori del Politecnico di Milano e principali coordinatori del progetto.

In mattinata è stata raccontata l'esperienza da parte di Chiara Tonelli, quale vincitrice del Solar Decathlon Europe 2014 in rappresentanza dell'Università degli Studi RomaTre, dando utili consigli sia per la fase di progettazione che per il momento della competizione.

Vi sono stati anche gli interventi di Mauro Berta, docente del Politecnico di Torino, e Michele Di Sivo, professore dell'Università di Chieti-Pescara, coinvolti rispettivamente nel Solar Decathlon China 2018, poi concluso da vincitori con un punteggio che superava di dieci punti il secondo classificato, ed in quello Middle East 2018.

Questi interventi sono stati particolarmente utili dato che ci hanno consentito di comprendere la complessità del lavoro che vi è dietro all'intero progetto, sin dalle prime fasi, ma anche la soddisfazione finale di ogni team, indipendentemente dal risultato e dal posto in classifica.

Durante il pomeriggio, invece, vi è stata la presentazione delle ricerche e dei lavori di tesi su dei temi specifici svolti da parte degli studenti e dei professori delle diverse università italiane coinvolte in questo Solar Decathlon Europe, in un'ottica di condivisione delle informazioni raccolte.

Inoltre, sono stati presentati gli sponsor che ci aiuteranno nella realizzazione pratica del prototipo, quali la Marlegno e Velcro che sono i principali per quanto riguarda l'involucro, oltre a Edilcanapa, LamAmbiente, Carobbio, The Nest, Fermacell e Cogi per le partizioni interne, ad Infinity Motion e Logical Soft per la parte impiantistica, ed a Mivar per gli elettrodomestici.

Infine, vi è stato anche un intervento da parte di un collaboratore di Velcro, azienda produttrice di una serie di prodotti di fissaggio, il quale ci ha spiegato come questo prodotto renda facile il montaggio di molte parti dell'edificio, come i pannelli solari, le pavimentazioni ed addirittura le parti strutturali, essendoci più di 400 combinazioni di chiusure possibili.

Per il settore edilizio, il sistema di fissaggio con il velcro permette di adottare soluzioni più ecologiche che quindi possono contribuire a far ottenere più punti nel sistema di classificazione LEED per l'edilizia sostenibile. Queste tipologie di fissaggio riducono notevolmente l'utilizzo di composti organici volatili, gli scarti in cantiere, i danni all'involucro edilizio sottostante ed il numero di attrezzature. Inoltre, eliminano le emissioni gassose degli adesivi, sono facili da sostituire e reintegrare, e possono essere applicati ad una vasta gamma di condizioni meteorologiche e di temperature, il tutto garantendo maggior produttività e riduzione dei costi di manodopera.^[1]

L'**hackathon**, importato dalla tradizione informatica hacking+marathon, è una maratona di 36 ore consecutive di progettazione, durante la quale i gruppi di studenti hanno dovuto risolvere la challenge di progetto che è stata annunciata la sera prima a conclusione del seminario della SEED Italy Summer School, quale iniziare a lavorare sul progetto del Solar Decathlon, partendo da alcuni concept fino ad arrivare a progetti studiati nei particolari ed aventi dettagli tecnologici.

Sono stati, quindi, composti sei gruppi di sette persone ciascuno, eterogenei per università di provenienza, ognuno affiancato da un tutor, il quale aveva il compito di proporre un concept iniziale da portare avanti fino al primo briefing di progetto, avvenuto nel pomeriggio del primo giorno di hackathon, durante il quale ogni gruppo ha presentato agli altri ciò che era stato prodotto fino a quel momento, con successivi consigli da parte dei tutor accademici.

Alla fine del primo briefing, i gruppi sono stati uniti a due a due in base alla tipologia di progetto prodotta, e dovevano però migliorare i progetti di altri due gruppi, unificandoli. Quindi verso sera vi è stato il secondo briefing con la presentazione dei progetti dei tre gruppi.

A questo punto, dato che i tutor capirono che alcuni studenti optavano per la soluzione con il core posto in modo verticale, ed altri orizzontale, per il briefing della mattinata ci siamo suddivisi in due gruppi, all'interno dei quali vi erano studenti con lo stesso orientamento di pensiero.

La challenge iniziò con uno schema volumetrico, per poi passare ad una pianta, ed infine, per questo terzo briefing, anche a schemi bioclimatici ed impiantistici, oltre a sezioni e prospetti.

A seguito dell'ultima presentazione, i professori decisero di far proseguire entrambi i gruppi con lo studio del prototipo avente il core posto verticalmente. Un gruppo si focalizzava sugli arredi mobili per creare diversi spazi in base alle necessità del momento, e l'altro gruppo si occupava del verde funzionale, dell'idroponica, delle pareti verdi in facciata e del ciclo di vita del cibo.

Nel pomeriggio del secondo giorno di hackathon, ci fu il quarto ed ultimo briefing che portò ad un progetto di base, dettagliato maggiormente nei giorni seguenti da parte di un gruppo di studenti insieme ad Alessandro Rogora.

Per il **workshop** tecnico-pratico degli ultimi tre giorni della Summer School, ci siamo spostati ad Abbiategrasso, presso lo stabilimento Mivar, azienda di elettronica ed arredamento, ma principalmente produttrice di televisioni, nonché sponsor ufficiale del team SEED Italy per il Solar Decathlon Europe 2019.

Durante la prima mattinata, siamo stati accolti da Carlo Vichi, colui che fondò questa grande azienda nel 1945 a Milano, poi ampliata con un secondo stabilimento ad Abbiategrasso nel 1963.

Ci ha mostrato l'intero stabilimento, pensato da lui in ogni dettaglio, dalla particolare copertura con una forma tale da illuminare gli spazi con luce riflessa quindi senza abbagliare i lavoratori, fino ai sotterranei dove vi erano ancora tutte le attrezzature di smistamento dei prodotti.

Ci ha raccontato con passione il valore che ha la qualità dell'ambiente di lavoro nei rapporti aziendali, e ci ha spiegato l'importanza del lavoro nella vita di un individuo, secondo una sua personale ideologia maturata in più di novant'anni di vita, la maggior parte dedicata a quest'azienda.

Dopodiché ci ha lasciato uno spazio dello stabilimento per tre giorni per poter svolgere il workshop.



stabilimento Mivar, Abbiategrasso



team SEED Italy sulla terrazza dello stabilimento Mivar

Dato che uno dei dieci contest del Solar Decathlon valuterà la capacità comunicativa dei team di trovare dei modi creativi ed efficaci di trasmettere al pubblico i temi inerenti la sostenibilità, l'innovazione e l'efficienza energetica, durante il pomeriggio del primo giorno di workshop, ci è stato richiesto di progettare e realizzare dei forni solari, uno piano, un altro parabolico, uno pieghevole, ed un altro ancora pieghevole e portatile, oltre ad un frigo evaporativo.

Anche in questo caso ci siamo divisi in cinque gruppi, ma questa volta in base a cosa ci interessava maggiormente. Il gruppo del quale facevo parte ha realizzato il forno solare pieghevole e portatile, che sarà poi approfondito e dettagliato, dato che è oggetto del contest Communication & Social Awareness, per poi essere utilizzato da dare come gadget a chi visiterà il nostro prototipo a Szentendre, quindi nascerà come un depliant illustrativo dell'edificio, ma una volta aperto avrà tagli, velcro ed istruzioni per trasformarlo in un forno solare e scaldare all'istante il cibo.

I materiali che avevamo a disposizione per i forni solari erano basici, quali il cartone ondulato, la carta stagnola, il vinavil ed il taglierino.

Mentre il frigo evaporativo era costituito da vasi in terracotta, sabbia bagnata ed un asciugamano umido.

Infine, si doveva redigere una scheda tecnica dove erano elencati tutti i passaggi da eseguire per realizzare l'oggetto, in modo che altre persone potessero cimentarsi.



forni solari



forno solare pieghevole e portatile

Il giorno successivo, abbiamo testato tutti i forni solari ed il frigo evaporativo ponendoli all'esterno dello stabilimento, al sole i forni e sotto gli alberi il frigo.

Si è notato che il cibo messo all'interno dei forni, come pane, plumcake, pollo e patate, fosse già caldo dopo una decina di minuti.

Invece, per ciò che concerne il frigo, è stato testato con all'interno delle albicocche, e si è osservato che riusciva a mantenere una temperatura di dieci gradi inferiore rispetto all'ambiente esterno.

Dato che a Szentendre saranno poi gli studenti, aiutati da pochi addetti ai lavori, a dover costruire il prototipo, la seconda parte del workshop ha previsto la costruzione di un solaio con travi reticolari, uno con travi a T con il passaggio per i tubi degli impianti, una parete con pilastri cavi, ed una con pilastri a T, utilizzando dei listelli di legno e dei pannelli in OSB. Inoltre, si doveva anche costruire una trave reticolare usando, invece, l'acciaio ed un telaio in acciaio rivestito con pannelli in OSB.

In questo modo abbiamo iniziato ad esercitarci con vari attrezzi adatti soprattutto alla lavorazione del legno dato che uno dei principali sponsor di SEED Italy sarà la Marlegno.



utilizzo di diversi attrezzi quali la livellatrice, la sega circolare, la rivettatrice, la piallatrice, il trapano, l'avvitatore elettrico ed altri più comuni



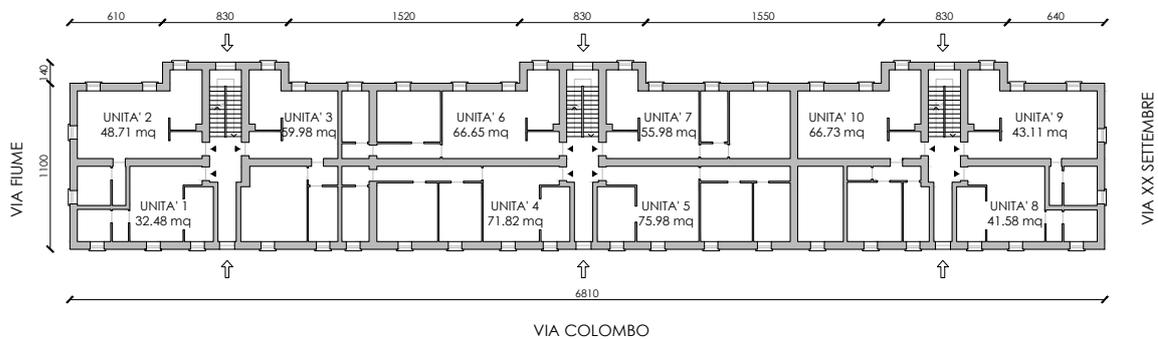
solaio in legno con travi reticolari, parete in legno con pilastri cavi, parete in legno con pilastri a T, solaio in legno con travi a T, trave reticolare in acciaio, telaio in acciaio rivestito in OSB

IL PROGETTO DI PARTENZA

In risposta al primo topic *"roof-top apartment to increase urban density"* che richiede la costruzione di nuovi volumi sulla copertura piana di edifici esistenti che necessitano di essere riqualificati, è stato preso in considerazione un edificio residenziale nel comune di Desio, a Nord di Milano.

È un edificio di dimensioni 68 x 11 m, avente tre piani fuori terra e quindi un'altezza di 11 m.

All'interno, i due corpi scala laterali portano ciascuno a tre appartamenti per piano, mentre quello centrale serve quattro unità immobiliari su ciascun piano. L'ingresso ai vani scala è sia lungo Via Colombo, la strada principale su cui affaccia l'intero edificio, sia verso il cortile interno.



pianta piano terra dell'edificio in Via Colombo, comune di Desio (MI), scala 1:500



prospetto Sud dell'edificio in Via Colombo, scala 1:500

Questo edificio era già stato studiato da alcuni ragazzi del team SEED Italy all'interno di un laboratorio del professore Alessandro Rogora.

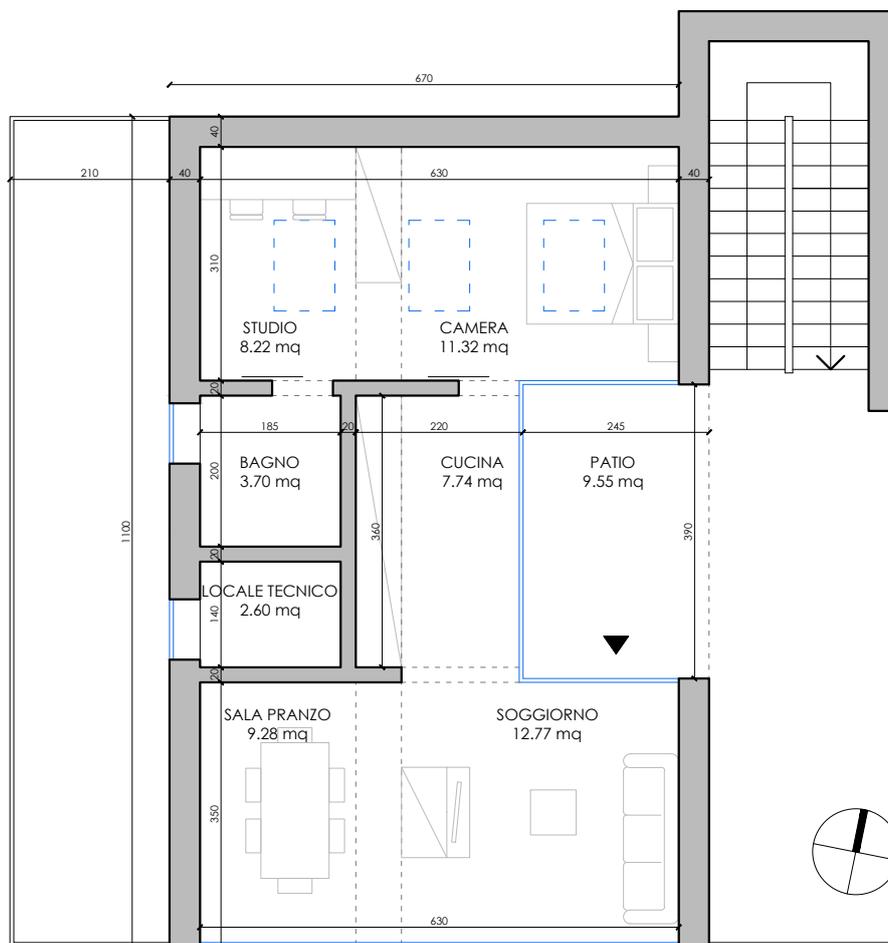
Ci hanno infatti spiegato che le scale non sono a norma in quanto non vi è la presenza di un ascensore per abbattere le barriere architettoniche. Avevano pensato di scorporarle dall'edificio, quindi ponendole all'interno del cortile privato, e tramite una passerella coperta far raggiungere i vari piani, compresa la copertura dove saranno poi collocati i prototipi.

La prima opzione di progetto, soggetta poi al **primo briefing** della giornata, era di 68 m², ed aveva come parte caratterizzante un patio, sotto indicazione del tutor assegnatoci. Avevamo ipotizzato la costruzione di questo prototipo ad Ovest, all'angolo tra Via Colombo e Via Fiume, anche se poi sarebbe stato copiato, a volte in modo speculare, per ogni corpo scala.

Il patio era stato ipotizzato con tre lati vetrati, scoperto d'estate e coperto da una vetrata d'inverno così da trattenere il calore all'interno. La zona giorno, composta da sala da pranzo e soggiorno, era posta a Sud avente grandi vetrate sia verso l'esterno che verso il patio, mentre la zona notte e le work stations erano a Nord con dei velux sulla copertura. Al centro vi era il core, che comprendeva il locale tecnico con accesso dall'esterno, i servizi igienici con accesso dalla camera e gli attacchi impiantistici per la cucina, che quindi poteva essere trasportato già assemblato in un'ottica esecutiva.

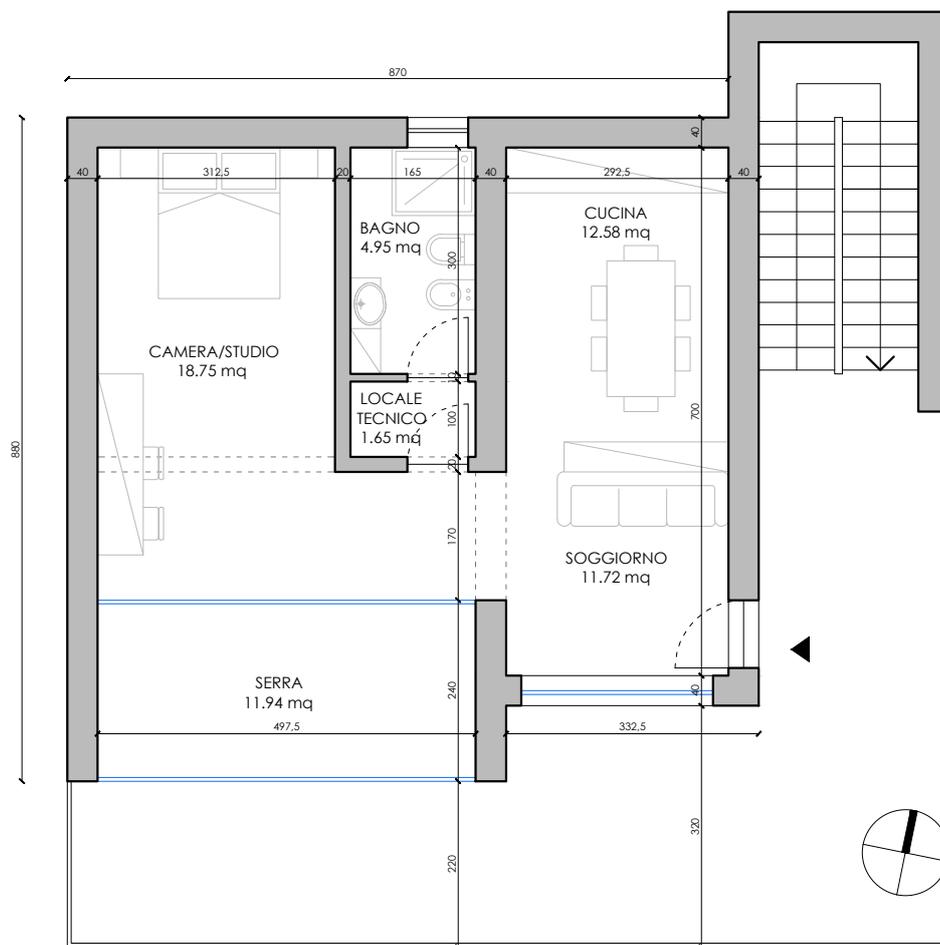
Sulla copertura, a Sud, erano anche stati pensati dei pannelli fotovoltaici dato che il prototipo dovrà essere energeticamente autosufficiente.

I visitatori potevano attendere di entrare nel patio, ed una volta all'interno seguire un percorso circolare che prevedeva l'ingresso dal soggiorno, il passaggio dalla sala da pranzo, dalla cucina, dallo studio, e l'uscita dalla camera.



pianta prodotta per il primo briefing di progetto, scala 1:100

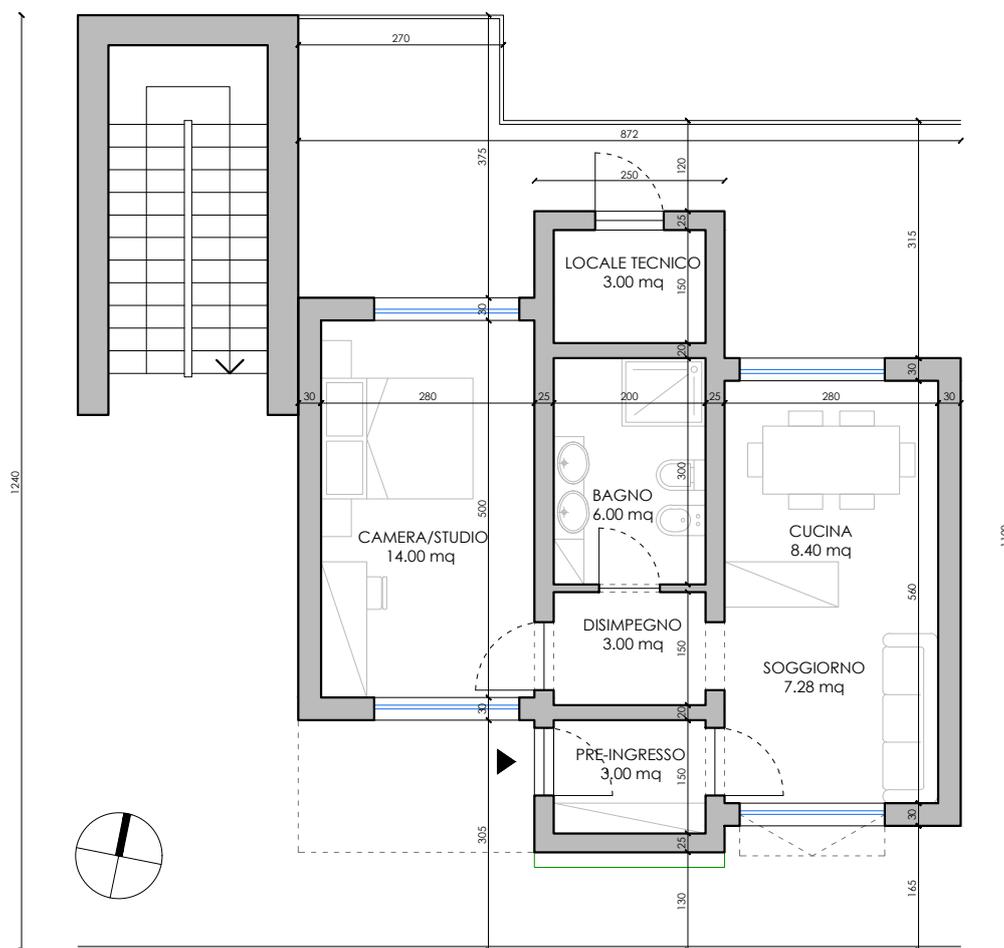
Per il **secondo briefing**, i gruppi sono stati uniti a due a due in base a come avevano orientato il core nel loro primo progetto. Abbiamo, però, dovuto lavorare su due progetti di altri due gruppi simili tra loro per quanto riguardava la posizione del core, tenendo i punti di forza e modificando quelli di debolezza. Questa fase è stata quella più critica sia perchè era quella in cui avevamo meno tempo a disposizione, e sia perchè si doveva partire da due progetti con un'impronta completamente diversa dai nostri precedenti, cercando di trovare il meglio in ognuno anche se a primo impatto si vedevano solo aspetti negativi. I progetti dai quali partivamo avevano entrambi il core posto in modo verticale che la serra a Sud, quindi questi sono i due aspetti che abbiamo voluto mantenere. Il prototipo, infine, progettato aveva una superficie di 75 m², quindi al limite delle regole. Inoltre, eravamo consapevoli che una criticità sarebbe stata quella di non avere una circolarità del percorso interno, che invece è molto importante per visitare il prototipo a Szentendre senza creare intralci tra i visitatori. Uno dei due gruppi precedenti aveva utilizzato degli arredi scorrevoli su binari, in modo da creare ambienti diversi in base alle esigenze del momento. Abbiamo, quindi, ripreso questo aspetto ma nell'ottica di pareti mobili, in modo da avere la camera ed il soggiorno modificabili quando necessario.



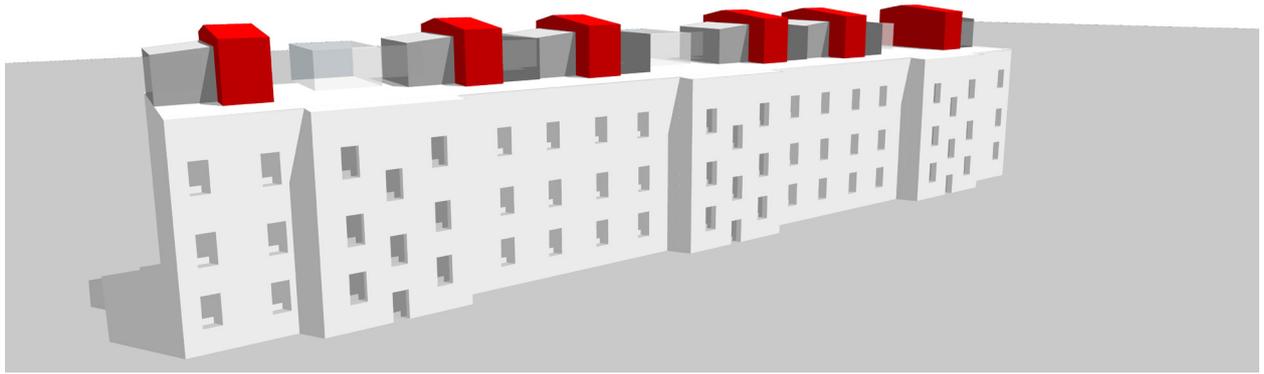
pianta prodotta per il secondo briefing di progetto, scala 1:100

In preparazione al **terzo briefing** di progetto, ci siamo divisi in base a come preferivamo l'orientamento del core, se orizzontale o verticale. Questa fase è stata quella più semplice perchè partivamo tutti con la stessa idea iniziale, nel caso del mio gruppo quella del core verticale, quella più produttiva anche se abbiamo lavorato di notte, ma anche quella più complicata per il fatto che eravamo sempre più studenti aventi alcune idee contrastanti ma per le quali si doveva trovare una soluzione comune. Alla fine, quest'ultimo aspetto si è rivelato, però, positivo perchè grazie alla moltitudine di persone siamo riusciti a suddividerci le cose da produrre per il terzo briefing.

Il progetto, di 58 m², prevedeva un pre-ingresso con facciata verde verso l'esterno, dopodichè si entrava nel soggiorno, si visitava la cucina avente attacchi impiantistici al core solo nel lato corto di 60 cm, così da rendere più efficienti le pareti radianti intorno al core stesso, ma al contempo si avevano tutti gli impianti all'interno per poterlo trasportare già assemblato. Poi, passando nel disimpegno, antistante i servizi igienici, si arrivava in camera, dove vi era la postazione da lavoro e non vi era la presenza di arredi contro la parete radiante del core. Successivamente si poteva uscire dalla portafinestra posta a Sud della camera, così da avere il percorso circolare per i visitatori.

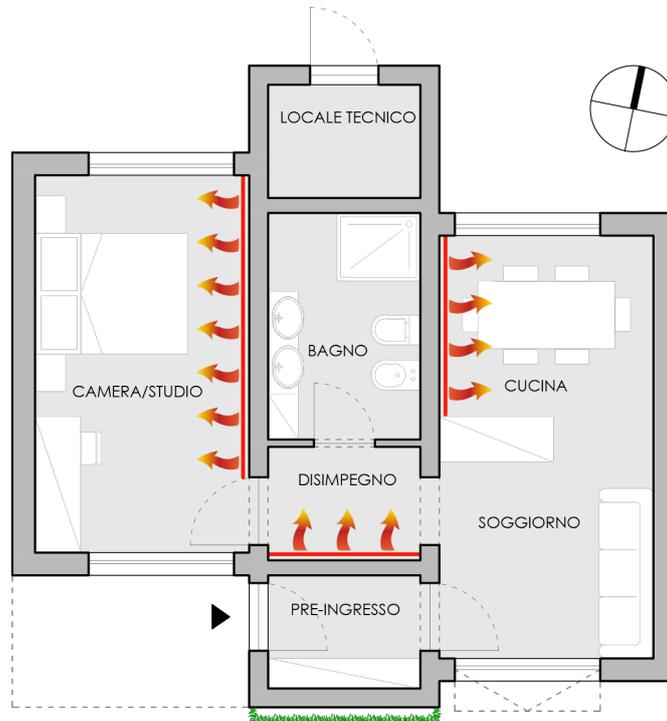


pianta prodotta alla fine dell'hackathon, scala 1:100

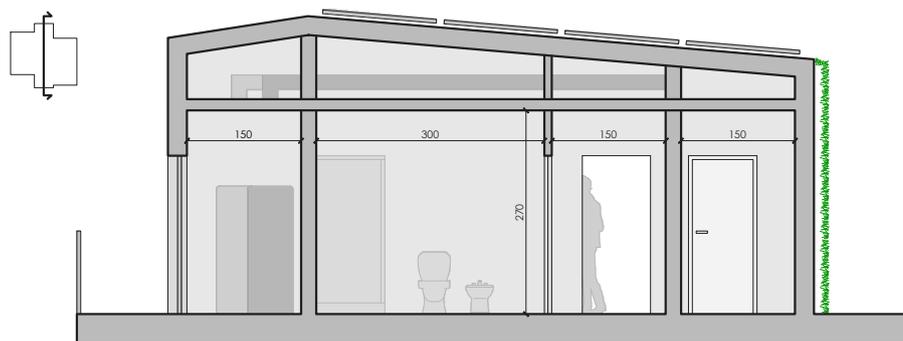


concept dell'assemblaggio dei vari moduli sopra la copertura dell'edificio di Desio, evidenziando in rosso i core

All'interno del core dovranno essere collocati tutti gli impianti per riuscire a trasportarlo già assemblato, quindi sarà presente anche quello di riscaldamento con pareti radianti. Per questo motivo, gli arredi erano stati sistemati in modo da non ostruire il calore emanato dalle pareti.



controllo termico evidenziando le pareti radianti del core, scala 1:100



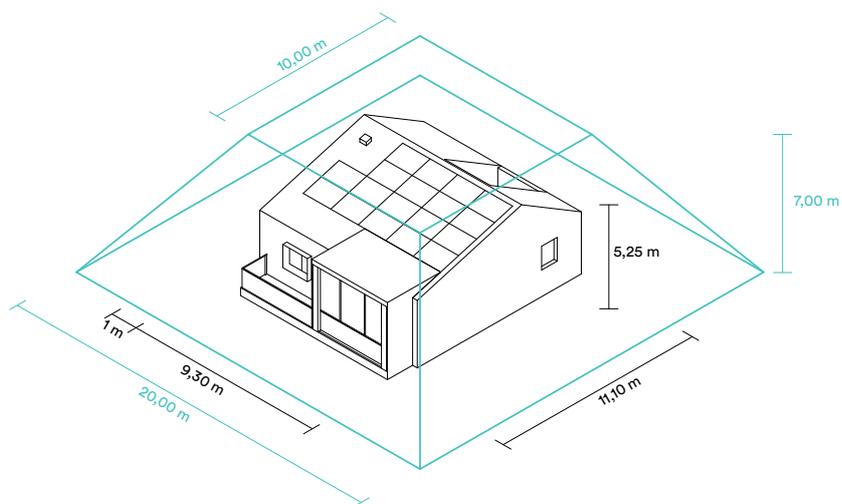
sezione longitudinale del core, scala 1:100

Durante la fase di progettazione, quindi da quando il team SEED Italy è stato selezionato per la partecipazione al Solar Decathlon Europe 2019 all'effettiva realizzazione del prototipo, si dovranno consegnare vari Deliverable, ossia avanzamenti del progetto. Ognuno di questi avrà una scadenza che ogni team dovrà rispettare.

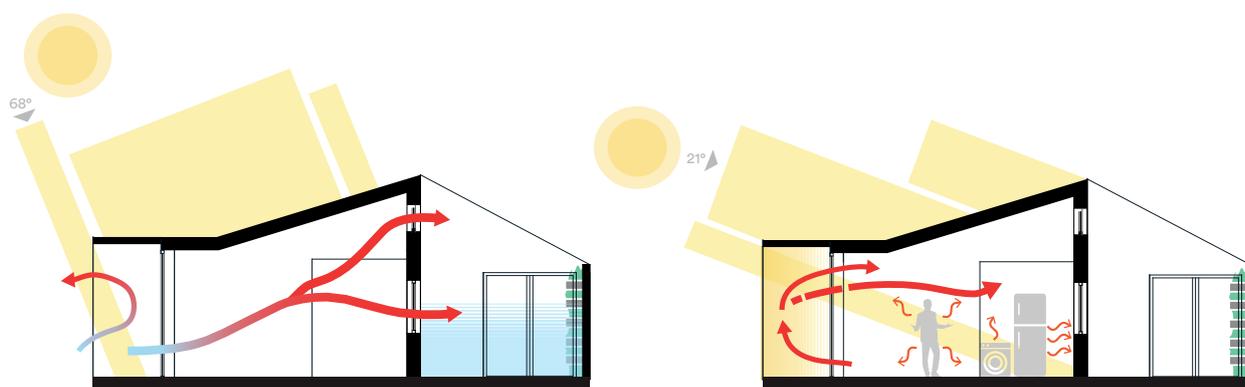
Infatti, una volta terminata la Summer School, si ha lavorato per produrre il **Deliverable 2**, consegnato il 30 Luglio 2018 e visibile a tutti i team partecipanti al Solar Decathlon Europe 2019.

Dovendo far luce sull'avanzamento del progetto, si sono rese note varie informazioni, come l'edificio sul quale si pensa di innestare questo prototipo, i membri delle diverse università italiane che partecipano all'interno di SEED Italy, ed i vari sponsor che fino ad adesso hanno accettato di collaborare a quest'iniziativa.

Il progetto, nel mese che è trascorso dalla Summer School al Deliverable 2, ha avuto delle trasformazioni per riuscire a migliorarlo il più possibile sotto tutti gli aspetti che saranno poi oggetto dei contest a Szentendre.



assonometria del progetto inserita nella sagoma da rispettare



controllo termico in estate ed in inverno

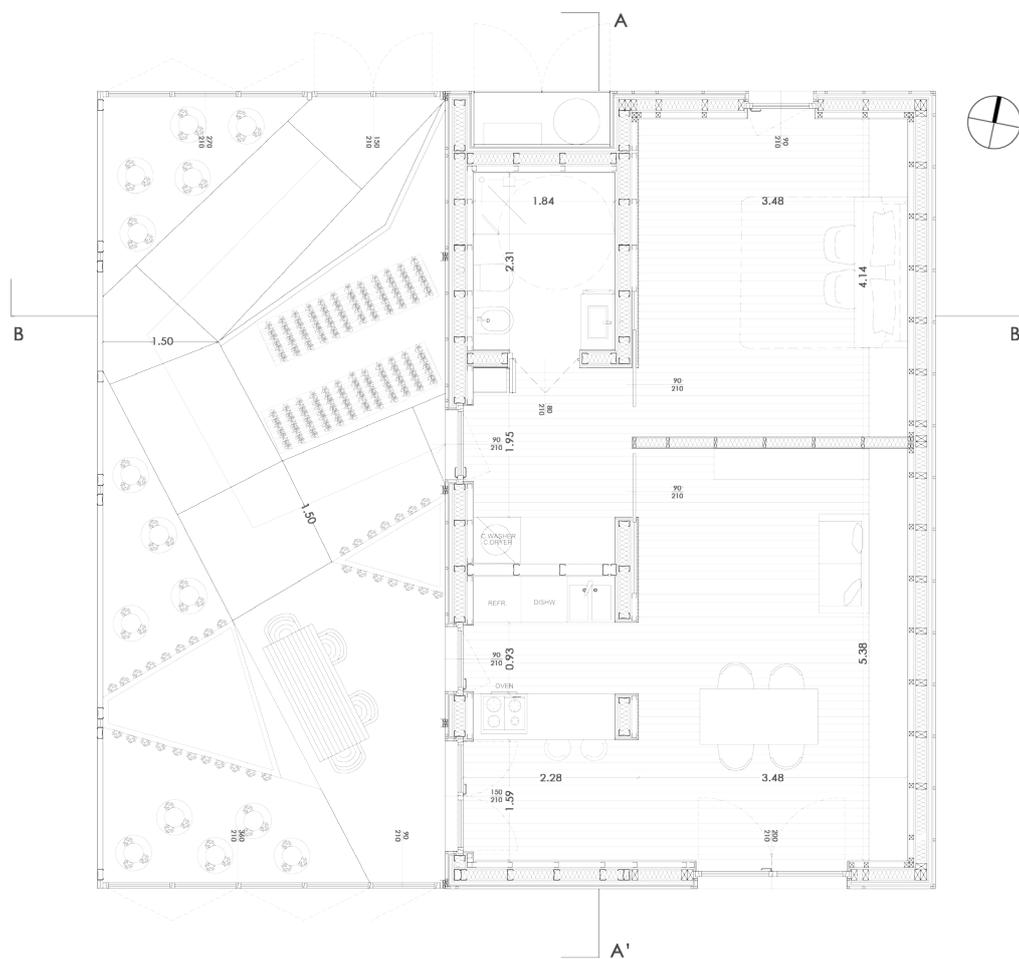
Da fine Luglio, ossia da quando è stato consegnato il Deliverable 2, si è iniziato a lavorare per il **Deliverable 3**, consegnato il 3 Dicembre 2018, e che doveva scendere sempre più nel dettaglio del progetto.

Infatti, sono stati consegnati degli elaborati con piante, prospetti e sezioni aventi già le stratigrafie delle pareti, con il posizionamento degli impianti idraulici e di ventilazione, e con arredi mobili grazie ai quali gli spazi interni possono variare. Si è posta anche l'attenzione sulle tecniche energetiche che si vorranno utilizzare a Szentendre, come i pannelli fotovoltaici in copertura che continuano in facciata, e su quelle di riciclo dell'acqua.

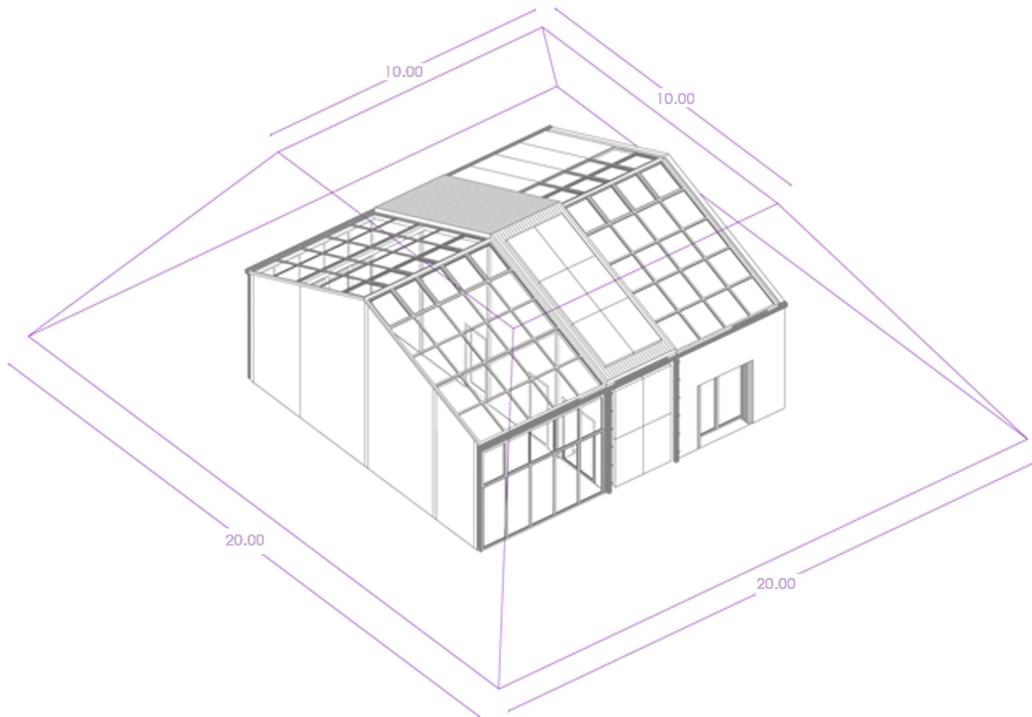
Infine, si è anche stimato il costo di costruzione intorno ai 450.000 €.

Nella visione del team SEED Italy, la strategia principale della densificazione urbana deve essere focalizzata sulla produzione alimentare utilizzando soluzioni intensive di agricoltura urbana, e non sull'aggiunta di nuovi volumi residenziali. Infatti, il progetto non può limitarsi alla trasformazione fisica dell'ambiente costruito aggiungendo nuovi elementi, ma deve considerare in profondità il sociale e le conseguenze ambientali delle scelte progettuali.

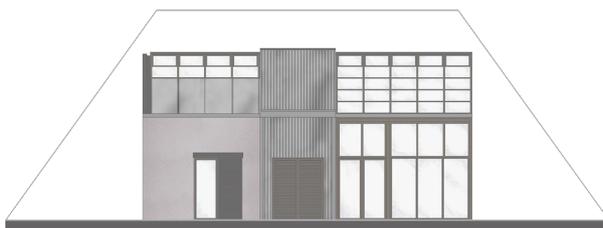
La nostra proposta vuole rendere reale la frase *“pensare globalmente, agire localmente”*, con una profonda trasformazione del modo di vivere degli utenti.



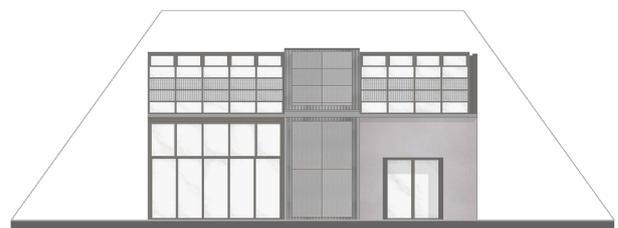
pianta sulla quale si baseranno i successivi approfondimenti



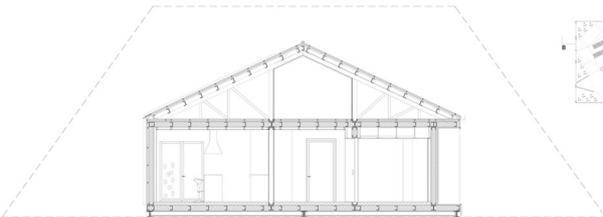
assonometria del progetto inserita nella sagoma da rispettare



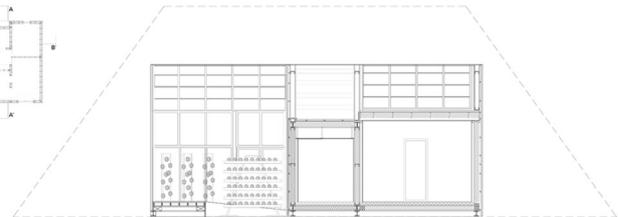
prospetto Nord



prospetto Sud



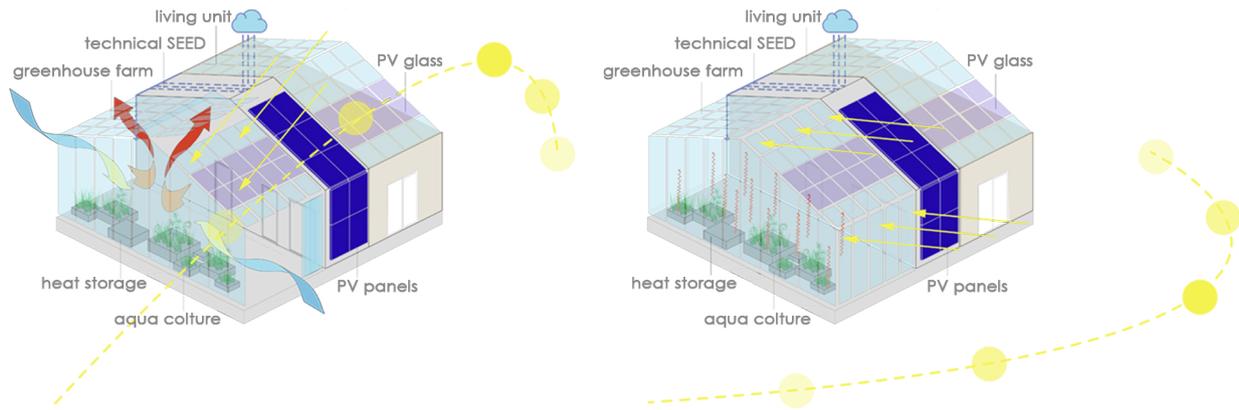
sezione AA'



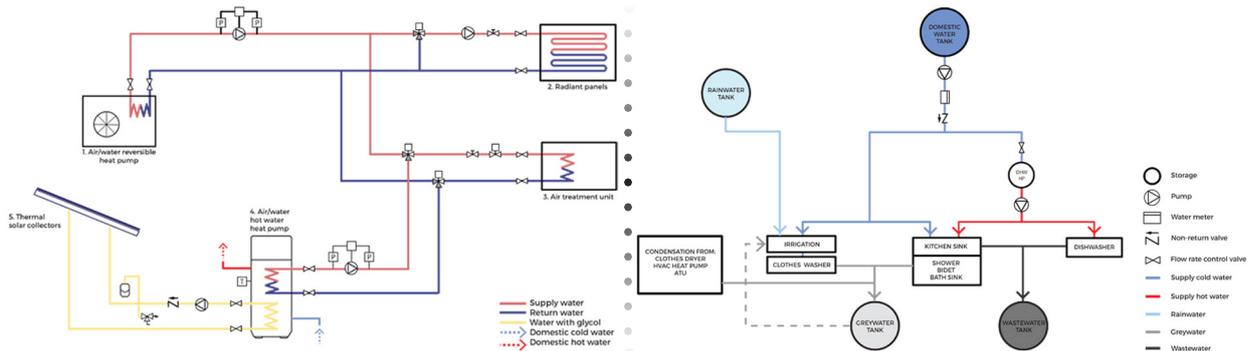
sezione BB'



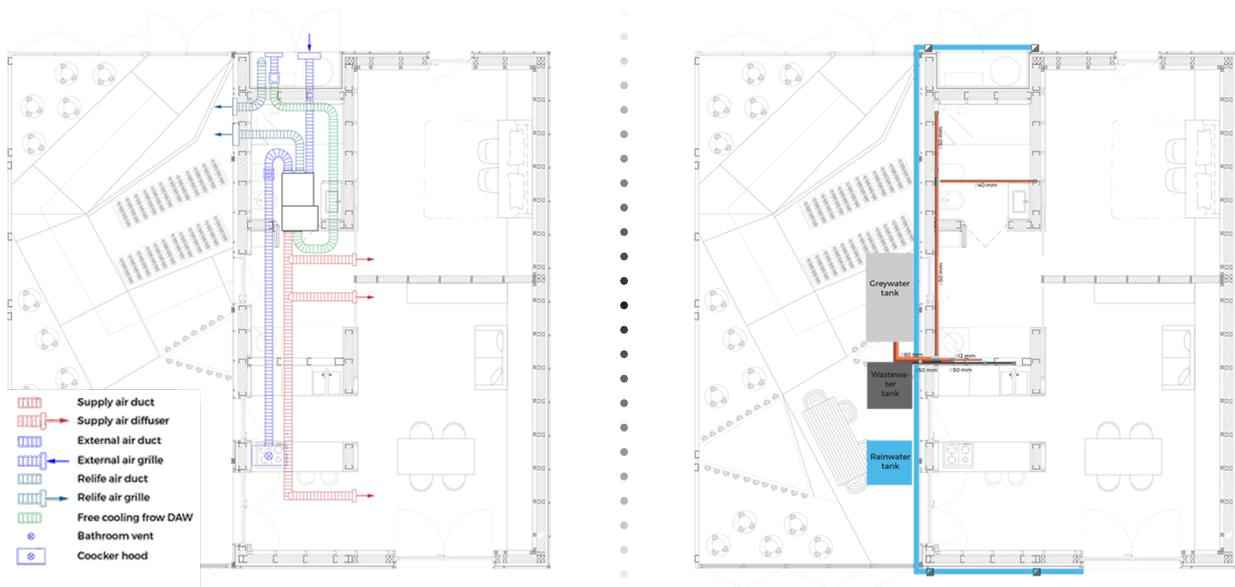
sezione assonometrica



controllo termico in estate ed in inverno



schema dell'impianto energetico ed idraulico



pianta dell'impianto di ventilazione e di quello idraulico

FONTI CAPITOLO 1

[img. 1-2]: foto di Lorenzo Procaccini,

[1]: www.velcro.it

www.abitare.it

[img. 3-4]: pianta e sezione, www.abitare.it

[img. 5]: www.seeditaly.polimi.it

CAPITOLO 2

IL CONTESTO CULTURALE



L'approccio alla circular economy

I cambiamenti climatici

Il concetto di casa passiva

IL CONTESTO CULTURALE

Nel capitolo seguente si affronteranno i macrotemi di economia circolare, cambiamenti climatici e casa passiva, tra loro interconnessi ed accomunati dagli obiettivi di raggiungimento del benessere dell'uomo e di salvaguardia dell'ambiente.

Le catastrofi ambientali sono generalmente provocate dal surriscaldamento globale che, a sua volta, è causato soprattutto dalle emissioni di CO₂ nell'atmosfera derivanti dall'utilizzo di fonti di energia non rinnovabile.

Il settore energetico è, però, quello con il più alto potenziale di riduzione delle emissioni, dato che si prevede un'eliminazione quasi totale entro il 2050. L'efficienza energetica è, infatti, in costante miglioramento grazie alla diffusione delle migliori soluzioni tecnologiche passive per la riduzione dei fabbisogni energetici, ed al passaggio dalle fonti fossili a quelle rinnovabili.

Tali strategie vengono applicate all'interno delle case passive, che necessitano di un basso fabbisogno energetico per il riscaldamento grazie ad una buona progettazione dell'involucro edilizio, riescono a limitare i consumi grazie agli impianti ad altissima prestazione energetica, ed a ridurre le emissioni tramite le fonti rinnovabili.

Inoltre, dato che la produzione di alcuni materiali da costruzione causa ingenti quantità di CO₂ emesse, per mitigare gli impatti ambientali occorre passare da un'economia lineare ad una circolare, che riduca il prelievo di risorse naturali e gli sprechi, che promuova la durata, l'uso condiviso, il riutilizzo dei prodotti, ed il riciclo dei rifiuti evitando così gli smaltimenti in discarica.

L'APPROCCIO ALLA CIRCULAR ECONOMY

La circular economy, secondo la Ellen Macarthur Foundation è “un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera. L'economia circolare è dunque un sistema in cui tutte le attività, a partire dall'estrazione e dalla produzione, sono organizzate in modo che i rifiuti di qualcuno diventino risorse per qualcun altro. Nell'economia lineare, invece, terminato il consumo termina anche il ciclo del prodotto che diventa rifiuto, costringendo la catena economica a riprendere continuamente lo stesso schema: estrazione, produzione, consumo e smaltimento”.^[1]

La competizione del Solar Decathlon è nata, nel 2002, per sensibilizzare ed aumentare la consapevolezza dei visitatori verso i concetti di efficienza energetica ed idrica, di energia rinnovabile e di economia circolare.

Uno dei dieci contest del Solar Decathlon Europe 2019 è interamente basato sull'economia circolare e sulla sostenibilità. Valuterà, infatti, la sensibilità ambientale di ciascun team nel progettare gli sprechi, per riuscire a ridurre il più possibile l'impatto ambientale negativo.

In questo contest verrà, infatti, analizzato l'intero ciclo di vita del prototipo, quindi si valuterà il consumo di acqua e la produzione di rifiuti nel processo di costruzione, dalla produzione dei materiali fino alla demolizione o riuso. Per la selezione dei materiali si terrà conto della loro LCA (Life Cycle Analysis), quindi se potranno essere riutilizzati o riciclabili, dell'energia e della CO₂ incorporata, della durata e della necessità di manutenzione.

Per quel che concerne l'acqua, la valutazione si baserà sul suo ciclo di gestione, sul risparmio idrico, sulla conservazione, sui trattamenti e sul riutilizzo.

Per quanto riguarda i rifiuti, invece, verranno analizzati in tre momenti: costruzione, fase operativa, e smaltimento/riciclaggio/possibilità di riutilizzo a fine vita.

Nel 2017, uno studio dell'Agencia europea per l'ambiente, denominato "Circular by design, products in the circular economy" analizza le differenze tra economia lineare e quella circolare.



economia lineare [img. 1]



economia circolare [img. 2]

Nell'**economia lineare** il prodotto stesso è ciò che crea il valore, infatti il profitto è basato sulla differenza tra il prezzo di mercato ed il costo di produzione. Per massimizzare il guadagno si cerca di vendere più prodotti e di diminuire i costi di produzione.

L'innovazione tecnologica rende i prodotti velocemente obsoleti e ciò stimola i consumatori a comprarne di nuovi. I prodotti di breve durata costano meno e quindi sono preferiti, sia a quelli di lunga durata che alla loro riparazione dato che conviene ricomprarne di nuovi.

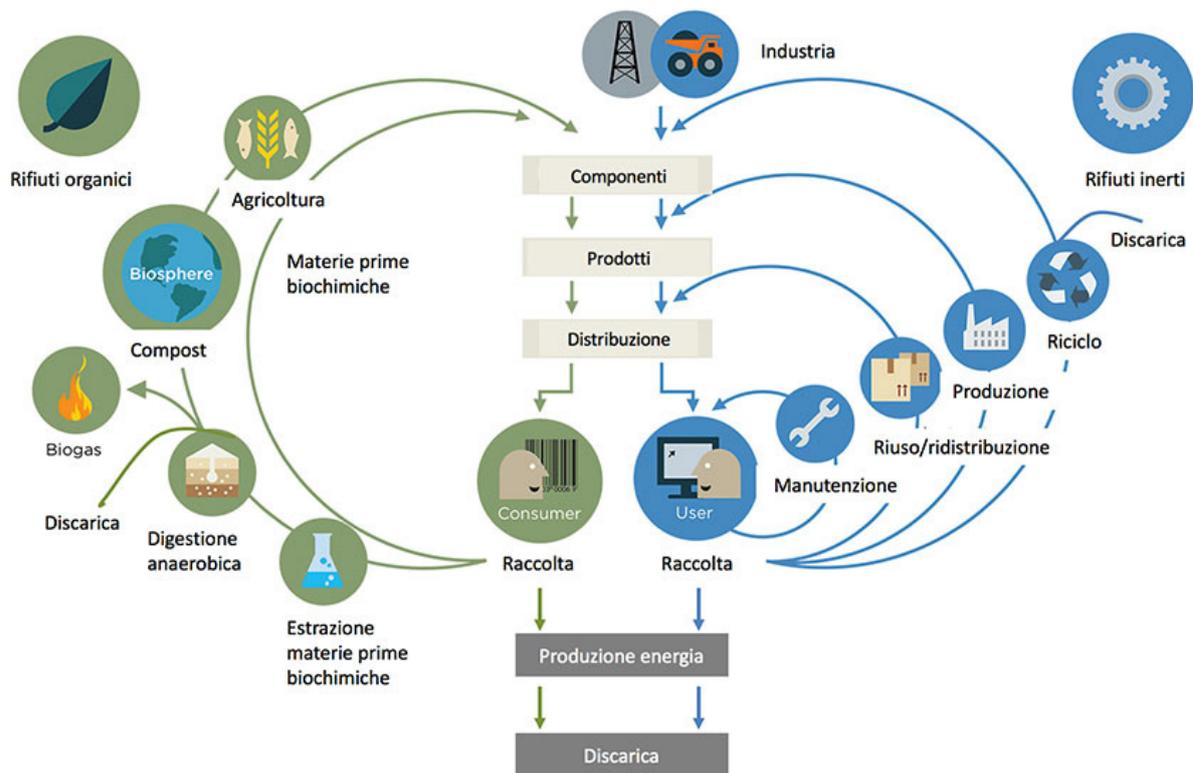
I consumatori di prodotti lineari necessitano che questi siano tecnologicamente avanzati, e per trovare quello che cercano comprano anche online la versione più economica sui mercati internazionali. Tale competizione a scala globale porta alla produzione di massa dei beni e ad un taglio dei costi, avendo come risultato quello di abbassare le retribuzioni e generare meno occupazione. Riparare un prodotto è considerato difficile e oneroso, quindi a fine vita si opta per smaltirlo spendendo il meno possibile.

Nell'**economia circolare** il prodotto ha un valore aggiunto dato dal servizio che fornisce. I prodotti sono di lunga durata, grazie al fatto che si possono riusare, riparare e riciclare.^[2]

In questo tipo di economia sono fondamentali le energie rinnovabili, la modularità e la versatilità dei prodotti, che dovrebbero poter essere utilizzati in più contesti per riuscire a durare maggior tempo possibile.

È un'economia che protegge l'ambiente e permette di risparmiare, sia sui costi di produzione che su quelli di gestione.

Si basa, infatti, su temi come la riduzione dei rifiuti, il riciclaggio, il riutilizzo, l'efficienza dei materiali, la sicurezza degli approvvigionamenti, il consumo e la produzione sostenibili, la migliore progettazione e la condivisione delle risorse.



schema di economia circolare con suddivisione dei prodotti biologici da quelli tecnici [img. 3]

Il principio alla base dell'economia circolare è quello che i rifiuti non esistono, anzi, diventano una risorsa.

I componenti di un prodotto, che sia biologico o tecnico, devono essere progettati per lo smontaggio e la riproposizione.

I prodotti biologici sono atossici, quindi possono essere compostati. Invece, quelli tecnici come i polimeri, le leghe ed altri materiali artificiali, devono essere progettati per essere utilizzati nuovamente con un dispendio di energia minimo. La modularità, la versatilità e l'adattabilità sono da apprezzare in un mondo in rapida evoluzione.

Procedendo verso un'economia circolare, ci si dovrebbe concentrare su prodotti di maggior durata, concepiti per l'aggiornamento, l'invecchiamento e la riparazione, prendendo in considerazione strategie come il design sostenibile.

L'economia circolare **all'interno di un edificio** si può applicare tramite il riciclo dell'acqua meteorica e con la trasformazione dei rifiuti in risorse.

Riciclare l'acqua piovana è un dovere verso l'ambiente, e di conseguenza anche verso noi stessi. Infatti, recuperandola, si evita di utilizzare l'acqua potabile e quindi si evitano sprechi idrici consistenti, dato che si impiega sia nel settore domestico che in quello industriale in ingenti quantità.

I modi in cui si può riutilizzare l'acqua piovana sono svariati, come per la pulizia della casa, per fare il bucato, per lo sciacquone del wc, per annaffiare l'orto ed il giardino, per lavare l'auto, e per l'igiene personale.

Se si implementasse l'impianto di stoccaggio e filtrazione con uno per la depurazione, l'acqua piovana raccolta potrebbe anche essere potabile.

I vantaggi del riciclo dell'acqua sono molteplici e connessi tra loro. Ad esempio, se si utilizzasse l'acqua piovana per usi domestici si eviterebbe di usare l'acqua potabile del rubinetto, che è anche più calcarea, di conseguenza si prolungherebbe la vita agli elettrodomestici ed ai sanitari. Inoltre, non dovendo utilizzare prodotti anticalcare, si inquinerebbe meno l'ambiente.

Se si sfruttasse l'acqua piovana, si coprirebbe quasi la metà del fabbisogno idrico domestico. Ci sarebbero, inoltre, anche vantaggi economici notevoli, con una riduzione dei costi di smaltimento e di depurazione delle acque.

Per **trasformazione dei rifiuti in risorse** si intende riciclare i rifiuti domestici.

Infatti, i rifiuti organici, una volta inseriti insieme all'acqua in un biodigestore, verrà prodotto, oltre al biogas, anche del compost che può essere utilizzato come fertilizzante per le piante o per l'orto, che quindi produrrà a sua volta ortaggi che genereranno poi altri scarti, e da lì inizierebbe il processo circolare.

I rifiuti organici non trattati liberano metano in atmosfera e questo gas contribuisce al surriscaldamento del pianeta. Invece, smaltendoli autonomamente e sfruttando il gas che viene prodotto dal biodigestore si contribuisce a limitare il cambiamento climatico ed a diminuire la materia organica che si dovrebbe smaltire in discarica.

Per quanto riguarda l'applicazione dei principi dell'economia circolare all'interno dell'**Unione Europea**, e di conseguenza anche in Italia, a Luglio del 2014 la Commissione Europea pubblicò una comunicazione dal titolo "Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti" in cui evidenzia che con un sistema ad economia circolare il valore dei prodotti viene preservato evitando o posticipando lo smaltimento e quindi la creazione di rifiuti.

L'utilità viene massimizzata attraverso la condivisione e l'ottimizzazione dell'uso delle risorse, infatti, quando un prodotto arriva alla fine del ciclo di vita, le risorse restano all'interno del sistema economico in modo da poter essere riutilizzate il maggior numero di volte a fini produttivi e creare, così, nuovo valore.

Per passare ad un'economia il più possibile circolare occorre modificare la progettazione dei prodotti, i metodi di trasformazione dei rifiuti in risorse, e le modalità di consumo. Ciò implica un vero e proprio cambiamento sistemico ed un forte impulso innovativo in tutti i campi.

Però, anche in un'economia circolare rimane qualche elemento di linearità, dato che si producono dei rifiuti residui che devono comunque essere smaltiti.^[3] Secondo la Commissione Europea, se si migliorasse la progettazione dei materiali, dei prodotti e dei processi industriali unitamente, e se si riutilzassero i rifiuti, entro il 2030 si potrebbe avere una riduzione del 30% del consumo di materie prime, e del 50% delle emissioni totali di gas a effetto serra, inoltre si avrebbe una crescita del 5% del PIL e la generazione di più di 1 milione di posti di lavoro.

L'**Italia**, nonostante non abbia una legge precisa che la regoli, è in un'ottima collocazione a livello europeo per quanto riguarda il riciclo dei rifiuti e la produttività delle risorse. Riesce, infatti, ad ottenere 3,40 € ogni kg di rifiuto smaltito. Nel 2017 sono stati prodotti 489,20 kg di rifiuti urbani (RU) pro capite, quasi 10 kg in meno rispetto all'anno precedente. Nonostante 217 kg, ossia il 45,5%, vengano ancora smaltiti in discarica, l'Italia si posiziona molto al di sopra della media europea.^[4]



Anno	Quantitativo raccolto (RD) (1.000*t)			Percentuale RD (RD/RU) (%)			Pro capite RD (kg/ab.*anno)					
	Nord	Centro	Sud	Nord	Centro	Sud	Nord	Centro	Sud			
2013	7.394,09	2.414,84	2.690,03	12,498,97	54,4	36,4	28,8	42,3	266	200	129	206
2014	7.803,10	2.700,20	2.898,10	13,401,40	56,7	40,8	31,3	45,2	281	223	139	220
2015	8.043,37	2.868,23	3.109,27	14,020,86	58,6	43,8	33,6	47,5	290	238	149	231
2016	9.091,29	3.214,27	3.517,17	15,822,73	64,2	48,6	37,6	52,6	328	266	169	261
2017	9.242,69	3.356,70	3.830,59	16,429,97	66,2	51,8	41,9	55,5	333	279	185	272

Frazione merceologica	Quantitativo pro capite raccolto (kg/abitante*anno)							
	2016				2017			
	Nord	Centro	Sud	Italia	Nord	Centro	Sud	Italia
Frazione organica	128,6	111,2	77,3	107,6	127,3	114,2	82,8	109,5
Carta e cartone	62,6	65,8	33,1	53,1	62,4	66,3	36,1	54,2
Vetro	39,3	30,6	18,9	30,6	40,7	34,6	22,2	33,2
Plastica	26,3	16,4	14,8	20,4	26,2	17,2	16,4	21,1
Metallo	6,7	4,5	2,5	4,8	7,4	4,7	2,6	5,2
Legno	19,9	9,7	3,4	12,2	21,4	10,7	3,8	13,2
RAEE	4,9	4,0	2,4	3,9	5,0	4,2	2,5	4,0
Ingombranti misti	16,6	9,7	8,4	12,4	16,8	10,3	8,9	12,8
Rifiuti da C&D	8,6	5,1	2,3	5,8	9,7	5,4	2,5	6,4
Spazzamento stradale a recupero	6,7	1,9	0,4	3,6	8,6	2,8	1,9	5,1
Tessili	2,7	2,0	1,7	2,2	2,7	1,9	1,8	2,2
Selettiva	1,1	0,6	0,3	0,7	1,2	0,7	0,3	0,8
Altro ⁽¹⁾	3,6	5,0	3,6	3,9	3,9	5,8	3,2	4,1
Totale RD	327,7	266,4	169,2	261,1	333,2	278,6	185,1	271,6

raccolta differenziata dei RU e ripartizione della stessa in frazioni merceologiche [img. 5-6]

Ogni anno, in Italia, si svolge Ecomondo, che è la fiera internazionale sulla green e circular economy, infatti vi sono espositori che toccano vari settori come l'energia circolare, il recupero dell'energia e della materia, fino allo sviluppo sostenibile. A Novembre 2018 vi è stata la 22° edizione che ha permesso di scoprire le innovazioni e le nuove tecnologie che stanno entrando nel mercato. I macrosettori all'interno della fiera riguardano l'acqua e la sua gestione, i rifiuti e le risorse, il riuso e la valorizzazione dei principali rifiuti tecnici e biologici, l'energia, le materie prime alternative, il monitoraggio ed il controllo, il trattamento e la purificazione dell'aria, che sono tutte tecnologie applicabili all'interno di un edificio.

La costruzione sostenibile avrà sicuramente un ruolo fondamentale da svolgere nella nascente economia circolare, creando strutture che siano ecologicamente responsabili ed efficienti sotto il profilo delle risorse, durante l'intero ciclo di vita. Si deve, infatti, pensare alla reversibilità dell'edificio, quindi alla concreta possibilità di avviare un processo inverso di decostruzione, dal momento che termina la funzione del manufatto, attraverso il quale si liberano le risorse materiali per consentirne la reintegrazione nell'ambiente da cui sono state prelevate o la reintroduzione in un nuovo ciclo produttivo.

Ciò significa che il suolo, i materiali e gli elementi tecnici devono essere considerati risorse con un proprio ciclo di vita utile che supera l'utilizzo temporaneo. Quindi vuol dire che si deve prevedere a monte, con una progettazione consapevole, la destinazione dei prodotti derivanti dal processo di decostruzione, che non è una demolizione, quindi non ne derivano scarti e residui, bensì beni che mantengono il più possibile intatte le potenzialità di utilizzo per una reimmissione in un ulteriore ciclo produttivo.

Il secolo scorso, invece, è stato caratterizzato dallo spreco, dall'usa e getta, e dall'utilizzo indiscriminato delle risorse, ma si sta spingendo la società verso un'economia più sostenibile.^[5]

I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Aumenta sempre di più l'influenza che l'uomo ha sul clima e sulla temperatura terrestre, attraverso attività che aggiungono importanti quantitativi di gas serra nell'atmosfera, a quelle già naturalmente presenti, incrementando di fatto l'effetto serra ed il riscaldamento globale.

Il settore dell'edilizia ha una forte incidenza sui cambiamenti climatici, dato che le emissioni di CO₂ derivanti dall'energia rappresentano la maggior parte delle emissioni globali di gas serra ma, agendo con miglioramenti sul settore energetico, gli effetti sull'ambiente si riescono a mitigare.

L'Unione Europea, e di conseguenza anche l'Italia, sta ponendo degli obiettivi e delle linee guida per rendere la società più rispettosa verso il clima e gli edifici più efficienti dal punto di vista del consumo energetico. Per attuare tali obiettivi, si stanno adottando una serie di strumenti amministrativi obbligatori e volontari riguardanti l'efficienza energetica ed, in generale, la sostenibilità nel campo dell'edilizia.

Il Solar Decathlon Europe 2019 ha diversi contest che mirano all'efficienza energetica e quindi alla riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera, anche tramite l'innovazione in vari campi, come in quello delle fonti rinnovabili. Inoltre, si punterà molto sulla comunicazione, quindi come i team riusciranno a diffondere messaggi chiari come la necessità di un uso responsabile dell'energia e delle risorse naturali, la costruzione sostenibile e l'uso di energia rinnovabile.

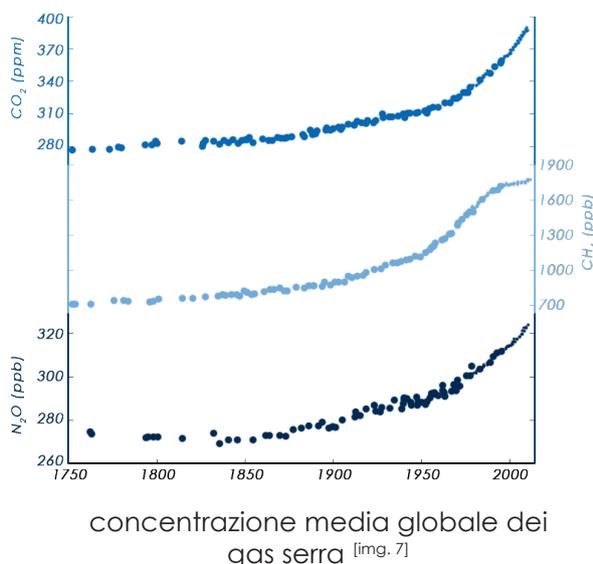
La presenza del contest dedicato all'efficienza energetica incoraggia l'eccellenza nei sistemi e nella progettazione del prototipo cercando, al contempo, di ridurre il consumo di energia. Si analizzerà il consumo di acqua, la produzione di rifiuti nella fase di costruzione, la possibilità di riutilizzo, e l'Embodied Energy per valutare l'energia incorporata.

Il contest sull'innovazione, invece, riguarderà i sistemi od i componenti che riusciranno ad aumentare il valore aggiunto ed a migliorare le prestazioni e l'efficienza della casa. Si valuterà l'innovazione riguardante il contest precedente analizzando le tecnologie innovative, attive e passive, che massimizzano l'efficienza energetica della casa.

Nel contest sulla sostenibilità si valuteranno i mezzi utilizzati per ridurre le richieste di energia, il grado di autoapprovvigionamento locale e le strategie di regolazione dei consumi. Inoltre, la valutazione dei sistemi solari includerà il tempo di recupero energetico e le emissioni di CO₂.

Le attività antropiche sono la causa principale dell'aumento delle temperature, infatti, aumentano le concentrazioni di certi gas che sono già presenti in natura, come l'anidride carbonica CO_2 , il metano CH_4 , l'ossido di azoto NO , ed i gas fluorurati.

Alcuni di questi gas presenti nell'atmosfera trattengono il calore solare impedendogli, così, di tornare nello spazio.



La CO_2 è, infatti, responsabile per il 63% del riscaldamento globale di origine antropica. La sua concentrazione nell'atmosfera è maggiore del 40% rispetto all'era pre-industriale.

Invece, gli altri gas serra vengono emessi in minor quantità, ma trattengono calore con tre ordini di grandezza maggiori rispetto alla CO_2 . Il metano è responsabile del 19% del riscaldamento globale provocato dall'uomo, mentre l'ossido di azoto del 6%.

Le emissioni aumentano a **causa** della combustione di combustibili fossili, come il carbone, il petrolio ed il gas, che produce CO_2 e NO .

Incide anche la deforestazione, dato che gli alberi bilanciano il clima assorbendo CO_2 dall'atmosfera, quindi abbattendoli manca tale assorbimento ed, inoltre, l'anidride carbonica che vi è all'interno del legno viene rilasciata amplificando così l'effetto serra.

Un'ulteriore causa è l'allevamento del bestiame dato che, soprattutto i bovini e gli ovini, durante il processo di digestione espellono ingenti quantità di CH_4 .

Anche i fertilizzanti azotati emettono ossido di azoto. Inoltre, le centrali elettriche e gli impianti industriali in generale, sono le principali fonti di emissioni di CO_2 .^[6]

Attualmente, la temperatura media mondiale è maggiore di $0,85^\circ\text{C}$ rispetto ai livelli dell'era pre-industriale. Se la temperatura aumentasse di 2°C vi sarebbe un maggior pericolo che possano avvenire cambiamenti ambientali catastrofici a livello mondiale, infatti, questa è considerata come la soglia da non superare, anzi, la comunità internazionale ha imposto il limite a $1,5^\circ\text{C}$ per avere un margine di sicurezza.

I cambiamenti climatici portano **conseguenze** disastrose che statisticamente dovrebbero intensificarsi nei prossimi decenni.

Il riscaldamento globale provoca, infatti, lo scioglimento dei ghiacciai e di conseguenza l'innalzamento del livello dei mari, con l'erosione lungo le fasce costiere.

In alcune regioni le condizioni meteorologiche sono estreme, provocando forti precipitazioni, quindi sempre più inondazioni e peggiore qualità dell'acqua, tanto che in alcuni luoghi inizierà una progressiva diminuzione delle risorse idriche. Invece, nelle regioni dell'Europa centro-meridionale, si verificano ondate di calore, siccità ed incendi sempre più frequenti. Mentre, l'Europa settentrionale si sta trasformando in un luogo più umido e le alluvioni potrebbero diventare un evento ricorrente nel periodo invernale.

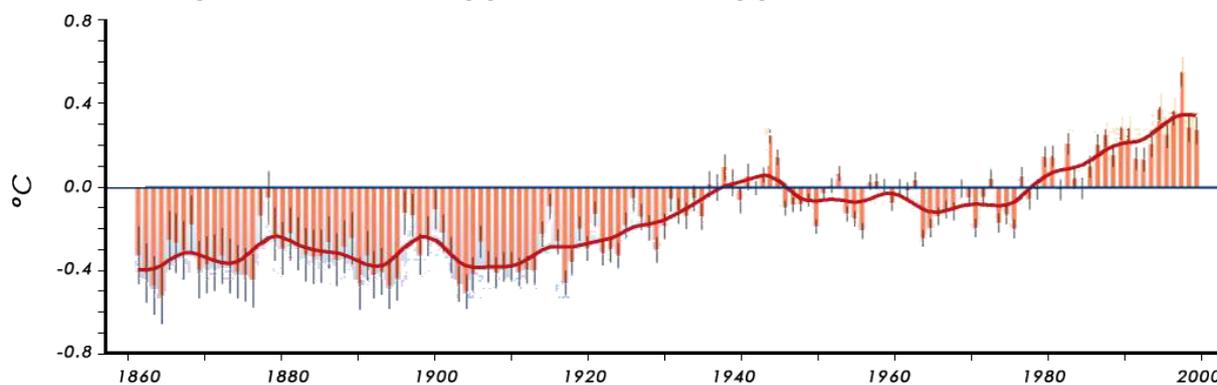
Le popolazioni dei paesi in via di sviluppo dipendono estremamente dal loro habitat naturale e spesso non dispongono di molte risorse per andare incontro ai cambiamenti climatici.

Oltre ai rischi per l'ambiente, i cambiamenti climatici stanno già avendo ripercussioni sulla salute umana. Infatti, in alcune regioni, il numero di decessi dovuti al caldo, ed in altre quello per il freddo, è in aumento.

Le conseguenze dei cambiamenti climatici si hanno anche sull'economia e sui costi per la società in generale, dato che provocano danni alle case, alle infrastrutture ed alla salute umana. I settori che sono maggiormente colpiti, sono quelli che dipendono strettamente dalle temperature e dalle precipitazioni, come l'agricoltura, il turismo e l'energia.

Negli ultimi trent'anni, le alluvioni hanno colpito oltre 5 milioni di persone e quindi causato perdite economiche dirette per più di 90 miliardi di euro.

Inoltre, vi sono rischi anche per le specie animali e vegetali, dato che alcune di queste non riescono ad adattarsi ai ritmi dei veloci cambiamenti climatici. Molte specie, infatti, sono già emigrate verso altre zone. Mentre, se la temperatura media mondiale continua ad incrementare in modo incontrollato, alcune specie animali e vegetali saranno soggette ad un maggior rischio di estinzione.^[7]



variazioni della temperatura terrestre negli ultimi 140 anni [img.8]

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (**IPCC**), istituito nel 1988, è l'organo internazionale principale per la **valutazione dei cambiamenti climatici**, quindi riesce ad informare il mondo sui relativi impatti ambientali e socio-economici, sui potenziali rischi futuri e le possibili risposte. Non ricerca nè monitora i parametri correlati al clima, bensì si appoggia a ricercatori provenienti da 195 Paesi che contribuiscono volontariamente al lavoro dell'IPCC.

La sua principale attività è quella di redigere periodicamente Rapporti di Valutazione scientifica sullo stato dei cambiamenti climatici o anche detti Assessment Reports. Inoltre, produce anche Rapporti Speciali ed Articoli Tecnici su argomenti ritenuti di particolare necessità ed interesse scientifico.^[8]

A Dicembre del 2015 è stato approvato l'**Accordo di Parigi**, il più importante documento internazionale per contrastare il cambiamento climatico, ed ha come obiettivo principale quello di limitare l'innalzamento della temperatura globale a 1,5°C. Quasi tutti i Paesi del mondo hanno sottoscritto tale accordo ed hanno chiesto, tramite la Convenzione Quadro per i Cambiamenti Climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), all'IPCC di redigere un Rapporto Speciale sugli impatti del riscaldamento globale di 1,5°C rispetto al periodo pre-industriale, quindi tra il 1850 ed il 1900.

Attualmente, le attività antropiche hanno già causato un riscaldamento globale di circa 1°C rispetto a tale periodo. Se l'andamento di crescita della temperatura dovesse rimanere questo nei prossimi anni, il riscaldamento globale raggiungerebbe 1,5°C già nel 2040.

Le conseguenze di un momentaneo superamento del limite di 1,5°C, per poi diminuire, possono essere molto più disastrose rispetto all'opzione in cui la temperatura si stabilizzasse a 1,5°C.

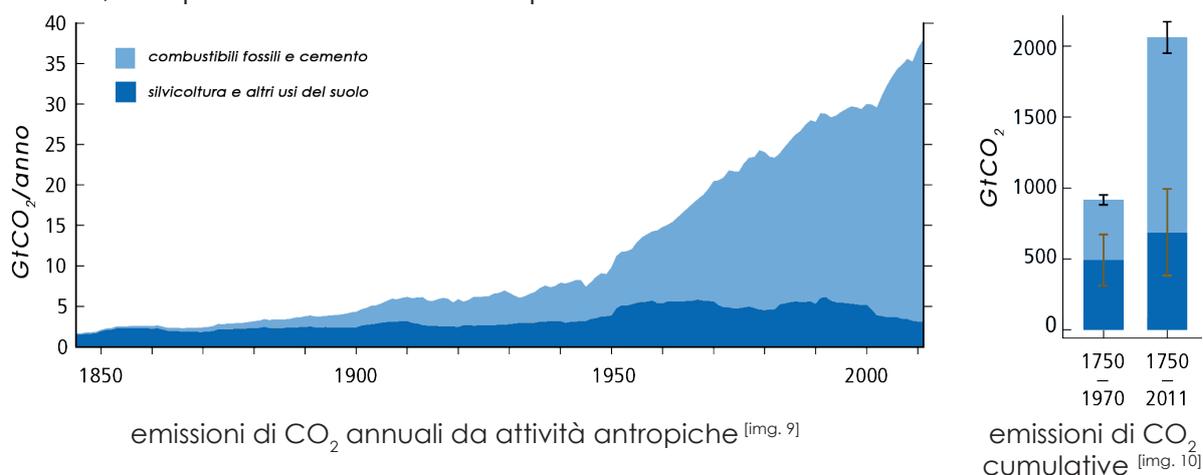
Infatti, un riscaldamento globale medio di 1,5°C provocherebbe ondate di calore frequenti e durature, e conseguenti rischi per la salute, nei periodi di siccità si arriverebbe al 17% di acqua in meno e quindi sarebbe anche più difficoltosa la coltivazione dei terreni, i ghiacci dell'Artico si scioglierebbero nel periodo estivo mettendo in pericolo molte specie animali, infatti si raddoppierebbe il rischio di estinzione, scomparirebbero le barriere coralline, ci sarebbero precipitazioni intense ed un innalzamento del livello del mare con conseguente spostamento delle persone nell'entroterra.

Limitare l'innalzamento della temperatura a 1,5°C, anziché a 2°C, può aiutare quindi a ridurre molti rischi.

Inoltre, stabilizzare la temperatura globale a 1,5°C sopra i livelli dell'era pre-industriale necessiterebbe di meno risorse per l'adattamento di quante ne sarebbero richieste con l'aumento di 2°C.

Per limitare il riscaldamento globale a 1,5°C il mondo dovrà sottoporsi ad una serie di trasformazioni complesse e collegate tra loro, ma attualmente sono poche le nazioni che sono riuscite a diminuire le emissioni di gas serra e che quindi sono in linea con l'obiettivo dell'Accordo di Parigi.

È ancora possibile limitare il riscaldamento a 1,5°C, da un punto di vista geofisico, per ottenere emissioni zero nette di CO₂ a livello mondiale nel 2050, con forte riduzione di metano e carbonio, ma questo richiederebbe una diminuzione immediata e progressiva delle emissioni. I cambiamenti richiesti per limitare l'innalzamento della temperatura a 1,5°C sono qualitativamente simili a quelli per 2°C, ma più decisi e veloci nei prossimi decenni.



Per limitare l'aumento di temperatura a 1,5°C si dovrebbe ridurre la domanda energetica, decarbonizzare l'elettricità ed altri combustibili, elettrificare i consumi finali di energia e ridurre le emissioni del settore agricolo. Inoltre, diminuire la domanda di beni che necessitano di un uso intensivo di gas ad effetto serra e consumo di suolo, faciliterebbe il raggiungimento di tale obiettivo.

Il **superamento di 1,5°C** necessiterebbe di una successiva **rimozione di CO₂** (Carbon Dioxide Removal, CDR) per riportare la temperatura a 1,5°C. La rimozione di CO₂ dall'atmosfera è il concetto opposto a quello delle emissioni, ma spesso i sistemi che rimuovono l'anidride carbonica sono considerati come emissioni negative. Ridurre la domanda energetica ed avere minori consumi, anche di cibo che richiede alti contenuti di gas ad effetto serra, potrebbe ridurre la dipendenza dai CDR.

Si parla, invece, di "rimozione dei gas serra" quando si coinvolgono anche altri gas oltre all'anidride carbonica.

Per limitare gli effetti dei cambiamenti climatici è utile affrontare il tema della sostenibilità intesa come uso razionale, e quindi sostenibile, delle risorse.

La prima volta che si è parlato di sviluppo sostenibile è stato nel 1987, quando **Brundtland** presentò il rapporto "Our Common Future" che sottolineava la necessità di attuare una strategia, capace di integrare le esigenze dello sviluppo con quelle dell'ambiente, detta "sustainable development" o "sviluppo sostenibile" definito come "quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri".

Nel 2015 vennero fissati i **17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile** dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (Sustainable Development Goals, SDGs), riguardanti l'eliminazione della povertà, l'assicurazione della salute pubblica, dell'energia e della sicurezza alimentare, la riduzione delle disuguaglianze, la protezione degli ecosistemi, la realizzazione di città ed economie sostenibili.

L'obiettivo numero 13 riguarda i cambiamenti climatici ed influisce sul raggiungimento di alcuni degli altri obiettivi.



17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile

Limitare l'aumento della temperatura a 1,5°C aiuterà a raggiungere alcuni di questi 17 obiettivi. A sua volta, se si raggiungessero tutti gli obiettivi, si avrebbero influenze sulle emissioni, sugli impatti e quindi sui cambiamenti climatici.

Alcune modalità che limitano l'innalzamento della temperatura a 1,5°C contribuiscono anche allo sviluppo sostenibile, infatti, implicano un insieme di misure per ridurre le emissioni e gli impatti dei cambiamenti climatici e, al contempo, contribuiscono a sconfiggere la povertà e ridurre le ineguaglianze.

L'ultimo documento approvato dall'IPCC, inerente i cambiamenti climatici, è il **Rapporto Speciale sul Riscaldamento Globale di 1,5°C** dell'**8 Ottobre 2018**.

Fondato su migliaia di ricerche scientifiche, spiega che per contrastare il riscaldamento globale non c'è più tempo da perdere e si richiedono, infatti, cambiamenti rapidi e che guardano al futuro in tutti gli aspetti della società.

I prossimi dodici anni saranno decisivi per evitare che la temperatura media globale aumenti più di 1,5°C. Tale limite è la soglia di sicurezza accettabile per garantire effetti contenuti e quindi gestibili, e per avere una società più equa e sostenibile riducendo, così, i rischi che causerebbe un aumento fino a 2°C.

La differenza di mezzo grado centigrado può sembrare poca, ma il Rapporto mette in evidenza che basta ciò perché milioni di persone in più siano soggette alle conseguenze della siccità, delle ondate di calore, o delle inondazioni.

Ad esempio, entro il 2100 l'innalzamento del livello del mare sarebbe minore di 10 cm con un riscaldamento globale di 1,5°C rispetto a 2°C. Molte nazioni del Mediterraneo potrebbero assistere ad una riduzione del 9% dell'acqua con l'aumento di 1,5°C, mentre nel caso di aumento di 2°C si arriverebbe al 17% di acqua in meno. Con l'aumento di 1,5°C la calotta di ghiaccio del Polo Nord si preserverebbe, mentre con 2°C è probabile che i ghiacciai si scioglano nel periodo estivo, provocando, di conseguenza, l'estinzione di molte specie animali. Le barriere coralline diminuirebbero del 70-90% con un riscaldamento di 1,5°C, invece con 2°C si perderebbero del tutto. Molte specie animali non avranno più i territori in cui oggi vivono normalmente, date le condizioni più estreme dei loro habitat, ma la riduzione delle dimensioni degli habitat raddoppierebbe con l'aumento di 2°C rispetto ad un aumento di 1,5°C.

Gli scienziati dell'IPCC spiegano che i pericoli descritti nel rapporto sul clima sono concreti, e che si deve agire velocemente per limitarne il più possibile gli effetti negativi.

Ormai è da decenni che si parla di limitare le emissioni di CO₂ nell'atmosfera, il principale gas serra, ma dato che i governi hanno rimandato si è reso inevitabile un aumento di 1,5 °C della temperatura media globale.

Nella migliore delle ipotesi si raggiungerà questa soglia probabilmente già nel 2030, ma secondo l'IPCC, se si sostengono i ritmi attuali, si potrà arrivare ad un aumento di 2°C nello stesso periodo. Per evitare ciò, le emissioni di CO₂ nette globali prodotte dall'attività umana dovrebbero ridursi del 45%, rispetto i livelli del 2010, entro il 2030, per poi raggiungere lo zero nel 2050. Questo significa che ogni emissione rimanente dovrà essere bilanciata dalla rimozione di CO₂ dall'atmosfera. L'efficacia di queste tecniche non è stata, però, ancora provata su larga scala e quindi potrebbero apportare rischi sostanziali per lo sviluppo sostenibile.^[9]

- **L'INCIDENZA DEL SETTORE EDILIZIO**

Il settore energetico, nell'edilizia, svolge un ruolo fondamentale nella mitigazione dei cambiamenti climatici, dato che le emissioni di CO₂ derivanti dall'energia rappresentano la maggior parte delle emissioni globali di gas serra.

L'International Energy Agency (**IEA**) esamina l'intero spettro delle questioni energetiche, tra cui l'efficienza energetica, le tecnologie per le energie rinnovabili, l'accesso all'energia, i mercati dell'elettricità, la domanda e l'offerta di petrolio, gas e carbone. Tramite il suo lavoro, sostiene politiche che miglioreranno l'affidabilità, l'accessibilità e la sostenibilità dell'energia nei suoi 19 Paesi membri, quali Australia, Austria, Canada, Corea, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Grecia, Irlanda, Italia, Nuova Zelanda, Olanda, Regno Unito, Repubblica Ceca, Spagna, Stati Uniti, Svezia e Svizzera.

Oltre alla sicurezza energetica, allo sviluppo economico, ed al coinvolgimento in tutto il mondo, l'IEA tratta anche di consapevolezza ambientale, quindi analizza le opzioni strategiche per compensare l'impatto della produzione e dell'uso dell'energia sull'ambiente, in particolare per contrastare il cambiamento climatico e l'inquinamento atmosferico.

Le statistiche energetiche sono il fondamento delle politiche energetiche e rivelano, infatti, dove si dovrebbe prestare maggiore attenzione e quali opportunità sono disponibili. Le complessità dei mercati internazionali dell'energia e le numerose questioni che vi sono interconnesse, compresi i cambiamenti climatici e lo sviluppo sostenibile, rafforzano la necessità di dati trasparenti basati su convenzioni internazionali.

Key World Energy Statistics dell'IEA è un'introduzione a questo mondo di statistiche sull'energia, fornendo numeri di primo livello in tutto il settore energetico, dalla domanda e l'offerta, ai prezzi ed ai budget della ricerca.

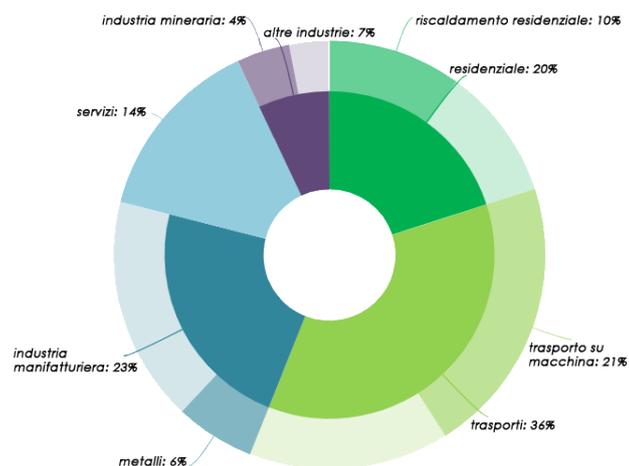
Il monitoraggio dell'efficacia delle politiche di efficienza energetica richiede dati ed indicatori affidabili su come l'energia è utilizzata in tutti i settori.

Gli indicatori sono un mezzo per mostrare quanta energia viene utilizzata per un dato scopo, come il riscaldamento di un'abitazione o i mezzi di trasporto. Per le imprese, tale dato è spesso confrontato con una misura dell'economia come il PIL o l'occupazione.^[10]

I settori fondamentali per monitorare il progresso dell'efficienza energetica sono i trasporti, la produzione, i servizi ed il settore residenziale.

Nei 19 Paesi dell'IEA, il settore dei trasporti ha rappresentato la quota più elevata del consumo finale di energia nel 2015 (36%), seguita dall'industria manifatturiera (23%), dal settore residenziale (20%) ed infine dal settore dei servizi (14%).

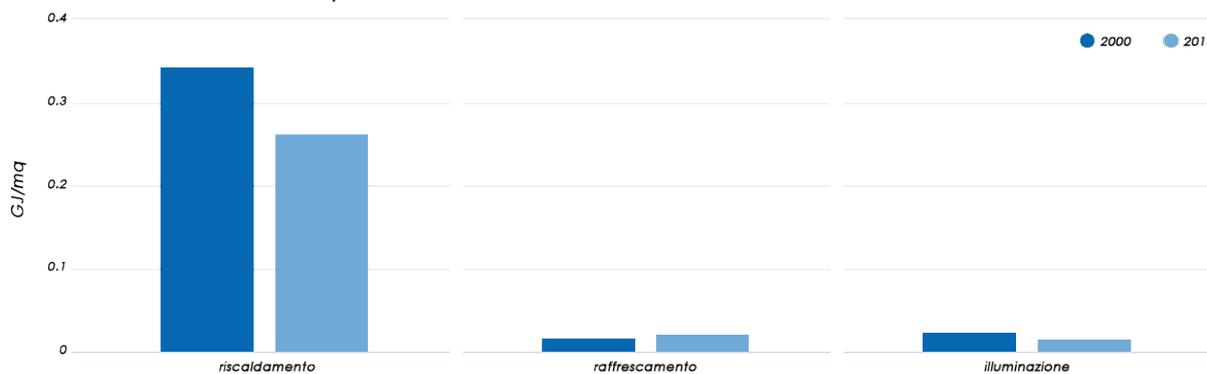
Si può notare che il settore residenziale consuma il 20% dell'energia totale, ed il riscaldamento è responsabile della metà di questo utilizzo di energia domestica.



principali consumi di energia, nei Paesi dell'IEA nel 2015 [img. 11]

Inoltre, prendendo in considerazione solo tre settori dell'edilizia che consumano energia, quali il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione, si evince che gli ultimi due, nel corso di quindici anni, sono rimasti pressochè invariati, mentre il riscaldamento ha avuto un netto miglioramento, dato che è passato dall'utilizzare 0,34 GJ/m² nel 2000, al consumare 0,26 GJ/m² nel 2015.

Oltre a questi tre settori, nel ramo residenziale vi sono altri fattori che influiscono sul consumo di energia, come la produzione di acqua calda, gli apparecchi, il gas per cucinare, i frigoriferi ed il freezer, la lavastoviglie, la lavatrice e l'asciugatrice, le televisioni ed i computer, ed altri elettrodomestici.

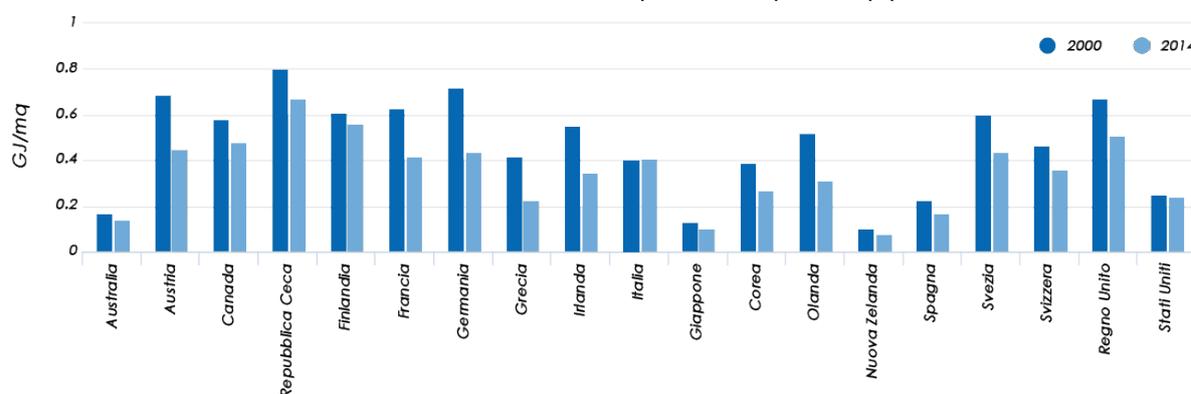


distribuzione dell'energia nel residenziale, nei Paesi dell'IEA [img. 12]

Guardando al settore residenziale, e soffermandosi sui miglioramenti riguardanti l'efficienza energetica per il riscaldamento, che sono tracciati dall'andamento dell'intensità del riscaldamento degli ambienti residenziali definito come consumo di energia per superficie, si può notare come questo indicatore è notevolmente diminuito nella maggior parte dei Paesi dell'IEA, con riduzioni anche superiori al 30% dal 2000 al 2014.

I paesi più caldi hanno generalmente intensità di riscaldamento più basse, poiché è necessaria meno energia in media per mantenere la temperatura all'interno degli edifici residenziali ad un livello di comfort.

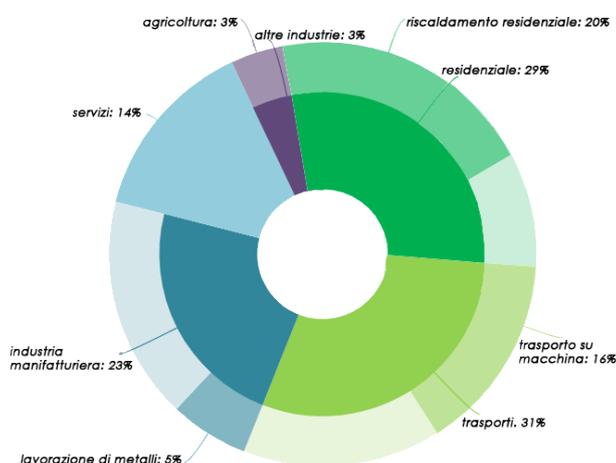
Inoltre, si riesce ad osservare che l'unico Paese in cui tale indicatore non è diminuito, anzi, è aumentato anche se di poco, è purtroppo l'Italia.



energia usata per il riscaldamento residenziale, nei Paesi dell'IEA [img. 13]

Per quanto riguarda, appunto, l'**Italia** si può notare come il settore dell'industria manifatturiera (23%) e quello dei servizi (14%) siano rimasti invariati, mentre il settore dei trasporti supera sempre gli altri, ma con un valore inferiore a quello della media tra i 19 Paesi dell'IEA (31%). Anche il settore delle industrie ha una percentuale minore (3%) ed è interamente occupato dall'agricoltura.

Invece, come si evinceva già dal precedente grafico, il settore residenziale italiano consuma più energia rispetto alla media dei 19 Paesi (29%), con il riscaldamento domestico che supera la metà di tale percentuale (20%).



principali consumi di energia, in Italia nel 2015

[img. 14]

In Italia, i trasporti su macchina sono responsabili per il 17% delle emissioni di CO₂ in atmosfera, i trasporti di merci per il 12%, e l'industria per il 14%.
Invece, il riscaldamento pesa per il 12% sulle emissioni totali.

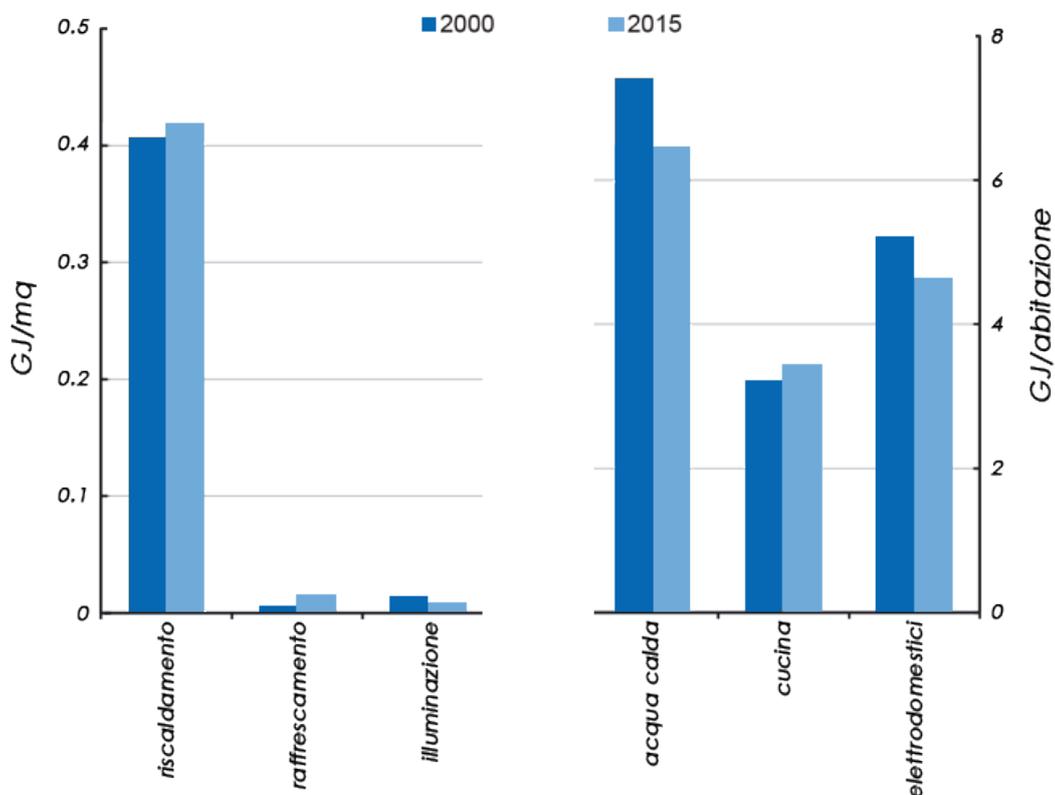
Sul totale dei consumi di energia nel settore residenziale, in Italia, il riscaldamento occupa il 68%, a seguire vi è l'acqua calda con il 12%, l'utilizzo dei fornelli con il 6%, il raffrescamento con il 3% e l'illuminazione con l'1%.

Il 9% è rappresentato dagli elettrodomestici, composto dai frigoriferi per il 3%, così come per l'insieme di lavastoviglie, lavatrici ed asciugatrici, e dalle televisioni con l'1% così come per i computer.

Nel 2000 i consumi totali di energia arrivavano a 1.155 PJ, per aumentare e raggiungere 1.362 PJ nel 2015.

Il consumo di energia per il riscaldamento residenziale, in l'Italia, è aumentato tra il 2000 ed il 2015, così come per il raffrescamento e per l'utilizzo dei fornelli. Però è diminuito il consumo per l'illuminazione, l'acqua calda e gli elettrodomestici.

Una nota di merito per l'Italia, però, si può dare al fatto che il consumo energetico per il riscaldamento è aumentato, ma con questo è incrementato anche l'utilizzo di combustibili rinnovabili per il suo funzionamento, e quindi è diminuito l'uso di petrolio.



energia usata per il settore residenziale, in Italia [img. 15]

• GLI OBIETTIVI EUROPEI E NAZIONALI

L'**Unione Europea** sta cercando il modo migliore per rendere l'economia europea più rispettosa del clima e più efficiente dal punto di vista del consumo energetico. Infatti, ha posto degli obiettivi per ridurre progressivamente le emissioni di gas ad effetto serra fino al 2050.

Gli obiettivi principali in materia di clima e di energia sono stabiliti nel pacchetto 2020, e nel quadro per le politiche 2030. Inoltre, se si riescono a raggiungere questi obiettivi, sarà più semplice arrivare ad un'economia a basse emissioni di carbonio entro il 2050.

Il pacchetto **2020** è composto da alcune norme volte a garantire che l'Unione Europea raggiunga i suoi obiettivi in materia di clima ed energia entro il 2020.

Definisce tre obiettivi fondamentali:

- riduzione del 20% delle emissioni di gas ad effetto serra, rispetto ai livelli del 1990;
- minimo 20% del fabbisogno energetico dev'essere prodotto da fonti rinnovabili;
- miglioramento almeno del 20% dell'efficienza energetica.

Queste percentuali variano rispetto alla ricchezza ed alle possibilità di ogni singolo Paese, tuttavia si prevede che i Paesi meno abbienti dovrebbero compiere comunque degli sforzi per ridurre le emissioni.

Tali obiettivi sono stati fissati nel 2007, e l'Unione Europea sta prendendo iniziative in vari settori per riuscire a raggiungerli.

I settori dell'edilizia, dell'agricoltura, dei rifiuti e dei trasporti, rappresentano il 55% delle emissioni totali dell'Unione Europea.

Annualmente, la Commissione verifica i progressi ottenuti di ciascun Paese, che è tenuto a riferire in merito alle proprie emissioni.

Il raggiungimento degli obiettivi del pacchetto 2020 aiuterà ad incrementare la sicurezza energetica dell'Unione Europea riducendo la dipendenza dalle importazioni energetiche, ed a creare posti di lavoro e quindi rendere l'Europa più competitiva.

L'Unione Europea è a buon punto per quanto il raggiungimento di questo primo obiettivo. Infatti, le emissioni si sono ridotte del 23% tra il 1990 ed il 2016, mentre l'economia è cresciuta del 53%.

Questo è potuto succedere grazie all'adozione di tecnologie a basse emissioni di carbonio. Infatti, si può dire che l'innovazione, considerando anche i progressi per quanto riguarda le energie rinnovabili e l'efficienza energetica, è stata il fattore determinante della riduzione delle emissioni negli ultimi anni.

Il quadro per il clima e l'energia **2030** pone tre obiettivi fondamentali da raggiungere entro quell'anno:

- riduzione minima del 40% delle emissioni di gas ad effetto serra, sempre rispetto ai livelli del 1990;
- minimo 27% del fabbisogno energetico dev'essere prodotto da fonti rinnovabili;
- miglioramento almeno del 27% dell'efficienza energetica.

Il quadro è stato adottato nell'ottobre 2014 e si fonda sul pacchetto per il clima e l'energia 2020.

La riduzione del 40% delle emissioni entro il 2030 consentirà all'Unione Europea di dare un contributo equo all'Accordo di Parigi, e di intraprendere misure efficaci sul piano dei costi con il fine di conseguire anche l'obiettivo del 2050, ossia quello di ridurre le emissioni dell'80-95%.

Il quadro implementa il progresso verso un'economia a basse emissioni di carbonio e verso un sistema che assicuri energia a prezzi accessibili a tutti, che renda più sicuro l'approvvigionamento energetico dell'Unione Europea, che riduca la dipendenza verso le importazioni di energia e che crei nuove occasioni di crescita e nuove opportunità di lavoro.

Inoltre, riducendo l'inquinamento atmosferico, porta dei benefici sia sul piano ambientale che su quello della salute di ogni cittadino.

Gli investimenti aggiuntivi annui, che riguarderanno maggiormente il settore edilizio e quello terziario, ammonteranno a 38 miliardi di euro nel periodo tra il 2011 ed il 2030, ma saranno in gran parte compensati dai risparmi di combustibile.

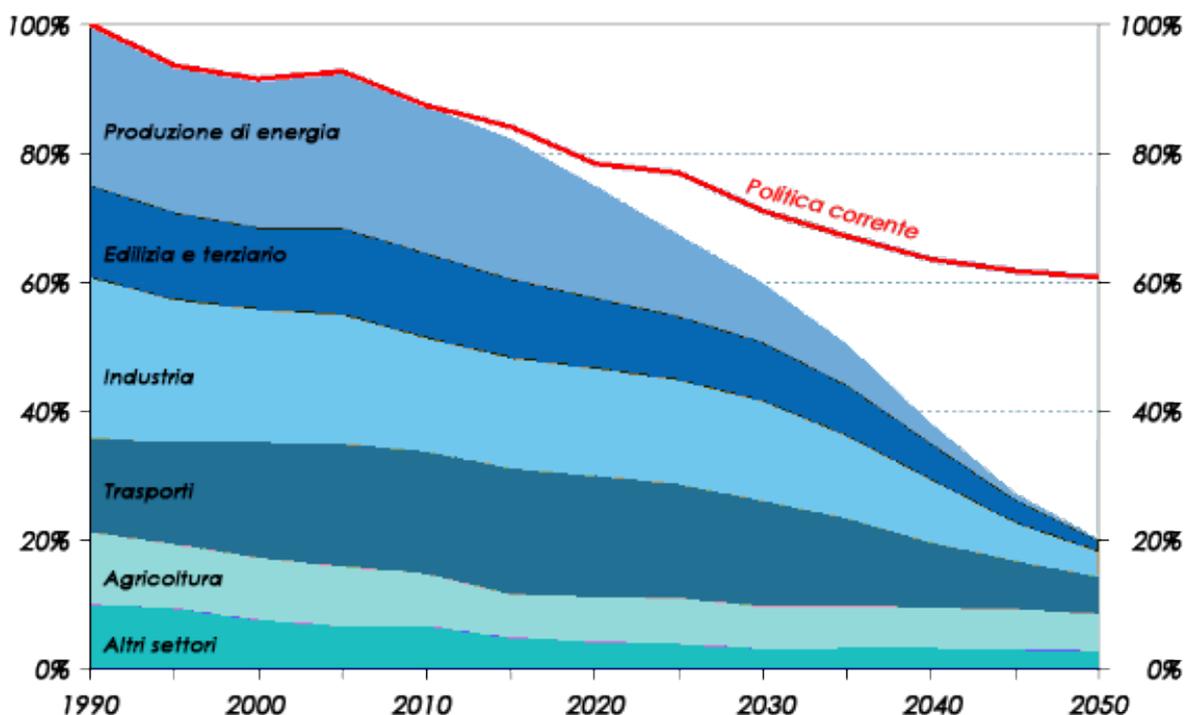
Se si vuole arrivare, nel **2050**, ad avere un'economia a basse emissioni di carbonio, è necessario che:

- si riducano progressivamente le emissioni di gas ad effetto serra almeno dell'80%, rispetto ai livelli del 1990, con una riduzione minima del 40% entro il 2030 e del 60% entro il 2040;
- tutti i settori diano il proprio contributo;
- il passaggio verso un'economia a basse emissioni di carbonio sia economicamente fattibile.

Sono state poste delle tappe intermedie prima di arrivare al 2050 dato che, se si continuano a rinviare gli interventi, si dovranno ridurre le emissioni in modo molto più drastico successivamente, quindi ciò si vuole evitare.

Questo cambiamento stimolerà l'economia europea tramite lo sviluppo di tecnologie pulite che incentivano la crescita e l'occupazione, aiuterà a ridurre l'uso di risorse come l'energia, le materie prime, la terra e l'acqua, renderà l'Unione Europea meno dipendente da onerose importazioni di petrolio e gas, e porterà benefici alla salute.

Tutti i settori devono contribuire al processo verso un'economia a basse emissioni di carbonio, ovviamente in base alle rispettive potenzialità economiche e tecnologiche. I settori che producono emissioni sono la produzione di energia, l'industria, i trasporti, l'edilizia e l'agricoltura.



possibile riduzione dell'80% delle emissioni di gas ad effetto serra nell'UE [img. 16]

Il settore energetico è quello con il più alto potenziale di riduzione delle emissioni, infatti, potrebbe eliminare quasi del tutto le emissioni di CO₂ entro il 2050. L'energia elettrica, prodotta tramite fonti rinnovabili, potrebbe sostituire parzialmente i combustibili fossili.

Le emissioni derivanti dalle case e dagli uffici possono essere eliminate quasi totalmente riducendole del 90%. L'efficienza energetica è in costante miglioramento grazie alla tecnologia passiva per i nuovi edifici, alla ristrutturazione di vecchi edifici finalizzata a questo, ed alla sostituzione dei combustibili fossili con fonti rinnovabili. Gli investimenti sono recuperabili nel tempo grazie ad un costo inferiore delle bollette energetiche.

Il settore dell'industria, che fa uso intensivo dell'energia, può ridurre le emissioni di oltre l'80% tramite tecnologie più pulite ed efficienti energeticamente.

Il settore dei trasporti potrebbe ridurre più del 60% le emissioni, grazie ai veicoli elettrici o ibridi.

Invece, a causa dell'incremento, a livello mondiale, della domanda di derrate alimentari, le emissioni del settore agricolo tenderanno ad aumentare di un terzo entro il 2050, ma sono possibili delle riduzioni. Si dovranno, infatti, ridurre le emissioni derivanti da fertilizzanti, concimi e bestiame, e si potrebbe contribuire allo stoccaggio di CO₂ nei terreni.^[11]

Per quanto riguarda più da vicino l'**Italia**, il 28 Settembre 2018 si è tenuta a Bologna la prima conferenza nazionale delle *Green City*, organizzata dal Green City Network, promosso dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile, nella quale è stato illustrato un pacchetto di **15 linee guida green** per le città italiane.

Questo perchè si è giunti ad un limite, le città consumano il 75% delle risorse naturali, generano il 50% di rifiuti, e sono responsabili di più del 70% delle emissioni di anidride carbonica. Inoltre, soffrono di scarsa qualità dell'aria, infatti l'Italia è il paese europeo con il maggior numero, in relazione alla popolazione, di decessi per inquinamento. Hanno il 70% del patrimonio edilizio con un'età superiore ai 40 anni, quindi con ingenti consumi energetici, e tante città sono prive di sistemi efficienti di depurazione, fognature e hanno acquedotti che perdono in media il 40% di acqua.

Il Presidente della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, Edo Ronchi, sottolinea che *"le linee guida vogliono essere un contributo per rilanciare con forza, nelle città, le priorità della qualità ecologica, della sostenibilità e della resilienza, alla luce degli sviluppi della green economy e della circular economy. La green city dev'essere una città smart, che quindi valorizza l'innovazione, punta al risparmio ed all'uso efficiente delle risorse, persegue la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico, tiene alla qualità urbanistica ed architettonica, progetta la rigenerazione urbana e la riqualificazione edilizia, mira ad una mobilità sostenibile, e tende all'economia circolare. Puntare sulle green city è la scelta decisiva, non solo per il benessere dei cittadini, ma per avere città in grado di attrarre e mantenere attività economiche, investimenti, ricerca e per generare nuova occupazione, in particolare per i giovani"*.^[12]

Il pacchetto di 15 linee guida green è strutturato in quattro obiettivi, i quali puntano ad assicurare un'elevata qualità ambientale, ad utilizzare le risorse in modo efficiente e circolare, ad adottare delle misure per contrastare i cambiamenti climatici, ed a promuovere l'eco-innovazione, la green economy ed il miglioramento della governance. All'interno di questi quattro obiettivi principali sono raggruppate le 15 linee guida su temi più specifici supportate da misure concrete per la realizzazione di città più sostenibili.

Le 15 linee guida sono:

Primo obiettivo: *Assicurare un'elevata qualità ambientale*

1. Puntare sulla qualità urbanistica e architettonica delle città
2. Garantire un'adeguata dotazione di infrastrutture verdi urbane e periurbane
3. Assicurare una buona qualità dell'aria
4. Rendere più sostenibile la mobilità urbana

Secondo obiettivo: *Utilizzare le risorse in modo efficiente e circolare*

5. Puntare sulla rigenerazione urbana e rafforzare la tutela del suolo
6. Estendere la riqualificazione, il recupero e la manutenzione del patrimonio edilizio esistente
7. Sviluppare la prevenzione e il riciclo dei rifiuti verso un'economia circolare
8. Gestire l'acqua come risorsa strategica

Terzo obiettivo: *Adottare misure per contrastare il cambiamento climatico*

9. Abbattere le emissioni di gas serra
10. Ridurre i consumi di energia
11. Sviluppare la produzione e l'uso di energia da fonti rinnovabili
12. Adottare misure per l'adattamento al cambiamento climatico

Quarto obiettivo: *Promuovere l'eco-innovazione, la green economy ed il miglioramento della governance*

13. Promuovere l'eco-innovazione
14. Sviluppare la green economy
15. Migliorare la governance

Le linee guida che, di seguito, vengono affrontate più nel dettaglio, che riguardano maggiormente l'autosufficienza all'interno di un edificio, sono quelle inerenti il riciclo di rifiuti, la gestione dell'acqua, l'energia ed i cambiamenti climatici.

7 _ Nelle città italiane si consuma il 75% delle risorse naturali e si produce il 50% di rifiuti. Dall'inizio del secolo scorso la popolazione mondiale è aumentata di 4,5 volte, ma il consumo delle risorse naturali è cresciuto molto più velocemente, di ben 12,5 volte, e potrebbe raddoppiare ulteriormente entro i prossimi 35 anni.

Questo attuale modello di economia lineare che preleva ingenti quantità di risorse naturali, le trasforma in prodotti che generano rifiuti da smaltire, non è più sostenibile. Il prelievo, il trasporto e le lavorazioni, così come lo smaltimento dei rifiuti, producono importanti impatti ambientali.

Per la sostenibilità ecologica ed economica occorre passare ad un'economia circolare, che riduca il prelievo di risorse naturali e gli sprechi, che promuova la durata, l'uso condiviso, il riutilizzo dei prodotti, ed il riciclo dei rifiuti.

Si devono aggiornare i piani per la gestione dei rifiuti urbani, per riuscire ad attuare i nuovi obiettivi dell'economia circolare, oltre che rafforzare le misure per prevenire e ridurre la produzione di rifiuti. Si dovrebbe cercare di aumentare e rendere continuativa la domanda di materiali riciclati. È importante raccogliere separatamente i rifiuti da costruzione e demolizione ed avviarli localmente ad efficaci forme di riuso e di riciclo. Si dovrebbe, inoltre, puntare sull'azzeramento dello smaltimento dei rifiuti organici, migliorando la loro raccolta differenziata, implementando gli impianti di trattamento con la produzione di compost di qualità e la digestione anaerobica con la produzione di biometano.

8 _ L'acqua è una risorsa limitata, essenziale per la vita dei cittadini, per molti ecosistemi e per molteplici attività economiche. Alcune città non ricevono una regolare e sufficiente fornitura di acqua potabile, altre non dispongono ancora di adeguati sistemi di fognatura e depurazione, per questo si dovrebbero aumentare gli investimenti per il rinnovo e il ripristino delle reti.

Poche città effettuano la raccolta, il trattamento ed il recupero delle acque meteoriche, per questo, sarebbe necessaria una migliore capacità di gestione delle acque piovane.

Si dovrebbe aggiornare periodicamente il quadro dei dati sui consumi di acqua e degli obiettivi di risparmio. Inoltre, si dovrebbero fare campagne di comunicazione e di informazione rivolte ai cittadini per l'uso efficiente ed il risparmio dell'acqua. Occorre estendere la pratica del riutilizzo delle acque in uscita dai trattamenti della depurazione e delle acque meteoriche.

Si dovrebbero, inoltre, diffondere le buone pratiche che integrano l'espansione delle infrastrutture verdi, la rinaturalizzazione delle reti idrografiche e delle zone umide con la mitigazione dei rischi idrogeologici.

9 _ Per riuscire a contrastare il cambiamento climatico si dovrebbe arrivare all'obiettivo di zero emissioni nette tramite interventi drastici di riduzione dei consumi di energia e di incremento dell'utilizzo di energie rinnovabili.

Le misure per il risparmio energetico e le energie rinnovabili hanno effetti positivi all'interno delle città anche per la riduzione dell'inquinamento.

Si deve, quindi, tenere una contabilizzazione aggiornata delle emissioni dei gas serra nelle città, e definire i target di riduzione al 2030 ed al 2050. Inoltre, si deve definire ed attuare un programma di politiche e misure locali per abbattere le emissioni, ridurre i consumi di energia, ed aumentare la produzione e l'uso di fonti rinnovabili. Si dovrebbero anche incentivare ed accelerare i processi di transizione energetica verso sistemi intelligenti volti alla riduzione delle emissioni. Per ultimo, si dovrebbero attivare dibattiti pubblici locali coinvolgendo gli stakeholder sui cambiamenti climatici, sulle loro conseguenze e sulle misure per contrastarli.

10 _ Le città, da grandi consumatrici di energia, devono diventare protagoniste della rivoluzione del risparmio e dell'efficienza energetica.

Per abbattere le emissioni di gas serra ai livelli necessari per contenere gli aumenti di temperatura sotto ai 2°C, è necessario ridurre drasticamente i consumi di energia, prestando particolare attenzione a quelli degli edifici.

Occorre promuovere l'uso efficiente e circolare delle risorse, e la riqualificazione degli edifici dato che l'involucro edilizio consente di ridurre i consumi energetici tramite l'utilizzo di tecnologie e materiali innovativi. Inoltre, si dovrebbe definire e tenere aggiornati i consumi energetici della città ed avere un programma che fissi i target di risparmio per elettricità, calore e carburanti.

Si dovrebbero anche promuovere progetti integrati in grado di ottimizzare la risposta energetico-prestazionale passiva e di valorizzare le risorse energetiche disponibili sul territorio. Occorre anche definire misure contro gli sprechi di energia per controllare e massimizzare l'efficienza energetica degli impianti. Inoltre si deve promuovere la diffusione delle migliori soluzioni passive per la riduzione dei fabbisogni energetici, insieme al miglioramento del comfort abitativo.

Inoltre, è bene promuovere l'uso di sistemi di valutazione delle prestazioni energetico-ambientali degli edifici, e si devono definire programmi pluriennali di valutazione, certificazione e riqualificazione energetica degli edifici pubblici e privati.

11 _ Per impedire che il cambiamento climatico abbia esiti ancora più drammatici, è necessario accelerare il passaggio dalle fonti fossili a quelle rinnovabili. Se si mettesse in atto, si avrebbero vantaggi non solo ambientali, ma anche tecnologici ed economici. L'obiettivo europeo, entro il 2030, di raggiungere almeno il 27% dei consumi finali di energia soddisfatto con fonti rinnovabili, richiede all'Italia, che nel 2016 era al 17,35%, di aumentare notevolmente il suo impegno cambiando le strategie.

Occorre far diventare le città protagoniste della rivoluzione energetica delle fonti rinnovabili, sia aumentandone notevolmente l'impiego che adottando le migliori tecnologie disponibili per realizzare nuovi impianti di produzione.

Si devono definire dei programmi pluriennali di sviluppo della produzione e dell'impiego nella città di fonti energetiche rinnovabili. Inoltre, si devono promuovere le migliori possibilità di impiego delle fonti rinnovabili disponibili per i diversi usi, quali elettrici, termici e per i carburanti. Bisognerebbe, infatti, sostenere la diffusione di insediamenti energeticamente efficienti, autosufficienti ed alimentati da fonti rinnovabili. Si dovrebbe effettuare un'analisi delle fonti rinnovabili utilizzabili localmente e promuovere le migliori tecnologie di produzione disponibili. Occorre anche prevedere agevolazioni procedurali e prescrizioni per la realizzazione di impianti di produzione di energie rinnovabili in edifici esistenti.

12 _ Gli eventi atmosferici estremi possono avere conseguenze gravose per le città italiane particolarmente esposte agli effetti del cambiamento climatico per collocazione geografica.

Vanno, quindi, individuate e programmate strategie integrate per prevenire e ridurre la vulnerabilità dell'ambiente costruito a questi fenomeni e per mitigarne gli effetti.

Si devono definire dei piani e progetti per la resilienza e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Si dovrebbero, inoltre, promuovere strumenti e processi di informazione, formazione e coinvolgimento dei cittadini.

Infine, occorre fermare l'impermeabilizzazione ed il consumo di suolo.

• **GLI STRUMENTI ATTUATIVI**

Per attuare gli obiettivi, l'**Unione Europea** ha adottato, nel corso degli ultimi anni, una serie di **strumenti amministrativi obbligatori** riguardanti l'efficienza energetica nel campo dell'edilizia. Tali direttive sono poi state recepite da ogni Stato dell'UE, ed a sua volta sono stati emanati dei regolamenti.

- Direttiva 2009/28/CE: promuove l'uso di **energia da fonti rinnovabili**, stabilendo un quadro comune tra i Paesi dell'Unione Europea. Pone degli obiettivi nazionali obbligatori per la quota totale di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo, oltre che per la quota nei trasporti. Definisce l'energia da fonti rinnovabili come "l'energia proveniente da fonti non fossili, quindi eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas".
- Direttiva 2009/29/CE: definisce il "**pacchetto clima-energia 20-20-20**", dove l'Unione Europea fissa gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra del 20%, di innalzamento al 20% della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e di portare al 20% il risparmio energetico entro il 2020 rispetto ai valori del 1990.
- Direttiva EPBD 2010/31/UE (Energy Performance of Buildings Directive): promuove il **miglioramento delle prestazioni energetiche** degli edifici, chiedendo ai singoli Paesi membri dell'UE di identificare una metodologia comune per calcolare e certificare le prestazioni energetiche di un edificio, di individuare dei requisiti minimi e le modalità di ispezione e manutenzione degli impianti, di fissare un piano di azione nazionale per promuovere la realizzazione di case ad energia quasi zero, l'uso di energia da fonti rinnovabili, e la riqualificazione degli edifici esistenti. Tramite questa direttiva viene introdotto l'**Attestato di Prestazione Energetica (APE)**, che sostituisce l'Attestato di Certificazione Energetica (ACE), il quale era stato a sua volta introdotto dalla direttiva 2002/91/CE.
- Direttiva EED 2012/27/UE (Energy Efficiency Directive): rimarca il ruolo fondamentale dell'**efficienza energetica** come strumento strategico nell'attuale scenario europeo, con il fine di affrontare sfide come la riduzione delle emissioni di gas serra, la sostenibilità delle fonti energetiche primarie, limitare i cambiamenti climatici, rilanciare la crescita economica, creare nuovi posti di lavoro, ed aumentare la competitività delle aziende. Obbliga i Paesi alla riqualificazione energetica di almeno il 3% del loro patrimonio edilizio, e ad avere un piano strategico di intervento a lungo termine. Inoltre, vi è l'obbligo di acquisizione di edifici ad alta efficienza energetica.

L'**Italia**, in quanto Stato membro dell'Unione Europea, recepisce le direttive europee ed emana a sua volta dei decreti legislativi, delle leggi, dei decreti ministeriali, o dei piani di azione per far attuare le norme europee nel proprio territorio.

- Legge 373/1976: prima legge per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.
- D.lgs 28/2011: recepisce la Direttiva 2009/28/CE definendo degli obblighi di utilizzo delle **fonti rinnovabili** sia negli edifici di nuova costruzione che in quelli sottoposti a ristrutturazione, infatti, queste, devono coprire i consumi di calore, elettricità e per il raffrescamento.
- D.lgs 63/2013: recepisce la Direttiva 2010/31/UE ed introduce il concetto di **edificio ad energia quasi zero** (nearly Zero Energy Building, nZEB), che consiste in un edificio ad altissima prestazione energetica, basso fabbisogno energetico e fornitura prevalente di energia da fonti rinnovabili autoprodotta.

La Direttiva 2012/27/UE è stata recepita, dall'Italia, tramite il Decreto Legislativo 102/2014 ed il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE), stabilendo così un quadro di misure per promuovere e migliorare l'efficienza.

- D.lgs 102/2014: pone l'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico che consiste nella **riduzione dei consumi di energia primaria**. Inoltre, prevede l'istituzione di un regime obbligatorio di efficienza energetica, costituito dal meccanismo dei Certificati Bianchi, che dovrà garantire l'ottenimento di un risparmio energetico maggiore del 60% dell'obiettivo nazionale.

Per gli edifici condominiali, obbliga l'installazione di sistemi di contabilizzazione che rilevino gli effettivi consumi energetici dei singoli appartamenti, e delle valvole termostatiche che consentono di programmare la temperatura e gli orari di accensione dei termosifoni nei vari ambienti. Per favorire i consumatori finali di energia, prevede delle disposizioni che accrescono la consapevolezza dei consumi energetici tramite la promozione di un sistema di fatturazione più preciso e fondato sul consumo reale, e dei sistemi di misurazioni individuali, come i contatori intelligenti per elettricità e gas.

Per migliorare le prestazioni energetiche degli immobili, sia pubblici che privati, l'Italia applica due strategie, una per la riqualificazione energetica dell'intero parco immobiliare e l'altra è un piano di azione per gli edifici ad energia quasi zero.

- STREPIN: **Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale**. Analizza gli ostacoli tecnici ed economico-finanziari che impediscono la realizzazione degli interventi di efficienza energetica e propone il miglioramento degli strumenti di supporto per aumentare il risparmio atteso nel 2020.
- PANZEB: **Piano d'Azione per gli Edifici ad Energia Quasi Zero**. Dato che dal 2021 gli edifici di nuova costruzione dovranno essere ad energia quasi zero, ne stabilisce gli orientamenti e le linee di sviluppo nazionali per aumentare il loro numero tramite gli incentivi disponibili. Il documento valuta le prestazioni energetiche nelle differenti tipologie d'uso e zone climatiche, stimando i sovra-costi necessari per la loro realizzazione.
- PAEE 2014: **Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica**. Propone il rafforzamento delle misure e degli strumenti già esistenti e l'introduzione di nuovi meccanismi per superare le difficoltà incontrate. Oltre ad illustrare più dettagliatamente le misure già attive ed i provvedimenti volti al loro potenziamento, descrive anche le nuove misure introdotte con il D.lgs 102/2014 stimando l'impatto atteso in termini di risparmio energetico per il settore economico.
- D.l. 26 Giugno 2015: emanato per completare il recepimento della Direttiva 2010/31/UE avvenuto con il D.lgs 63/2013, si compone di tre decreti:
 1. *“Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”* stabilisce i metodi di calcolo delle prestazioni energetiche ed i nuovi requisiti minimi, entrati in vigore il 1 Ottobre 2015 e definisce i **requisiti degli nZEB**.
 2. *“Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici”* definisce gli schemi delle relazioni tecniche di progetto per le nuove costruzioni, le ristrutturazioni e gli edifici ad energia quasi zero, per la riqualificazione energetica, le costruzioni esistenti con riqualificazione dell'involucro edilizio, e per la riqualificazione energetica degli impianti tecnici.
 3. *“Adeguamento delle linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”* stabilisce le nuove linee guida nazionali per l'**Attestato di Prestazione Energetica** (APE) entrato in vigore il 1 Ottobre 2015. Inoltre, è istituito il Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE), comune per tutto il territorio italiano, per la gestione di un catasto nazionale degli APE e degli impianti termici. ^[13]

Il perseguimento del concetto di sostenibilità, determina un cambiamento di base dei modelli economici e sociali, e rappresenta quindi la sfida globale più importante per il XXI secolo.

Quindi, oltre agli strumenti amministrativi obbligatori, vi sono anche degli **strumenti di carattere volontario**, in Italia così come nel resto del mondo, che sostengono l'efficienza energetica ed, in generale, la sostenibilità degli edifici. In particolar modo, aiutano la progettazione verso questa direzione.

Questi strumenti sono le **certificazioni energetico-ambientali**, che determinano quindi il livello di sostenibilità di un edificio e l'aumento della qualità ambientale indoor.

L'esigenza di avere questo tipo di certificazioni nasce dal fatto di voler completare la certificazione energetica, oggi obbligatoria, con una di tipo ambientale, volontaria e complementare, che affronta problematiche riguardanti l'impatto ambientale e la qualità degli edifici, senza trascurare, attraverso l'analisi LCA, l'ingente dispendio energetico legato alla produzione dei materiali da costruzione. Tutti i metodi di valutazione guardano al ciclo di vita degli edifici e dei loro componenti, quindi l'obiettivo principale comune a tutti è quello di riuscire a garantire l'applicazione di strategie per ridurre l'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita degli edifici.

Attualmente, in Italia, tale certificazione viene svolta applicando due "protocolli di valutazione della sostenibilità energetico-ambientale degli edifici", o anche detti "green rating systems", che sono ITACA e LEED Italia. Ma oltre questi due protocolli più conosciuti, ve ne sono altri come il metodo BREEAM, il primo ad esser stato sviluppato nel 1990 nel Regno Unito, poi vi è LEED, GBC, CASBEE, Built Green, Nabers, e HK-BEAM. Inoltre vi sono i marchi di CASACLIMA, Minergie, e Klimaactiv, i sistemi HQE e quello PassivHaus, oltre che le etichette come EcoLabel, EPBD, e FSC.

Per tutti i protocolli, il tema dell'efficienza energetica è quello che ha maggior valenza sulla valutazione globale dell'edificio, e si misura tramite simulazioni dinamiche. Il confronto tra il consumo previsto e quello realmente rilevato permette di determinare l'efficacia delle strategie di gestione e manutenzione utilizzate.^[14]

Vi sono poi stati sostanziali correzioni alle schede dei protocolli di certificazione attualmente in uso, riferite alle nuove tematiche del riciclo dei rifiuti (end of waste) e degli aspetti di contenimento dei consumi energetici che sono fondamentali per la costruzione e gestione degli edifici nZEB. Più nello specifico, sono state definite delle schede tecniche valutative in merito alla differenza tra il riciclo, che è una misura altamente energivora, ed il riuso dei materiali in edilizia.^[15]

IL CONCETTO DI CASA PASSIVA

La casa passiva, considerata il miglior esempio di abitazione energeticamente autosufficiente, riesce a ridurre considerevolmente il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'edificio sfruttando l'orientamento e l'esposizione solare, la distribuzione interna ed i migliori materiali costruttivi.

La ricerca sta avanzando verso l'obiettivo di una casa dal costo accessibile, adattabile facilmente a diversi luoghi, ed a consumo quasi zero, detta anche nZEB (nearly Zero Energy Building).

Si può dire che una PassivHaus riesce ad unire tre fattori quali la riduzione dei consumi grazie ad impianti efficienti, la riduzione delle emissioni grazie alle fonti rinnovabili, e la riduzione del fabbisogno con l'uso di risorse naturali presenti in loco ed una buona progettazione dell'involucro.

Il prototipo che verrà realizzato nell'ambito del Solar Decathlon Europe 2019 è una sorta di casa passiva già dal fatto che dev'essere un edificio energeticamente autosufficiente.

Inoltre, la PassivHaus ha vantaggi riguardanti il comfort perchè il calore rimane all'interno, l'efficienza energetica dato che non si necessita di ingenti quantità di energia per riscaldare, la sostenibilità date le ridotte emissioni di CO₂ nell'atmosfera, e l'innovazione tramite sistemi impiantistici all'avanguardia, che sono tutti obiettivi di alcuni dei contest della competizione.

La casa passiva è nata in Germania nel **1988** con il termine PassivHaus, grazie alla collaborazione tra due università che decisero di ideare una nuova tipologia abitativa che sfruttasse sia la miglior esposizione solare, che la distribuzione interna, l'orientamento, ed i migliori materiali costruttivi. Così facendo, scoprirono che si riduce notevolmente il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'edificio. La collaborazione fu tra il fisico tedesco Wolfgang Feist ed il ricercatore Bo Adamson. Il primo disse che *"una casa passiva è un edificio ad altissime prestazioni energetiche e ad elevatissimo livello di comfort"*.^[16]

Costruirono la prima PassivHaus nel 1990, a Darmstadt, in Germania. Era un complesso di quattro case a schiera che, pur avendo ottenuto dei risultati eccellenti in termini di risparmio energetico, ebbe un costo troppo elevato per il mercato. La ricerca però non si fermò, infatti solo nel 1993 fu costruita un'altra PassivHaus a Stoccarda, e nel 1995, Amory Lovins, uno dei più importanti ricercatori statunitensi nel settore del risparmio energetico, iniziò a studiare un modo per ridurre i costi di costruzione.

La svolta arrivò l'anno successivo, con la fondazione del **PassivHaus-Institut** a Darmstadt, che da allora si occupa di analizzare e sviluppare edifici e componenti per le case passive, ideando un sistema di certificazione. Lo standard PassivHaus è usato sia per certificare gli edifici di nuova costruzione, che quelli da riqualificare. Da quel momento le PassivHaus si sono diffuse prima in Germania, Svezia, Austria, Olanda, Svizzera e Francia, e più recentemente anche negli Stati Uniti.

Attualmente in Germania sono presenti 7.000 edifici certificati come Case Passive, in Austria 4.000 ed in Francia 3.500.

In Italia, ce ne sono ancora poche, meno di 100, dato che si sta cercando un esatto adeguamento del progetto dal clima continentale a quello temperato, ma si è consapevoli delle potenzialità climatiche ideali per rispettare gli standard PassivHaus.

Oggi, una casa passiva ha un costo molto simile a quello di una casa costruita con metodi tradizionali. La ricerca, infatti, sta avanzando verso l'obiettivo di una casa dal costo accessibile, facilmente adattabile a diversi luoghi, ed a consumo quasi zero.

La **definizione** di casa passiva è che *"i fabbisogni energetici vengono ridotti a tal punto che le tecniche di riscaldamento passivo conosciute, come lo sfruttamento del sole attraverso le aperture trasparenti e dei guadagni interni delle persone e degli elettrodomestici, diventano significative in rapporto al fabbisogno totale di energia dell'edificio. Il calore di cui eventualmente si dovesse avere bisogno, può essere fornito attraverso l'impianto di ventilazione interna, a patto che il carico termico dell'edificio non superi i 10 W/m² di superficie abitata. Quando un edificio si riscalda con il solo aiuto di un sistema di ventilazione forzata, si può definire tale sistema un edificio passivo"*.^[17]

Infatti, nella PassivHaus il fabbisogno per la climatizzazione, sia invernale che estiva, è molto basso, inferiore a 15 kWh/m² anno, dieci volte in meno rispetto un edificio tradizionale. Grazie a ciò si possono eliminare gli impianti tradizionali di riscaldamento e raffrescamento. In questo modo, si può climatizzare l'edificio solo tramite l'impianto di ventilazione interno.

Inoltre, il fabbisogno di energia primaria, quindi acqua calda sanitaria ed energia elettrica, deve rimanere al di sotto dei 120 kWh/m² anno.

Ciò equivale ad un risparmio superiore al 90% di energia rispetto ai consumi medi delle abitazioni tradizionali. Infatti, l'obiettivo di una PassivHaus non è solo l'efficienza energetica, ma anche quello di garantire un elevato comfort interno e di essere economicamente vantaggiosa, quindi i costi di costruzione maggiori rispetto un edificio tradizionale riescono ad essere ammortizzati grazie al risparmio annuo sull'energia.

Francesco Nesi, direttore di ZEPHIR, Zero Energy and PassivHaus Institute for Research, società che rappresenta il PassivHaus-institut in Italia dal 2011, afferma che *"una casa costruita secondo lo standard PassivHaus consente di ammortizzare gli extracosti iniziali, in media il 6-8% in più rispetto un'abitazione tradizionale, in 9-10 anni, grazie al risparmio energetico che ne deriva. Forse per questo, i clienti sono soprattutto i giovani, che vogliono investire sul loro futuro per avere una casa che si valorizzi nel tempo ed in cui la qualità della vita sia migliore"*.^[18]

Lo standard PassivHaus non necessita di modifiche per ogni regione dato che si fonda sulla direttiva europea 2002/91 CE, inerente la prestazione energetica degli edifici, in base alla tipologia ed alle condizioni ambientali.

Infatti, a prescindere dal luogo o dalle condizioni climatiche, una casa passiva è in grado di utilizzare in modo efficiente il sole e le risorse naturali di riscaldamento e raffrescamento, garantendo il benessere termico senza che sia necessario l'utilizzo di sistemi attivi.

I bassi fabbisogni energetici si ottengono soprattutto grazie ad un'attenta progettazione e risoluzione dei dettagli costruttivi, quindi ci si sofferma maggiormente sull'orientamento dell'edificio, sulla distribuzione e la tipologia dei serramenti a taglio termico, sulle fonti di ombreggiamento, sull'adozione di sistemi di ventilazione controllata a recupero energetico, sulle pompe di calore per riscaldare l'aria dell'impianto di ventilazione, sui pannelli solari, e sull'utilizzo di isolamenti termici ad elevate prestazioni sulle murature perimetrali, copertura e superfici vetrate.

Per certificare una casa con i criteri PassivHaus devono essere obbligatoriamente rispettati alcuni **parametri** di seguito riportati.

- Fabbisogno termico per riscaldamento: $Q_{\text{max,risc}} \leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
o in alternativa
- Carico termico specifico: $P_{\text{max,risc}} \leq 10 \text{ W/m}^2$
- Fabbisogno di energia primaria (riscaldamento, ventilazione, ACS, corrente elettrica ausiliaria e domestica): $\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
- Tenuta all'aria o ermeticità n50: $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Fabbisogno specifico per raffrescamento: $\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$
- Ore surriscaldate: $< 10\%$ di giorni in un anno, temperature interne $> 26^\circ\text{C}$

Inoltre deve garantire:

- Assenza di ponti termici: $\Psi < 0,01 \text{ W/mK}$
- Temperatura massima di riscaldamento dell'aria di mandata: 52°C
- Temperatura superficiale interna: $> 17^\circ\text{C}$
- Fonti interne di calore: $2,1 \text{ W/m}^2$
- Ricambio d'aria medio per persona: $20\text{-}30 \text{ m}^3/\text{h}$
- Ricambio d'aria minimo: $0,3 \text{ h}^{-1}$
- Fattore di occupazione: $35 \text{ m}^2/\text{persona}$
- Temperatura di progetto: 20°C senza riduzione notturna
- Fabbisogno ACS: 25 l/persona a 60°C , con 10°C temperatura acqua fredda
- Impianti ad alta efficienza, ventilazione interna con recupero di calore: $> 75\%$
- Trasmittanza delle pareti esterne: $0,08\text{-}0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza delle pareti contro-terra: $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza dei tetti e terrazzamenti: $0,06\text{-}0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza dei solai contro-terra o su ambiente non riscaldato: $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza delle pareti su ambienti non riscaldati: $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza delle finestre, serramenti a taglio termico: $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valore g del vetro: $> 0,5$
- Trasmittanza del vetro: $U_g \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [19]

Costruire una casa passiva ha vantaggi per quanto riguarda il **comfort**, dato che è come avere uno schermo protettivo da cui il calore non esce. Ciò significa avere temperature e calore equamente distribuiti in tutte le stanze dell'abitazione, quindi i livelli di comfort interno sono ineguagliabili e costanti, e non vi è alcuna variazione di temperatura significativa o fastidiosi spifferi. Per evitare ciò, solitamente si usa mettere delle membrane di tenuta all'aria verso l'interno della stratigrafia della parete, e di tenuta al vento verso l'esterno, in modo da raggiungere il limite del 60% del volume di aria ricambiato in un'ora. Una verifica che si effettua al termine della costruzione, è il Blower Door Test che, immettendo dell'aria, è capace di stabilire il livello di ricambio dell'aria, l'ermeticità e le eventuali perdite. Inoltre, il sistema di ventilazione è silenzioso ed è a basa potenza, in modo da garantire sia il benessere acustico che quello igrometrico all'interno.

Si hanno dei miglioramenti anche riguardanti l'**efficienza energetica** dato che si necessita di poca energia per riscaldare, e garantisce autonomamente una perfetta qualità dell'aria interna attraverso dispositivi semplici ed affidabili.

Anche per quanto concerne la **sostenibilità** si hanno dei benefici, grazie all'elevata efficienza energetica, dato che vengono ridotte significativamente le emissioni di CO₂ nell'atmosfera. La diffusione dello standard PassivHaus può ottenere risultati importanti per la salvaguardia del clima, dato che si utilizzano razionalmente le risorse energetiche fossili, come gas e petrolio. Il fabbisogno energetico decisamente ridotto delle case passive, consente l'uso di fonti rinnovabili come fonte principale di energia per tutto l'anno, e non solo come integrazione.

Vi sono dei miglioramenti anche per quanto riguarda l'**innovazione**, infatti, i requisiti di questa tecnologia costruttiva portano ad una nuova prospettiva progettuale e realizzativa. Anche il sistema impiantistico è innovativo, ed è indispensabile per raggiungere lo standard energetico.

Si hanno dei vantaggi anche riguardanti il **monitoraggio**, infatti, le PassivHaus non richiedono che gli utilizzatori siano a conoscenza del loro preciso funzionamento dato che la qualità dell'aria interna e la distribuzione della temperatura nelle varie stanze, si autoregola senza aver bisogno di interventi esterni.

Inoltre, nel progettare una casa passiva, prevale l'**individualità**. Dato che lo standard non ha particolari richieste formali o materiche, e quindi si riesce a raggiungere anche solo grazie al soddisfacimento dei suoi requisiti prestazionali, sono ammesse tutte le possibilità costruttive, distributive e quindi progettuali a seconda dei desideri del cliente. ^[20]

Dato che un'attenta progettazione è indispensabile, vi sono quattro settori fondamentali su cui si basa una PassivHaus: l'orientamento, l'involucro edilizio, il sistema di ventilazione e la tipologia di serramenti.

Una prima semplice regola da seguire è l'**orientamento** dell'edificio con ampie vetrate verso Sud. Ciò consente, alla casa passiva, di ricevere maggiori radiazioni durante la stagione più fredda, permettendo di sfruttare il più possibile il calore del sole. Inoltre, con adeguati ombreggiamenti, riceve meno radiazioni nella stagione estiva, quando il sole è alto ed i raggi colpiscono verticalmente l'edificio. La superficie finestrata a Sud dovrebbe essere il 40% rispetto a quella complessiva della facciata, mentre le vetrate rivolte ad Ovest devono essere ombreggiate dato che sono maggiormente irradiate dal sole in estate.

Le superfici opache dell'**involucro edilizio**, possono essere di qualunque materiale, basta che abbiano una trasmittanza termica minore di $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ dato che il clima continentale è noto ad avere inverni rigidi ed estati afose.

Uno degli elementi più importanti per la realizzazione di una casa passiva è il **sistema di ventilazione meccanica controllata**, VMC, fondamentale per il ricambio dell'aria interna. Infatti, l'aerazione tramite l'apertura delle finestre porta ad un'elevata dispersione termica, che invece dev'essere evitata perdendo il minor quantitativo possibile di calore. Quindi, di solito si usano impianti di ventilazione con recupero di calore: in inverno, l'aria calda uscente viene convogliata verso uno scambiatore a flusso, dove cede 80-90% del calore all'aria fredda in ingresso, la quale viene ridistribuita all'interno delle stanze, senza costi energetici. A volte, si utilizza una pompa di calore geotermica per un ulteriore riscaldamento del flusso d'aria esterno in entrata, prima di raggiungere lo scambiatore di calore. L'impianto di ventilazione viene inserito nella struttura dell'edificio in modo tale da non percepire alcuna corrente d'aria nei vari ambienti.

I **serramenti** sono il punto più debole e critico per quello che riguarda l'involucro edilizio, dato che, confrontati con gli elementi opachi, non riescono a raggiungere quei livelli di trasmittanze. Un serramento prestazionale spesso 90 mm, a tre guarnizioni, con triplo vetro e doppia camera con gas argon, ha infatti un valore al massimo di $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Gli elementi vetrati sono, però, indispensabili in quanto servono per far entrare i raggi solari e quindi il calore prodotto, perciò, è fondamentale utilizzare vetri basso-emissivi, quindi in grado di trattenere il calore all'interno della PassivHaus. Inoltre, è importante che siano posati a regola d'arte per avere un'ottima connessione con l'involucro opaco. ^[21]

FONTI CAPITOLO 2

[img. 1-2]: www.economyup.it

[img. 3]: www.wasteitalia.it

[img. 4-5-6]: ISPRA, "Rapporto Rifiuti Urbani", pag. 35, 43, 47

[img. 7-8-9-10]: www.cmcc.it/ipccitalia

[img. 11-12-13]: www.iea.org/statistics

[img. 14-15]: OECD, IEA, "Energy Efficiency Indicators Highlights (2017 edition)", pag. 79-80

[img. 16]: www.ec.europa.eu/clima

[1-3]: www.wasteitalia.it/economia-circolare

[2]: www.fondazionevilupposostenibile.org

[4]: ISPRA, "Rapporto Rifiuti Urbani", pag. 2-50

[5]: Bologna R., "Emergenza del progetto. Progetto dell'emergenza.", pag. 15

[6-7]: cause e conseguenze dei cambiamenti climatici, www.ec.europa.eu

[8]: IPCC, www.isprambiente.gov.it

[9]: www.cmcc.it/ipccitalia

[10]: www.iea.org

[11]: www.ec.europa.eu/clima

[12]: www.fondazionevilupposostenibile.org

[13]: www.energiaenergetica.enea.it

[14]: www.architetto.info

[15]: Cumo F., Fogheri A.M., Giustini F., Pennacchia E., Romeo C., "Sviluppo della certificazione energetico ambientale degli edifici come strumento per l'efficienza energetico-sostenibile e l'aumento della qualità ambientale interna degli edifici", pag. 5-7

[16-17-19-20]: www.rvconsultingdesign.com

[18]: www.metlife.it

[21]: www.isi-italia.it

CAPITOLO 3

L'ARCHITETTURA DI RIFERIMENTO



I casi studio

L'analisi comparata dei casi studio

L'ARCHITETTURA DI RIFERIMENTO

I CASI STUDIO

Entro il 2050 quasi 10 miliardi di persone vivranno sulla terra, richiedendo l'urgente bisogno di alloggi rigenerativi.

L'acqua, le fonti alimentari e la scarsa terra arabile sono già al primo punto tra le questioni globali che devono essere affrontate.

Ciò creerà, nei prossimi trent'anni, un'ingente domanda di progetti integrati che incorporano una filiale al passo con la produzione di alimenti biologici ad alto rendimento che soddisfi diverse esigenze nutrizionali.

La soluzione è quella di progettare quartieri composti da case passive, che utilizzino energia rinnovabile ed aventi un'accurata gestione delle risorse, soprattutto idriche.

Di seguito si vedranno dei casi studio dimostrativi di questa filosofia che, se ampiamente applicata, può portare benefici sia all'uomo che li abita che all'ambiente.

La selezione di queste cinque realizzazioni sperimentali e all'avanguardia si è basata sul fatto che sono tutti prototipi, di piccole dimensioni, così come sarà quello del Solar Decathlon Europe 2019.

Con l'osservazione delle principali caratteristiche di questi interventi pilota, si traggono degli spunti per poi ottenere l'autosufficienza del prototipo in questione, sia in termini energetici, idrici ed alimentari, che per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti prodotti.

Non tutti i casi studio analizzati tengono in considerazione ogni aspetto, ma ognuno contribuisce in almeno un settore tramite metodi differenti tra di loro, poi comparati alla fine del capitolo.

- **IL REGEN VILLAGE**

Il ReGen Village è un borgo olandese di 15.500 m² trasformato in un eco-villaggio capace di autoprodurre energia pulita, cibo biologico ed acqua, diventato virale in tutto il mondo dopo l'annuncio alla Biennale di Venezia per l'architettura nel 2016.

Sta sorgendo ad Almere, vicino ad Amsterdam, infatti, a fine del 2018 si ha iniziato ad intervenire sul territorio, ma le prime abitazioni verranno costruite entro metà del 2019.



ReGen Village, render visto dall'esterno [img. 1]

“Dobbiamo ripensare al nostro modo di vivere” è la frase su cui si basa il ReGen Village, che è una nuova tipologia di comunità pensata per essere completamente autosufficiente. Ciò lo si deve applicare per non consumare risorse più del dovuto, come risposta all'aumento della popolazione, all'inquinamento, alla scarsità di risorse, alla crisi alimentare e soprattutto ai cambiamenti climatici con il surriscaldamento del pianeta.

L'eco-villaggio è un modello di sostenibilità, rappresentativo di una visione replicabile tramite interventi analoghi in tutto il mondo, e che rispetta sia l'ambiente che le esigenze dell'uomo, quindi porta vantaggi alla collettività, come il contenimento dei consumi energetici e la riduzione degli impatti ambientali con le emissioni di CO₂ nell'atmosfera, ed al singolo, come i possibili risparmi economici anche se magari a medio-lungo termine.

Il ReGen Village nasce grazie alla collaborazione di James Ehrlich con Effekt, studio di architettura danese noto per aver realizzato comunità autosufficienti ed ecologiche.

È un villaggio "rigenerativo" con una visione verso il futuro, da qui il nome ReGen. È pensato come uno spazio che cerca di mettere insieme una vasta varietà di tecnologie innovative, utilizzando avanzati metodi di coltivazione come l'aeroponica, l'idroponica e la permacultura, con strutture aventi lo scopo di produrre energia elettrica, tramite la combinazione di energia solare, geotermica, eolica e da biomasse, quindi interamente ottenuta da fonti rinnovabili.

Le persone che vivranno all'interno di una delle case del nuovo quartiere olandese, inizieranno ad avere una completa autonomia sia dal punto di vista energetico che da quello alimentare.

Si avrebbe un ulteriore progresso se si riuscisse quotidianamente a ridurre gli sprechi, e ciò si potrebbe ottenere con la trasformazione dei rifiuti in risorse ed il recupero dell'acqua piovana. Infatti, James Ehrlich spiega che *"un impianto trasformerà tutti i rifiuti casalinghi non compostabili in elettricità ed acqua, ed un sistema di stoccaggio raccoglierà acqua piovana ed acque grigie da ridistribuire ai giardini stagionali"*.^[1]

Con l'integrazione di queste tecnologie innovative, ReGen Village cercherà di superare le sfide che un mondo in continuo cambiamento ed evoluzione pone ogni giorno.

L'ecovillaggio avrà una forte valenza sociale, oltre ad avere valore ambientale e finanziario. Dato che le famiglie avranno maggior responsabilità e si creerà un senso di comunità, gli abitanti diventeranno parte integrante di un eco-sistema comune avente al centro la natura, una produzione autonoma ed un consumo oculato.



ReGen Village, render visto dall'interno [img. 2]

All'interno del villaggio vi saranno varie tipologie di abitazioni, tutte con degli stessi punti in comune, quali l'essere prefabbricate e quindi montabili e smontabili velocemente, avranno una zona esterna ma coperta molto estesa, un sistema di raccolta dell'acqua piovana, gli spazi saranno riscaldati grazie al calore passivo, in inverno l'aria verrà preriscaldata mentre gli involucri di vetro riusciranno a prolungare la stagione estiva, e verrà incorporata l'energia solare.

Il progetto del villaggio è costituito da 25 abitazioni monofamiliari costruite secondo lo standard PassivHaus e disposte a cerchio con all'interno gli impianti di produzione alimentare a servizio della comunità. Le unità abitative sono racchiuse in involucri di vetro, così da velocizzare la crescita degli alimenti.

Vi sono otto piazze che funzionano come stazioni di ricarica per le auto elettriche e sono collegate tra loro per garantire un'infrastruttura efficiente.

Tra gli edifici si creano degli spazi sociali per garantire una completa integrazione tra le unità abitative e la produzione di cibo.

Per minimizzare l'impatto della produzione alimentare e degli edifici, lo spazio intorno lo si dedica alla biodiversità, alla permacultura ed ai giardini stagionali. È un villaggio che non esaurisce la natura, ma la ripristina.



sviluppo del ReGen Village [img. 3]

Sono in progetto otto tipologie di abitazioni: due su un piano, quattro su due livelli, e due con tre piani fuori terra.

La tipologia 1A è composta da un'abitazione di 80 m² ed una serra di 20 m² mentre la 1B ha le stesse dimensioni ma l'abitazione ha una disposizione differente in modo da suddividere la serra in due parti.

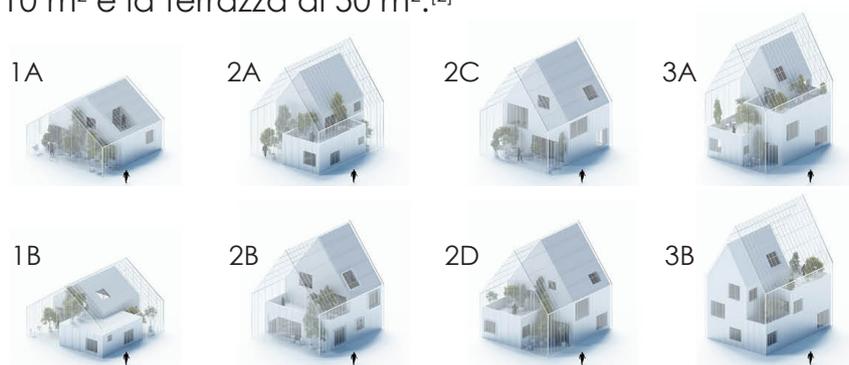
La tipologia 2A ha la casa di 110 m², la serra di 20 m² ed una terrazza di 20 m².

La tipologia 2B è composta invece da una casa di 120 m² ed una serra di 25 m².

La tipologia 2C ha la casa di 130 m², la serra ed una terrazza entrambe di 20 m².

La tipologia 2D ha l'abitazione di 120 m², una serra di 15 m² ed una terrazza anch'essa di 20 m².

La tipologia 3A è composta da una casa di 140 m², una serra di 5 m² ed una terrazza di 40 m². La tipologia 3B ha l'abitazione avente la stessa superficie, ma la serra è di 10 m² e la terrazza di 50 m².^[2]



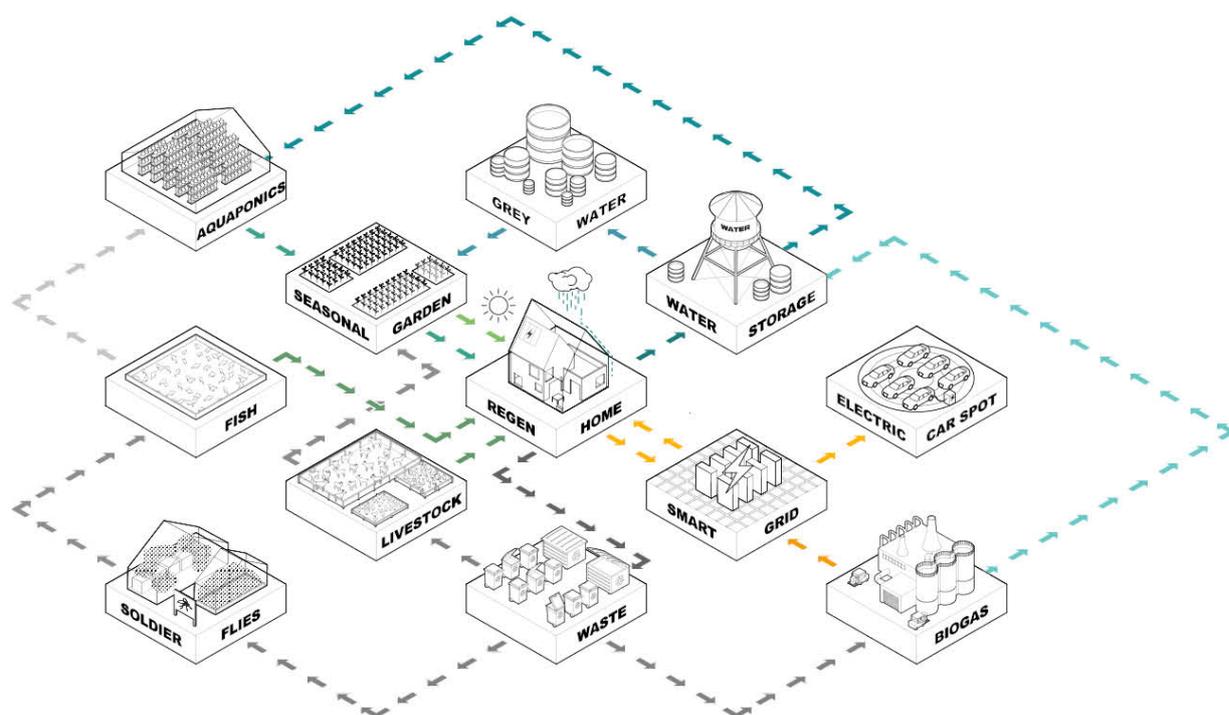
otto tipologie di abitazioni all'interno del ReGen Village [img. 4]

I **rifiuti domestici** vengono suddivisi in diverse categorie in modo che possano essere riutilizzati per molteplici scopi: i rifiuti organici non compostabili sono utilizzati nell'impianto di biogas, mentre il compost diventa cibo per le mosche ed il bestiame. Le mosche servono poi per alimentare i pesci, e gli scarti prodotti da questi diventano fertilizzante per le piante, invece i rifiuti del bestiame vengono utilizzati per fertilizzare i giardini stagionali.

I **metodi agricoli** utilizzati, come l'aerponica, l'idroponica e la permacultura, consentono di produrre molti prodotti impiegando meno tempo e meno risorse. Il sistema acquaponico produce frutta e verdura a km0 per gli abitanti del villaggio, mentre i giardini stagionali producono un'ampia varietà di prodotti per il consumo domestico. Il bestiame ed i pesci fungono, invece, da fonte primaria di proteine alimentari.

L'insediamento ha un sistema di **raccolta ed immagazzinamento dell'acqua** piovana, ed a questa viene aggiunta l'acqua prodotta dall'impianto di biogas. Successivamente vengono separate le acque grigie per essere riutilizzate per irrigare i giardini stagionali. L'acqua pulita, invece, viene distribuita al sistema acquaponico quando lo necessita.

I **pannelli solari** forniscono energia per tutte le abitazioni, mentre quella in eccesso, con l'aggiunta dell'energia prodotta dall'impianto di biogas, viene distribuita in rete che la ripartisce all'insediamento quando lo necessita, come ad esempio per caricare le auto elettriche. La rete garantisce che l'energia sia emessa nel modo più efficiente possibile.^[3]



sistema di riciclo dei rifiuti, dell'acqua e dell'energia all'interno del ReGen Village [img. 5]

James Ehrlich spiega che *"con questi insediamenti che si autorigenerano si vuole sviluppare una nuova visione dell'abitare. Si dimostra che l'autoproduzione energetica ed alimentare a basso impatto è possibile e che si può riciclare molto più di quanto siamo attualmente abituati a fare o ad immaginare"*.^[4]

La visione futura del ReGen Village si basa su tre concetti fondamentali:

- L'ingegnerizzazione e lo sviluppo di quartieri integrati e resilienti in tutto il mondo è utile per avere delle famiglie che si nutrono in autonomia.
- La tecnologia integrata consente alle comunità in crescita di avere un surplus di energia, acqua e cibo organico che, nel loro insieme, diventa un'attività utile ad ammortizzare e ridurre i pagamenti dei mutui.
- Collaborare con enti che gestiscono i terreni a livello regionale, architetti, imprese edili, università ed aziende manifatturiere, serve per massimizzare l'efficienza in termini di costi-benefici che consente quindi il ridimensionamento globale dei progetti di sviluppo.

Attualmente, nel ReGen Village si sta procedendo con la costruzione della prima comunità ad Almere, nei Paesi Bassi, ma si hanno già anche altri accordi per lo sviluppo di questa tipologia di progetto in tutto il Nord Europa, come in Svezia, Danimarca, Norvegia, Germania, Belgio, Inghilterra, oltre che negli Stati Uniti ed in Asia.

Nel 2016, il ReGen Village ha vinto la Grand Challenge della Singularity University nella categoria Shelter. I progetti vincitori sono stati scelti in base alla loro capacità di incidere positivamente sull'umanità in scala globale attraverso l'uso di tecnologie innovative.

Successivamente si sono posti alcuni obiettivi, come intraprendere il processo di coinvolgimento pre-vendita della lista d'attesa dei futuri residenti, iniziare ad intervenire sul terreno a fine 2018 ed avere le prime abitazioni costruite entro metà 2019.^[5]

- **IL CIRCULAR BUILDING**

Il Circular Building è un esperimento di Arup, in collaborazione con Frener & Reifer, BAM ed il Built Environment Trust, riguardo ai principi dell'economia circolare nel settore dell'edilizia.

Infatti, tale edificio mette alla prova la maturità e la solidità del pensiero sulla **circular economy** nella catena di approvvigionamento ed esamina cosa significa ciò per la progettazione degli edifici, ossia che al fine vita di un'abitazione tutti i suoi componenti e materiali vengono riutilizzati o riciclati.

Questo nuovo modo di pensare richiede soluzioni innovative per il Circular Building, come selezionare materiali e prodotti locali che potranno essere riutilizzati o riciclati a fine vita, scegliere connessioni meccaniche o ad innesto, anziché adesivi, per poi consentire la decostruzione, utilizzare apparecchiature per la ventilazione composte da plastica, cartone e lattine riciclate, ed optare per un impianto elettrico a bassa tensione che include l'accumulo di energia locale facilitando la flessibilità futura e la facilità di manutenzione.

L'attuazione dei principi dell'economia circolare, nell'ambito dell'edilizia, sarà un processo lungo, ma testando ciò che è possibile in questo momento, il Circular Building evidenzia le sfide e le opportunità future.



Circular Building, esterno [img. 6]

Il Circular Building è stato realizzato nell'ambito del London Design Festival 2016 che si è svolto dal 17 al 25 Settembre.

Si trova accanto alla Circular Living Exhibition, all'interno del Building Center, che descrive i principi alla base dell'economia circolare ed esamina come si possono progettare prodotti, servizi ed edifici con una sostenibilità molto maggiore.

Ogni parte di questo edificio può essere riutilizzata o riciclata alla fine della sua vita.

Richard Boyd, membro del team di Arup's Materials Consulting, ha detto che *"Arup ha una crescente consapevolezza che l'uso del materiale è un problema fondamentale per la sostenibilità dell'ambiente costruito. L'economia circolare consente di sviluppare l'ambiente costruito di cui abbiamo bisogno essendo molto più intraprendente e più collaborativo su come utilizziamo le risorse"*.

Simon Anson, architetto progettista di Arup Associates, aggiunge *"come progettisti abbiamo bisogno di esplorare questo nuovo futuro e mostrare le possibilità di come creare un mondo che non inibisce, ma migliora, la qualità della vita delle persone mentre ci si prende cura del pianeta. L'edificio circolare è un piccolo primo passo verso questo futuro"*.^[6]

In generale, la **struttura** degli edifici è costituita da una gamma limitata di materiali come l'acciaio, il cemento armato, il legno e la muratura. Di solito è progettata per durare 60 anni, ma poiché non può essere sostituita, durerà finché l'edificio sarà necessario. Le strutture edilizie che vengono demolite oggi sono molto diverse da quelle in costruzione, e ciò rende difficile il riutilizzo dei materiali strutturali.

Grazie al suo volume ed all'uso di materiali ad alta intensità energetica, la struttura offre una grande opportunità per mitigare gli impatti ambientali negativi derivanti dall'uso dei materiali.

La struttura del Circular Building è progettata per essere smontabile e riutilizzabile. La dimensione dell'edificio è stata regolata per adattarsi alle lunghezze di acciaio disponibili, infatti è costituita da scarti di altri progetti.

L'acciaio è uno dei materiali più resistenti e più usati al mondo. Quando la sua vita utile è finita, può essere riutilizzato e praticamente sempre riciclato.

Inoltre, sono stati usati bulloni a morsetto in grado di fissare gli elementi alle travi in acciaio senza creare fori nella struttura, offrendo flessibilità, longevità, facilità di decostruzione e possibilità di riutilizzo o riciclaggio.

Il legname trattato, utilizzato per creare il pavimento, è stato certificato PEFC da foreste ben gestite che preservano l'habitat, il paesaggio, i valori sociali ed economici.

La costruzione dell'**involucro**, in generale, è fatta da una vasta gamma di materiali. Solitamente è progettata per durare 20 anni, ma può avere una durata significativamente più breve o più lunga.

La pelle ha un impatto importante sulla quantità di energia utilizzata dall'edificio per l'illuminazione, il riscaldamento ed il raffreddamento. Gli standard di prestazione per la costruzione degli involucri sono cambiati nel tempo, quindi le pelli degli edifici più longevi non soddisfano i requisiti contemporanei.

Il Circular Building è composto da prodotti e materiali progettati per la decostruzione, la rigenerazione ed il riciclaggio.

È rivestito esternamente con una protezione anti-pioggia in legno certificata Cradle2Cradle.

Le pareti sono costituite da pannelli tipo OSB (Orientated Strand Board) realizzati con scarti agricoli ed incollati con resine naturali, assemblati con viti e connessioni ad innesto. Questo materiale ha proprietà strutturali ed antincendio migliori rispetto alle alternative in legno. Esse sono coibentate con quattro tipi di isolamento, ognuno dei quali si avvicina alla circolarità in modo diverso. Spacefill, è un isolamento estremamente efficiente da utilizzare, iniettato all'interno della struttura, così da non dover rimuovere intonaci. Deriva dall'aerogel che ha un'ottima conduttività termica, ed è anche traspirante e resistente all'acqua. L'isolamento naturale Mushroom è un prodotto sano, sicuro, sostenibile, privo di formaldeide, facile da installare e resistente al fuoco. Rockwool è un'isolante in lana di roccia, ed è un materiale sia stabile che idrorepellente. Inoltre, vi è l'isolamento acustico in cotone/denim riciclato all'80% che può essere riutilizzato. I pannelli acustici AutexT sono realizzati con bottiglie di plastica riciclate ed utilizzano i processi più efficienti dal punto di vista energetico.

I lucernari possono essere rimossi in un unico pezzo e sostituiti senza intaccare le strutture esistenti, dato che il design è completamente modulare.

La vetratura utilizza vetro non patinato, che migliora la sua riciclabilità senza introdurre impurità nel ciclo del materiale. Ha elevate credenziali di sostenibilità con prestazioni energetiche eccezionali, una durata prevista di più di 30 anni ed un'eccellente facilità di smontaggio. Non è utilizzato alcun adesivo nella fabbricazione o nell'installazione. I telai sono in legno-alluminio, di cui il legno, proveniente da foreste sostenibili che soddisfano i requisiti degli standard PEFC, dopo la sua durata necessaria può essere riciclato in altri prodotti a base di legno, e l'alluminio è riciclato per il 35% in una forma che si adatta ai sistemi di vetrate architettoniche.

Inoltre, sia la membrana impermeabilizzante e traspirante che il sistema di facciata continua non utilizzano adesivi o sigillanti applicati sul sito, facilitando la decostruzione dato che possono essere rimosse e riutilizzate.

Si sono utilizzati pannelli in legno ad alte prestazioni, aventi una durata prevista di 60 anni. Oltre agli ovvi benefici che questa lunga aspettativa di vita comporta, la sua stabilità dimensionale e resistenza al decadimento fungino supportano lunghi intervalli di manutenzione di 10-16 anni, che dipendono dal tipo di rivestimento. Si dimostra un completo impegno per la sostenibilità ed il movimento circolare, dato che il prodotto è riciclabile al 100% nella sua forma grezza, ed i rifiuti vengono riutilizzati come combustibile nello stabilimento di produzione.

Inoltre, vi è un sistema di pareti verdi negli spazi interni, semplice da installare e mantenere, e può essere facilmente smontato e spostato senza alcun materiale sprecato. Ogni pianta è all'interno di un vaso, così possono essere rimosse singolarmente senza danneggiare le piante vicine. Tutti i materiali vegetali utilizzati sono completamente compostabili. Il sistema è progettato per essere irrigato ogni quattro settimane mantenendo le piante in buona salute e purificando l'aria interna.

In genere, i **servizi** forniscono acqua pulita, alimentazione per collegare prese ed elettrodomestici, riscaldamento o raffreddamento degli spazi interni, e smaltiscono in modo sicuro i liquami. I servizi sono progettati per durare di solito 15 anni. L'innovazione tecnologica rende obsolete le soluzioni esistenti, erodendo il potenziale valore residuo dei sistemi nel momento in cui vengono rimossi da un edificio.

Nel Circular Building, i servizi sono progettati per essere aggiornati e riutilizzati. Questo prototipo ha una ventilazione meccanica con taglio laser stampato 3D con recuperatore di calore (MHVR, Mechanical Ventilation with Heat Recovery Unit) ed è progettata e costruita da Arup utilizzando plastica riciclata, lattine per bevande riutilizzate ed un motore per scooter elettrico rinnovato.

L'energia pulita viene immagazzinata in batterie ad acqua salata che non contengono metalli pesanti o sostanze chimiche tossiche. Sono le prime ed uniche al mondo ad essere certificate Cradle2Cradle, uno stimato marchio di qualità per prodotti realizzati con materiali e processi produttivi sostenibili.

Gli elementi dell'involucro e dello scambiatore di calore sono riciclabili. Le condutture sono di cartone altamente sostenibile proveniente da foreste gestite dove, per ogni albero abbattuto, vengono piantati due nuovi alberi, proteggendo il futuro delle foreste e l'approvvigionamento di legname per le generazioni future.

L'illuminazione è formata da componenti utilizzati in precedenti installazioni di Arup. I corpi illuminanti sono controllati tramite Bluetooth e tecnologie a bassa energia. Le lampade sono progettate per essere smontate e le loro parti componenti riutilizzate.

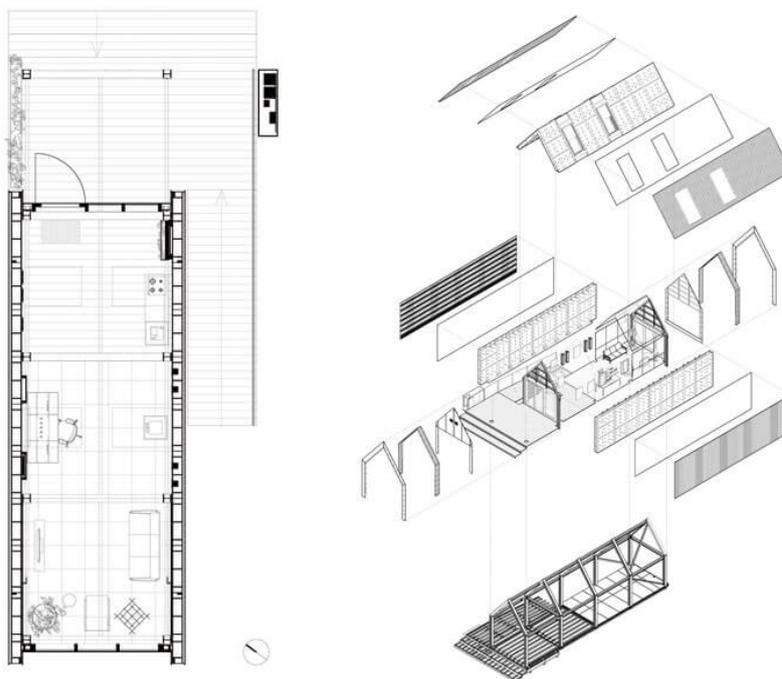
La categoria più ampia di oggetti in un edificio è quella soggettiva per ogni occupante. Questa categoria comprende le **finiture**, gli arredi, gli accessori e gli oggetti di uso quotidiano. Questi oggetti possono rimanere nell'edificio per un tempo che non si può definire, ma quando raggiungono la fine della loro vita diventano rifiuti domestici.

Le finiture del Circular Building sono state noleggiate, dove era possibile.

Le piastrelle del pavimento non sono incollate, rendendo facile il loro ritorno al fornitore per il riutilizzo o la rigenerazione, e contengono il 70% di materiale riciclato. I tappeti sono realizzati con cotone, bottiglie e pneumatici riciclati, e sono a loro volta riciclabili al 100%.

Anche il divano è costituito da rifiuti di bottiglie di plastica riciclate al 100%. I tessuti per l'arredamento sono realizzati in poliestere riciclato post-consumo (PET) ed è stato creato appositamente per ridurre l'impatto ambientale, infatti, utilizzando meno energia e meno sostanze chimiche, le emissioni di CO₂ sono ridotte al minimo.

Le sedie da ufficio sono un'innovazione rivoluzionaria nelle prestazioni e rapidamente sono diventate un'icona del design sostenibile.^[7]



Circular Building, pianta ed esploso [img. 7]

Il prototipo del Circular Building è stato smontato già a Novembre del 2016 ed il suo futuro è in fase di studio. Arup sta cercando di applicare le lezioni apprese sull'economia circolare ad altri edifici. Lewis Blackwell, direttore esecutivo di Built Environment Trust, dice che *“la condivisione delle conoscenze ed il reclutamento delle persone nella comunità circolare devono essere fatti. Abbiamo bisogno di diffondere i valori che ci interessano e coinvolgere le persone”*.

- **LA BIOSPHERA 2.0**

BiosPHera 2.0 è una casa di soli 25 m², energeticamente autosufficiente, realizzata utilizzando tecnologie innovative e capace di produrre l'energia necessaria per poterci vivere.

È un progetto di ricerca intrapreso su iniziativa di ZEPHIR PassivHaus Italia, insieme al Politecnico di Torino, l'Università della Valle d'Aosta, Aktivhaus, Minergie e PEFC, con il patrocinio della Regione Valle d'Aosta, del Comune di Courmayeur e la partecipazione di aziende nazionali ed internazionali.

Per la prima volta sono stati monitorati, per dodici mesi, i dati energetici ed ambientali dell'edificio, ed i parametri fisiologici di coloro che ci hanno vissuto, in condizioni climatiche molto diverse, con l'intenzione di definire scientificamente il livello di benessere all'interno di un ambiente energeticamente efficiente.



BiosPHera 2.0 [img. 8]

L'Istituto ZEPHIR PassivHaus Italia (Zero Energy and PassivHaus Institute for Research) si occupa di ricerca, formazione, consulenza, e divulgazione nel settore della fisica edile e del protocollo di nuova costruzione o ristrutturazione PassivHaus, il quale è stato scelto come standard europeo di riferimento a partire dal 2020.

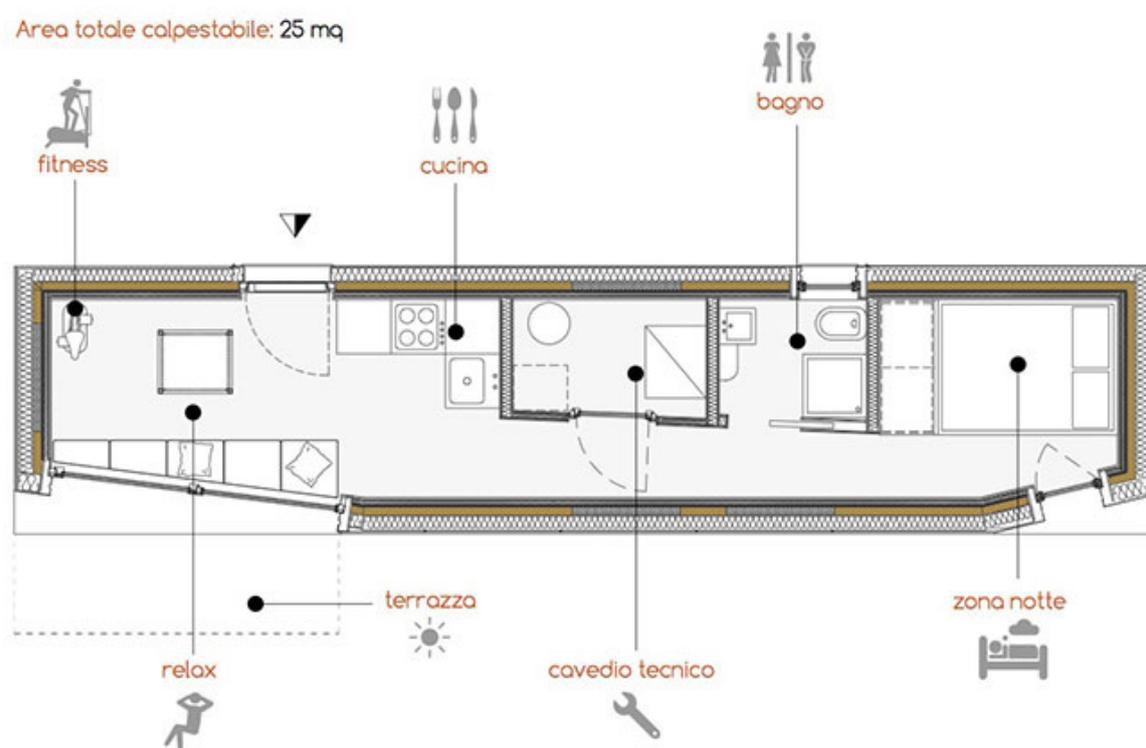
Aktivhaus è, invece, una società che realizza edifici in x-lam servendosi degli standard energetici e dei protocolli più avanzati al mondo. La filosofia adoperata in ogni step del processo di realizzazione di un edificio è quella di porre l'uomo ed i suoi bisogni al centro, avendo nello stesso tempo anche la massima efficienza energetica possibile.

Minergie è l'agenzia che governa l'omonimo standard, il quale permette un uso razionale dell'energia ed un vasto impiego di energie rinnovabili, migliorando sia la qualità della vita che la competitività, e diminuendo l'inquinamento.

PEFC Italia è l'organo nazionale che presiede il sistema di certificazione PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification schemes), che è un'iniziativa internazionale fondata sull'accrescimento della gestione forestale sostenibile a livello nazionale. Quindi, l'obiettivo principale è quello di assicurare che la materia prima legnosa derivi da foreste gestite in modo sostenibile.^[8]

Un centinaio di studenti di architettura ed ingegneria, provenienti da diversi Atenei italiani, hanno partecipato ad un workshop organizzato dal gruppo Woodlab del Politecnico di Torino e dalla start up be-eco, sviluppando 15 concept. Il concept che ha ottenuto il primo posto in classifica, proposto da sei studenti del Politecnico di Torino, è stato assunto come riferimento per poi sviluppare e realizzare il modulo abitativo BiosPHera 2.0.

La BiosPHera 2.0 è un'abitazione di 25 m² equipaggiata di tutto il necessario per viverci all'interno, quindi cucina a induzione, elettrodomestici, impianto di riscaldamento e raffrescamento, ed è composta da una zona giorno, una zona notte, i servizi igienici ed una centrale tecnica.



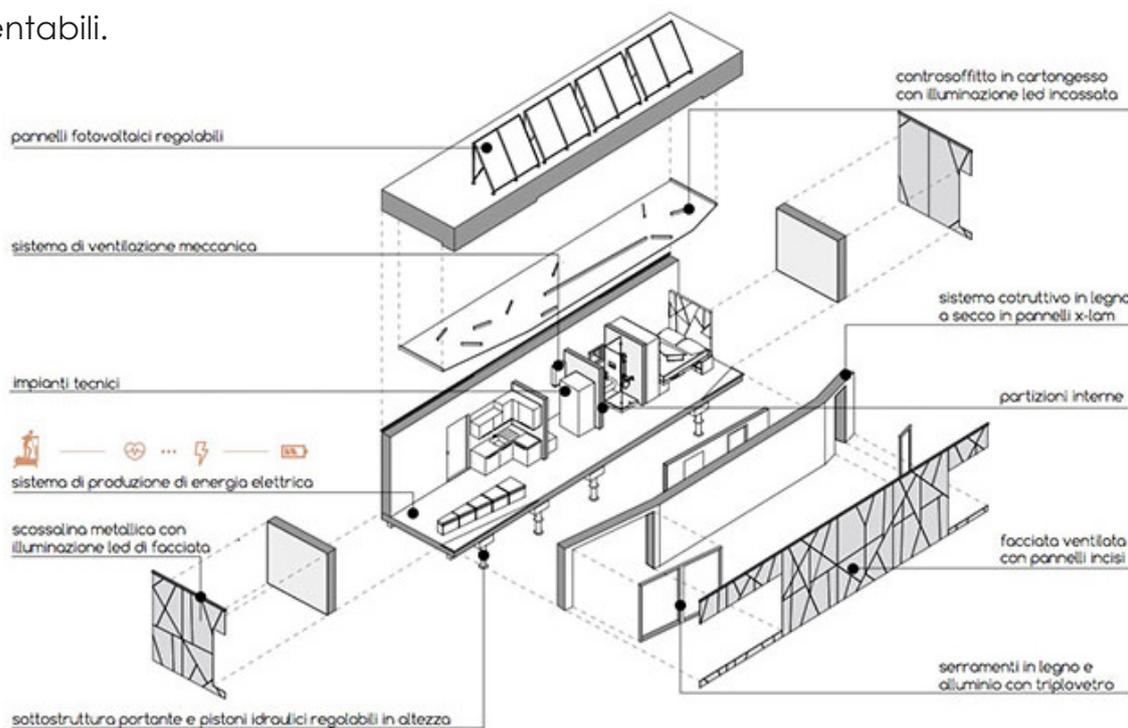
BiosPHera 2.0, pianta [img. 9]

È stata costruita impiegando tecnologie innovative e materiali di ultima generazione, realizzata ponendo al centro l'uomo ed i suoi parametri vitali, osservando le reazioni dell'organismo al variare delle situazioni ambientali. Il modulo abitativo è capace di assicurare, in diverse condizioni climatiche, autonomamente e senza fare ricorso ad una rete energetica esterna, una temperatura ottimale e confortevole dell'aria compresa tra i 21°C in inverno ed i 25°C in estate, ed una temperatura delle pareti rispettivamente tra i 16°C ed i 20°C.

La BiosPHera 2.0 ha un sistema costruttivo a secco in pannelli x-lam, la facciata è ventilata, costituita da pannelli incisi sostenuti da una scossalina metallica con illuminazione a led integrata, ed i serramenti sono in legno-alluminio con triplo vetro.

All'interno ha un sistema di ventilazione meccanica, il controsoffitto in cartongesso con illuminazione led incassata, ed un sistema di produzione di energia elettrica tramite una cyclette.

L'intero edificio è sorretto da una sottostruttura portante e pistoni idraulici regolabili in altezza, mentre sulla copertura piana vi sono otto pannelli fotovoltaici orientabili.



BiosPHera 2.0, esplosivo [img. 10]

Il modulo abitativo è stato realizzato secondo gli standard di qualità e di efficienza energetica più avanzati al mondo, quali PassivHaus e Minergie-P. Mentre il legno è anche certificato secondo i canoni di massima sostenibilità stabiliti da PEFC.

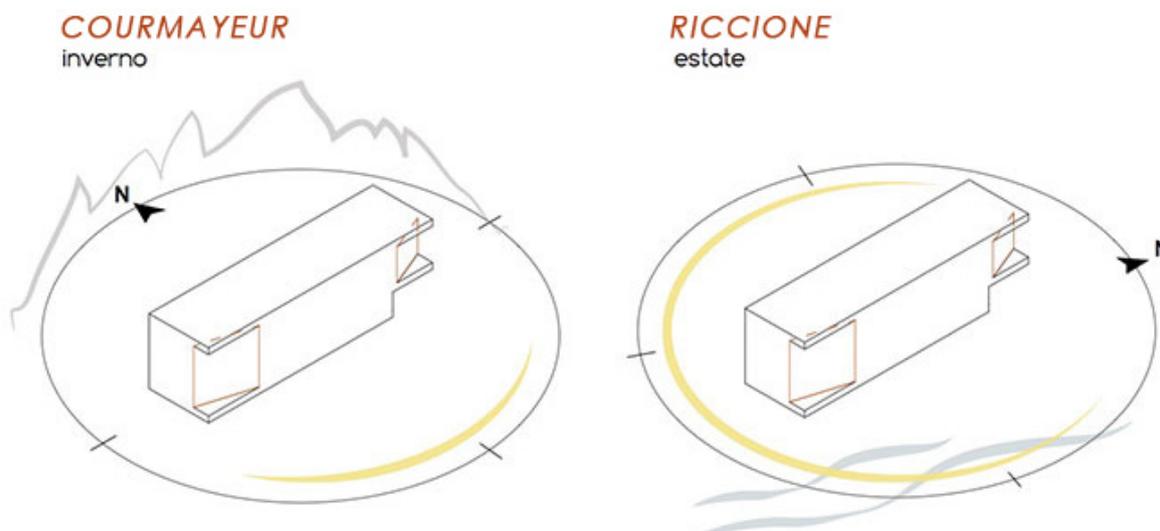
Lo standard PassivHaus, nato esattamente trent'anni fa, è uno dei protocolli più antichi. In una casa passiva è possibile arrivare ad un'ottima condizione di comfort abitativo con un minimo dispendio energetico, e si distingue per una notevole soddisfazione degli utenti ed una totale assenza di danni strutturali grazie alla tenuta all'aria ed alla minimizzazione dei ponti termici.

Un edificio certificato Minergie è provvisto di un involucro ermetico, di un ottimo isolamento termico, di un impianto di ventilazione controllata, di un riscaldamento efficiente e di un'adeguata protezione termica estiva.

Il PEFC Italia è lo schema di certificazione forestale più diffuso nel mondo. È una certificazione istituita per favorire la gestione forestale sostenibile e la tracciabilità lungo le filiere forestali.

La BiosPHera 2.0 è un'abitazione **itinerante**.

Da Marzo 2016 a Marzo 2017, è stato effettuato un roadshow di otto tappe, con il fine di infondere una nuova cultura dell'abitare e mostrare gli standard raggiungibili impiegando tecnologie innovative. Il modulo è stato ospitato a Courmayeur, Aosta, Milano, Riccione, Cuneo, Torino, Locarno e Bolzano per applicare degli stress test sull'edificio e per osservare le condizioni di benessere degli utenti in condizioni climatiche molto differenti tra loro, con temperature esterne da -15°C a Courmayeur a +40°C a Riccione.



orientamento della BiosPHera 2.0 in base alla località [img. 111]

Durante i 12 mesi sono stati raccolti i dati di parametri inerenti sia l'interno che l'esterno del modulo, relativi a temperature dell'aria e umidità esterne al modulo; temperature dell'aria, delle pareti e umidità interne; qualità dell'aria, polveri sottili PM_{10} , CO_2 , presenza di etanolo ed aldeidi, che sono gas solitamente presenti nelle case tradizionali; e presenza ed intensità di campi elettromagnetici.

Inoltre, vengono monitorati i dati relativi la fisiologia umana degli utenti, come la frequenza cardiaca, lo stato emotivo e la percezione della qualità rigenerativa dell'ambiente, tramite un braccialetto sviluppato dalla società Empatica.

All'interno del modulo abitativo sono state ospitate un totale di ventiquattro persone che hanno collaborato allo sviluppo dell'attività di ricerca tramite la stesura di un diario di bordo scritto per attestare le percezioni e le sensazioni provate durante l'esperienza. Sono state controllate costantemente attraverso l'utilizzo di tecnologie indossabili che rilevano la temperatura corporea, il battito e la frequenza cardiaca, l'attività elettrodermica registrando lo stato emotivo e l'eventuale disagio termico degli utenti.^[9]

Dopo l'anno di monitoraggi, il modulo abitativo è stato accolto nella città di Roma fino a Settembre 2017, poi fino a Novembre 2017 a Genova.

La BiosPHera 2.0 è stata ospitata anche al Fuorisalone di Milano ad Aprile 2018.

In seguito all'esperienza della BiosPHera 2.0, la casa della Energy Revolution si ripropone alla Fiera di Bolzano Klimahouse a Gennaio 2018, annunciando un cambiamento sia interno che esterno.

Il nuovo modulo abitativo si chiamerà **BiosPHera 3.0**, ed approfondirà maggiormente il rapporto che intercorre tra fisiologia umana ed involucro edilizio. Avrà dimensioni maggiori, 15 x 3 x 3,40 m di altezza, un peso di 26 tonnellate, ed un impianto capace di modificarsi adattandosi ai diversi contesti climatici in cui verrà collocato. L'obiettivo è quello di posizionare BiosPHera 3.0 vicino ad edifici aventi la stessa funzione, per riuscire a confrontare i parametri e le condizioni psicofisiche degli utenti nelle due diverse strutture.

Impiegherà, infatti, alcuni accorgimenti tecnologici in linea con la filosofia del Biophilic Design Scientifico, per riuscire ad ottenere un habitat capace di migliorare il benessere psico-fisico, la concentrazione mentale ed il potenziale di energia di chi lo abita, e di garantire soddisfazione, produttività, gratificazione e salute. Verranno, quindi, sviluppati sistemi di filtrazione dell'aria a base vegetale e verrà inserito un rigoroso controllo degli inquinanti interni. Sono inoltre previsti dei sistemi di colture idroponiche per l'autosostentamento alimentare e la presenza di vetrate dinamiche per la gestione automatica del raffrescamento e del surriscaldamento.

La BiosPHera 3.0 è stata pensata in maniera modulare, perciò i singoli moduli si potranno assemblare ed adattare alle diverse destinazioni d'uso quali potranno essere uffici, aule scolastiche piuttosto che ospedali. Per qualsiasi situazione di utilizzo, la velocità di montaggio e l'assenza di impatto ambientale in fase di cantiere fanno in modo che la BiosPHera 3.0 sia la soluzione ideale da prendere in considerazione anche nelle situazioni di emergenza, infatti, ciascun modulo si può spostare facilmente tramite trasporto su gomma. Il modulo sarà totalmente autonomo ed autosufficiente, anche in assenza di fonti solari ed apporti esterni, fino a 30 giorni.

Avrà certificazioni come CasaClima Gold e Minergie PassivHaus, insieme alla certificazione da parte del PEFC in termini di sostenibilità della filiera del legno.^[10]

- **LA CABIN MODULES**

La Cabin Modules è un prototipo temporaneo progettato e realizzato nel 2018 dallo studio IR Arquitectura in Ungheria, per l'evento "Hello Wood", capace di contenere tutti gli spazi fondamentali per una vita confortevole.

Hello Wood è un festival, nato nel 2010, che insegna alla nuova generazione di architetti a rivolgere la propria attenzione su argomenti sempre più spesso trascurati nelle facoltà di architettura. È, infatti, una piattaforma educativa internazionale che insegna ad apprendere attraverso un approccio più pratico, facendo esperienza con l'artigianato. Quella del 2018 è stata la nona edizione, denominata Cabin Fever, che prevedeva la costruzione di sette prototipi in legno da parte di 150 partecipanti provenienti da 35 paesi.

Il nome di "Cabin Modules" deriva dal fatto che il prototipo è composto da 5 moduli prefabbricati, ciascuno ricoprente una funzione base per una casa: store, dress, cook, heat e rest.

L'abitazione modulare ha un isolamento termico ed idrorepellente, inoltre è stata progettata per impattare il meno possibile sull'ambiente, infatti incorpora un sistema solare termico, sia per il riscaldamento che per la produzione di acqua calda sanitaria, un fornello solare e lampade solari.

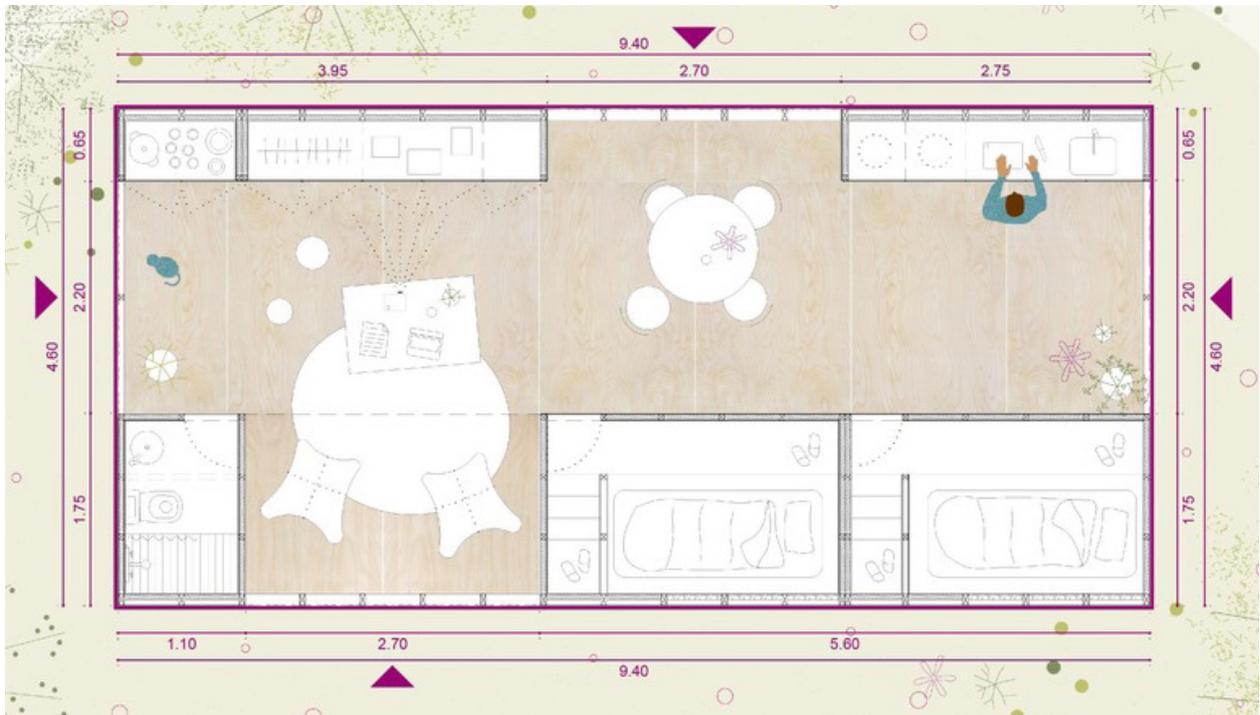


Cabin Modules, esterno ed interno [img. 12-13]

È un ambiente flessibile, che può avere diversi usi ed adattabile a vari stili di vita differenti. Inoltre, può essere considerata sia come una struttura temporanea che permanente, infatti, può diventare un gradevole rifugio fuori dal caos cittadino od un'abitazione fissa dato che è dotata di ogni funzione principale.

I progettisti colgono la sfida della flessibilità, infatti, il loro pensiero è che si deve vivere dove si desidera, adattando gli spazi alle esigenze degli utenti e non viceversa.

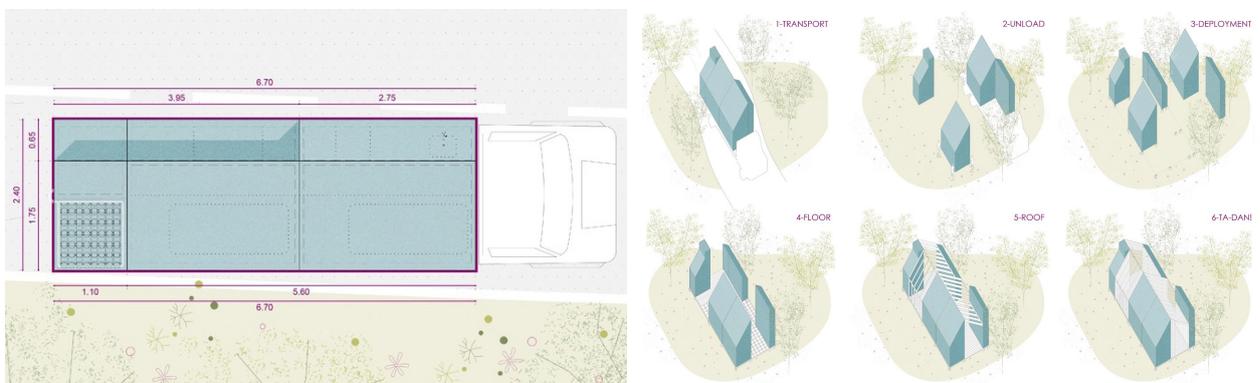
Pur essendo considerata una tiny house dagli stessi progettisti, ha comunque dimensioni di 9,4 x 4,6 m, quindi un'area di più di 43 m². È composta da un soggiorno e da un bagno a Sud-Ovest, dalla zona notte con letti a castello a Sud-Est, e da una cucina a Nord-Est.



Cabin Modules, pianta [img. 14]

Questo prototipo, essendo modulare, è stato completamente realizzato nel luogo d'origine, dopodichè i moduli prefabbricati sono stati trasportati con molta facilità all'interno di un unico container, e quindi, in sito, sono stati solo assemblati tra loro.

Successivamente al festival estivo, l'involucro è stato smantellato ed i volumi compattati in modo da essere nuovamente posti su un camion verso una nuova destinazione.^[11]



Cabin Modules, trasporto e montaggio [img. 15-16]

• I PROTOTIPI DEL FUORISALONE MILANO 2018

Nella settimana dedicata al Fuorisalone di Milano, ad Aprile 2018, è stato allestito **Inhabits**, uno spazio di 10.000 m², tra Piazza Castello e Parco Sempione, interamente realizzato secondo un nuovo concetto di casa, di benessere e di sostenibilità.

Tra altri prototipi, di fronte al Castello Sforzesco, era in mostra **SpaceShip**, la casa-navicella sostenibile progettata da Rubner Haus, una delle principali aziende italiane del legno, insieme agli studenti dello IED, Istituto Europeo di Design di Torino.

È un fabbricato autosufficiente, in grado di usufruire del sole e della fotosintesi per produrre energia, cibo, ossigeno ed acqua necessari per il supporto vitale di chi vi è all'interno.

Ha una struttura in legno che appoggia su piedi metallici, e si può accedere attraverso una rampa che permette ai visitatori di entrare in un ambiente futuristico, evocativo e rispettoso del pianeta.

È un insieme di innovazioni tecnologiche che Rubner propone ai progettisti tramite la filosofia di "progetto senza limiti", con la quale l'azienda si pone l'obiettivo di soddisfare ogni richiesta dei committenti senza alcuna limitazione inerente la tecnologia e la funzionalità.



SpaceShip, dallo schizzo a mano di Cesare Griffa alla realizzazione al Fuorisalone [img. 17-18]

Il progetto è partito da una partnership tra Rubner Haus e lo IED di Torino, che ha coinvolto gli studenti del Master in "smart buildings and sustainable design" nell'ideazione di innovative soluzioni per una delle tecniche più antiche per le costruzioni in legno, il sistema Blockhaus, che permette di avere solidità e robustezza, ma allo stesso tempo è facile da montare prevedendo travi maschiate in legno lamellare o massiccio, quindi incastrate tra loro senza la necessità di utilizzare colle. Ciò permette di ottenere una struttura completamente autoportante e sostenibile.

SpaceShip concretizza l'approccio che Rubner ha verso l'architettura del futuro, usando un materiale tradizionale come il legno ma secondo i codici del design parametrico generativo, e combinandolo con le più innovative tecnologie e strategie di bioedilizia.

Materializza, infatti, il punto in cui la ricerca teorica, riguardante la tecnologia e la forma, incontra la sua applicazione pratica. Dimostra, quindi, che un sistema di costruzione tradizionale può essere rivisitato e reinterpretato tramite strumenti più avanzati di progettazione, fino ad ottenere un assortimento di forme virtualmente illimitato per le architetture in legno.

È configurato come un modulo passivo, con l'aggiunta di tecnologie bio-reattive che gli permettono di reagire attivamente ai cambiamenti climatici e quindi agli stimoli ambientali.



SpaceShip, interno [img. 19]

Rubner ha preso la tecnologia Blockhaus e ne ha fatto la sua storia costruttiva. Tale soluzione tecnologica in legno, avente pareti portanti formate da elementi orizzontali sovrapposti ed interbloccati tra loro, ha sempre caratterizzato le realizzazioni dell'azienda, fino a diventare una vera cultura aziendale fortemente basata sulle tradizioni. La sfida posta dalla partnership creata tra Rubner e lo IED di Torino, è stata quella di sviluppare una ricerca tecnologica e formale che potesse incrementare il sistema Blockhaus con contenuti innovativi.

Il lavoro sviluppato durante il Master ha prodotto dei progetti che hanno messo in luce le potenzialità ancora da esplorare di questa tecnologia di costruzione in legno, come le connessioni angolari libere a due o tre incastri, i collegamenti pareti-copertura piana e pareti-copertura inclinata, la zona buffer, le finiture delle superfici interne ed esterne degli elementi lignei orizzontali, e l'integrazione con l'arredo in legno.

Al suo interno, Spaceship ha una serie di sistemi che, tramite lo sfruttamento di energia solare, ed attraverso processi di fotosintesi, producono cibo e ossigeno, e assicurano anidride carbonica.

Sulle pareti laterali è presente un orto verticale destinato a diventare una fonte di proteine vegetali con alto valore nutrizionale e ricche di vitamine, aminoacidi e pigmenti antiossidanti, grazie alla coltivazione di fagioli, zucche, soia, carote, zucchine e spinaci.

Vi è anche un sistema per la crescita di microalghe commestibili, come la spirulina e la chlorella, ricche anch'esse di proteine vegetali ed, inoltre, hanno acidi grassi polinsaturi come gli Omega 3.

Le piante presenti in un ambiente di dimensioni così ridotte, sono anche elementi indispensabili per il rinnovamento dell'aria, infatti assorbono l'anidride carbonica prodotta dalla respirazione, e di conseguenza producono ossigeno.

Piante e persone vivono, così, in un processo concatenato in cui il rifiuto di uno diventa il nutrimento per l'altro.

Il sistema di purificazione naturale dell'aria è completato grazie alla serra solare dedicata alla coltivazione di piante come Epiphyllum, Ficus Benjamina, Aloe e Dracena, che hanno una grande capacità di neutralizzare composti organici volatili come la formaldeide, il benzene, il tricloroetilene ed altri.



SpaceShip, interno, vista verso la serra e la gradinata che diventa la rampa d'accesso [img. 20]

L'acqua necessaria per far accadere tutto ciò, è acqua piovana, che viene raccolta ed immagazzinata all'interno di un serbatoio situato sotto l'edificio, e successivamente viene convogliata in un sistema di irrigazione automatizzato composto da piccole pompe idrauliche a consumo ridotto.

La luce, che è l'altra componente indispensabile dei processi di fotosintesi, proviene dal sole ed è integrata da luci LED negli spazi meno illuminati e di notte.

Il funzionamento della SpaceShip richiede minime quantità di energia, soprattutto grazie al comportamento passivo della struttura.

Solo in caso di necessità, la serra solare diviene una fonte di calore che può essere utilizzata per riscaldare il resto del manufatto tramite un sistema di ventilazione naturale.

Sulla copertura, in entrambe le estremità del modulo, è posizionata una coppia di estrattori di aria esausta, che servono per espellere l'aria calda in caso di surriscaldamento. Questi estrattori creano delle camere d'aria calda sopra il tetto, aria che innesca un effetto camino salendo verso i fori di ventilazione situati sulla parte superiore degli estrattori, e così facendo aspira l'eccesso di aria calda all'interno della cabina in modo naturale e privo di energia.

Le apparecchiature elettriche sono ridotte al minimo e comprendono un sistema di illuminazione a LED a basso consumo, le pompe per l'irrigazione, gli aeratori per le alghe ed alcune prese di servizio fino ad un massimo di 1 kW.

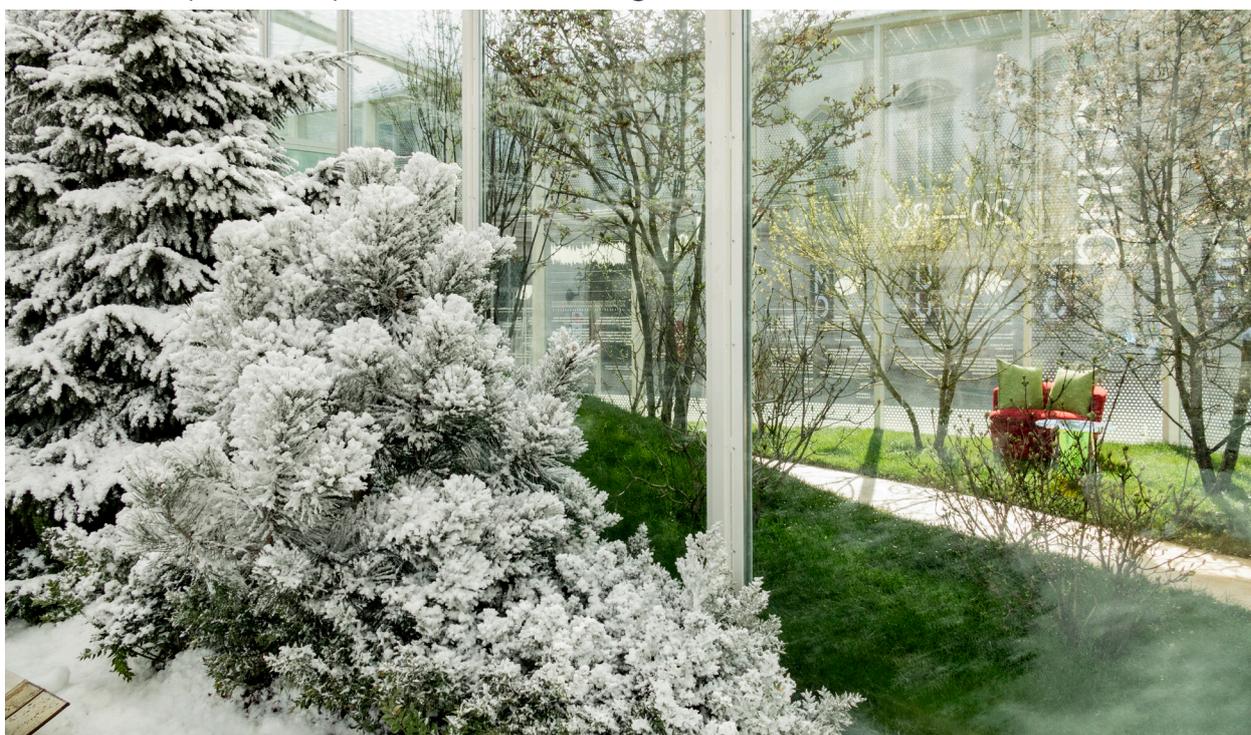
SpaceShip usa solamente l'energia prodotta dal sole grazie ad un sistema di pannelli fotovoltaici ad alte prestazioni integrati nel tetto. Nelle ore diurne, i pannelli producono energia per alimentare i sistemi attivi, mentre quella in eccesso viene immagazzinata in una batteria di accumulo domestica per poterla utilizzare di notte o in caso di maltempo.

L'obiettivo è raggiungere il 100% di auto-provvigionamento tramite energia solare rinnovabile.^[12]

Sempre all'interno del percorso Inhabits del Fuorisalone, vi era anche una micro-abitazione realizzata dall'architetto Leonardo Di Chiara. Questo prototipo si chiama "**aVOID**", ed è la prima tiny house in Italia di soli 9 m² che include tutti i comfort di un'abitazione tradizionale. L'unica differenza è che può essere trasportata.^[13]

In piazza Duomo, vi era la serra realizzata dallo studio Carlo Ratti Associati di Torino, che inglobava in un'unica struttura il cambiamento del clima nelle quattro stagioni. Occupava uno spazio di 500 m², ed accoglieva quattro microcosmi climatici naturali che permettevano a tutte le stagioni di svolgersi contemporaneamente, una accanto all'altra. I visitatori sperimentavano, immersi nella natura, i suoi mutamenti all'interno delle quattro diverse aree.

Questo padiglione botanico, denominato "**Living Nature. La natura dell'abitare**", sperimenta i sistemi di gestione dell'energia, utilizzando contemporaneamente accumulatori e pompe di calore, fotovoltaici organici e celle solari capaci di riprodurre il processo della fotosintesi, per ottenere strategie di controllo climatico sostenibili mai viste prima. Le piante, all'interno del padiglione, sono posizionate sotto una membrana di cristallo selettivo, alta 5 m, che filtra il sole in modo dinamico in base agli input dei sensori reattivi alla luce. Sopra al padiglione, i pannelli fotovoltaici producono energia pulita e contribuiscono ad alimentare i flussi di energia, fornendo l'energia necessaria per riscaldare lo spazio nella zona invernale o per raffrescare quello estivo. Le batterie di accumulo servono per attenuare i picchi di produzione di energia, sia alti che bassi.^[14]



"Living Nature. La natura dell'abitare", Fuorisalone Milano 2018 [img. 21]

Durante la settimana dell'economia circolare, si punta l'attenzione anche sul tema del riciclo. Nell'ambito della mostra "Smart City: Materials, Technology and People", il consorzio Rilegno ha finanziato la creazione di un'installazione di Yona Friedman, architetto utopista, urbanista e designer. L'opera, denominata "**Meuble Plus**", riproduce un ambiente urbano totalmente costruito con imballaggi riciclati e riciclabili.

Il pensiero che sta dietro a questo progetto si basa sul riusare materiali di scarto per ricreare l'ambiente in cui viviamo, con un processo senza fine, circolare.^[15]

Italcementi sperimenta, invece, tecnologie e materiali, dato che realizza l'edificio "**3D Housing 05**" sotto gli occhi di tutti i visitatori. Il prototipo, progettato da Massimiliano Locatelli di CLS Architects, ma realizzato insieme ad Arup e Cybe, i quali sostengono che rappresenti "una ricerca sulle possibilità che le stampanti 3D offrono nel campo dell'architettura ecosostenibile rispondendo alla sempre più urgente rivoluzione nel mondo dell'abitare".^[16] È una sperimentazione che aiuterà ad approfondire vari aspetti come la durabilità, la resistenza ed i costi. In questo progetto, dato che non vi sono più i tradizionali vincoli ed il materiale è facilmente modellabile, vi è maggiore libertà nella fase progettuale che fa in modo che si crei un nuovo rapporto tra architetto e committenza.

È un'installazione ad alto livello di sostenibilità, sia perchè è a basso impatto ambientale nella fase della costruzione, sia perchè viene utilizzata una miscela speciale di polveri cementizie, inerti e leganti che, nel momento della demolizione, può venire polverizzata e ricostruita con il medesimo materiale.

Il prototipo si sviluppa su un solo piano di 100 m², ed è costituito da moduli autoportanti fissati al suolo, cavi per permettere il passaggio degli impianti.

La copertura, unico elemento non stampato, ha al di sopra uno strato di erba avente la funzione di orto urbano.

Ha vinto il Design Award 2018 del Fuorisalone per la categoria "Best Sustainability".



"3D Housing 05", Fuorisalone Milano 2018 [img. 22]

L'ANALISI COMPARATA DEI CASI STUDIO

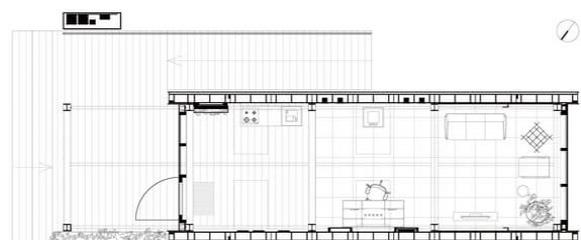
Di seguito vengono riassunte le schede dei diversi casi studio precedentemente affrontati, evidenziando ciò che concerne l'energia, l'acqua ed i rifiuti di ogni singolo progetto, dato che saranno i macrotemi oggetto di ricerca nel lavoro di tesi.

.....
Nome : REGEN VILLAGE
Progettisti : James Ehrlich ed Effekt
Anno : progettato nel 2016,
costruito entro metà 2019
Luogo : Almere, Amsterdam
Dimensione : 25 abitazioni,
dagli 80 ai 140 m²



Energia : pannelli solari fotovoltaici
produzione di energia anche tramite impianto di biogas.
Acqua : raccolta ed immagazzinamento dell'acqua piovana,
aggiunta dell'acqua prodotta dall'impianto di biogas,
separazione delle acque grigie riutilizzabili per l'irrigazione,
l'acqua pulita viene distribuita al sistema acquaponico.
Rifiuti : rifiuti organici non compostabili nell'impianto di biogas,
compost diventa cibo per animali,
scarti prodotti dagli animali diventano fertilizzante per le piante.

.....
Nome : CIRCULAR BUILDING
Progettisti : Arup, Frener & Reifer,
BAM e Built Environment Trust
Anno : 2016
Luogo : London Design Festival



Energia : impianto elettrico a bassa tensione con accumulo di energia,
sistema di ventilazione meccanica con recuperatore di calore,
scambiatore di calore.
Rifiuti : ogni componente è riusato o riciclato,
e sono riutilizzabili o riciclabili a fine della loro vita.

.....

Nome : BIOSPHERA 2.0
 Progettisti : Zephir PassivHaus Italia,
 Politecnico di Torino,
 Università della Valle d'Aosta,
 Aktivhaus, Minergie e PEFC

Anno : 2017
 Luogo : Courmayeur, Aosta, Milano, Riccione, Cuneo, Torino, Locarno,
 Bolzano, Roma, Genova, Milano

Dimensione : 25 m²



Energia : otto pannelli fotovoltaici orientabili,
 produzione di energia elettrica tramite una cyclette,
 sistema di ventilazione meccanica.

.....

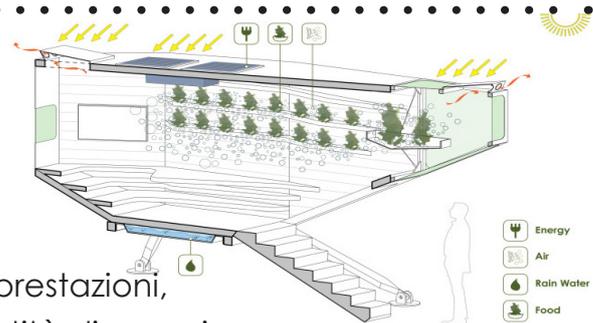
Nome : CABIN MODULES
 Progettisti : IR Arquitectura
 Anno : 2018
 Luogo : Hello Wood Festival, Ungheria
 Dimensione : 43 m²



Energia : sistema solare termico,
 fornelli solari,
 lampade solari

.....

Nome : SPACESHIP
 Progettisti : Rubner Haus e IED
 Anno : 2018
 Luogo : Fuorisalone Milano



Energia : pannelli fotovoltaici ad alte prestazioni,
 struttura passiva, minima quantità di energia,
 immagazzinamento in batteria di accumulo dell'energia in eccesso,
 serra solare utilizzata come fonte di calore quando lo si necessita,
 sistema di ventilazione naturale,
 quattro estrattori di aria esausta sulla copertura, non usano energia,
 apparecchiature elettriche ridotte al minimo.

Acqua : raccolta ed immagazzinamento dell'acqua piovana,
 serbatoio sotto all'edificio,
 sistema di irrigazione automatizzato con pompe idrauliche.

Infine, i casi studio sono stati comparati tra loro in modo da mettere in luce le analogie e le differenze, evidenziando i macrotemi significativi di energia, acqua e rifiuti, e suddividendoli nei sottoargomenti che saranno poi oggetto del lavoro di tesi.

	ReGen Village	Circular Building	BiosPHera 2.0	Cabin Modules	Space Ship
ENERGIA	Pannelli solari termici			■	
	Pannelli solari fotovoltaici	■		■	■
	Batteria di accumulo		■		■
	Pompa di calore				
	VMC		■	■	■
ACQUA	Energia da biogas	■			
	Riciclo dell'acqua piovana	■			■
	Acqua da biogas	■			
RIFIUTI	Biodigestori	■			
	Materiali riciclati/riciclabili		■		

Dei cinque casi studio esaminati, solo quello del ReGen Village si occupa del tema dei rifiuti nell'ottica di economia circolare, e che quindi il rifiuto diventa fertilizzante per le piante, cibo per gli animali, energia ed acqua, per poi tornare rifiuto. Anche per quanto riguarda la raccolta ed il riciclo dell'acqua piovana, solo due casi la tengono in considerazione, il ReGen Village e SpaceShip. Il macrotema, invece, più frequentemente affrontato è quello sull'energia, vedendo l'utilizzo dei pannelli fotovoltaici e della ventilazione meccanica controllata in tre casi su cinque. Solo uno, invece, utilizza i pannelli solari per ottenere energia termica per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, la Cabin Modules.

FONTI CAPITOLO 3

[img. 1-3-4-5]: www.oeffekt.dk

[img. 2]: www.archiproducts.com

[img. 6]: foto di Ben Blossom,
www.architectsjournal.co.uk

[img. 7]: foto di Simon Kennedy,
www.globalhop.indiaartndesign.com

[img. 8-9-10-11]: www.biosphera2.it

[img. 12-13-14-15-16]: foto di Bujnovsky
Tamàs, www.irarquitectura.com

[img. 17]: schizzo, www.cesaregriffa.com

[img. 18]: www.thenestliving.it

[img. 19]: www.impresedilnews.it

[img. 20]: www.foodmoodmag.it

[img. 21]: www.carloratti.com

[img. 22]: www.ingenio-web.it

[1]: www.redattoresociale.it

[2-3]: www.oeffekt.dk

[4]: www.archiproducts.com

[5]: www.regenvillages.com

[6]: www.resource.co

[7]: www.circularbuilding.arup.com

[8]: www.biosphera2.it/promotori

[9]: www.biosphera2.it

[10]: www.rockwool.it

[11]: www.irarquitectura.com

[12]: www.cesaregriffa.com

[13-15-16]: www.ilsole24ore.com

[14]: www.carloratti.com

CAPITOLO 4

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNOLOGICHE

.....

Il risparmio energetico e l'uso di fonti di energia rinnovabile

Il riciclo dell'acqua

La trasformazione dei rifiuti in risorse

LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNOLOGICHE

Di seguito, verranno riportate alcune possibili soluzioni tecnologiche che potrebbero essere prese in considerazione nella progettazione di un'abitazione autosufficiente, non solo energeticamente ma anche per quel che concerne il riciclo dell'acqua e dei rifiuti.

Verranno analizzate varie tecnologie, ma non saranno tutte scelte nella costruzione del prototipo del Solar Decathlon Europe 2019, infatti nel capitolo successivo verranno poi selezionate le più adatte allo scopo.

Per riuscire a soddisfare autonomamente il proprio fabbisogno energetico, bisogna rendersi indipendenti dalle reti pubbliche diventando, al contempo, produttori e consumatori di energia.

Per raggiungere questo obiettivo, la scelta migliore è quella di orientarsi sulle fonti di energia rinnovabile, quali sole, acqua, aria e terra, quindi sull'installazione di impianti solari, sia termici che fotovoltaici, sempre più performanti ed efficienti, come su impianti di pompe di calore e di ventilazione meccanica controllata, che coniugano ricambi d'aria, comfort, igiene e risparmi energetici, con il massimo rendimento.

Per ottenere una totale autosufficienza dell'edificio, oltre che solo energetica, è necessario dotarsi di un impianto di raccolta, immagazzinamento e riciclo dell'acqua piovana, appositamente filtrata ed anche depurata se la si vuole utilizzare come acqua potabile e non solo per l'irrigazione o come acqua grigia. Inoltre, per evitare ogni sorta di spreco, si potrebbero trasformare i rifiuti in risorse tramite biodigestori domestici, trasformando quelli organici in fertilizzante solido e liquido per le coltivazioni, e quelli non compostabili in elettricità, gas ed acqua. Applicando questo processo, quindi che i rifiuti organici diventano compost, il quale contribuisce alla crescita dei prodotti dell'orto, che diventano cibo, e che quindi tornano rifiuto organico, si ha un'economia circolare all'interno dell'abitazione.

IL RISPARMIO ENERGETICO E L'USO DI FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE

Le fonti rinnovabili, come il sole, l'aria, l'acqua ed il calore della Terra, sono **inesauribili, pulite e sicure**, a differenza dei combustibili fossili, come il petrolio, il carbone ed il gas naturale, che derivano, invece, dalla trasformazione di sostanze organiche non rinnovabili dato che, se si continuassero ad utilizzare con i ritmi attuali, si pregiudicherebbe la loro disponibilità per le prossime generazioni. Un futuro totalmente rinnovabile non è un'utopia, ma un'opportunità per riuscire a contrastare i cambiamenti climatici e la crisi economica.

Tra i contest del Solar Decathlon Europe 2019 non ce n'è uno dedicato interamente alla valutazione dell'utilizzo di energie rinnovabili, ma questo è il concetto fondamentale della competizione, dato che il prototipo dev'essere energeticamente autosufficiente e quindi alimentato esclusivamente da fonti rinnovabili prediligendo il sole come fonte di energia.

Nonostante ciò, all'interno di più contest si valuterà il livello di funzionamento del sistema solare, sia termico che fotovoltaico, il bilancio energetico dell'intera abitazione, nonché la capacità comunicativa di trasmettere al pubblico i concetti di sostenibilità, di efficienza energetica e di importanza dell'utilizzo di fonti rinnovabili dato che grazie a ciò si riescono a ridurre i cambiamenti climatici.

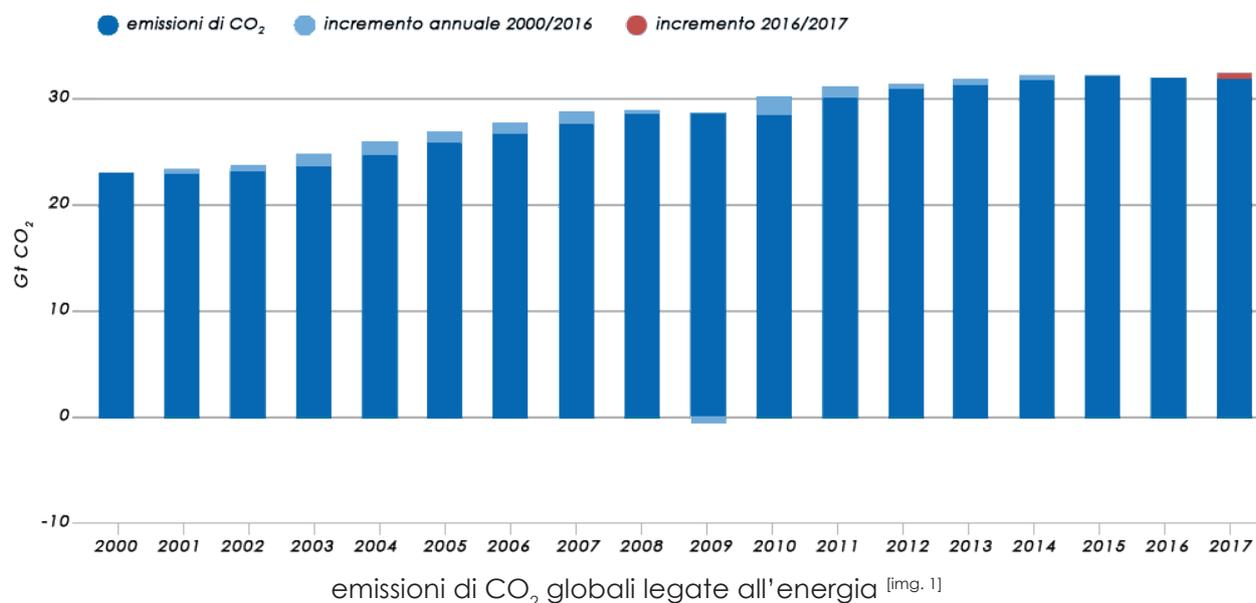
In **Italia**, dal 1° Gennaio 2018 vi è l'obbligo, tramite il D.lgs 28/2011, di coprire con fonti rinnovabili il 50% dei consumi degli edifici, sia di nuova costruzione che ristrutturati, previsti sia per l'acqua calda sanitaria che per il riscaldamento ed il raffrescamento.

Attualmente, tali fonti di energia rinnovabile coprono più del 37% dei consumi elettrici e, per quanto riguarda l'efficienza energetica, l'Italia si trova ai primi posti in Europa, ed è la prima in classifica per il contributo del fotovoltaico.^[1]

In Italia, insieme ad Ecomondo, la fiera internazionale sulla green e circular economy, si svolge Key Energy, che è la fiera sulle soluzioni, innovazioni ed applicazioni di energie rinnovabili ed efficienza energetica.

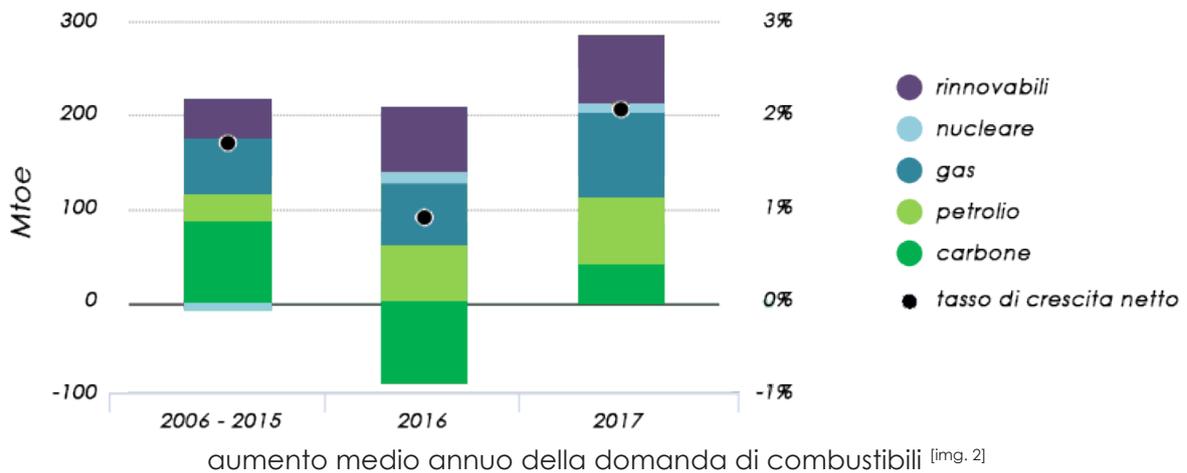
Le emissioni di CO₂ legate all'energia dovrebbero diminuire dato che sono la causa principale dell'aumento della temperatura terrestre, invece, come si può osservare dai grafici sottostanti dell'IEA (International Energy Agency), aumentano quasi ogni anno. Tali **emissioni globali** di CO₂ sono aumentate dell'1,4% nel 2017 rispetto all'anno precedente, raggiungendo il massimo storico di 32,5 Gt dopo tre anni di emissioni globali quasi costanti.

La maggior parte delle principali economie mondiali ha visto un aumento, ma altri Paesi hanno registrato dei cali, come gli Stati Uniti, il Regno Unito, il Messico ed il Giappone, avvenuti grazie ad un maggior utilizzo di fonti rinnovabili.

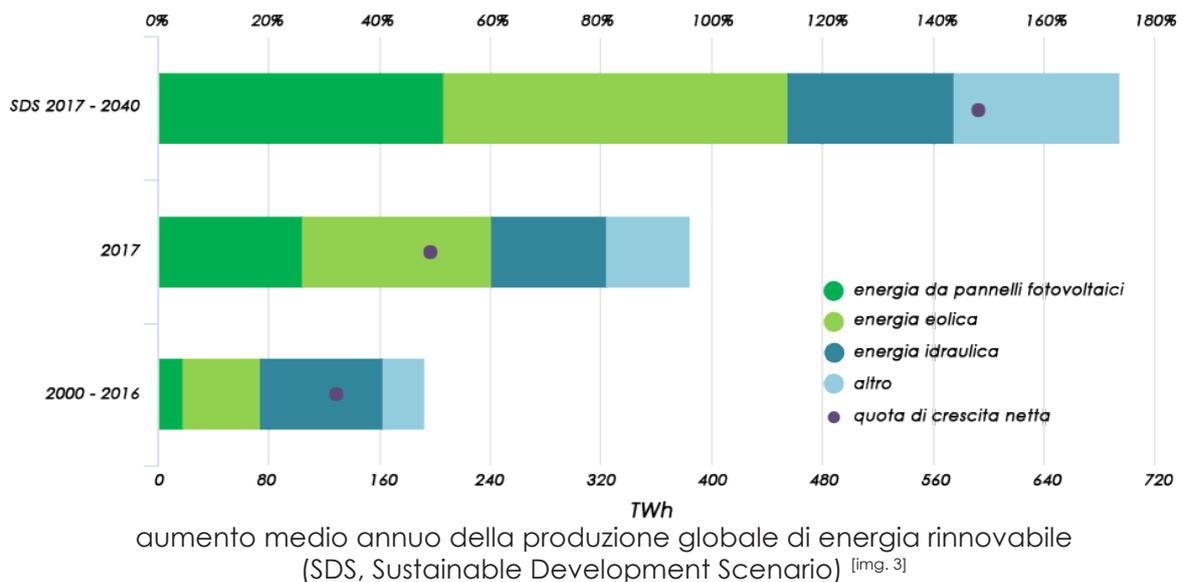


La **domanda globale di energia** è aumentata del 2,1% nel 2017, più del doppio del tasso di crescita che vi era stato nel 2016. Ha, infatti, raggiunto circa 14.050 Mtoe (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio), considerando che nel 2000 erano solo 10.035 Mtoe.

I combustibili fossili hanno superato il 70% della crescita della domanda di energia globale. La domanda di gas naturale è aumentata, invece, del 22%. Anche le energie rinnovabili hanno avuto un forte incremento, raggiungendo un quarto della domanda energetica globale.



Le **energie rinnovabili**, nel 2017, sono quindi aumentate rapidamente ed hanno registrato il più alto tasso di crescita di qualsiasi altra fonte energetica, ma il ritmo di implementazione è inferiore a quello necessario per raggiungere gli obiettivi climatici globali dello scenario di sviluppo sostenibile. Anche l'intensità delle emissioni di carbonio è migliorata, ma meno di un terzo di quanto necessario. L'energia eolica rappresenta, nel 2017, la quota maggiore della crescita complessiva delle fonti rinnovabili, pari al 36%, seguita dal solare fotovoltaico con il 27%, dall'energia idroelettrica con il 22% e dalla bioenergia con il 12%.^[2]



Il mercato dell'**energia elettrica** è soggetto alle tensioni politiche internazionali, alle direttive europee ed alle manovre economiche nazionali. L'insieme di tali fattori danno origine a fluttuazioni sui costi dell'energia, sui quali i gestori delle reti si possono solo adeguare così come fanno di conseguenza anche gli utenti. Durante il secondo semestre del 2018, i costi dell'energia sono stati particolarmente gravosi. A Luglio sono stati registrati incrementi del 8,2% per il riscaldamento e del 6,5% per l'energia elettrica, arrivando ad un totale di 117 €/anno in più per una famiglia media.

Questa è una conseguenza dell'aumento del 57% del prezzo del petrolio.^[3]

Per fermare l'aumento dei prezzi per l'elettricità è necessaria l'indipendenza energetica.

Diventando, nello stesso tempo, produttori e consumatori di elettricità, quindi soddisfacendo da soli il proprio fabbisogno energetico, ci si rende indipendenti dalle reti energetiche pubbliche e di conseguenza dalle oscillazioni dei prezzi a cui sono inevitabilmente sottoposte.

Per raggiungere tale obiettivo, la scelta ottimale è quella di orientarsi sulle energie rinnovabili, in particolar modo sugli impianti solari termici e su quelli fotovoltaici, che sono facilmente installabili, sempre più tecnologici, innovativi, performanti ed efficienti.

Questi sistemi per la produzione di energia termica ed elettrica tramite fonti rinnovabili, si possono avvantaggiare implementandoli con batterie di accumulo, per garantire l'autosufficienza anche quando il sole non è presente.

Impianti come le pompe di calore, invece, utilizzano fonti rinnovabili differenti, come l'aria, l'acqua, o la terra, e servono anch'esse ad incrementare l'indipendenza.

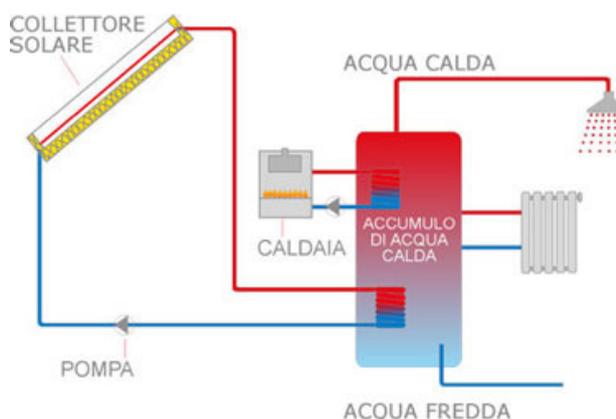
La ventilazione meccanica controllata riesce, invece, a coniugare ricambio d'aria, igiene, comfort e risparmio energetico, garantendo il massimo rendimento con l'utilizzo di fonti rinnovabili.

- **IL SOLARE TERMICO**

I collettori solari riescono a captare l'energia proveniente dal sole, immagazzinarla ed infine trasformarla in **energia termica**, quindi per riscaldare l'acqua, sostituendosi, in parte, alle caldaie alimentate da gas naturale.

Tale impianto, oltre a garantire acqua calda sanitaria (**ACS**) in tutta la casa in ogni periodo dell'anno, durante l'inverno può produrre l'acqua calda che scorre all'interno dei termosifoni, integrandolo all'impianto di **riscaldamento**, e consentendo, in questo modo, di limitare sia il consumo elettrico che il dispendio economico.

Se produce acqua calda per entrambi gli scopi, viene denominato impianto solare termico combinato, ed è composto da un collettore, orientato verso Sud ed avente inclinazione di 40°-90°, in cui viene immagazzinato il calore prodotto dall'assorbimento delle radiazioni solari, e da due circuiti, uno per la produzione di ACS e l'altro per il riscaldamento, che presentano temperature differenti.



funzionamento di un impianto solare termico combinato [img. 4]

Nel collettore solare circola un fluido termovettore (acqua+glicine propilenico) che, una volta che viene riscaldato dall'energia solare, passa all'interno di uno scambiatore di calore, il quale consente lo scambio termico tra il fluido del circuito primario e l'acqua di quello secondario, che viene immagazzinata in un serbatoio per poi essere usata quando se ne necessita.

In questo caso è un **sistema chiuso**, quindi vi sono due circuiti separati per il fluido termovettore e per l'acqua da scaldare, e viene utilizzato nel caso di impianto solare combinato. Nel **sistema aperto**, invece, il fluido termovettore che circola nel collettore è poi l'acqua che, una volta raggiunta la temperatura richiesta, viene utilizzata all'interno dell'abitazione.

Il costo dell'impianto solare dipende dalla tipologia di collettori, dal tipo e dalle dimensioni del serbatoio d'accumulo, dalla quantità e dalla qualità di ogni suo componente, ma può variare da 300 a 1.200 €/m². Il tempo di ritorno di tale investimento varia a seconda della latitudine, dato che al Nord vi è un irraggiamento minore e quindi serviranno più collettori per garantire la stessa quantità di energia termica, l'esposizione al sole e quindi la mancanza di ostacoli aumenta la redditività dell'impianto, e dal tipo di collettore. Se l'impianto si progetta in fase di realizzazione dell'abitazione, il tempo di ritorno sarà minore.

Il risparmio economico dipende sia dal tipo di isolamento dell'involucro edilizio, che dal tipo di riscaldamento, infatti, optare per impianti di riscaldamento a bassa temperatura, come i pannelli radianti, permette una diffusione più omogenea del calore, e quindi meno sprechi.

Oltre ai benefici economici vi sono anche quelli ambientali, infatti, con la produzione di energia termica tramite i collettori solari si contribuisce ad una migliore qualità dell'aria dato che si ottiene una considerevole riduzione di consumo di combustibili fossili, e di conseguenza di emissioni in atmosfera di gas ad effetto serra e di sostanze inquinanti.

Per dimensionare l'impianto solare, si deve calcolare il fabbisogno di acqua calda sanitaria, che dipende dal numero di persone che vivono abitualmente nell'abitazione, dalla percentuale del riscaldamento che si vuole coprire con le fonti rinnovabili, e dal tipo di collettore. Con questi dati si riesce ad avere la superficie minima di collettori da installare per soddisfare tale fabbisogno, ed il volume minimo del serbatoio di accumulo.

Ad esempio, se in un'abitazione vivono quattro persone, la superficie da riscaldare è di 120 m², e si vuole avere un'integrazione del riscaldamento da fonte rinnovabile del 50%, è necessaria l'installazione di 4 collettori da 2 m² ciascuno, e di un serbatoio di accumulo avente capacità di 700 litri. Il costo di tale impianto sarà di 860 €/m², per un totale di quasi 7.000 €, ma si avrà un risparmio di GPL pari a 1.000 l/anno.

La durata di un impianto solare può variare dai 10 ai 20 anni, e non richiede manutenzione.

Dato che in mancanza di sole l'impianto solare non funziona, esso integra l'impianto esistente, ma non lo può sostituire.

L'acqua calda immagazzinata nel serbatoio di accumulo rimane calda per molto tempo, ma se la temperatura si abbassa, interviene l'impianto ausiliario, ossia la caldaia.

Di solito, l'impianto viene progettato per coprire il 70-80% del fabbisogno di acqua calda sanitaria e tra il 20 ed il 50% del fabbisogno di riscaldamento.^[4]

- **I PANNELLI FOTOVOLTAICI INNOVATIVI**

I pannelli fotovoltaici sono dei moduli formati da celle di silicio, che dopo esser state sottoposte a vari trattamenti fisici e chimici, riescono a convertire l'energia solare in **energia elettrica**.

L'installazione dei pannelli fotovoltaici sulle coperture porta numerosi vantaggi, come la riduzione delle emissioni di CO₂, le agevolazioni tramite detrazioni sul costo iniziale, l'aumento del valore dell'immobile, la bassa manutenzione, ed il risparmio economico sulle bollette di energia elettrica, anzi, vi è anche un guadagno se il surplus di energia viene venduto alle società come l'Enel.

L'impianto fotovoltaico funziona grazie al fenomeno fisico "effetto fotoelettrico". Quindi, quando un quantitativo sufficiente di fotoni colpisce un semiconduttore, come il silicio, essi vengono assorbiti dagli elettroni che si trovano sulla superficie. Quando gli elettroni assorbono energia superiore alla loro capacità, rilasciano atomi per riequilibrarsi, quindi diventano mobili. Lo spazio che lasciano viene immediatamente colmato da un altro elettrone proveniente da una parte più profonda del semiconduttore. Quindi, dato che lo strato di silicio non è uniforme, avendo più elettroni da un lato rispetto all'altro, si genera una tensione tra i due lati del semiconduttore. Collegando i due lati tramite un filo elettrico viene consentito agli elettroni di passare nel lato opposto e quindi di generare corrente elettrica.^[5]

La potenza dell'impianto dipende dalla sua superficie, dalla tipologia di pannelli, dalla radiazione del sole in una determinata zona e dalla sua efficienza. Ma dipende soprattutto dall'inclinazione e dall'orientamento dei moduli, dato che la posizione rispetto al sole incide significativamente sulla quantità di energia captata e di conseguenza anche su quella generata.

Solitamente, la soluzione tradizionale è con l'orientamento a Sud ed un'inclinazione di 30°. Se l'impianto viene posto in orizzontale perde il 10% della resa, mentre verticalmente il 35%. Orientandolo, invece, verso Sud-Ovest o Sud-Est si perde solo il 5%.

I prezzi medi per i pannelli fotovoltaici variano tra i 4.000 e gli 8.000 € per riuscire ad ottenere energia elettrica tra i 1.000 ed i 2.000 kWh/anno.

Ad esempio, un sistema fotovoltaico che produce 1 kW di potenza, ha un costo di circa 5.000 €, occupa un'area di 8,5 m² ed è capace di generare energia elettrica per 1.200 kWh/anno nelle regioni del Nord Italia. Per una famiglia di quattro persone, che consuma mediamente 3.000 kWh/anno di elettricità, si necessita di un impianto che produce 3 kWp per soddisfare l'intero fabbisogno.

Vi sono tre tipologie di pannelli fotovoltaici: monocristallini, policristallini ed amorfi. I pannelli **monocristallini** hanno un aspetto ed una colorazione esterna uniformi, che è indice di un'alta purezza del silicio. Le loro celle hanno una forma quadrata con gli angoli smussati. Essi sono i più efficienti dato che sono i più puri, ma a causa di ciò costano anche maggiormente. Il tasso di rendimento, ossia la quantità di energia solare che viene trasformata in energia elettrica, è intorno al 12-19%, ma dev'essere sempre pulito, altrimenti non funziona, e quando la temperatura inizia ad aumentare, il tasso di conversione elettrica diminuisce. Dato che sono così efficienti, a parità di prestazioni, richiedono un minor spazio. Inoltre, sono quelli che hanno una durata maggiore, infatti si garantiscono fino a 25 anni.

Il 45% dei pannelli solari, oggi, sono **policristallini**. Le celle sono quadrate dato che il silicio grezzo, una volta fuso, viene versato in uno stampo quadrato, che quando poi si raffredda può essere tagliato. Grazie a questo passaggio viene sprecato meno silicio, e quindi sono meno costosi. Inoltre garantiscono risultati migliori quando sono impiegati ad alte temperature. Sono, tuttavia, meno efficienti dato che il silicio è meno puro, e dato che hanno una minore tolleranza al calore, sono inferiori anche i tassi di rendimento.

I pannelli **amorfi** o a film sottile sono ancora poco estesi nel mercato. Le celle vengono ricoperte da quantità di silicio appena sufficiente a coprire la superficie, quindi sono molto più economici dei due precedenti, ma hanno un tasso di rendimento solo del 6-12%, quindi si dovrebbero occupare spazi molto maggiori per avere parità di prestazioni. Può, inoltre, essere reso flessibile e leggero, e quindi adattabile a molte applicazioni, come sulle coperture curve o sugli indumenti. Sono più performanti in condizioni di luce peggiori e copertura parziale, come ombra, sporco e neve, però durano molto meno.



pannelli fotovoltaici monocristallini, policristallini ed amorfi [img. 5-6-7]

Vi sono tre tipi di funzionamento: ad alimentazione diretta, ad immissione nella rete e ad isola.

Con la prima si alimenta direttamente un altro apparecchio, quindi quando non si ha la presenza del sole, non viene più ricevuta energia elettrica.

Quando si è, invece, collegati alla rete, si può utilizzare l'energia solare finché è disponibile, poi subentra l'energia della rete statale. Vi è però un interscambio dato che, quando l'energia prodotta è troppa e non è necessaria, viene immessa all'interno della rete.

Con il terzo tipo di funzionamento, ad isola, quando l'energia solare è troppa e non viene più utilizzata, viene accumulata all'interno di un apparecchio apposito per utilizzarla quando necessario.

Con il passare del tempo, sono stati realizzati pannelli fotovoltaici sempre più innovativi, tenendo anche in considerazione l'integrazione con l'edificio, sia sulla copertura che in facciata, per non creare un impatto visivo troppo accentuato.

Di seguito vedremo più nello specifico:

- impianti fotovoltaici a concentrazione;
- tapparelle fotovoltaiche;
- vetro-cemento con celle fotovoltaiche integrate;
- pannelli fotovoltaici trasparenti;
- tegole solari;
- pannelli fotovoltaici bifacciali;
- pannelli fotovoltaici che producono anche acqua potabile;
- pannelli fotovoltaici che funzionano anche con la pioggia.

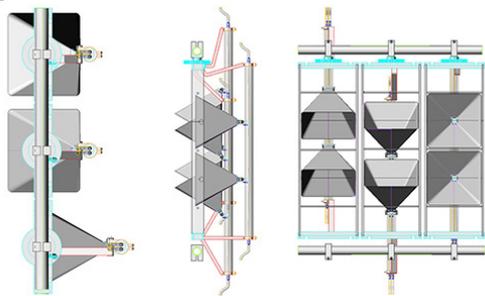
- **Solare termico + Fotovoltaico, gli impianti fotovoltaici a concentrazione**

Gli impianti fotovoltaici a concentrazione (Concentrated Photovoltaic, CPV) sono dei sistemi che producono sia energia elettrica che termica nello stesso tempo, dove le radiazioni solari incidenti vengono rifratte su una cella in silicio di piccole dimensioni, e quindi è come se non ci fosse solo un sole, bensì 500. Per riuscire a mettere insieme le due funzioni, la cella di silicio è circondata da un tubo a spirale nel quale passa acqua fredda che permette il raffreddamento del silicio mantenendolo, così, ad una temperatura minore di 25°C. Inoltre, per scambio termico, l'acqua si riscalda e viene usata per produrre energia termica.

Questo tipo di sistema ha un'efficienza sia elettrica che termica del 43%, quindi molto elevata. Ma soprattutto, ha un ridotto tempo di ritorno dell'investimento stimato intorno ai 2-3 anni.

E dato che la lavorazione e la quantità di silicio richiesta nei classici pannelli fotovoltaici a causare un'elevata Embodied Energy, si può dire che in questo caso è ridotta siccome la cella di silicio occupa la minima parte del modulo.

Sia a livello nazionale che internazionale sono già stati stanziati dei fondi per finanziare la produzione di moduli di CPV e la progettazione di pannelli integrabili in architettura. A livello internazionale, CASE (Center of Excellence of Syracuse University) ha sperimentato "l'Integrated Concentrating Solar Façade System", progettato da Anna Dyson.



vista dall'alto, laterale e frontale del sistema innovativo integrato in facciata [img. 8]

Il pannello è costituito da moduli di forma troncopiramidale, avente una lente di Fresnel di 25 x 25 cm come base maggiore, ed una cella di silicio di 3 x 3 cm come base minore. Intorno ad essa è posto un tubicino a spirale per il raffreddamento della cella ed il riscaldamento dell'acqua.

I moduli sono collegati tra loro tramite elementi verticali in vetro, ed ogni modulo riesce a muoversi in entrambe le direzioni, consentendogli, così, di seguire il sole disponendosi sempre perpendicolare alla radiazione solare diretta, e quindi garantendo una maggior produzione di energia durante l'intera giornata ed una maggior efficienza.

Essendo in vetro, permettono un'ottima illuminazione naturale diffusa negli ambienti interni, ed un'ottima vista verso l'esterno. La loro dinamicità crea giochi di luce e di ombre, quindi riesce a dare un aspetto mutevole negli interni nell'arco della giornata. Impediscono il surriscaldamento e l'abbagliamento, quindi migliorano il comfort termoigrometrico.

Di solito, gli impianti a concentrazione sono soggetti ad un calo dell'efficienza nel corso degli anni a causa delle condizioni atmosferiche, essendo all'esterno. Invece, nel caso di questa innovazione, l'impianto è integrato all'interno delle partizioni verticali esterne dell'edificio, ed è posizionato dietro ad un vetro, che quindi garantisce maggior affidabilità e stabilità.

Inoltre, a fine vita, è quasi totalmente riciclabile.

L'efficienza energetica del modulo è del 43%, avente una potenza elettrica di 42,5 W ed una potenza termica di 18,27 W. Ha una minima perdita di efficienza negli corso degli anni, solo del 4% in 10 anni e del 7,5% in 25 anni.

Risulta, quindi, essere 2,4 volte più efficiente di un tradizionale pannello fotovoltaico. ^[6]

Produttore : CASE
Dimensioni : 25 x 25 cm
Efficienza : 43%
Potenza : 42,50 Wh, elettrica
 18,27 Wh, termica
Riciclabile : 100%
Sito internet : case.rpi.edu



vista da un ambiente interno [img. 9]

- **SolarGaps, le tapparelle fotovoltaiche**

SolarGaps è un sistema di tapparelle intelligenti, realizzate in alluminio resistente e fibra di vetro, che genera energia elettrica dall'energia solare e si può installare sia all'interno che all'esterno delle finestre, generando un minimo impatto visivo. Garantiranno, quindi, un'autoproduzione di energia e di conseguenza un notevole risparmio, riducendo le bollette energetiche fino al 70%.

Se viene installato esternamente può generare dai 100 ai 150 Wh/m², che è una quantità di energia sufficiente per alimentare una trentina di lampadine LED o tre computer portatili ogni giorno. Il quantitativo di energia prodotto dipende anche molto dall'esposizione dell'edificio, infatti se vi sono già tre finestre orientate verso Sud si arriva anche a produrre 600 Wh. Se, invece, le tapparelle vengono montate internamente all'edificio, cosa che solitamente succede negli edifici pubblici come scuole ed uffici, la produzione energetica viene dimezzata.

L'energia prodotta si può usare nell'immediato, per alimentare i dispositivi domestici, oppure si può immagazzinare in batterie di accumulo per utilizzarla successivamente, quando la si necessita, o può anche essere reimmessa nella rete e venduta sul mercato.

La tapparella fotovoltaica regola automaticamente l'orientamento delle lamelle per seguire il sole durante l'intera giornata, così da ottimizzarne l'esposizione, ma si può anche gestire tramite un'applicazione, così che ogni utente possa scegliere l'inclinazione delle lamelle che più preferisce. È anche integrata in un sistema di smart home avendo tra le funzioni quella dell'accesso alle previsioni meteo che permettono di gestirne le prestazioni alla perfezione.

Grazie ai sensori di movimento, inoltre, riesce ad aprirsi quando rileva una presenza all'interno della stanza, così gli ambienti vengano illuminati solo in caso di necessità, utile soprattutto durante la stagione estiva, ed è così intelligente da regolare il giusto quantitativo in ingresso di raggi solari.

Sono realizzate con celle solari SunPower di una durata di circa 25 anni.

Le dimensioni vanno dagli 80 ai 90 cm di larghezza, e dai 180 ai 210 cm di altezza, ed hanno un prezzo di 345 €/m².^[7]

Produttore : SolarGaps
Dimensioni : 80-90 x h 180-210 cm
Potenza : 100-150 Wh/m²
Costo : 345 €/m²
Durata : 25 anni
Sito internet : solargaps.com



SolarGaps, pannelli fotovoltaici integrati nelle tapparelle [img. 10-11]

- **Solar Squared, il vetro-cemento con celle fotovoltaiche integrate**

Solar Squared è un prototipo di mattone in vetro-cemento avente celle fotovoltaiche integrate al suo interno, da utilizzare in facciata.

Solitamente, i pannelli fotovoltaici vengono installati sulle coperture, dato che così sono più performanti avendo un'ampia area a disposizione e sono poco visibili dal piano stradale. Nonostante si stiano effettuando molti investimenti sui sistemi BIPV (Building Integrated Photovoltaic System), non è usuale l'utilizzo di fotovoltaici in facciata che diventino parte integrante dell'involucro edilizio.

Questo è un progetto di ricerca all'avanguardia sviluppato dal College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences dell'Università di Exeter, nel Regno Unito, e dalla start-up Build Solar.

I mattoni sono dotati di una griglia di elementi ottici capace di concentrare i raggi solari e dirigerli verso le celle fotovoltaiche per produrre energia.

Il vetro-cemento è un materiale da costruzione presente già da molti anni nel mercato, resistente, modulare e versatile. Ha, infatti, buone caratteristiche portanti ed al contempo riesce a far passare la luce naturale negli ambienti interni. Solar Squared ha, quindi, cercato di migliorare una tecnologia già esistente integrandola in edifici ad energia quasi zero, portando efficienza, convenienza ed attrazione.

Inoltre, con questo sistema si migliora anche la capacità di isolamento termico rispetto ad una parete in vetro, garantendo una trasmittanza con valori inferiori a $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ per moduli a doppia camera d'aria e quattro pannelli di vetro, ed a $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ per moduli con tre camere d'aria e sei pannelli di vetro.

I costi del ciclo di vita di tale facciata sono inferiori a quelli di una equivalente in vetro grazie al beneficio della produzione di elettricità gratuita e del miglior isolamento termico.^[8]

Produttore : Solar Squared
Trasmittanza: $1,6-2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Sito internet : buildsolar.co.uk



Solar Squared, mattoni in vetro-cemento con celle fotovoltaiche integrate [img. 12]

- **Da VGS ad Onyx Solar, il fotovoltaico trasparente**

Per riuscire ad integrare ancora di più l'architettura con gli impianti tecnologici, vi sono i fotovoltaici trasparenti, che permettono di utilizzare la fonte rinnovabile del sole convertendola in energia elettrica, e nello stesso tempo consentono l'ingresso della luce naturale negli ambienti interni.

Esistono tre tipologie differenti di impianti fotovoltaici trasparenti a seconda della tecnologia utilizzata. Possono, infatti, essere semitrasparenti di silicio cristallino, o trasparenti di silicio amorfo od a base organica. Gli ultimi due captano i raggi ultravioletti ed infrarossi emessi dal sole che l'occhio umano non è in grado di vedere, per questo motivo risultano trasparenti.

I pannelli con silicio cristallino sono uguali ai tradizionali fotovoltaici ma la superficie inferiore, anziché essere in materiale opaco, è in vetro come quella superiore. In questo modo, le celle fotovoltaiche sono racchiuse tra i due strati di vetro permettendo, così, alla luce solare di passare all'interno dell'ambiente. Il silicio amorfo, o gel di silicio, si può introdurre applicando un film sottile sulla lastra di vetro o come gel nell'intercapedine, e può produrre da 100 a 300 W/m². I pannelli della terza tecnologia, ossia a base organica, assorbono i fotoni luminosi e permettono, al contempo, di essere completamente trasparenti. La loro capacità produttiva dipende dai diversi livelli di trasparenza degli strati.

La **VGS** è un'azienda che produce la prima tipologia di fotovoltaico semitrasparente, e ne ha di quattro tipi diversi a seconda del numero di celle policristalline all'interno del pannello, che può variare da 36 a 45 a 54 a 60. A parità di superficie (1 x 1,60 m), più celle ha, più è produttivo, ma meno è trasparente.

Questa tecnologia è utilizzata soprattutto sulle coperture delle serre, in questo modo permettono l'ingresso della luce, il quale livello può essere regolato, per garantire la crescita delle coltivazioni, ma producono anche energia pulita.^[9]

I pannelli fotovoltaici trasparenti, inoltre, se vengono installati in abitazioni residenziali con la funzione di limitare i propri consumi energetici, possono usufruire di detrazioni fiscali del 50%.

Produttore : VGS
Dimensioni : 100 x 160 cm
Potenza : 150-265 Wp
Trasparenza: 46-6%
Durata : garanzia 12 anni
Sito internet : vgs.gruppostg.com

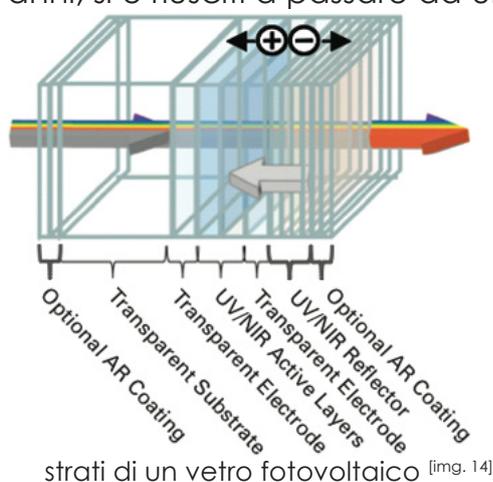


VGS, pannelli fotovoltaici trasparenti [img. 13]

Onyx Solar, invece, è un'azienda che produce tutte e tre le tipologie di pannelli fotovoltaici trasparenti. Infatti, ha in commercio parapetti fotovoltaici, pensiline dei pullman, pergolati, lucernari, facciate ventilate, pavimenti e mobili, tutti con la qualità di essere trasparenti.

In particolar modo, produce il vetro fotovoltaico che è composto da celle solari invisibili a occhio nudo, le quali assorbono determinate lunghezze d'onda della luce, come gli ultravioletti e quelle vicino all'infrarosso.

Questa nuova tecnologia è nata nel 2013 grazie ad un gruppo di ricerca del "laboratorio di elettronica organica e nanostrutture" di MIT (Massachusetts Institute of Technology), che ha creato il primo sistema capace di produrre energia garantendo il passaggio di oltre il 70% della luce visibile. Nel corso degli anni, si è riusciti a passare da un'efficienza dell'1%, ad una del 12%.



Lo strato di sinistra, ossia quello più spesso, è formato da vetro. Gli strati multipli di rivestimento in grado di non far entrare alcune lunghezze d'onda sono, invece, dalla parte opposta. Al centro vi sono gli strati attivi, quindi quei materiali che assorbendo i fotoni rilasciano gli elettroni.

Infine, questo sistema a sandwich è collegato ad un circuito esterno, il quale trasporta la corrente prodotta dal dispositivo.

Il vetro fotovoltaico di Onyx Solar, oltre a garantire un buon isolamento termico ed acustico, fa passare la luce naturale filtrando il 99% delle radiazioni ultraviolette (UV) e fino al 95% di quelle infrarosse (IR), entrambe dannose per gli occupanti. Può, inoltre, essere personalizzato dalla committenza riguardo alla forma, dimensione, colore, spessore ed addirittura ai livelli di trasparenza.

L'installazione di questo vetro, dal punto di vista meccanico, è identica agli altri vetri tradizionali in commercio.

Inoltre, hanno un tempo di ritorno di soli 2 anni.^[10]

Produttore : Onyx Solar
Trasparenza: fino al 100%
Sito internet : onyxsolar.com



Onyx Solar, pannelli fotovoltaici trasparenti [img. 15]

- **Da SolarTeg a Tesla, le tegole solari**

SolarTeg è il primo tetto solare realizzato in Italia, composto da tegole fotovoltaiche che producono quindi energia elettrica dal sole.

La tegola solare è stata brevettata nel 2010 da Sergio Brofferio, docente al Politecnico di Milano, ma SolarTeg è stata fondata solo nel 2014. A Novembre del 2017 è poi stata presentata a Ecomondo, la fiera dedicata alla green economy. È una soluzione energetica efficiente, resistente e bella esteticamente, che può essere integrata con il patrimonio paesaggistico italiano, infatti, si può installare sui tetti di immobili di pregio o storici.

Ogni tegola solare è composta da 24 celle fotovoltaiche, ha una dimensione di 120 x 80 cm e pesa 15 kg. Le tegole si collegano una all'altra elettricamente tramite un connettore a contatto, senza cavi, che quindi rende più rapido, semplice e sicuro il montaggio in copertura, dato che hanno una posa ad incastro con sovrapposizione a tenuta. Si monta sui travetti del tetto con quattro viti autofilettanti, è calpestabile ed essendo priva di cavi elettrici garantisce la massima sicurezza.

La performance che garantisce è la medesima dei classici pannelli fotovoltaici policristallini, dato che anche le tegole sono dotate di questa tipologia di celle fotovoltaiche, infatti ha una potenza specifica di 128 W/m². Il vetro è temperato, antiriflesso e ad alta trasmittanza, mentre la cornice è una resina poliestere rinforzata da fibre di vetro a carica minerale.

È resistente alla neve, al fuoco, non genera gocce, e non sviluppa fumi.

È garantita per 25 anni ed è riciclabile al 100%.

Hanno un prezzo di 320 €/m², ma si può detrarre il 50% del costo dell'intero impianto durante i 10 anni successivi all'installazione, e si ha poi un ritorno dell'investimento in soli 6 anni, infatti ogni tegola, durante la sua vita utile, produce un risparmio energetico di circa 1.000 €, quindi sui 30.000 € per una tipica villetta unifamiliare. Grazie ad un contatore bidirezionale, l'energia in eccesso la si può immettere nella rete nazionale con la massima resa economica possibile.^[11]

Produttore : SolarTeg
Anno : 2010
Dimensioni : 120 x 80 cm
Potenza : 128 Wh/m²
Peso : 15 kg
Costo : 320 €/m²
Durata : garanzia 25 anni
Riciclabile : 100%
Sito internet : solarteg.it



SolarTeg, il tetto solare [img. 16]

A fine 2016, **Tesla** lanciò in mondovisione il suo tetto fotovoltaico denominato Solar roof, l'equivalente del SolarTeg già esistente in Italia, ma avente tegole con dimensioni più ridotte (18,4 x 36,5 cm), simili a quelle di una tegola tradizionale. Inoltre, sono adatte per coperture con inclinazioni dai 14° ai 90°.

Le tegole che compongono questo tetto sono in vetro temperato, ed avendo quindi una resistenza tre volte superiore alle tegole tradizionali, Tesla offre una garanzia illimitata o finché l'edificio resta in piedi. Invece la garanzia riguardante la produzione di energia è di 30 anni.

Sono certificate per la resistenza alla grandine ed al fuoco.

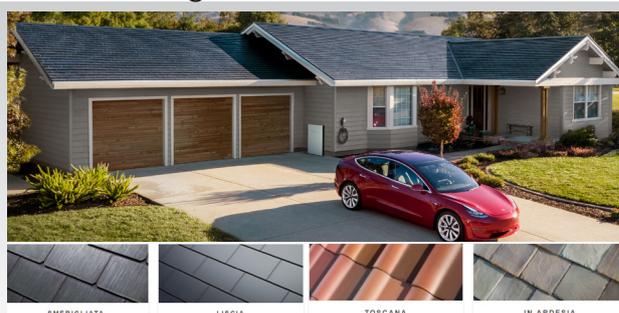
È stato anche effettuato un test di qualità per verificare la resistenza alla grandine. Considerando che un chicco di 5 cm mediamente viaggia ad una velocità all'impatto di 160 km/h, si riportano le conseguenze che si avrebbero contro una tegola Tesla, senza riportare danni visibili, confrontate con quelle contro una tegola tradizionale, con una rottura immediata.



test di qualità per la resistenza alla grandine [img. 17]

Il Solar roof viene integrato con una batteria di accumulo domestica, la Powerwall, per permettere di sfruttare l'energia solare immagazzinata in ogni momento, garantendo energia elettrica anche durante i blackout. In questo modo, si riesce a rendere la propria abitazione completamente autosufficiente. Tesla rende disponibili le tegole in quattro tipologie di finiture: smerigliata, liscia, toscana ed in ardesia, ed hanno tutte un effetto molto simile ad un normale tetto, cosa che invece non succedeva con il SolarTeg, e ciò permette di inserire entrambe le tegole, solari e non, all'interno dello stesso tetto. Il prezzo medio del tetto è di 200 €/m², ma dipende dalla quantità di tegole fotovoltaiche inserite.^[12]

Produttore : Tesla
Anno : 2016
Dimensioni : 18,4 x 36,5 cm
Costo : 200 €/m²
Durata : garanzia 30 anni
Sito internet : tesla.com



Tesla, il solar roof e le tipologie di tegole [img. 18-19]

- **3SUN 2.0, l'evoluzione dei pannelli fotovoltaici bifacciali**

Il primo Solar Decathlon Europe, svolto a Madrid nel 2010, vide la vittoria dell'Università della Virginia, la quale utilizzò sul suo prototipo dei pannelli fotovoltaici bifacciali capaci di impiegare entrambe le facce e quindi di aumentare del 30% la produzione di energia.

Ad Intersolar 2017, la società cinese **LONGi Solar** ha presentato il proprio pannello solare fotovoltaico a doppia faccia.

Esso era costituito da celle solari in silicio monocristallino di tipo PERC (Passivated Emitter and Rear Cell), così da consentire un migliore assorbimento della luce nei pressi della superficie retrostante e quindi ottimizzare la captazione di elettroni.

Anche l'Istituto di ricerca dell'Energia Solare di Singapore (**SERIS**) ci sta lavorando, e sta cercando di realizzare il modulo bifacciale più efficiente in commercio. Collaborando con l'International Solar Center Konstanz tedesca, hanno anche realizzato il primo modulo full-sized, il quale integra, da entrambe le facce, le celle solari ZEBRA, nate precedentemente dalla collaborazione tra la Silfab S.p.a. italiana e lo stesso istituto tedesco.

Dato che il bifacciale non era più una novità, hanno appunto puntato sull'impiego di queste celle, che hanno un'efficienza di conversione della luce in elettricità del 22% per ogni unità. La produzione, e quindi anche la commercializzazione, è a basso costo dato che si parte da wafer di silicio monocristallino aventi ampia area, di 15,6 x 15,6 cm, ed ha giunzioni e contatti solo sulla parte retrostante (Interdigitated back-contact, IBC) per lasciare libera la faccia esposta al sole. Nel 2018, SERIS ha rilanciato il pannello solare bifacciale, ma dotato di tecnologia Konstanz, quindi ogni modulo, composto da 60 celle, è capace di produrre il 30% di energia in più rispetto al pannello IBC tradizionale. Inoltre, è capace di arrivare ad una potenza di picco di 400 W grazie alla doppia superficie fotovoltaica ed alla struttura con doppio vetro.

A Marzo del 2018, il pannello bifacciale è arrivato anche in Italia grazie ad Enel che ha investito 80 milioni di euro per la riconversione tecnologica della fabbrica **3SUN 2.0**, nata nel 2011 a Catania. La linea di assemblaggio è stata, quindi, rinnovata passando dalla produzione di pannelli solari a film sottile a quella del nuovo fotovoltaico bifacciale.

In particolare, il piano di riconversione della fabbrica prevedeva tre fasi.

1. Ad Aprile del 2018 è stata avviata la nuova linea di assemblaggio di celle in monocristallino per la produzione dei pannelli bifacciali, con una capacità produttiva massima di 80 MW/anno.
2. Da Gennaio del 2019 si è passati alla produzione di celle HJT aventi una capacità produttiva fino a 110 MW/anno.
3. Da Aprile del 2019 si prevede di raddoppiare la capacità produttiva massima delle celle HJT, fino a 200-250 MW/anno.

La fabbrica catanese, alla fine della riconversione tecnologica, sarà in regime continuo, quindi essendo attiva 24 ore al giorno per 365 giorni all'anno, e producendo quotidianamente 1.400 pannelli, riuscirà a realizzare in un anno 500.000 pannelli.

Il sito siciliano è il primo impianto, a livello globale, a produrre il modulo fotovoltaico bifacciale HJT (HeteroJunction Technology), quindi avente una tecnologia ad eterogiunzione, composta da due strati sottili di silicio amorfo ed uno monocristallino. Questa soluzione garantisce elevate performance riguardanti l'efficienza e la producibilità, ed un minimo degrado del modulo. Inoltre, riesce a raggiungere una conversione della luce in elettricità del 26%.

Come già anticipato in precedenza, queste celle sono composte da due facce fotoattive, sia quella frontale che quella retrostante, consentendo, così, all'intero modulo, di produrre il 10-15% di energia in più rispetto ad un modulo tradizionale avente solo la faccia frontale fotoattiva, dato che la superficie posteriore cattura la radiazione solare riflessa. Questo sistema consente, quindi, di sfruttare a pieno l'irraggiamento solare massimizzando il rendimento e, di conseguenza, la potenza in uscita. Inoltre, permette di installare un numero minore di pannelli, a parità di energia prodotta, e quindi di occupare meno superficie in copertura. L'obiettivo dell'Enel Green Power (EGP), è quello di mettere in commercio un pannello solare fotovoltaico da 395 W ed avente una resa del 20%, quindi il 10% in più rispetto ad un pannello a film sottile tradizionale avente potenza massima di 140 W. Inoltre, l'alta robustezza dei nuovi moduli bifacciali è tale da garantire una durata di oltre 30 anni.^[13]

Produttore : 3SUN 2.0
Anno : 2018
Potenza : fino a 395 Wh
Durata : 30 anni
Sito internet : enelgreenpower.com



3SUN 2.0, il pannello fotovoltaico bifacciale
[img. 20-21]

- **Source, il pannello fotovoltaico che produce anche acqua potabile**

Fino alla fine del 2017 i pannelli fotovoltaici producevano energia elettrica solo grazie al sole, poi la start-up statunitense Zero Mass Water sviluppò un innovativo idropannello, Source, capace di catturare il vapore acqueo presente nell'aria e di trasformarlo in acqua potabile.

Il sistema ha dimensioni di 1,20 x 2,40 m, ed è composto da un modulo fotovoltaico e due idropannelli, dove uno genera energia elettrica e l'altro assorbe l'umidità presente nell'atmosfera. Una parte dell'energia solare che viene captata viene indirizzata in una batteria di accumulo, l'altra viene utilizzata per avviare un ciclo di condensazione ed evaporazione dell'acqua, la quale viene poi pulita dalle sostanze inquinanti, filtrata, e tramite un processo di addolcimento, attraverso strati di minerali come il calcio ed il magnesio, viene resa potabile. Quest'acqua ricavata viene immagazzinata in un serbatoio di 30 litri che può essere collegato direttamente ai rubinetti dell'abitazione.

Ogni pannello riesce ad assorbire 10 litri di umidità al giorno, e da questi ne rende utilizzabili dai 4 ai 10 litri, a seconda della quantità di sole e di umidità giornaliera. Un singolo modulo compensa l'equivalente di oltre 70.000 bottiglie di plastica in dieci anni, evitando così l'introduzione di ulteriori rifiuti nell'ambiente.

La tecnologia Source funziona con una vasta gamma di condizioni climatiche e riesce a produrre acqua anche quando la luce solare è minima e l'umidità è bassa, infatti è stata testata anche in Arizona, sede della start-up, ed una delle regioni più aride al mondo.

Il prezzo di un modulo Source è di 3.500 €, oltre ai costi di installazione, ed ha una garanzia di dieci anni. Tale investimento iniziale può essere facilmente ammortizzato in qualche anno.^[14]

Produttore : Zero Mass Water
Anno : 2017
Dimensioni : 120 x 240 cm
Capacità : 10 litri
Costo : 3.500 €
Durata : garanzia 10 anni
Sito internet : zeromasswater.com



Source, i pannelli fotovoltaici che producono anche acqua potabile [img. 22]

- **Teng, il pannello fotovoltaico che funziona anche con la pioggia**

Negli anni, nel settore del fotovoltaico sono state effettuate numerose innovazioni riguardanti l'efficienza, il costo, i processi produttivi e la sostenibilità dei materiali, ma non si è mai riusciti a farli funzionare con condizioni climatiche diverse dal sole, se non grazie alle batterie di accumulo.

Dal 2016, due team di ricerca provenienti dalla Cina sono riusciti a sviluppare Teng (TriboElectric NanoGenerator), un pannello fotovoltaico che produce energia elettrica grazie alla pioggia, oltre che grazie al sole.

La pioggia è costituita da acqua ma anche da sali, come il calcio ed il sodio, che si dividono in ioni positivi e negativi. Questo pannello fotovoltaico in silicio è rivestito da uno strato di grafene, e gli ioni positivi, a contatto con questo strato, si legano agli ioni presenti sulla superficie del rivestimento, e si riesce a creare una specie di condensatore. La differenza di potenziale tra gli strati genera una tensione che si trasforma in corrente elettrica.

Si è ulteriormente perfezionato questo prototipo creando dei piccoli solchi sulla superficie in grafene, così quando le gocce d'acqua colpiscono tale strato, questo si attiva ed entra in contatto con lo strato inferiore.

Questo prototipo è ancora in fase sperimentale. Si deve migliorare ancora l'efficienza, infatti adesso è del 6,5%, che se si confronta con quella media dei pannelli fotovoltaici tradizionali, che è intorno al 22%, è decisamente bassa.

Ciò non toglie il fatto che si stia investendo molto nel campo del fotovoltaico, dai materiali ai sistemi di accumulo, per riuscire a renderla una tecnologia sicura a prescindere dalle condizioni meteorologiche ed ambientali.^[15]

Produttore : Teng
Anno : 2016
Efficienza : 6,5%
Materiale : silicio + grafene



Teng, i pannelli fotovoltaici che funzionano anche con la pioggia [img. 23]

• LE BATTERIE DI ACCUMULO

Si è visto che i pannelli fotovoltaici hanno superato molti limiti, compreso quello della pioggia, ma nonostante tutte le innovazioni, non possono essere attivi durante le ore notturne.

Per ovviare a questo svantaggio, è necessario l'accumulatore fotovoltaico, che consente, infatti, di immagazzinare l'energia prodotta che non viene consumata nell'immediato, in una batteria di accumulo che la rilascia nel momento in cui l'impianto non può essere attivo. Ciò permette, quindi, di raggiungere l'indipendenza energetica, utilizzando l'energia fotovoltaica in qualunque momento della giornata, senza dipendere dai mercati instabili.

Il picco di produzione di energia elettrica da parte di un impianto fotovoltaico avviene durante le ore pomeridiane, quando in una famiglia media gli occupanti sono a lavoro, fuori casa, perciò è utile un sistema di accumulo per poter usufruire dell'energia in prima mattinata, di sera, nonché di notte.

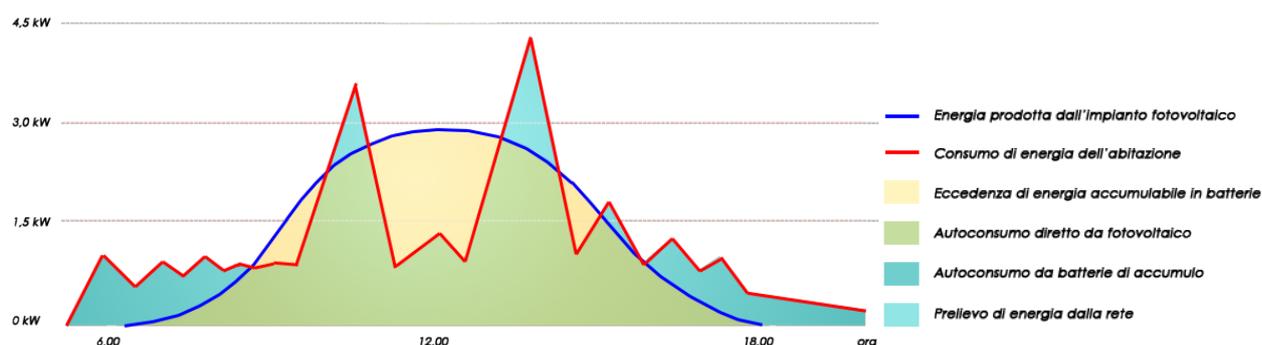
I sistemi di accumulo si possono installare sia su un nuovo impianto fotovoltaico che su uno già esistente.

La sola installazione dei pannelli fotovoltaici copre il 30% del fabbisogno di una famiglia media, mentre la combinazione di un impianto fotovoltaico con le batterie di accumulo, permette di coprirne l'80%.

Il rimanente 20% è legato ad una rivoluzione dei sistemi d'accumulo, la messa in rete. Così facendo, il surplus energetico di ogni abitazione avente questo sistema, può essere condiviso all'interno di comunità energetiche, consentendo a tutti di coprire il fabbisogno energetico tramite energia prodotta da fonti rinnovabili.

In Italia, quest'ultimo aspetto non è ancora possibile per una questione normativa, che non permette lo scambio di energia tra utenti.

Ma attualmente, la nostra nazione è al quinto posto per capacità di produzione di energia rinnovabile a livello mondiale, e questo è stato possibile grazie agli investimenti nei sistemi di accumulo.^[16]



produzione e consumo di energia durante un'intera giornata [img. 24]

- **SonnenBatterie, il sistema di accumulo più innovativo**

Attualmente, il sistema di accumulo più avanzato sul mercato è SonnenBatterie, avente batterie in litio-ferro-fosfato integrate in un sistema con inverter chiuso, e tramite l'app apposita si riesce a controllare il funzionamento del sistema. Con un monitoraggio intelligente riesce a gestire i picchi di richiesta elettrica ed impara a conoscere la famiglia, prevedendo in anticipo quanta energia necessiterà.

Le batterie, essendo in litio-ferro-fosfato, anziché agli ioni o polimeri di litio, sono più sicure, longeve e leggere delle altre batterie già esistenti sul mercato. Soddisfano, quindi, quattro criteri fondamentali: sicurezza, durata e prestazioni, tecnologia, e sostenibilità.

Hanno un'elevata capacità di accumulo pur avendo ridotte dimensioni. Ne esistono di tre tipi, con una capacità espandibile dai 2 ai 5-10-15 kWh, con dimensioni di 67 cm di larghezza, 23 cm di spessore, e con l'altezza rispettivamente di 88-139-185 cm.

Ogni anno, le batterie, hanno bisogno di 250 cicli di ricarica, quindi una classica batteria nichel-manganese-cobalto si dovrebbe sostituire già dopo 4 anni.

La batteria al litio-ferro-fosfato è progettata per garantire 10.000 cicli di carica e scarica, ma a quel punto della sua vita utile avrà ancora il 70% della capacità iniziale, e dopo 15.000 cicli mantiene ancora il 60% della sua capacità.

Sono garantite per dieci anni, e l'investimento iniziale sarà ammortizzato in cinque anni, tenendo conto degli sgravi fiscali, quindi superati i primi anni vi sarà solo più un guadagno.^[17]

Produttore : SonnenBatterie
Dimensioni : 67 x 23 x h 88-139-185 cm
Capacità : 2-5, 2-10, 2-15 kWh
Cicli : 10.000
Materiale : litio-ferro-fosfato
Durata : garanzia 10 anni
Sito internet : sonnen.it



SonnenBatterie [img. 25]

- **LA POMPA DI CALORE**

Uno dei fattori che influisce maggiormente sul bilancio economico di una famiglia tradizionale, oltre ai consumi per l'energia elettrica, sono le spese per il riscaldamento.

La pompa di calore è un impianto di riscaldamento sostenibile, infatti, sfruttando fonti rinnovabili come l'aria, l'acqua o il terreno, riesce a produrre energia termica. Essa richiede energia elettrica per il suo funzionamento, ma 1 kWh di energia elettrica produce fino a 5 kWh di energia termica, quindi l'investimento iniziale ha un ritorno nel breve tempo tramite l'abbassamento dei costi in bolletta. Inoltre, se viene collegata ad un impianto fotovoltaico, la produzione di energia elettrica è anche gratuita, e si ottiene l'indipendenza da ogni tipo di combustibile fossile.

Dato che utilizzano energia rinnovabile, gratuita ed ecologica, le pompe di calore sono la soluzione perfetta per ridurre sia i consumi energetici che le emissioni di CO₂ e quindi preservare il pianeta.

Le pompe di calore sono reversibili, infatti sono predisposte per trasferire calore tra due fonti aventi temperature diverse, quindi riescono sia a riscaldare un ambiente durante la stagione invernale, che a rinfrescarlo nei mesi estivi. Inoltre, si possono utilizzare anche per riscaldare l'acqua sanitaria di un impianto domestico.

Una pompa di calore, se installata all'interno di un edificio di nuova costruzione, e quindi ben isolato termicamente, produrrà un maggior rendimento. Si deve, però, isolare bene anche acusticamente dato che il funzionamento produce inquinamento acustico.

Il suo **funzionamento** è semplice, infatti, nella condizione invernale, preleva il calore da una sorgente, ne aumenta la temperatura, e restituisce il calore in un altro ambiente.

In pratica, la pompa di calore funziona grazie ad un compressore che genera una differenza di pressione, con la quale si produce calore.

Più nello specifico, vi è un evaporatore che, una volta aspirato il fluido refrigerante, lo fa evaporare grazie alla bassa pressione, ed accumula il calore prodotto. Dopodichè, l'energia termica, tramite un compressore, viene compressa ed indirizzata al condensatore, dove grazie all'alta pressione rilascia tutto il calore. A questo punto, il gas del fluido refrigeratore ritorna allo stato liquido e può dare avvio ad un nuovo ciclo, passando prima attraverso la valvola di espansione grazie alla quale torna nella condizione di vapore.

Durante il periodo estivo, invece, il processo viene invertito per produrre rinfrescamento.

Le pompe di calore differiscono in base alla tipologia di sorgente dalla quale viene estratto il calore, che si è detto essere aria, acqua o suolo.

Inoltre, può essere monovalente, quindi è l'unica fonte di riscaldamento, o bivalente, perciò si affianca ad altri impianti quando la temperatura cala drasticamente.

La scelta della tipologia si effettua in base alla temperatura di calore della sorgente, diversa per ciascuna delle tre, e se non è abbastanza elevata, l'impianto può non essere sfruttato a pieno. Inoltre, si deve disporre di un adeguato spazio per l'installazione della pompa di calore.

Le pompe di calore **aria-aria** sono le più diffuse dato che sono facili da installare. L'aria nell'ambiente contiene sempre del calore, anche quando fa molto freddo. Esse funzionano come i frigoriferi, ma in modo inverso, quindi prelevano il calore dall'aria di un ambiente esterno, la riscaldano, e la immettono in un ambiente interno ad una temperatura maggiore. Se, però, la temperatura esterna dovesse scendere sotto i 0°C, si dovrà utilizzare un sistema di sbrinamento. Sono reversibili, quindi funzionano sia in inverno che in estate con il funzionamento inverso. In caso di grandi spazi da riscaldare, si può implementare l'impianto con un sistema di circolazione forzata dell'aria che recupera calore, rendendo molto più efficiente l'apparecchio in termini energetici.

Isistemi **aria-acqua**, in Italia ancorapoco diffusi, funzionano sia come riscaldamento invernale, che condizionamento estivo, ed anche per produrre acqua calda. Per far ciò, però, si devono collegare ad un impianto di riscaldamento e ad un boiler. Questo tipo di impianto è più costoso dato che si deve anche installare un sistema di distribuzione dell'acqua.

Le pompe di calore **acqua-acqua** sfruttano il calore dei bacini idrici per ottenere energia termica. Il funzionamento è sempre lo stesso, con l'unica differenza che l'acqua mantiene una temperatura più costante nel tempo. In fase di realizzazione del pozzo, è meglio predisporre un meccanismo filtrante in modo da evitare la presenza di impurità.

Sia per un impianto ad aria che ad acqua, la temperatura è meglio che non scenda sotto i 6-7°C se si vogliono garantire delle buone prestazioni energetiche.

Le pompe di calore geotermiche utilizzano il **terreno** come fonte di calore. La temperatura del terreno è sempre costante, intorno ai 14°C fino a 80-100 m di profondità. Sono composte da tubazioni installate nel terreno ad una profondità di almeno 1,5 m. Il calore estratto viene ceduto alla pompa di calore che ne aumenta la temperatura e lo distribuisce all'interno degli ambienti. Si tratta, però, di un impianto molto rumoroso, infatti necessita di essere installato all'esterno.

Il **rendimento** di una pompa di calore è dato dal rapporto tra la potenza termica resa all'impianto e la potenza elettrica realmente consumata dalla pompa di calore per funzionare. Da questo rapporto si trova il coefficiente nominale denominato COP (Coefficient of Performance).

Ad esempio, se la pompa fornisce 4 kW all'impianto di riscaldamento per ogni kW di elettricità assorbita, il rendimento è pari a 4.

Ogni macchinario ha un suo specifico coefficiente nominale dichiarato dal costruttore, che dipende dalla temperatura della sorgente e dal funzionamento della pompa di calore, e serve per confrontare le varie pompe in termini di efficienza.

Si può anche calcolare il rendimento stagionale (SCOP), che valuta le rese, i consumi, e l'effettivo risparmio energetico ottenuto, considerando la qualità costruttiva della pompa di calore, nonché la sua corretta progettazione e posa in opera, la zona climatica in cui viene installata la macchina ed il tipo di impianto termico. Questo dato, infatti, non può essere dato dal costruttore bensì viene fornito in fase progettuale.

Le pompe di calore, dato che rientrano nell'ambito dei sistemi energetici rinnovabili, possono usufruire degli incentivi e delle agevolazioni fiscali.

L'impianto meno oneroso è quello ad aria, essendo anche il più facile da installare, invece, per quello ad acqua vi sono in aggiunta le spese per lo scavo del pozzo. Ma quello più costoso rimane l'impianto geotermico, che però permette di avere un risparmio sulla bolletta elettrica del 40-70%.

Un impianto aria-aria ha un prezzo che varia da 250 a 700 €/kW. Per uno aria-acqua il costo è tra i 300 ed i 900 €/kW. Per gli impianti geotermici, invece, il prezzo oscilla da 800 a 1.600 €/kW.

Se si è in un appartamento, la pompa di calore di cui si necessita è un monoblocco. Invece, se si è in una villetta indipendente si potrà installare la pompa di calore in un locale apposito o in cantina.

In generale, i costi sono maggiori rispetto ai tradizionali impianti di riscaldamento, ma l'investimento verrà ammortizzato a lungo termine tramite il dimezzarsi dei costi in bolletta. Inoltre, si può aver accesso alle agevolazioni se la pompa di calore sostituisce interamente o parzialmente un precedente impianto di riscaldamento.^[18]

- **Therma-V monoblocco R32, la pompa di calore ecologica**

LG Electronics, ad inizio 2018, mette in commercio Therma-V, la nuova pompa di calore monoblocco aria-acqua che ha come innovazione quella di avere un refrigerante ecologico, l'R32, avente un impatto ambientale ridotto rispetto ai gas tradizionali precedenti, migliorando in questo modo sia l'efficienza energetica che le prestazioni, anche in condizioni di temperature esterne molto rigide, fino a -25°C. Questo tipo di refrigerante permette di raggiungere un coefficiente di prestazione stagionale di riscaldamento (SCOP) pari a 4,45 e la classe di efficienza energetica A+++.

Questa pompa di calore è, infatti, il più potente sistema di riscaldamento tra i modelli della gamma Therma-V. Essa è una soluzione integrata per il raffrescamento tramite acqua fredda, il riscaldamento con quella calda, e la produzione di acqua calda sanitaria, in grado di riscaldarla fino ad una temperatura di 65°C.

La struttura è autoportante, avente pannelli di lamiera d'acciaio zincato verniciati e trattati superficialmente in modo da garantire un'elevata resistenza alla corrosione con il fine di proteggerla dagli agenti atmosferici, dall'inquinamento e dalle contaminazioni saline.

Il design è compatto, quindi non è più soggetta a rumorose vibrazioni, il peso è minore e varia da 99 a 141 kg, così come le dimensioni stesse (124 x 40 x h 90-145 cm). Grazie a ciò l'installazione è anche più semplice e rapida.

Si prevede anche una minima manutenzione ma allo stesso tempo una maggior durata e, tramite il comando a filo RS3, si riescono a monitorare, gestire e regolare i propri consumi grazie ad un controllo smart, in modo da eliminare gli sprechi.^[19] Oltre a questo display di controllo installato in casa, vi è anche un'applicazione per cellulari che monitora a distanza ogni prodotto LG. In questo modo è consentito preriscaldare un ambiente prima che si arrivi nell'abitazione.

Il prezzo di una pompa di calore monoblocco Therma-V va dai 2.352 € ai 4.250 €.

Produttore : LG
Anno : 2018
Dimensioni : 124 x 40 x h 90-145 cm
COP : 2,80 - 3,52 - 4,60
SCOP : 3,18 - 4,45
Peso : 99 - 141 kg
Classe : A+++
Costo : 2.352 - 4.465 €
Sito internet : lgbusiness.it



Therma-V monoblocco, la pompa di calore con refrigerante ecologico [img. 26-27]

• LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Nell'ottica in cui, entro il 2020, gli edifici dovranno essere ad energia quasi zero, si devono tenere in considerazione più fattori, quali l'orientamento e quindi l'esposizione di ogni ambiente interno, l'involucro edilizio con adeguato isolamento termico che dovrebbe avere bassa trasmittanza termica, nonché i serramenti dato che sono il punto critico di ogni edificio.

Uno degli elementi più importanti è, però, il sistema di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore (VMC), che assicura un regolare ricambio d'aria all'interno della casa, ed un'ottima qualità della stessa dato che prima di essere introdotta viene filtrata, quindi riduce le sostanze nocive fino ad eliminarle. Questo, però, porta a richiedere una regolare manutenzione ordinaria, dato che i filtri devono essere puliti.

Di solito, l'aerazione si fa tramite l'apertura delle finestre, ma ciò porta ad incrementare le dispersioni termiche, che invece devono essere limitate lasciando fuoriuscire il minor quantitativo di calore possibile. Inoltre, non conviene aprire le finestre per far circolare l'aria dato che, molto spesso, l'aria proveniente dall'esterno è più inquinata di quella interna.

Con questa tipologia di impianti, durante la stagione invernale, l'aria calda uscente dall'edificio viene convogliata verso uno scambiatore a flusso, dove cede 80-90% del calore all'aria fredda in ingresso, la quale viene ridistribuita all'interno degli ambienti, senza costi energetici.

Si tende sempre di più a scegliere serramenti ermetici, per non far fuoriuscire il calore in inverno, ma ciò rende i locali, soprattutto i bagni e le cucine, con alti tassi di umidità relativa, legati alle attività quotidiane degli occupanti o alle loro abitudini sbagliate, che non viene smaltita. Di conseguenza, il vapore acqueo presente nell'aria si deposita sulle pareti creando muffe, soprattutto in presenza di ponti termici, che oltre ad essere anti-estetiche causano anche malattie alle vie respiratorie.

Considerando varie attività quotidiane, come farsi la doccia, cucinare, fare la lavatrice per poi stendere i panni, fare la lavastoviglie, e dormire, una famiglia composta da quattro persone produce mediamente 10 litri di acqua al giorno sotto forma di vapore acqueo.^[20]

L'impianto viene installato nella struttura dell'edificio in modo da non percepire correnti d'aria all'interno dell'edificio, quindi, oltre a garantire ottime condizioni di umidità, mantiene gli ambienti interni salutarissimi evitando le muffe.

In caso di edificio già esistente, quindi non di nuova costruzione, l'impianto di ventilazione meccanica controllata può essere puntuale, quindi installato solo su alcune pareti di alcuni locali.

Le VMC si possono realizzare con unità a singolo o a doppio flusso.

Un impianto di ventilazione a **flusso singolo** ha un sistema di estrazione o di immissione dell'aria affidato ad una sola unità ventilante che lavora in pressione od in depressione.

A volte, si opta per avere l'unità di ventilazione che provvede alla sola immissione dell'aria, e delle bocchette poste sui serramenti, che in sovrappressione provvedono all'estrazione dell'aria. Ciò rende possibile la filtrazione dell'aria esterna prima dell'immissione avendone un maggior controllo, inoltre, mantenendo gli ambienti in sovrappressione si evita l'ingresso di odori ed inquinanti.

I vantaggi di questo tipo di unità sono: minor costo di investimento iniziale e costi di manutenzione, minore ingombro di canali ed assorbimenti elettrici, ed è più facilmente realizzabile in caso di ristrutturazioni.

Gli svantaggi, invece, sono: minore recupero energetico dato che non vi sono recuperatori di calore, e per lo stesso motivo è richiesta maggior potenza dell'impianto di climatizzazione, è necessaria una maggiore portata d'aria per mantenere le condizioni interne di temperatura ed umidità relativa ottimali, non si ha alcun beneficio in termini di efficienza energetica, si necessita di maggior attenzione per ridurre l'immissione di rumori, ed i tempi di ammortamento dell'investimento iniziale sono più lunghi.

Per gli impianti VMC a **doppio flusso** viene installata un'unità di ventilazione fornita di recuperatore di calore, il quale gestisce l'immissione e l'estrazione dell'aria in ogni singolo ambiente.

Nel caso di più unità abitative si può predisporre un impianto VMC centralizzato, composto solo da una macchina, e fornendo ogni singola unità immobiliare di recuperatori di calore passivi, aventi scambiatore di calore ma non ventilatori. Questo tipo di soluzione consente di abbattere sia i costi di installazione iniziali, che quelli manutentivi.

Grazie ai recuperatori di calore si recupera, appunto, la maggior parte dell'energia richiesta per mantenere le condizioni interne invariate. Ciò avviene scambiando calore tra l'aria in entrata e quella in uscita, riducendo considerevolmente i consumi energetici.

Quindi, i vantaggi del doppio flusso sono: massima efficienza energetica grazie ai recuperatori di calore, è necessaria una minore portata d'aria nei singoli locali per mantenere le condizioni di umidità relativa interna agli ambienti, si ha un maggior controllo della sovrappressione o della depressione di ogni locale, ed i tempi di ammortamento dell'investimento sono più brevi.

Però, si hanno comunque degli svantaggi, come: assorbimento elettrico maggiore dato che vi è anche un ventilatore per la ripresa dell'aria, maggiore ingombro dei canali, e maggiore investimento iniziale.

Nell'ambito residenziale, per dimensionare un impianto VMC, vi è la Legge 10/1991 che, insieme alle ultime normative emanate in ambito di risparmio e certificazione energetica degli edifici che prescrivono l'applicazione della UNI 10339, fissa il numero di **ricambi d'aria** pari a 0,5 vol/h, che è il tasso perfetto per una diluizione esatta degli inquinanti e per ridurre l'umidità negli ambienti domestici.

Quindi, per calcolare la portata d'aria per ogni ambiente che necessita l'immissione di aria (Q [m^3/h]), si moltiplica il volume del locale (V [m^3]) per il numero di ricambi d'aria (n).

$$Q = V \times n = V \times 0,5$$

Durante le ore nelle quali non vi sono occupanti, l'impianto potrà lavorare in parzializzazione, quindi minimizzando il numero di ricambi d'aria, in modo da ridurre i consumi energetici. Si devono comunque rispettare i dettami della UNI/TS 11300, quindi i 0,5 vol/h sono intesi come media giornaliera.

Per determinare il costo di un impianto VMC si devono considerare vari fattori che possono modificare anche significativamente il valore complessivo.

Per un immobile ad uso abitativo di circa 100 m^2 , il costo indicativo può variare da 5.600 a 6.000 € se l'unità è a flusso singolo, e da 10.300 a 12.100 € per il doppio flusso con recuperatore di calore.

Come previsto dalla Legge 190/2014, dal 1° Gennaio 2016, gli impianti VMC possono, però, beneficiare delle detrazioni fiscali del 36% in dieci anni, garantite fino ad un complessivo ammontare di 48.000 € per ogni unità immobiliare di tipo residenziale.^[21]

- **Flair 325, la VMC con recupero di calore**

Flair 325 è un apparecchio rivoluzionario, prodotto da Brink Climate Systems a metà del 2018, che fissa un nuovo standard nella ventilazione meccanica controllata con recupero di calore.

Secondo la PassivHaus-Institut, il recuperatore di calore di Flair 325 è il dispositivo più efficiente in questo settore di prodotti dato che può funzionare a quattro velocità e recupera il 91% del calore.

L'apparecchio ha un design aerodinamico che rende il funzionamento molto più silenzioso rispetto alle tradizionali unità attualmente sul mercato, si ha un miglioramento del 30% per quanto riguarda l'efficienza, e riduce il consumo di energia elettrica anche del 30%.

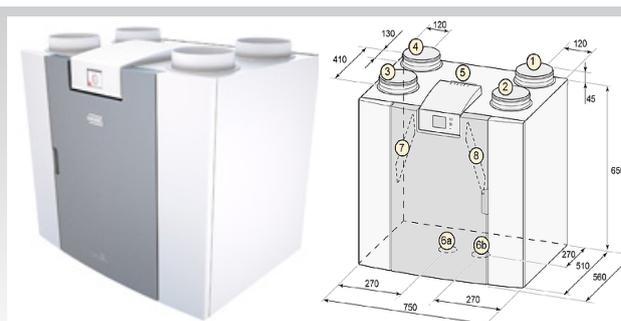
Inoltre, ha un riscaldatore esterno elettrico incorporato che garantisce che non geli durante la stagione invernale.

Questo apparecchio è denominato Flair 325 per il fatto che ha una capacità che va da 50 a 325 m³/h. Inoltre, è dotato di massime prestazioni, infatti il flusso di aria di rinnovo nella ventilazione mantiene la quantità d'aria immessa e quella estratta sempre costanti.

La tecnologia è anche all'avanguardia dato che ha un supporto digitale per agevolare l'installazione e la manutenzione, e se collegato ad internet può essere monitorato anche da remoto.^[22]

Flair 325 ha dimensioni di 75 x 56 x 65 cm di altezza, ed un prezzo di 2.000 €.

Produttore : Brink
Anno : 2018
Dimensioni : 75 x 56 x h 65 cm
Capacità : 50 - 325 m³/h
Costo : 2.000 €
Sito internet : brinkclimatesystems.nl



Flair 325, la VMC con recupero di calore [img. 28-29]

IL RICICLO DELL'ACQUA

Riciclare l'acqua piovana è un dovere sia verso l'ambiente che verso noi stessi. Infatti, recuperandola, si evita di utilizzare l'acqua potabile e quindi si riducono gli sprechi idrici che altrimenti sarebbero consistenti. Inoltre, se si sfruttasse l'acqua piovana, si coprirebbe quasi la metà del fabbisogno idrico domestico.

Vi sono svariati modi per riutilizzare l'acqua meteorica, come per la pulizia della casa, per fare il bucato, per lo sciacquone del wc, per annaffiare l'orto ed il giardino, per lavare l'auto, e per l'igiene personale. Se si implementasse l'impianto di stoccaggio e filtrazione con uno per la depurazione, l'acqua piovana raccolta diventa anche potabile, e quindi si eviterebbe di comprare bottiglie di plastica che causano solo danni all'ambiente.

I vantaggi del riciclo dell'acqua sono molteplici e connessi tra loro. Ad esempio, se si utilizzasse l'acqua piovana per usi domestici si eviterebbe di usare l'acqua potabile del rubinetto, che essendo anche più calcarea diminuisce la vita agli elettrodomestici ed ai sanitari. Inoltre, non dovendo utilizzare prodotti anticalcare, si inquinerebbe meno l'ambiente.

Si potrebbe riciclare l'acqua anche all'interno della casa, quindi l'acqua grigia di scarico delle docce e dei lavandini, una volta trattata, può tornare in circolo per alimentare gli scarichi dei wc e la lavatrice.

Il contest del Solar Decathlon Europe 2019 riguardante l'ingegnerizzazione del prototipo valuta anche il livello di funzionamento dell'impianto idraulico e la sua integrazione all'interno del progetto. Si avrà, quindi, un maggior numero di punti se si conserva l'acqua della casa, ossia utilizzando impianti a basso flusso e risparmio idrico, sistemi di acque grigie, trattamenti e riutilizzo dell'acqua.

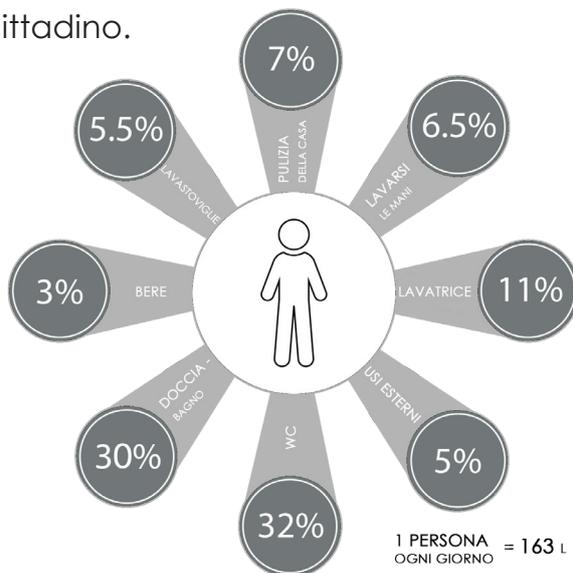
Anche all'interno del contest sulla circolarità e sostenibilità si valuterà il ciclo di gestione dell'acqua, la riscossione, la conservazione ed il riciclo all'interno del prototipo.

Inoltre, per completare il funzionamento di un'intera abitazione, la gestione dell'acqua assume una parte importante del processo. Pertanto, durante la competizione saranno misurati anche i consumi di acqua delle case partecipanti, tramite il contest sul funzionamento del prototipo.

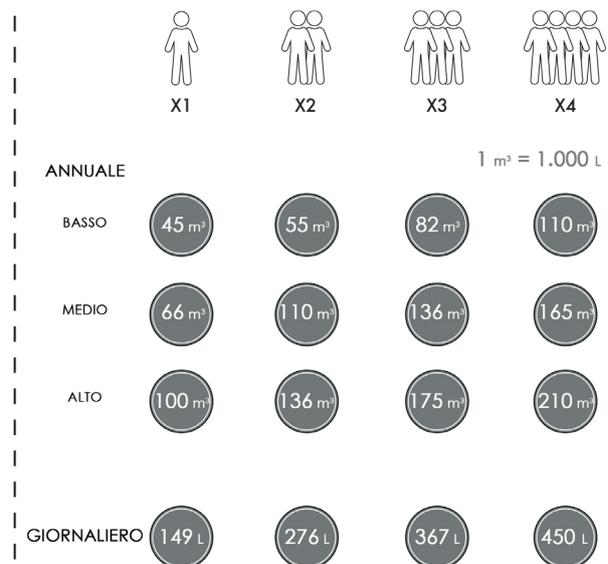
Negli ultimi anni si sono moltiplicate le campagne informative sull'uso razionale dell'acqua, che invitano ad un uso più oculato, evitando sprechi inutili. Molti **accorgimenti** sono, infatti, già stati presi in considerazione dalla popolazione dato che è da molto tempo che se ne parla, come farsi la doccia consumando 50 litri d'acqua anziché la vasca che ne consuma 150, od installare la cassetta dello scarico a doppio tasto od a regolatore di flusso. Inoltre, si dovrebbe chiudere sempre il rubinetto quando non si utilizza l'acqua, come quando ci si lava i denti o ci si insapona nella doccia, dato che in un solo minuto di rubinetto aperto escono 10 litri di acqua inutilizzati. Si deve controllare che il rubinetto sia ben chiuso o che non abbia perdite dato che se scendono 90 gocce al minuto, in un anno si sono sprecati 4.000 litri di acqua. Inoltre, l'installazione dei frangigetto nei lavandini servirà a ridurre la potenza del getto senza diminuire la resa lavante. Infine, la lavatrice e la lavastoviglie vanno azionate solo quando sono a pieno carico, dato che consumano 80-120 litri per ogni ciclo di lavaggio.

Questo, però, permette solo una limitata riduzione dei consumi e non contribuisce alla limitazione dell'inquinamento. Ma è possibile contenere i consumi di più del 30% ricorrendo a soluzioni tecniche semplici ed installabili in ogni abitazione. Inoltre, si potrebbe avere una riduzione superiore al 50% dei consumi ristrutturando l'impianto idrico di casa, in modo che sfrutti la pioggia e permetta il recupero delle acque non contaminate.^[23]

Nel mondo, si consumano mediamente 149 l di acqua al giorno per ogni abitante. Essendo una media, alcuni paesi ne consumano di meno ed altri di più, come l'Italia, che mediamente consuma 163 l pro capite al giorno. Anche in questo caso, ci sono città che consumano meno acqua ed altre, invece, superano la media, come Torino, che utilizza mediamente 189 l di acqua al giorno per ogni cittadino.



utilizzo giornaliero dell'acqua in Italia [img. 30]



utilizzo dell'acqua nel mondo [img. 31]

Due terzi di questi vengono consumati in bagno, metà per la doccia e metà per lo sciacquone del wc. Quindi, considerando la media italiana, ciascuno di noi, utilizza quotidianamente 60 litri per l'igiene personale, ossia per farsi la doccia e lavarsi le mani, ed altri 50 per lo sciacquone del wc, che corrispondono a 6-9 scarichi al giorno. Inoltre, quasi 20 litri sono utilizzati per la lavatrice e 10 litri per la lavastoviglie. Per la pulizia della casa e per gli usi esterni all'abitazione, vengono consumati 10 litri di acqua ciascuno.

La maggior parte dei consumi idrici riguarda usi per cui non sarebbe necessario l'utilizzo di acqua potabile, basterebbe un'acqua chiarificata ed inodore. Infatti, gli usi che richiedono acqua potabile potrebbero essere limitati agli usi alimentari (3%) e, per essere prudenti, all'igiene personale (30% + 6,5%) ed alla lavastoviglie (5,5%). Si tratta quindi di meno della metà dei consumi domestici attuali (45%). Quindi, se si riuscisse a recuperare l'acqua piovana ed a riutilizzarla per tali scopi, sarebbe un grande vantaggio sia ambientale che economico.

Il recupero ed il riutilizzo delle acque meteoriche permette di evitare, infatti, ulteriori sprechi idrici legati all'utilizzo di acqua potabile della rete, soprattutto quando non è necessario.

Utilizzare l'**acqua piovana** porta molti vantaggi come ridurre il fabbisogno idrico domestico, che corrisponde ad una richiesta procapite giornaliera di 150-200 litri, e quindi anche un risparmio economico sulla bolletta dell'acqua, un minor utilizzo dell'acqua potabile del rubinetto e, di conseguenza, assenza di calcare all'interno degli elettrodomestici, una riduzione dell'inquinamento ambientale dato che non si userebbe più l'anticalcare per fare il bucato e quindi anche un risparmio economico derivante da questo.

Le possibilità di riuso dell'acqua meteorica dipendono dalla sua qualità, quindi dalla quantità di eventuali inquinanti e batteri. Le fonti contaminanti possono derivare da sostanze presenti in atmosfera, da altre rilasciate dai materiali del sistema di raccolta e stoccaggio, da sostanze presenti sui tetti e nei pluviali, e dai batteri, virus e parassiti che ne derivano.

L'impianto di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana per uso anche potabile, quindi per l'acqua che fuoriesce da ogni rubinetto, da quello delle docce, a quello dei bidet e di tutti i lavandini, differisce da quello solo per uso esterno ed interno ma per uso non potabile, ossia per l'irrigazione, il lavaggio dell'auto, lo sciacquone del wc, per alimentare lavatrici e lavastoviglie, e per la pulizia della casa.

Nel caso in cui si voglia recuperare l'acqua meteorica per riusarla sia all'esterno che all'interno dell'abitazione ma non ad uso potabile, si dovrà installare un impianto che permetta il recupero, la filtrazione, lo stoccaggio e la distribuzione.

Ogni area impermeabilizzata, come il tetto, i terrazzi ed i balconi, è adatta alla captazione dell'acqua meteorica. Il **recupero** dell'acqua avviene tramite i canali di gronda, mentre i pluviali la indirizzano all'interno di un serbatoio.

Prima che l'acqua entri nella cisterna, è necessario che venga filtrata. Per purificare l'acqua, e quindi restituirla pulita, si necessita di un filtro che garantisca, per decantazione, l'eliminazione di sostanze nocive e batteri. Per ottenere una **filtrazione** ottimale, occorre l'installazione di due filtri, uno all'inizio del pluviale ed un altro al livello della cisterna. Ciò dipende anche dall'uso che si farebbe dell'acqua raccolta, dato che se si intende utilizzarla solo per l'irrigazione basterebbe l'installazione del primo filtro. I filtri possono essere autopulenti o non, ma di entrambi ne esistono da esterno, da interrare, e da interno cisterna.

Prima che l'acqua arrivi nel serbatoio, si necessita di una vasca di calma, che ha il compito di rallentare l'acqua in entrata per evitare la creazione di turbolenze sul fondo della cisterna che causerebbero il sollevamento di eventuali detriti depositati.

Per lo **stoccaggio**, ossia l'immagazzinamento dell'acqua piovana, occorre una cisterna, che può anche essere interrata evitando di recare problemi estetici. Se, invece, si vogliono evitare i costi per lo scavo, si può scegliere di utilizzare cisterne aeree, posizionate lungo il perimetro dell'abitazione, collegate tra loro tramite appositi condotti. In Europa, la maggioranza degli impianti è realizzata con stoccaggi interrati od in cantina.

La capacità di una cisterna varia da 1.000 a 100.000 litri, ma le dimensioni dipendono sia dallo spazio a disposizione che dal fabbisogno idrico degli utenti. Inoltre, quando il serbatoio è pieno, l'acqua in eccesso viene automaticamente deviata e smaltita in fognatura o dispersa per drenaggio sotterraneo.

Per consentire l'uso dell'acqua piovana raccolta, si deve predisporre un sistema di **distribuzione** costituito da una pompa elettrica. Per evitare i costi energetici dovuti dall'elettricità della pompa si può impiegare una pompa elettrica con pannello solare fotovoltaico dedicato che quindi sfrutta le fonti rinnovabili.^[24]

Per assicurarsi di prelevare l'acqua avente la migliore qualità, è necessaria l'installazione di un filtro dotato di galleggiante che mantiene quindi il livello di aspirazione del pompaggio subito al di sotto del pelo libero dell'acqua.

In ogni impianto di questo genere viene garantito un sistema di reintegro automatico con l'acqua di rete, il quale si attiva quando quella piovana nella cisterna esaurisce.

Se, invece, si vuole anche rendere **potabile** l'acqua raccolta, l'impianto è uguale al precedente, ma alla fine vi sono più filtrazioni dell'acqua piovana. Per poterla utilizzare nella rete idrosanitaria, dopo aver subito un processo di ultrafiltrazione, viene immagazzinata in un serbatoio secondario dedicato, il quale deve stare lontano da fonti di calore. Dopodichè, l'acqua viene prelevata da un altro sistema di pompaggio, debatterizzata tramite lampade UV, ed immessa nella rete pronta ad essere utilizzata.

Se si vuole rendere potabile l'acqua si deve passare attraverso un terzo stadio di filtrazione. L'acqua precedentemente ultrafiltrata e debatterizzata arriva tramite la rete idrica sotto al lavandino della cucina dove vi è un'apposita macchina che applica due ulteriori filtrazioni. La prima filtrazione è ai carboni attivi ed elimina ogni tipo di sostanza inquinante ancora esistente all'interno dell'acqua, anche i sali minerali rendendola, infatti, amara. Con la seconda filtrazione, che è osmotica, l'acqua subisce il suo ultimo trattamento, quello di rimineralizzazione naturale capace di ridarle il giusto sapore.

Per sapere se sia conveniente o meno l'installazione di un sistema di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana, e successivamente per realizzare cisterne di capacità opportuna, si deve valutare sia la quantità d'acqua che precipita in media nell'area, che la quantità d'acqua consumata mediamente in casa.

Più nello specifico, per dimensionare una cisterna si calcola il volume massimo cumulabile (VMC [l/anno]), moltiplicando la superficie di raccolta delle precipitazioni, misurata orizzontalmente (S [m²]), con l'intensità annua di precipitazione (I [mm/anno]), il coefficiente di deflusso (ϕ) che dipende dalla tipologia ed inclinazione della copertura, ed il rendimento del filtro (η).

$$\mathbf{VMC = S \times I \times \phi \times \eta}$$

Dopodichè si calcola il volume massimo di fabbisogno idrico (VMF [l/anno]) con la sommatoria dei fabbisogni relativi ai diversi impieghi ed al numero di persone.

$$\mathbf{VMF = \Sigma \text{ Fabbisogni}}$$

Ad esempio, il fabbisogno idrico annuale, per ogni utente, di un wc residenziale è di 16.790 litri, quello di una lavatrice è di 5.110 l, mentre per le pulizie se ne utilizzano 730. Mentre l'irrigazione dell'orto necessita di 60 l/anno m², e quella per il giardino dai 150 ai 200 l/anno m².

Poi si calcola il tempo secco medio (TSM [gg]), quindi la quantità di giorni nei quali si può verificare assenza di precipitazioni, dividendo la differenza tra i giorni in un anno e quelli piovosi (F [gg]), con il numero dei mesi.

$$\mathbf{TSM = (365 - F) / 12}$$

Per calcolare, infine, il volume della cisterna (VC [l]) si moltiplica il tempo secco medio, per il rapporto tra il fabbisogno massimo di acqua ed i giorni annuali.^[25]

$$\mathbf{VC = TSM \times (VMF / 365)}$$

Ogni persona può recuperare l'acqua piovana che precipita sulla sua proprietà. Il costo di un impianto completo, quindi composto da cisterna, tubo e filtro, è sugli 800 €, ma verrebbe ammortizzato in poco tempo grazie al risparmio sul costo di smaltimento e di depurazione delle acque.

Inoltre, chi installa questo genere di impianto può usufruire degli incentivi statali previsti dalla Legge di Bilancio 2018. Quindi, chi acquista un impianto di recupero di acqua piovana, fino a 30.000 €, dal 1° Gennaio 2018 al 31 Dicembre 2021 avrà una detrazione pari al 65% che comprende l'installazione, la messa in opera e le eventuali opere murarie per la cisterna.

Inoltre, nell'era della tecnologia, non potevano mancare le applicazioni per telefoni o computer in grado di monitorare i consumi di acqua all'interno della casa.

Ad esempio, Dropcountr è un'applicazione che, oltre a controllare l'utilizzo dell'acqua, rileva anche le perdite, e quindi fa ridurre le bollette se si agisce in fretta. Mostra dei grafici che paragonano l'utilizzo della casa privata con quello medio del vicinato. Inoltre, crea un piano basato sullo stile di vita che suggerisce il modo più conveniente di usare l'acqua.

Così come GST4Water (Green Smart Technology for water), che è una tecnologia per monitorare, elaborare e comunicare in tempo reale il consumo di acqua sia interna che esterna. Inoltre, è collegata ad un sistema per la gestione, il recupero ed il riutilizzo di acqua meteorica e grigia. Si può considerare, quindi, uno strumento per valutare la sostenibilità economico-ambientale dei sistemi idrici urbani.

Di seguito vedremo degli esempi di impianti di recupero dell'acqua innovativi, infatti descriveremo più nello specifico:

- impianti che recuperano anche le acque grigie;
- lavatrici che utilizzano l'acqua grigia delle docce;
- cisterne gonfiabili;
- serbatoi in serie.

- **REDI, il riciclo di acque grigie e meteoriche**

Redi è uno dei partner della Sapienza di Roma nel progetto Restart4Smart per il Solar Decathlon Middle East tenutosi a Dicembre 2018.

Hanno sviluppato il “sistema irriga e riusa” compatto che consente sia di reimpiegare l’acqua piovana per usi esterni all’abitazione, che di riutilizzare le acque grigie, provenienti quindi dalle docce e dai lavandini.

Le acque reflue derivanti da wc, lavatrice, lavastoviglie e lavabo della cucina, sono dette anche acque nere, e dopo l’utilizzo non sono più recuperabili quindi si direzionano verso la fognatura. Invece, le acque grigie provenienti dalla doccia, dal bidet e dal lavandino del bagno, possono avere un’ulteriore passaggio all’interno del serbatoio REDI per essere riutilizzate per usi esterni o come acque nere per il wc e la lavatrice.

Tramite questo sistema, le acque grigie vengono restituite igienicamente pure attraverso un processo multiplo di trattamento biologico, ultrafiltrazione e debatterizzazione UV. Inoltre, l’acqua così trattata corrisponde ai requisiti richiesti dalla normativa europea.

Grazie a questo sistema, considerando gli usi tipici di un’abitazione, si ha una riduzione del consumo di acqua potabile anche oltre il 50%.

Il serbatoio ha capienza variabile dai 3.500 ai 41.000 litri.

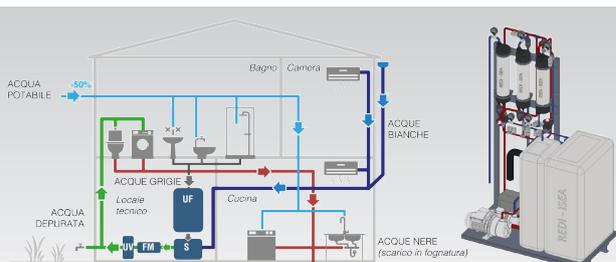
Inoltre, il sistema REDI è sostenibile sia perchè il processo di filtrazione è biologico-meccanico, e sia perchè preserva l’ambiente non richiedendo l’uso di additivi chimici dannosi, riducendo gli sprechi ed i costi.

Ha molti vantaggi, quali la rapida installazione, il consumo energetico efficiente, la sicurezza igienica del sistema, l’autopulizia, il monitoraggio, l’estrema compattezza, quindi non richiede di grandi spazi per l’installazione, la produzione di poco rumore e la facile manutenzione. Inoltre, si hanno vantaggi anche economici in quanto, dato che si utilizza l’acqua piovana che è priva di calcare, si consuma anche il 50% di detersivi in meno.^[26]

Produttore : REDI

Capienza : 3.500 - 41.000 litri

Sito internet : redi.it



REDI, il riciclo all'interno dell'abitazione [img. 32]

- **Wash-It, la lavatrice usa l'acqua grigia della doccia**

Ai giorni d'oggi, si preferisce farsi la doccia piuttosto che il bagno nella vasca per ridurre il consumo di acqua. Ma anche questa opzione utilizza un'elevata quantità d'acqua, considerando che corrisponde ad un terzo della quantità giornaliera di acqua utilizzata per ogni persona, infatti una doccia di 10 minuti consuma mediamente 50 litri d'acqua. È un consumo che si può paragonare ad uno spreco dato che tutta l'acqua poi viene destinata alla fognatura.

Per evitare questo tipo di spreco, degli studenti universitari provenienti dalla Turchia hanno ideato Wash-It, un sistema chiuso e compatto che raccoglie le acque grigie disperse mentre l'utente si fa la doccia e le riutilizza per il bucato in lavatrice. In questo modo l'acqua non viene sprecata, anzi, viene riutilizzata per un utile scopo.

Wash-It raccoglie l'acqua dallo scarico della doccia, la fa passare tramite due pompe in tre filtri di depurazione, facilmente rimovibili dall'esterno per la pulizia, arrivando così in un serbatoio di raccolta. Inoltre, grazie anche ad un'unità di riscaldamento ed un sistema UV, le acque grigie vengono depurate, e sono pronte per essere riutilizzate nella lavasciuga.

Utilizzando questa tecnologia si ha un risparmio assicurato del 50% sul totale complessivo di acqua utilizzata per la doccia e la lavatrice.

Wash-It è stata pensata anche per uso pubblico, come per le palestre. In questo caso, l'oblò della lavasciuga, anziché essere posto all'esterno, si trova all'interno della doccia, così che l'utente possa svestirsi nella doccia e rivestirsi prima di uscire rimettendosi gli stessi vestiti che indossava quando vi è entrato.

Questo progetto, alle "If Concept Design Awards", ha vinto il "Premio Hansgrohe 2012" come "Progettazione efficiente di acqua".^[27]

Produttore : Wash-It
Risparmio : 50% di acqua per doccia e lavatrice
Utilizzo : pubblico e privato



Wash-It, la doccia integrata alla lavatrice [img. 33]

- **Eco Tank ed Eco Logistic, i serbatoi gonfiabili**

Eco Tank è un serbatoio prodotto in Italia, realizzato in un tessuto di poliestere in modo che si riesca a gonfiare man mano che si riempie di acqua piovana, è rivestito in PVC ed è trattato per l'anti-UV. È adatto, quindi, per lo stoccaggio dell'acqua meteorica, ma non per la conservazione di acqua potabile.

Ha un'estensione in orizzontale ed essendo anche di poco spessore può essere nascosto al di sotto del pavimento, in piccole intercapedini, o posto all'esterno. Come per i tradizionali impianti di raccolta e riutilizzo dell'acqua meteorica, i pluviali deviano l'acqua verso un tubo di flusso comune, il quale entra nella cisterna tramite la valvola di riempimento. Una volta raccolta l'acqua, una pompa la renderà disponibile per gli usi prescelti, tramite l'altra valvola per lo svuotamento, mentre l'acqua in eccesso viene deviata per evitare il riempimento eccessivo grazie alla valvola per il troppo pieno.

Il prodotto non tocca alcuna parte della casa, ed è un fattore importante per il Solar Decathlon dato che 1.000 litri di acqua raccolti pesano una tonnellata e le strutture sarebbero da progettare anche per sorreggere tale peso.

Inoltre, i costi sono anche accettabili, infatti il serbatoio da 1.000 litri, avente dimensioni di 2,50 x 1,50 x 0,50 m, ha un prezzo di 300 €, per arrivare a quello da 5.000 litri con 500€, fino alla cisterna massima da 100.000 litri con 2.500 €.^[28]

Ne esistono, infatti, di svariate dimensioni, anche intermedie rispetto a quelle sopra citate, per soddisfare qualunque esigenza, dall'uso domestico, a quello agricolo ed industriale.

Eco Logistic ha lo stesso funzionamento, ma ne esistono di due tipi, uno rende le acque potabili mentre l'altro si ferma al primo filtraggio. Ogni cisterna ha due bocchettoni, uno per il riempimento e l'altro per lo svuotamento.

Sono realizzati in tessuto ad elevata resistenza, e sono capaci di mantenere inalterate le proprietà e le qualità dell'acqua.

Ne esistono di quattro grandezze, e possono contenere 1-5-10-20 m³ d'acqua, quindi se il serbatoio è pieno può pesare da 1 a 20 tonnellate. Le dimensioni variano da 2,20 x 1,70 m a 4,40 x 6,00 m. Lo spessore, quando si riempie di acqua, varia da 80 cm ad 1,20 m.^[29]

Produttore : Eco Tank / Eco Logistic

Dimensioni : da 150 x 150 x h 40 cm a 888 x 967 x h 160 cm /
da 220 x 170 x h 80 cm a 440 x 600 x h 120 cm

Capacità : 0,5 - 100 m³ / 1 - 20 m³

Costo : 260 - 2.500 € / -

Sito internet : cisternemorvide.it /
ecologic.it



Eco Tank [img. 34]



Eco Logistic [img. 35]

LA TRASFORMAZIONE DEI RIFIUTI IN RISORSE

Per trasformazione dei rifiuti in risorse si intende il riciclo dei rifiuti domestici.

Infatti, se i rifiuti organici si inseriscono, insieme all'acqua, in un biodigestore, si riesce a produrre, oltre al biogas, anche del compost utilizzabile come fertilizzante per le piante o per l'orto, che quindi collaborerà alla crescita degli ortaggi, i quali genereranno poi altri scarti che verranno reinseriti all'interno del biodigestore. Così facendo si ottiene un processo circolare.

I rifiuti organici, se non vengono trattati, liberano metano in atmosfera che contribuisce al surriscaldamento del pianeta.

Invece, smaltendoli autonomamente e sfruttando il gas che viene prodotto dal biodigestore si contribuisce a ridurre il cambiamento climatico ed a limitare la materia organica che si dovrebbe smaltire in discarica.

Questo genere di sistema è perfetto per chi vuole l'autosufficienza energetica e smaltire i rifiuti autonomamente, in quanto risolve contemporaneamente entrambi i problemi.

L'unico contest del Solar Decathlon Europe 2019 che tiene in considerazione i rifiuti è quello sulla circolarità e sostenibilità, nonché quello sull'innovazione dato che è collegato a tutti gli altri i contest.

Valuterà come i team siano riusciti a progettare e quindi a minimizzare gli sprechi e la produzione di rifiuti, per riuscire ad ottenere la massima riduzione degli impatti ambientali.

Questo contest si riferisce soprattutto ai materiali da costruzione che dovrebbero avere una circolarità nel loro uso, quindi a fine vita potrebbero essere riusati o riciclati.

Invece, la trasformazione dei rifiuti in risorse, come la produzione di compost, elettricità e gas, può essere analizzata in riferimento a come ogni team concepisce la sostenibilità e l'economia circolare, e come ciò si riflette all'interno del progetto. Infatti, applicando questo processo, i rifiuti organici diventano fertilizzante, che contribuisce alla crescita delle coltivazioni, che diventano cibo, e che tornano rifiuto organico, quindi si ha a tutti gli effetti un'economia circolare.

- **I BIODIGESTORI**

Dato che gli obiettivi dell'Unione Europea, da raggiungere entro il 2020, riguardano la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e l'aumento dell'utilizzo di fonti rinnovabili, si può dire che il biogas sia una fonte energetica di primaria importanza.

Infatti, questo prodotto è sostenibile, dato che viene generato da materiale organico di scarto, e si può immagazzinare per lunghi periodi.

Secondo l'ultimo rapporto dell'agenzia EurObserv'ER sugli Stati generali del biogas in Europa, aggiornato a Dicembre del 2017, la diffusione di questa fonte di energia sostenibile è aumentata del 3% nel corso dell'intero anno, per mezzo di alcune politiche attuate dagli Stati membri.

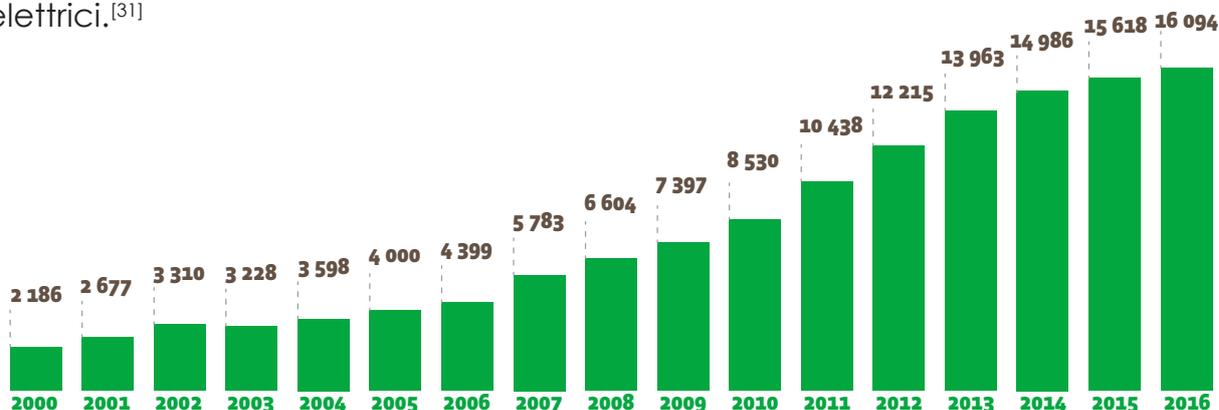
In Europa, il principale produttore di energia da biogas è la Germania, che raggiunge gli 8 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio). In soli due anni, l'Inghilterra supera l'Italia con i suoi 2,4 Mtep ottenendo, così, la seconda posizione. In **Italia**, l'utilizzo di biodigestori si sta diffondendo velocemente, infatti è il terzo produttore di energia da biogas in Europa, con 2 Mtep.

Il numero di impianti di compostaggio e digestione anaerobica in Italia è, infatti, in aumento, ma l'85% di questi impianti si concentra nelle regioni del Nord.

Country	2015				2016*			
	Landfill biogas	Sewage sludge biogas ⁽¹⁾	Others biogas from anaerobic fermentation ⁽²⁾	Total	Landfill biogas	Sewage sludge biogas ⁽¹⁾	Others biogas from anaerobic fermentation ⁽²⁾	Total
Germany	94.0	451.7	7 306.6	7 852.4	84.6	461.5	7 410.2	7 956.3
United Kingdom	1 450.8	327.8	473.8	2 252.4	1 400.4	345.6	660.9	2 406.9
Italy ⁽³⁾	369.0	53.5	1 448.9	1 871.5	400.1	58.0	1 570.8	2 028.9
Czech Republic	27.1	40.0	546.2	613.4	25.4	41.5	534.0	601.0

produzione di biogas, i primi classificati nell'Unione Europea (in ktoe) [img. 38]

Nel biennio 2016-2017 vi è stato un punto di svolta particolarmente rilevante per l'industria del biogas in Europa dato che, su un totale di 16,1 Mtep prodotti, ben tre quarti provenivano da impianti privati, per scopi energetici prevalentemente elettrici.^[31]



evoluzione della produzione di biogas nell'Unione Europea (in ktoe) [img. 39]

Il passaggio che avverrà dalle fonti energetiche fossili a quelle rinnovabili, vedrà il consumatore trasformarsi, sempre di più, in un autoproduttore della propria energia. Così come vi sono i sistemi di accumulo per l'energia fotovoltaica, anche i biodigestori possono dare il loro contributo verso il fabbisogno energetico di ogni abitazione.

I **biodigestori domestici**, così come quelli industriali ma con dimensioni più ridotte, smaltiscono i rifiuti organici domestici riducendo, in questo modo, le emissioni di gas serra, dato che se non vengono trattati liberano metano in atmosfera contribuendo così al surriscaldamento globale, e, nello stesso tempo, creano compost ed energia sia elettrica che termica.

Se si ipotizza che in un anno vengono inseriti nel biodigestore 1 tonnellata di rifiuti organici, si riducono di 6 tonnellate le emissioni di CO₂ prodotte da una famiglia. Con questo sistema, quindi, si riduce l'inquinamento, si evitano i costi di smaltimento e trattamento dei rifiuti, e in più si produce energia pulita.

Il processo di compostaggio, prende il nome di digestione anaerobica, dato che avviene in assenza di ossigeno, e si svolge in reattori chiusi, anche detti digestori. I rifiuti vengono, quindi, miscelati insieme a dei batteri creando, così, il compost. Da questo prodotto si ottiene il metano che, insieme all'anidride carbonica sempre prodotta nel processo di compostaggio, genera il biogas, il quale può essere trasformato in energia elettrica o termica. Per questo motivo, il biodigestore è un perfetto esempio di upcycling dato che trasforma un materiale di scarto, solitamente destinato ad essere buttato, in due prodotti con maggior valore rispetto a quello originario.



ciclo di upcycling grazie al biodigestore [img. 40]

Esistono due tipologie di digestori, continuo e discontinuo.

I digestori **continui** mantengono un volume costante di materiale al loro interno, grazie a sistemi idraulici o meccanici che fanno fuoriuscire gli eccessi quando si aggiungono altri rifiuti organici.

Quelli **discontinui**, sono più semplici impiantisticamente, infatti, una volta che si immette il materiale organico, si chiude ed inizia il processo di digestione dell'intera massa inserita. Con questo sistema, però, non si possono aggiungere quotidianamente i rifiuti man mano che si producono, ed emette odori sgradevoli. Di solito, quindi, si opta per l'impiego dei primi, dato che in un ambito residenziale si preferisce sia non emettere cattivi odori che poter inserire gli scarti alimentari ogni volta che si termina un pasto.

Per un corretto funzionamento del biodigestore, si deve lasciare aria per il 25% del volume, mentre il restante 75% si può riempire: 20-30% con materiale organico ed il restante 70-80% con acqua. Per questo motivo, il tubo di uscita è posto a tre quarti del biodigestore, in modo da rimanere sul pelo libero.

Se si inserisce nel biodigestore 1 kg di materiale organico biodegradabile, si riesce a produrre circa 0,4 m³ di biogas, quindi, in volume, 400 l. Se si utilizzano due fornelli per due ore al giorno si consumano 0,1-0,2 m³ di biogas, invece ad una lampada a gas occorre 0,1 m³/h.^[32]

Per sapere, invece, quanti rifiuti si possono aggiungere quotidianamente vi è un rapido calcolo. Prima si deve conoscere il volume di lavoro (VL [l]) che è dato dal 75% della capacità totale del biodigestore (CTB [l])

$$\mathbf{VL = CTB \times 0,75}$$

In questo modo, si riesce a calcolare la carica giornaliera di miscela da aggiungere (CG [l]), quindi dividendo il volume di lavoro per il tempo di ritenzione (TR [gg]) che dipende dalla temperatura dell'ambiente, quindi se vi sono 10°C corrisponde a 60 giorni, se ve ne sono 20°C a 30 gg, e se ce ne sono 30°C equivale a 20 gg.^[33] Si deve far particolare attenzione al fatto che sotto i 16°C si ha una scarsa produzione di biogas, infatti nei climi freddi viene spesso posto all'interno di una serra.

$$\mathbf{CG = VL / TR}$$

Ad esempio, se vi è un clima di 20°C, per un biodigestore da 100 litri, il volume di lavoro è di 75 litri, e la carica giornaliera di miscela è di 2,5 litri.

Di seguito vedremo due esempi di biodigestori domestici, uno da esterno che produce sia compost che biogas, mentre l'altro da interno che genera solo fertilizzante.

- **HomeBiogas, i rifiuti domestici diventano biogas e fertilizzante**

Nel 2016, una start-up israeliana ideò **HomeBiogas 1.0**, ossia una compostiera domestica che capta il calore dalle radiazioni solari ed avvia una reazione capace di trasformare i rifiuti organici, prodotti all'interno di un'abitazione, in biogas ed in fertilizzante liquido, portando vantaggi sia ambientali che economici. Tramite una campagna di crowdfunding, in meno di 24 ore erano riusciti a raggiungere il 100% degli obiettivi di raccolta dei fondi prefissati riuscendo, quindi, ad avviare la produzione ed a mettere in commercio nel mondo 1.000 sistemi di biogas domestico ad un prezzo di 950 € l'uno.

HomeBiogas 1.0 era una compostiera che usava i meccanismi già utilizzati nel settore agricolo per produrre biogas, quindi, permetteva di convertire i rifiuti organici domestici in biometano, utilizzabile per cucinare, e di produrre fertilizzante. Ma la novità era quella delle dimensioni più ridotte, con l'area di base di 1,27 x 1,65 m, e del sistema più leggero, pesando solo 35 kg, quindi era anche più maneggevole e rapida da installare in qualunque spazio all'esterno dell'abitazione, senza il bisogno di avere un basamento, bastava che fosse esposta al sole. Questo sistema, infatti, funzionando con l'energia solare, non necessitava del collegamento con l'impianto elettrico.

Quotidianamente, si potevano inserire nell'impianto fino a 6 litri di rifiuti alimentari che, dopo l'elaborazione interna, producevano 0,6 m³ di biogas, una dose sufficiente per cucinare per tre ore, oltre a 5-8 litri di fertilizzante liquido naturale.

HomeBiogas 2.0 arriva in commercio due anni dopo. Anche questa versione, permette di fronteggiare lo spreco alimentare e le ingenti quantità di CO₂ emesse quando i rifiuti organici arrivano in discarica e si decompongono.

Quest'ultima versione è più efficiente del 50% rispetto alla prima, ha un costo di produzione minore e l'installazione avviene più rapidamente, in sole due ore. Ha dimensioni di 1,15 x 2,10 x 1,25 m di altezza e funziona sempre grazie all'energia solare, ma dev'essere posta all'esterno dell'abitazione a meno di 20 m dalla cucina, intanto è dotata di un filtro che rimuove gli odori. Per la sua produzione, a Novembre del 2017, venne avviata una seconda campagna di crowdfunding per reperire i fondi necessari. Attualmente è venduto a poco più di 500 €.^[34]

Produttore : HomeBiogas 1.0 / 2.0
Anno : 2016 / 2017
Dimensioni : 127 x 165 cm /
115 x 210 x h 125 cm
Capacità : 6 litri di rifiuti / -
Costo : 950 € / 500 €
Sito internet : homebiogas.com



HomeBiogas 1.0 [img. 41]



HomeBiogas 2.0 [img. 42]

- **Zera™ Food Recycler, il biodigestore domestico**

Zera™ è un biodigestore domestico compatto che si può tenere all'interno delle abitazioni dato che non produce cattivi odori, grazie ad un filtro per l'aria interno al prodotto, e quindi non attira neanche gli insetti. Si utilizza al posto del cestino dell'organico in quanto gli scarti prodotti dagli alimenti verranno direttamente posti al suo interno, in modo tale da ottenere fertilizzante prodotto in casa e pronto all'uso per la coltivazione delle piante e di piccoli orti domestici.

Trasforma letteralmente gli avanzi di cibo di oggi nel fertilizzante di domani, infatti, a differenza delle classiche compostiere che impiegano settimane, in questo caso la trasformazione avviene in meno di 24 ore, tramite un processo completamente automatizzato. Così facendo si riducono gli sprechi di cibo, infatti riesce a convertire il 95% dei rifiuti alimentari tipici di una famiglia.

Richiede solo una minima manutenzione, e può compostare ogni tipo di alimento, compresa la carne ed i latticini, i quali non vengono compostati dalle tradizionali compostiere.

Il prodotto è composto dal bidone di miscelazione che contiene una settimana di scarti di una tipica famiglia media, dal coperchio scorrevole che sigilla il bidone quando non si introduce cibo, e dal raccoglitore in basso che è uno scomparto comodo ed estraibile che contiene il fertilizzante prodotto. Inoltre, ha un motore di miscelazione che aziona le lame per tritare i rifiuti. Vicino al coperchio, quindi sulla parte superiore, vi è un pannello di controllo che serve per azionare od interrompere il processo.

Inoltre, si può controllare da qualsiasi luogo con l'applicazione sul cellulare.

Ha dimensioni di 28 x 56 x 85 cm di altezza, pesa 53,80 kg, può contenere un volume fino a 8,40 litri di rifiuti ed ha un costo di 1.000 €.^[35]

Produttore : Zera™
Dimensioni : 28 x 56 x h 85 cm
Capacità : 8,40 litri di rifiuti
Peso : 53,80 kg
Costo : 1.000 €
Sito internet : wlabinnovations.com



Zera™, il processo circolare dei rifiuti organici a fertilizzante [img. 43]

• L'AUTOPRODUZIONE ALIMENTARE

Si è visto come un'abitazione si possa rendere autosufficiente per quanto riguarda l'energia, l'acqua e lo smaltimento dei rifiuti. Per realizzare una casa totalmente indipendente dai servizi pubblici, resta da affrontare il tema dell'autosufficienza alimentare, quindi dell'autoproduzione del cibo.

Come già detto precedentemente, grazie ai biodigestori si riesce a produrre il compost dai rifiuti organici, adatto per la coltivazione di orti domestici.

Tornare, come un tempo, a mangiare quello che si coltiva, genera molti vantaggi, sia per l'ambiente che per ogni individuo che sceglie questo stile di vita, quali:

- migliora la qualità degli alimenti prodotti, dato che vi è una maggior quantità di elementi nutritivi e di antiossidanti rispetto a quelli industriali;
- elimina i coloranti ed i conservanti;
- riduce l'inquinamento del suolo e dell'acqua, evitando concimi chimici;
- diminuisce i trasporti, utili per far arrivare il cibo al supermercato;
- riduce gli imballaggi, che invece sono necessari per conservare e trasportare gli alimenti dalla produzione al supermercato;
- diminuisce gli sprechi mentre si mangia un certo alimento dato che si è consapevoli dello sforzo che si ha fatto per produrlo, quindi valorizza il momento del consumo;
- riduce i costi e, di conseguenza, aumenta il guadagno;
- evita di far perdere tempo nel fare la spesa;
- si riscopre di apprezzare le cose più semplici ed il ciclo delle stagioni, variando le pietanze durante il corso dell'anno.^[36]

Tutti questi benefici dovrebbero portare ogni cittadino a prodursi il cibo autonomamente, anche perchè si sta andando incontro ad un futuro che, inevitabilmente, avrà sempre meno risorse. Questo è più semplice per chi vive in una casa indipendente, e quindi può avere l'orto in giardino o addirittura una serra. Ma chi vive all'interno di condomini può comunque avvicinarsi a questo mondo coltivando delle piccole piante aromatiche od orti domestici, posti sul balcone o in qualunque punto della casa che sia particolarmente luminoso.

Si può anche optare per le **coltivazioni idroponiche**, ossia che non hanno bisogno dell'utilizzo della terra, quindi tutti i nutrienti che servono alle piante vengono disciolti nell'acqua. Il sistema di coltivazione può essere aperto o chiuso. Nel primo caso, si ha un substrato di lana di roccia, cosso, perlite, torba od argilla espansa, quindi il nutrimento viene continuamente aggiunto in questo substrato per poi venire eliminato tramite il drenaggio. Invece, nei sistemi chiusi, o a ricircolo, generalmente senza substrato, il nutrimento viene raccolto e ridato alle piante.

- **Linfa, la serra idroponica**

Dall'idea di unire tecnologia ed agricoltura, a Settembre del 2017, Robonica, una start-up del Politecnico di Milano, lanciò sul mercato Linfa, che è un elettrodomestico che permette di tenere in casa un piccolo orto domestico con prodotti sempre freschi ed a portata di mano.

È la riproposizione, in scala ridotta, di una serra idroponica, progettata per essere gestibile anche in piccoli appartamenti magari privi di giardino o balcone.

Garantisce, quindi, l'autosufficienza alimentare tramite l'autoproduzione di frutta e verdura, potendo accedere a prodotti sani ed a km 0.

La serra, che è in grado di coltivare fino a sei piante contemporaneamente, si scalda grazie a lampade a LED, quindi la coltivazione delle piante è continua e costante durante tutto l'anno, non rendendo necessario seguire il ciclo stagionale e non dipendendo dalle condizioni meteorologiche.

L'utilizzo è molto semplice ed intuitivo, infatti basta collegare l'applicazione del telefono a tale dispositivo, e ciò consentirà di monitorare, in modo automatico, la crescita dell'orto domestico dando anche una previsione della data del raccolto, anzi, tramite delle notifiche sul cellulare comunica anche quando si deve aggiungere dell'acqua o dei nutrienti.

Inoltre, si può appendere al muro, od impilare una sull'altra creando anche un arredo di design, semplice ma moderno, che si integra in ogni abitazione.

Ha dimensioni di 59 x 35 x 52 cm di altezza, quotidianamente consuma in media 30 W, ha un serbatoio d'acqua di 4,50 litri, ed ha un costo di 350 €.^[37]

Produttore : Robonica
Anno : 2017
Dimensioni : 59 x 35 x h 52 cm
Capacità : 4,5 litri di acqua
Consumo : 30 W/gg
Costo : 350 €
Sito internet : linfa.io



Linfa, la serra idroponica [img. 44]

FONTE CAPITOLO 4

- [img. 1-2-3]: OECD, IEA, "Global Energy & CO₂ Status Report 2017", pag. 3-4, 10
- [img. 4]: www.casasoleil.it
- [img. 5-6]: pannelli monocristallini e policristallini, www.futurasun.com
- [img. 7]: pannelli amorfi, www.solbian.eu
- [img. 8]: www.architetturaecosostenibile.it
- [img. 9]: www.case.rpi.edu
- [img. 10-11]: tapparelle interne ed esterne, www.solargaps.com
- [img. 12]: www.buildsolar.co.uk
- [img. 13]: www.vgs.gruppostg.com
- [img. 14-23]: www.rinnovabili.it
- [img. 15]: www.onyxsolar.com
- [img. 16]: www.solarteg.it
- [img. 17-18-19]: www.tesla.com
- [img. 20]: www.askanews.it
- [img. 21]: www.lasiciliaweb.it
- [img. 22-41-42]: www.green.it
- [img. 24-25]: www.sonnen.it
- [img. 26-27]: www.climaway.it
- [img. 28-29]: www.namams24.it
- [img. 30-31]: ricerca effettuata dall'Alta Scuola Politecnica (ASP)
- [img. 32]: www.redi.it
- [img. 33]: www.ecocasapistoia.it
- [img. 34]: www.cisternemorbide.it
- [img. 35]: www.ecologic.it
- [img. 36-37]: www.rainwaterhog.com
- [img. 38-39]: EurObserv'ER, "Biogas barometer", pag. 2-3
- [img. 40]: www.homebiogas.com
- [img. 43]: www.wlabsinnovations.com
- [img. 44]: www.linfa.io
- [1]: www.legambiente.it/temi/energia
- [2]: OECD, IEA, "Global Energy & CO₂ Status Report 2017", pag. 3-4, 10-11
- [3-16-17]: www.accumulatorefotovoltaico.it/indipendenza-energetica
- [4]: www.casasoleil.it
- [5]: www.informazioneambiente.it/pannelli-fotovoltaici
- [6-8]: www.architetturaecosostenibile.it
- [7-14-15-34]: www.green.it
- [9]: www.fotovoltaicosulweb.it
- [10]: www.onyxsolar.com
- [11]: www.solarteg.it
- [12]: www.tesla.com
- [13]: www.rinnovabili.it
- [18]: www.accumulo-fotovoltaico.it
- [19]: www.infobuildenergia.it
- [20-21]: www.expoclima.net
- [22]: www.airplast.it
- [23]: Conte G., "Nuvole e sciacquoni. Come usare meglio l'acqua, in casa e in città", pag. 55-58
- [24]: www.amianet.it
- [25]: www.raccoltaacquapiovana.it
- [26]: www.redi.it
- [27]: www.ecocasapistoia.it
- [28]: www.cisternemorbide.it
- [29]: www.ecologic.it
- [30]: www.rainwaterhog.com
- [31]: www.agronotizie.imagelinenetwork.com
- [32]: www.consulente-energia.com
- [33]: www.cetri-fires.org
- [35]: www.wlabsinnovations.com
- [36]: www.ciochevale.it
- [37]: www.linfa.io

CAPITOLO 5

L'INTEGRAZIONE TECNOLOGICA NEL PROTOTIPO DEL SDE19

.....

Il fabbisogno energetico

Il fabbisogno idrico

L'ottenimento dell'autosufficienza

IL FABBISOGNO ENERGETICO

Di seguito, viene riportata una simulazione del bilancio energetico riguardante il **fabbisogno di energia elettrica** all'interno del prototipo del Solar Decathlon in base agli apparecchi che si intendono utilizzare durante la settimana della competizione, elencati all'interno del Deliverable 3.^[1]

Apparecchi con consumo continuo	Classe / potenza [W]	n° dispositivi	n° ore di utilizzo	n° giorni di utilizzo	kWh/a
Frigo	A	1			253,2
Freezer		1			170,4
Lavatrice	A	1			324,0
Lavastoviglie	A	1			314,4
Illuminazione					
Lampadine fluorescenti	15	4	4,5	7	98,3
Lampadine alogene	50	2	4,5	7	163,8
Lampadine a neon	30	4	4,5	7	196,6
PC					
Computer fisso	221	1	3	6	206,9
Laptop	45	2	2	5	46,8
Modem	10	1	12	7	43,7
Stampante/scanner	85	1	0,5	1	2,2
Audio / video					
TV principale	182	1	6	7	397,5
TV secondaria	84	1	6	7	183,5
Lettore DVD	13	1	2	1	1,4
Sistema audio	330	1	2	1	34,3
Cucina					
Piano ad induzione	1.200	4	0,5	7	874
Microonde	819	1	0,42	1	17,9
Forno elettrico	1.450	1	0,25	6	113,1
Tostapane	573	1	0,08	6	14,3
Frullatore	301	1	0,08	1	1,3
Macchina del caffè	1.176	1	0,17	6	62,4
Bollitore	1.500	1	0,17	6	79,6
Spremiagrumi	40	1	0,08	6	1,0
Aria condizionata					
Ventilatore	51	1	1,5	5	19,9
Deumidificatore	326	1	1,5	5	127,1
Altri equipaggiamenti					
Aspirapolvere	1.463	1	0,25	2	38,0
Asciugacapelli	1.667	1	0,5	2	86,7
Piastra per capelli	82	1	0,25	1	1,1
Ferro da stiro	1.287	1	0,33	2	44,2
Radio	15	1	1	1	0,8
Stereo	63	1	1	1	3,3
Telefono fisso	7	2	24	7	122,3
Cellulari	5	2	8	4	16,6
TOTALE					4.061

La UNI/TS 11300 è una specifica tecnica nata con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per determinare le prestazioni energetiche degli edifici. È suddivisa in sei parti, di cui le prime due servono per la determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, e per l'acqua calda sanitaria.

Il **fabbisogno di energia termica per l'acqua calda sanitaria** (Q_{ACS}) viene calcolato secondo la UNI/TS 11300 parte 2, ed è dato dal prodotto tra la massa volumica dell'acqua (ρ [kg/m³]), il suo calore specifico (c [kWh/kg K]), il volume di acqua calda giornaliero richiesto (V [m³/gg]), la differenza tra la temperatura di erogazione e d'ingresso dell'acqua da riscaldare (T [°C]), ed il periodo di calcolo (G [gg]).

A sua volta, il volume di acqua calda richiesto dipende dalla superficie utile dell'edificio (N_u [m²]), che nel caso del prototipo è di 51,85 m², e dal fabbisogno giornaliero specifico (a [l/gg]).

$$V = a \times N_u = 4,514 \times 51,85^{-0,2356} \times 51,85 = 92 \text{ l/gg} = 0,09 \text{ m}^3/\text{gg}$$

$$Q_{ACS} = \rho \times c \times V \times (T_{er} - T_{ingr}) \times G \\ = 1.000 \times 0,001162 \times 0,09 \times (40 - 15) \times 365 = 954 \text{ kWh/a}$$

Per il calcolo del **fabbisogno termico per il riscaldamento** e per il **raffrescamento** del prototipo, si è preso come riferimento la UNI/TS 11300 parte 1.

Dato che nella Deliverable 3 sono determinate le trasmittanze e gli spessori di ogni elemento, sia trasparente che opaco, sono stati utilizzati tali valori per fare i successivi calcoli.

Quindi si è tenuto in considerazione che gli elementi trasparenti hanno una trasmittanza di 1,08 W/m²K, le pareti verso l'esterno di 0,14 W/m²K ed uno spessore di 36 cm, la copertura di 0,134 W/m²K e spessore di 38 cm, ed il pavimento di 0,136 W/m²K con spessore di 32 cm.

Inoltre, vi è anche una serra bioclimatica ad Ovest del prototipo che utilizza la radiazione solare come fonte di energia principale per fornire calore, fondamentale soprattutto in inverno dato che, grazie ai guadagni solari termici, la temperatura interna della serra aumenta ed il calore viene trasferito all'interno del prototipo attraverso le aperture esistenti nella parete tra i due spazi. Nella stagione estiva, invece, si possono aprire i lati a Nord ed a Sud per favorire la ventilazione naturale incrociata.

Prendendo in considerazione tutti questi elementi, si è calcolato il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento (Q_H) che risulta essere di 2.971 MJ/a, e quello per il raffrescamento (Q_C) che è di 10.966 MJ/a.

Ciò significa che, annualmente, i fabbisogni di energia termica sono:

$$Q_{ACS} = 954 \text{ kWh/a}$$

$$Q_H = 825 \text{ kWh/a}$$

$$Q_C = 3.046 \text{ kWh/a}$$

Dato che si ha una superficie utile di 51,85 m², si ricavano gli indici di prestazione energetica (EP), per poter essere paragonabili ad ogni altro edificio, pari a:

$$EP_{ACS} = 18,4 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

$$EP_H = 15,9 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

$$EP_C = 58,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

L'indice di prestazione energetica globale è dato dalla somma di EP_{ACS} e EP_H:

$$EP_{gl} = 34,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

In Italia, grazie al D.lgs 192/2005, è prevista una catalogazione degli edifici in classi energetiche predefinite. Tramite questo decreto, l'Italia è allineata con le fondamentali direttive europee 2002/91/CE e 2006/32/CE, che sono un punto di riferimento per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici.

Per verificare in quale **classe energetica** appartiene il prototipo, si calcola l'indice di prestazione energetica globale di un edificio di riferimento per poi metterli a confronto. Si calcola, quindi, il fabbisogno termico per il riscaldamento dell'edificio di riferimento avente le superfici uguali all'edificio in oggetto, ma variando solo le trasmittanze delle componenti trasparenti ed opache. Sempre riferendosi alla UNI/TS 11300, si pone per le finestre una trasmittanza di 1,4 W/m² K, per le pareti opache verticali e per il pavimento 0,26 W/m² K, e per la copertura 0,22 W/m² K.

In questo modo, il fabbisogno termico per il riscaldamento risulta essere pari a 10.299 MJ, quindi a 2.861 kWh/a, e per una superficie di 51,85 m² si ha EP_{H,RIF} = 55,2 kWh/m² a, che sommato a EP_{ACS} precedentemente calcolato si trova:

$$EP_{gl,RIF} = 73,6 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

Secondo la tabella di fianco, che riporta una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica definito:

$$0,4 \times EP_{gl,RIF} = 29,4 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

$$0,6 \times EP_{gl,RIF} = 44,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

	Classe A4	≤ 0,40 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
0,40 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe A3	≤ 0,60 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
0,60 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe A2	≤ 0,80 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
0,80 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe A1	≤ 1,00 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
1,00 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe B	≤ 1,20 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
1,20 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe C	≤ 1,50 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
1,50 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe D	≤ 2,00 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
2,00 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe E	≤ 2,60 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
2,60 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21) <	Classe F	≤ 3,50 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)
	Classe G	> 3,50 EP _{gl,ren,rif,standard} (2019/21)

classi energetiche [img. 1]

Il prototipo, avendo EP_{gl} pari a 34,3 kWh/m² a, si trova in **Classe A3**.

IL FABBISOGNO IDRICO

Mediamente, un cittadino torinese consuma 189 litri di acqua al giorno.^[2]

Questo significa che utilizza 60 litri per lo scarico del wc (32%), 57 litri per farsi la doccia quotidianamente (30%), 21 litri per fare la lavatrice (11%), 13 litri per la pulizia della casa (7%), 12 litri per lavarsi le mani (6,5%), 11 litri nell'uso della lavastoviglie (5,5%), 10 litri per utilizzi esterni all'abitazione come l'irrigazione del giardino ed il lavaggio dell'auto (5%), e 5 litri per usi alimentari (3%).

Il fabbisogno idrico del prototipo del Solar Decathlon Europe 2019 viene calcolato con due metodologie, una analizza i consumi durante la **settimana della competizione** e l'altra l'intero anno come se fosse un edificio generico.

La prima dev'essere calcolata tenendo in considerazione il numero massimo di persone che ci potrebbero essere all'interno in quella settimana. Infatti, il progetto comprende una camera matrimoniale, ossia per due persone, ma durante la settimana di competizione dovrà soddisfare tre cene con 8 utenti ciascuna, di cui 2 decatleti provenienti da 3 team differenti, e 2 del team SEED Italy. Si prende, quindi, questo come numero di riferimento, sapendo che potranno utilizzare il lavandino in bagno, il wc, e occorrerà più acqua ad uso alimentare.

Quindi, si presuppone che, in una settimana:

- i 2 utenti fissi nel prototipo si facciano la doccia ogni giorno:
 $57 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} \times 7 \text{ gg} = 798 \text{ litri/settimana}$
- facciano una lavatrice a settimana:
 $21 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} = 42 \text{ litri/settimana}$
- puliscano casa ogni giorno:
 $13 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} \times 7 \text{ gg} = 182 \text{ litri/settimana}$
- utilizzino tre volte la lavastoviglie, una volta per ogni cena:
 $11 \text{ l/ab. gg} \times 8 \text{ ab.} \times 3 \text{ gg} = 264 \text{ litri/settimana}$
- tutti gli 8 utenti utilizzino il wc:
 $(60 \text{ l/ab. gg} \times 8 \text{ ab.} \times 3 \text{ gg}) + (60 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} \times 4 \text{ gg}) = 1.920 \text{ litri/settimana}$
- ed anche il rubinetto del bagno per lavarsi le mani:
 $(12 \text{ l/ab. gg} \times 8 \text{ ab.} \times 3 \text{ gg}) + (12 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} \times 4 \text{ gg}) = 384 \text{ litri/settimana}$
- così come per il bere e per la preparazione dei pasti:
 $(5 \text{ l/ab. gg} \times 8 \text{ ab.} \times 1,5 \text{ gg}) + (5 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} \times 5,5 \text{ gg}) = 115 \text{ litri/settimana}$
- per quanto riguarda gli usi esterni, durante la competizione sarà effettuata solo l'irrigazione degli orti nella serra, quindi si considera come una volta a settimana:
 $10 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} = 20 \text{ litri/settimana}$

Facendo questo rapido calcolo, si può dire che, durante la settimana della competizione nel Solar Village, si consumeranno 3.725 litri, quindi mediamente **530 litri/giorno**, o 195.000 litri/anno.

Il **fabbisogno idrico annuale** dell'edificio, sarà differente e minore rispetto a quello precedentemente calcolato dato che terrà in considerazione solo i due utenti fissi nell'abitazione.

Per sapere se sia conveniente l'introduzione di un sistema di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana, e successivamente per realizzare una cisterna di capacità opportuna, si devono valutare sia i dati climatici di Torino, che la quantità d'acqua consumata mediamente in casa.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
precipitazioni (mm)	38	52	71	97	108	89	56	70	68	86	71	41
giorni piovosi	5,4	4,4	5,8	8,6	11,2	8,6	5,8	7,7	6,4	7,0	5,6	4,4

tabella climatica di Torino [img. 2]

Quindi, date le formule introdotte nel capitolo precedente si avrà:

- il **volume massimo cumulabile** (VMC) trovato moltiplicando la superficie orizzontale di captazione dell'acqua piovana, l'intensità annua di precipitazioni su Torino, il coefficiente di deflusso per tetti inclinati con tegole pari a 0,9, ed il valore del rendimento del filtro che, se la manutenzione è regolare, si può assumere 0,96:

$$VMC = S \times I \times \varphi \times \eta = 114,12 \text{ m}^2 \times 846 \text{ mm/a} \times 0,9 \times 0,96 = \mathbf{83.415 \text{ litri/anno}}$$

- come **volume massimo di fabbisogno idrico** (VMF) quello annuale di due cittadini torinesi, quindi:

$$VMF = \Sigma \text{Fabbisogni} = 189 \text{ l/ab. gg} \times 2 \text{ ab.} \times 365 \text{ gg} = \mathbf{137.970 \text{ litri/anno}}$$

- il **tempo secco medio** (TSM) in base ai giorni piovosi durante l'anno a Torino:

$$TSM = (365 - F) / 12 = (365 \text{ gg} - 80,9 \text{ gg}) / 12 \text{ mesi} = \mathbf{23,68 \text{ giorni}}$$

- per determinare il **volume della cisterna**, se il volume massimo cumulabile, che dipende dalle condizioni meteorologiche della zona, è minore del volume massimo ricavato dal fabbisogno idrico degli utenti, si utilizza il primo:

$$VC = TSM \times (VMC / 365) = 23,68 \text{ gg} \times (83.415 \text{ l/a} / 365 \text{ gg}) = \mathbf{5.410 \text{ litri}}$$

Infatti, in questo caso, essendo il primo minore del secondo, vuol dire che tutta l'acqua piovana che precipita durante l'anno non riesce a soddisfare il fabbisogno idrico annuale della famiglia, anzi, ricopre poco più della metà dell'intero fabbisogno (60%).

Ciò significa che servirebbe una superficie di captazione dell'acqua meteorica maggiore od un fabbisogno idrico familiare inferiore.

Ma se si considera che per usi non potabili, quali wc, lavatrice, pulizia della casa ed usi esterni, viene utilizzata il 55% dell'acqua dell'intero fabbisogno (32% + 11% + 7% + 5%), si può osservare che l'acqua piovana raccolta può essere totalmente indirizzata per tali scopi, così da evitare l'utilizzo di quella potabile.

L'OTTENIMENTO DELL'AUTOSUFFICIENZA

Le tecnologie precedentemente affrontate riguardano delle possibili soluzioni che si possono introdurre in una qualsiasi abitazione, che sia essa residenziale, ricettiva o di emergenza, per riuscire ad ottenere l'autosufficienza energetica, idrica, di smaltimento dei rifiuti ed alimentare.

All'interno del prototipo del Solar Decathlon Europe 2019 non saranno coinvolte tutte le possibili strategie, per vari motivi che si andranno ad elencare di seguito.

- **IL FOTOVOLTAICO**

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica non sarà preso in considerazione il fotovoltaico che funziona anche con la pioggia, Teng, dato che l'oggetto principale della competizione è quello di realizzare un edificio energeticamente autosufficiente, che sia alimentato esclusivamente dal sole come fonte di energia, e quindi non rispetterebbe alcuni requisiti del Solar Decathlon.

Inoltre, non si considereranno le tapparelle fotovoltaiche, SolarGaps, dato che queste vengono installate soprattutto quando si è in affitto, e quindi quando non si ha la possibilità di avere i pannelli tradizionali in copertura ma si vuole comunque produrre energia elettrica da fonti rinnovabili, avendo la possibilità di porle internamente all'abitazione, ed essendo smontabili e rimontabili altrove nel caso in cui ci si trasferisse.

Non verrà utilizzato neanche il vetro-cemento con celle fotovoltaiche integrate, Solar Squared, in quanto è ancora in stato di ricerca e quindi non si disporrebbe dei dati necessari per calcolare l'effettiva autosufficienza del prototipo.

Inoltre, non si utilizzerà neanche il fotovoltaico bifacciale, 3SUN 2.0, dato che viene usato quando la superficie è orizzontale ed il pannello è inclinato, in modo da ricevere la radiazione diffusa anche sul retro del modulo, invece, nel caso del prototipo del Solar Decathlon, la copertura in progetto è già inclinata di 25° e quindi eventuali pannelli saranno posti in aderenza ad essa.

Infine, non si terrà conto neanche del fotovoltaico che produce anche acqua potabile, Source, dato che ne genera solo fino a 10 litri al giorno mentre il fabbisogno idrico di acqua potabile a Torino è circa 85 litri giornalieri pro capite, infatti è stato pensato maggiormente per i Paesi in via di sviluppo, i quali scarseggiano anche di acqua piovana.

Una delle regole della competizione, per ciò che concerne la produzione di **energia elettrica**, è quella di avere un impianto fotovoltaico che abbia una potenza di almeno 5 kWp.

Si fa una **prima ipotesi** di progetto, quindi, installando sia sulla copertura che sulla facciata a Sud del core dei pannelli **fotovoltaici monocristallini tradizionali**, in modo da riuscire a trasportarlo già assemblato e ridurre, così, i tempi di costruzione in sito.

Quindi, l'area disponibile inclinata di 25° in copertura è di 14,5 m² (2,5 x 5,8 m), mentre quella verticale in facciata è di 8 m² (2,5 x 3,2 m).

I pannelli monocristallini tradizionali hanno dimensioni di 1 x 1,6 m, quindi se ne avranno 6 in copertura e 4 in facciata, ciascuno avente una potenza di 300 Wp, ossia di 188 W/m².

In totale si avrà, quindi, una potenza di 3 kWp.



*Pannelli fotovoltaici
monocristallini
tradizionali
dimensioni: 1 x 1,6 m
potenza: 300 Wp
188 W/m²
costo: 1.000 €/m²*

*area copertura: 2,5 x 5,8 m
n° pannelli in copertura: 6
area facciata: 2,5 x 3,2 m
n° pannelli in facciata: 4
potenza totale: 3 kWp*

Dato che si devono raggiungere i 5 kWp di potenza, ed il core è totalmente coperto dal fotovoltaico, si ipotizza di installare il **fotovoltaico semi-trasparente** dell'azienda **VGS**, per una potenza di almeno 2 kWp, sulla copertura a Sud della serra bioclimatica, così da permettere comunque l'ingresso della luce naturale ed, al contempo, produrre energia pulita.

Una falda della serra ha dimensioni di 4,5 x 5,8 m, perciò un'area di 26 m², quindi, dato che tali pannelli hanno le stesse dimensioni di quelli tradizionali, se ne avranno 12. Se si scelgono quelli con 36 celle, e quindi che lasciano passare più luce a parità di superficie, non si raggiungerebbe la potenza necessaria, quindi si opta per i pannelli con il numero di celle immediatamente successivo, ossia con 45 celle, che hanno una trasparenza del 30% ed una potenza di 200 Wp ciascuno, quindi di 125 W/m², per un totale di 2,4 kWp.



*Pannelli fotovoltaici
semi-trasparenti VGS
dimensioni: 1 x 1,6 m
n° celle: 45
trasparenza: 30%
potenza: 200 Wp
125 W/m²
costo: 1.000 €/m²*

*area serra: 4,5 x 5,8 m
n° pannelli in copertura: 12
potenza totale: 2,4 kWp*

In questo modo, l'area complessiva di pannelli fotovoltaici è di:

$$(10 \times 1 \times 1,6) + (12 \times 1 \times 1,6) = 35,2 \text{ m}^2$$

La potenza dell'intero impianto è di **5,4 kWp**, mentre la potenza media ponderata è di 154 W/m².

La fonte primaria per ogni impianto di energia rinnovabile non si può pianificare, infatti si può solo statisticamente prevedere. Si calcola, quindi, la radiazione globale annua [kWh/m²] in base alla latitudine e longitudine di Torino (45°4'41'' - 07°40'33''), per poi calcolare l'energia che può essere prodotta dall'impianto.^[3] Si calcolano, innanzitutto, le radiazioni solari globali giornaliere medie mensili [kWh/m² gg] su superfici captanti che possono essere orizzontali, inclinate di 25° come la copertura del prototipo del Solar Decathlon o di 90° come la facciata, e normali quindi sempre perpendicolari ai raggi solari.

	orizzontale	inclinato		normale
		25°	90°	
Gennaio	1,61	2,57	3,08	3,42
Febbraio	2,51	3,49	3,54	4,47
Marzo	3,82	4,66	3,80	5,91
Aprile	4,88	5,25	3,31	6,65
Maggio	5,70	5,67	3,01	7,35
Giugno	6,33	6,08	2,98	8,11
Luglio	6,30	6,15	3,07	8,18
Agosto	5,30	5,48	3,16	7,03
Settembre	4,01	4,55	3,26	5,68
Ottobre	2,73	3,49	3,19	4,35
Novembre	1,80	2,68	3,00	3,47
Dicembre	1,31	2,12	2,59	2,81
TOTALE	1.412	1.590	1.155	2.054

A questo punto, si può calcolare l'**energia che può produrre l'impianto** annualmente (P_L [kWh/anno]) tramite il prodotto tra la potenza dell'intero impianto fotovoltaico (P_p [kWp]), l'irradiazione solare, considerando sia quella con inclinazione di 25° che di 90° (R [kWh/m²]), ed il coefficiente correttivo che tiene conto dell'orientamento dei pannelli (C_c)^[4]:

$$P_L = P_p \times R \times C_c = (0,3 \text{ kWp} \times 6 \text{ pannelli}) \times 1.590 \text{ kWh/m}^2 \times 1,13 + (0,3 \text{ kWp} \times 4 \text{ pannelli}) \times 1.155 \text{ kWh/m}^2 \times 1,13 + (0,2 \text{ kWp} \times 12 \text{ pannelli}) \times 1.590 \text{ kWh/m}^2 \times 1,13 = 9.110 \text{ kWh/anno}$$

Vi sono, però, delle perdite dovute all'effetto della temperatura del modulo (-9,5%), oltre che le perdite di deviazione (-0,7%), negli inverter (-6,5%), nei circuiti a corrente continua (-1,5%), ed in quelli a corrente alternata (-1,8%), per un totale di riduzione del 20%.

Pertanto, l'energia che può essere prodotta viene ridotta ad un valore totale di **7.288 kWh/anno.**

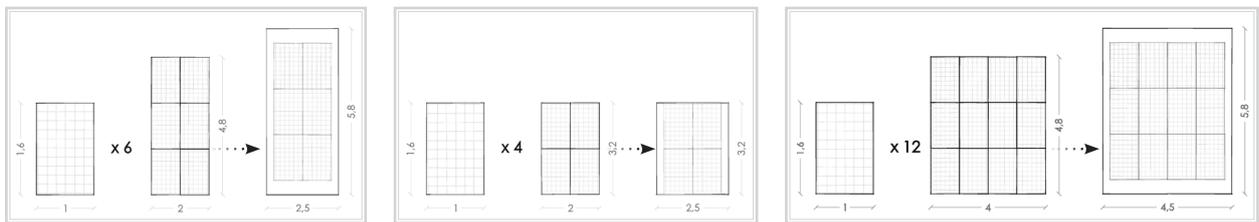
Considerando che l'impianto fotovoltaico produce più energia di quella necessaria per soddisfare l'intero **fabbisogno annuo di energia elettrica** dell'edificio, stimato tramite il consumo dei principali elettrodomestici, che è risultato essere di **4.061 kWh/anno**, si ha l'**ottenimento dell'autosufficienza** per quanto riguarda l'energia elettrica.

Inoltre, la differenza tra l'energia prodotta e quella necessaria per soddisfare il fabbisogno, che è di 3.227 kWh/anno, può essere venduta alla rete pubblica a 0,13 €/kWh, così si ricavano annualmente 420 €. In più, dato che l'impianto ricopre interamente il fabbisogno di 4.061 kWh/anno, ed il costo dell'energia elettrica sarebbe stato di 0,25 €/kWh, si ha un risparmio annuale di 800 €.

Se si considera che i pannelli fotovoltaici hanno un costo di 1.000 €/m², a cui viene applicata un'IVA del 10%, ma la regione Piemonte finanzia il 65% dell'importo, si ha che il costo finale dell'impianto è di 15.840 €.

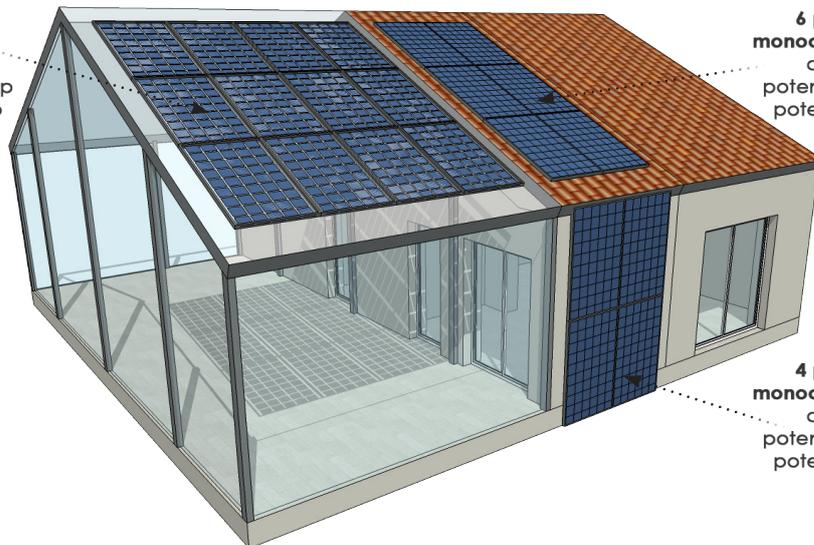
Applicando un tasso d'interesse del 4%, si trova che il ritorno dell'investimento si ha in 9 anni, quindi si può dire **economicamente conveniente**.

Oltre al beneficio economico, si ha anche quello ambientale, infatti tramite l'installazione di questo impianto, annualmente non si emettono in atmosfera 3.310 kg di CO₂ equivalente.



dimensioni pannello, n pannelli, posizionamento nel prototipo, rispettivamente di:
pannelli tradizionali in copertura, in facciata e semi-trasparenti sulla serra

12 pannelli fotovoltaici semi-trasparenti VGS
dimensioni: 1 x 1,6 m
potenza unitaria: 200 Wp
potenza totale: 2,4 kWp



6 pannelli fotovoltaici monocristallini tradizionali
dimensioni: 1 x 1,6 m
potenza unitaria: 300 Wp
potenza totale: 1,8 kWp

4 pannelli fotovoltaici monocristallini tradizionali
dimensioni: 1 x 1,6 m
potenza unitaria: 300 Wp
potenza totale: 1,2 kWp

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA: 7.288 kWh/anno
ipotesi 1, posizionamento del fotovoltaico

Per quanto riguarda una **seconda ipotesi** di progetto, si installano, al posto dei fotovoltaici tradizionali in copertura, delle tegole fotovoltaiche.

Quindi si utilizzano sempre 4 pannelli **fotovoltaici monocristallini** sulla facciata a Sud del core che, avendo una potenza di 300 Wp ciascuno, quella totale è di 1,2 kWp. Sulla falda a Sud della serra si installano sempre 12 pannelli **fotovoltaici trasparenti di VGS** con una potenza di 200 Wp ciascuno, quindi in totale si hanno 2,4 kWp.



Pannelli fotovoltaici monocristallini tradizionali
dimensioni: 1 x 1,6 m
potenza: 300 Wp
188 W/m²
costo: 1.000 €/m²

area facciata: 2,5 x 3,2 m
n° pannelli in facciata: 4
potenza totale: 1,2 kWp



Pannelli fotovoltaici semi-trasparenti VGS
dimensioni: 1 x 1,6 m
n° celle: 45
trasparenza: 30%
potenza: 200 Wp
125 W/m²
costo: 1.000 €/m²

area serra: 4,5 x 5,8 m
n° pannelli in copertura: 12
potenza totale: 2,4 kWp

Invece, al posto dei fotovoltaici monocristallini tradizionali sulla copertura del core, si ipotizza di utilizzare le **tegole fotovoltaiche di SolarTeg**, in modo da avere una maggiore integrazione nell'edificio.

Essendo che ogni tegola ha dimensioni di 0,8 x 1,2 m e l'area occupabile è di 14,5 m² (2,5 x 5,8 m), se ne possono avere 14, ciascuna con potenza di 123 Wp, quindi di 128 W/m². In totale, le tegole solari hanno quindi una potenza di 1,7 kWp.



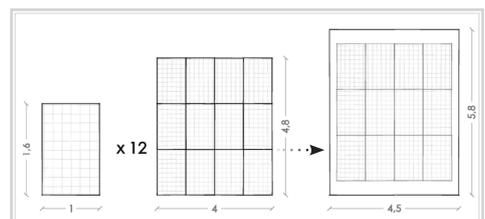
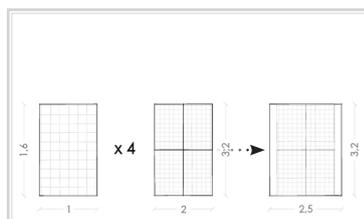
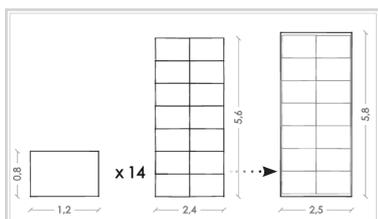
Tegole fotovoltaiche SolarTeg
dimensioni: 0,8 x 1,2 m
potenza: 123 Wp
128 W/m²
costo: 320 €/m²

area copertura: 2,5 x 5,8 m
n° tegole in copertura: 14
potenza totale: 1,7 kWp

In questo caso, l'area totale di pannelli fotovoltaici è di:

$$(4 \times 1 \times 1,6) + (12 \times 1 \times 1,6) + (14 \times 0,8 \times 1,2) = 39,04 \text{ m}^2$$

La potenza dell'intero impianto fotovoltaico, quindi, è di **5,3 kWp**, mentre la potenza media ponderata è di 136 W/m².



dimensioni pannello, n pannelli, posizionamento nel prototipo, rispettivamente di:
tegole solari in copertura, pannelli tradizionali in facciata e semi-trasparenti sulla serra

A questo punto si può calcolare l'**energia prodotta dall'impianto** annualmente, con la formula utilizzata anche precedentemente, usando le radiazioni solari annuali per superfici inclinate di 25° e di 90°:

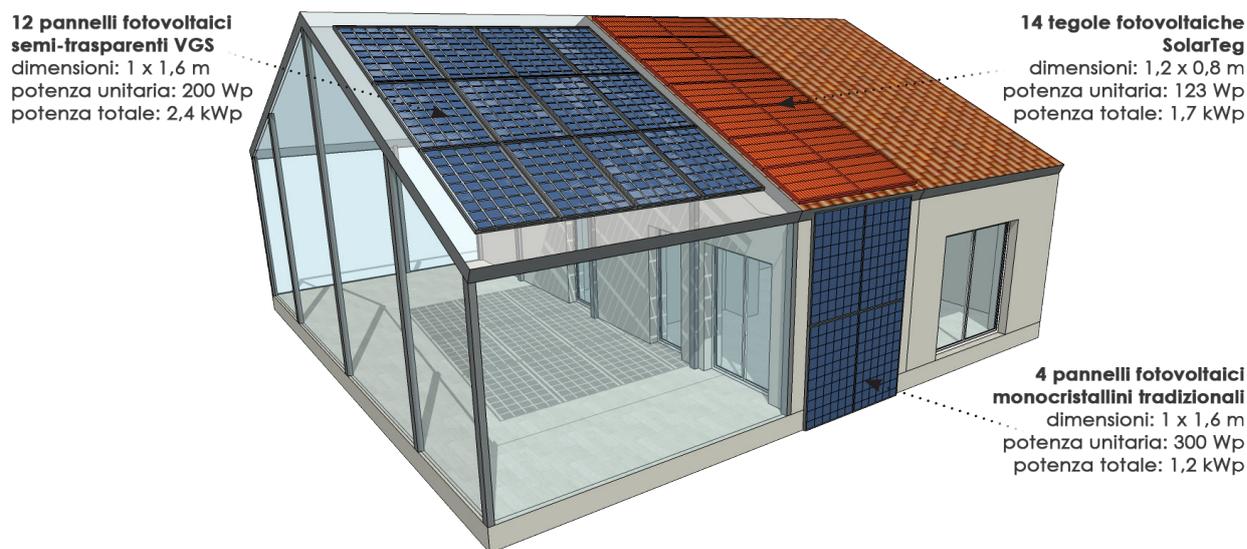
$$P_L = P_p \times R \times C_c = (0,123 \text{ kWp} \times 14 \text{ pannelli}) \times 1.590 \text{ kWh/m}^2 \times 1,13 + \\ (0,3 \text{ kWp} \times 4 \text{ pannelli}) \times 1.155 \text{ kWh/m}^2 \times 1,13 + \\ (0,2 \text{ kWp} \times 12 \text{ pannelli}) \times 1.590 \text{ kWh/m}^2 \times 1,13 = 8.970 \text{ kWh/anno}$$

Considerando le perdite che causano una riduzione del 20%, l'energia che può essere prodotta diventa di **7.176 kWh/anno**.

Dato che il **fabbisogno elettrico** rimane di **4.061 kWh/anno**, anche con questa opzione si raggiunge la **totale autosufficienza** per ciò che concerne l'energia elettrica. Anche in questo caso, l'energia in eccesso, che è di 3.115 kWh/anno, si può cedere alla rete pubblica a 0,13 €/kWh e quindi ricavarne 400 €/anno. Inoltre, dato che l'impianto ricopre totalmente il fabbisogno di 4.061 kWh/anno, ed il costo dell'energia elettrica sarebbe stato di 0,25 €/kWh, si ha un risparmio di 800 €/anno.

Se si considera che i pannelli fotovoltaici hanno un costo di 1.000 €/m², mentre le tegole solari solo di 320 €/m², tramite una media ponderata risulta un costo di 765 €/m². In più viene applicata un'IVA del 10%, ma dato che la regione Piemonte finanzia il 65% dell'importo, il costo finale dell'impianto è di 13.440 €.

Applicando un tasso d'interesse del 4%, si scopre che si ha un ritorno dell'investimento in soli 7 anni, quindi si può dire **economicamente conveniente**. Oltre al beneficio economico, si ha anche quello ambientale, infatti tramite l'installazione di questo impianto, annualmente non si emettono in atmosfera 3.670 kg di CO₂ equivalente.



ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA: 7.176 kWh/anno
ipotesi 2, posizionamento del fotovoltaico

Nonostante entrambe le opzioni di impianto fotovoltaico superino i 5 kW di potenza previsti come requisito dalla competizione, e soddisfino pienamente il fabbisogno di energia elettrica del prototipo, questa **seconda ipotesi** è quella più adeguata al Solar Decathlon dato che è **economicamente più vantaggiosa** rispetto alla prima, costando più di 2.000 € in meno, ed ha un tempo di ritorno dell'investimento di due anni inferiore. Inoltre, grazie alle tegole solari, l'impianto è **maggiormente integrato** alla copertura dell'edificio.

Per questo motivo, le successive analisi terranno in considerazione questa seconda ipotesi di progetto, cercando di ottenere un prototipo totalmente autosufficiente ed il più possibile vantaggioso sotto vari punti di vista.

- **LA BATTERIA DI ACCUMULO**

I calcoli precedenti sono stati effettuati come se l'energia prodotta fosse costante nel corso dell'anno, ma non è così, infatti, di solito, nei mesi invernali, caratterizzati da una radiazione solare minore, l'energia prodotta non soddisfa il fabbisogno e quindi si è costretti ad acquistarla dalla rete pubblica ad un costo di 0,25 €/kWh, mentre nei mesi estivi se ne produce più del necessario quindi la si può cedere ma ad un prezzo di 0,13 €/kWh.

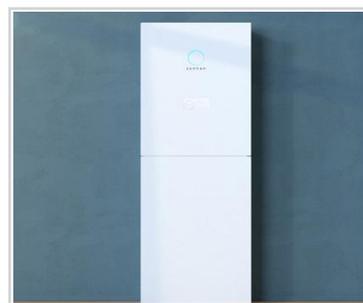
In questo caso, però, l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico soddisfa al **100% il fabbisogno di ogni mese**. Infatti, applicando lo stesso calcolo fatto precedentemente, ma considerando ogni singolo mese e non l'intero anno, si riesce ad osservare che la produzione di energia mensile è superiore al fabbisogno mensile, trovato dividendo equamente quello annuale per ogni mese (4.061 kWh/anno / 12 mesi) e risulta essere di 338,42 kWh/mese.

Ad esempio a Gennaio: $(0,123 \times 14) \times 2,57 \text{ kWh/m}^2 \text{ gg} \times 1,13 \times 31 \text{ gg} + (0,3 \times 4) \times 3,08 \text{ kWh/m}^2 \text{ gg} \times 1,13 \times 31 \text{ gg} + (0,2 \times 12) \times 2,57 \text{ kWh/m}^2 \text{ gg} \times 1,13 \times 31 \text{ gg} = 500,56 \text{ kWh}$

Effettuando questo calcolo per ogni mese, a Febbraio si producono 589,57 kWh, a Marzo 832,61 kWh, ad Aprile 868,26 kWh, a Maggio 945,24 kWh, a Giugno 970,82 kWh, a Luglio 1.017,07 kWh, ad Agosto 924,11 kWh, a Settembre 768,41 kWh, ad Ottobre 638,03 kWh, a Novembre 496,53 kWh, ed a Dicembre 414,99 kWh.

Per sfruttare l'energia in eccesso, massimizzando la produzione di energia elettrica, in modo da rendere il prototipo totalmente autosufficiente energeticamente, si installa il **sistema di accumulo** della **SonnenBatterie**, grazie al quale il surplus giornaliero di energia viene immagazzinato all'interno della batteria nell'abitazione, per poi rilasciarla quando lo si necessita, come nelle ore notturne.

Il massimo di produzione di energia si ha a Luglio con 1.017,07 kWh, e quindi si eccede dal fabbisogno mensile di 678,65 kWh, ossia giornalmente di 21,9 kWh. Il minimo di produzione energetica lo si ha, invece, a Dicembre con 414,99 kWh, con un eccesso di 76,57 kWh, ossia 2,5 kWh/gg. Si può pensare, quindi, di installare il modello più grande di batteria della SonnenBatterie, avente dimensioni di 67 x 23 x 185 cm, dato che ha una capacità giornaliera da 2 a 15 kWh.

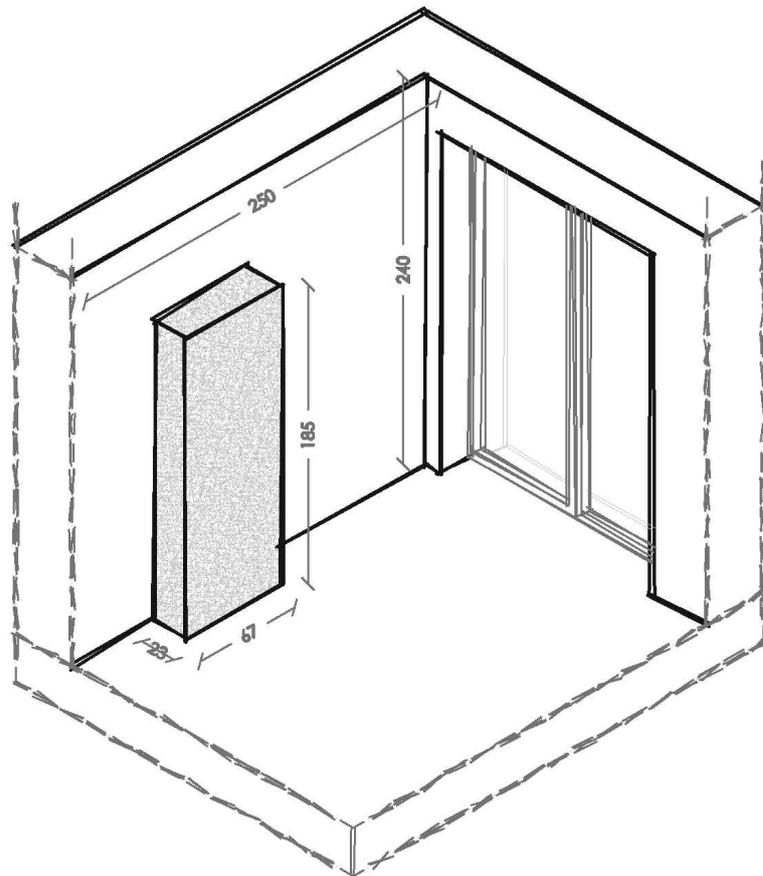


Batteria di accumulo
SonnenBatterie
dimensioni: 67x23x185 cm
capacità: 2-15 kWh
costo: 320 €/m²

eccesso Luglio: 21,9 kWh
eccesso Dicembre: 2,5 kWh

Viene anche integrato un regolatore di carica al fine di garantire una corretta gestione delle batterie. Il processo, infatti, dev'essere interrotto appena viene raggiunta la carica massima, altrimenti la batteria viene danneggiata.

Tale batteria verrà posizionata all'interno del prototipo, in aderenza ad una delle pareti, possibilmente non radianti, ad esempio quella in corrispondenza dei pannelli fotovoltaici sulla facciata del core, che ha dimensioni 2,5 m di larghezza e 2,4 m di altezza, in modo da trasportarlo già installato.



posizionamento della batteria di accumulo SonnenBatterie all'interno del prototipo, sulla parete in corrispondenza dei pannelli in facciata

• LA POMPA DI CALORE

Per quanto riguarda, invece, la produzione di **energia termica** per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento ed il raffrescamento, anzichè predisporre un impianto solare termico od il fotovoltaico a concentrazione in copertura, dato che quella del core è già totalmente occupata dall'impianto fotovoltaico, si può optare per l'installazione di una pompa di calore che, sfruttando la fonte rinnovabile dell'aria, acqua o terreno riesce a produrre energia termica. Questa può, inoltre, essere installata nel locale tecnico all'interno del core, così da essere trasportata già assemblata.

Quella che si addice maggiormente al prototipo del Solar Decathlon è la tipologia aria-acqua, perchè sia per quella ad acqua che per quella geotermica si dovrebbe scavare nel terreno e nella settimana della competizione non vi è la possibilità. Inoltre, la **pompa di calore aria-acqua** è meglio di quella aria-aria, in questo caso, dato che produce calore anche per riscaldare l'acqua calda sanitaria oltre che per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo.

Ricapitolando, il fabbisogno di energia termica per l'acqua calda sanitaria si è detto essere di 954 kWh/anno, quello per il riscaldamento di 825 kWh/anno, e quello per il raffrescamento di 3.046 kWh/anno.

Quindi, nel periodo di riscaldamento il fabbisogno è di 1.779 kWh/anno ($Q_{ACS} + Q_H$), perciò richiederebbe una capacità nominale giornaliera di 4,87 kW. Ma in estate il fabbisogno è superiore, di 4.000 kWh/anno ($Q_{ACS} + Q_C$), e servirebbe una capacità nominale di 10,96 kW.

Si può, quindi, utilizzare la **pompa di calore Therma-V** monoblocco del tipo HM121M U32,^[4] che ha una capacità nominale per il riscaldamento di 12 kW e quella per il raffrescamento di 14,5 kW. Ha un prezzo di 3.300 €, e dimensioni di 124 x 40 x 145 cm di altezza, quindi può essere installata nel locale tecnico all'interno del core.



L'installazione della **pompa di calore**, è la scelta migliore per quanto riguarda il Solar Decathlon dato che la si installa all'interno del locale tecnico posto nel core, e la **si trasporta già assemblata**. In questo modo si hanno meno lavorazioni da effettuare in sito, che invece sarebbero state da svolgere se si fosse optato per l'installazione del solare termico o del fotovoltaico a concentrazione, dato che la superficie in copertura del core era già occupata dal fotovoltaico e quindi si sarebbero dovute installare sulla restante parte della copertura del prototipo.

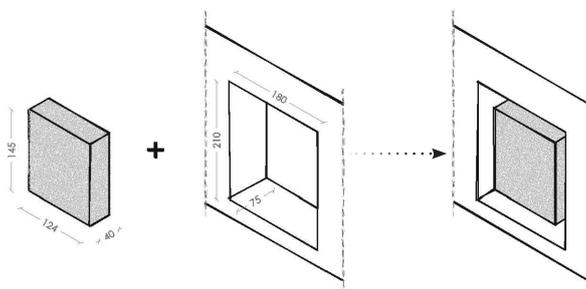
Inoltre, la pompa di calore può collegarsi all'impianto fotovoltaico e trarne energia elettrica per il suo funzionamento.

Dato che il coefficiente nominale COP, che è il rapporto tra la potenza termica utilizzata e quella elettrica fornita per il riscaldamento, in questo caso è pari a 4,9 se si tiene in considerazione contemporaneamente riscaldamento e ACS, per produrre 12 kW di potenza termica, si necessita di 2,45 kW di potenza elettrica. Invece, il rapporto di efficienza energetica EER, che è uguale al COP ma riferito al raffrescamento, è pari a 3,63, per produrre 14,5 kW di potenza termica assorbe 3,99 kW di potenza elettrica.

Siccome l'impianto fotovoltaico appena calcolato, nel mese che produce meno energia elettrica nel periodo di riscaldamento (Dicembre: 414,99 kWh), produce comunque 76,57 kWh/mese in più rispetto al fabbisogno elettrico mensile di 338,42 kWh, quindi quotidianamente 2,5 kW, 2,45 kW di tale potenza può essere indirizzata per il funzionamento della pompa di calore.

Nel periodo di raffrescamento, invece, Settembre è il mese in cui si produce meno energia elettrica (768,41 kWh). Nonostante ciò è superiore al fabbisogno mensile di 429,99 kWh, quindi giornalmente di 14,3 kW, superiore ai 3,99 kW di potenza elettrica che necessita la pompa di calore in tale periodo.

Inoltre, durante gli altri mesi la produzione di energia elettrica è maggiore, quindi la si può, come già visto, cedere alla rete pubblica e ricavarne un guadagno.



dimensioni pompa di calore Therma-V, dimensioni locale tecnico posto sul retro del core, posizionamento nel prototipo



**pompa di calore
Therma-V**
dimensioni: 124 x 40 x 145 cm
capacità nominale: 12-14,5 kW
COP: 4,9 kW
ERR: 3,36 kW

posizionamento pompa di calore nel locale tecnico

- **LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA**

Per dimensionare, invece, un impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore, ci si affida alla UNI 10339, la quale fissa il numero di ricambi d'aria pari a 0,5 vol/h, che è il tasso perfetto per una diluizione esatta degli inquinanti e per ridurre l'umidità negli ambienti domestici.

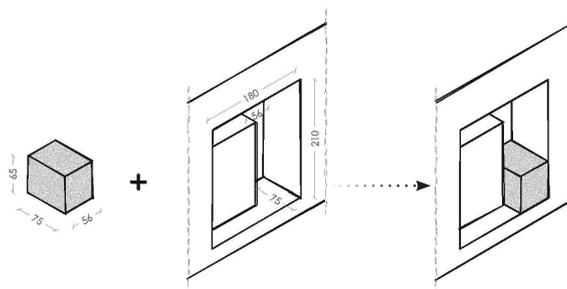
Quindi, per calcolare la **portata d'aria** per ogni ambiente che necessita l'immissione di aria (Q [m^3/h]), si moltiplica il volume del locale (V [m^3]) per il numero di ricambi d'aria (n).

$$Q = V \times n = 133,2 \times 0,5 = 66,6 \text{ m}^3/h$$

Se si considera anche il volume della serra, che è di 186,11 m^3 , la portata d'aria diventa di **159,65 m^3/h** .

Si può, quindi, utilizzare la **VMC di Brink, Flair 325**, dato che ha una capacità da 50 a 325 m^3/h , dimensioni di 75 x 56 x 65 cm di altezza, ad un costo di 2.000 €. Inoltre, recupera il 91% di calore dall'aria estratta per cederlo a quella in ingresso.

Vi saranno due canaline indipendenti, una per l'immissione di aria pulita e filtrata, soprattutto in camera e nel soggiorno, ed una per l'estrazione dell'aria esausta sia in bagno che in cucina.



dimensioni VMC Flair 325, dimensioni locale tecnico con pdc, posizionamento nel prototipo



posizionamento VMC nel locale tecnico

Inoltre, la VMC, il cui scopo primario è il trattamento dell'aria, può contribuire al miglioramento del bilancio energetico globale dell'edificio affiancandola alla pompa di calore per il condizionamento invernale ed estivo.

Durante l'inverno, nelle giornate soleggiate, l'aria della serra ha una temperatura maggiore rispetto all'esterno, quindi può essere canalizzata all'interno della zona giorno per ottenere il riscaldamento gratuito. Nei giorni estivi, invece, l'aria di scarico della pompa di calore è più fredda di quella esterna, quindi può essere utilizzata per il free cooling.

• IL RICICLO DELL'ACQUA

Per quanto riguarda la raccolta ed il riciclo dell'acqua piovana, si è visto nel calcolo del fabbisogno idrico che, considerando il consumo pro capite di Torino, che è di 189 l/ab.gg, il volume massimo di fabbisogno idrico del prototipo è di 137.970 litri/anno, mentre il volume massimo cumulabile che dipende dalla piovosità è di 83.415 l/a, quindi ricopre il 60% del fabbisogno della famiglia.

Se, però, si applicano vari accorgimenti, il fabbisogno può ridursi, infatti, nella tabella sottostante si riportano i litri d'acqua consumati per persona al giorno per diversi impieghi, sia in un primo caso ordinario, che in un secondo caso che utilizza i frangigetto posti nella rubinetteria riducendo così la portata del getto d'acqua in uscita, che un terzo caso dove, oltre all'utilizzo dei frangigetto ed il limitatore di pressione, si ha installato anche il soffione della doccia a basso consumo, lo scarico differenziato per la cassetta del wc, e lavatrice e lavastoviglie ad alta efficienza idrica. Grazie ai frangigetto si è riusciti a diminuire il fabbisogno, rispetto a quello ordinario, quasi del 10%, invece, utilizzando il massimo delle tecnologie di risparmio idrico, si è ridotto quasi del 40%.^[5]

	consumo ordinario	consumo con frangigetto	consumo con tecnologie di risparmio
scarico del wc (32%)	60	60	33
doccia (30%)	57	45	33
lavatrice (11%)	21	21	10
pulizia della casa (7%)	13	13	13
lavaggio delle mani (6,5%)	12	10	10
lavastoviglie (5,5%)	11	11	5
usi esterni (5%)	10	10	10
usi alimentari (3%)	5	5	5
TOTALE (100%)	189	175	119

Prendendo in considerazione, come **prima ipotesi**, il consumo di acqua calcolato con i **frangigetto**, che è una tecnologia rapida, semplice ed economica, il fabbisogno sarebbe di 127.750 litri/anno, quindi il volume massimo cumulabile corrisponderebbe al 65% di tale valore.

Ciò vuol dire che non si riuscirebbe ad essere totalmente autosufficienti per quanto riguarda il riciclo dell'acqua, ma la si dovrebbe comunque attingere dalla rete pubblica.

Questo vale per l'acqua potabile, dato che si è visto che per gli usi che non la richiedono potabile viene utilizzata il 55% dell'acqua dell'intero fabbisogno, quindi quella piovana raccolta, che corrisponde al 65%, potrebbe ricoprire interamente tali scopi.

Come **seconda ipotesi**, si prende in considerazione il consumo di acqua calcolato con il massimo delle **tecnologie di risparmio idrico**. Così facendo, il fabbisogno sarebbe di 86.870 litri/anno, quindi il volume massimo cumulabile corrisponderebbe al 96% di tale valore.

Anche in questo caso, comunque, non si sarebbe totalmente autosufficienti per quanto riguarda il riciclo dell'acqua, quindi la si dovrebbe attingere dalla rete pubblica, anche se in minima parte.

Si può, però, utilizzare l'intera acqua piovana raccolta per gli usi che non la richiedono potabile, che ricoprono il 55% del fabbisogno idrico, come nella prima ipotesi.

Il frangigetto è un tecnologia semplice, veloce ed economica, che si può installare in ogni rubinetto della casa, ma riduce il consumo di acqua solo per la doccia e l'igiene personale.

Invece, con la **seconda ipotesi**, prevedendo, oltre all'utilizzo dei frangigetto ed il limitatore di pressione, l'installazione di un soffione della doccia a basso consumo, dello scarico differenziato per la cassetta del wc, e lavatrice e lavastoviglie ad alta efficienza idrica, che sono tutte **soluzioni fattibili, anche economicamente**, si determina un **consumo idrico molto inferiore** dato che non riduce l'utilizzo di acqua solo per la pulizia della casa, per gli usi esterni ed alimentari perchè si presume che il consumo per tali scopi sia indipendente dalle varie tecnologie.

Quindi, le successive analisi si effettueranno considerando l'utilizzo delle tecnologie di risparmio idrico, e quindi partendo da un fabbisogno idrico inferiore rispetto a quello ordinario.

Si può, inoltre, riciclare l'acqua grigia prodotta dalla doccia e dai rubinetti del bagno, per alimentare il wc e la lavatrice.

Considerando, quindi, l'opzione che utilizza le tecnologie di risparmio idrico, la doccia produce 33 l/ab.gg di acqua grigia ed i rubinetti del bagno ne producono 10 l/ab.gg, mentre il wc utilizza 33 l/ab.gg di acqua e la lavatrice 10 l/ab.gg.

In totale a persona al giorno si avrebbe la produzione di 43 litri di acque grigie, ed il consumo sarebbe di altrettanti 43 litri di acque nere, perciò l'installazione di un impianto che mette in ricircolo l'acqua grigia, opportunamente filtrata, sarebbe ottimale.

Per una **prima ipotesi**, quindi, si opta per l'installazione di **REDI**, un impianto che ricicla le acque grigie della doccia e dei lavandini del bagno, dopo un processo biologico, di ultrafiltrazione e debatterizzazione UV, da utilizzare come acque nere per il wc e la lavatrice, le quali, successivamente, verranno direzionate verso la fognatura.

Così facendo, se non si considera il consumo di acqua da parte del wc e della lavatrice, dato che utilizzano quella della doccia e dei rubinetti del bagno, il fabbisogno idrico diventa di 76 l/ab.gg, ossia di 55.480 litri/anno, quindi il volume massimo cumulabile sarebbe superiore, perciò si ha la **totale autosufficienza idrica**.



Una **seconda ipotesi**, può essere quella dell'installazione di **Wash-It**, la doccia con annessa la lavatrice, che è un sistema più rapido da installare dato che è come se fosse una doccia.

Se si pensa che ogni persona si faccia una doccia al giorno, il consumo di 33 l/ab.gg è pari al consumo di acqua per farsi una doccia di 10 minuti. Quest'affermazione non la si può fare anche per la lavatrice dato che di solito non la si aziona quotidianamente. Ogni ciclo della



lavatrice consuma circa 120 litri di acqua, perciò si necessita dell'acqua grigia di quattro docce per far funzionare la lavatrice integrata. Ciò lo si può fare dato che Wash-It ha un serbatoio al suo interno nel quale può accumulare l'acqua. In questo modo, se non si considera il consumo di acqua da parte della lavatrice, dato che utilizza quella della doccia, il fabbisogno idrico diventa di 109 l/ab.gg, ossia di 79.570 litri/anno per il prototipo, perciò risulta inferiore al volume massimo cumulabile e quindi anche in questo caso si ha la **totale autosufficienza idrica**.

Pur essendo Wash-It più semplice da installare, REDI lo si assemblerebbe comunque all'interno del core, e quindi verrebbe trasportato già installato, perciò non richiederebbe ulteriore tempo in sito.

Inoltre, scegliendo la **prima ipotesi**, quindi il riciclo di tutte le acque grigie, comprendendo anche quelle uscenti dai rubinetti del bagno, il **fabbisogno si riduce ulteriormente del 30%** diminuendo, di conseguenza, anche il volume massimo della cisterna.

Per calcolare, quindi, il volume della cisterna, si tiene in considerazione il fabbisogno dedotto dalla prima ipotesi, quindi con l'utilizzo di REDI.

• **LA RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA**

Dato che il volume massimo cumulabile è superiore al fabbisogno idrico della famiglia che vive all'interno del prototipo, per calcolare il volume massimo che deve avere la cisterna per accumulare l'acqua piovana si utilizza il secondo valore, quindi: $VC = TSM \times (VMF / 365) = 23,68 \text{ gg} \times (55.480 \text{ l/a} / 365 \text{ gg}) = \mathbf{3.600 \text{ litri}}$

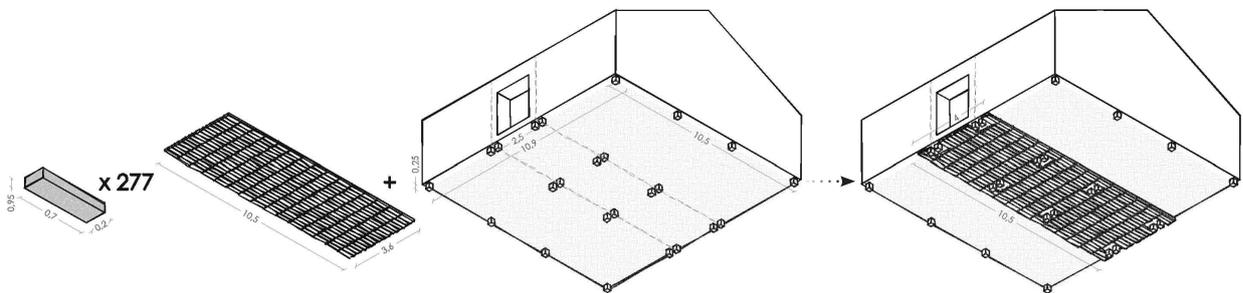
Una **prima ipotesi** potrebbe essere quella di porre i **serbatoi in serie** orizzontali di **H₂OG** al di sotto del prototipo, appoggiati a terra, dato che è rialzato da terra tramite piedini regolabili in altezza e tali serbatoi hanno dimensioni di 71 x 20 x h 9,5 cm ciascuno.

3.600 litri corrispondono a 3,6 m³, e dato che un serbatoio ha un volume pari a 0,013 m³, si necessita di **277** serbatoi che, ad un prezzo di 320 € l'uno, hanno un costo totale di 88.640 €. Dato che hanno un'area di 0,14 m² ciascuno se posti orizzontalmente (0,71 x 0,2 m), complessivamente occupano un'area di **39,3 m²** (0,14 x 277), e siccome l'area dell'intero prototipo è di 114 m², è tecnicamente fattibile porli sotto di esso, ma economicamente meno.

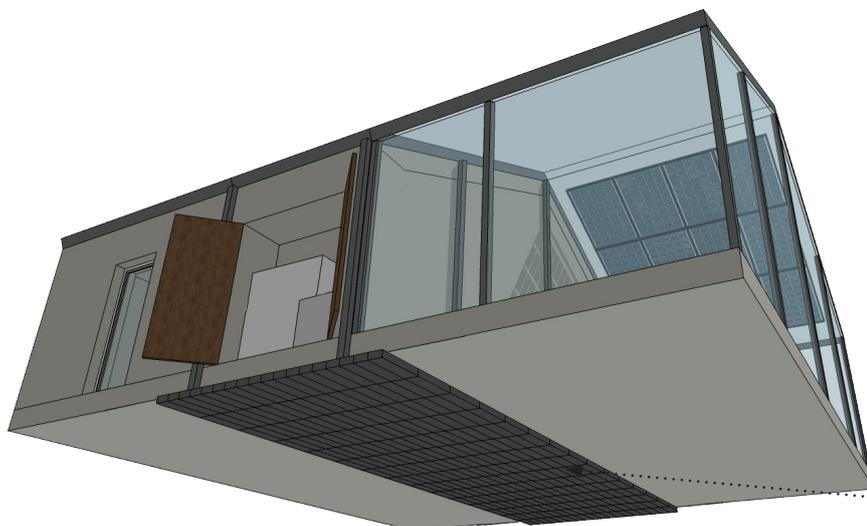


Serbatoi in serie
H₂OG
dimensioni: 71x20x9,5 cm
volume: 0,013 m³
area: 0,14 m²
costo: 320 €/cad

VC: 3,6 m³
n° serbatoi: 277
area totale: 39,3 m²
area occupabile: 114 m²
h da terra: regolabile
costo totale: 88.640 €



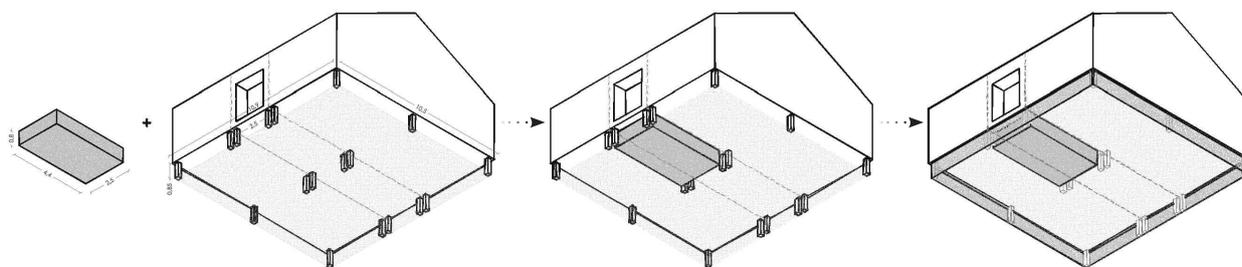
dimensioni serbatoio, n serbatoi, dimensioni prototipo, posizionamento nel prototipo (con piedini regolabili in altezza, di 25 cm)



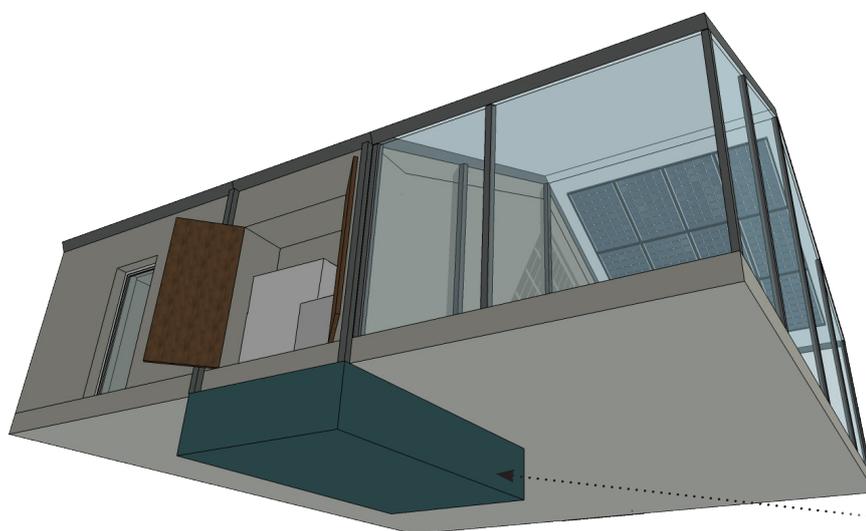
serbatoi in serie
H₂OG
dimensioni: 71 x 20 x 9,5 cm
volume acqua: 3,6 m³
n° serbatoi: 277

ipotesi 1, posizionamento dei serbatoi in serie per la raccolta di acqua piovana

Una **seconda ipotesi** potrebbe essere quella di mettere un **serbatoio gonfiabile Eco Logistic**, dato che riesce anche a trasformare l'acqua piovana in potabile, e si può, anch'esso, porre al di sotto del prototipo, appoggiato a terra. Dato che un serbatoio può avere una capacità da 1, 5, 10 o 20 m³, e il volume della cisterna dev'essere di almeno 3,6 m³, si opta per quello da 5 m³, che ha dimensioni di 2,5 x 4,4 m. La sua altezza massima, da pieno, sarebbe di 1,1 m, ma può contenere, appunto, fino a 5 m³ di acqua. Se però lo si riempie con 3,6 m³ d'acqua piovana, l'altezza massima che può raggiungere è di 80 cm. L'area che occupa è di **11 m²** (2,5 x 4,4), e siccome quella dell'intero prototipo è di 114 m², è tecnicamente fattibile installarlo sotto di esso.



dimensioni serbatoio, dimensioni prototipo, posizionamento nel prototipo (con piedini regolabili in altezza, di 85 cm), livello sottostante chiuso ma ispezionabile



serbatoio gonfiabile
Eco Logistic
dimensioni: 2,5 x 4,4 x 0,8 m
volume acqua: 3,6 m³

ipotesi 2, posizionamento del serbatoio gonfiabile per la raccolta di acqua piovana

La **seconda ipotesi** porta più vantaggi durante la costruzione del prototipo dato che il serbatoio gonfiabile è più semplice e **rapido da installare** da parte degli studenti che saranno poi gli addetti ai lavori, ed è più facile da trasportare siccome è **più leggero** ed occupa **meno volume** da sgonfiato.

• IL BIODIGESTORE

Per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti organici,

Nella provincia di Torino, nel 2017, si sono prodotti 1.049.047 tonnellate di **rifiuti urbani**. Considerando una popolazione di 2.269.120 abitanti, si ha avuto una produzione di 462 kg/ab.anno di rifiuti urbani (RU), inferiore alla media italiana che risulta essere di 489 kg/ab.anno.

Il 55% di tali rifiuti urbani prodotti in questa provincia, ossia 254 kg/ab.anno, è destinato a raccolta differenziata (RD).

Anno	Popolazione	RU Totale	Pro capite RU	RD	Pro capite RD	Percentuale RD
		(tonnellate)	(kg/ab.*anno)	(tonnellate)	(kg/ab.*anno)	(%)
2013	2.297.917	1.031.751,3	449,0	535.830,5	233,2	51,9
2014	2.291.719	1.051.511,4	458,8	531.060,5	231,7	50,5
2015	2.282.197	1.045.745,7	458,2	537.000,2	235,3	51,4
2016	2.277.857	1.042.717,8	457,8	549.846,4	241,4	52,7
2017	2.269.120	1.049.046,9	462,3	577.415,7	254,5	55,0

produzione e raccolta differenziata dei rifiuti urbani nella provincia di Torino, dal 2013 al 2017
[img. 3]

La parte organica raccolta, che è costituita da umido e verde, corrisponde a 83 kg/ab.anno.^[6] Considerando, quindi, che quotidianamente un cittadino della provincia di Torino produce **227 g/ab.gg** di rifiuti organici, questi potrebbero alimentare il **biodigestore domestico Zera™**, da porre tra i mobili della cucina, come se fosse un vero e proprio bidone dell'umido. Non si utilizzerà il biodigestore da porre all'esterno che produce sia fertilizzante che biogas, dato che i fornelli per cucinare possono essere ad induzione, e quindi alimentati dall'energia prodotta dai fotovoltaici.

Dato che 1 kg di rifiuti organici produce un volume di 1,25 litri se sono compattati, altrimenti di 1,8 litri, tali rifiuti occupano un volume di 0,41 l/ab.gg se non vengono compattati, quindi per occupare la capienza massima di **8,4 litri** di Zera™, ci si impiega **10 giorni** essendo due i componenti della famiglia che vive nel prototipo. Ma ciò non compromette il fatto che la si può azionare quando lo si desidera.

Questo apparecchio, si è visto essere di dimensioni di 28 x 56 x 85 cm di altezza, pesa quasi 54 kg ed ha un costo di 1.000 €.



Biodigestore domestico
Zera™
dimensioni: 28x56x85 cm
capienza: 8,4 litri
peso: 54 kg
costo: 1.000 €

rifiuti prodotti: 227 g/ab.gg
volume rifiuti: 0,41 l/ab.gg
tempo per riempirlo: 10 gg

• L'AUTOPRODUZIONE ALIMENTARE

Il compost realizzato dai rifiuti organici si può utilizzare per coltivare piccoli **orti domestici**, posti all'interno della serra bioclimatica, in modo da alimentare la crescita di diverse tipologie di ortaggi, che diventeranno a loro volta rifiuti organici che si ritrasformeranno in compost.

In questo modo si avrà un'economia circolare all'interno del prototipo.

Se non è sufficiente il compost prodotto dal biodigestore, si può optare per la coltivazione di alcuni alimenti, piante ornamentali od aromatiche all'interno di **Linfa**, la **serra idroponica**, che quindi non necessita di terra ma solo di nutrienti disciolti in acqua, ed inoltre funge da complemento di arredo all'interno del prototipo. Ha dimensioni di 59 x 35 x 52 cm ed un costo di 350 €.

Inoltre, consuma solo 30 W al giorno, ossia 11 kW/anno, quindi può essere alimentata dall'energia elettrica prodotta dai fotovoltaici, dato che il fabbisogno elettrico annuale, da 4.061 kWh/anno, aumenta a 4.072 kWh/anno, e quindi la produzione di energia derivante dai pannelli lo riesce a ricoprire.



FONTI CAPITOLO 5

[img. 1]: www.gazzettaufficiale.it

[img. 2]: www.it.climate-data.org

[img. 3]: ISPRA, "Rapporto Rifiuti Urbani",
pag. 363

[1-4]: Deliverable 3

[2]: www.smatorino.it

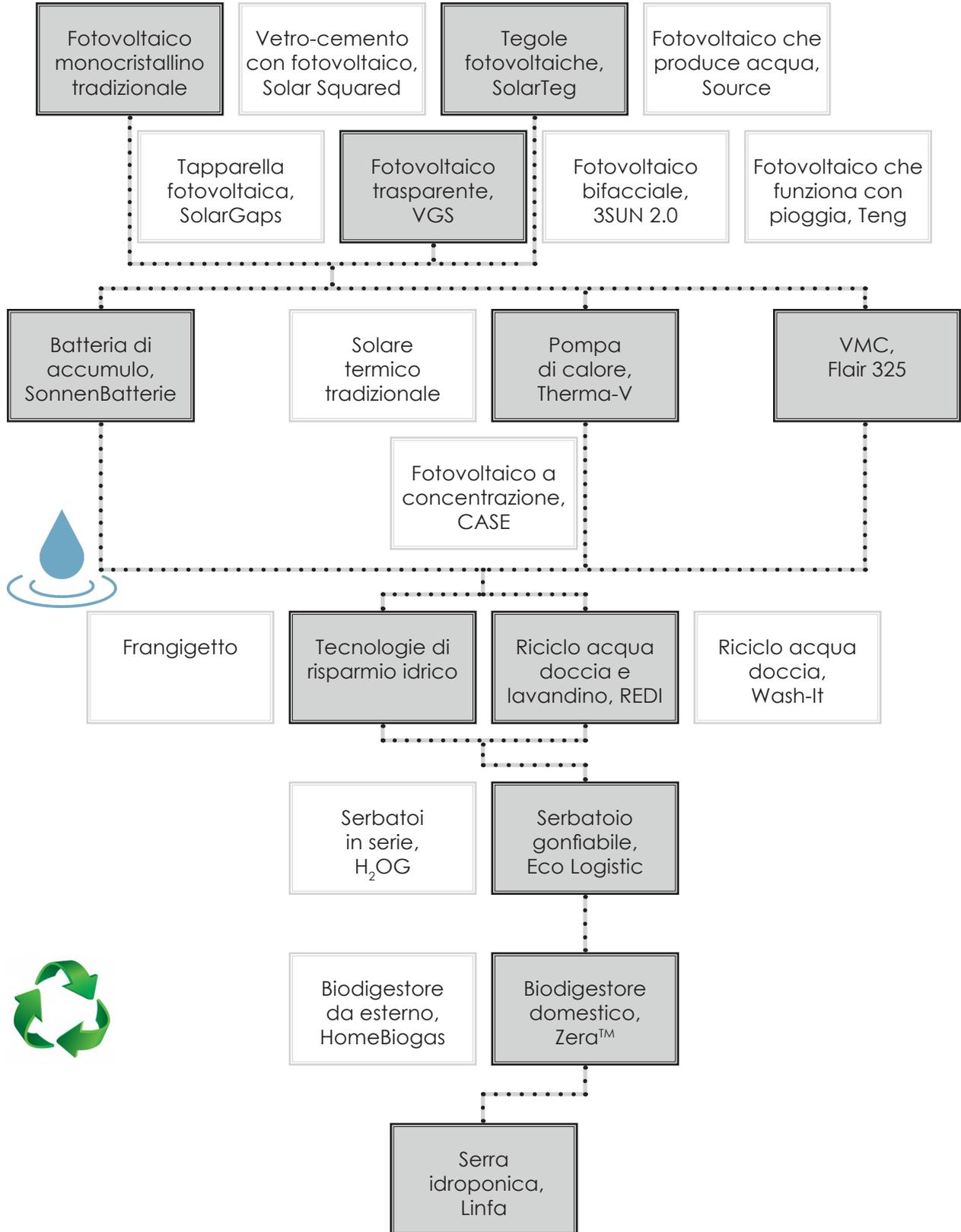
[3]: www.solaritaly.enea.it

[4]: www.climaway.it

[5]: Conte G., "Nuvole e sciacquoni. Come usare meglio l'acqua, in casa e in città", pag. 61-72

[6]: ISPRA, "Rapporto Rifiuti Urbani", pag. 78-83, 361-363

CONCLUSIONI



In conclusione, quella rilevata dal grafico precedente risulta essere la configurazione ideale del prototipo, infatti è completamente autosufficiente, rispetta i requisiti del Solar Decathlon, è la più semplice da trasportare e quella economicamente più vantaggiosa.

Oltre che nell'ambito della competizione del Solar Decathlon Europe 2019, può però essere anche applicata all'intero di qualunque altra abitazione. Inoltre, il tema delle unità modulari di piccole dimensioni ed economiche sono sempre di più una tematica centrale ed importante in questo periodo, che può riguardare molti contesti in cui può essere applicato ed adattato, come per le abitazioni di emergenza o per la ricettività turistica.

In sintesi, tale ipotesi, per quanto riguarda l'**autosufficienza di energia elettrica**, utilizza quattro pannelli fotovoltaici monocristallini tradizionali sulla facciata a Sud del core, dodici pannelli semi-trasparenti VGS sulla copertura della serra bioclimatica, e 14 tegole fotovoltaiche SolarTeg, per una potenza totale di 5,3 kW ed un totale di energia prodotta di 7.176 kWh/anno.

La competizione prevede che si superino i 5 kW di potenza dell'impianto fotovoltaico, e questo parametro viene rispettato. Inoltre, dato che il fabbisogno di energia elettrica del prototipo risulta essere di 4.061 kWh/anno, quella prodotta è sufficiente, anzi, l'eccesso di energia può servire per alimentare la pompa di calore e la rimanente parte può essere ceduta alla rete pubblica.

Grazie alle tegole solari, l'impianto è maggiormente integrato alla copertura dell'edificio, ed avendo un costo minore, questa ipotesi risulta essere, nel complesso, quella più vantaggiosa economicamente ed il tempo di ritorno dell'investimento è inferiore.

L'energia che quotidianamente si produce in eccesso, la si immagazzina nella batteria di accumulo SonnenBatterie, per poterla usufruire in assenza del sole.

Per quanto riguarda l'**autosufficienza di energia termica**, la scelta di utilizzare la pompa di calore Therma-V è la più adeguata per quanto riguarda la competizione dato che questa può essere posta all'interno del locale tecnico, e quindi trasportata già assemblata, mentre un eventuale impianto di solare termico avrebbe occupato la restante parte della copertura che verrebbe realizzata in sito.

Si installa, inoltre, un impianto di ventilazione meccanica controllata Flair 325, che recupera il 91% del calore dell'aria estratta per cederlo a quella in ingresso.

Per quanto riguarda, invece, l'**autosufficienza idrica**, si parte da un fabbisogno pro capite giornaliero di Torino di 189 litri, quindi per quanto riguarda il prototipo di 137.970 litri/anno.

Oltre a prevedere l'installazione dei frangigetto, si utilizzano anche altre tecnologie di risparmio idrico, che sono economicamente fattibili ma riducono maggiormente il fabbisogno idrico, rispetto all'utilizzo dei soli frangigetto, e risulta essere di 86.870 litri/anno.

Inoltre, riciclando le acque grigie prodotte dalla doccia e dai rubinetti del bagno per alimentare il wc e la lavatrice, tramite REDI, si riduce ulteriormente il fabbisogno a 55.480 litri/anno, quindi a 76 litri/abitante giorno.

Dato che il volume massimo cumulabile, che dipende dalla piovosità di Torino, è di 83.415 litri/anno, risulta superiore al fabbisogno idrico e quindi il prototipo è autosufficiente anche per quanto riguarda il riciclo dell'acqua.

Anche con l'installazione di Wash-It il prototipo sarebbe stato autosufficiente, ma in questo modo si riduce ancora di più il fabbisogno e quindi il volume della cisterna.

Per la **raccolta dell'acqua piovana**, si installa una cisterna gonfiabile Eco Logistic, ed essendo il fabbisogno idrico inferiore al volume massimo cumulabile, si tiene in considerazione il primo per il calcolo del volume della cisterna, che risulta quindi essere di 3.600 litri, ossia di 3,6 m³.

Quest'ipotesi è la più adeguata sia per quanto riguarda l'ingombro della cisterna, il peso e quindi la trasportabilità, che per la più rapida installazione da parte degli studenti, che saranno poi gli addetti ai lavori a Szentendre.

Per quel che concerne, invece, il tema dello **smaltimento dei rifiuti organici** si utilizza il biodigestore domestico Zera™ dato che non si necessita di biogas siccome vi sono i fornelli ad induzione.

Invece, per l'**autoproduzione alimentare**, si pensa sia di utilizzare il fertilizzante prodotto dal biodigestore per la coltivazione di orti all'interno della serra bioclimatica, che di coltivare piante aromatiche od ornamentali all'interno della serra idroponica Linfa, che funge anche da complemento di arredo.

FONTI BIBLIOGRAFICHE

Friedman Y., *L'architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà*, Torino, Bollati Boringhieri, 2009.

Le scienze dell'artificiale, a cura di Sergio Los:

3. Van Dresser P., *Case solari locali*, Padova, Franco Muzzio & C. Editore, 1979.

25. Vale B. e R., *La casa autonoma. Prevedere e progettare l'autosufficienza*, Padova, Franco Muzzio & C. Editore, 1984.

Montacchini E., Tedesco S., *Edilizia sostenibile: requisiti, indicatori e scelte progettuali. Valutazioni ambientali, procedure, tecnologie, componenti e materiali. Con disegni, dettagli e immagini di progetti realizzati*, Dogana, Maggioli Editore, 2009.

Bologna R., Terpolilli C., *Emergenza del progetto. Progetto dell'emergenza. Architetture con-temporaneità*, Milano, Federico Motta Editore, 2005.

Viazzo R., *Ristrutturazioni con standard PassivHaus: casi pratici di trasformazione di edifici esistenti in edifici ad alta efficienza energetica*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli Editore, 2018.

Roke R., *Mobitecture. Architettura in movimento*, Londra, Phaidon press limited, 2017.

Schleifer S., *Piccole case ecologiche/pequenas casas ecológicas*, Toledo, Evergreen, 2007.

Rocca A., *Architettura low cost/low tech. Invenzioni e strategie di un'avanguardia a bassa risoluzione*, Roma, Sassi Editore, 2010.

Conte G., *Nuvole e sciacquoni. Come usare meglio l'acqua, in casa e in città*, Milano, Edizioni Ambiente, 2008.

OECD, IEA, *Energy Efficiency Indicators Highlights 2017*, Parigi, 2017.

OECD, IEA, *Global Energy & CO₂ Status Report 2017*, 2018.

Cumo F., Fogheri A.M., Giustini F., Pennacchia E., Romeo C., *Sviluppo della certificazione energetico ambientale degli edifici come strumento per l'efficienza energetico-sostenibile e l'aumento della qualità ambientale interna degli edifici*, 2015.

EurObserv'ER, *Biogas barometer*, 2017.

ISPRA, *Rapporto Rifiuti Urbani*, 2018.

SITOGRAFIA

CAPITOLO 1 _ IL SOLAR DECATHLON EUROPE 2019:

www.solardecathlon.eu (consultato il 12 Agosto 2018)
www.solardecathlon.gov (consultato il 12 Agosto 2018)
www.seeditaly.polimi.it (consultato il 4 Agosto 2018)
www.casaclima.com (consultato il 19 Agosto 2018)
www.abitare.it (consultato il 19 Agosto 2018)
www.ingenio-web.it (consultato il 10 Settembre 2018)
www.architetturaecosostenibile.it (consultato il 19 Agosto 2018)
www.arketipomagazine.it (consultato il 19 Agosto 2018)
www.repubblica.it (consultato il 19 Agosto 2018)
www.velcro.it (consultato il 4 Agosto 2018)

CAPITOLO 2 _ IL CONTESTO CULTURALE:

www.wasteitalia.it (consultato il 6 Novembre 2018)
www.economyup.it (consultato il 6 Novembre 2018)
www.fondazionevilupposostenibile.org (consultato il 8 Novembre 2018)
www.resource.co (consultato il 4 Novembre 2018)
www.architetto.info (consultato il 6 Novembre 2018)
www.amianet.it (consultato il 6 Novembre 2018)
www.tuttogreen.it (consultato il 6 Novembre 2018)
www.cmcc.it (consultato il 20 Ottobre 2018)
www.ilpost.it (consultato il 21 Ottobre 2018)
www.isprambiente.gov.it (consultato il 14 Ottobre 2018)
www.ec.europa.eu (consultato il 8 Novembre 2018)
www.ipcc.ch (consultato il 22 Ottobre 2018)
www.iea.org (consultato il 28 Ottobre 2018)
www.unric.org (consultato il 28 Ottobre 2018)
www.efficienzaenergetica.enea.it (consultato il 10 Novembre 2018)
www.sviluppoeconomico.gov.it (consultato il 10 Novembre 2018)
www.enea.it (consultato il 11 Novembre 2018)
www.rvconsultingdesign.com (consultato il 18 Settembre 2018)
www.isi-italia.it (consultato il 9 Ottobre 2018)
www.casa24.ilsole24ore.com (consultato il 7 Ottobre)

CAPITOLO 3 _ L'ARCHITETTURA DI RIFERIMENTO:

www.regenvillages.com (consultato il 31 Agosto 2018)

www.redattoresociale.it (consultato il 9 Settembre 2018)

www.oeffekt.dk (consultato il 31 Agosto 2018)

www.infobuildenergia.it (consultato il 10 Settembre 2018)

www.archiproducts.com (consultato il 9 Settembre 2018)

www.biosphera2.it (consultato il 1 Settembre 2018)

www.meteoweb.eu (consultato il 1 Settembre 2018)

www.rockwool.it (consultato il 9 Settembre 2018)

www.irarquitectura.com (consultato il 26 Gennaio 2019)

www.hellowoodfestival.com (consultato il 27 Gennaio 2019)

www.salonemilano.it (consultato il 2 Settembre 2018)

www.ilsole24ore.it (consultato il 1 Settembre 2018)

www.inexhibit.com (consultato il 27 Settembre 2018)

www.rinnovabili.it (consultato il 2 Settembre 2018)

www.cesaregriffa.com (consultato il 5 Settembre 2018)

www.thenestliving.it (consultato il 27 Settembre 2018)

www.ingenio-web.it (consultato il 2 Settembre 2018)

www.impresedilnews.it (consultato il 20 Settembre 2018)

www.carloratti.com (consultato il 27 Settembre 2018)

www.circularbuilding.arup.com (consultato il 3 Novembre 2018)

www.architectsjournal.co.uk (consultato il 3 Novembre 2018)

www.globalhop.indiaartndesign.com (consultato il 5 Novembre 2018)

CAPITOLO 4 _ LE POSSIBILI SOLUZIONI TECNOLOGICHE:

www.legambiente.it (consultato il 18 Novembre 2018)
www.accumulatorefotovoltaiico.it (consultato il 19 Novembre 2018)
www.casasoleil.it (consultato il 12 Dicembre 2018)
www.informazioneambiente.it (consultato il 19 Novembre 2018)
www.infofotovoltaiico.com (consultato il 19 Novembre 2018)
www.architetturaecosostenibile.it (consultato il 12 Dicembre 2018)
www.green.it (consultato il 4 Gennaio 2018)
www.fotovoltaiicosulweb.it (consultato il 16 Gennaio 2018)
www.vgs.gruppostg.com (consultato il 16 Gennaio 2018)
www.onyxsolar.com (consultato il 16 Gennaio 2018)
www.solarteg.it (consultato il 5 Dicembre 2018)
www.tesla.com (consultato il 5 Dicembre 2018)
www.batteriadomestica.it (consultato il 5 Dicembre 2018)
www.zeromasswater.com (consultato il 6 Dicembre 2018)
www.rinnovabili.it (consultato il 2 Gennaio 2019)
www.accumulatorefotovoltaiico.it (consultato il 8 Dicembre 2018)
www.accumulo-fotovoltaiico.it (consultato il 17 Gennaio 2019)
www.climaway.it (consultato il 17 Gennaio 2019)
www.expoclima.net (consultato il 15 Dicembre 2018)
www.infobuildenergia.it (consultato il 17 Gennaio 2019)
www.airplast.it (consultato il 17 Gennaio 2019)
www.amianet.it (consultato il 3 Gennaio 2019)
www.tuttogreen.it (consultato il 3 Gennaio 2019)
www.ediltecnico.it (consultato il 3 Gennaio 2019)
www.raccoltaacquapiovana.it (consultato il 3 Gennaio 2019)
www.redi.it (consultato il 3 Gennaio 2019)
www.ecocasapistoia.it (consultato il 4 Gennaio 2019)
www.cisternemorvide.it (consultato il 4 Gennaio 2019)
www.ecologicistic.it (consultato il 3 Gennaio 2019)
www.rainwaterhog.com (consultato il 4 Gennaio 2019)
www.agronotizie.imagelinetwork.com (consultato il 5 Gennaio 2019)
www.today.it (consultato il 5 Gennaio 2019)
www.consulente-energia.com (consultato il 5 Gennaio 2019)
www.cetri-tires.org (consultato il 5 Gennaio 2019)
www.wlabsinnovations.com (consultato il 4 Gennaio 2019)
www.ciochevale.it (consultato il 5 Gennaio 2019)
www.linfa.io (consultato il 5 Gennaio 2019)

CAPITOLO 5 _ L'INTEGRAZIONE TECNOLOGICA NEL PROTOTIPO DEL SDE19:

www.smatorino.it (consultato il 20 Gennaio 2019)

www.solaritaly.enea.it (consultato il 12 Gennaio 2019)

www.it.climate-data.org (consultato il 9 Gennaio 2019)