

**Energy Comparative Assessment of Buildings,
for the Post Carbon City**

VALUTAZIONE ENERGETICA COMPARATIVA DEGLI EDIFICI, PER LA POST CARBON CITY*

Domenico Enrico Massimo^a, Alessandro Malerba^a, Maringela Musolino^a,

Francesco Nicoletti^a, Pierfrancesco De Paola^b

^aDipartimento PAU, Università Mediterranea di Reggio Calabria, via dell'Università, 25 - 89124, Reggio Calabria, Italia

^bDipartimento DII, Università degli Studi di Napoli Federico II, Corso Umberto I, 40 - 80138, Napoli, Italia

demassimo@gmail.com

Abstract

Mankind is facing the extreme risk of Planet ecological crisis caused by global warming, a consequence of severe climate change on the Earth, originated by fossil energy over burning and consequent pollution. Key goal in Agenda for Sustainability is to reduce fossil energy consumption specially in civil sectors: residential, commercial and public buildings. Effective strategy is to increase the efficiency of buildings that must be quantitatively measured by Energy Performance Simulation Programs. EPSPs are the tools to valuate both energy performance as well as impact of sustainable works devoted to increase building energy efficiency i.e. “building bio ecological energy retrofiting”. In the research two different buildings or prototypes have been designed in order to simulate: adoption of the work for “building bio ecological energy retrofiting”; against their failure to adopt them. The research carried valuated and proved in quantitative terms that the adoption of “building bio ecological energy retrofiting” creates significant saving and a measurable positive difference in the energy and ecological management of alternative buildings.

KEY WORDS: Valuation, Valuation of green buildings, Valuation of Post Carbon City, Energy consumption, Energy Performance Simulation Programs (EPSP), Energy Plus (TM).

1. Obiettivi

Tra gli obiettivi della ricerca vi è la valutazione ecologica - estimativa [quindi comparativa] dell’impatto negli edifici del *retrofitting* bio ecologico e del relativo isolamento termico sulla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni clima alteranti.

Ulteriore obiettivo è la verifica dell’innovativa procedura di mettere a confronto le valutazioni climatiche e sui consumi non su un solo edificio, bensì (in comparazione) su più alternativi prototipi [seppure apparentemente identici: Sostenibile *versus* Non Sostenibile], elaborando i calcoli energetici non con uno solo, bensì (in comparazione) con più strumenti [i cosiddetti: Energy Performance Simulation Programs, EPSPs] per constatare la loro sostanziale convergenza *versus* divergenza.

Negli ultimi decenni, a livello mondiale la produzione e offerta di energia primaria [Total Primary Energy Supply,

TPES] e i relativi consumi finali umani sono aumentati e così le conseguenti e connesse emissioni clima alteranti (vedi Fig.1) di origine antropica [1]

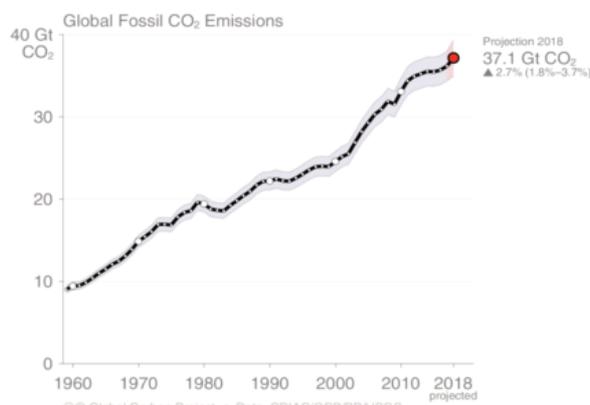


Fig. 1 - Emissioni climalteranti di CO₂ di origine antropica negli ultimi decenni dal 1960-2018. Proiezioni 2018: 37,1 Giga tonnellate [Gt] di CO₂ emessa (Fonte: Global Carbon Project, Canberra, Australia. Rob Jackson, Stanford University)

* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei cinque autori. Massimo D. E. è autore di Abstract e prg 2 e 3, Malerba A. del prg 4, Musolino M. del prg 1, Nicoletti F. del prg 5 e De Paola P. del prg 6.

Secondo le convergenti stime di più agenzie internazionali, tra cui la International Energy Agency, IEA, la produzione e conseguente offerta di energia primaria (TPES) nel mondo è salita in modo esponenziale negli ultimi decenni passando da circa 71.000 TWh (71 PWh; 710×10^{17} Wh) nel 1973 a circa 160.000 TWh (160 PWh; 1.600×10^{17} Wh) nel 2015 [2].

Anche le emissioni clima alteranti mondiali di origine antropica sono aumentate da una media annua di 11,4 miliardi di tonnellate (Gt) di CO₂ negli anni sessanta, a una media annua di ben 34,4 miliardi di tonnellate (Gt) di CO₂ nel periodo 2008-2016, fino alla media annua di 36,2 miliardi di tonnellate (Gt) di CO₂, negli anni 2017-2018. Di esse il 40% è dovuto alla combustione del carbone, il 35% del petrolio, il 20% del gas, il 4% del cemento e l'1% del *flaring*, secondo i dati e le proiezioni di International Panel on Climate Change [3-9].

L'iper-consumo di materie fossili e le conseguenti crescenti emissioni di gas clima alteranti di origine antropica sono particolarmente accentuate nelle aree di maggiore concentrazione demografica, per un intreccio di meccanismi di cui si tenta di seguito di dare una esplicazione in estrema sintesi: una crescente percentuale di popolazione rurale migra in modo inarrestabile verso le zone urbane; questi ambiti sono costretti ad espandersi; si urbanizzano le contermini aree forestali e agricole, rendendo impermeabile ulteriore suolo arabile; si innalzano selve non di salutari boschi, bensì di altri edifici urbani energivori ed emissivi a basso livello di efficienza e qualità.

Questi edifici urbani, secondo convergenti constatazioni e statistiche di agenzie nazionali e internazionali tra cui la United States Energy Information Administration, USEIA [2], sono la principale *causa* (dal 40% a oltre il 50%) dei consumi energetici planetari e delle relative e correlate emissioni clima alteranti nel mondo e nei territori. Negli ultimi decenni, un addizionale fattore causale è il generalizzato ricorso, in tutti i paesi del mondo, ai condizionatori d'aria (per rendere confortevole il clima *indoor* durante la stagione calda e afosa) e ciò ha alzato ulteriormente i consumi, specie urbani, di energia da fonti fossili e fissili.

Da questa pervasiva incidenza del macro settore civile nei consumi totali (dal 40% a oltre il 50%) promana l'opportunità che le iniziative imprenditoriali e le politiche energetiche e di sviluppo assumano prioritariamente la incisiva geniale strategia di "adottare l'energia più economica in assoluto: che è quella che NON si consuma" [10-16]. Ovvero il risparmio strutturale ed eterno attraverso la "passivazione", cioè un uso efficiente dell'energia, specie per le costruzioni e gli insediamenti. Di seguito si evidenziano alcuni principali steps della strategia.

O1. *Urban economic regeneration* degli insediamenti esistenti, evitando di svilupparne nuovi e di rendere impermeabili ulteriori suoli arabili e forestali ai margini delle

città.

O2. *Reuse* di tutti gli edifici presenti negli insediamenti esistenti.

O3. *Ecological retrofitting* di tutti questi edifici e unità edilizie adottando l'energia più economica che esiste: quella che NON si consuma, quindi il bio eco risparmio energetico ovvero la: "bio passivazione".

Per realizzare la Strategia della bio passivazione finalizzata alla massima bio efficienza energetica è di importanza assoluta disporre di approcci e strumenti per l'affidabile valutazione delle *performances* climatiche, dalle unità edilizie elementari ai fabbricati fino a interi isolati e quartieri. Nella ricerca che si presenta la valutazione comparativa delle *performances* climatiche è svolta mediante approcci e strumenti.

Ovvero, essa è sperimentata su un elementare edificio o unità edilizia (di seguito: "prototipo") simulato e progettato in due modalità, ovvero Scenari (di seguito: "S.") alternativi, prevedendo due opposte modalità per realizzare gli importanti e determinanti involucri esterni. Lo S. Sostenibile con "passivazione" ovvero coibentazione esterna mediante tecniche di bio eco edilizia.

Lo S. Comune (=Non Sostenibile) con costruzione (compreso l'involucro esterno) realizzata con tecniche NON sostenibili, comunemente adottate nel Sud Italia.

2. Metodologia

Conseguenza inevitabile del constatato generalizzato aumento nei consumi civili di energia (e delle relative emissioni, rubricate come: di origine antropica) è un aggravarsi del Cambiamento Climatico, del suo precipitato, il Riscaldamento Globale, e di connessi detrattori specifici quali: aumento delle temperature superficiali degli oceani, dei mari e dell'aria; drastico restringimento e scioglimento di nevai, ghiacciai, Polo Nord e Polo Sud; conseguente severo aumento del livello di oceani e mari; fenomeni meteo e marini estremi in contrasto con siccità persistenti; desertificazioni.

Severe sono le previsioni scientifiche per i decenni a venire: aumento del Riscaldamento Globale da 3° a 6° gradi; notevole intensificazione dei fenomeni meteorologici estremi, inarrestabili e molto dannosi; simmetrici ulteriori sconvolgimenti del clima con estesi periodi di siccità e desertificazioni a tutte le latitudini.

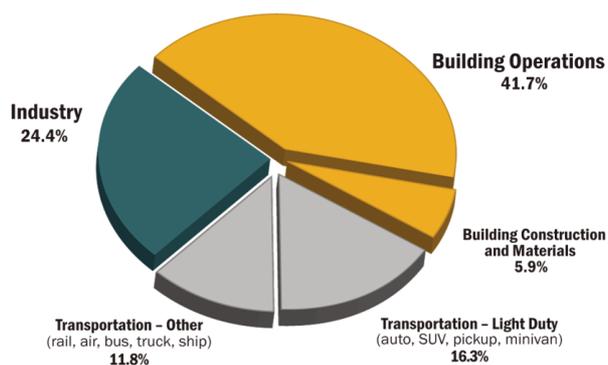
Data la gravità dello stato dell'ambiente, è di estrema importanza individuare le cause del degrado per rimuoverle (o mitigarle) e fermare il disastro imminente su Umanità e Pianeta.

Come anticipato e documentato, secondo convergenti e reiterate analisi dell'Inter governamental Panel on Climate Change, IPCC [4-9] la crisi ecologica planetaria è provocata all'origine, tra l'altro, dal constatato e citato eccessivo consumo assoluto di energia di origine fossile,

specie nelle aree urbane, dove maggiore è il consumo pro capite e la “intensità energetica”.

Ivi già al 2018 è concentrata metà della popolazione della Terra che nel 2050 salirà a ben il 66%.

Il settore che da solo, come anticipato e secondo le già introdotte convergenti statistiche di agenzie nazionali e internazionali, tra cui la USEIA [1], impiega dal 40% a oltre il 50% dell’energia totale consumata sul Pianeta è il comparto civile e l’edilizia (vedi Fig. 2), specie gli edifici più recenti (80% del totale) che hanno minori *performances* energetiche e hanno, in genere, pareti più sottili rispetto agli edifici storici. Questa è una ulteriore motivazione a favore della loro passivazione bio ecologica. La ricerca che si presenta, e relativa metodologia, ha l’obiettivo di verificare preventivamente, attraverso la valutazione, e quantificare il possibile positivo impatto, in termini di risparmio energetico (e non di “sacrificio” energetico), della “passivazione” ovvero di bio eco isolamento su un iper semplificato prototipo edilizio Sostenibile, rispetto ad un manufatto Non Sostenibile [10-16] con materiali e \ o prodotti naturali (es.: bio sughero [17]).



U.S. Energy Consumption by Sector

Fig. 2 - Il settore civile e dell’industria delle costruzioni da solo consuma dal 40% a oltre il 50% del totale dell’energia consumata sul Pianeta (Fonte: U. S. Energy Information Administration [2011] Energy Annual Review)

Infatti, come anticipato, la ricerca introduce l’innovativa comparazione tra due edifici alternativi sotto il profilo ecologico, materico, ambientale ed energetico, seppure apparentemente identici per gli aspetti geometrici, formali, spaziali e architettonici. Edifici comunque estremi ed eccezionali per la sfida valutativa ed estimativa perché trattasi di sostanziali piccoli cubi di fatto mono vani con tutte le sei pareti disperenti. Un eventuale positivo risultato in questi casi estremi fa ipotizzare (in modo ragionevole) benefici maggiori, migliori e amplificati in edifici con un minore numero di pareti disperenti, cioè affiancate come nei casi maggioritari di edifici a schiera, o \ e anche sovrapposti come nel caso dei condomini con edifici in linea. Per i due Scenari alternativi sono preventivamente valutate entrambi:

- il differenziale di costo iniziale di costruzione di un edificio comune Non Sostenibile *versus* la realizzazione di un edificio Sostenibile reso tale grazie alla

solita aggiunta di pochissime mirate Lavorazioni come il citato isolamento integrale (o coibentazione) esterno bio naturale (“bio passivazione”) che crea la differenza ecologica ed energetica con l’alternativa;

- il differenziale di consumi annui sia energetici che monetari, e i relativi costi ecologici (emissioni).

Tra gli scopi della ricerca è la sintesi e l’integrazione nel Valore Attuale Netto (VAN) di diverse valutazioni (le 3E: ecologia; energia; economia), partendo dalla quantificazione delle *performances* degli edifici e dalla relativa gestione climatica nelle rispettive unità di misura.

- Ecologia: $\text{kgCO}_2 \setminus \text{m}^2 \setminus \text{anno}$. Emissioni.
- Energia: $\text{kWh} \setminus \text{m}^2 \setminus \text{anno}$. Consumo.
- Economia: relative spese in €: spesa iniziale di intervento; e poi spese annuali di gestione ecologica ed energetica. Costi.

La ricerca metodologica ha realizzato quattro principali tappe, di seguito sintetizzate.

- Il progetto di due semplici unità “prototipo” identiche come architettura, spazi, geometria forma. Ma opposti nell’adozione dell’elemento chiave Sostenibile dell’involucro bio ecologico isolante o termo coibente o “passivante” (ovvero nella NON adozione di tali Lavorazioni che trasformano radicalmente l’edificio, senza le quali risulta NON Sostenibile).
- Un primo sistema di informazioni per la progettazione esecutiva del doppio “prototipo”, compresi i rilevanti dati sulle funzioni di produzioni micro economiche delle Lavorazioni chiamate Analisi dei Fattori Elementari (AFE); quindi i costi in termini di effettive risorse fisiche impiegate: manodopera; materiali; noli (trasporti; attrezzature; macchinari; utensili; ponteggi). Ovvero in termini di “quantità industriali dei fattori elementari”.
- Il Repertorio dei prezzi di mercato comparativi effettivi dei Fattori Elementari delle Lavorazioni.

- La conseguente stima previsiva del costo iniziale della totalità delle risorse dell’investimento nella costruzione dei due alternativi edifici prototipo.

La ricerca ha strutturato DataBase che permettono la valutazione e previsione di:

- differenti *performances* termiche dei diversi edifici comparati;
- impronta ecologica in termini di emissioni clima alteranti dei due diversi prototipi oggetto della sperimentazione.

Tali dati fisici sono stati successivamente sviluppati nella previsione di importi monetari in termini di costi e benefici prodotti dalla realizzazione di interventi sostenibili.

Tra i benefici si indicano:

- la diminuzione definitiva, perpetua e stabile in termini fisici dei consumi energetici, espressi in $\text{kWh} \setminus \text{m}^2 \setminus \text{anno}$, e il conseguente perpetuo risparmio monetario nei relativi costi;

- il miglioramento immateriale e di capitale importanza in termini della *salubrità*, prodotta da un materiale bio ecologico come i pannelli in sughero naturale, privi di chimica di sintesi e derivati dal petrolio, che con il loro effetto igro regolatore aumentano il benessere termo igrometrico dell'ambiente interno.

La ricerca considera il consumo di energia in kWh e le emissioni in kg di CO₂, nei due differenti scenari, valutati mediante non uno, bensì tre "programmi", ovvero tre Building Energy Performance Simulation Programs (BEPSP) [17-22], di seguito sintetizzati.

Energy Plus. È uno dei "programmi" di valutazione energetica più conosciuti al mondo. Permette la simulazione climatica e la diagnosi energetica negli edifici. Ha interfaccia grafiche esterne (come ad esempio Design Builder) che permettono di creare il modello climatico dell'edificio con l'inclusione delle sue diverse caratteristiche.

TerMus. Software di ingegneria termica, analizza la *performance* energetica degli edifici e fornisce, tra gli altri, i seguenti *output*: determinazione delle trasmittanze; Attestazione di Prestazione Energetica o APE - AQE; applicazione del protocollo Itaca. È considerato uno dei *software standard* italiani di "certificazione energetica".

Blumatica Energy. Supporta: l'analisi climatica degli edifici; la progettazione e realizzazione del loro isolamento termico; la "certificazione energetica". È un *software* italiano noto e diffuso per effettuare la cd. "attestazione energetica".

3. Stato dell'arte

Lo stato dell'arte presenta alcuni casi di valutazione integrata ecologico - estimativa, soprattutto di nuove costruzioni, che elaborano il dato compatto del Valore Attuale Netto o VAN, che sintetizza con metodo finanziario costi e ricavi (nel ciclo di vita) degli interventi ipotizzati.

Nonché, talvolta, la non semplice monetizzazione di benefici ecologici e ambientali, come le emissioni clima alteranti, al fine di stimare la fattibilità dei progettati ipotizzati e il ritorno degli investimenti in Sostenibilità e in conseguente Salubrità.

Nello stato dell'arte, tra i capisaldi vi sono le antesignane ricerche di Gregory Kats, di Capital E, su costi e benefici dei *Green Buildings*, e segnatamente, tra tanti, i Reports (2003) *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings* (Sacramento, California, Usa, p.87) [23] e (2010) *Greening Our Built World: Costs, Benefits, and Strategies* (Island Press, Washington, D.C., Usa) [24] con cui "...si dimostra che, nel ciclo di vita, i reali (non solo quelli apparenti) benefici finanziari dei Green Buildings sono dieci volte maggiori dei costi medi addizionali (*cost premia*) investiti per raggiungere la Sostenibilità che, pertanto, diventa un obiettivo fortemente motivato e fondato sotto i profili finanziario, economico, energetico, ecologico."

In ambiente italiano, una visione integrata tra fattori eco-

nomici, energetici e culturali si ritrova nel manuale divulgativo di Stefano Intorbida, *La riqualificazione energetica integrata ed economicamente sostenibile* (2013, Legislazione Tecnica, Roma) [25], che svolge una ampia analisi estesa anche al mercato immobiliare, per constatare (p. 9): "Un edificio fortemente energivoro, come lo sono la maggior parte degli attuali edifici, risulta ormai fuori mercato, e sarà sempre più difficile riuscire ad affittarlo e a venderlo, e sarà sempre più problematico anche per il possessore della sola prima casa, continuare a mantenere un edificio energeticamente troppo costoso".

4. Caso di Studio

Per perseguire l'obiettivo di mitigazione del Cambiamento Climatico, e in sequela con le esperienze segnalate dallo stato dell'arte [23-25] è stato realizzato un Caso di Studio di sperimentazione che comprende la valutazione complessa dei due citati edifici prototipi, unità edilizie minime di metri (5x5x4) con destinazione potenziale multipla, mediante diversa organizzazione dell'architettura interna: residenziale; terziario; secondario produttivo; primario agricolo - zootecnico - forestale.

Infatti, si tratta di una semplificazione estrema dell'architettura in un cubo ad un solo livello in cui la differenza ecologica, climatica ed energetica è fatta dalla bio ecocoibentazione, i cui impatti temici sono quantificati dai già citati EPSP [17-22] o "programmi", mentre gli altri eventuali positivi impatti sono verificati dalla Valutazione.

Le verifiche con i "programmi" potrebbero constatare un significativo differenziale ecologico, energetico, economico tra i due Scenari proprio per effetto della citata termo coibentazione presente in quello Sostenibile e assente in quello NON Sostenibile [26, 27].

I due alternativi Scenari sono di seguito sommariamente descritti.

Scenario Comune

L'unità "Business As Usual, BAS" (comune = convenzionale) è stata progettata e simulata adottando tecniche e materiali comunemente usati e popolari nell'Italia Meridionale. La costruzione consiste in una comune struttura puntiforme cosiddetta in "cemento armato" (travi di base; pilastri; solaio piano e relative travi di solaio) e le usuali tamponature in comuni mattoni multi foro. Importanza fondamentale e cruciale ha l'ultimo strato che, nello Scenario Comune, è costituito da semplice usuale sottilissimo intonaco, sempre pluri strato, a base di solo cemento oppure, in taluni casi, a base di cemento misto a calce idrata di produzione industriale. Gli strati sono i seguenti: - sottile ponte di aderenza o di adesione (talvolta detto arriccio); - spiano (intonaco vero e proprio); - sottile finitura; - colore.

Scenario Sostenibile

Per questo scenario particolare attenzione è posta alla rilevante scelta di Economia Circolare di adottare il su-

ghero locale [26, 27] come materiale bio eco sostenibile endogeno. Sul manufatto di base (ovvero lo Scenario comune quando è ancora *privo* dell'intonaco comune a base di cemento o di cemento e calce idrata industriale) si mette in opera, direttamente sulle pareti, un integrale "cappotto" di pannelli in sughero bio ecologico di ben 6 centimetri (spessore derivato dalla sinergia tra valutazione climatica preventiva e progettazione architettonica), costituendo un integrale rivestimento su tutte le pareti verticali, il sottopavimento e il lastrico solare orizzontale prima delle rispettive finiture:

- Per le pareti: rasatura, supportata da rete bio ecologica, con malta a base di calce idraulica naturale;
- Per il piano terra: pavimento incollato con specifica malta domus di calce idraulica naturale;
- Per il lastrico solare impermeabilizzazione traspirante e pavimentazione galleggiante.

Nel caso di edifici esistenti, la messa in opera del "cappotto" di sughero su pareti, vespaio e lastrico è uno dei principali interventi per realizzare del *Bio Eco-logical Retrofitting* dell'esistente. Di seguito le rappresentazioni e le dimensioni del prototipo sperimentale (vedi Fig. 3 e Tab.1).

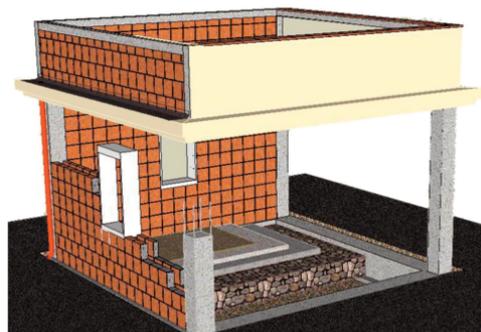
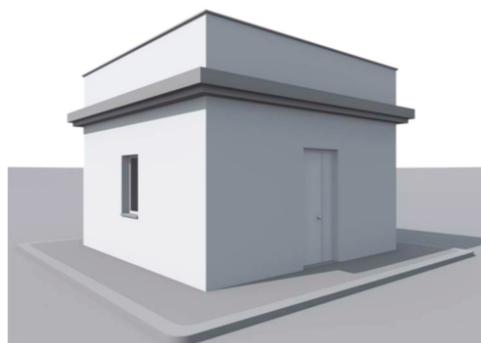


Fig. 3 - Il Prototipo. Il modello concettuale in vedute assonometriche (Fonte: Propria elaborazione)

Prototype	l (m)	w (m)	h (m)	S (m ²)	V (m ³)
O1.SuberType BAS	5,05	5,05	3,19	25,50	81,35
O2.Subertype BAS + Cork	5,12	5,12	3,19	26,21	83,62

Tab. 1 - Dimensioni dei due prototipi alternativi. Comparazione tra Prototipo comune Non Sostenibile (Business As Usual, BAS) e Prototipo Sostenibile (BAS+Cork) (Fonte: Propria elaborazione)

Le stime energetiche sono state svolte per i due distinti prototipi (Comune=BAS; Sostenibile=BAS+cork), come anticipato, con i tre "programmi" EPSP prima presentati in comparazione. Come noto, e come sopra introdotto, i "Programmi" forniscono, tra gli altri, gli *output* di

- Global Primary Energy (EPgl) e le sue importanti declinazioni unitarie (m²\anno; m³\anno) che esprimono la generale efficienza dell'edificio e dei sistemi adottati per riscaldamento e acqua calda;
- CO₂ clima alterante rilasciata dal complesso edificio-sistema nell'ambiente.

I risultati dell'applicazione dei tre "programmi" o EPSP sono notevolmente incoraggianti perché sono in modo reciproco e sostanziale convergenti nei loro ordini di grandezza (vedi Tabb. 2, 3).

Scenarios	Energy Plus		Termus		Blumatica Energy	
	EPgl kW/m ² y	CO ₂ Kg/m ² y	EPgl kW/m ² y	CO ₂ Kg/m ² y	EPgl kW/m ² y	CO ₂ Kg/m ² y
O1.BAS	129	15	114	24	116	11
O2.BAS + cork	73	9	69	15	71	8
Δ	-56	-6	-45	-9	-45	-3
%	-43%	-40%	-39%	-37%	-38%	-27%

Tab. 2 - Energy Performance Simulation Programs (EPSP). Comparazione dei risultati ottenuti da tre diversi EPSP: Energy Plus; Termus; Blumatica Energy (Fonte: Propria elaborazione)

	Energy Plus Δ	Termus Δ	Blumatica Energy Δ
EPgl kWh/m ² y	-43%	-39%	-38%
CO ₂ Kg/m ² y	-40%	-37%	-27%

Tab. 3 - Risparmi e Differenziali percentuali di consumi ed emissioni (kWh/m²year consumption; Kg/m²year emissions) tra BAS versus BAS+Cork, stimati dai tre diversi EPSP: Energy Plus; Termus; Blumatica Energy (Fonte: Propria elaborazione)

Dai consumi globali e unitari, attraverso ed il prezzo di kWh di energia 0,40 €/kWh, si stimano anche il risparmio energetico annuo, assumendo i dati dell'EPSP (vedi Tab. 4).

Scenarios	A m ²	EPgl kWh/m ² y	EPgl kWh	CO ₂ Kg/m ² y	CO ₂ Kg
O1.BAS	25,50	129	3.313	15	382
O2.BAS + cork	26,21	73	1.913	9	235
Risparmio annuo			1.400	x0,4€=-560€	147

Tab. 4 - Comparazione dei totali unitari e assoluti di consumi e emissioni annui nei due Scenari alternativi, secondo lo strumento Energy Plus (Fonte: Propria elaborazione)

La ricerca ha previsto anche in termini monetari (oltre che fisici) i costi delle due costruzioni nei due Scenari alternativi (vedi Tab. 5), basandosi su una stima analitica e dettagliata, con particolare attenzione al costo del “cappotto” di pannelli di sughero bio ecologico. Tale costo costituisce l’elemento differenziale tra i due scenari, e l’elemento qualificante dello Scenario Sostenibile.

Prototipo	01.BAS	02.BAS + cork	Δ	%
Tot €	37.156	40.378	+3.221	08,66
Tot €\m ²	1.456	1.540	+83	
Tot €\m ³	364	385	+20	

Tab. 5 - Comparazione dei costi di costruzione dei due prototipi alternativi.
Lieve differenziale di costo per cappotto di sughero
€ 3.221 per il Prototipo Sostenibile, come investimento in Salubrità
(Fonte: Propria elaborazione)

La ricerca ha stimato e previsto che il *pay back* del lieve maggiore costo iniziale di investimento in Sostenibilità e Salubrità (dovuto al “cappotto” integrale di pannelli di sughero bio ecologico da 6 cm) si ottiene in pochi anni attraverso il valore attuale netto del risparmio di energia annuo e del conseguente abbattimento di emissioni. Nella stima finanziaria è stato assunto un tasso di interesse del 4% che attualmente è molto prudente e conservativo (vedi Tab. 6).

extra cost	i=4%		saving npv i=4%		i=2%		saving npv i=2%		i=0%	
3.221	year	saving	year	saving	year	saving	year	saving	year	saving
	1	590 0,9615	567,285	567,29	0,9804	578,436	578,44	590		
	2	590 0,9246	545,514	1.112,80	0,9612	567,108	1.145,54	1.180,00		
	3	590 0,889	524,51	1.637,31	0,9423	555,957	1.701,50	1.770,00		
	4	590 0,8548	504,332	2.141,64	0,9238	545,042	2.246,54	2.360,00		
	5	590 0,8219	484,921	2.626,56	0,9057	534,363	2.780,91	2.950,00		
	6	590 0,7903	466,277	3.092,84	0,888	523,92	3.304,83	3.540,00		
	7	590 0,7599	448,341	3.541,18	0,8706	513,654	3.818,48	4.130,00		
	8	590 0,73	430,7	3.971,88	0,8535	503,565	4.322,05	4.720,00		
	9	590 0,7	413	4.384,88	0,8368	493,712	4.815,76	5.310,00		
	10	590 0,68	401,2	4.786,08	0,8203	483,977	5.299,73	5.900,00		
	11	590 0,65	383,5	5.169,58	0,8043	474,537	5.774,27	6.490,00		
	12	590 0,62	365,8	5.535,38	0,7885	465,215	6.239,49	7.080,00		
	13	590 0,6	354	5.889,38	0,773	456,07	6.695,56	7.670,00		
	14	590 0,58	342,2	6.231,58	0,7579	447,161	7.142,72	8.260,00		
	15	590 0,56	330,4	6.561,98	0,743	438,37	7.581,09	8.850,00		
	16	590 0,53	312,7	6.874,68	0,7284	429,756	8.010,84	9.440,00		
	17	590 0,51	300,9	7.175,58	0,7142	421,378	8.432,22	10.030,00		
	18	590 0,49	289,1	7.464,68	0,7042	415,478	8.847,70	10.620,00		
	19	590 0,47	277,3	7.741,98	0,6864	404,976	9.252,68	11.210,00		
	20	590 0,46	271,4	8.013,38	0,673	397,07	9.649,75	11.800,00		

Tab. 6 - Maggiori costi iniziali di costruzione +3.221 €. Risparmio energetico annuo: 560 €. Anni di Pay Back. VAN del risparmio nei primi venti anni di ciclo di vita del Bio Ecological Retrofitting
(Fonte: Propria elaborazione)

5. Risultati

La “bio passivazione” degli edifici attraverso i pannelli di bio sughero (tra altri possibili bio materiali) ha impatti positivi molteplici (vedi Fig. 4).

1. La ricerca ha constatato in letteratura [28-36] che le unità immobiliari appartenenti ad Edifici Verdi (*Green Buildings*) conseguono sul mercato immobiliare un prezzo di vendita significativamente maggiore rispetto a quello degli edifici comuni non verdi (*NO Green Building = brown building*) come anche specu-

larmente segnalato nello Stato dell’Arte da Intorbida [25].

2. La Strategia degli Edifici Verdi, se estesa a livello urbano, permette di avviare la realizzazione di Città, Centri Storici e Università Verdi.

3. L’adozione e valorizzazione a sistema del bio sughero permette di rivitalizzare le esistenti, e finora abbandonate, sugherete e, in una visione ecologica di medio periodo, di incominciare a impiantarne di nuove, con effetti collaterali di creare nuove piantagioni e nuovi significativi paesaggi [37-42] costituenti siti di interesse comunitario e importantissimi sequestratori di carbonio.

4. La ricerca svolta ha constatato, in termini quantitativi, che l’adozione (o meno) di “cappotto” di pannelli di sughero bio ecologico crea una significativa e grande differenza nel comportamento climatico comparativo di unità edilizia Sostenibile *versus* Non Sostenibile.

5. Anche se vi è un costo solo iniziale di investimento maggiore, il suo *pay back* si concretizza in pochi anni, che potranno essere quantificati tenendo presenti i benefici perpetui delle riduzioni sia del consumo di energia e sia delle emissioni e segnatamente della CO₂.

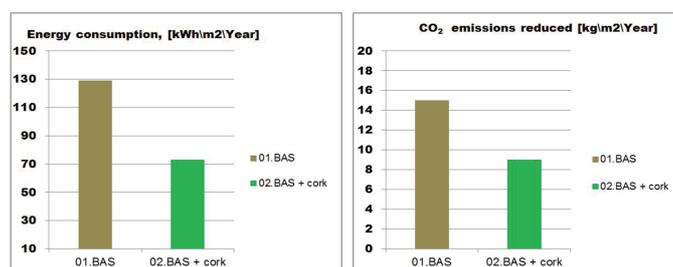


Fig. 4 - Differenziali (Δ) permanenti e strutturali di consumo di energia [-43%] ed emissioni di CO₂ [-40%] nei due Scenari alternativi
(Fonte: Propria elaborazione)

6. Conclusioni

La comparazione dei due edifici prototipo (Sostenibile *versus* Non Sostenibile) porta alla valutazione quantitativa dei loro diversi rispettivi consumi energetici ed emissioni clima alteranti unitari annui, in termini di kWh e kg CO₂, dovuti agli opposti comportamenti termici dei due diversi involucri edilizi esterni.

La valutazione comparativa fornisce quindi la positiva verifica dell’efficienza della strategia e del prodotto adottato (nel caso specifico: i pannelli in sughero bio ecologico) quale materiale termo isolante e sfasante. Sotto il duplice profilo economico ed energetico, gli impatti altamente positivi dell’adozione di pannelli di sughero bio ecologico (e un domani di fusi granulometrici di sughero negli impasti di malte per intonaci e massetti) nell’isolamento degli edifici sono evidenti quando la comparazione è svolta con

l'edificio non coibentato=passivato (*brown building; NO green building*).

Due elementi importanti sono le quantità significativamente inferiori di entrambi gli elementi: energia consumata, quantificata nella propria unità di misura; clima alteranti emessi, quantificati nella loro unità di misura. Ulteriore elemento importante è la constatazione di coerenza, convergenza e similarità di risultati quantitativi comparativi, riferiti alle due alternative unità edilizia prototipo, di tre "programmi" molto differenti "Building Energy Performance Software Program" (BEPSP): EnergyPlus; Termus; Blumatica.

Ricerche future potranno svolgere la valutazione multi dimensionale di importanti ulteriori e addizionali "benefici fondamentali".

- Maggiore Salubrità (*oil free; chemical free*) realizzata dalla descritta Strategia negli ambienti sia *indoor*, sia *outdoor*.
- Formidabile positivo impatto ottenibile con la generalizzazione della Filiera del pannello di sughero bio ecologico nel mitigare il Cambiamento Climatico ad ampia scala spaziale di isolati, distretti, quartieri e di intera Post Carbon City.
- Rigenerazione delle Sugherete esistenti e impianto di nuove e conseguente potenziamento e impianto di nuove Sugherete che hanno alto valore bio-ecologico sistemico e paesaggistico delle cui caratteristiche multi funzionali può essere avviata l'*assessment* con valutazioni e Analisi Multi Criteria [37-42].
- Forte caratteristica di Economia Circolare che ha tale Filiera anche nel suo essere indipendente dal ciclo del petrolio e quindi essere uno strategico sostituto all'importazione energetica, pesantissimo detrattore per la produttività dell'intero Paese [43-48].

Bibliografia

[1] Jackson R.B., Le Quéré C., Andrew R.M., Canadell J.G., Korsbakken J.I., Liu Z., Peters G.P., Zheng B., Friedlingstein P., *Global Energy Growth is Outpacing Decarbonization*. A special report for the United Nations Climate Action Summit September 2019. Global Carbon Project, International Project Office, Canberra Australia, 2019

[2] U. S. Energy Information Administration (EIA), *Monthly Energy Review*. November 2019. Office of Energy Statistics. U.S. Department of Energy. Washington, D.C., Usa, 2019

[3] Yilmaz Zerrin A., *Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones*. In: *Energy Build.* 39, pp. 306 - 316, 2007

[4] IPCC, *First Assessment Report (FAR)*, United Nations, New York 1990

[5] IPCC, *Second Assessment Report (SAR)*, United Nations, New York 1995

[6] IPCC, *Third Assessment Report (TAR)*, United Nations, New York 2001.

[7] IPCC, *Fourth Assessment Report (AR4)*, United Nations, New York 2007

[8] IPCC, *Fifth Assessment Report (AR5)*, United Nations, New York

2014

[9] IPCC, *Special Report on Global Warming of 1.5 C (SR15)*, United Nations, New York 2018

[10] Massimo D.E., *Valuation of urban sustainability and building energy efficiency. A case study*. *Int. J. Sustain. Dev.*, n. 12[2-3-4], pp. 223 - 247, 2009

[11] Massimo D.E., *Affordable Social Housing and Green Conservation. Difesa della ricostruzione di Reggio Calabria dalla distruzione e sua riqualificazione energetica*. In: *LaborEst*, n. 4, pp. 8 - 15, 2009

[12] Musolino M., Massimo D.E., *Mediterranean Urban Landscape. Integrated Strategies for Sustainable Retrofitting of Consolidated City*. In: *Sabiedriba, Integracija, Izglitiba*, n. III, pp. 49 - 60, 2013

[13] Massimo D.E., *Green Building: Characteristics, Energy Implications and Environmental Impacts. Case Study in Reggio Calabria, Italy*. In: *Coleman-Sanders, Mildred [Editor] Green Building and Phase Change Materials: Characteristics, Energy Implications and Environmental Impacts*, Vol. 01, Nova Science Publishers, New York, pp. 71 - 101, 2015

[14] Massimo D.E., Fragomeni C., Malerba A., Musolino M., *Valuation supports green university: case action at Mediterranean campus in Reggio Calabria*. In: *Soc. Be-hav. Sci.*, n. 223, pp. 17 - 24, 2016

[15] Malerba A., Massimo D.E., Musolino M., *Valuating Historic Centers to save Planet Soil*. In: *Mondini, G., Fattinanzi E., Oppio M., Bottero M., Stanghellini S. [Editors] Integrated Evaluation for the Management of Contemporary Cities*. Springer, Berlin, pp. 297 - 311, 2017

[16] Massimo D.E., Malerba A., Musolino M., *Green district to save the planet*. In: *Mondini G., Fattinanzi E., Oppio M., Bottero M., Stanghellini S. [Editors] Integrated Evaluation for the Management of Contemporary Cities*. Springer, Berlin, pp. 255 - 269, 2017

[17] Malerba A., Massimo D.E., Musolino M., Nicoletti F., De Paola P., *Post Carbon City: Building Valuation and Energy Performance Simulation Programs*. In: *Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*. Springer, Berlin, pp. 513 - 521, 2019

[18] Stoakes P.J., *Simulation of airflow and heat transfer in buildings*. M.Sc. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009

[19] Crawley D.B., Hand J.W., Kummert M., Griffith B.T., *Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs*. In: *Build. Environ.*, n. 43[4], pp. 661 - 673, 2008

[20] Crawley D.B., et al., *Energy Plus: new capabilities in a whole-building energy simulation program*. In: *Build. Simul.*, n. 33[4], pp. 51 - 58, 2001

[21] Rallapalli H.S., *A comparison of EnergyPlus and eQuest whole building energy simulation results for a medium sized office building*. Technical report, Arizona State University. Mimeo, 2010

[22] Sousa J., *Energy simulation software for buildings: review and comparison*. In: *Energy*, vol. 923, pp. 57 - 68, 2012

[23] Kats G., *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings, Sacramento, California, Usa*, pp. 87, 2003

[24] Kats G., *Greening Our Built World: Costs, Benefits, and Strategies*. Island Press, Washington, D.C., Usa, 2010

[25] Intorbida S., *La riqualificazione energetica integrata ed economicamente sostenibile*, Legislazione Tecnica, Roma, p. 9, 2013

[26] Spampinato G., Massimo D.E., Musarella C.M., De Paola P., Malerba A., Musolino M., *Carbon Sequestration by Cork Oak Forests and Raw Material to Built up Post Carbon City*. In: *Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*. Springer, Berlin, pp. 663 - 671, 2019

[27] Musolino M., Massimo D.E., *Evaluation Models to Aid Choice of*

- Investments Regarding Building Stocks in Mediterranean Urban Landscape*. In: Agri-business, Paesaggio & Ambiente, vol. XXII, n. 1, pp. 74 - 80, 2019
- [28] Massimo D.E., *Stima del green premium per la sostenibilità architettonica mediante Market Comparison Approach*. In: Valori e Valutazioni, pp. 129 - 146, 2010
- [29] Massimo D.E., *Emerging Issues in Real Estate Appraisal: Market Premium for Building Sustainability*. In: Aestimium, pp. 653 - 673, 2013
- [30] Massimo D.E., et al., *Sustainability valuation for urban regeneration. The Geomatic Valuation University Lab research*. In: Advanced Engineering Forum, TTP Publications (Usa), pp. 594 - 599, 2014
- [31] Tajani F., Morano P., Locurcio M., Torre C., *Data-driven techniques for mass appraisals. Applications to the Residential Market of the City of Bari, Italy*. In: Int. J. Bus. Intell. Data Min., n. 11[2], pp. 109 - 129, 2016
- [32] Del Giudice V., De Paola P., Manganelli B., Forte, F., *The monetary valuation of environmental externalities through the analysis of real estate prices*. In: Sustainability, n. 9[2], p. 229, 2017
- [33] Salvo F., De Ruggiero M., Forestiero G., Manganelli B., *Buildings Energy Performance in a Market Comparison Approach*. In: Buildings, vol. 7[1], Issue 16, pp. 1 - 14, 2017
- [34] Del Giudice V., Massimo D.E., De Paola P., Forte F., Musolino M., Malerba A., *Post Carbon City and Real Estate Market: Testing the Dataset of Reggio Calabria Market Using Spline Smoothing Semiparametric Method*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030. Springer, Berlin, pp. 206 - 214, 2019
- [35] De Paola P., Del Giudice V., Massimo D.E., Forte F., Musolino M., Malerba A., *Isovalore Maps for the Spatial Analysis of Real Estate Market: A Case Study for a Central Urban Area of Reggio Calabria, Italy*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030. Springer, Berlin, pp. 402 - 410, 2019
- [36] Massimo D.E., Del Giudice V., De Paola P., Forte F., Musolino M., Malerba A., *Geographically Weighted Regression for the Post Carbon City and Real Estate Market Analysis: a Case Study*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C., Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030. Springer, Berlin, pp. 142 - 149, 2019
- [37] Massimo D.E., Musolino M., Barbalace A., Fragomeni C., *Multi Dimensional Valuation of Monuments in Landscape Context*. In: Sabiedriba, Integracija, Izglitiba, vol. 3, pp. 89 - 100, 2013
- [38] Massimo D.E., Musolino M., Barbalace A., Fragomeni C., *Landscape quality valuation for its preservation and treasuring*. In: Advanced Engineering Forum, TTP Publications (Usa), pp. 625 - 633, 2014
- [39] Massimo D.E., Fragomeni C., Musolino M., Barbalace A., *Landscape and settlements. Historic center qualitative and quantitative valuation*. In: Agribusiness, Paesaggio & Ambiente, vol. 17, Special Edition 1, pp. 309 - 322, 2014
- [40] Massimo D.E., Musolino M., Barbalace A., Fragomeni C., *Landscape and comparative valuation of its elements*. In: Agribusiness, Paesaggio & Ambiente, vol. 17, Special Edition 1, pp. 53 - 60, 2014
- [41] Massimo D.E., Musolino M., Fragomeni C., Malerba A., *Valutazione della qualità di paesaggistica. Individuazione di Unità ed Elementi di Paesaggio*. In: LaborEst, n. 9, pp. 102 - 108, 2014
- [42] Massimo D.E., Musolino M., Malerba A., *Valuation to foster-up landscape preservation. Treasuring new elements through landscape planning*. ArcHistoR, 2019
- [43] UN, World Energy Assessment (WEA). UNDP, United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Energy Council, New York, 2015
- [44] Statistical Review of World Energy, 2019
- [45] Key World Energy Statistics, 2015
- [46] Key World Energy Statistics, 2017
- [47] Key World Energy Statistics, 2018
- [48] Calabrò F., Della Spina L., *Tra presente e futuro. Il confronto scientifico sui sistemi insediativi*. In: LaborEst, n. 14, pp. 3 - 4, 2017

