

Università degli Studi " *Mediterranea* " di Reggio Calabria - Facoltà di Architettura

Ecodesign di un edificio con il metodo LCA: Ipotesi per una ristrutturazione ecocompatibile dell'Ex Macello di Reggio Calabria

Una collaborazione tra



Ing. Paolo Neri



Università degli Studi
Mediterranea
di Reggio Calabria

Simona Sarli
Prof. Ing. Vito Grippaldi
Prof. Arch. Carlo Lannutti
Arch. Michele Mulè

Simona Sarli
e-mail: simosarli@libero.it
Cell.338-9291454

Sintesi

Lo scopo principale di questa tesi è di approfondire le tematiche relative alla progettazione eco-sostenibile. Questo interesse nasce dalle conoscenze acquisite durante il corso di studi e, da una particolare sensibilità verso le problematiche ambientali nel campo dell'edilizia, già da tempo oggetto di ricerca e analisi. Proprio in base alle valutazioni effettuate, si considera l'attività edilizia come uno dei settori a più alto impatto ambientale, esplicandosi attraverso il consumo del territorio, l'alto consumo energetico e le emissioni in atmosfera ad esso connesse. Si è scelto di affrontare le problematiche inerenti al caso di studio attraverso la metodologia conosciuta a livello internazionale con il nome di Life Cycle Assessment (LCA), ovvero l'analisi del ciclo di vita ("dalla culla alla tomba") di due corpi di fabbrica appartenenti al complesso dell'Ex Macello di Reggio Calabria e, di valutarne il vantaggio ottenuto dalla ristrutturazione, rispetto alla demolizione e ricostruzione. Tale metodo consente di valutare l'impatto ambientale determinato dal prodotto durante il suo ciclo di vita e permette inoltre, di identificare le opportunità di miglioramento delle caratteristiche eco-compatibili del prodotto e quindi la sua competitività sul mercato. La ricerca, è realizzata nell'ambito di un accordo tra l'Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria e l'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) di Bologna, mediante il codice di calcolo olandese Sima Pro 5 i cui risultati, sono stati analizzati attraverso tre metodi: il metodo Eco-Indicator 99, il metodo EPS 2000, il metodo Edip 96. Il metodo è tanto più attendibile quanto più ricca, aggiornata e attuale è la sua banca dati relativa alle caratteristiche inquinanti dei vari processi industriali. I risultati dipendono dai metodi di valutazione utilizzati per collegare le sostanze emesse dai vari processi industriali alle categorie di impatto ambientale e, dalle scelte attuate per ridurre l'attuale livello di inquinamento ad un livello eco-sostenibile. La prima fase del lavoro ha riguardato la raccolta delle informazioni necessarie alla redazione di un computo metrico, ottenute soprattutto con il sopralluogo dell'area dell'Ex Macello e in particolare del rilievo del Corpo 1 e del Corpo 2. Tali dati sono stati inseriti nel codice di calcolo Sima Pro 5 attraverso la costruzione di "Processing" che richiamano materiali presenti nella banca dati. In alcuni casi si è reso necessario l'inserimento di nuovi materiali nel database, in quanto non presenti in quello esistente; questo è stato possibile attraverso il reperimento di tutti i dati relativi ai processi produttivi e alle conseguenti emissioni, alla messa in opera e alla dismissione, direttamente dalle aziende produttrici. La seconda fase ha riguardato l'elaborazione di nuovi "Processing" che racchiudono i precedenti con una struttura ad albero così da comporre, prima i componenti dell'edificio e poi l'edificio completo. Durante l'elaborazione dei processi viene fatta una distinzione tra materiali dismessi e materiali recuperati. In questo caso vengono calcolati per il Corpo 1, l'LCA dal 1890 al 2004 in cui compaiono tutti i componenti della struttura e, l'LCA dal 2005 al 2104 in cui si considera oltre al riuso di alcuni componenti, anche la sostituzione di parti ormai logorate dal tempo e dagli agenti atmosferici, assenti o

non adeguate alla nuova funzione dell'edificio, miglioramento delle prestazioni ambientali e, confrontantati tra loro. La quarta fase riguarda l'uso razionale dell'energia e per questo si è presa come riferimento la Legge 10 del 1991 che detta norme in materia di risparmio energetico e di sviluppo di fonti rinnovabili. Questa Legge attribuisce all'ENEA notevoli compiti di controllo ed indirizzo. Si è proceduto, quindi, al calcolo del fabbisogno energetico dei due edifici attraverso l'ausilio del programma *Recal 10*, con la conseguente verifica degli isolanti e degli spessori per la riduzione della trasmissione del calore, delle vetrate basso emissive e della pompa di calore come sistema di riscaldamento e di raffrescamento più adeguato. La fase successiva è stata quella di mettere a confronto gli edifici "ristrutturati" con gli edifici "ricostruiti" dimostrando il vantaggio della ristrutturazione rispetto alla ricostruzione. Infine è stata valutata l'"esternalità" dei costi che consiste nella valutazione del costo ambientale dell'edificio durante tutto il suo ciclo di vita. Si dimostra così il vantaggio ambientale dovuto ad un eco-design dell'edificio che si estenda oltre che alla scelta dei materiali costruttivi, anche alla scelta di un impianto di riscaldamento.

L'EX MACELLO DI REGGIO CALABRIA

- Il Complesso -

L'Ex-Macello è un complesso insediativo costituito da cinque corpi di fabbrica, situato lungo l'argine destro della fiumara Calopinace a Reggio Calabria. La sua costruzione risale intorno al 1890, ma a causa del terremoto del 1908 solo un corpo di fabbrica su cinque non subisce gravi danni. Così intorno al 1914 viene eretto in questo luogo il nuovo macello e mercato del bestiame.

Il Corpo 1

La funzione del Corpo 1 era quella di essiccatoio delle pelli ed è l'unico edificio a non aver subito danni dal terremoto.



Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria



Il Corpo 2

La funzione del Corpo 2 era invece, quella della lavorazione delle carni e la sua costruzione è successiva al terremoto.



Centro Ricerche ENEA



Simona Sarli

Si è scelto di analizzare due corpi di fabbrica perché realizzati con tecnologie e sistemi costruttivi completamente differenti. Si vuole valutare di entrambi il diverso danno ambientale e considerare delle soluzioni alternative tenendo conto delle diverse tipologie strutturali. Per il riuso, verrà ipotizzata la conversione dei due corpi di fabbrica da ex-macello a unità abitative, al fine di valutare anche interventi più consoni alla nuova destinazione d'uso.

Perché la bioedilizia

Progettare, costruire e ristrutturare secondo i criteri della bioedilizia vuol dire utilizzare e gestire le risorse naturali tenendo in considerazione l'impatto globale dell'edificio, dei suoi componenti e dei materiali impiegati sull'ambiente e sull'uomo.

In generale gli obiettivi che un progetto deve porsi sono i seguenti:

- Utilizzare prevalentemente materiali disponibili in loco, di tipo grezzo o che abbiano subito processi di lavorazione non nocivi alla salute dell'uomo.
- Garantire la massima flessibilità della costruzione in previsione di possibili modifiche e sostituzioni.
- Mirare ad un'efficienza energetica della costruzione (isolamento termico, illuminazione naturale...).
- Garantire la massima durabilità della costruzione.
- Porre attenzione alla ricuperabilità dei materiali in seguito a demolizione.
- Utilizzare il verde come elemento di progetto.

L'OBIETTIVO DELLO STUDIO

Valutare il danno ambientale prodotto da due corpi di fabbrica appartenenti al complesso dell'Ex Macello di RC mediante l'Analisi del Ciclo di Vita, evidenziando i processi più impattanti ed ipotizzando soluzioni ecocompatibili.

Inoltre si è voluto dimostrare con le scelte effettuate, sia a livello progettuale che energetico, il vantaggio ottenuto dalla ristrutturazione rispetto alla ricostruzione.



LCA (Life Cycle Assessment)

Obiettivo dello studio è la valutazione del danno ambientale del ciclo di vita del Corpo 1 e del Corpo 2 del complesso Ex Macello, sito nella città di Reggio Calabria. Sono stati analizzati i materiali costruttivi e i consumi energetici per cui, l'analisi, riguarderà la costruzione, l'uso e il fine vita della struttura, ipotizzando per il Corpo 1 una vita utile pari a 210 anni e, per il Corpo 2 una vita pari a 190 anni. Da tali analisi si trarranno le indicazioni per apportare una riduzione al danno ambientale, dovuto ai componenti dell'edificio e al suo uso e, dimostrare come una progettazione eco compatibile, derivante dall'utilizzo del Metodo LCA attraverso il codice di calcolo Sima Pro, sia per il progettista uno strumento da utilizzare in fase di progettazione e non a posteriori come verifica.

I confini del sistema vanno dalla raccolta delle materie prime al fine vita dei materiali, prendendo in considerazione anche le opere di manutenzione.

Dei componenti di cui, nella ristrutturazione eco compatibile, non si considera la dismissione, viene valutata la prima metà della vita:

- per il Corpo 1, 114 anni (dal 1890 al 2004)
- per il Corpo 2, 90 anni (dal 1914 al 2004).

Non vengono considerati i costi economici totali per la demolizione per la ristrutturazione e per la ricostruzione, gli impianti idraulici ed elettrici.



La funzione del sistema era, originariamente, la macellazione degli animali e del trattamento delle parti da essi ottenuti e, come centro commerciale per il mercato del bestiame.

L'unità funzionale, in base alla metodologia dell'LCA, viene assunta la struttura del Corpo 1 e del Corpo 2 del complesso valutati nell'arco della loro vita.

I confini del sistema, vanno dalla raccolta delle materie prime al fine vita dei materiali, prendendo in considerazione anche le opere di manutenzione. Dei componenti di cui, nella ristrutturazione eco compatibile, non si considera la dismissione, viene valutata la prima metà della vita: per il Corpo 1, 110 anni (dal 1890 al 2004), per il Corpo 2, 90 anni (dal 1914 al 2004). Non vengono considerati i costi economici totali per la demolizione, per la ristrutturazione e per la ricostruzione, gli impianti idraulici ed elettrici.

Qualità dei dati: vengono raccolti sul campo i dati relativi al computo metrico dell'edificio. Per lo studio viene utilizzato il codice SimaPro5, con i relativi database. Inoltre, per i processi dei materiali non presenti in archivio, sono stati creati nuovi processi grazie alla raccolta dati ottenuta da aziende produttrici di materiali e prodotti. Il **fabbisogno energetico** è stato calcolato mediante il programma RECAL 10 - Enea, usato per eseguire la verifica del sistema edificio impianto previsto dalla legge N°10 del Gennaio 1991.

L'inventario è la parte contabile di raccolta ed elaborazione dei dati. La valutazione d'impatto verrà effettuata considerando questi dati e secondo la definizione della ISO 14041, è proprio in questa fase che sono individuati i flussi in ingresso ed in uscita di un sistema-prodotto lungo tutto la sua vita. Vengono quindi identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, prodotti riciclati, acqua), d'energia (elettrica e termica) e le emissioni in acqua, terra e suolo.

Analisi del ciclo di vita (LCA, Life Cycle Assessment)

utilizzo del codice di calcolo olandese SimaPro 5.0

presso la sede ENEA di Bologna

Uso razionale dell'energia

Legge 10 del 1991

Codice di calcolo RECAL 10

norme in materia di risparmio energetico e
di sviluppo di fonti rinnovabili

**PROGETTAZIONE ECOCOMPATIBILE
(ECODESIGN)**

Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Tesi di laurea di Simona Sarli

Riassumendo, per calcolare il danno ambientale del Corpo 1 e del Corpo 2 attraverso la metodologia LCA, vengono analizzati i dati riguardanti i materiali e l'energia, attraverso il codice di calcolo Sima Pro5;

Il fabbisogno energetico viene calcolato con il programma Recal 10-Enea attenendosi alle disposizioni dettate dalla Legge 10/91.

Attraverso questi procedimenti si è giunti ad alla ristrutturazione eco-compatibile dei due corpi di fabbrica.



La costruzione dell'LCA (creazione dei processi e analisi dei risultati)

Dopo aver ricercato tutte le informazioni relative ai singoli componenti dell'inventario, considerando il computo metrico e contattando all'occorrenza le ditte di produzione dei materiali utilizzati, per ogni componente, di ogni unità tecnologica è stato creato un processo [1]. Ogni processo contiene il materiale dalla sua produzione al suo fine vita, le quantità sono state moltiplicate per i relativi pesi specifici per avere unità di misura adeguate, sono stati previsti i trasporti e le energie di produzione necessarie per le lavorazioni, trasporti dalla ditta di produzione al cantiere.

Nella prima parte del lavoro, per lo studio degli edifici esistenti sono stati realizzati 2 LCA (con i tre metodi di calcolo):

- LCA Corpo 1, dal 1890 al 2004 (materiali da costruzione e il relativo fine vita)
- LCA Corpo 2, dal 1914 al 2004 (materiali da costruzione e il relativo fine vita)

Nella seconda parte del lavoro, per la fase di recupero (ECODESIGN), sono state apportate le modifiche ai sistemi tecnologici per migliorarne l'efficienza, sia a livello prestazionale che di comfort interno, e la sostenibilità, realizzando altri 2 LCA con il metodo di calcolo EPS 2000. In questa fase non vengono considerate le energie per l'impianto di riscaldamento. Si considerano anche gli LCA dei confronti tra gli isolanti del tetto e della muratura esterna.

- LCA del confronto tra il sughero e il pannello I solcell, per il Corpo1 (materiali, energie e fine vita)
- LCA del confronto tra la lana di roccia e il sughero, per il Corpo2 (materiali, energie e fine vita)

[1] I dati necessari alla costruzione di un nuovo processo riguardante un nuovo materiale sono relativi alle quantità di materie entranti, le energie di produzione, scarti di produzione, emissioni, coprodotti, imballaggio, distribuzione, manutenzione e possibilità di fine vita.

- LCA mat. Corpo 1, dal 2005 al 2104 (materiali da costruzione e il relativo fine vita)
- LCA mat. Corpo 2, dal 2005 al 2104 (materiali da costruzione e il relativo fine vita)

La fase successiva, prevede il calcolo del ciclo di vita *“totale”*, dato dalla somma dei valori dei due LCA precedentemente elencati, sia per il Corpo1 che del Corpo 2. Anche in questa fase, nella somma, non compaiono i processi dell'energia e della manutenzione.

- LCA mat. Corpo 1, dal 1890 al 2104 (materiali da costruzione e il relativo fine vita)
- LCA mat. Corpo 2, dal 1914 al 2104 (materiali da costruzione e il relativo fine vita)

La quarta parte del lavoro consiste nell'Analisi energetica attraverso il programma Recal 10, confrontando diversi sistemi di riscaldamento alimentati da energie differenti. Vengono effettuati diversi LCA al fine di individuare il sistema più efficiente e meno impattante per l'ambiente.

- LCA delle Energie: confronto tra Pompa di calore, Caldaia e Fotovoltaico

La quinta fase vede l'elaborazione dei due LCA relativi ai materiali e all'uso dell'edificio (energia per il riscaldamento per 100 anni + manutenzione per 100 anni).

- LCA Corpo 1 (2005-2104) + USO (materiali, fine vita, energie e manutenzione)
- LCA Corpo 2 (2005-2104) + USO (materiali, fine vita, energie e manutenzione)

In fine, viene confrontata la Ristrutturazione con la Ricostruzione per determinare quale delle due operazioni risulta più dannosa per l'ambiente e per l'uomo.

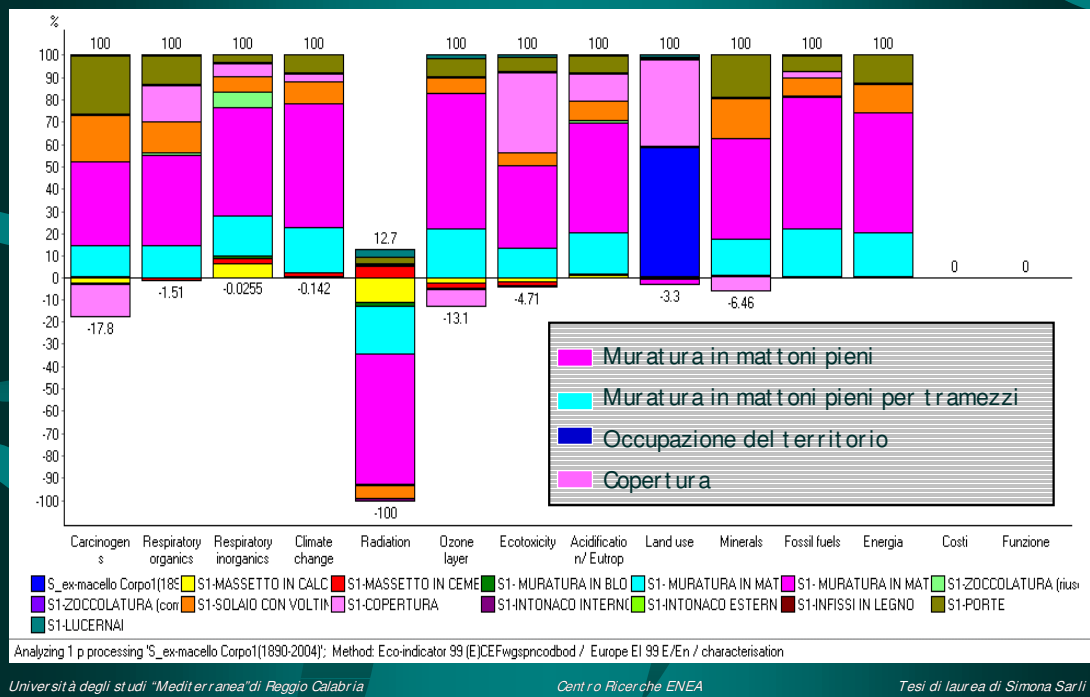
- LCA Ristrutturazione (materiali e fine vita)
- LCA Ricostruzione (materiali e fine vita)



In questa fase del lavoro, viene analizzato il Corpo 1 con tutti i sistemi che lo compongono, al fine di constatare attraverso l'analisi, quale componente provoca il maggior danno ambientale. Successivamente, nella seconda fase si cercherà di ridurre il danno evidenziato con soluzioni eco-compatibili.

Analisi con il metodo Eco Indicator 99

LA CARATTERIZZAZIONE



Di seguito si riportano i risultati della caratterizzazione del Corpo 1 calcolato per 110 anni (prima fase della vita).

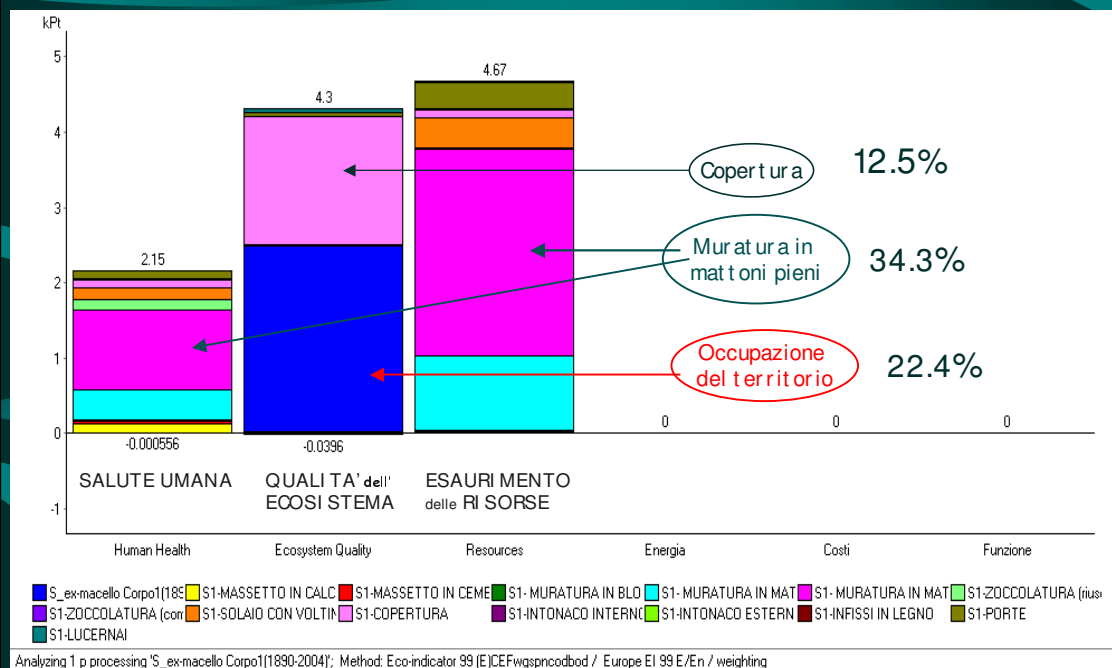
In ascissa si notano le categorie di impatto principalmente e in ordinata il contributo del danno che ogni fase di processo conferisce in termini percentuali.

Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che i componenti più impattanti sono:

- la Muratura in mattoni pieni
- la Muratura in mattoni pieni per tramezzi
- l'occupazione di territorio dovuta al corpo stesso
- La copertura

Analisi con il metodo Eco Indicator 99

LA VALUTAZIONE



Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Simona Sarli

Di seguito si riportano i risultati della Valutazione del Corpo 1 calcolato per 110 anni (prima fase della vita).

In ascissa si notano le categorie di danno mentre in ordinata il contributo del danno che ogni fase di processo conferisce in termini percentuali.

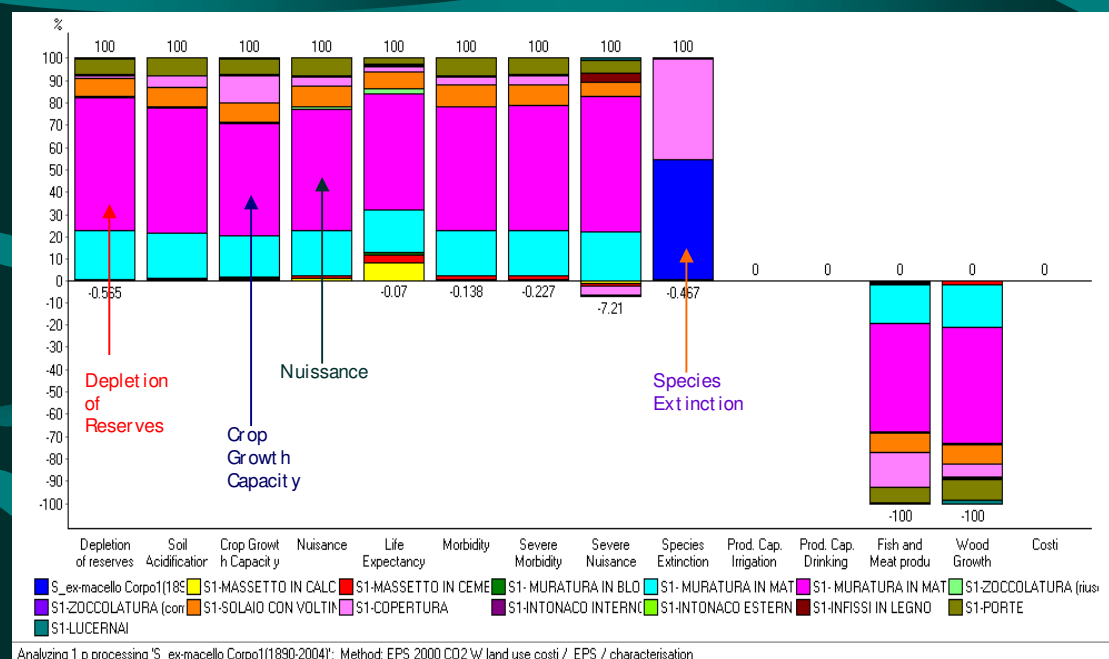
Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che il danno totale vale 1.11E4 Pt dovuto per:

- il 34.29% a Muratura mattoni pieni
- il 22.41% al Corpo1 stesso
- il 12.49% alla Copertura

Inoltre esso è dovuto per il 19.98% a Human Health (Salute umana), per il 36.71% a Ecosystem Quality (Qualità dell'ecosistema) e per il 43.31% a Resources (Esaurimento delle Risorse).

Analisi con il metodo EPS 2000

LA CARATTERIZZAZIONE



Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Tesi di laurea di Simona Sarli

Di seguito si riportano i risultati della caratterizzazione del Corpo 1 con il metodo EPS 2000 calcolato per 110 anni (prima fase della vita). Da questa analisi emerge che le fasi più impattanti sono per la categoria di danno

- **SALUTE UMANA (Human Health)** il danno totale vale 3.069 Person Yr. Il danno massimo si riscontra nella categoria *Nuisance* (Disturbi) perché c'è l'emissione di SO₂ nella produzione dei mattoni presenti nel processo Muratura in mattoni pieni;

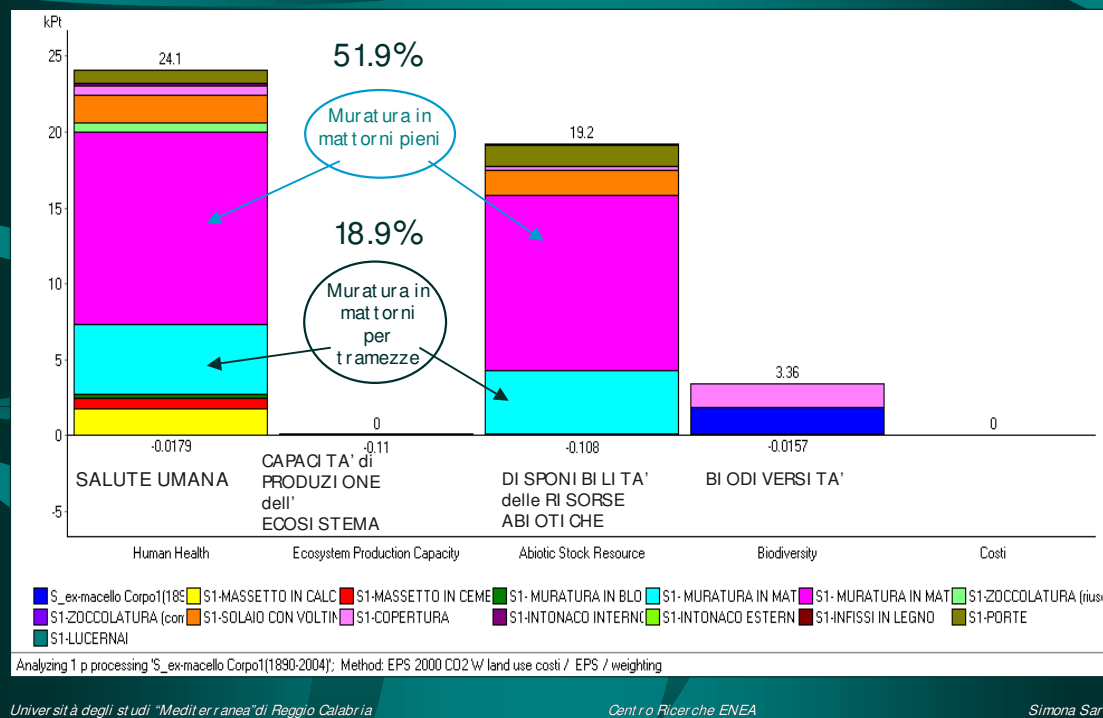
- In **ECOSYSTEM PRODUCTION CAPACITY** () la categoria che produce maggior danno è Crop Growth Capacity (Capacità di crescita dei cereali) il danno totale vale 208 kg. La causa è l'emissione di NO_x presente nel processo Muratura in Mattoni pieni a causa della loro produzione e in particolare per l'energia impiegata.

- **ABIOTIC STOCK RESOURCE** () la categoria che produce maggior danno è *Depletion of Reserves* (Esaurimento delle risorse) e il danno totale vale 1.91E4 ELU dovuto soprattutto al gas utilizzato per la produzione dei mattoni, presenti nel processo Muratura in mattoni pieni.

- **BIODIVERSITY** (Biodiversità) la categoria che produce il maggior danno è *Species Extinction* (Estinzione della specie) e vale 3.04E-8 NEX. La causa consiste nell'occupazione del suolo da parte del Corpo 1.

Analisi con il metodo EPS 2000

LA VALUTAZIONE



Dall'analisi della valutazione risulta che il danno totale vale 4.64E4 Pt ed è dovuto principalmente i processi della:

- Muratura in mattoni pieni per il 51.92%
- Muratura in mattoni per tramezze per il 18.91%

In Human Health il danno è pari al 51.9%

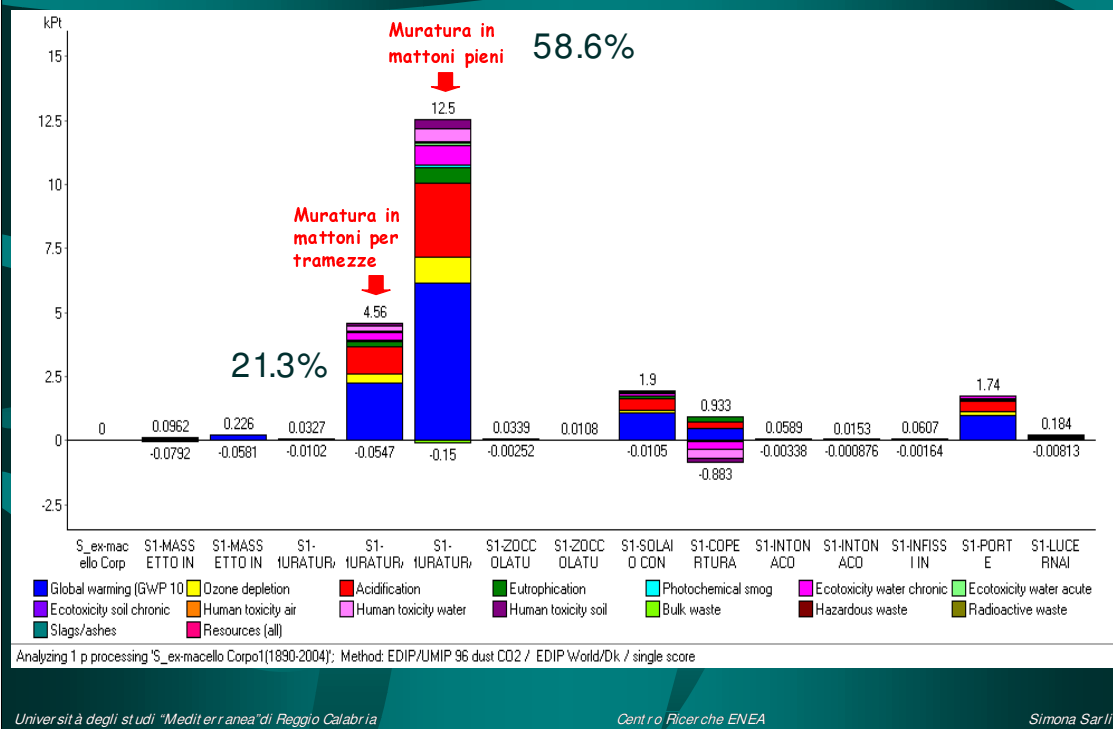
In Abiotic Stock Resources il danno è il 41.13%

In Biodiversity il danno è il 7.21%

In Ecosystem Production Capacity si ha un danno evitato che è pari a -0.237%

Analisi con il metodo EDIP 96

LA VALUTAZIONE



Anche con il metodo **Edip 96**, dall'analisi della Valutazione emerge che i processi più impattanti sono quelli riferiti alle murature.

Il danno totale vale 2.11E4 Pt dovuto per il 58.61% alla Muratura in mattoni pieni, e per il 21.34% alla Muratura in mattoni per tramezze soprattutto a causa dell'incidenza nella categoria "Effetto serra" e nella categoria "Acidificazione", a causa del metodo usato per la cottura dei mattoni.

Inoltre è dovuto:

- per il 53.65% a Global warming (Effetto Serra),
- per il 24.61% ad Acidification (Acidificazione)
- per il 6.82% ad Ozone Depletion (Riduzione dello strato di Ozono).

In Resources (all) il danno vale 1.57 Pt



*LCA DEL CORPO 2 NELLA 1^a FASE
DI VITA (dal 1914 al 2004)*

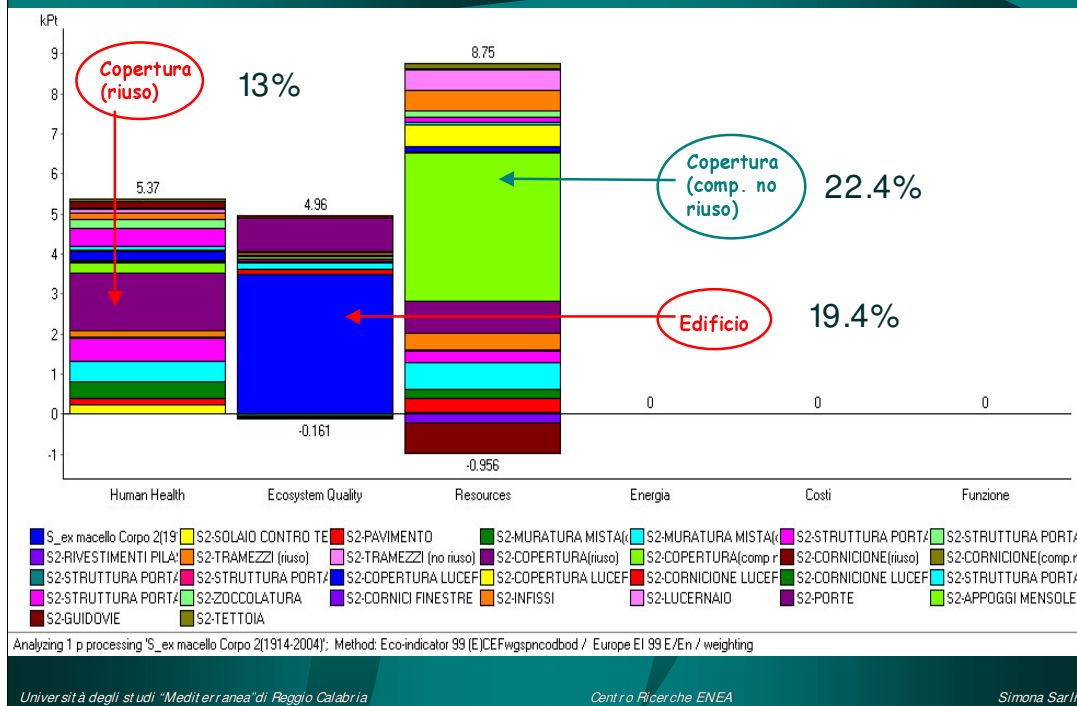
Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerca ENEA

Simona Sarli

Analisi con il metodo Eco Indicator 99

LA VALUTAZIONE



Dall'analisi dei risultati della valutazione, con il metodo Eco Indicator 99, riferiti al Corpo 2 si nota che:

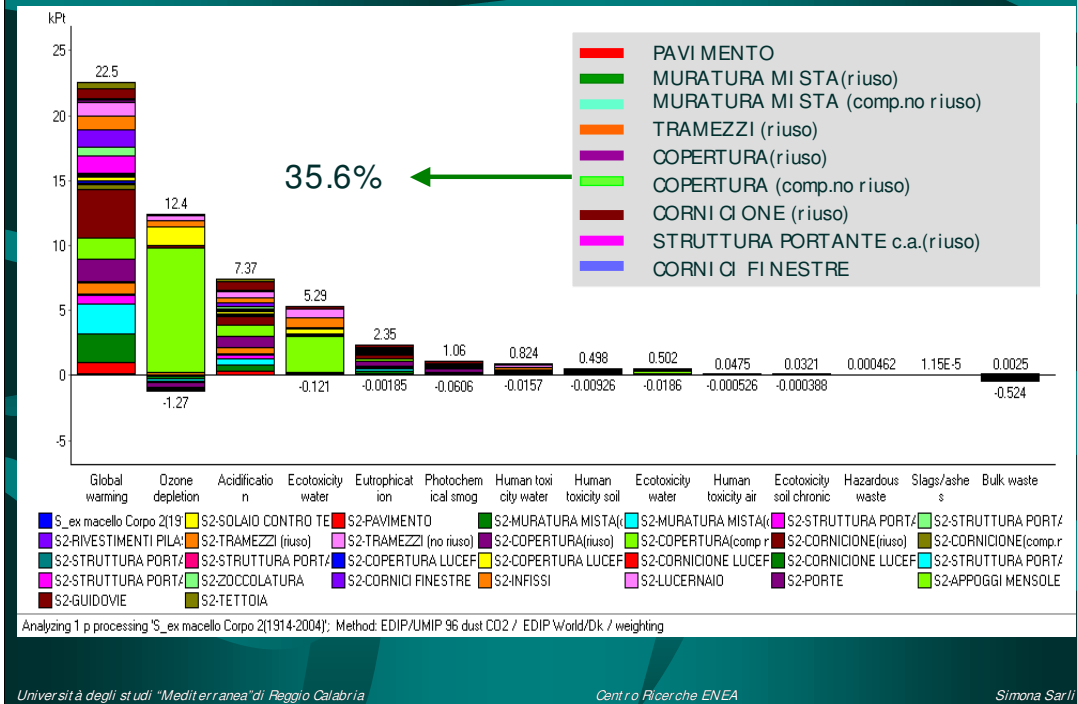
Il danno totale vale 1.8E4 Pt dovuti per il:

- 22.43% a Copertura (comp. no riuso)
- 19.44% da parte dell'edificio
- 12.95% da Copertura (riuso).

Inoltre esso è dovuto per il 29.88% a Human Health, per il 26.71% a Ecosystem Quality e per il 43.41% a Resources.

Analisi con il metodo EDIP 96

LA VALUTAZIONE



Dall'analisi dei risultati della valutazione con il metodo Edip 96 si nota che:

Il danno totale vale 4.34E4 Pt dovuti principalmente ai processi relativi alla Copertura (comp.no riuso) e agli Infissi

- 35.62% alla Copertura(comp.no riuso)
- 7.46% agli Infissi

Inoltre è dovuto per il 39.29% a Global warming, per il 25.1% ad Ozone Depletion, per il 14.62% ad Acidification e per l'11.36% a Ecotoxicity water chronic.

In Resources (all) il danno vale 3.82 Pt



Da questo punto in poi utilizzeremo per le analisi, il metodo EPS 2000 perché, dalla prima analisi effettuata, relativa alla costruzione dell'edificio, si è notato che i metodi di valutazione del danno forniscono risultati diversi. Tale risultato è dovuto soprattutto al diverso modo di valutare il danno. Se osserviamo ad esempio il metodo Eco-indicator 99 e il metodo EPS 2000 e il peso che entrambi attribuiscono al *Land use* (uso del suolo) si nota che, osservando il processo *Forest y spruce* (legno) il primo metodo valuta tale danno circa 10 volte e quello valutato dal secondo.

A tale riguardo si ritiene che:

- il danno dovuto al ciclo di vita del legno sia inferiore a quello dovuto ad un prodotto ottenuto dal petrolio (per esempio a EPS) poiché, mentre il legno è un materiale rinnovabile, il petrolio è una risorsa esauribile.
- Il contributo massimo del danno relativo al legno sia dovuto all'uso del suolo. Infatti per creare una piantagione di alberi è necessario distruggere tutta la vegetazione preesistente (originaria).
- Per ovviare a tale danno si potrebbe pensare di creare la piantagione così da ricreare in maniera completa anche parte della vegetazione restante.

E' in questa fase che vengono proposte le alternative progettuali al fine di ridurre il danno evidenziato precedentemente e, vengono effettuate delle sostituzioni e delle integrazioni delle parti fatiscenti o mancanti, per migliorarne l'efficienza sia a livello prestazionale che di comfort interno e di sostenibilità. In particolare, il manto di copertura in tegole marsigliesi viene interamente riutilizzato nella nuova proposta progettuale, in quanto le tegole destano in ottimo stato di conservazione. Una parte viene asportata per via dell'inserimento dei pannelli fotovoltaici che, alimentano la pompa di calore. La struttura portante del tetto invece, viene recuperata al 70% mentre il 30% mancante viene integrato con nuovi elementi in legno. In questa fase non viene considerata nel calcolo l'energia per il riscaldamento.

DESCRIZIONE DELLE SOSTITUZIONI



Di seguito vengono elencati i nuovi componenti del Corpo 1:

Alla muratura esterna in mattoni pieni viene sovrapposto all'interno, uno strato di intonaco coibente. Si sceglie questa soluzione visto il notevole spessore della muratura e perché si decide di lasciare i mattoni a faccia vista, senza sovrapporre uno strato di intonaco o di utilizzare sistemi di isolamento esterno.

Il tetto viene in parte recuperato e in parte dismesso. Si sceglie di utilizzare una struttura di tipo ventilato, la guaina impermeabilizzante Sarnafill è in poliolefine flessibili e, sul manto di copertura in tegole marsigliesi si alternano dei pannelli fotovoltaici. Per quanto riguarda l'isolamento, viene effettuato un confronto tra 1mq di pannello di sughero e 1 mq di pannello I SOLCELL in fibra di cellulosa, al fine di scegliere quello che produce il minor impatto.

Per il pavimento si sceglie la soluzione del sistema radiante, poggiato su un doppio strato di pannelli in sughero (LI S Genius e LI SOLI TE), che contribuiscono anche alla ventilazione del pavimento per mezzo di un sistema di bugne presenti sui pannelli LI S Genius. Il rivestimento è in listoni di castagno locale.

Le finestre vengono realizzate con un doppio telaio in legno-alluminio, per dare sia una funzione estetica che di tecniche elevate e di durabilità. Le vetrate isolanti, con lastre basso emissive riflettono il calore ambientale generato dall'impianto di riscaldamento, riducendo notevolmente la dispersione verso l'esterno neutralizzando l'effetto vetrofreddo e riducendo l'effetto condensa.

Il soppalco, viene inserito nel contesto della zona living per sfruttare meglio la notevole altezza dell'ambiente. E' costituito da una semplice struttura lignea che sostiene il tavolato in castagno locale e la scala in legno. La ringhiera della scala e del piano è realizzata da barre in alluminio riciclato.

Ecodesign del tetto: confronto tra isolanti

Lo scopo è quello di individuare il materiale meno impattante scegliendo tra quelli ecocompatibili a parità di trasmittanza, variando gli spessori

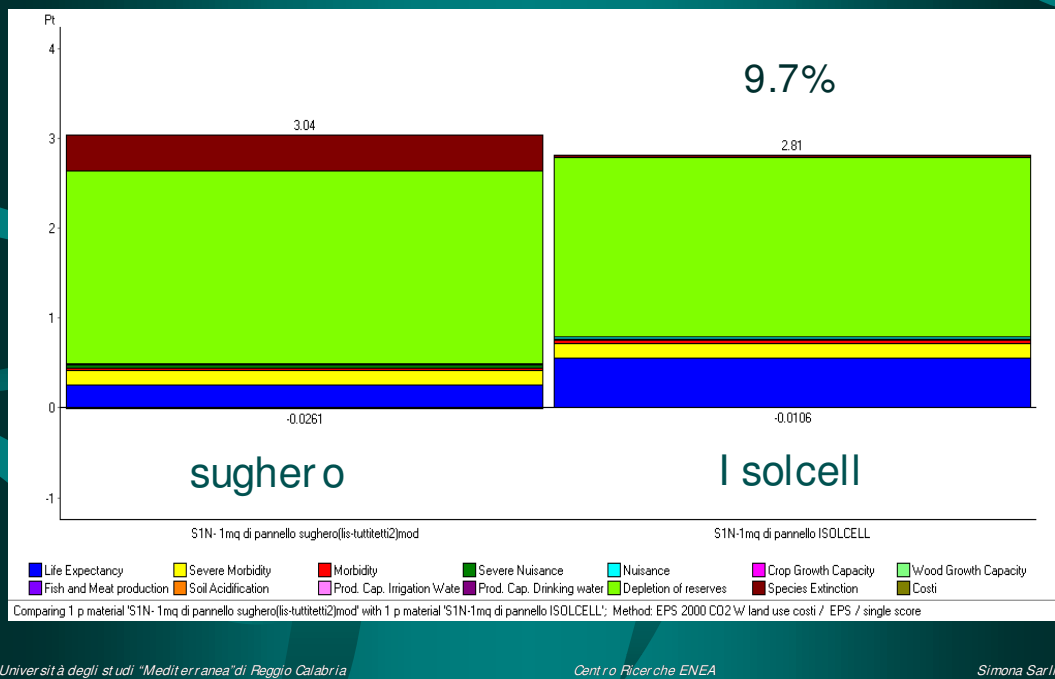


1mq di pannello di sughero



1 mq di pannello I SOLCELL

Ecodesign del tetto: confronto tra isolanti Analisi con il metodo EPS 2000: la valutazione



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

Il danno del pannello in I SOLCELL (2.8 Pt) è inferiore a quello del pannello in sughero LIS TUTTITETTI (3.01 Pt) con un guadagno del 9.7%

In Human Health il danno dovuto al pannello in I SOLCELL è 0.789 Pt mentre il pannello in sughero produce il danno minimo di 0.446 Pt

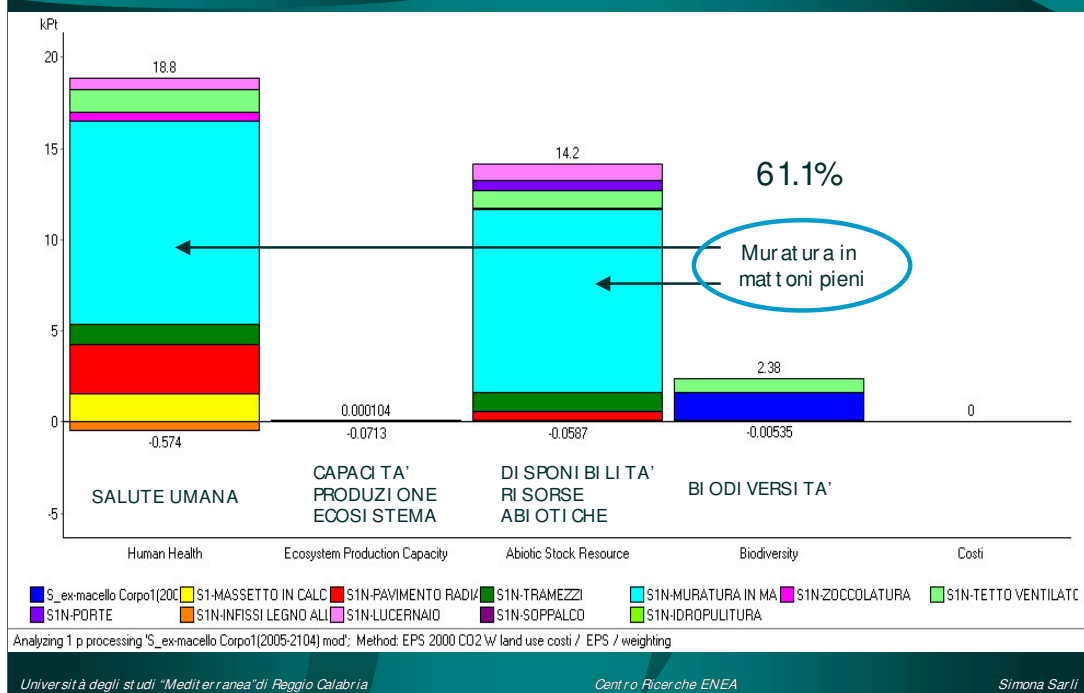
In Ecosystem Production Capacity il pannello in I SOLCELL produce un danno evitato (-0.0072 Pt)

In Abiotic Stock Resources il pannello in I SOLCELL produce il danno minimo (1.99 Pt)

In Biodiversity il pannello in I SOLCELL produce il danno minimo (0.0261 Pt)

Analisi con il metodo EPS 2000

LA VALUTAZIONE



Si procede con l'analisi della valutazione del recupero del Corpo 1 e, dai dati, si nota che: Il danno dovuto al recupero del Corpo 1 è di 3.46E4 Pt causato dal processo Muratura in mattoni pieni per il 61.09%

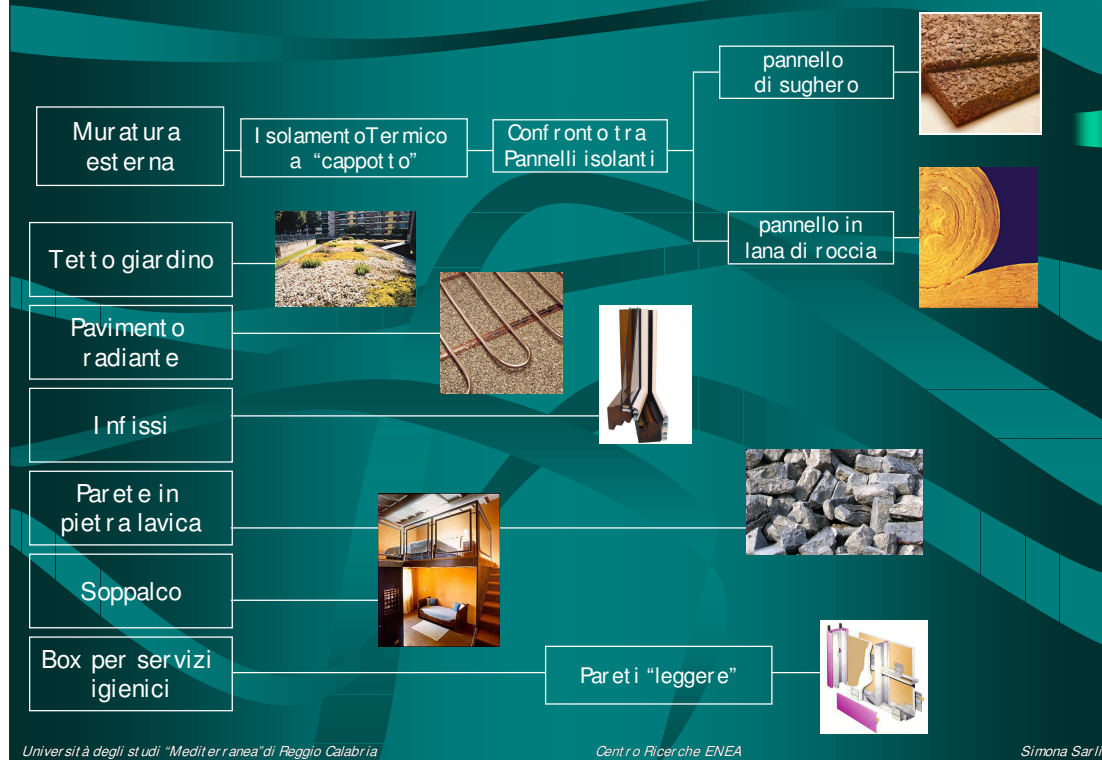
Inoltre il danno è dovuto per il 52.67% a Human Health (Salute Umana), per il 40.7% ad Abiotic Stock Resources (Disponibilità delle risorse abiotiche), per il 6.845% a Biodiversity (Biodiversità).

In Ecosystem Production Capacity (Capacità di produzione dell'Ecosistema) si ha un vantaggio pari a -0.2056%.



Anche per quanto riguarda il Corpo 2, vengono proposte le alternative progettuali al fine di ridurre il danno evidenziato attraverso l'analisi dello stato di fatto e, vengono effettuate delle sostituzioni e delle integrazioni per le parti fatiscenti o mancanti per migliorare le caratteristiche dell'edificio. Le guide, all'interno del corpo di fabbrica, vengono interamente recuperate e utilizzate in una duplice maniera: in parte, come struttura per l'illuminazione e in parte per realizzare la struttura portante dei box per i servizi igienici all'interno delle unità abitative.

SOLUZIONI E MATERIALI ECOCOMPATIBILI



Di seguito vengono elencati i nuovi componenti del Corpo 2:

L'isolamento della muratura esterna è del tipo "a cappotto". Per scegliere l'isolante migliore, viene effettuato un confronto tra 1mq di pannello in sughero e 1mq di pannello in lana di roccia. All'interno, viene eliminato il vecchio rivestimento in piastrelle.

Sul tetto viene sovrapposto il pacchetto "tetto verde" che aumenta lo spessore della copertura riducendo la dispersione di calore verso l'esterno e, ripristinando l'area destinata a verde in una zona della città in cui è carente.

Anche in questo caso, per il pavimento si sceglie la soluzione del sistema radiante, poggiato su un doppio strato di pannelli in sughero (LI S Genius e LI SOLI TE), che contribuiscono anche alla ventilazione del pavimento per mezzo di un sistema di bugne presenti sui pannelli LI S Genius. Il rivestimento è in listoni di castagno locale.

Le finestre vengono realizzate con un doppio telaio in legno-alluminio, per dare sia una funzione estetica che di tecniche elevate e di durabilità. Le vetrate isolanti, con lastre basso emissive riflettono il calore ambientale generato dall'impianto di riscaldamento, riducendo notevolmente la dispersione verso l'esterno neutralizzando l'effetto vetro freddo e riducendo l'effetto condensa.

La parete divisoria tra le due cellule abitative, viene realizzata in conci di pietra lavica, recuperati dalla dismissione della vecchia pavimentazione stradale e, depositati nei cortili dell'Ex-Macello.

Il soppalco viene inserito nel contesto della zona living per sfruttare meglio la notevole altezza dell'ambiente. È costituito da una semplice struttura lignea che sostiene il tavolato in castagno locale e la scala in legno. La ringhiera della scala e del piano è realizzata da barre in alluminio riciclato.

Il Box per i servizi igienici è posizionato al centro della cellula abitativa e al di sotto del soppalco. Una colonna attrezzata, che attraversa anche la superficie del soppalco, permette la giusta areazione del locale, in quanto è collegata alle finestre del lucernaio. Le pareti sono costituite da un telaio in acciaio costituito da alcune travi ipe recuperate dalla struttura delle guidevie con annessi sistemi per l'ancoraggio dei sanitari, pannelli sandwich (Celenit e cartongesso, pannello Isolcell, rivestimento in legno all'esterno e in ceramica all'interno)

Ecodesign della muratura esterna: confronto tra isolanti

Lo scopo è quello di individuare quale tra i seguenti materiali isolanti, a parità di trasmittanza e variando gli spessori, è meno impattante



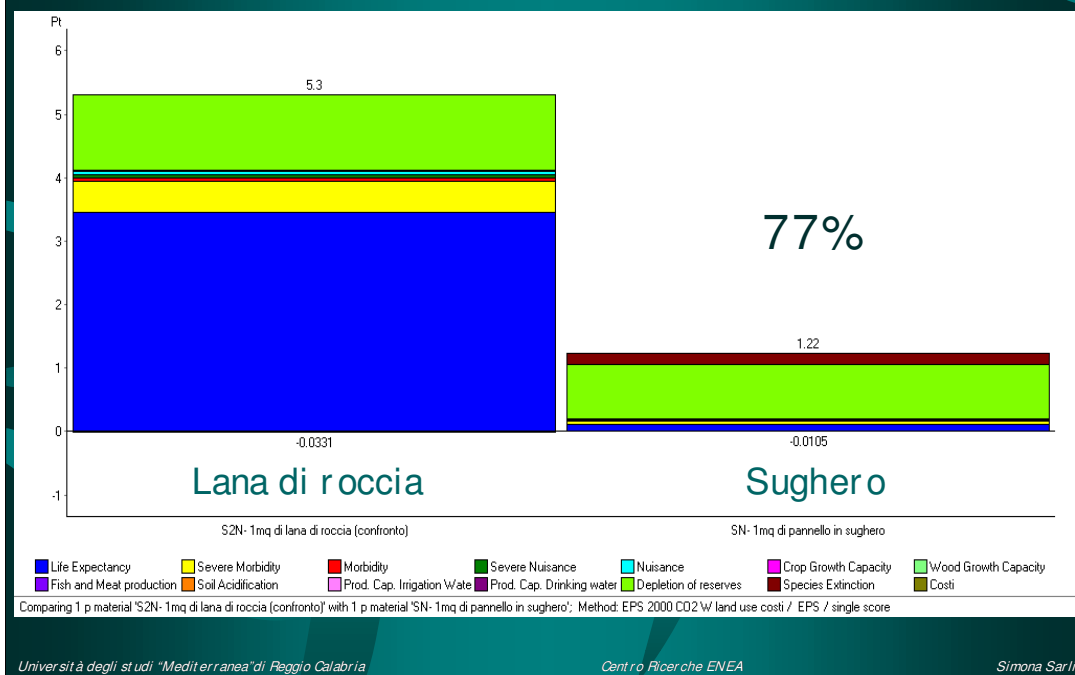
1mq di pannello di sughero



1mq di pannello in lana di roccia

Ecodesign della muratura esterna: confronto tra isolanti

Analisi con il metodo EPS 2000: la valutazione



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

- Il danno del pannello in sughero (1.21 Pt) è inferiore a quello del pannello in lana di roccia (5.27 Pt) con un guadagno del 77.04%

- In Human Health il pannello in sughero produce il danno minimo (0.178 Pt) dovuto soprattutto a CO2 non-fossil, e a Wood spruce logs cioè all'anidride carbonica di cui si evita l'assorbimento per effetto del riciclo del legno (assunto come fine vita del sughero). Il danno dovuto al pannello in lana di roccia (4.1 Pt) è causato dalla presenza di dust (polveri)

- In Ecosystem Production Capacity il pannello in lana di roccia produce un danno evitato (-0.0152 Pt) dovuto a CO2 emessa in Heat coal B250(carbone), cioè anidride carbonica presente nell'energia necessaria per la produzione della lana di roccia. Il danno dovuto al pannello in sughero (0.00719Pt) è causato dalla CO2-non fossil (anidride carbonica non fossile) presente nel riciclo del legno di cui si evita l'assorbimento per effetto del riciclo del legno (assunto come fine vita del sughero).

- In Abiotic Stock Resources il pannello in sughero (0.859Pt) produce il danno minimo dovuto a copper (in ore) (rame) emesso in Electricity LV use in + imports T, che è l'elettricità necessaria per la preparazione del pannello. Il pannello in lana di roccia produce un danno (1.17 Pt) dovuto al natural gas ETH (metano) necessaria per la preparazione del pannello.

- In Biodiversity il pannello in lana di roccia produce il danno minimo (0.00937 Pt) dovuto principalmente a CO2 nel processo Heat coal B250(carbone). Il danno dovuto al pannello in sughero (0.161 Pt) dovuto a forestry spruce;7;7;10;8 nei processi di preparazione dei pannelli

*LCA DEL CORPO 2 NELLA 2^a FASE
DI VITA (dal 2005 al 2104)
-Ristrutturazione Ecocompatibile-*

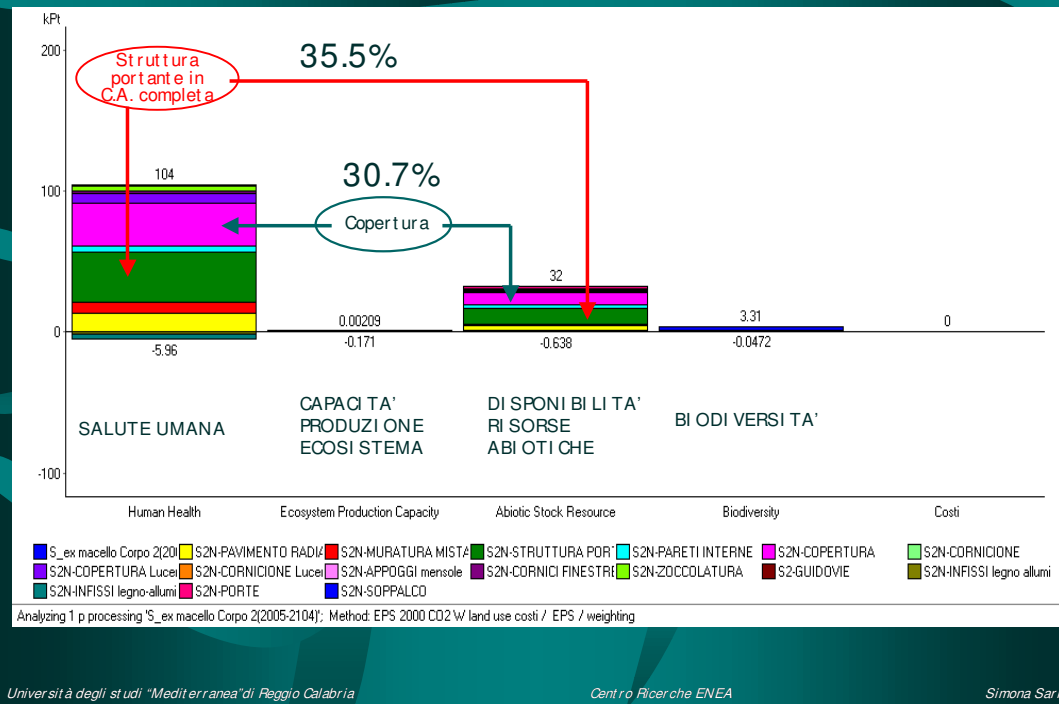
Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Simona Sarli

Analisi con il metodo EPS 2000

LA VALUTAZIONE



Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che:

Il danno dovuto al recupero del corpo 2 è di 1.32E5 Pt dovuto per il 35.52% a Struttura portante in c.a. completa, per il 30.65% alla Copertura.

Inoltre il danno è dovuto per il 73.44% a Human Health, per il 24.29% a Abiotic Stock Resources, per il 2.399% a Biodiversity.

In Ecosystem Production Capacity si ha un vantaggio del -0.1305%.

Il problema energetico

L'attenzione al problema energetico si concretizza con l'emanazione della legge n°10 del 1991, che detta prescrizioni in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico, di sviluppo delle fonti rinnovabili.

La legge impone 3 verifiche, al fine della certificazione energetica:

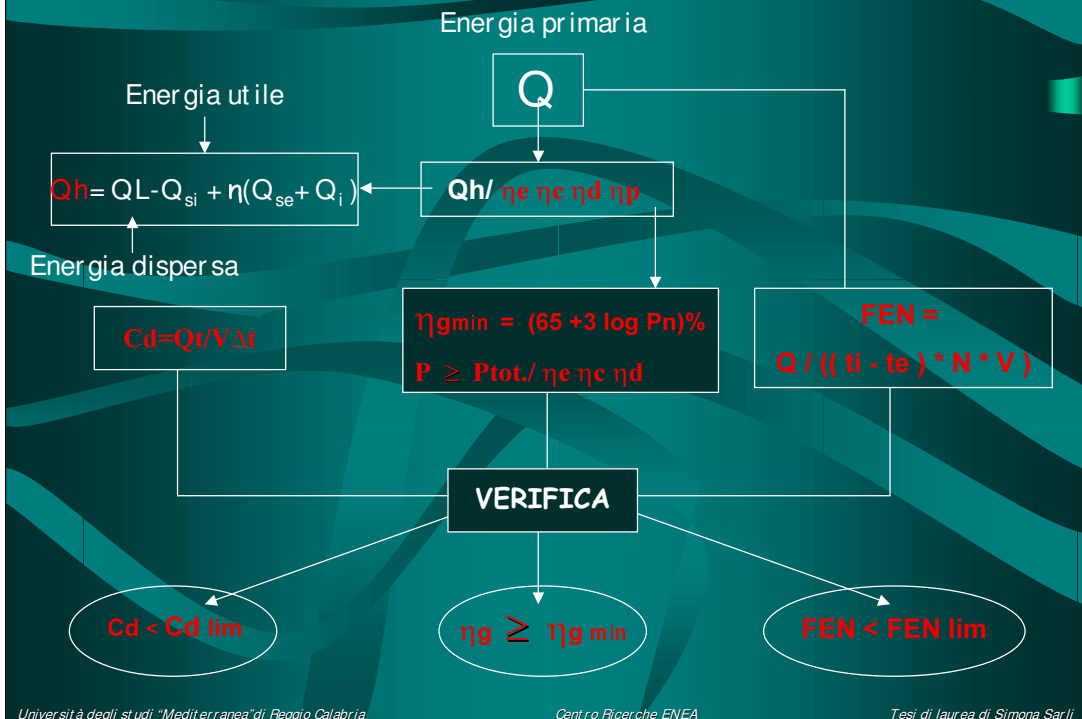
- $Cd < C_{d,lim}$ (coefficiente di dispersione volumico di progetto dell'involucro edilizio)
- $\eta_g > \eta_{g,min}$ (valore limite del rendimento globale medio stagionale nel periodo di riscaldamento)
- $F.E.N. < F.E.N._{lim}$ (fabbisogno energetico normalizzato)



RECALL 10

Come detto in precedenza, viene affrontata in questo studio, la problematica del fabbisogno energetico dell'edificio per il riscaldamento invernale. Il tutto è stato effettuato attenendosi ai dettami della Legge 10/91 verificando tutti i valori limite, attraverso l'ausilio del software di calcolo ENEA RECALL 10.

Il sistema edificio-impianto



Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Tesi di laurea di Simona Sarli

ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO SECONDO LA LEGGE 10/91

Lo studio ha riguardato:

CONFRONTO TRA ENERGIE
PRIMARIE DI UNA CALDAIA
E DI UNA POMPA DI CALORE

la scelta del generatore
verrà effettuata in base
a considerazioni sul
vantaggio ambientale.

IPOTESI D'INSTALLAZIONE DEL
FOTOVOLTAICO

si quantificherà il danno
dei pannelli fotovoltaici
necessario a coprire il
fabbisogno energetico
della pompa di calore e,
lo si confronterà al
danno dell'energia di rete
che tali pannelli fanno
risparmiare.

Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Simona Sarli

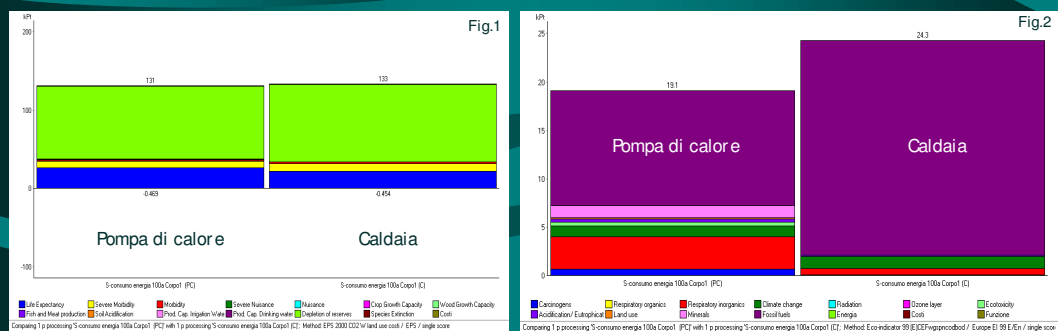
Si decide a questo punto della ricerca di mettere a confronto due generatori di calore, una caldaia e una pompa di calore, facendo ricadere la scelta sul sistema che produce meno impatto ambientale. Successivamente viene ipotizzato l'uso di un sistema passivo per la produzione di energia. Si sceglie di utilizzare l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici necessaria a coprire il fabbisogno della pompa di calore, verrà confrontata questa energia con quella convenzionale "da rete" evidenziando il vantaggio che tale sistema produce.

**Confronto tra le energie necessarie per la
gestione della pompa di calore (energia da fonti
convenzionali e dai pannelli fotovoltaici)
e della caldaia in 100 anni**

- Il Corpo 1 -

Considerazioni sulle energie

Caldaia con un rendimento al 100%



Dall'analisi dei risultati della valutazione con il metodo EPS 2000 (Fig.1), si può concludere che la pompa di calore produce un danno minore della caldaia con un vantaggio del 2.22%. Tuttavia, poiché tale vantaggio è minore di quello che ci si aspettava, verifichiamo se esso dipende dal Metodo usato. Perciò facciamo l'analisi con il metodo Eco-Indicator 99.

Dal confronto risulta che la pompa di calore presenta un vantaggio pari al 21.4%. Si deduce da ciò che il due metodi di valutazione in questo caso conducono a risultati profondamente diversi. Per comprendere le cause di tale diversa valutazione del danno facciamo ulteriori confronti.

Al fine di scegliere quale sistema, tra la caldaia e la pompa di calore, produca minore impatto ambientale, è stata eseguita l'analisi LCA confrontando i due generatori. In questo confronto è stata presa in considerazione per la caldaia il rendimento al 100%, mentre in seguito il calcolo verrà eseguito facendo riferimento ad un rendimento pari all'87%.

Dall'analisi dei risultati della valutazione con il metodo EPS 2000 (Fig.1), si può concludere che la pompa di calore produce un danno minore della caldaia con un vantaggio del 2.22%. Pertanto si sceglie di usare la pompa di calore anche perché permette il condizionamento nel periodo estivo e la deumidificazione. Tuttavia, poiché tale vantaggio è minore di quello che ci si aspettava, verifichiamo se esso dipende dal Metodo usato. Perciò facciamo l'analisi con il metodo Eco-Indicator 99.

Dal confronto risulta che la pompa di calore presenta un vantaggio pari al 21.4% (fig.2). Si deduce da ciò che il due metodi di valutazione in questo caso conducono a risultati profondamente diversi. Ciò nonostante sia stata eliminata quella che sembrava la causa maggiore di tale diversità, cioè la presenza delle diverse tipologie di acqua in EPS. Per comprendere le cause di tale diversa valutazione del danno, eseguiamo dei confronti sulle energie da gas metano e dalla rete al fine di individuare i motivi di tali differenze di valutazione da parte dei due metodi di calcolo.

Considerazioni sulle energie



Dall'analisi dei risultati si nota che:

- Con Eco-Indicator 99 il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia elettrica col metano è 2.78 volte e il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia termica col metano. L'inverso di tale rapporto è 0.36 e corrisponde al rendimento del sistema elettrico nazionale.
- Con EPS il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia elettrica col metano è 2.737 volte e il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia termica col metano. L'inverso di tale rapporto è 0.365 ed è molto prossimo al rendimento del sistema elettrico nazionale.

L'altro confronto da eseguire è quello tra la combustione del metano (Heat gas B250) e l'elettricità italiana (Electricity use LV in I + imports).

Dall'analisi dei risultati si nota che:

- Con Eco-Indicator 99 il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia elettrica italiana è 3.11 volte e il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia termica col metano. L'inverso di tale rapporto è 0.32.
- Con EPS il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia elettrica italiana è 3.906 volte e il danno dovuto alla produzione di 1 MJ di energia termica col metano. L'inverso di tale rapporto è 0.256 ed è molto prossimo al rendimento del sistema elettrico nazionale.

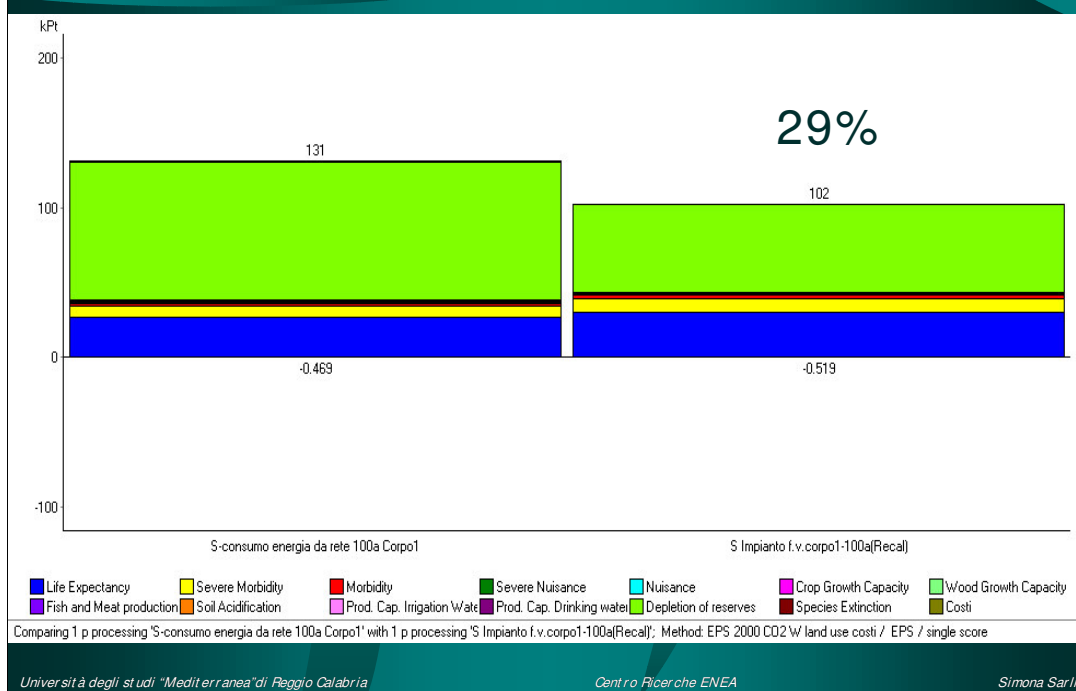
Da tali confronti si può concludere che i due metodi danno una valutazione pressoché uguale del rapporto tra l'energia elettrica da solo metano e l'energia termica da metano, mentre valutano diversamente il rapporto tra l'energia elettrica italiana e l'energia termica da metano.

Confrontando le tabelle con le diverse energie analizzate con i due metodi:

- Con Eco-Indicator 99 il danno di 0.0116 Pt
- Con EPS il danno di 0.0823 Pt

Concludendo che la differenza tra i due metodi deriva dalla diversa valutazione di Copper in ore(rame) rispetto a Crude oil ETH.

Analisi con il metodo EPS: la valutazione



Dall'analisi della valutazione si nota che:

L'energia necessaria per il funzionamento della pompa di calore, prodotta dall'impianto fotovoltaico, produce un vantaggio rispetto all'uso dell'energia da fonti convenzionali (energia dalla rete) pari al 29%, che rappresenta un dato significativo. Il vantaggio si pu  notare soprattutto nella categoria "disponibilit  delle risorse", a causa dell'utilizzo del rame presente nei cavi elettrici.

LCA COMPLETO
DEL *CORPO 1* E DEL *CORPO 2*
NELLA 2^a FASE DI VITA
(dal 2005 al 2104)

- *Ristrutturazione Ecocompatibile + uso* -

Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

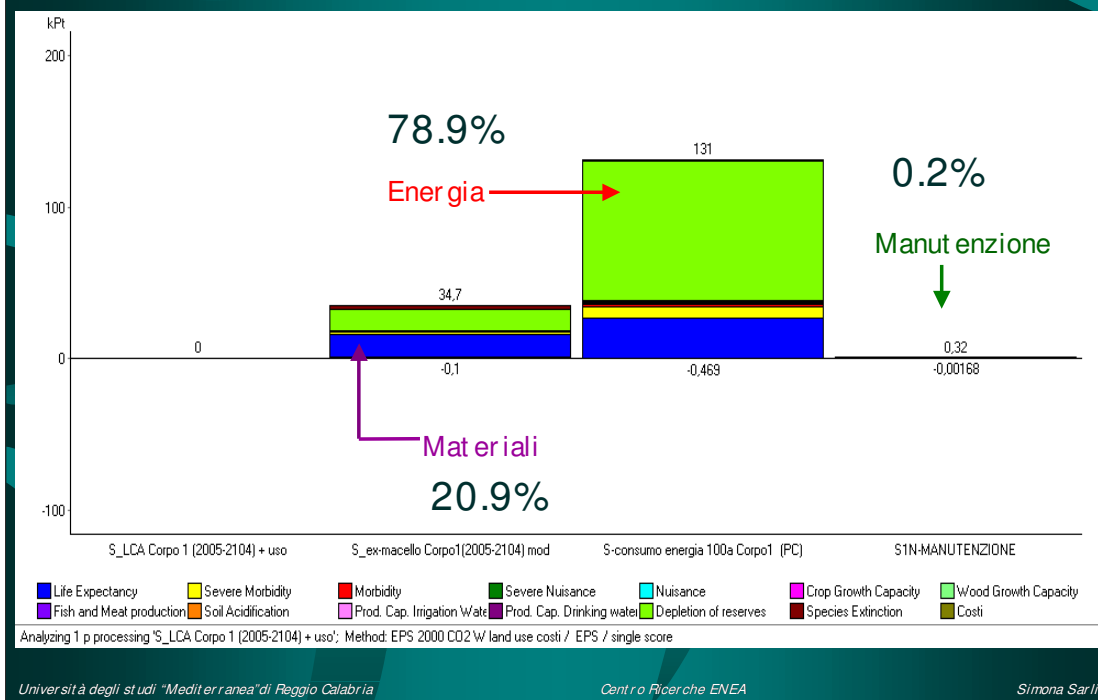
Centro Ricerche ENEA

Simona Sarli

Questa parte del lavoro consiste nell'elaborazione di due LCA, uno per il Corpo 1 e uno per il Corpo 2 con l'inserimento dell'energia necessaria per il riscaldamento e, delle opere di manutenzione, valutate nell'arco di 100 anni.

CORPO 1 ristrutturato + uso

Analisi con il metodo EPS 2000: LA VALUTAZIONE



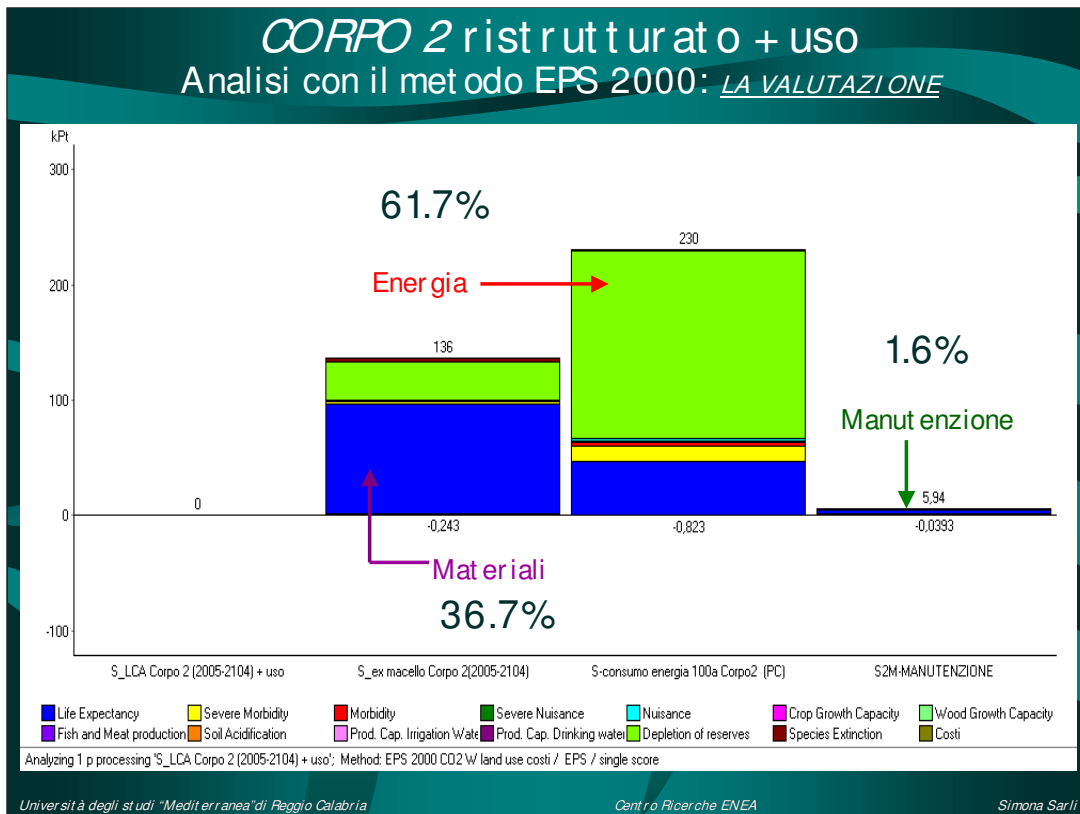
Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

Il danno totale è di 1.65E5 Pt dovuti per il 78.86% all'energia, per il 20.94% ai materiali e per lo 0.19% alla manutenzione

Inoltre il danno è dovuto a:

- Human Health per il 33.94%
- Abiotic Stock Resources per il 64.68%
- Biodiversity per l'1.63%.

Ecosystem Production Capacity produce un vantaggio per il -0.25%.



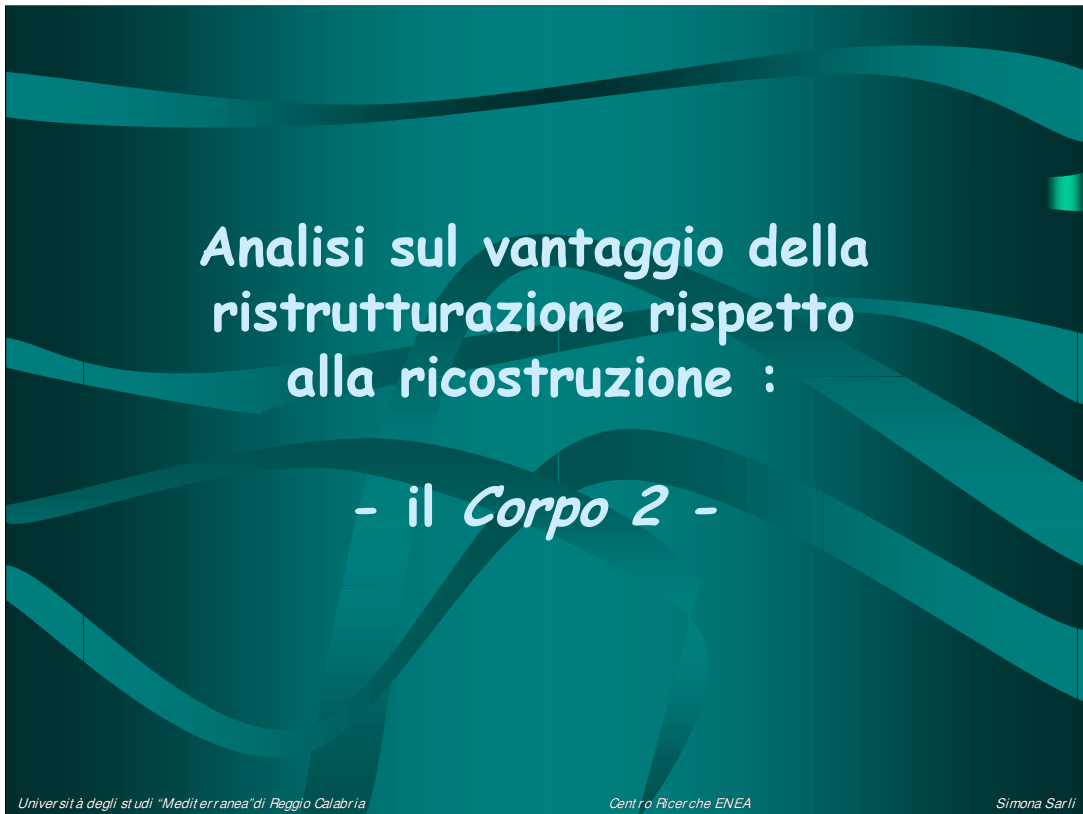
Dall'analisi dei risultati della valutazione del Corpo 2 ristrutturato + uso, si nota che:

- Il danno totale è di $3.71E5$ Pt dovuti per il
 - 61.73% all'energia
 - 36.68% ai materiali
 - 1.59% alla manutenzione

Inoltre il danno è dovuto a:

- Human Health per il 45.98%
- Abiotic Stock Resources per il 53.82%
- Biodiversity per l'1.03%.

Ecosystem Production Capacity produce un vantaggio per il -0.22%.



Prendiamo il Corpo 2 come esempio per effettuare questo tipo di valutazione.

Il ciclo di vita dal 1914 al 2104 dei materiali del Corpo 2 vale:

$$1.05E5 + 1.32E5 = \mathbf{2.37E5 \text{ Pt}}$$

Se si sceglie di abbattere l'edificio dopo la prima parte della sua vita, si produce un danno che approssimativamente vale il danno totale (2.37E5 Pt), ridotto del danno dovuto ai componenti sostitutivi. Supponendo che quest'ultimo sia pari al 30% del danno dovuto alla seconda parte (1.32E5), il danno vale:

$$2.37E5 - 30\% \cdot 1.32E5 = 1.974E5 \text{ Pt.}$$

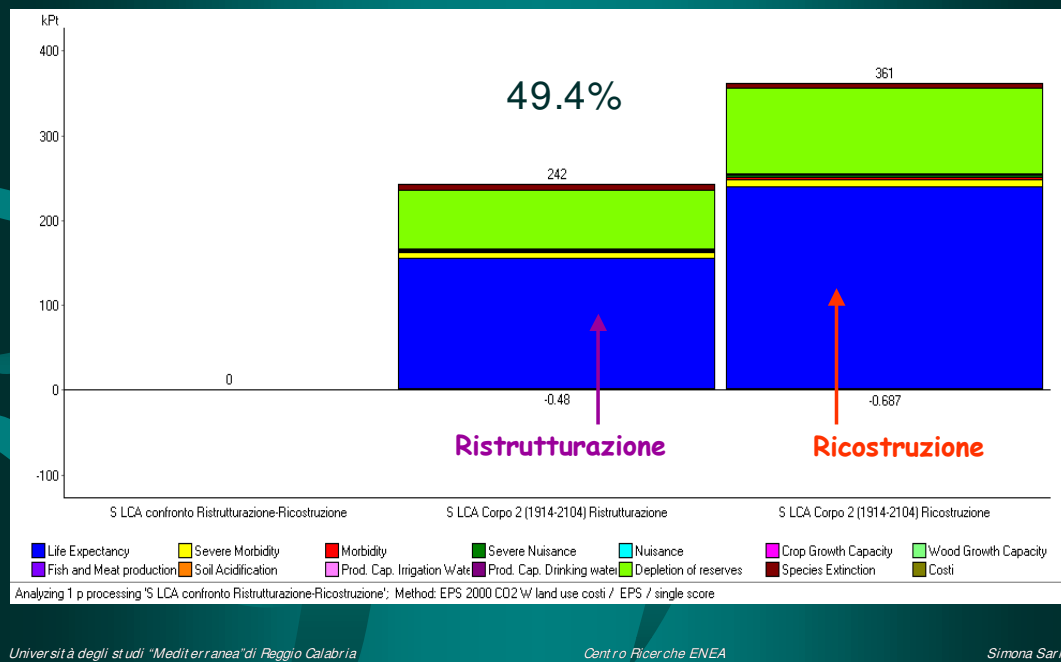
A tale danno è necessario sommare quello dovuto alla fabbricazione di un nuovo edificio (che, per semplicità, supponiamo abbia le stesse caratteristiche dell'edificio risultante dal recupero): possiamo supporre che tale danno sia pari al 70% del totale (2.37E5 Pt) cioè 1.659E5.

Pertanto con la ricostruzione si produce un danno pari a:

$$1.659E5 \text{ Pt} + 1.974E5 \text{ Pt} = 3.633E5 \text{ Pt}$$

Per ottenere una maggiore precisione operiamo il confronto tra il processo della ristrutturazione e il processo della ricostruzione attraverso la valutazione con il metodo EPS 2000.

Analisi con il metodo EPS : la valutazione Corpo2



Dall'analisi della valutazione si nota che:

Il danno totale è di $6.01E5$ Pt ed è dovuto principalmente al Corpo 2 Ricostruito.

Il danno dovuto al Corpo 2 Ricostruito è maggiore del 49.38% rispetto al Corpo 2 Ristrutturato.

Inoltre il danno è dovuto a:

- Human Health per il 69.79%
- Abiotic Stock Resources per il 28.47%
- Biodiversity per l'1.883%.

Ecosystem Production Capacity produce un vantaggio per il -0.1417%.

ESTERNALITÀ DEI COSTI

EPS 2000

- $ELU_{HH} = 86149.219 \text{ €}$.
- $ELU_{EQ} = 23691.348 \text{ €}$
- $ELU_R = 68750 \text{ €}$

$$ELU_{TOT} = 178590.567 \text{ ELU}$$

Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Simona Sarli

Esternalità dei costi con il metodo EPS 2000

Ogni attività è caratterizzata da un preciso danno ambientale; sapendo che ciascuno di essi è in qualche modo monetizzabile ne segue che ad ogni categoria di danno può essere associato un costo economico. In particolare, al processo della parete S/R, la più ecocompatibile, sono associabili determinati costi, calcolabili nei modi di seguito descritti. Nella categoria di danno:

In Human Health il danno subito dalla comunità mondiale vale $4.23E4 \text{ ELU (=Pt)}$. In E-I il danno subito dalla comunità europea ($384E6$ di abitanti) vale 0.177 DALY . Considerando che la popolazione mondiale sia di $6E9$ e considerando che lo stipendio medio del cittadino del mondo sia uguale a quello europeo si ottiene:

$\text{€HH} = (0.177 / 384E6) * 6E9 * 31150 = 86149.219 \text{ €}$. Dal confronto si nota una valutazione superiore a quella che si ottiene nel metodo EPS (il doppio).

In Biodiversity il danno riferito alla popolazione mondiale vale $5.72E3 \text{ ELU (=Pt)}$. In E-I il danno riferito all'intera area europea ($2.16 \times 10^{12} \text{ m}^2$) vale $3.3E5 \text{ PDFm}^2\text{y}$. Il costo relativo alla popolazione mondiale si può calcolare riferendo il valore trovato con E-I alla comunità mondiale:

$\text{€EQ} = \{[(3.3E5 \text{ PDF} * \text{m}^2\text{y} * 10 / 2.901012 \text{m}^2) * 10 * 133245884,5\text{€}] / 384E6\} * 6E9 = 23691.348 \text{ €}$

Dal confronto si nota che il valore ottenuto con E I è 4 volte quello ottenuto con EPS.

In Resources il danno riferito alla popolazione mondiale vale $3.32E4 \text{ ELU (=Pt)}$. In E-I il danno riferito all'intera comunità europea ($384E6$ di abitanti) vale $1.42E5 \text{ MJ}$. Considerando che la popolazione mondiale sia di $6E9$ e considerando il costo del MJ sia pari a quello elettrico si ottiene:

$\text{€R} = (1.42E5 / 3.6) / 384E6 * 6E9 * 0.12 \text{€ / kWh} = 68750 \text{€}$. Dal confronto si nota che il valore ottenuto con E I è 2 volte quello ottenuto con EPS.

Il costo totale vale:

$$\text{€TOT E I(mondo)} = (86149.219 + 23691.348 + 68750) = 178550.567\text{€}$$

Tale valore deve essere confrontato con la somma dei danni calcolati con EPS nelle tre categorie corrispondenti a quelle di E I :

$$\text{€TOT EPS} = 4.23\text{E}4 + 5.72\text{E}3 + 3.32\text{E}4 = 81220\text{€}$$

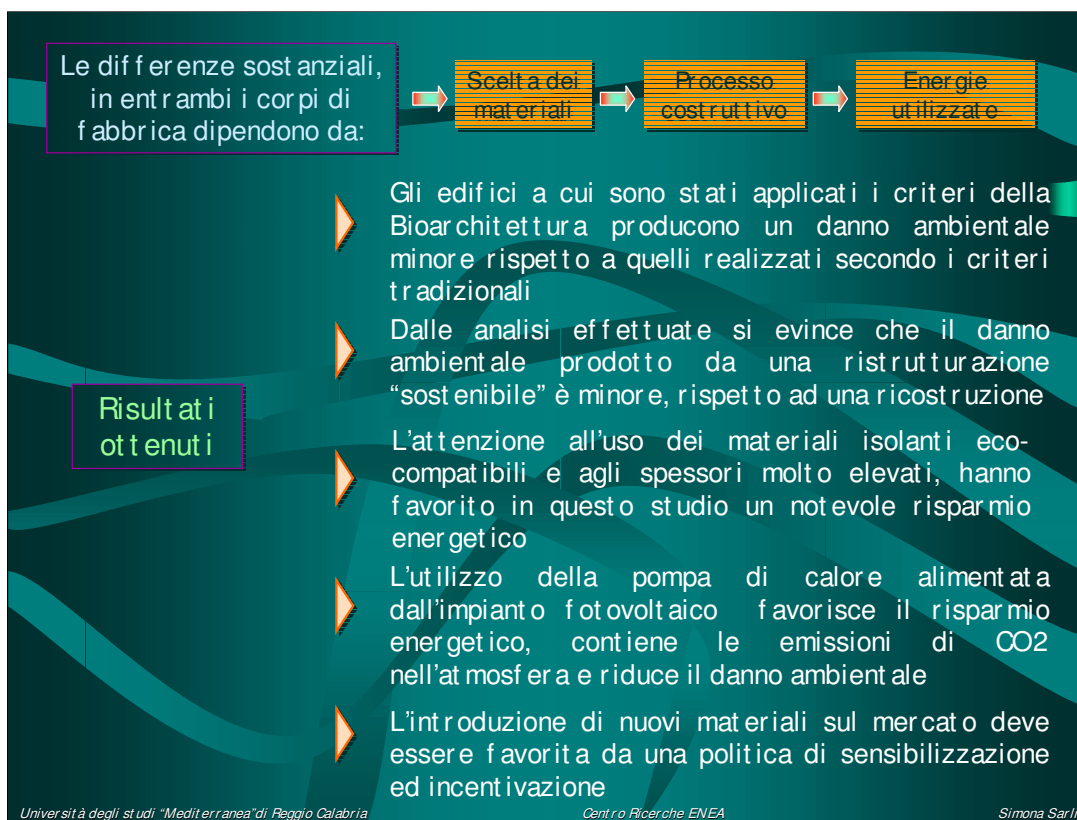
Il Metodo EPS considera anche il danno (costo esterno) dovuto a Ecosystem Production Capacity: che vale -181€

CONCLUSIONI

Università degli studi "Mediterranea" di Reggio Calabria

Centro Ricerche ENEA

Simona Sarli



Attraverso il presente studio è stato possibile valutare il danno prodotto dal ciclo di vita del corpo 1 e del corpo 2 dell' "Ex Macello" di Reggio Calabria, ed in particolare da alcuni materiali che li costituiscono, ed è stato possibile ipotizzare l'uso di materiali diversi, classificati come materiali bio-compatibili, al fine di ridurre tale danno. È stato inoltre possibile evidenziare come l'uso di questi materiali favorisca anche l'isolamento termico dei suddetti corpi a vantaggio del risparmio energetico e del contenimento delle emissioni di CO2. Come si è visto, per utilizzare il codice ambientale implementato dalla Prè, è stato necessario fare delle ipotesi esemplificative che tuttavia non tolgono nessuna validità ai risultati ottenuti, i quali evidenziano come nel complesso una progettazione che segua i criteri di ecosostenibilità è possibile e risulta conveniente rispetto a quella convenzionale. Si auspica, infatti, una maggiore attenzione nei confronti dell'ambiente, non solo da parte dei progettisti ma anche delle Amministrazioni, le quali devono sostenere ed incentivare tutte quelle attività finalizzate al risparmio energetico e ad una migliore qualità ambientale delle costruzioni. A causa di tali ipotesi esemplificative e avendo usato alcuni dati redatti in funzione di fattori in continua evoluzione (ad esempio le statistiche sulla mortalità in Europa), i risultati quantitativi di questo studio sono passibili di miglioramenti. I risultati qualitativi, invece, basati sul confronto tra diversi materiali, sono da ritenersi attendibili. Il Life Cycle Assessment (LCA), i cui scopi vanno dal valutare le "performance" ambientali dei prodotti alla richiesta dell'Ecolabel, è dunque uno strumento qualitativamente molto affidabile e indispensabile per valutazioni ambientali come quelle fatte in questo studio. In conclusione, quindi, si ritiene che sia

necessario da parte dei progettisti, che vogliono tenersi al passo con i tempi, avvalersi di strumenti come l'analisi del ciclo di vita così come dell'uso di materiali ecocompatibili, per poter spiegare al meglio il loro ruolo nella società, nel massimo rispetto dell'ambiente e della comunità presente e futura. La realizzazione di edifici iperisolati, che necessitano di poca energia, è la fondamentale premessa all'utilizzo della più costosa energia, rigenerabile e pulita. L'energia pulita generata dal sole, con impianti solari passivi o fotovoltaici, diventa economica impiegando pompe di calore che diminuiscono il fabbisogno. Questo è il secondo naturale gradino, dopo i super-isolamenti, che permette di giungere ad una casa che rispetti completamente l'ambiente e che, limitando le fonti energetiche tradizionali, possa veramente classificarsi come *Ecologica*. L'utilizzo della pompa di calore alimentata dal fotovoltaico, permette di graduare nel tempo e nel modo migliore, l'investimento, utilizzando inizialmente per il suo funzionamento sia energia fotovoltaica, sia tradizionale. La predisposizione ad un ampliamento dell'impianto solare, permetterà in futuro, il funzionamento con un totale utilizzo di energia pulita. L'elevato costo, soprattutto del fotovoltaico, ancora non permette l'utilizzo esteso di questa tecnica, ma la strada da percorrere è sicuramente individuata.

The background of the slide is a dark teal color with several lighter teal, wavy, horizontal bands that create a sense of movement and depth. The text is centered in the upper half of the slide.

Grazie
per la cortese attenzione