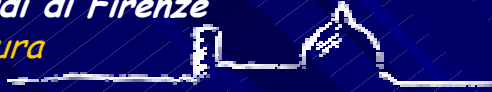




Università degli Studi di Firenze
Facoltà di Architettura

TAeD

Dipartimento di Tecnologie dell'architettura
e Design "P. Spadolini"



Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e
l'Ambiente

Centro Ricerche di Bologna

Analisi del ciclo di vita (LCA), efficienza energetica come strumenti per lo studio e l'eco-progettazione di una Scuola Materna a basso consumo

Lavoro di ricerca svolto
in collaborazione con:

Prof. Arch. Cristina Carletti (TAeD)

Prof. Ing. Giorgio Raffellini (TAeD)

Ing. Paolo Neri (ENECA)

Ing. Vincenzo Lattanzi (ENECA)

CONVEGNO

11 MAGGIO 2005 - Centro Ricerche ENECA Bologna

"ANALISI DEL CICLO DI VITA APPLICATO ALL' ECODESIGN DI UN EDIFICIO"

Dott. Arch. Di Croce Daniela

Dott. Arch. Daniela Di Croce
E-mail: danieladic@fiscalinet.it
Tel: 338- 5042900

IL CASO STUDIO : LA SCUOLA MATERNA "Lo Scoiattolo"



L'OGGETTO DELLO STUDIO E' UNA SCUOLA MATERNA SITUATA A CASTELFRANCO EMILIA (MO), QUESTA NUOVA STRUTTURA DA OTTOBRE 2004 OSPITA 4 SEZIONI CON 100 BAMBINI

SI E' CONSIDERATO UN EDIFICIO SCOLASTICO DI RECENTE COSTRUZIONE, REALIZZATO CON MATERIALI E TECNICHE TRADIZIONALI CHE RAPPRESENTA IL PANORAMA EDILIZIO ATTUALE

QUESTO EDIFICIO REALIZZATO NEL RISPETTO DI TUTTE LE NORME EDILIZIE DI SICUREZZA E SANITARIE SARA' ANALIZZATO

DAL PUNTO DI VISTA AMBIENTALE

L'oggetto del presente studio è la scuola materna "Scoiattolo" situata a Castelfranco Emilia in provincia di Modena.

Questa nuova struttura da ottobre 2004 ospita quattro sezioni di Scuola materna per un totale di 100 bambini del Comune di Castelfranco Emilia.

Si è considerato un edificio scolastico di recente costruzione, realizzato con materiali e tecniche costruttive tradizionali che rappresenta il panorama edilizio attuale.

Questo edificio costruito e realizzato nel rispetto di tutte le norme edilizie ed urbanistiche nonché nel rispetto delle norme di sicurezza e sanitarie è l'oggetto dell'analisi LCA, grazie al reperimento di tutti i dati da immettere nell'inventario e sarà analizzato dal punto di vista Ambientale.

Metodologia: LCA-Analisi del Ciclo di Vita

"Analisi Ambientale che permette di valutare gli impatti associati al Ciclo di vita di un prodotto, processo o attività"



L'attività edilizia è uno dei settori a più alto impatto ambientale, che si esplica attraverso l'inarrestabile consumo del territorio, l'alto consumo energetico e le emissioni in atmosfera ad esso connesse.

L'edilizia tradizionale incide per un terzo sul consumo totale di energia nel mondo e per il 40% per la produzione dei materiali. L'energia per l'estrazione delle materie prime, la produzione e la lavorazione dei materiali, il loro trasporto, la messa in opera, e infine la climatizzazione e l'illuminazione degli edifici, è prodotta dalla combustione del petrolio e del gas metano che a loro volta inquinano per l'immissione in atmosfera di gas inquinanti e di derivati non riciclabili.

Nel prossimo futuro i costi ambientali globali di un edificio saranno inseriti nella contabilità privata e pubblica ed il consumo energetico di gestione, rappresenterà un fondamentale parametro di valutazione. Un parametro in grado di determinare, da un lato una possibile perdita di valore per immobili tradizionali grandi consumatori di energie, e dall'altro, un'innalzamento della quotazione per gli edifici a basso consumo energetico. In questa nuova ottica diventa quindi decisivo fin dalla fase della progettazione costruire edifici che riducano al minimo gli sprechi e che non esercitino gravi sull'ambiente e sulla salute di chi li abita.

Si fa riferimento al complesso degli input, degli output e delle attività coinvolte nella produzione, nel consumo/utilizzo e nello smaltimento dell'edificio considerato, dall'estrazione delle materie prime di cui è costituito, alle energie spese per l'utilizzo fino al suo fine vita, cosiddetto approccio "from cradle to grave", dalla culla alla tomba. Inoltre lo scopo è di creare edifici il più possibile autosufficienti riducendo all'essenziale l'acquisto di energia dall'esterno, come è dimostrato in questo studio, questo dipende dalle scelte relative ai metodi costruttivi, ai materiali utilizzati, alla corretta progettazione degli impianti volta al risparmio energetico, da ciò derivano grandi opportunità di abbattimento dei consumi di energia e quindi delle emissioni inquinanti. L'uso dell'LCA come strumento coadiuvante nella progettazione architettonica è utile quindi per tenere "monitorate" le scelte progettuali, riflettendole e nell'intero arco di vita dell'edificio in qualità di impatto ambientale.

OBIETTIVI dello studio:

- *Valutazione dell' impatto ambientale, energetico e del costo economico, prodotto dall'edificazione e dall'uso di una Scuola Materna*
- *Dimostrazione del vantaggio ambientale, energetico ed economico di un progetto eco-efficiente*

I Confini dello studio:

- *Vanno dall'estrazione delle materie prime al fine vita dell'intero edificio, considerando materiali, trasporti in cantiere e i consumi di energia della fase d'uso e gestione dell'edificio*

Unità funzionale :

- *Si considera l'edificio completo valutato nell'arco di vita ipotizzata di 100 anni*

Il lavoro di ricerca svolto in questa tesi di laurea, è il risultato della collaborazione tra il Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design "Pierluigi Spadolini" dell'Università degli Studi di Firenze e il contributo tecnologico-scientifico e didattico del Centro Ricerche ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) "Ezio Clementel", in seguito ad uno stage formativo, svolto presso la sede di Bologna.

Obiettivo della ricerca, svolta interamente e quotidianamente presso ENEA, con la collaborazione dell'Ing. Paolo Neri, è stato di utilizzare l'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) e l'efficienza energetica come strumenti per lo studio e la progettazione eco-compatibile di un edificio adibito a scuola materna realizzato a Castelfranco Emilia (MO).

Si è valutato l'impatto ambientale ed il costo economico dovuto al ciclo di vita dell'edificio quindi alla fase di costruzione, di gestione ed uso, al consumo energetico e al fine vita. Si è voluto poi dimostrare il vantaggio ambientale economico ed energetico dovuto allo stesso progetto, introducendo delle varianti eco-compatibili volte al miglioramento delle prestazioni ambientali e all'uso razionale dell'energia.

Analizzare il rapporto tra usi finali dell'energia: *energia grigia*, (energia necessaria alla produzione, trasporto, distribuzione, smaltimento, demolizione) e impatti ambientali nelle altre fasi di vita del processo edilizio, potrebbe portare a rilevanti apporti per l'abbattimento delle emissioni e la tutela dell'ambiente.

Le Applicazioni dell'LCA

L'LCA può essere uno strumento a supporto di:

Consumatori per:

- una migliore conoscenza dei danni dovuti alle attività umane
- una scelta cosciente del prodotto
- favorire un suo intervento presso la Pubblica Amministrazione

Pubblica Amministrazione per:

- la definizione della legislazione in campo ambientale
- La riduzione delle spese sanitarie per i danni subiti dall'uomo a causa delle emissioni inquinanti
- La riduzione delle spese per il consumo di energia prodotta da combustibili fossili

Obiettivo comune a tutti:

per perseguire un modello di sviluppo sostenibile e contribuire allo sforzo nazionale per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto

Aziende per:

- favorire l'etica d'impresa nel rispetto dell'ambiente
- Un utilizzo industriale per una gestione Eco-Efficiente del prodotto
- Un risparmio di energia e di materiali
- Il raggiungimento della certificazione ambientale e quindi aumento della competitività (Politiche Ambientali di Prodotto (EDP), Certificazione Ecolabel (Art.3 Reg.CEE n. 880/92))

Strumento di informazione del **Consumatore** per:

- ✓ una sua migliore conoscenza dei danni dovuti alle attività umane
- ✓ una scelta cosciente del prodotto
- ✓ favorire un suo intervento presso la Pubblica Amministrazione al fine di una legislazione volta alla difesa dell'ambiente

Strumento a supporto delle **Aziende** per:

- ✓ favorire l'etica d'impresa per il rispetto dell'ambiente
- ✓ minore impatto ambientale e beneficio per le persone che costituiscono l'Azienda
- ✓ utilizzo industriale per lo sviluppo e il miglioramento della qualità del prodotto
- ✓ risparmio di energia e di materiali
- ✓ certificazione ambientale e quindi aumento della competitività

Strumento a supporto della **Pubblica Amministrazione**:

- ✓ definizione della legislazione in campo ambientale
- ✓ riduzione delle spese sanitarie per i danni subiti dall'uomo a causa delle emissioni inquinanti
- ✓ sensibilizzazione dei consumatori e delle aziende
- ✓ riduzione dei danni prodotti dai servizi forniti dalla P.A
- ✓ riduzione delle spese per il consumo di energia prodotta da combustibili fossili
- ✓ certificazione ambientale dei prodotti e dei servizi

Gli strumenti utilizzati

Sono stati usati tre metodi di Valutazione dell'Impatto Ambientale:

- *Eco-Indicator 99 (Olandese)*
- *EPS 2000 (Svedese)*
- *EDIP 96 (Danese)*

implementati nel software SimaPro 5.0, apportando ad essi alcune modifiche

E' necessario precisare che a livello nazionale non esiste un metodo Italiano, né una banca dati Italiana e a livello internazionale non è mai stata effettuata una scelta tra tutti i metodi disponibili. Per una maggiore affidabilità dei risultati il gruppo di ricerca dell'ENEA lavora per:

- *la costruzione di una Banca-Dati italiana*
- *la definizione di un Metodo italiano per la valutazione del danno*
- *la scelta di un Metodo straniero col quale confrontare i risultati*
- *la scelta dell'LCA dettagliato rispetto all'LCA semplificato*

Durante lo studio si è provveduto ad integrare le metodologie di valutazione d'impatto dove si sono riscontrate carenze o dove semplicemente si è individuata la possibilità di introdurre miglioramenti utili ai fini dello studio.

E' necessario precisare che a livello nazionale non esiste un metodo Italiano, né una banca dati Italiana e a livello internazionale non è mai stata effettuata una scelta tra tutti i metodi disponibili.

Per una maggiore affidabilità dei risultati il gruppo di ricerca dell'ENEA lavora per conseguire questi obiettivi.

La metodologia LCA: SCHEMA FASI

QUESTE FASI SONO STANDARDIZZATE DA "SETAC" (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)

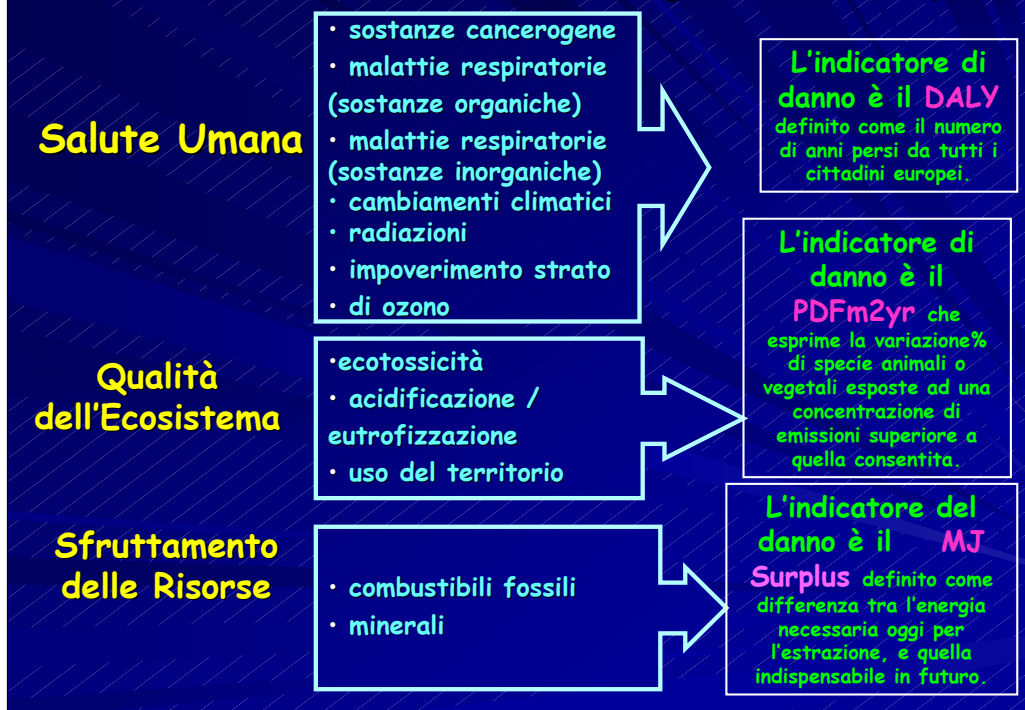
E DA "ISO" (International Standards Organization) CON LA NORMA UNI EN ISO 14040



Le linee guida per redigere una LCA sono state redatte dalla SETAC e sono ora disponibili nelle norme ISO della serie 14040:

1. Definizione degli obiettivi dello studio e dei confini del sistema (Goal and Scope Definition); ISO 14041- E' la fase preliminare in cui vengono definite le finalità dello studio, le unità funzionali, i confini del sistema, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti.
2. Analisi d'inventario (Inventory Analysis); ISO 14042- Consiste nell'individuazione e quantificazione dei flussi in ingresso e in uscita dal sistema oggetto di analisi lungo tutta la sua vita. Vengono identificati e quantificati i consumi di risorse di energia e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale.
3. Valutazione degli impatti (Impact Assessment) ISO 14042- E' effettuata mediante l'ausilio di indicatori aggregati di uso internazionale che consentono di quantificare gli impatti e confrontare le eventuali alternative di processo o di prodotto. In questa fase si passa dal dato numerico calcolato nella fase precedente al giudizio di pericolosità. Si suddivide in classificazione, fase qualitativa, nella quale i dati dell'inventario vengono suddivisi in gruppi di temi o categorie di impatti ambientali riconducibili a tre grandi aree di protezione generale (esaurimento delle risorse, salute umana, conservazione dell'ambiente); caratterizzazione, che permette di individuare e pesare all'interno di una singola categoria il tipo di danno relativo alla sostanza emessa o alla risorsa usata; normalizzazione, per rendere confrontabili valori di danno che hanno diverse unità di misura; valutazione, che attribuisce un valore, in termini di importanza, a ciascun impatto tramite un indice complessivo. (Life Cycle Impact Assessment - LCIA);
4. Analisi dei risultati (Interpretation); e valutazione dei miglioramenti : ISO 14043- E' la fase finalizzata ad interpretare i risultati dell'analisi identificando le criticità ambientali e mettendo in evidenza le potenzialità di miglioramento sia tecniche che gestionali del ciclo di vita del prodotto oggetto di studio

Eco-Indicator 99_(OLANDESE) Le categorie di danno e impatto



Eco-indicator è una metodologia sviluppata dalla Pré (Product Ecology Consultants) per conto del Ministero dell'Ambiente Olandese.

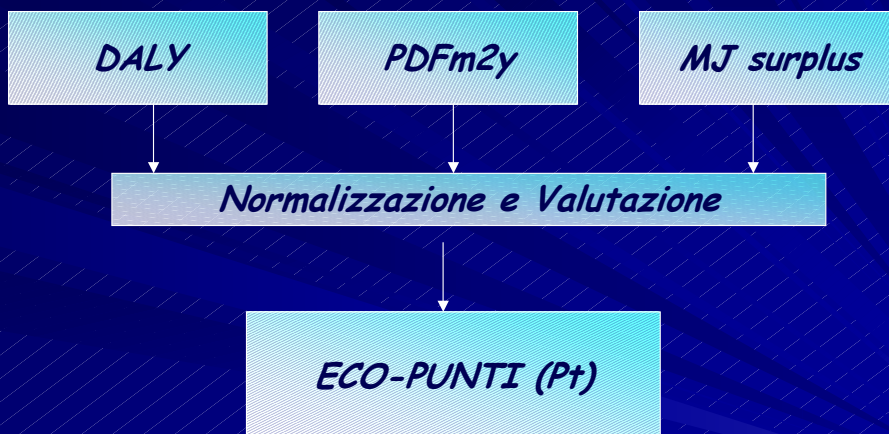
Il metodo valuta esclusivamente tre tipi di categorie di danno ambientale

Ogni categoria di danno a sua volta è suddivisa in categorie d'impatto.

Il metodo richiede in primo luogo **un inventario** di tutte le emissioni e di tutti i consumi di risorse da attribuire al prodotto nel suo intero ciclo di vita; il risultato di questo inventario è un elenco di emissioni, consumi di risorse e di impatti di altro tipo (uso e sfruttamento dei terreni ecc.) che, inserito in una tabella, prende il nome di *inventory result*.

Eco Indicator 99

Valutazione dell'impatto ambientale



Gli impatti vengono normalizzati e valutati per ricavare un parametro univoco di valutazione dell'impatto

EPS 2000 (SVEDESE) Le categorie di danno e impatto



Lo sviluppo del sistema **EPS**, cominciò in Svezia nel 1989 su richiesta della Volvo, come cooperazione tra Volvo stessa, lo Swedish Environmental Research Institute (IVL) e la Swedish Federation of Industries.

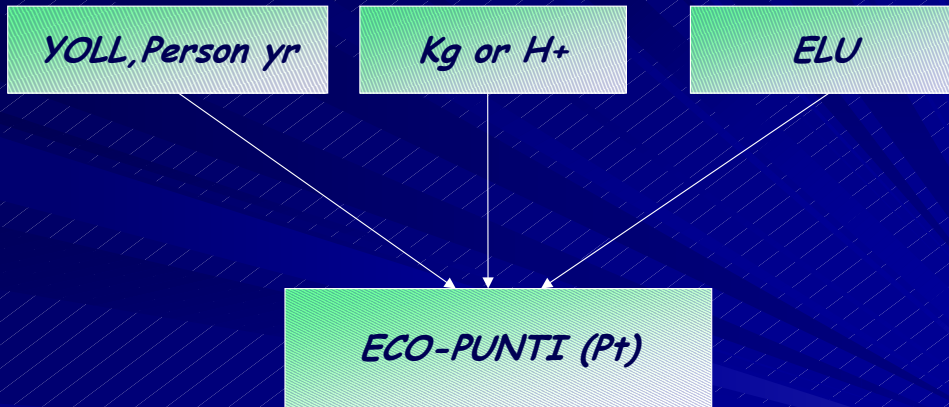
Da allora è stato modificato e migliorato molte volte, grazie alla collaborazione di molte altre aziende. L'ultima versione risale al 2000 ed è questa che prenderemo in considerazione.

Il **metodo EPS** (Environmental Priority Strategies in product design) nasce per assistere i progettisti nello sviluppo di nuovi prodotti.

Lo sviluppo di un nuovo prodotto è spesso visto come un processo sistematico, mentre in realtà è un processo dinamico e complesso in cui sono frequenti cambiamenti sostanziali. All'inizio di tale processo il grado di libertà è grande e i costi associati ai cambiamenti sono relativamente bassi, ma col progredire della progettazione tali costi aumentano esponenzialmente. Per questo motivo diviene importante considerare fin da subito tutti gli aspetti connessi al prodotto che si vuole sviluppare, compresi quelli ambientali. Il metodo EPS pertanto vuole essere uno strumento d'uso quotidiano, facile da comprendere e da usare

EPS 2000

Valutazione dell'impatto ambientale



Gli impatti vengono valutati per ricavare un parametro univoco di definizione dell'impatto basato sul concetto WTP (willingness to pay) e attribuendo un valore economico al danno

EDIP 96 (DANESE) Le categorie di impatto

**Impatto
ambientale**



Riscaldamento del globo	(g CO ₂ eq.)
Riduzione dello strato di ozono	(g CFC11 eq.)
Acidificazione	(g SO ₂ eq.)
Eutrofizzazione	(g NO ₃ eq.)
Smog fotochimico	(g ethene eq.)
Ecotossicità cronica dell'acqua	(m ³)
Ecotossicità acuta dell'acqua	(m ³)
Ecotossicità cronica del suolo	(m ³)
Tossicità per l'uomo dell'aria	(m ³)
Tossicità per l'uomo dell'acqua	(m ³)
Tossicità per l'uomo del suolo	(m ³)
Rifiuti indifferenziati	(kg)
Rifiuti pericolosi	(kg)
Rifiuti radioattivi	(kg)
Ceneri e polveri	(kg)

Risorse



tutte le risorse

(kg)

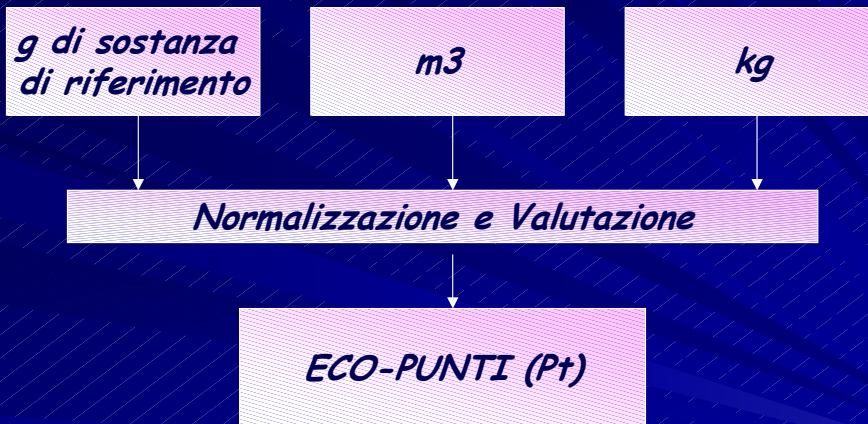
Il **metodo EDIP 96**, sviluppato in Danimarca all'interno del più ampio progetto EDIP (*Environmental Design of Industrial Products*), avviato in Danimarca nel 1991 con l'obiettivo di sviluppare una metodologia che permettesse di considerare gli aspetti ambientali nello sviluppo dei prodotti industriali. Il progetto è nato da una collaborazione tra il pubblico e il privato: i soggetti coinvolti sono:

- Danish Environmental Protection Agency;
- Technical University of Denmark (Institute for Product Development and Department of Technology and Social Sciences);
- Confederation of Danish Industries;

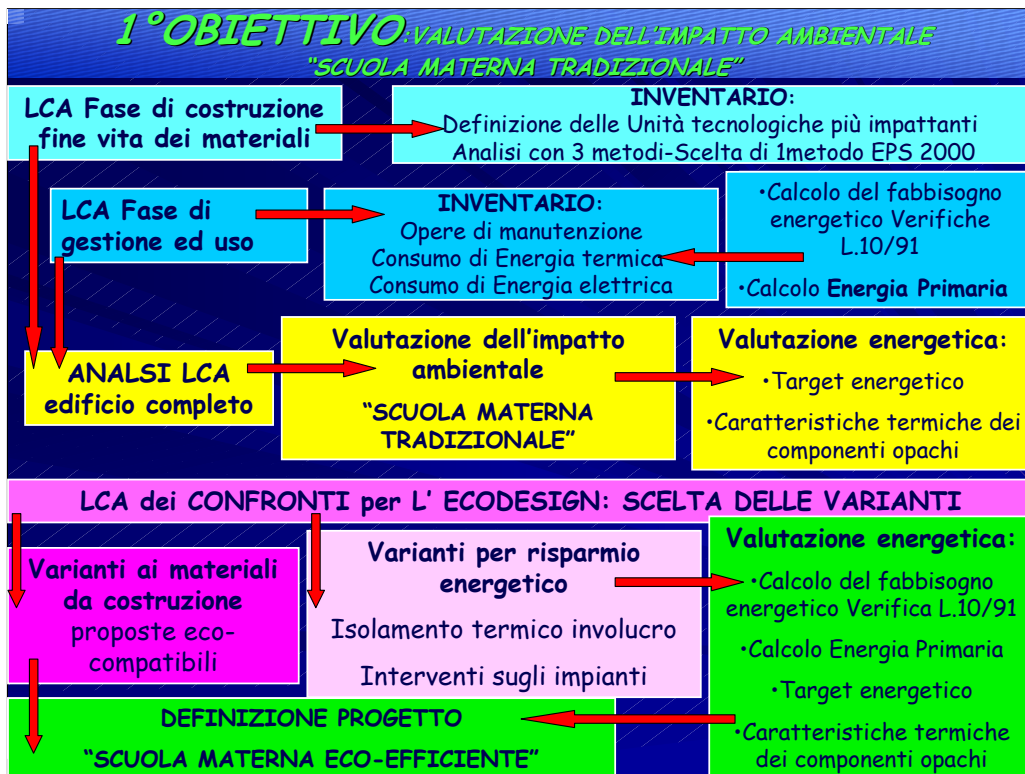
cinque importanti aziende: Bang & Olufsen A/S, Danfoss A/S, Gram A/S, Grundfos A/S e KEW A/S.

EDIP 96

Valutazione dell'impatto ambientale



Gli impatti vengono valutati per ricavare un valore univoco di danno in particolare facendo riferimento a delle previsioni



Lo svolgimento del lavoro per soddisfare il primo obiettivo, si sviluppa seguendo questo schema:

L'edificio è stato suddiviso in due fasi ,quindi effettuato l'LCA per la **fase di costruzione** nel quale sono stati applicati i tre metodi a disposizione. **La fase di gestione ed uso** in cui si è effettuato l'LCA sulla vita dell'edificio ipotizzata di 100 anni,contemplando tutte le opere di manutenzione ripetute in vari cicli,e tutti i consumi di energia previsti in questo arco di tempo.

Queste due fasi sono state unite nell'LCA totale dell' edificio per **l'intero ciclo di vita** costruzione-gestione ed uso-fine vita.

Per l'edificio è stata fatta la valutazione energetica definendo il **target energetico** per il riscaldamento in base al marchio "Casa Clima"istituito nella provincia autonoma di Bolzano definendo il relativo indice energetico e valutando le caratteristiche termiche dei componenti opachi dell'involucro.

In seguito si passa alla fase di **ECODESIGN** in cui l'LCA diventa uno strumento per effettuare dei confronti e scegliere le soluzione più ecocompatibili ,per quanto riguarda i materiali da costruzione e anche per quanto riguarda gli impianti.

Effettuate le scelte quindi definite le varianti si delinea il nuovo progetto "Scuola Materna Eco-efficiente".



Lo svolgimento del lavoro per soddisfare il secondo obiettivo, si sviluppa seguendo questo schema:

Avendo ottenuto due progetti confrontabili si utilizza l'LCA per valutare i miglioramenti ottenuti in quantità d'impatto ambientale, e costi economici.

Inoltre si valuta la riduzione del fabbisogno energetico secondo l'indice energetico del marchio "Casa Clima" e i miglioramenti ottenuti nelle prestazioni termiche dei componenti opachi dell'involucro.

Fase di Costruzione-materiali : Inventario



Fondazioni



Solaio contro terra



Involucro esterno



Tramezze interne



Soglie e bancali

Materiali

*I PROCESSI CREATI PER OGNI MATERIALE
COMPREDONO:*

- *L'ESTRAZIONE DELLA MATERIA PRIMA*
- *LA PRODUZIONE-LAVORAZIONE*
- *IL TRASPORTO IN CANTIERE*
- *IL FINE VITA (PER IL QUALE è STATO
ATTRIBUITO IL RICICLO DOVE POSSIBILE)*



Serramenti



Copertura



Pavimentazioni



Pilastri e travi in c.a.

L'INVENTARIO PER LA FASE DI COSTUZIONE: E' la fase dell'LCA più delicata e dispendiosa in termini di tempo. E' la parte contabile di raccolta ed elaborazione dati.

La valutazione di Impatto viene 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 da un sistema-prodotto lungo tutto la sua vita.

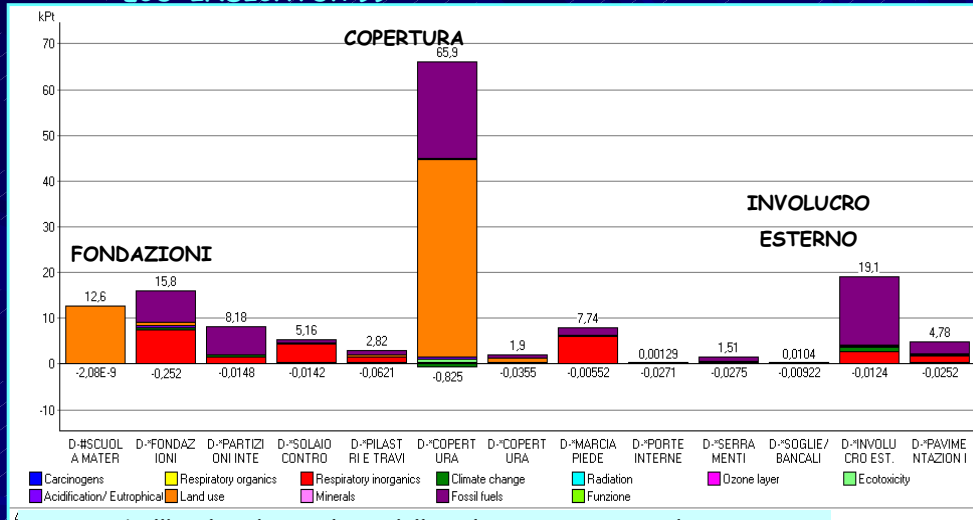
Vengono quindi identificati e quantificati i consumi di risorse(materia prime, prodotti riciclati, acqua), d'energia (elettrica e termica) e le emissioni in acqua, terra e suolo. Al termine la struttura dovrebbe apparire come un vero e proprio bilancio ambientale. La raccolta dei dati come anche la loro immissione nel codice di calcolo è di tipo iterativa infatti man mano che i dati vengono raccolti e diventano più approfonditi ed il sistema è meglio conosciuto, possono essere identificati nuovi requisiti, nuovo confini e quindi nuove unità di processo, che potranno comportare cambiamenti nelle procedure di raccolta dei dati, affinché siano ancora soddisfatti gli obiettivi dello studio.

Si suppone che l'edificio abbia un fine vita, ovvero che dopo un certo periodo di tempo venga demolito e i materiali che lo compongono vengano riciclati, mandati in discarica o inceneriti. A tale scopo, è stato creato il fine vita: riciclo materiale edile con discarica evitata, per il riciclo dei materiali da costruzione (esclusi quelli che hanno un loro trattamento specifico di riciclo), a questo si attribuisce un guadagno ambientale, costituito dal fatto che il rifiuto non viene smaltito in discarica, ma utilizzato per altri scopi.

Vengono effettuate in maniera schematica delle schede-prodotto degli elementi che costituiscono l'edificio, raggruppate per unità tecnologiche. Sono riportate le informazioni sui materiali, sulle materie prime principali usate per la produzione, sul processo produttivo stesso, sui trasporti e la dismissione a fine vita dei singoli materiali utilizzati le quantità, i loro pesi specifici, il loro costo. In particolare per quanto riguarda i materiali, viene indicata sia la natura e la produzione degli stessi così come da computo metrico, sia la relativa schematizzazione fornita dalla banca dati.

Fase di costruzione: Analisi LCA con 3 metodi

ECO-INDICATOR 99



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

Il danno totale vale 1.44 KPt dovuti :

- per il 45,13% alla Copertura edificio
- per il 13,22% a Involucro est. Perimetrale
- per l'10,8% Fondazioni

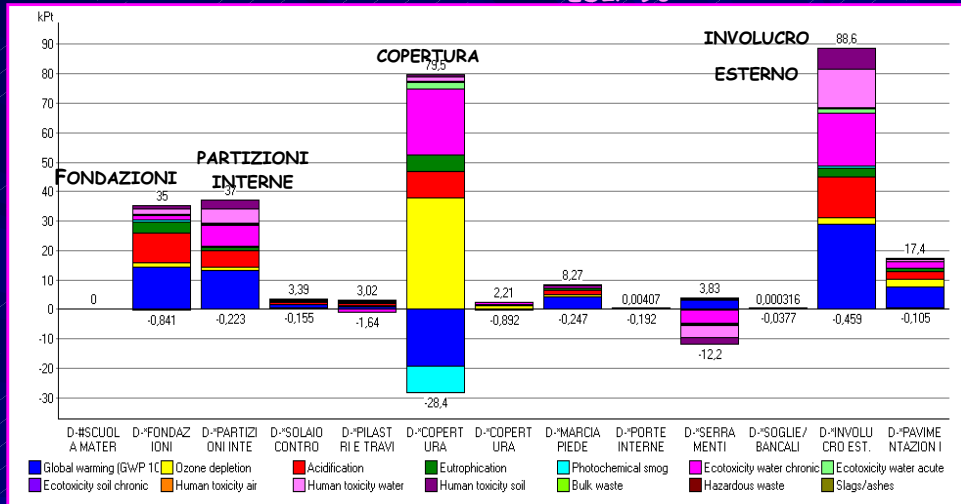
Analisi del processo D-SCUOLA MATERNA, che include la costruzione e il fine vita dell'edificio, effettuata usando il **metodo Eco-Indicator 99**.

Da questa analisi si evince che con il metodo Eco-indicator 99 le unità tecnologiche che impattano maggiormente sono in primo luogo i materiali della copertura e quindi: il legno, la guaina ardesiata e il polistirene dell'isolamento termico.

Per quanto riguarda il legno, bisogna rilevare che questo metodo attribuisce in peso molto elevato all'uso del territorio e quindi al disboscamento, questo spiega come emerge in modo preponderante il processo Copertura edificio, come unità tecnologica più impattante, superiore ad altre unità tecnologiche a cui gli altri metodi attribuiscono un danno maggiore.

Fase di costruzione: Analisi LCA con 3 metodi

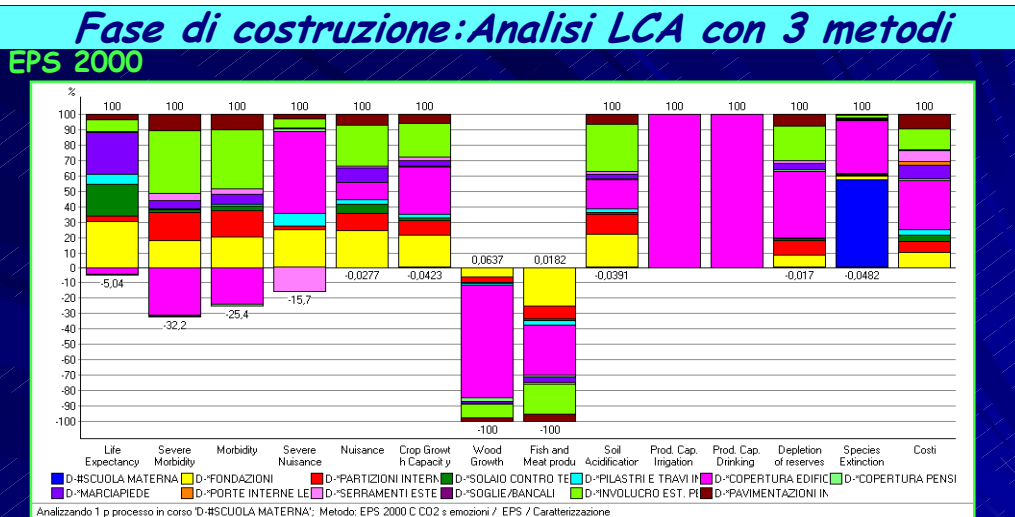
EDIP 96



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
Il danno totale vale 2.33 KPt dovuto
per il 37.85% a Involucro est. perimetrale
per il 21.98% a Copertura edificio
per il 14.68% a Fondazioni
per il 15.78% a Partizioni interne

Analisi del processo D-SCUOLA MATERNA, che include la costruzione e il fine vita dell'edificio, effettuata usando il **metodo EDIP 96**.

Da questa analisi si evince che con il metodo EDIP 96 le unità tecnologiche che impattano maggiormente sono in primo luogo i materiali che compongono l'involucro esterno a causa della CO2 emessa nella produzione, cottura dei mattoni e nella loro lavorazione, e anche per il polistirene presente nell'impasto .



- Dall'analisi dei risultati della **caratterizzazione** si nota che nelle categorie di danno:
- **Salute Umana** il danno vale 3,15E5 Person Yr (causa polistirene dei mattoni)
 - **Capacità Produttiva dell'ecosistema:** le categorie di impatto Capacità di crescita del legno e Produzione di pesce e bestiame presentano un danno evitato dovuto alla CO2 assorbita dal legno per effetto della fotosintesi
 - **Risorse** il danno vale 2.51E5 ELU (causa cottura mattoni)
 - **Biodiversità** il danno vale 9.41E-8 NEX (causa occupazione suolo dell'edificio)

Analisi del processo D-SCUOLA MATERNA, che include la costruzione e il fine vita dell'edificio, effettuata usando il **metodo EPS 2000**.

Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che nelle categorie di danno:

Human Health il danno vale 3,15E5 Person Yr.

§ La categoria d'impatto che produce il danno massimo è **Nuisance** (25,2 Person Yr) dovuto per il 23,86% a SOx (per l'46,71% in Involucro esterno a causa del del Polistirene presente nei mattoni , per il 19,52% a NOx(gas NO2) (per il 14,75% in Copertura edificio), e per il 19,17% a dust(SPM) (per il 47,12% in Fondazioni) In questa categoria d'impatto il danno è dovuto per il 26,80% a Involucro esterno e per il 24,25% a Partizioni interne. Nella categoria d'impatto **Life expectancy** (3,49 Person Yr) il danno è dovuto per il 87,77% a dust(SPM) e per il 30,60% alla CO2 (per il 62,30% in Copertura edificio a causa della combustione degli scarti di lavorazione del legno. In questa categoria il danno è dovuto per il 31,86% a Fondazioni e 28,93% a Marciapiede.

Ecosystem Production Capacity :

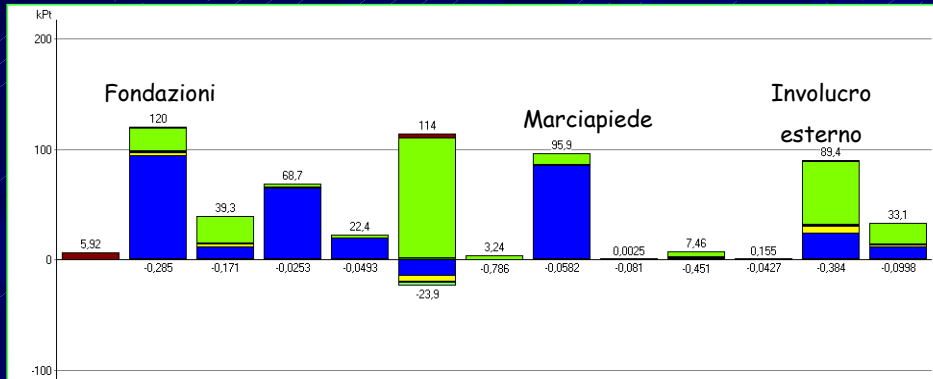
§ le categorie di impatto **Wood Growth Capacity** e **Fish and Meat Production** presentano un danno evitato. Nella prima si ha un danno evitato (equivalente ad una quantità di legno prodotta) di -1,04E5 kg dovuto per il -51,86% a CO2 (per il 62,30% in Copertura edificio principalmente a causa della CO2 prodotta dalla combustione degli scarti di lavorazione del legno) e per il -39,62% a CO2(non-fossili) (per il 95,56% in Copertura edificio principalmente a causa della CO2 assorbita dal legno per effetto della fotosintesi). In **Fish and Meat Production** il danno evitato (equivalente ad una quantità di pesce e carne prodotta), pari a -102 kg, è dovuto per il -99,64% agli ossidi di azoto (per il -74,5% (NOx(gas NO2) in Copertura edificio (principalmente a causa del processo Truck 16t ETH relativo al trasporto del legno nel processo pacchetto traspirante), per il -80,98%(NOx) in Involucro est. Perimetrale (principalmente a causa del processo Barge I nella produzione del cemento) e per il 67,03%(NO2) in Fondazioni a causa della produzione del bitume (Air traffic intercontinental I). Nelle categorie d'impatto **Prod. Cap. Irrigation Water** e **Prod. Cap. Drinking water** si ha un danno di 1,41E7 kg di acqua dovuto per l'80,99% in Involucro est. Perimetrale a causa della produzione della sabbia (Sand I). In **Soil Acidification** si ha un danno di 6,6E3 H+eq. dovuto per il 34,25% all'emissione di NOx (gas NO2) (per l'74,5% in Copertura edificio). In **Crop Growth Capacity** si ha un danno di 2,83E3 kg dovuto per il 78,54% agli ossidi di azoto.

Abiotic Stock Resources il danno vale 2,51E5 ELU dovuto al natural gas ETH per il 25,75% (per il 37,23% in Involucro est. Perimetrale a causa della cottura dei mattoni) e a crude oil ETH per il 19,18% (per il 78,02% in Copertura edificio a causa dei trasporti e dell'essiccazione del legno). I processi che producono il maggiore danno sono la Copertura edificio per il 43,12% (dovuto per il 35,24% a crude oil ETH in Diesel stock Europe I nei trasporti e in Heat oil(EL,CH) B250 nell'essiccazione del legno e l'Involucro est. Perimetrale per il 22,69% (dovuto per il 35,24% a Natural gas ETH in Heat gas B250 nella cottura dei mattoni).

Species Extinction il danno vale 9,41E-8 NEX dovuto per il 57,21% a Occupation as urban land (cioè l'occupazione del suolo dell'edificio) e per il 33,30% a forestry spruce (per il 93,36% in Copertura edificio principalmente a causa della coltivazione del legno)

Fase di costruzione: Analisi LCA con 3 metodi

EPS 2000



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

- Il danno totale vale 5.73 KPt dovuto:
- per il 20.86% a Fondazioni
- per il 16.73% a Marciapiede
- per il 15.55% a Involucro est. Perimetrale

La categoria di danno che produce il maggior danno è Salute Umana

La categoria di danno Capacità Produttiva dell'ecosistema presenta un danno evitato alla copertura in legno

Analisi del processo D-SCUOLA MATERNA, che include la costruzione e il fine vita dell'edificio, effettuata usando il **metodo EPS 2000**.

In conclusione, da questa analisi si evince che con il metodo EPS 2000 le unità tecnologiche che impattano maggiormente sono in primo luogo i materiali che compongono le fondazioni a causa delle polveri del cemento. In secondo luogo è molto impattante l'involucro esterno a causa della CO₂ emessa nella cottura dei mattoni e del Polistirene contenuto nell'impasto. Per quanto riguarda la copertura, bisogna rilevare che questo metodo attribuisce un danno evitato alla copertura considerando l'uso del legno rispetto ad altri materiali meno impattante.

Dopo aver valutato l'analisi dello stesso processo con i tre metodi si decide di proseguire utilizzando un solo metodo precisando che:

- a livello internazionale non è mai stata effettuata una scelta tra tutti i metodi disponibili per l'analisi dell'LCA non esiste un metodo Italiano né una banca dati Italiana, 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 Foresty spruce (legno) il primo metodo valuta tale danno circa 10 volte 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 al 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).

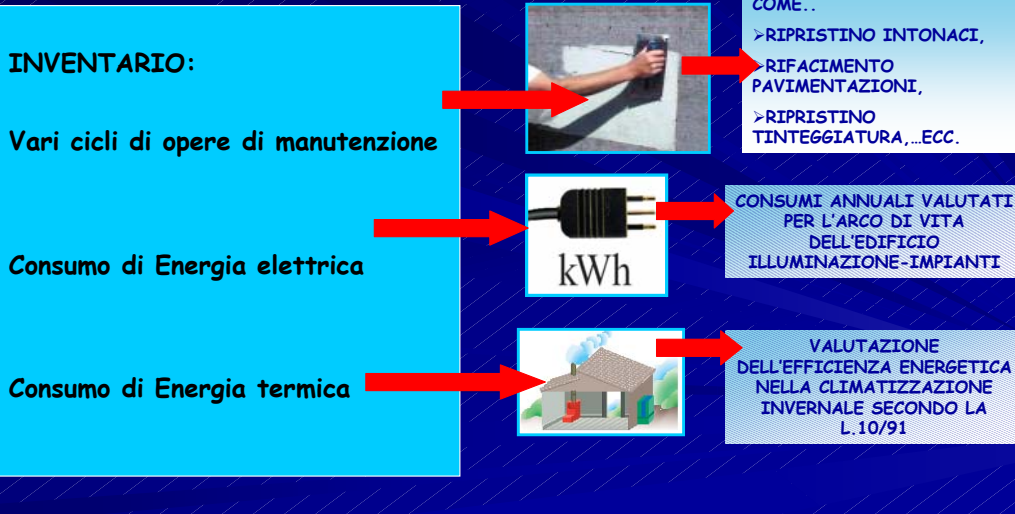
- Per ovviare a tale danno si potrebbe pensare di creare la piantagione in modo tale da ricreare in modo completo anche parte della vegetazione restante.

Per tali motivi si sceglie di proseguire lo studio con il metodo EPS 2000.

Fase di Gestione-uso:Inventario

Dopo la costruzione di un edificio il suo ciclo di vita è completato dalla sua gestione nel tempo. Viene quindi presa in considerazione la fase d'USO e Gestione

IPOTESI DI VITA 100 ANNI



L'INVENTARIO PER LA FASE DI GESTIONE ED USO: Come per la fase di costruzione, anche in questa fase si andrà a definire un inventario, per effettuare l'analisi dell' LCA.

Viene considerata la fase dell' uso dell'edificio, in quanto dopo la costruzione di un edificio il suo ciclo di vita è completato dalla sua gestione nel tempo.

Sono stati quindi creati e presi in considerazione i processi relativi agli ipotetici interventi di manutenzione ordinaria nel periodo di vita del edificio e le quantità di energie utilizzate per il riscaldamento e l'illuminazione.

I dati raccolti in questa fase riguardano i consumi dell'edificio.

E' stato ipotizzato una vita dei questo edificio pari a 100 anni, quindi il calcolo del suo utilizzo sarà fatto in relazione a questa ipotesi.

Per la determinazione dei consumi di energia termica si utilizzerà il programma di calcolo "RECAL 10" si verificherà la legge 10/91 e si determinerà il fabbisogno energetico annuale dell'edificio, utilizzando il dato sull'energia primaria per L'CA, valutato per i 100 anni di vita.

Per quanto riguarda il consumo di energia elettrica, dal capitolato di costruzione, dalla relazione tecnica dell'elettricista si sono stabiliti i consumi annuali dell'edificio valutandoli poi per i 100 anni .

Fase di Gestione-uso: Calcolo del fabbisogno energetico

EFFICIENZA ENERGETICA=

PRESTAZIONE DI UN BENE
O SERVIZIO

ENERGIA NECESSARIA PER
PRODURRE IL BENE O IL
SERVIZIO



EFFICIENZA ENERGETICA
NELLA CLIMATIZZAZIONE
INVERNALE
L.10/91

Grazie all'emanazione della Legge 10/91, tutti gli edifici di nuova costruzione o da ristrutturare sono sottoposti alle prescrizioni in materia di risparmio energetico e di uso razionale dell'energia

La legge impone 3 verifiche:

$Cd < Cd_{lim}$ (la verifica sul coefficiente di dispersione volumico dell'involucro)

$\eta_g > \eta_{g_{lim}}$ (la verifica sul rendimento globale medio stagionale nel periodo di riscaldamento)

$F.E.N. < F.E.N._{lim}$ (la verifica sul fabbisogno energetico normalizzato)

Queste verifiche sono state effettuate mediante
l'uso del software RECAL 10

Calcolo di Energia primaria consumata nella vita
dell'edificio

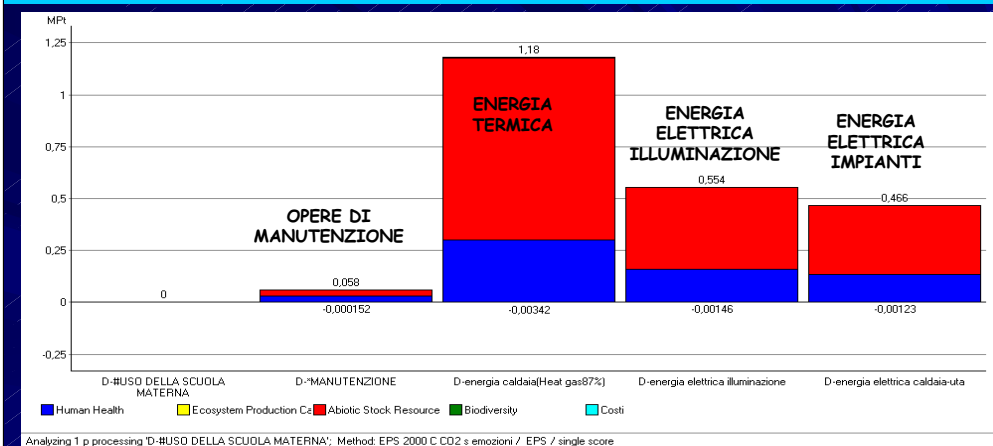
La valutazione dell'efficienza energetica degli edifici, è oggetto negli ultimi tempi di molta attenzione da parte del settore edilizio.

La Legge n.10 del 09/01/1991 (Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili di energia) ed i decreti attuativi ad essa collegati, hanno sostanzialmente modificato il quadro normativo riguardante la progettazione del sistema edificio-impianto termico.

In particolare il D.P.R. 412 del 26/08/1993 e il Decreto del Ministero dell'Industria del 13/12/1993 hanno definito i vincoli da rispettare nel progetto e nella relazione tecnica da depositare al Comune prima dell'inizio dei lavori.

La legge 10/91 molto innovativa relativamente ai principi generali per l'epoca della sua emanazione, è stata largamente disattesa nella sua applicazione pratica.

Fase di Gestione ed uso: Analisi LCA



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

Il danno totale vale 2.27 MPt dovuto

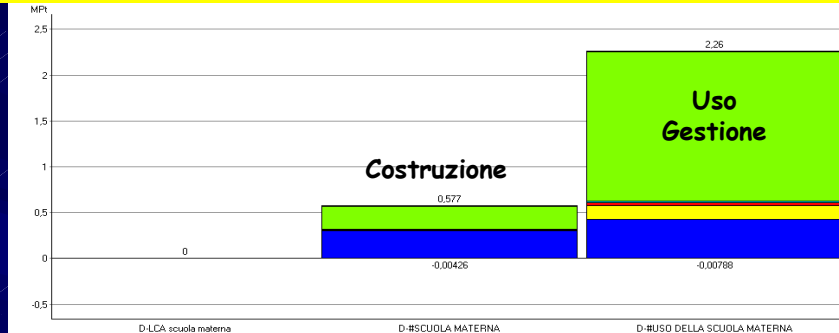
- per il 52.7% a energia termica prodotta dalla caldaia a gas
- per il 24.45% a energia elettrica prodotta da illuminazione
- per il 20.45% a energia elettrica impianti

Si riporta il processo, *D-USO DELLA SCUOLA MATERNA*, nel quale sono comprese tutti i consumi dell'edificio in 100 anni e sul quale si procederà a fare l'analisi dell'LCA utilizzando il metodo EPS 2000.

In conclusione dall'analisi dell'uso dell'edificio, si rileva, come appare chiaramente nel diagramma della valutazione per singolo punteggio, che il danno maggiore è prodotto dall'energia termica prodotta dalla caldaia quindi dall'uso di gas, che prevale sugli altri processi analizzati, sarà quindi fondamentale intervenire su questo per ridurre questo impatto ambientale.

ANALISI CICLO DI VITA COMPLETO-EDIFICIO

LCA Valutazione dell'impatto ambientale "SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE"



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
Il danno ambientale totale vale 2.84 MPt dovuto
per il 79.87% alla Fase dell'uso
per il 20.13% alla Fase di costruzione

Dall'analisi del ciclo di vita completo sono stati individuati i processi che nell'arco dei 100 anni di vita dell'edificio producono il massimo danno ed è emerso come il danno ambientale totale sia causato per il 79,87 % alla fase dell'Uso dell'edificio e solo in misura minore dalla fase di costruzione

Una volta osservati i risultati relativi all'LCA della produzione dei materiali quindi alla fase di costruzione della scuola materna e i risultati relativi all'LCA della fase del suo uso in 100 anni è stata effettuata l'analisi del ciclo di vita completo (Costruzione+Uso).

Nell'analisi (valutata con il metodo EPS 2000) si è tenuto conto di tutti i processi legati alla realizzazione dell'edificio, dall'estrazione al fine vita e riciclo dei materiali, alle energie legate alla produzione e ai trasporti, e i consumi energetici legati al riscaldamento in base al calcolo del fabbisogno energetico secondo la legge 10/91, con l'obiettivo di evidenziare in quale fase un edificio ha un impatto maggiore sull'ambiente.

Dall'analisi del ciclo di vita completo sono stati individuati i processi che nell'arco dei 100 anni di vita della Scuola Materna producono il massimo danno ed è emerso come il danno totale sia causato per il **79,87 %** all'Uso dell'edificio (opere di manutenzione, consumo di energia per il riscaldamento e per l'illuminazione) e solo in misura minore dalla costruzione.

Valutazione energetica: Definizione Target Energetico

Progettare un edificio Ambientalmente ed Energeticamente responsabile significa definire anche il suo Target Energetico:

Dal punto di vista legislativo e normativo

siamo in attesa dell'emanazione del decreto per il recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE, sul tema della

Certificazione Energetica degli edifici

In Italia, sono state avviate iniziative livello regionale

Nella Provincia Autonoma di Bolzano, per definire energeticamente gli edifici si usa un indicatore che rappresenta il consumo annuale di energia riferito alla superficie di edificio riscaldata ed espresso in kWh/m²a.

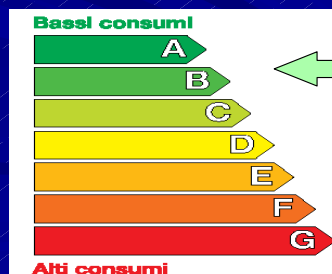
Sulla base di tale indicatore si classificano edifici ad

alta efficienza energetica quelli a

basso consumo energetico cioè con un consumo energetico

per il riscaldamento compreso tra

25 e 70 kWh/m²a.



Si parla di certificazione energetica degli edifici e sulla spinta delle tendenze Europee anche in Italia, iniziative livello regionale sono state avviate per la certificazione e i relativi indicatori energetici.

In attesa dell'emanazione delle norme mancanti per il recepimento della Direttiva Europea, sul tema della Certificazione Energetica degli edifici si farà riferimento alla classificazione della Provincia autonoma di Bolzano e il marchio "Casa Clima".

Per definire energeticamente gli edifici si usa un indicatore che rappresenta il consumo annuale di energia riferito alla superficie di edificio riscaldata ed espresso in kWh/m²a.

Tale parametro si riferisce all'energia consumata per il riscaldamento relazionata alla superficie netta dei locali riscaldati.

Sulla base di tale indicatore si classificano edifici ad alta efficienza energetica quelli a **basso consumo energetico** cioè con un consumo energetico per il riscaldamento compreso tra 25 e 70 kWh/m²a.

E' stata fatta la valutazione per la "Scuola Materna Tradizionale" e nonostante sia una costruzione recente e qualitativa sotto molti aspetti, questo è un valore troppo alto che la classifica tra gli edifici ad alto fabbisogno energetico.

Valutazione energetica:


Un edificio costruito prima della L.10/91 poteva consumare anche **250 kWh/m²a**

In seguito all'emanazione della legge i consumi si sono ridotti intorno a **110/150 kWh/m²a**.

L'esigenza è quella di arrivare al raggiungimento di target energetici ancora migliori **30 kWh/m²a** o come nel caso di Passivhouse a **15 kWh/m²a**

Per questo studio si farà riferimento alla classificazione della Provincia Autonoma di Bolzano e il marchio "Casa Clima"

	CATEGORIA DI CONSUMO DI CALORE	INDICE TERMICO DELL'EDIFICIO	
La classe A edifici con il più basso fabbisogno energetico	A	≤ 30 kWh/m ² a	LA "SCUOLA MATERNA TRADIZIONALE"
	B	≤ 50 kWh/m ² a	
	C	≤ 70 kWh/m ² a	
	D	≤ 90 kWh/m ² a	
la classe G indica gli edifici con il più alto fabbisogno energetico	E	≤ 120 kWh/m ² a	CLASSE E 96 Kwh/m ² a
	F	≤ 160 kWh/m ² a	
	G	> 160 kWh/m ² a	



Si valuta il contesto della politica energetica attuale, quindi l'impegno dell'Italia per il rispetto del protocollo di Kyoto le relative linee guida che propongono di risparmiare energia migliorando l'**efficienza energetica** degli edifici ossia adottare particolari attenzioni: progettare edifici che a parità di prestazioni abbiano un valore più basso possibile di consumi energetici, in questa direzione è la preparazione decreti applicativi dell'articolo 4, finalizzati alla definizione di limiti prestazionali relativi ai consumi energetici e alle proprietà fisico-tecniche dell'involucro, quindi la definizione di indicatori prestazionali comprensibili con soglie massime raggiungibili, soluzioni costruttive e tecnologiche esemplificative, modalità di calcolo e di verifica dei risultati.

A conclusione di questa prima parte dello studio e in seguito ai risultati ottenuti è stata valutata la possibilità di intervenire principalmente sulla riduzione dei consumi energetici individuando anche quali componenti edilizi possono essere modificati per migliorare le caratteristiche prestazionali dell'edificio e quindi ridurre il danno ambientale.



FASE DI ECODESIG:

Si utilizzerà l'LCA come strumento di confronto tra diversi materiali aventi la stessa funzione e come strumento propositivo per determinare le varianti che andranno introdotte nel progetto "scuola materna eco-efficiente".

Questa utilizzazione, chiamata ecodesign, permette di progettare elementi costruttivi, con minor impatto sull'ambiente, grazie alla ricerca di materiali presenti sul mercato capaci di rispondere a requisiti di ecocompatibilità o d' impatto ambientale ridotto.

I risultati delle analisi del LCA, effettuato sulla fase di costruzione, hanno evidenziato le unità tecnologiche che impattano maggiormente sull'ambiente. Per migliorare questa situazione si andranno ad eseguire gli LCA dei confronti tra gli stessi pacchetti costruttivi, realizzati con materiali consigliabili per la realizzazione di edifici che rispondano a requisiti di ecosostenibilità.

L'Ecodesign viene utilizzato anche come guida per ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio intervenendo su isolamento termico, sul generatore di calore e introducendo un recuperatore di calore nell'impianto di ventilazione.

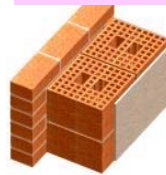
LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

Interventi sull'involucro esterno:



Mattoni faccia a vista
Laterizio alleggerito con pasta di EPS
Intonaco calce cemento

Setto murario 1



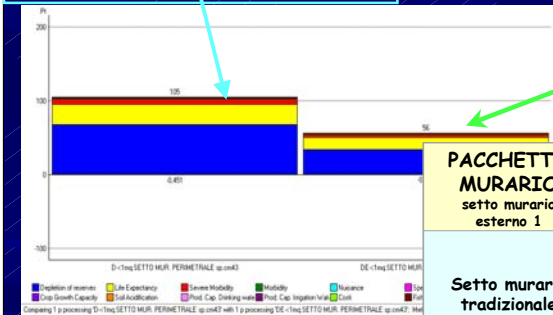
Unità funzionale: 1 mq



Materiale inserito ex-novo in banca dati grazie alla collaborazione della ditta Fornaci di Manzano-prodotto MICROTON



Mattoni faccia a vista
Laterizio alleggerito con pasta di segatura di legno
Intonaco d'argilla grezzo con fibre di legno



PACCHETTO MURARIO setto murario esterno 1	TRASMITTANZA W/m²K	DANNO AMBIENTALE Pt
Setto murario tradizionale	0.97 W/m²K	104 Pt
Setto murario eco	0.52 W/m²K	55.7 Pt

Dall'analisi dei risultati della valutazione il Setto murario eco produce un danno tradizionale del **46%**

Il confronto viene svolto considerando per 1 mq il pacchetto costruttivo o materiale in oggetto mantenendo lo stesso spessore e la stessa stratigrafia, andando poi a privilegiare quello con minor impatto ambientale e migliore valore di trasmittanza.

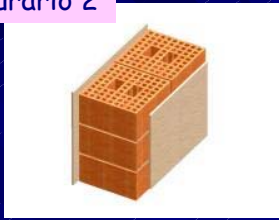
Questo tipo di pacchetto murario, "setto murario 1" è presente in quasi tutto il perimetro dell' edificio, la scelta è stata quella di lasciare invariato il rivestimento in mattoni faccia a vista, in quanto caratterizzante del luogo, e usato come cappotto esterno contribuisce all'eliminazione dei ponti termici. Il confronto riguarda il blocco di laterizio e l'intonaco, privilegiando quello di minor impatto ambientale e con miglior valore di trasmittanza termica.

LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

Setto murario 2



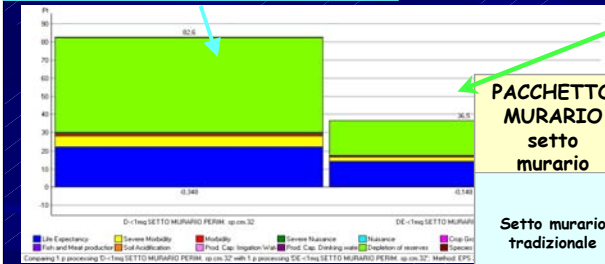
Laterizio alleggerito con pasta di EPS
Intonaco calce cemento entrambi i lati



Unità funzionale: 1 mq



Laterizio alleggerito con pasta di segatura di legno
Intonaco d'argilla grezzo con fibre di legno entrambi i lati



Dall'analisi dei risultati della valuta
si nota che:
il *Setto murario eco* produce un
danno minore di quello tradizionale
del **55%**

PACCHETTO MURARIO setto murario	TRASMITTANZA W/m ² K	DANNO AMBIENTALE Pt
Setto murario tradizionale	0.88 W/m ² K	82,2 Pt
Setto murario eco	0.56 W/m ² K	34.6 Pt

Questo tipo di pacchetto murario "setto murario 2" è presente in minima parte nel perimetro dell'edificio. Il confronto riguarda il blocco di laterizio e l'intonaco, mantenendo le stesse quantità e spessore totale, privilegiando quello di minor impatto ambientale e con miglior valore di trasmittanza termica.

LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

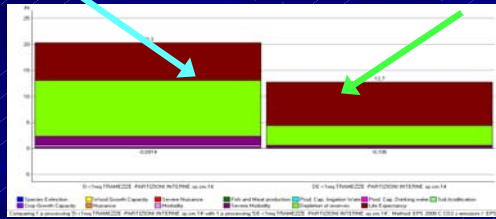
Interventi sulle partizioni interne



Mattoni laterizio forati
Intonaco calce cemento



Mattoni in terra cruda
Intonaco d'argilla grezzo con
fibra di legno



*Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
La Partizione interna eco (12.6 Pt) produce un danno
ambientale minore del 20% di quella tradizionale (20.2 Pt)*

La terra cruda ha una
alta inerzia termica
è completamente
riciclabile
ha eccellenti capacità
termoacustiche
ottima regolazione
dell'umidità
è economica

Unità funzionale: 1 mq

Si propone il confronto per le tramezzature interne presenti nel progetto, come esempio si considera il pacchetto murario da 14 cm., ma nel progetto eco-efficiente, si andranno a sostituire anche per altri spessori i mattoni in terra cruda, e l'intonaco d'argilla.

Esistono mattoni in terra cruda alleggeriti di vari spessori, per diversi usi.

Tale sostituzione prevede l'utilizzo di una malta d'allettamento d'argilla e di un intonaco interno anch'esso a base di argilla.

Questi mattoni nel caso delle tramezze interne, possono sostituire il laterizio forato che ha un considerevole dispendio di energia, in quanto una costruzione con mattoni di terra cruda usa il 5% di energia primaria utilizzata per una costruzione "tradizionale".

Il ciclo di produzione, elaborazione e riutilizzo si svolge a livello regionale e non inquina l'ambiente. Da notare anche che questi mattoni sono completamente riciclabili.

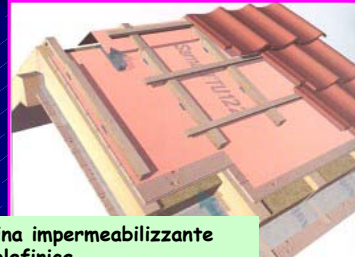
Prevedere in un progetto anche solo le tramezzature interne utilizzando mattoni in terra cruda, significa regolare l'umidità degli ambienti e rendere il clima interno più sano, inoltre sono accumulatori di calore in inverno e mantengono temperature fresche in estate, hanno eccellenti capacità di isolamento acustico ed è un materiale da costruzione economico, che può contribuire notevolmente a ridurre il bilancio totale di un edificio eco-compatibile.

LCA dei CONFRONTI per L' ECODESIGN: materiali

Intervento sulla copertura

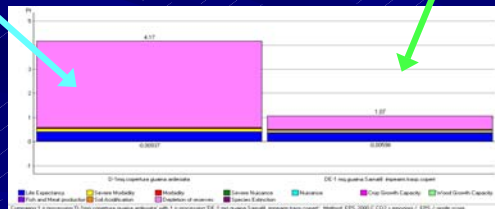


Guaina impermeabilizzante bituminosa ardesiata



Guaina impermeabilizzante Poliolefinica

Materiale inserito ex-novo in banca dati grazie alla collaborazione della ditta SARNAFIL



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
La Guaina eco(1.06Pt) produce un danno minore di quella tradizionale(4.16 Pt)

Guaina Poliolefinica produce un danno ambientale inferiore del 74% alla Guaina ardesiata

Unità funzionale: 1 mq

Si mettono a confronto 2 tipi di guaine impermeabilizzanti per la copertura. Questa volta l'ecodesign è utilizzato per valutare l'ecocompatibilità di un solo materiale, sempre utilizzando come unità funzionale 1 mq.

Si valuta una comune guaina ardesiata e una guaina poliolefinica, la qualità ecologica di quest'ultima è data dalla completa riciclabilità del prodotto.

LCA-CONFRONTI - ECODESIGN: *teso al risparmio energetico* **Implementazione delle prestazioni termiche dell'involucro**

Un edificio disperde energia per trasmissione dal suo involucro

Al fine della riduzione dei consumi energetici e del raggiungimento del confort termico, presenta una importanza rilevante intervenire sul valore di trasmittanza del componente e sul controllo dei ponti termici

Definiti i pacchetti costruttivi eco-compatibili

Nell'edificio "Tradizionale" l'isolamento è presente solo nel Solaio contro terra e in copertura con pannelli di polistirene, e nell'involucro solo per il contributo fornito dal blocco di laterizio porizzato



Isolamento Copertura: Pannelli di Polistirene



Isolamento Solaio contro terra: Pannelli di Polistirene



La resistenza termica del componente si migliora grazie alla posa in opera di opportuni spessori di isolanti termici, si valuterà a parità di trasmittanza il materiale più ecocompatibile

E' importantissimo progettare edifici a basso consumo energetico in linea con la Direttiva Europea 2002/91/CE , focalizzando l'attenzione sull'isolamento dell'involucro dell'edificio .

Di tutta l'energia utilizzata per riscaldare un edificio durante la stagione invernale una buona parte viene dispersa dalle pareti, dal tetto, dalle finestre e una parte dalla caldaia. Prevedendo l'introduzione dell'isolamento termico fin dalla fase di progetto è possibile ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento e contribuire allo sforzo nazionale di riduzione delle immissioni di gas inquinanti, risparmiando fino al 40 % sulle spese per il riscaldamento.

Si deve progettare nell'ottica di edificio come "contenitore termicamente isolato", praticamente adiabatico, capace di ritenere a lungo, e con i dovuti ricambi ,l'aria calda durante i mesi invernali e l'aria fresca durante i mesi estivi, prevedendo, con scambiatori, un elevato recupero energetico.

LCA-CONFRONTI per L' ECODESIGN: risparmio energetico

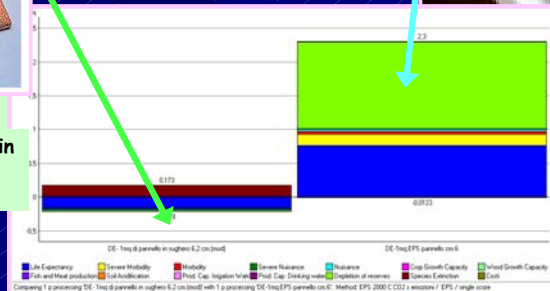
Isolanti termici:



Pannelli di sughero

Materiale inserito ex-novo in banca dati grazie alla collaborazione della LIS

Pannelli di Polistirene



*Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
Il pannello di sughero fornisce un danno evitato pari a -0.045 Pt. Tale danno evitato rappresenta anche il costo ambientale evitato dal pannello di sughero. Il pannello di EPS produce un danno di 2.29Pt
Il pannello di sughero produce un danno inferiore del 98% al pannello di Polistirene*

Si valuta in base ai risultati dell'LCA del confronto tra i materiali utilizzati per l'isolamento termico presente nell'edificio "tradizionale", pannelli di polistirene e un materiale naturale, pannelli di sughero quale ha il minor impatto sull'ambiente a parità di trasmittanza.

Il consistente impiego di materiali non rinnovabili, il costo energetico della produzione, l'elevato impatto ambientale, la tossicità dei composti chimici contenuti, questi e altri motivi concorrono a determinare un bilancio ecologico molto negativo per i materiali per la coibentazione termoacustica di origine petrolchimica. Questi materiali possono liberare sostanze potenzialmente pericolose inoltre grazie alla loro struttura,impermeabilizzano l'edificio pregiudicando la traspirabilità contribuendo all'inquinamento indoor.

Un isolamento valido e biocompatibile dovrebbe ritardare i cambi di temperatura interni alla costruzione e contemporaneamente garantire alcune irrinunciabili caratteristiche

Criticato dunque l'impiego dei materiali che, grazie al loro costo relativamente basso e alla loro praticità, si sono diffusi in edilizia nel corso degli ultimi decenni, la bioedilizia preferisce l'impiego di isolanti termici ed acustici naturali ed ottenuti con ridotto impatto ambientale in fase di produzione.

Si tratta di sughero,fibra di legno,fibra di cocco,lana di cellulosa ,lana di lino,lana di pecora,feltro di juta ,materiali cioè che sono in grado di garantire delle buone qualità traspiranti.

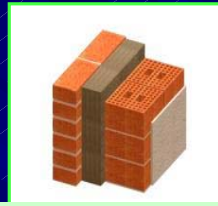
Introduzione dell'Isolamento Termico: risparmio energetico



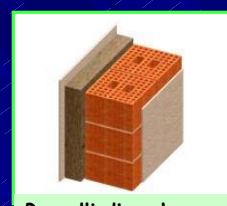
Pannelli di sughero
10 cm.copertura



Pannelli di sughero
10 cm.solaio contro
terra



Pannelli di sughero
8 cm.setto murario 1
a intercapedine



Pannelli di sughero
8 cm.setto murario 2
a cappotto

VALUTAZIONE DEI VALORI DI TRASMITTANZA

Tipo di struttura	Trasmittanze progetto tradizionale	Trasmittanze in progetto eco-efficiente
Involucro esterno verticale	0,97 W/m ² K 0,88 W/m ² K	0,264 W/m ² K 0,275 W/m ² K
Coperture	0,46 W/m ² K	0,329 W/m ² K
Solaio contro terra	0,20 W/m ² K	0,150 W/m ² K

L'imminente preparazione dei decreti applicativi dell'articolo 4 (L.10/91), finalizzati alla definizione di limiti prestazionali relativi ai consumi energetici e alle proprietà fisico-tecniche dell'involucro,

prevedono per le varie zone climatiche dei valori di **Trasmittanza limite** che andranno a sostituire l'attuale verifica sul

coefficiente di dispersione volumico dell'involucro, quindi diventa indispensabile prevedere valori di trasmittanza ridotti

Dall'LCA del confronto tra i pannelli isolanti si sceglie il sughero.

E' necessario per una corretta progettazione al fine di ridurre i consumi energetici, adottare l'iperisolamento delle strutture opache, quindi una scelta progettuale è quella di proporre per solaio contro terra e copertura uno spessore dei pannelli di sughero di 10 cm.

Dopo aver scelto in seguito ai risultati ottenuti dall' LCA dei confronti effettuati a parità di spessori dei pacchetti murari, le soluzioni meno impattanti , si vuole ridurre le la trasmittanza dei componenti opachi dell'involucro esterno.

Nonostante il grande spessore del muro perimetrale e la riduzione di ponti termici ottenuta dal rivestimento di mattoni faccia a vista, questi componenti hanno un valore di trasmittanza alto, questo dovuto al fatto che manca l'isolamento termico, se non per il contributo del blocco in laterizio.

Si ritiene che questo non sia sufficiente ad isolare correttamente la muratura quindi si propone l'introduzione di un forte spessore, cm 8 di un pannello di sughero .

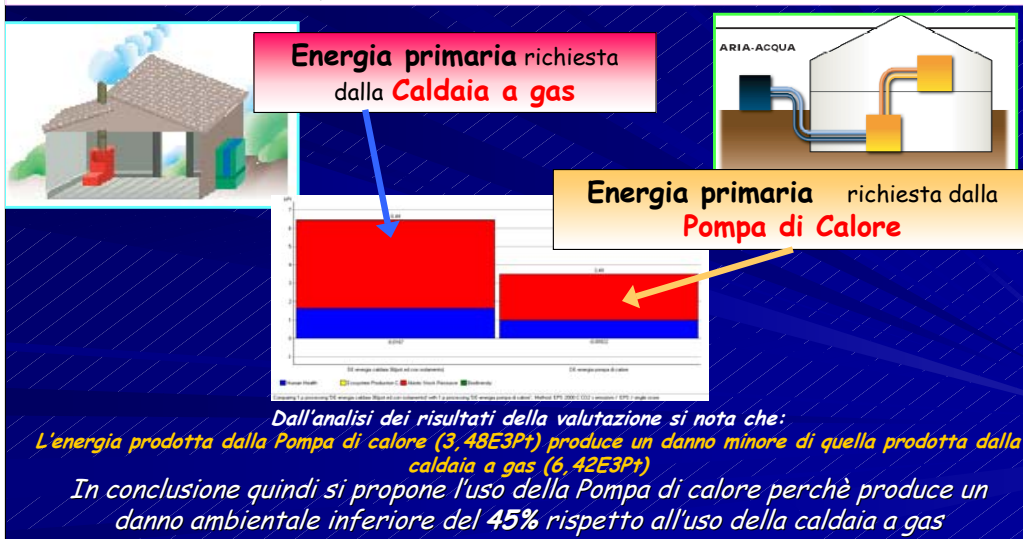
Per non variare la struttura esistente si prevede nel "setto murario 1", l'introduzione a intercapedine tra le due murature, e nel "setto murario 2" una tecnica a cappotto esterno, quindi il pannello isolante è posizionato sul lato esterno della muratura .

Si valutano i valori di trasmittanza ottenuti.

La scelta del sughero offre a parte il vantaggio ambientale anche un'ottima traspirazione alla parete, quindi il vapore attraversa la parete senza condensare

LCA-CONFRONTI per L' ECODESIGN: *risparmio energetico-varianti agli impianti*

E' stato determinato, per il periodo di riscaldamento invernale che in questo caso va dal 15 ottobre al 15 aprile secondo la Legge 10/91, il **fabbisogno energetico globale dell'edificio per unità di volume riscaldato e per grado giorno**,ottenendo una potenza dell'edificio da riscaldare



Un impianto termico è progettato sulla base di un bilancio tra energia entrante nell'edificio (energia sviluppata dal generatore di calore ed apporti derivanti da energia solare entrante e guadagni d'energia degli apparecchi interni e degli occupanti) ed energia uscente (perdite energetiche per trasmissione attraverso l'involucro, per ventilazione, per dispersione dell'impianto nelle fasi di produzione, regolazione, distribuzione ed emissione del calore). Un buon impianto termico dovrebbe provvedere a elevate richieste di comfort termico, ridotti costi e risparmio energetico.

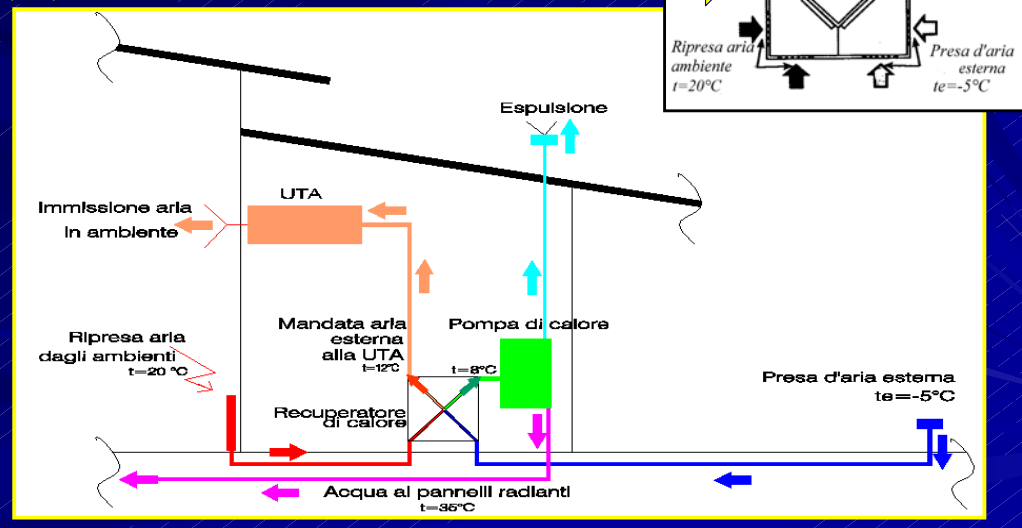
Tramite l'utilizzo del programma di calcolo "Recal 10" è stato determinato, per il periodo di riscaldamento invernale che nel nostro caso va dal 15 ottobre al 15 aprile secondo la Legge 10/91, il fabbisogno energetico globale dell'edificio per unità di volume riscaldato e per grado giorno. Tale calcolo viene effettuato in base alle procedure fornite dalle specifiche norme UNI (da 10344 ad UNI 10349). Dopo aver scelto le varianti riguardanti i pacchetti murari eco-compatibili, aver introdotto l'iper -isolamento dell'involucro dell'edificio si ottiene dal software una potenza dell'edificio da riscaldare, sicuramente molto inferiore a quella dell'edificio "tradizionale".

Si propongono varianti possibili da portare a compimento per quanto riguarda l'ottimizzazione dell'uso dell'energia termica per il riscaldamento. Si vuole valutare, a parità di potenza da erogare, l'impatto ambientale dell'energia prodotta da una caldaia a gas a condensazione, e quella prodotta da una pompa di calore. L'efficienza di una pompa di calore consiste nello spendere un solo kWh di energia elettrica, ottenendo 3-4 kWh di energia termica, la differenza viene fornita gratuitamente dal sottosuolo.

Dall'analisi dei risultati si nota quindi che l'impianto di riscaldamento con pompa di calore (aria-acqua) produce un danno minore in tutte le categorie di impatto per lo stesso arco di tempo, per far funzionare la caldaia. In conclusione quindi si propone l'uso della Pompa di calore perchè produce un danno ambientale inferiore del **45%** rispetto all'uso della caldaia a gas.L'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque;tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente fredda.Per questo motivo si propone di utilizzare il recupero dell'aria viziata come sorgente fredda per la pompa di calore ,come sarà successivamente spiegato.

Varianti agli Impianti- Introduzione di un recuperatore di calore a flussi incrociati (aria-aria) nell'imp. di ventilazione

L'aria esterna sarà preriscaldata attraverso il Recuperatore a spese dell'energia termica dell'aria di ripresa dagli ambienti, la quale dopo aver ceduto parte della sua energia, viene poi utilizzata come sorgente fredda della pompa di calore



Essendo un edificio adibito ad uso pubblico, è presente un impianto di ventilazione, come suggerisce la legge 10/91, dovrebbe essere affiancato da un recuperatore di calore per l'impianto UTA.

Una scelta progettuale è quella di introdurre questo recupero del calore.

La macchina termoventilante dell'impianto UTA immette l'aria, distribuita in ambiente tramite canali circolari in lamiera zincata, una parte dell'aria, viene estratta all'esterno dai ventilatori di espulsione attraverso i servizi igienici e una parte espulsa da porte e finestre.

Si predispongono un ventilatore di ripresa in coda alla macchina termoventilante che riprende una quantità d'aria attraverso un sistema di condotte, in PVC, posizionate sotto il pavimento. L'aria esterna sarà preriscaldata attraverso il recuperatore a spese dell'energia termica dell'aria di ripresa dagli ambienti.

L'aria ripresa dagli ambienti, dopo aver ceduto parte della sua energia, viene poi utilizzata come sorgente fredda della pompa di calore, questa prelevando aria alla temperatura di 8°C/10°C fornirà acqua ad una temperatura pari a 35°C che andrà poi ai pannelli radianti a pavimento per il riscaldamento dell'edificio.

DEFINIZIONE PROGETTO "SCUOLA MATERNA ECO-EFFICIENTE"



Si andranno a illustrare i componenti scelti per quello che sarà il progetto "scuola materna eco-efficiente".

In primo luogo nella fase riguardante i materiali di costruzione, poi si illustrerà il secondo passo effettuato introducendo lo strato isolante e infine si illustreranno i vantaggi calcolati con il programma di calcolo "RECAL 10" che fornirà il nuovo fabbisogno energetico dell'edificio dopo le variazioni dei materiali e sull'impianto.

Tutto con l'obiettivo di illustrare i dati che comporranno il nuovo inventario per il processo "SCUOLA MATERNA ECO-EFFICIENTE" che conterrà le modifiche rispetto alla progettazione iniziale.

LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

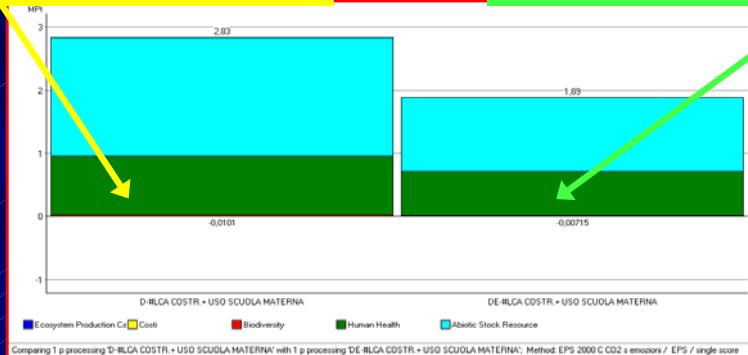
CICLO DI VITA COMPLETO

Valutazione dell'impatto ambientale

"SCUOLA MATERNA
TRADIZIONALE"

Valutazione dell'impatto ambientale

"SCUOLA MATERNA
ECO-EFFICIENTE"



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
La Progettazione Eco (1,88 MPt) produce un danno minore di quella della
Progettazione tradizionale (2,82 MPt)

IL DANNO AMBIENTALE è STATO RIDOTTO DEL 33%

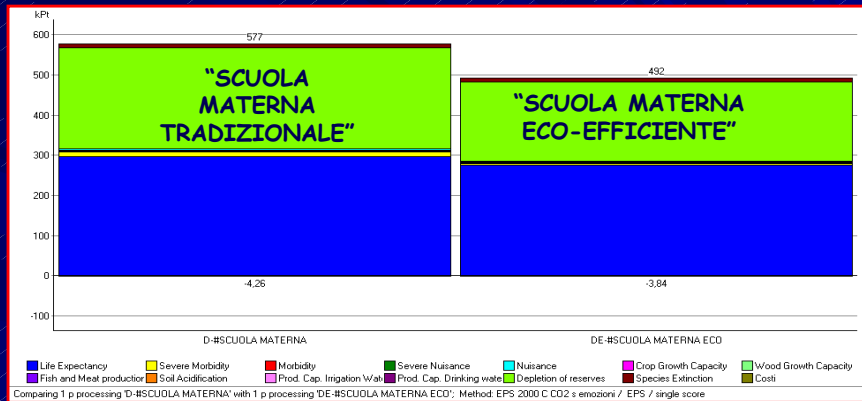
Per soddisfare il secondo obiettivo, si utilizzerà l'LCA per il confronto tra i due tipi di progetti della scuola materna si nota che la situazione generale è stata migliorata del **33%**.

Considerando distintamente le due fasi :

- per la **fase di costruzione**, il danno dovuto ai materiali ha un peso del **23,3%** sul ciclo di vita totale
- per la **fase dell'uso e gestione**, quindi il consumo dell'energia in 100 anni di vita dell'edificio, il danno ha un peso del **76,7%** sul ciclo di vita totale .

LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

LCA DEL CONFRONTO: Fase di costruzione materiali



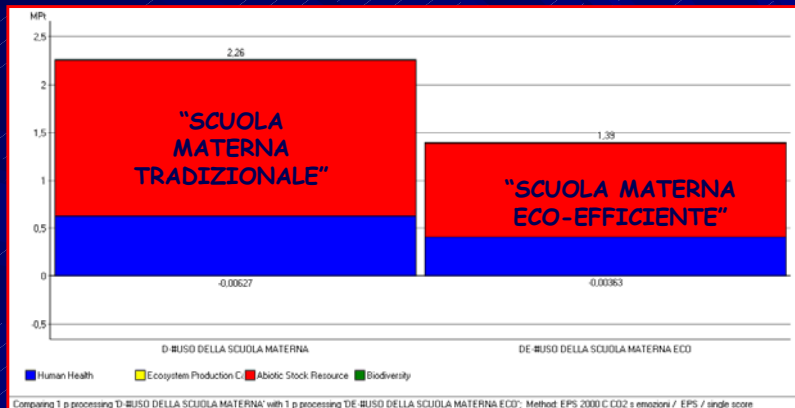
Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
·La Progettazione Eco(4,89 KPt) produce un danno minore di quella prodotta dalla Progettazione tradizionale(5,73 KPt)

IL DANNO AMBIENTALE è STATO RIDOTTO DEL 15%

Si distingue la fase di costruzione e si mettono a confronto i due progetti.
Con la progettazione della scuola materna eco-efficiente a basso consumo energetico si è dimostrato che:
Il danno ambientale è stato ridotto del 15 %

LCA DEL CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI

LCA DEL CONFRONTO: Fase di gestione ed uso



Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:
L'energia prodotta dalla Progettazione Eco (1,39 MPt) produce un danno minore di quella prodotta dalla progettazione tradizionale (2,25 MPt)

IL DANNO AMBIENTALE È STATO RIDOTTO DEL 38%

Si distingue la fase dell'uso e gestione e si mettono a confronto le due progettazioni

Con la progettazione della scuola materna eco-efficiente a basso consumo energetico si è dimostrato che:

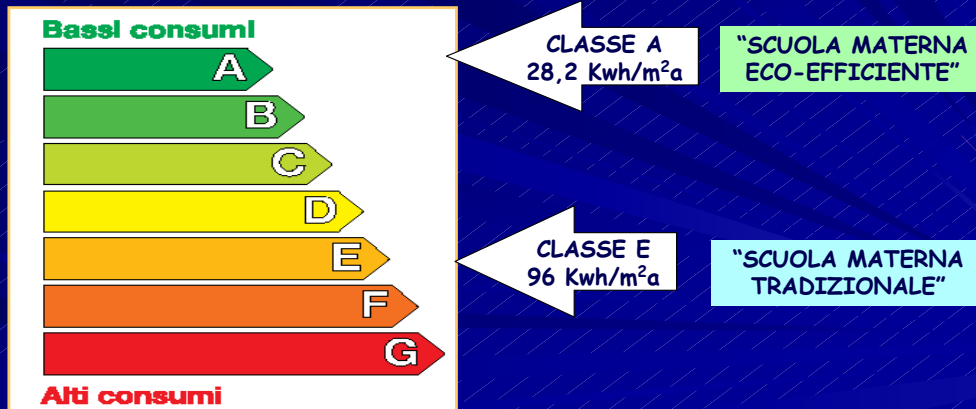
Il danno ambientale è stato ridotto del 38 %

Si nota che con le variazioni proposte si è riusciti a ridurre il danno ambientale, maggiormente nella fase dell'uso e gestione dell'edificio che è quella che incide in percentuale maggiore sul ciclo di vita completo di un edificio.

CONFRONTO TARGET ENERGETICO DEI DUE PROGETTI

In base all'indice energetico per il riscaldamento
della certificazione "CASA CLIMA"

EDIFICIO A BASSO CONSUMO ENERGETICO



Si valuta il raggiungimento del Target energetico per il riscaldamento, che ci si era prefissati, utilizzando la classificazione "CASA CLIMA", in quanto le varianti effettuate hanno portato ad una riduzione del fabbisogno termico dell'edificio oltre che alla riduzione del danno ambientale, si può notare dallo schema che è possibile collocare il progetto "scuola materna eco-efficiente" tra gli edifici a basso consumo.

CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI: ESTERNALITA' DEI COSTI NEL CICLO DI VITA

Per un'esatta valutazione della contabilità ambientale, è necessario fare una distinzione tra i costi ambientali privati e i costi ambientali sociali o esternalità.

I costi privati rappresentano il costo della realizzazione dell'edificio e il costo dei consumi di energia nell'arco di 100 anni.

I costi esterni riguardano la degradazione dell'ambiente, i danni indiretti alla salute umana e tutti quegli aspetti che non vengono compensati attraverso il sistema legislativo

Il metodo EPS 2000, genera, in fase di valutazione, un valore che corrisponde, in euro, alla disponibilità a pagare da parte della società per evitare o riparare a quel danno.

Salute Umana	PT=EURO	+
Capacità Produttiva dell'ecosistema	PT=EURO	+
Risorse	PT=EURO	+
Biodiversità	PT=EURO	+
Costi COMMERCIALI	PT=EURO	
TOTALE COSTO	PT=EURO	

Per un'esatta valutazione della contabilità ambientale, è necessario fare una distinzione tra i costi ambientali privati e i costi ambientali sociali o esternalità.

I costi privati rappresentano il costo della realizzazione dell'edificio e il costo dei consumi di energia nell'arco di 100 anni.

Sono chiamati costi esterni o sociali o ancora esternalità la degradazione dell'ambiente, i danni indiretti alla salute umana e tutti quegli aspetti che non vengono compensati attraverso il sistema legislativo.

Ogni attività è caratterizzata da un preciso danno ambientale; sapendo che ciascuno di essi e' in qualche modo monetizzabile ne segue che ad ogni categoria di danno può essere associato un costo economico,calcolabile nel modo di seguito descritto.

Il metodo EPS 2000 come è già stato detto nei capitoli iniziali, genera, in fase di valutazione, un valore che corrisponde, in euro, alla disponibilità a pagare da parte della società per evitare o riparare a quel danno.

Si calcola il danno ambientale riferito alla popolazione mondiale in

$$PT=ELU=EURO$$

Il costo totale del danno è la somma dei costi valutati per le singole categorie di danno e il costo commerciale. Nel caso specifico di un edificio sono relativi ai prezzi del capitolato di costruzione e nel caso del suo uso e gestione sono relativi ai costi del consumo di energia in 100 anni. Questi costi sono stati inseriti all'atto della creazione di ogni singolo processo .

CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI:

Fase di costruzione materiali

ESTERNALITA' DEI COSTI

	S.M.Tradizionale	S.M.Eco-efficiente
Costo ambientale=	5,7 Kpt(€)	4,8 Kpt(€)
Costo commerciale=	7,6 Kpt (€)	7,99 Kpt (€)
COSTO TOTALE=	1,33 Mpt (€)	1,29 Mpt. (€)

Nella fase di costruzione:

i **Costi Commerciali** relativi ai materiali utilizzati sono superiori nel progetto eco-efficiente del **4%** ai costi commerciali di quello tradizionale

il **COSTO TOTALE** è inferiore nel progetto eco-efficiente del **3%** rispetto a quello del progetto tradizionale

CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI:

Fase d'uso e gestione

ESTERNALITA' DEI COSTI

	S.M.Tradizionale	S.M.Eco-efficiente
Costo ambientale=	2,2 Mpt(€)	1,3 Mpt(€)
Costo commerciale=	1,22 Mpt (€)	0,8 Mpt (€)
COSTO TOTALE=	3,47 Mpt (€)	2,2 Mpt. (€)

Nella fase d'uso e gestione dell'edificio

nel progetto eco-efficiente il fabbisogno d'energia è stato ridotto per merito delle variazioni fatte (introduzione dell'isolamento, pompa di calore, recuperatore di calore) quindi:

i **Costi Commerciali** relativi ai consumi energetici sono inferiori del **33%** rispetto al progetto tradizionale

il **COSTO TOTALE** è anch'esso inferiore del **36%**, rispetto a quello del progetto tradizionale

CONFRONTO TRA I DUE PROGETTI:

Ciclo di vita completo

ESTERNALITA' DEI COSTI

	S.M.Tradizionale	S.M.Eco-efficiente
Costo ambientale=	2,8 Mpt(€)	1,8 Mpt(€)
Costo commerciale=	1,98 Mpt (€)	1,61 Mpt (€)
COSTO TOTALE=	4,8 Mpt (€)	3,49 Mpt. (€)

Nel confronto tra cicli di vita completi dei due progetti

possiamo fare le seguenti considerazioni:

- il progetto eco-efficiente ha nel suo intero ciclo di vita un **Costo Commerciale** inferiore del **19%** rispetto all'altro
- il progetto eco-efficiente ha nel suo **intero ciclo di vita** un **COSTO TOTALE** inferiore del **27%** rispetto all'altro.

Nel confronto tra i due cicli di vita dei due progetti dal punto di vista economico, si valuta che il progetto eco-efficiente ha un costo totale inferiore del 27% all'altro, questo costo totale è comprensivo non solo di costi commerciali ma anche di quelli ambientali.

CONCLUSIONI:

■ Utilizzando l'LCA è stato valutato l'impatto ambientale, energetico ed economico prodotto dall'edificazione e dall'uso di una Scuola Materna, individuando che il danno maggiore della vita di un edificio è prodotto nella **fase d'uso**.

■ La fase di **eco-design** ha evidenziato le differenze tra una costruzione tradizionale ed una **eco-efficiente** che dipende da:

■ E' stato dimostrato nel confronto con un eco-progetto:

• La riduzione del danno ambientale del **33%** sull'intero ciclo di vita dell'edificio

• Il risparmio energetico per il riscaldamento, passando da un edificio ad alto fabbisogno energetico ad uno a **basso consumo**

• Il risparmio economico del **27%** valutato nell'arco di vita dell'intero edificio e comprensivo non solo di costi commerciali ma anche di quelli ambientali

Scelta di
materiali

Isolamento
termico

Riduzione delle
Energie utilizzate

Da questo studio, è emerso come sia effettivamente possibile diminuire l'impatto ambientale e risparmiare sul fabbisogno energetico in edilizia, senza apportare significative varianti tecnico-costruttive, rispetto a costruzioni tradizionali.

Questo lo si è potuto quantificare, considerando l'intera vita di un edificio.

E' stato illustrato un esempio di come si possano integrare differenti discipline al fine di operare una progettazione integrata che consenta di elaborare soluzioni eco-compatibili.

CONCLUSIONI:

L'LCA applicato al settore edilizio può essere uno strumento di analisi, che offre al progettista, fin dalla fase di progettazione la possibilità di monitorare le proprie scelte, proiettandole nell'intero ciclo di vita dell'edificio in quantità d'impatto ambientale, energetico e costo economico.

Grazie per l'attenzione

Si è valutato come l'LCA possa essere uno strumento che permette di valutare il danno ambientale prodotto da materiali, componenti tecnologici e consumi energetici dell'edificio, permettendo di confrontarli in modo paritario offrendo al progettista o all'utente la possibilità di effettuare una scelta consapevole e di fare un eco-bilancio. Questo metodo, riconosciuto e normato a livello internazionale, trasferito e adeguato al settore delle costruzioni, diviene uno strumento di analisi che consente di ragionare in un'ottica di sostenibilità ambientale non più solo nella progettazione di fabbricati ma anche nella loro costruzione e nella loro gestione, nel loro consumo energetico estendendosi all'intero processo edilizio e alla "vita" dell'edificio. Il sistema coinvolge quindi anche il mondo della produzione e lo spinge a ricercare soluzioni innovative volte a migliorare le prestazioni tecniche dei materiali e a diminuirne l'impatto ambientale.

È noto, che le attività umane, così come sono concepite, richiedono una grande quantità di energia e le energie che più si usano, sono proprio quelle che in qualche modo stanno diventando precarie, che comportano un grave impatto ambientale e un alto grado di tossicità per la salute umana. Cercare di ridurre al massimo l'impiego di tali risorse, mediante tecnologie più "pulite" e sprechi minori, diventa prioritario. Un'altra questione importante di cui tener conto, è la produzione di una grande quantità di rifiuti, che cominciano a nuocere allo sviluppo economico dell'uomo. In questo quadro, occuparsi dell'output del sistema, oltre che dell'input non sarebbe solo una soluzione al problema, ma permetterebbe anche un notevole risparmio di materie prime e di energia di produzione.

In conclusione, quindi, si ritiene che il metodo dell'LCA sia un valido strumento per la realizzazione di soluzioni ecocompatibili pertanto si ritiene possa essere applicato dai progettisti in modo tale da accompagnare e coadiuvare tutta la fase progettuale, nel massimo rispetto dell'ambiente e della comunità presente e futura.