

# Sostenibilità ambientale di intonaci in terra cruda: analisi LCA “dalla culla al cancello”

Giovanni Dotelli<sup>1</sup>, Paco Melià<sup>2\*</sup>, Gianluca Ruggieri<sup>3</sup>, Sergio Sabbadini<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dip. di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “G.Natta”,  
p.zza L. da Vinci 32, 20133 Milano

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, Dip. di Elettronica, Informazione e Bioingegneria,  
via Ponzio 34/5, 20133 Milano

<sup>3</sup> Università degli Studi dell’Insubria, Dip. di Scienze Teoriche e Applicate,  
via Dunant 3, 21100 Varese

<sup>4</sup> Disstudio & ANAB, Via Piolti de' Bianchi 48, 20129 Milano

\*paco.melia@polimi.it

## Abstract

*L'utilizzo di materiali naturali in edilizia sta conoscendo un nuovo rinascimento negli ultimi anni, forse anche grazie alla percezione di una crescente scarsità di risorse naturali e di un uso eccessivo di tecnologie energivore. La scarsità di informazioni attendibili sull'impatto ambientale dei materiali naturali è alla base del presente lavoro, rivolto alla valutazione di due tipologie di intonaci (di sottofondo e di finitura) a base di terra cruda, prodotti da una azienda italiana (Matteo Brioni). La valutazione è stata effettuata mediante la metodologia LCA in una prospettiva “dalla culla al cancello”. Per completezza si è eseguito un confronto con materiali edili di uso corrente (malta di calce idraulica e malta di cemento).*

## 1. Introduzione

Chi si occupa di progettazione bioecologica a livello professionale ha come principali materiali di riferimento la terra cruda (Marcom, 2011; Minke, 2013) e il legno (Gutdeutsch, 1996; Villa et al., 2012). La prima perché materia virtualmente inesauribile del nostro pianeta, e in continua formazione grazie alla disgregazione delle rocce primarie. La seconda in quanto risorsa biologica rinnovabile negli ambienti che ne permettono la crescita. Entrambi i materiali hanno anche una forte valenza di salubrità ambientale e garantiscono un'ottima regolazione igrometrica degli ambienti confinati se trattati con prodotti traspiranti ed ecologici (Ashour et al., 2011).

Il panorama attuale dei prodotti e delle tecniche costruttive in terra cruda offre un largo ventaglio di prestazioni e quindi di possibilità d'impiego, dalle tecniche ad alta inerzia termica (terra battuta, blocchi compressi, mattoni pesanti) fino alle tecniche isolanti in terra alleggerita (terra-paglia, terra-legno).

Per la realizzazione di opere in crudo è possibile partire dalla terra di scavo del sito stesso, se le caratteristiche compositive del suolo ne permettono l'impiego in campo edile. È possibile anche utilizzare materie prime selezionate (terre in polvere, aggregati, fibre) da mescolare in cantiere secondo l'uso, ed è ora possibile recuperare anche molti prodotti pronti all'uso nazionali ed esteri (malte intonaci, mattoni, pannelli, pitture).

In ogni caso l'utilizzo della terra può garantire un bilancio (in termini di consumi energetici e di impatti ambientali) più virtuoso di prodotti edili di provenienza industriale, trasportati su grandi distanze e che richiedono grandi consumi di energia per la trasformazione (ad esempio per la cottura dei leganti correnti, come cementi e calci).

Quale materiale, oltre alla terra, può essere estratto direttamente dal cantiere ed essere trasformato e utilizzato direttamente in situ per edificare? In più la terra può oggi essere impiegata anche in ambito urbano, senza dover prelevare il materiale dallo scavo di cantiere, applicando prodotti pronti all'uso che non sempre richiedono maestranze specializzate e permettono anche l'applicazione meccanica (intonaci a spruzzo, frattazzature a macchina).

In questo caso aumentano ovviamente gli impatti dovuti alla produzione, al trasporto e alla posa meccanizzata, ma rimangono in ogni caso inferiori rispetto a quelli dei prodotti sottoposti a processi che necessitano di alte temperature di cottura o a radicali trasformazioni delle materie prime.

Nella smania di certificazione che caratterizza la nostra epoca (CEN, 2012), la terra, nella sua semplicità, diventa uno strumento utilissimo di “prova del nove” che, come una cartina di tornasole, consente di testare le metodologie di valutazione. Dietro ai processi virtuosi innescati dagli interventi normativi e dalla sensibilizzazione di progettisti e utenti a una progettazione attenta agli aspetti ambientali, si celano infatti anche dei rischi. Il raggiungimento di alte prestazioni energetiche negli edifici (come, ad esempio, nelle case passive), può portare all’impiego esasperato di prodotti isolanti non traspiranti, spesso di natura sintetica, a volte con rischi per la salubrità degli ambienti e che richiedono spesso la ventilazione meccanica forzata degli spazi.

Il nostro gruppo di ricerca (Melià et al., 2011) si prefigge l’obiettivo di studiare il ciclo di vita dei materiali naturali per l’edilizia, sia per fornire dati relativi a prodotti non ancora inseriti nelle banche dati correntemente utilizzate, sia per testare metodologie normative di calcolo e di parametrizzazione valide sia per prodotti industrializzati che per prodotti realizzati in cantiere.

## **2. Metodologia**

L’analisi di ciclo di vita è condotta in accordo con la normativa corrente in materia di LCA (ISO, 2006a, b). La prospettiva dello studio è del tipo “dalla culla al cancello”. I calcoli sono stati realizzati con l’ausilio del software SimaPro 7.3.3.

### **2.1 Obiettivo dello studio**

Lo studio si propone di confrontare gli impatti ambientali di due intonaci in terra cruda e di due intonaci tradizionali. I prodotti in terra cruda sono un intonaco di sottofondo (TerraBase™) e uno di finitura (TerraVista™) entrambi a base di argilla, prodotti dall’azienda Matteo Brioni ([www.matteobrioni.it](http://www.matteobrioni.it)), con sede in provincia di Mantova. I prodotti tradizionali sono rispettivamente un intonaco a base di malta di calce idraulica e uno a base di malta di cemento. Lo studio è prevalentemente rivolto a un pubblico di esperti, ma non esclusivamente.

### **2.2 Materiali**

TerraBase™ (Brioni, 2009) è un prodotto per intonaco di fondo monostrato in terra cruda; è un premiscelato secco, pronto per essere impastato con acqua, costituito da materie prime naturali di provenienza nazionale: argilla, aggregati calcareo-silicei in curva granulometrica 0-3 mm e fibre vegetali. Il prodotto è commercializzato in sacchi in carta da 25 kg, disponibile in due colorazioni, ocra e sabbia. Nel presente studio si è analizzata la sola colorazione ocra.

TerraVista™ (Brioni, 2011) è un prodotto per intonaci di finitura in terra cruda, indicato per rivestimenti di superfici verticali ed orizzontali in ambienti interni; è un premiscelato secco, pronto per essere impastato con acqua. TerraVista™ è costituito da materie prime naturali di provenienza prevalentemente nazionale, ma non esclusivamente: argille, aggregati calcareo-silicei in curva granulometrica 0-0,3 mm e farine vegetali in misura inferiore all’1%. È disponibile in numerose colorazioni, ottenute esclusivamente dal colore naturale delle differenti argille utilizzate senza l’aggiunta di pigmenti naturali né sintetici. In questo studio sono analizzate due sole colorazioni tra le molte disponibili:

giallo e ocra, rappresentative dell'effetto dei trasporti in quanto l'argilla necessaria ad impartire la colorazione gialla è di provenienza estera (Germania). Il prodotto è oggi commercializzato in sacchi in carta da 20 kg.

### 2.3 Unità funzionale

L'unità funzionale è 1 m<sup>2</sup> di parete da intonacare e il flusso di riferimento conseguente è la quantità di materiale secco necessario a realizzare l'intonaco. Per gli intonaci di finitura si sono scelti 3 mm di spessore e per gli intonaci di sottofondo 15 mm. Trattandosi di un ecoprofilo e avendo escluso la fase di uso, non è inclusa nello studio l'acqua necessaria a realizzare la malta. I flussi di riferimento per i diversi prodotti sono riportati in Tabella 1.

### 2.4 Confini del sistema e qualità dei dati

Per quanto riguarda gli intonaci in terra cruda, nei confini del sistema sono state considerate le seguenti unità di processo 1) produzione e trasporto delle materie prime e degli imballaggi; fabbisogno di acqua ed energia elettrica delle macchine di produzione e lavorazione; consumi di carburante da parte dei macchinari di escavazione e movimentazione.

I dati relativi alle distanze, composizione dei prodotti, consumi di energia elettrica e acqua e regimi di lavoro delle macchine sono stati forniti dall'azienda e sono da considerarsi di buona qualità. I dati relativi alla produzione delle materie prime e le stime dei consumi di combustibile dei macchinari di escavazione e movimentazione sono invece desunti dalla banca dati Ecoinvent 2.0 (dati secondari). Dalla medesima banca dati sono stati ricavati i dati necessari per lo studio delle malte tradizionali (Zannetti, Resi, 2010).

Tipologia di intonaco	Materiale	Spessore [mm]	Flusso di riferimento [kg]
Sottofondo	TerraBase™	15	21,75
Sottofondo	Malta di calce idraulica	15	27,0
Sottofondo	Malta di cemento	15	30,0
Finitura	TerraVista™ (ocra/giallo)	3	3,6
Finitura	Malta di calce idraulica	3	5,4
Finitura	Malta di cemento	3	6,0

Tabella 1. Flussi di riferimento dei prodotti relativi all'unità funzionale prescelta: 1 m<sup>2</sup> di parete da intonacare

### 2.5 Indicatori di impatto

L'analisi degli impatti è stata compiuta utilizzando tre diversi indicatori midpoint: 1) Cumulative Energy Demand (CED, in MJ) per valutare l'energia totale incorporata; 2) GreenHouse Gas Protocol (GGP, in kg CO<sub>2</sub>eq) per valutare l'effetto delle emissioni climalteranti; 3) Ecological Footprint (EF, in ha×yr). È stato effettuato anche un confronto con un metodo endpoint, ReCiPe (H), che comprende 17 categorie di impatto.

### 3. Life Cycle Impact Assessment

#### 3.1 Cumulative Energy Demand

I risultati di Figura 1 mostrano una bassa intensità energetica per il prodotto TerraBase, come era naturale attendersi, mentre mostrano risultati più sorprendenti nel confronto tra gli intonaci di sottofondo. Un'analisi attenta dei dati ha rivelato che l'origine dell'alto contenuto energetico deriva dai trasporti e dal materiale di imballaggio nel caso dei prodotti in terra. Il confronto risulta quindi meno significativo in quanto i prodotti tradizionali sono presi direttamente da banca dati ed è difficile stabilire con esattezza il conteggio dei trasporti.

#### 3.2 Greenhouse Gas Protocol

Le emissioni di gas climalteranti (Figura 2) mostrano impatti notevolmente inferiori per i prodotti in terra cruda, la cui produzione richiede poche e semplici operazioni che sostanzialmente si riducono a miscele a freddo, contrariamente a quanto avviene nei prodotti tradizionali che subiscono un processo di cottura ad alta temperatura.

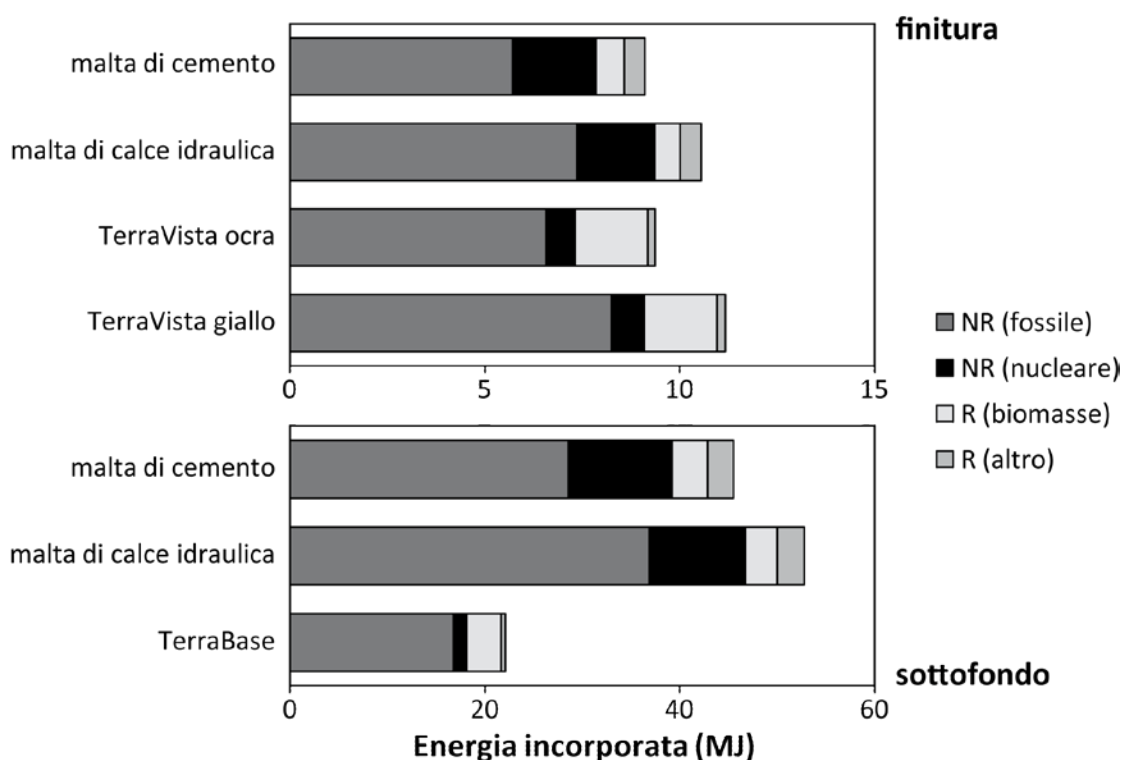


Figura 1. Energia incorporata (CED, in MJ) nei diversi materiali di finitura e di sottofondo. NR: fonti non rinnovabili; R: fonti rinnovabili (altro: eolico, fotovoltaico, geotermico, idroelettrico)

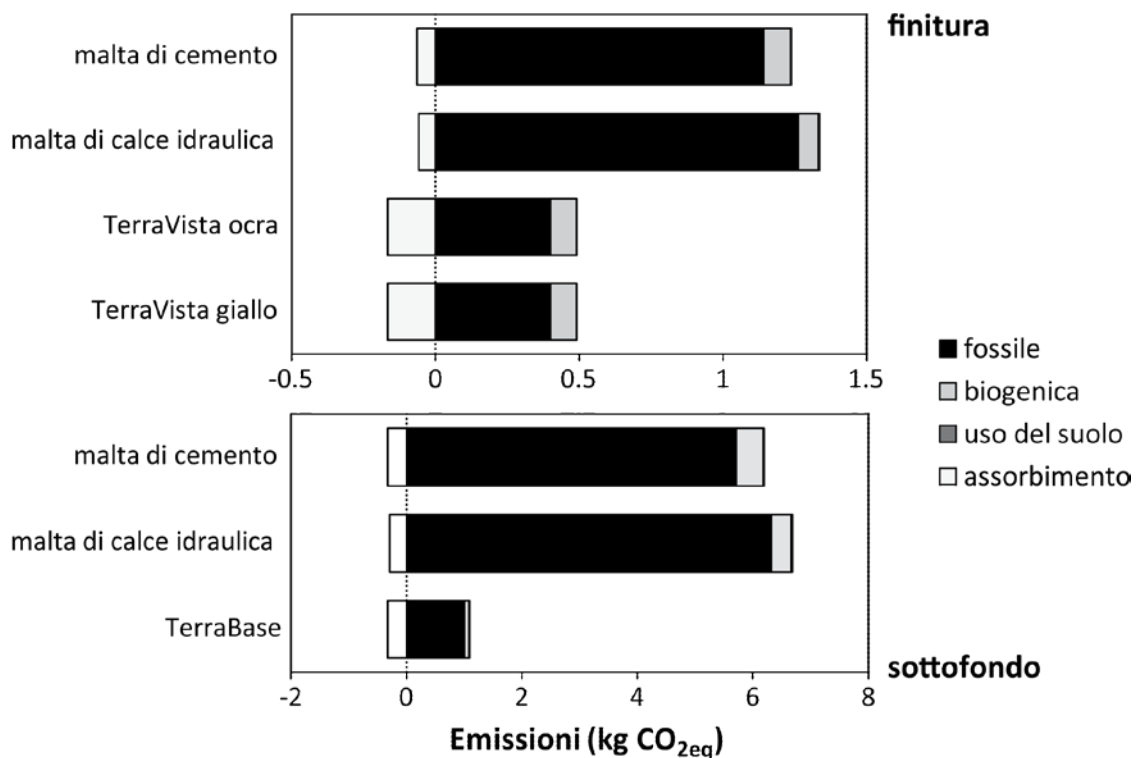


Figura 2. Emissioni climalteranti (GWP, in kgCO<sub>2eq</sub>) dei diversi materiali di finitura e di sottofondo

### 3.3 Ecological Footprint

L'impronta ecologica (Figura 3) fornisce risultati in linea con quelli del GGP. Con entrambi gli indicatori si osserva che il guadagno ambientale è decisamente superiore con l'intonaco di sottofondo TerraBase™, che mediamente consente una riduzione di circa 2/3 degli impatti se paragonato alle malte tradizionali; invece, nel caso degli intonaci di finitura in terra la riduzione degli impatti è di circa il 50%.

### 3.4 ReCiPe

I risultati di Figura 4 confermano quanto già evidenziato dagli indicatori midpoint (GGP, EF, CED): una decisa superiorità dell'intonaco di sottofondo e una buona prestazione dell'intonaco di finitura ocra. Le lunghe distanze di approvvigionamento di uno dei componenti dell'intonaco giallo, invece, penalizzano fortemente il prodotto.

## 4. Conclusioni

L'analisi LCA "dalla culla al cancello" di tre materiali per intonaci in terra cruda di produzione nazionale, TerraBase™ e TerraVista™ in due colorazioni derivanti da argille di diversa provenienza (nazionale e tedesca), ha evidenziato una sostanziale superiorità ambientale rispetto ai prodotti tradizionali. Ha anche mostrato l'importanza del trasporto, che può avere un effetto molto più rilevante su questi materiali, potenzialmente a basso contenuto energetico, di quanto non ne abbia su un prodotto industriale. Pertanto, la politica del "chilometro zero" è ancor più rilevante in questi casi e rappresenta una motivazione in più per utilizzare materiali che già si trovano presso il cantiere.

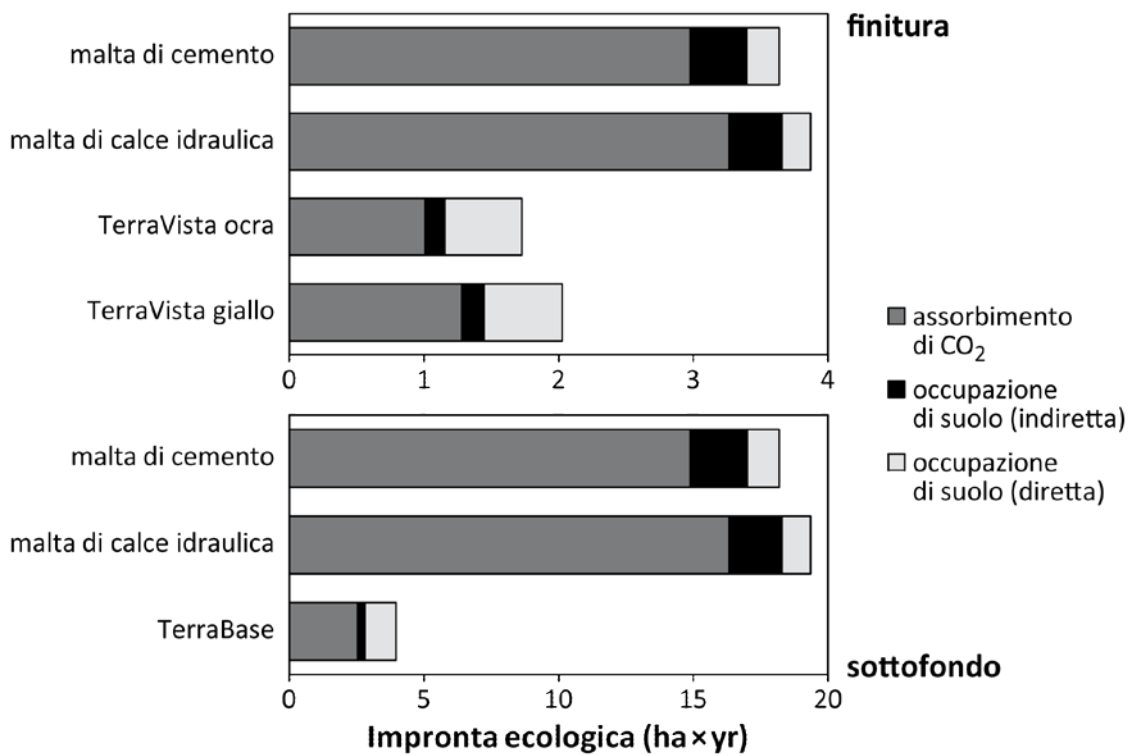


Figura 3. Impronta ecologica (ha × yr) dei diversi materiali di finitura e di sottofondo

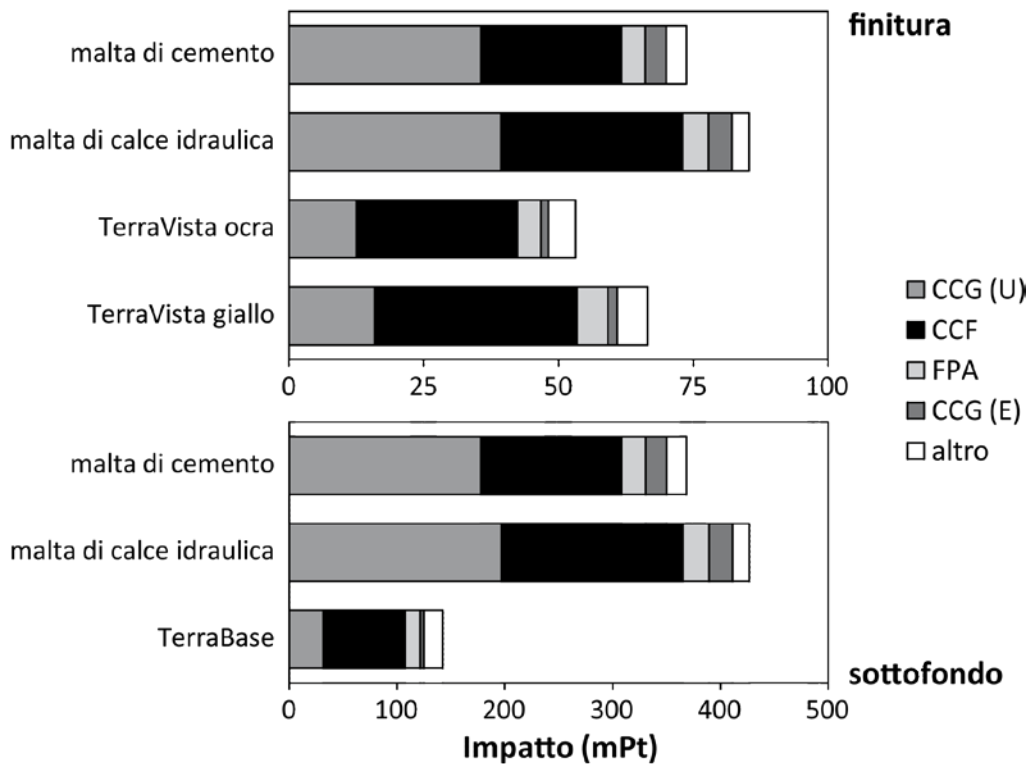


Figura 4. Impatti ambientali (in millipunti ReCiPe) dei diversi materiali. CCG: cambiamenti climatici (U: impatti sulla salute umana, E: impatti sugli ecosistemi); CCF: consumo di combustibili fossili; FPA: formazione di particolato atmosferico; altro: altre categorie di impatto)

## Bibliografia

Ashour, T, Georg, H & Wu, W 2011, 'An experimental investigation on equilibrium moisture content of earth plaster with natural reinforcement fibres for straw bale buildings', *Applied Thermal Engineering*, vol. 31, no. 2-3, pp. 293-303.

Brioni, M 2009, TerraBase - Intonaco di fondo InTerra™, viewed 6 April 2013, <<http://www.matteobrioni.com/allegati/download/matteobrionisrl-folder-terrabase-intonacodifondointerra-edizione2009.pdf>>.

Brioni, M 2011, TerraVista: Finiture Pregiate in Terra. QUANDO LA TERRA è COLORE, viewed 6 April 2013, <<http://www.matteobrioni.com/allegati/download/matteobrionisrl-folder-terravista-finiturapregiatainterra-edizione2011.pdf>>.

CEN 2012, UNI EN 15804: 2012 Sostenibilità delle costruzioni. Dichiarazioni ambientali di prodotto. Regole chiave di sviluppo per categoria di prodotto.

Gutdeutsch, G 1996, *Building in wood: construction and details*, Birkhäuser, Berlin.

ISO 2006a, EN ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.

ISO 2006b, EN ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.

Marcom, A 2011, *Construire en terre-paille*, 1st edn, Terre Vivante, Mens.

Melià, P, Dotelli, G, Ruggieri, G & Sabbadini, S 2011, 'Il recupero edilizio nella prospettiva di ciclo di vita: il caso della ex filanda Gavazzi di Valmadrera', *Il progetto sostenibile*, vol. 30, pp. 56-61.

Minke, G 2013, *Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture*, 1st edn, Birkhäuser, Berlin.

Villa, N, Pittau, F, De Angelis, E, Iannaccone, G, Dotelli, G & Zampori, L 2012, 'Wood products for the Italian construction industry - An LCA-based sustainability evaluation', paper presented to World Conference on Timber Engineering 2012, WCTE 2012, Auckland, New Zealand, 15-19 July.

Zannetti, A & Resi, S 2010, 'Efficienza energetica e sostenibilità in edilizia - Scelta e caratterizzazione dei materiali per la riqualificazione di un edificio storico tramite LCA'. Master thesis, Politecnico di Milano, Milano.