



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Razionalizzazione ed ingegnerizzazione dell'utilizzo di materiali naturali locali per l'impiego in costruzioni ed infrastrutture in**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Razionalizzazione ed ingegnerizzazione dell'utilizzo di materiali naturali locali per l'impiego in costruzioni ed infrastrutture in ambiente agricolo e periurbano toscano / Barbari, M.; Conti, L.; Sorbetti Guerri, F.; Pini, L. - ELETTRONICO. - (2009), pp. 1-10. (Intervento presentato al convegno Atti IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria tenutosi a Ischia Porto nel 12-16 settembre 2009).

*Availability:*

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/367470> of the repository was last updated on 2016-10-03T14:18:17Z

*Publisher:*

Doppiavoce - Napoli

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)



## **RAZIONALIZZAZIONE ED INGEGNERIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DI MATERIALI NATURALI LOCALI PER L'IMPIEGO IN COSTRUZIONI ED INFRASTRUTTURE IN AMBIENTE AGRICOLO E PERIURBANO TOSCANO**

*F. Sorbetti Guerri, L. Conti, M. Monti, L. Pini, M. Barbari*

Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Università degli Studi di Firenze

### **SOMMARIO**

*L'impiego nelle costruzioni e nelle infrastrutture rurali dei materiali che in questo lavoro, per semplicità, vengono chiamati "naturali" pur con la consapevolezza che, a rigore, il termine è assai generico e dunque, se non accompagnato da una esauriente spiegazione, si presta ad essere equivocado, conduce ad una serie di risparmi energetici che possono raggiungere valori più o meno elevati, ma comunque sempre significativi. Questi materiali possono essere di tipo tradizionale quali la pietra, il legno massiccio, le canne di vario tipo, le stipe, la ramaglia, la paglia, o relativamente nuovi per la Toscana, quali i mattoni in terra cruda, la terra compressa.*

*Si intende qui per "materiale naturale locale" quello nel quale la distanza "energetica" fra la materia prima ed il semilavorato pronto all'impiego è ridotta ai minimi termini, sia con riferimento ai processi di trasformazione, sia per quanto è relativo ai trasporti e allo smaltimento al termine dei cicli di vita. Tutti questi materiali sono di antichissimo uso, in particolare nelle costruzioni agricole. Ma il lavoro non vuole occuparsi del recupero storico-filologico di sapienze, tradizioni, riti e vestigia del passato: vuole, invece, attualizzare l'utilizzo di questi materiali, poggiandolo su solide basi tecnico-scientifiche e rendendolo tecnicamente corretto e ripetibile. Dunque questo lavoro individua le più opportune e convenienti combinazioni, o "accoppiamenti" fra i vari materiali e i vari "componenti" delle costruzioni agricole, al fine di dar luogo ad una caratterizzazione tecnica relativa alle peculiari proprietà dei materiali locali, e ad una definizione razionale e sistematica dei processi produttivi e costruttivi. Ciò consente di redigere disciplinari tecnici e progettazioni esecutive esemplificative, tali da consentire il pratico utilizzo di questi materiali anche a quanti non siano in possesso di specifiche conoscenze tecnico-scientifiche; in questo modo è possibile contribuire all'effettivo instaurarsi di filiere complete, dall'estrazione della materia prima all'utilizzo finale.*

*Parole chiave: costruzioni rurali, materiali naturali, risparmio energetico.*

### **1 INTRODUZIONE**

Da molti anni il Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Università degli Studi di Firenze (DIAF) progetta e controlla l'esecuzione di fabbricati agricoli nei quali

prevalga l'utilizzo di materiali naturali, in particolare del legno massiccio; e questo, fino a non molto tempo fa, rappresentava, almeno in Toscana, la prima scelta di un indirizzo "ecologico" della progettazione. Ma, insieme a questa, è andata diffondendosi, anzi recuperandosi, la tendenza all'impiego nelle costruzioni e nelle infrastrutture rurali di altri materiali naturali, quali le canne, l'erica, le paglie, la terra, la pietra e altri; ma se vogliamo che tutto ciò si concretizzi in un utilizzo consapevole e tecnicamente corretto di quei materiali, devono essere condotte adeguate ricerche con l'utilizzo dei consueti metodi scientifici.



**Figura 1.** Capannine in materiale naturale per l'allevamento di scrofe all'aperto sperimentate dal Diaf.

D'altra parte, nella discussione intorno al concetto di sostenibilità ambientale si è passati dall'approccio quasi esclusivamente ecologico incentrato sulla rigida conservazione dell'ambiente, che si era manifestato nella Conferenza di Rio (United Nations, 1992), a una più equilibrata visione che considera insieme gli aspetti ambientali, sociali ed economici della sostenibilità e che caratterizza i documenti della Dichiarazione di Johannesburg (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2002). Da qui il maggiore interesse attribuito ai paesaggi culturali, per i quali il ruolo svolto dall'uomo sul territorio assume importanza prioritaria. Dunque grande attenzione negli interventi che comportano modificazioni del paesaggio, determinante all'identità del territorio e ai diversi valori che questo veicola (Consiglio d'Europa, 2000); ma, d'altra parte, nel settore rurale le attività produttive richiedono alle aziende un vivace dinamismo e la capacità di adeguarsi ai rapidi cambiamenti della domanda e dell'offerta.

Inoltre si è venuta affermando la considerazione che il territorio costituisce una risorsa relativamente scarsa, così che si può ascriverlo tra le risorse ambientali non rinnovabili: ogni ulteriore consumo che venga fatto di questa risorsa, cioè ogni destinazione d'uso che risulti in pratica irreversibile sulla scala temporale di alcune generazioni umane, lo rende indisponibile per altri utilizzi (European Environment Agency, 1999). In questa prospettiva un'effettiva sostenibilità ambientale richiederà una continua diminuzione del consumo di suolo (Hille, 1997).

In sintonia con quanto sopra, il DIAF ha iniziato e portato avanti la ricerca che qui si presenta benché non ancora conclusa. Il lavoro è rivolto alla realtà regionale Toscana per cui si sono particolarmente considerati gli indirizzi del Piano Regionale di Sviluppo (2006-2010) e del Piano Regionale di Azione Ambientale (2007-2010), quali il

“Risparmio energetico” e lo “Sviluppo sostenibile”; in particolare, la ricerca ruota intorno ad uno dei principali obiettivi strategici del PRAA ovvero la “valorizzazione delle potenzialità locali di sviluppo”. L’impiego razionale nell’edilizia rurale delle risorse naturali locali può rappresentare infatti uno stimolo innovativo per lo sviluppo delle economie in aree marginali e, al contempo, garantire modelli di fruizione, di trasformazione e di smaltimento ecocompatibili.

## 2 CONSUMO DEL TERRITORIO E CONSUMI ENERGETICI

L’occupazione di suolo da parte degli edifici produttivi agricoli contribuirà al consumo di suolo finché non si adottino normative urbanistiche e tecniche costruttive tali da consentirne agevoli e convenienti decostruzione e recupero a fine ciclo.

La maggior parte delle costruzioni e delle infrastrutture rurali realizzate in Toscana, dalla preistoria ad oggi, si è dissolta senza lasciare praticamente traccia di sé. Questo perché erano costituite da materiali, generalmente raccolti nelle immediate vicinanze, che per la loro intima natura, se correttamente utilizzati e mantenuti, erano capaci di dar luogo a costruzioni di durata praticamente indefinita, mentre se abbandonati a se stessi, tendevano inesorabilmente a ritornare spontaneamente alla terra e a riconfondersi con essa, impiegando in questo disfarsi tempi a misura d’uomo.



**Figura 2.** Gli antichi fabbricati rurali abbandonati a se stessi tendono a distruggersi spontaneamente e a confondersi naturalmente con l’ambiente in cui erano inseriti.

Dunque il costo, inteso in senso globale come somma dei costi economici e di quelli energetico-ambientali, del ciclo di vita di quelle costruzioni non andava, in pratica, oltre al loro costo di costruzione, essendo ridotti ai minimi termini gli oneri derivanti dalle trasformazioni delle materie prime, dai trasporti e dagli smaltimenti. Oltre a ciò questi processi costruzione-smaltimento, pur innumerevoli, hanno condotto a impegni ambientali solo temporanei, evitando, per loro stessa natura, il rischio, o il danno, di un “consumo” irreversibile del territorio rurale.

Il recupero, per quanto consentito nell’ambito delle attuali esigenze e normative, dell’uso di quei materiali e delle tecniche costruttive “attualizzabili” ad essi legate, nelle costruzioni agricole (e non solo) attuali, condurrebbe a realizzare opere aventi una durata di vita utile predeterminata, come del resto richiesto dagli attuali Standards strutturali Italiani ed Internazionali, con un costo del ciclo di vita certamente molto inferiore a quello caratteristico, ad esempio, delle opere realizzate in cemento armato o

in muratura di tipo “contemporaneo”.

Inoltre il disporre di tipologie costruttive facilmente e convenientemente decostruibili potrebbe dare un valido contributo alla diffusione, almeno nel territorio rurale e periurbano, del “fabbricato-utensile”, destinato a durare quanto la funzione per la quale è stato progettato e costruito e dunque immune dalla peste urbanistica del “volume costruito” dotato di valore economico intrinseco, che, grazie alle leggi urbanistiche che lo hanno consentito o assecondato, tanti danni ha recato al territorio.

Facendo riferimento in particolare al problema energetico, possiamo vedere come sia ormai evidente l'inesistenza di una soluzione unica, taumaturgica; ma è altrettanto chiaro che l'insieme di molteplici atteggiamenti accorti e costruttivi può condurre ad avvicinare la soluzione in termini sempre più accettabili man mano che gli impegni si fanno più numerosi ed incisivi.

### **3 MATERIALI NATURALI E PROGETTAZIONE**

L'impiego nelle costruzioni e nelle infrastrutture rurali dei materiali “naturali”, secondo l'accezione sopra definita, conduce ad una serie di risparmi energetici che possono raggiungere valori più o meno elevati, ma comunque sempre significativi. Come si è sopra accennato questi materiali possono essere di tipo tradizionale quali la pietra, il legno massiccio, le canne di vario tipo, le stipe, la ramaglia, la paglia, o relativamente nuovi per la Toscana, quali i mattoni in terra cruda (Adobe), la terra compressa (Pisè).

Se intendiamo dunque per materiale “naturale” quello nel quale la distanza “energetica” fra la materia prima ed il semilavorato pronto all'impiego è ridotta ai minimi termini e rappresenta solo una piccola frazione di quella caratteristica del materiale industriale che il nostro vuole sostituire, allora, ad esempio, la terra cruda pronta all'impiego, sia in forma di mattoni che di terra pressata, pur richiedendo macchine ed energia per il suo confezionamento e posa in opera, è ben lontana dal consumo richiesto da una fornace per laterizi o da un cementificio. Simile rapporto si ha fra il legno massiccio e gli altri materiali adatti a costituire strutture intelaiate e traviature, compreso il “legno lamellare”, e così via.

Ma il materiale “naturale”, come sopra definito, porta con sé altri risparmi: innanzitutto quelli legati agli inevitabili, anche se spesso, e in alcuni casi volutamente, trascurati, costi di smaltimento che insorgono al termine della vita utile delle costruzioni. Anche qui la vicinanza fra il prodotto finito e la materia prima ha per conseguenza la “naturalità” dello smaltimento: generalmente è sufficiente un intervento assai leggero, se non addirittura il semplice abbandono a se stesso del manufatto: comunque si ha, in tempi ragionevoli, la scomparsa del materiale che ritorna all'ambiente senza inquinarlo.

E un altro degli aspetti di base, talvolta sottovalutato, è quello delle distanze fra i luoghi di reperimento delle materie prime, quelli di trasformazione in semilavorati e prodotti finiti, quelli di utilizzo e quelli di smaltimento al termine dei cicli di vita; è evidente che alla riduzione di queste distanze corrisponde sempre un risparmio di energia, tanto più importante in quanto non primariamente legato alla qualità o alla economicità del prodotto. Questa situazione appare essere dovuta essenzialmente alla qualità delle materie prime, al costo della manodopera, alla presenza di efficienti filiere di trasformazione e commercializzazione. Su tutti questi aspetti si può intervenire,

direttamente o indirettamente; d'altra parte le differenze da limare per ridurre o annullare quelle distanze si riducono grandemente, o addirittura cambiano di segno, se si considerano i costi globali (economici, energetici, ambientali, sociali) e non solo quelli di mero bilancio economico. Il problema costituito dalle enormi differenze di costo della manodopera esula dalle nostre competenze e possibilità di intervento; invece lo studio di soluzioni costruttive che consentano, ad esempio, l'impiego di materiali di origine locale anche se di relativa minore qualità, può condurre all'innesco di processi "estrattivi" e di trasformazione di convenienza tale da dar luogo a filiere locali complete.

Di contro a questi vantaggi l'impiego dei materiali "naturali" richiede, non sempre ma certamente in un numero significativo di casi, opere di manutenzione più assidue di quelle richieste dagli alternativi materiali "industriali"; tuttavia possiamo notare come queste differenze siano spesso figlie di interessati luoghi comuni, come ad esempio quello che voleva imporre, fino agli anni '70 del secolo scorso, la visione del cemento armato come materiale eterno, poi smentito clamorosamente dai fatti; ma certamente l'acciaio e l'alluminio sono sotto questo punto di vista avvantaggiati. E' però qui importante sottolineare come gli oneri manutentivi siano sempre essenzialmente dipendenti dalla correttezza della progettazione, tanto più quanto più "delicati" sono i materiali impiegati.

In conclusione è evidente come la consapevole correttezza delle scelte e dei processi produttivi, seguiti da una corretta progettazione, siano fondamentali per abbattere drasticamente i costi energetici, ambientali, economici, sociali.

#### **4 OBIETTIVI SCIENTIFICI E TECNOLOGICI**

Si deve chiarire che parlando dell'impiego dei materiali qui presi in esame nelle costruzioni, si è inteso considerarne l'utilizzo non nella totalità della struttura, ma nei singoli componenti. E' infatti praticamente impossibile prefigurare una costruzione nella quale venga impiegato esclusivamente un solo materiale. Ad esempio, in una costruzione in legno, anche se usualmente si usa questa dizione, sarà sempre presente anche l'acciaio, se non altro sotto forma di chiodi, viti, piastre e, in molti casi, il calcestruzzo per le fondazioni e, ove richiesto, per le pavimentazioni impermeabili; in modo non dissimile si dovrà considerare l'impiego degli altri materiali.

Dunque nel nostro studio saranno da individuare le più opportune e convenienti combinazioni o "accoppiamenti" fra i vari materiali e i vari "componenti" delle singole costruzioni agricole: ad esempio si potrà ipotizzare un ricovero zootecnico nel quale le fondazioni siano in calcestruzzo (magari prefabbricate e rimovibili), la struttura portante in legno e acciaio (magari anch'essa smontabile e riutilizzabile), le pareti di tamponamento in terra cruda, il tetto in legno, la coibentazione in piote erbose, e così via. Ciascun accoppiamento materiale-componente dovrà essere compiutamente definito secondo quanto specificato nel seguito.

Tenendo conto di quanto esposto, dunque, gli obiettivi prefissati sono:

- Rendere possibile un utilizzo razionale, nelle costruzioni rurali, di materiali di origine locale caratterizzati da bassissimi consumi energetici in tutte le fasi di vita, dalla produzione, alla lavorazione, all'utilizzo, allo smaltimento.
- Effettuare una caratterizzazione tecnica relativa alle peculiari proprietà dei materiali locali ed una definizione razionale e sistematica dei processi produttivi

e costruttivi.

- Consentire il pratico utilizzo di questi materiali anche a quanti non siano in possesso di specifiche conoscenze tecnico-scientifiche.
- Contribuire all'effettivo instaurarsi di filiere complete, quindi agenti nel primario, nel secondario e nel terziario, basate sulla produzione e l'utilizzo di questi materiali.
- Definire e redigere disciplinari tecnici che, oltre al loro compito fondamentale di consentire l'impiego razionale e ripetitivo dei materiali anche ai non specialisti, possano rappresentare un contributo alla futura redazione di veri e propri Standard Tecnici.
- Eseguire la progettazione di massima e definitiva di esempi significativi di costruzioni rurali costituite da componenti nei quali siano utilizzati precipuamente i materiali precedentemente caratterizzati, negli accoppiamenti precedentemente definiti.

## **5 ARTICOLAZIONE DELLA RICERCA**

Nel seguito vengono descritte schematicamente le fasi della ricerca, così come in teoria avrebbero dovuto svolgersi. In realtà, pur cercando di mantenere il procedimento generale sostanzialmente coerente con le necessarie propedeuticità, è risultato via via sempre più evidente che una ricerca complessa come quella qui illustrata poteva raggiungere i suoi obiettivi solo operando per iterazioni e successive approssimazioni. Si è dovuto dunque svolgere un continuo lavoro di verifica delle risultanze emerse in ciascuna delle fasi con quanto affermato in quelle precedenti; queste verifiche hanno condotto a modificare alcune impostazioni precedenti, che a loro volta hanno generato cambiamenti nelle fasi successive, e così via. E' stato quindi necessaria una serrata opera di controllo, confronto e cambiamento, operando in un ambiente in continua evoluzione, prima di raggiungere risultati che potessero ritenersi accettabili.

### **5.1 Individuazione e caratterizzazione dei materiali**

In questa fase è stata effettuata la caratterizzazione dei materiali, mirata alla individuazione e graduazione delle loro attitudini all'impiego nei componenti di costruzioni rurali e periurbane. Per far ciò si sono compiuti cicli di esami di laboratorio e in situ, e utilizzati dati derivanti da esistenti indagini di tipo generale. Il procedimento è stato il seguente:

- individuazione dei materiali apparentemente adatti allo scopo;
- prima classificazione in base alla disponibilità e alle aree di diffusione;
- ricognizione di quelle loro caratteristiche fisico-meccaniche che si manifestino funzionali all'obiettivo del loro pratico utilizzo;
- analisi delle possibilità di incremento della disponibilità delle materie prime e dei semilavorati più interessanti;
- assegnazione di pesi alle caratteristiche fisiche, meccaniche, quantitative, ubicative individuate, e conseguente compilazione di graduatorie ed ambiti spaziali di desiderabilità.

### **5.2 Definizione delle tipologie funzionali desiderate**

Per tipologia funzionale qui si intende una qualunque costruzione rurale, sia essa

fabbricato o infrastruttura. In questa fase si sono individuate le tipologie di costruzione rurale, fabbricato e infrastruttura, attualmente richieste dal mantenimento e dallo sviluppo sostenibili delle attività che si svolgono in ambito rurale nelle varie zone sufficientemente omogenee della Toscana. Anche in questo caso, oltre alle rilevazioni dirette, si è fatto riferimento a database e censimenti aggiornati esistenti, e a disposizioni normative di orientamento o cogenti al momento in vigore. Il procedimento è stato il seguente:

- acquisizione di classificazioni geografiche vocazionali di massima di zone omogenee del territorio rurale Toscano;
- individuazione delle più probabili necessità di intervento conservativo sulle attività in essere;
- formulazione di ipotesi di sviluppo e definizione delle relative necessità di interventi funzionali;
- compilazione di elenchi di tipologie funzionali coerenti con i dati emersi dalle analisi precedenti.

### **5.3 Materializzazione delle tipologie funzionali individuate e definizione dei loro componenti costitutivi**

In questa fase si sono definite le varie modalità impiegabili nella costruzione delle tipologie funzionali individuate, nelle loro molteplici varianti e, conseguentemente, si sono determinate le membrature dalle quali sono costituite, andando così a istituire abachi razionalmente strutturati. Il procedimento è stato il seguente:

- definizione delle varie modalità costruttive possibili per le varie tipologie funzionali;
- selezione delle modalità costruttive compatibili con gli obiettivi che sono alla base della ricerca;
- scomposizione delle modalità costruttive nei loro componenti razionalmente definibili come progettabili e realizzabili autonomamente;
- istituzione di abachi di componenti atti ad essere utilizzati nella fase successiva.

### **5.4 Definizione degli accoppiamenti**

In questa fase si sono individuate serie ideali di accoppiamenti, anche non biunivoci, fra i materiali precedentemente individuati, e i componenti come sopra definiti. Ad esempio, una tipologia funzionale “ricovero per ovini con capienza di 250 capi”, ha dato luogo, fra l’altro, ad una modalità costruttiva “edificio con struttura portante a telaio, tamponamenti e copertura coibentata”, che si è ipotizzato costituito da elementi realizzabili in vario modo con più materiali: dunque si sono potuti individuare alcuni materiali adatti alla costituzione dell’ossatura portante, altri a quella della copertura, altri a quella dei tamponamenti e così via. Il procedimento è stato il seguente:

- formulazione di serie di accoppiamenti di tentativo;
- verifica della compatibilità sulla base di considerazioni di massima, e conseguente prima selezione;
- verifica degli accoppiamenti emersi dalla prima selezione, sulla base di esemplificazioni progettuali di massima e conseguente seconda selezione.

### **5.5 Verifica a livello di progettazione definitiva**

Questa fase è stata compiuta solo parzialmente. In essa alcuni degli accoppiamenti



risultanti dalle selezioni precedentemente operate sono stati introdotti in progettazioni di tentativo ma di livello definitivo. Il procedimento è stato il seguente:

- progettazione di componenti principali facenti parte di tipologie funzionali significative e conseguente ulteriore verifica di compatibilità; esclusione o modifica degli accoppiamenti non efficienti;
- progettazione definitiva di alcune modalità costruttive di tipologie funzionali, a titolo di esemplificazione significativa.

### **5.6 Definizione finale ed esplicitazione dei risultati**

Questa fase deve ancora essere affrontata, benché gran parte delle risultanze emerse dal lavoro fin qui svolto sia in sostanza già pronto per essere utilizzato senza ulteriori elaborazioni. Qui si formuleranno le basi razionali per la definizione di disciplinari atti all'impiego pratico dei materiali e delle tecniche costruttive individuati, procedendo nel modo seguente:

- elencazione qualificazione finale dei materiali selezionati;
- definizione generalizzata e particolareggiata delle tecniche costruttive individuate;
- redazione di abachi dei possibili accoppiamenti fra materiali e componenti, corredati da esempi di progettazione definitiva;
- redazione dei disciplinari di pratico impiego;
- formulazione di ipotesi di base atte a contribuire alla redazione di Standard Tecnici.

## **6 NOTE SUI MATERIALI OGGETTO DELLO STUDIO**

Facendo riferimento ai materiali effettivamente ed economicamente disponibili, si è proceduto a precise caratterizzazioni fisico-meccaniche, alla individuazione dei processi di trasformazione da materia prima a semilavorato, per giungere alla proposizione di regole progettuali e di procedimenti costruttivi proponibili, in modo da dar luogo a un insieme di regole e procedure ripetibili nel più vasto ambito possibile, pur tenendo conto, ove siano ai nostri fini significative, delle peculiarità locali. Dei materiali sopra elencati la terra cruda, sia in forma di mattoni che di terra compressa, è uno dei più impiegati in tutto il mondo, in particolare per costruzioni rurali: circa un terzo della popolazione mondiale vive in case di terra, e non solo nei paesi a tecnologia meno diffusa: se è vero che in India la percentuale si aggira sul 70%, in Francia e Germania supera il 10%, e ancora maggiore diffusione ha nell'ultra tecnologico New Mexico e nella pur altamente sismica California.

L'impiego della terra cruda è dunque al centro di operazioni di recupero anche nei paesi più avanzati; l'Italia è finora rimasta ai margini di questa evoluzione, probabilmente per ragioni di tornaconto economico-industriale che non è nostro compito approfondire. Ma il materiale, e le tecniche estrattive e realizzative ad esso collegate sono talmente validi sotto tutti i punti di vista della ricerca di una "edilizia rurale sostenibile", che non è ipotizzabile che possa essere trascurato ancora a lungo.

Gli altri materiali vantano una tradizione continuativa di impiego maggiore in Toscana, e solo di recente sono stati abbandonati, tanto che si trovano ancora persone capaci di utilizzarli efficacemente in maniera tradizionale. Il loro recupero è legato ad impieghi complementari a quelli dei materiali fondamentali, ma può avere in molti casi

valenze di non secondaria importanza. In particolare l'impiego della muratura a secco è tornato di grande attualità per il ripristino e la manutenzione di muri a retta, molto diffusi anche in Toscana; tuttavia tale tecnica costruttiva può estendersi anche ad altre applicazioni come parte di strutture più complesse.

Il legno massiccio da costruzione richiede un discorso a parte, data la sua diffusione e la presenza di precise normative, Italiane ed Europee, che ne regolano la classificazione meccanica e il calcolo strutturale.

Si assiste oggi alla sempre maggiore diffusione di fabbricati ad uso industriale, agricolo, terziario, sportivo, con struttura in legno lamellare. Ciò è dovuto essenzialmente al fatto che queste costruzioni appaiono essere di legno e quindi comunicano all'opinione pubblica un'impressione "ecologica".



**Figura 3.** Il legno è uno dei materiali "naturali" di antica tradizione d'uso che ancora oggi ben si presta alla realizzazione di fabbricati rurali.

In realtà si dovrebbe considerare che il legno lamellare è costituito essenzialmente da due materiali: il legno ridotto in listelli geometricamente definiti e le colle sintetiche. Dunque la sua produzione coinvolge processi industriali vasti e complessi, di non trascurabile impatto chimico ed energetico; ed il materiale risultante presenta importanti problematiche di smaltimento, che si riflettono inesorabilmente sull'effettivo costo del ciclo di vita delle costruzioni con esso realizzate.

Il legno massiccio, invece, se impiegato con i dovuti accorgimenti progettuali e realizzativi, presuppone un notevole risparmio energetico, particolarmente perché la maggior parte dell'energia necessaria alla sua produzione deriva dal sole.

Inoltre la credenza, data spesso per verità acquisita, che il legno massiccio non sia adatto alla copertura di luci relativamente grandi, può essere facilmente confutata da una corretta progettazione.

La Toscana possiede oggi legname adatto ad impieghi strutturali, costituito in gran parte da impianti di Douglasia di oltre 40 anni e ora sostanzialmente in attesa dell'innescarsi di processi di filiera che conducano ad un loro pratico impiego. La cruda realtà commerciale è che attualmente per l'operatore è più conveniente importare il legname da costruzione dai paesi d'oltralpe, piuttosto che servirsi di quello locale; tuttavia una corretta progettazione, mirata all'utilizzo del legno toscano negli assortimenti effettivamente disponibili e nei limiti delle sue tipiche caratteristiche meccaniche, è il primo passo per invertire quella tendenza.

Infine rileviamo come soluzioni in legno massiccio si inseriscano nell'attuale

tendenza alla promozione di costruzioni vantaggiosamente decostruibili, cioè strutture i cui componenti, al termine del previsto ciclo di vita, risultino per la maggior loro parte riutilizzabili e per il rimanente smaltibili senza che venga generato inquinamento ambientale o che venga richiesto un sensibile consumo di energia.

## 7 CONCLUSIONI

La prima e più importante conseguenza dell'utilizzo dei materiali naturali nelle costruzioni e nelle infrastrutture rurali è quella di generare una serie di risparmi energetici significativi dovuti ai processi di trasformazione della materia prima, di trasporto del semilavorato, di utilizzo e di smaltimento delle strutture a fine ciclo.

Questi aspetti, nel loro complesso, consentono quindi un "costo energetico" delle strutture molto più contenuto rispetto a quelle realizzate con i materiali "tipici" delle costruzioni moderne.

Il presente lavoro ha consentito di delineare le basi tecniche dell'utilizzo dei materiali naturali mediante lo studio delle più opportune e convenienti combinazioni fra gli stessi nell'impiego nei vari "componenti" delle costruzioni agricole, individuando preventivamente le aree di diffusione dei vari materiali naturali e quindi la loro possibilità di uso in ambito "locale".

Il risultato finale è quello di porre le basi tecniche e scientifiche per la redazione di disciplinari tecnici e progettazioni esecutive esemplificative, tali da consentire il pratico utilizzo di questi materiali: materiali che, seppur di antica tradizione, rappresentano senza ombra di dubbio il futuro delle costruzioni rurali purché utilizzati secondo solide basi tecniche, economiche ed energetiche.

## BIBLIOGRAFIA

- Baker, Ira O. Construction and care of earth roads - University of Illinois Agricultural Experiment Station, Illinois, USA, (1901)
- BSI - Bureau of Indian Standards - Indian standard. Improving earthquake resistance of earthen buildings – Guidelines. IS 13827:1993.UDC 699-841 (026) : 728 – 61 - New Delhi - 1993
- Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.). Lehm bau Regeln - Vieweg Teubner, Wiesbaden, Deutschland, 2009
- Eisenberg, David - Building Codes for a Small Planet – in Building Standards, Arizona, USA, January-February 2002
- King, Bruce - Buildings of Earth and Straw: Structural Design for Rammed Earth and Straw-Bale Architecture – Chelsea Green Pub., White River Junction, Vermont, USA , 1997
- McHenry, Paul Graham - Adobe and Rammed Earth Buildings: Design and Construction - University of Arizona Press, Arizona, USA, 1997
- NMAC - New Mexico Earthen Building Materials Code - Santa Fe, New Mexico, USA, 1991
- New Zealand Standards - NZS 4297 *Engineering Design of Earth Buildings* - 1998
- New Zealand Standards - NZS 4298 *Materials and Workmanship for Earth Buildings* - 1998
- New Zealand Standards - NZS 4299 *Earth Buildings Not Requiring Specific Design* - 1998
- O'Connor, John F. - The Adobe Book - Ancient City Press, 1999