

Soluzioni costruttive in balle di paglia per l'edilizia rurale

Conti L., Barbari M., Sorbetti Guerri F.

Dipartimento di Economia, Ingegneria e Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali (DEISTAF)

Via San Bonaventura , 13 – 50145 Firenze, Italia

Autore corrispondente: leonardo.conti@unifi.it

Parole chiave: balle di paglia, tecnologie edilizie innovative, bioedilizia.

Summary

This research develops some considerations regarding the use of straw bale as a building material for its particular ecological value, for the low environmental impact, for the simple working and to be economically competitive in comparison to traditional materials. The study of alternative construction systems can be an objective to be pursued by the technicians in order to seek the best ecological solutions for residential and productive farm buildings.

Introduzione

Negli ultimi anni si sta diffondendo il concetto di tutela ambientale e di conservazione del paesaggio da attuare attraverso una pianificazione equilibrata del territorio fondata sull'utilizzo sostenibile delle proprie risorse naturali.

L'architettura bioecologica o bioedilizia costituisce una risposta allo stato di degradazione progressiva dell'ambiente antropizzato sia urbano che rurale. Essa prevede l'applicazione di tecniche edilizie in linea con gli obiettivi dello sviluppo sostenibile, privilegia l'uso di materiali rinnovabili e la ricerca di soluzioni ecologiche per l'edilizia abitativa e produttiva. I materiali selezionati vengono scelti in base alla loro origine, alla facile reperibilità e ai bilanci ambientali positivi rispetto ai materiali tradizionali, in termini di costi legati alla produzione, al trasporto, alla messa in opera.

Questo lavoro sviluppa alcune considerazioni in merito all'uso della paglia come materiale da costruzione che si caratterizza per il suo particolare valore ecologico. Si cercherà, in particolare, di mettere in evidenza i vantaggi e gli svantaggi che derivano dall'uso di tale materiale in ambito costruttivo, sia in relazione alle sue proprietà fisico-meccaniche che alla possibilità di proporre l'uso per la realizzazione di edifici a destinazione agro-silvo-pastorale finalizzati sia al miglioramento dello sviluppo produttivo aziendale sia all'espletamento delle funzioni abitative. Ciò può rappresentare, in particolare, una rilevante opportunità in quei contesti territoriali ove il compenetrarsi dei caratteri agricoli con l'urbano consente, da un lato la realizzazione di soluzioni costruttive "leggere" e "accettate" e dall'altro una elevata visibilità di modelli costruttivi alternativi sostenibili.

Materiali e Metodologie costruttive

In Italia è ancora sconosciuto il potenziale costruttivo della paglia, o almeno siamo all'inizi, rispetto ad alcuni paesi esteri (ad esempio Stati Uniti, Gran Bretagna, Francia, ecc.), dove si costruiscono circa 1000 edifici nuovi l'anno in paglia. Negli Stati Uniti, in particolare in California, New Mexico ed Arizona sono state emanate delle norme tecniche che equiparano la paglia ai materiali costruttivi tradizionali (King, 2001), rendendo pertanto possibile l'utilizzo della stessa per l'edilizia residenziale.

Dal punto di vista storico, le prime strutture in balle di paglia furono costruite negli Stati Uniti alla fine dell'Ottocento, in seguito all'invenzione della macchina imballatrice; furono i coloni bianchi nelle pianure del Nebraska che costruirono manufatti direttamente con balle di paglia come fossero dei blocchi autoportanti.

Non tutte le presse di paglia possono essere utilizzate a fini costruttivi, occorrono dei requisiti tecnici che necessitano di essere rispettati in termini qualitativi e dimensionali. In tal senso è necessario definire degli standard relativamente a dimensioni, densità e contenuto di umidità che le balle devono avere al fine di assicurare un utilizzo corretto e funzionale. Questi parametri influenzano direttamente la durata delle presse e di conseguenza del manufatto in opera.

Inoltre, col termine generico "paglia" si comprendono materiali molto diversi fra loro in relazione alle specie erbacee di provenienza (frumento tenero e duro, orzo, riso, segale, ecc.). Infatti, pur essendo la loro matrice simile a quella del legno (catene di cellulosa avvolti in una matrice di

emicellulose e lignina, oltre a cere e silicati che ne assicurano una lenta decomposizione fisico-meccanica) i diversi materiali in argomento hanno una composizione chimica molto variabile.

Le specifiche dimensionali delle balle da costruzione di sezione rettangolare, legate con fili ben tesi, sono le seguenti: balle a due o tre spaghi di 450x350x900 -1125 mm. Esistono però anche elementi di dimensioni diverse con larghezze e spessori variabili così come i balloni di 2100x1200x800 mm. La lunghezza minima degli steli della paglia deve essere 150 mm, meglio se compresa tra 300 e 450 mm; le legature, in polipropilene, sisal, o canapa, dovrebbero trovarsi ad almeno 100 mm all'interno dei bordi.

Le balle devono avere caratteristiche di massima compattezza; in tal senso, l'imballatrice deve essere regolata alla massima compressione in modo da assicurare una densità variabile da 80 a 120 kg/m³. In genere questo significa che le balle dovrebbero contenere un terzo di paglia in più di quelle normali, con un peso compreso tra 16 e 30 kg.

Le problematiche di corretta conservazione del materiale sono solitamente legate alle condizioni di umidità: la durata fisica delle costruzioni in paglia può essere fortemente compromessa laddove si inneschino fenomeni di marcescenza dovuti alla messa in opera di balle con un contenuto di umidità superiore al 15%. Con gli adeguati accorgimenti costruttivi (balle in opera allo stato asciutto, fondazioni areate, autodrenanti, palificate, ecc), i problemi di decomposizione della paglia possono essere limitati (Jones, 2006).

Tra le metodologie costruttive più citate in letteratura, si ricordano gli stili *Nebraska*, *Post and Beam*, *Matrix* oltre a tecniche ibride.

La tipologia costruttiva *Nebraska* si fonda su muri in balle di paglia che devono sostenere l'intero corpo di fabbrica, comprensivo del peso del tetto, senza alcuna struttura aggiuntiva di supporto. Il sistema di unione delle balle, sia tra loro che con le fondazioni, è assicurato da picchetti in legno, mentre nella parte superiore del muro viene sistemato un cordolo continuo in legno al fine di distribuire in modo uniforme il carico del solaio su tutta la superficie della struttura. Mediante cinghie o reggette, poste una ogni metro lineare di muro, è possibile conferire una maggiore stabilità alla struttura fissando le stesse al cordolo e mettendole in tensione alla base della fondazione. Si tratta del metodo più antico, ma veloce e facile da realizzare, ideale per gli auto-costruttori e dai costi relativamente bassi dato che il quantitativo di legname utilizzato è minore di quello adoperato nelle altre tecniche (Lacinski e Bergeron, 2000).

Una variante tecnica dello stile *Nebraska*, meglio conosciuta come "*Tecnica leggera e autoportante*", consiste nella realizzazione del tetto prima del tamponamento dei muri, salvaguardando le balle di paglia da eventuali eventi meteorici. Al fine di posizionare la struttura portante del tetto, si rende necessario realizzare una struttura lignea leggera con sostegni in grado di stabilizzarla fino a quando non verranno posizionate le balle. I pilastri di supporto si posizionano solamente agli angoli e ai lati delle aperture offrendo, in confronto al metodo precedente, una maggiore solidità ai telai di porte e finestre. Dopo il posizionamento e l'assemblaggio delle presse si procede alla rimozione dei sostegni che sorreggono la struttura e alla finitura definitiva del manufatto. Questa metodologia costruttiva è più complicata del tipo *Nebraska*, perché è necessaria una maggiore destrezza tecnica per stabilizzare la costruzione al momento della posa in opera delle balle.

La tipologia *Post and Beam* prevede la realizzazione preventiva di una struttura portante a pilastri in legno, acciaio o calcestruzzo, con le balle che fungono semplicemente da rivestimento tra i pilastri. Si tratta di un metodo di costruzione già consolidato e sicuro, senza particolari innovazioni dal punto di vista edilizio. A differenza del metodo precedente, le balle non hanno alcuna funzione strutturale di sostegno, e i carichi gravanti sulla costruzione sono sostenuti esclusivamente dalla struttura a pilastri. Questo metodo richiede grande esperienza ed abilità di carpenteria per la lavorazione del legno e dell'acciaio, che incidono sensibilmente sui costi di realizzazione del manufatto in confronto al metodo autoportante.

Infine lo schema costruttivo *Matrix* utilizza le balle di paglia come mattoni, disponendole a giunti allineati e fissandole con malta cementizia; si tratta di un sistema utilizzato raramente, poiché esistono tecniche di costruzione più semplici, con costi di realizzo più contenuti.

In linea generale, la scelta della tecnica costruttiva da adottare, viene fatta in base ad esigenze economiche, di disponibilità di materiale, di dimensioni della costruzione da realizzare e soprattutto in base alla convinzione di quale delle anzidette tecniche, mostri maggiore affidabilità in termini di sicurezza e durata. Esistono, infatti, molte soluzioni realizzate con tecniche miste, che combinano i vantaggi delle diverse metodologie.

Applicazioni

Dopo le esperienze maturate dal DEISTAF nell'ambito della progettazione di prototipi di capannine in paglia ad uso zootecnico, si prevede di ampliare il settore applicativo e di approfondire le conoscenze tecniche, cercando di portare un contributo pratico-progettuale alle politiche per il governo del territorio rurale della Regione Toscana (Sorbeti Guerri et al., 2009). In tal senso si colloca la ricerca di soluzioni edilizie innovative, a basso impatto ambientale, economicamente competitive e di semplice messa in opera che qualificano il territorio sostituendosi a strutture obsolete e fatiscenti, sicuramente non identitarie dei luoghi, ma ormai consolidate nella matrice paesaggistica regionale (Fig. 1).



Fig.1 Annessi agricoli precari realizzati con materiale di scarto

Mediante indagini di campo condotte su una parte del territorio regionale (Mugello e Valdarno) è stato possibile verificare la presenza di numerosi fabbricati di servizio per attività agrosilvo-pastorali (annessi agricoli, capanni per attrezzi, ricoveri zootecnici,

magazzini, strutture per fattorie didattiche, locali per vendita di prodotti agricoli, ecc.) alquanto precari da un punto di vista strutturale e dequalificanti i caratteri estetico-paesaggistici per i loro connotati in termini di materiali utilizzati (pancali in legno, lamiera metalliche, tavolame di recupero, ecc.). L'adozione di tali soluzioni da parte degli agricoltori deriva dalla scarsa conoscenza di scelte tecniche alternative ormai consolidate, quali le strutture in legno, ma soprattutto dalla volontà di eludere regolamenti urbanistici comunali, regionali e di settore come il Programma Aziendale Pluriennale di Miglioramento Agricolo Ambientale (P.A.P.M.A.A.), spesso onerosi, disorganici e di esagerato carattere vincolistico.

In contro tendenza con quanto detto, si pone l'esperienza progettuale-pilota portata avanti da un'associazione culturale, insediatasi nella media Valle del Bisenzio (Cantagallo - Po) dal 2002, con l'acquisto di un antico borgo in stato di abbandono¹. Con lo scopo di rendere nuovamente fruibile il complesso immobiliare, articolato in vari corpi fabbricati (abitazioni, annessi agricoli, magazzini, stalle, ecc), da destinarsi ad ospitare le strutture di un eco-villaggio, si è pensato di realizzare due manufatti temporanei di supporto alla fase di ristrutturazione. Si tratta di manufatti rimovibili, autocostruiti in paglia, che hanno seguito un percorso autorizzativo regolare di tre anni (rinnovabile per altri tre), adibiti a diventare, nella fase di transizione, il centro visite del villaggio ed una capanna ad uso abitativo; attualmente è stata ultimata soltanto la prima capanna, mentre l'altra è in fase di realizzazione.

Le specifiche di progetto riconducono in linea di massima alla tipologia costruttiva *Post and Beam*, con struttura portante in legno e balle di paglia come materiale di tamponamento, anche se non mancano riferimenti alla metodologia *Nebraska*. La planimetria è a forma rettangolare (8x4m), organizzata in unico vano. Le fondazioni realizzate in pali di legno infissi nel terreno sostengono un solaio, anch'esso in legno, sollevato da terra al fine di preservare la struttura da ristagni d'acqua e garantirle le migliori condizioni di stabilità in un terreno particolarmente acclive. Sul solaio di fondazione è ancorato un telaio in pali di castagno (15-20cm di diametro per 3-5m di lunghezza), in parte reperiti nei boschi circostanti e in parte comprati presso segherie della zona. L'assemblaggio degli elementi è stato fatto sia ad incastro sia utilizzando elementi di carpenteria metallica (es. viti, tiranti, chiodi, ecc.). Lo schema costruttivo dell'edificio è di tipo longitudinale, con 3 travi principali e travicelli. Per il tamponamento della struttura sono state utilizzate circa 160 presse di paglia di frumento, con dimensioni di 100x50x35 cm, acquistate direttamente sul mercato senza alcun controllo preventivo della densità, con pesi differenti, ma ben asciutte. Le presse sono state disposte a corsi sfalsati seguendo la tipologia *laid flat*, con gli spaghi rivolti verso la sommità e le fondazioni. Il primo strato di balle è stato fissato alle fondamenta mediante picchetti in legno; i tre strati successivi sono stati invece fissati l'uno all'altro con picchetti lunghi un metro facendoli

¹ PSR Regione Toscana 2007-2013, Misura 313-Sottomisura b; L. R. N°9/1997

passare all'interno delle balle. Tale accorgimento, che si sviluppa per l'intera altezza della muratura, è necessario per conferirle maggiore stabilità. All'interno delle pareti sono state realizzate due finestrate ed un'apertura (< 50% della superficie del muro), inserendo dei controtelai in legno. Il rivestimento del tetto è stato costruito con materassini riempiti di paglia sciolta, ricoperti da cartone, strati di juta ed infine esternamente da un telone plastico impermeabile. Il profilo del manto di copertura del tetto ha una sporgenza di oltre un metro rispetto alla pianta dell'edificio, al fine di evitare problemi di umidità alle balle. I muri esterni della capanna non sono intonacati, quindi senza alcuna protezione contro animali (insetti e roditori) ed eventi meteorici. Diversamente le pareti interne sono state intonacate con un primo strato di terra grassa e liquida (80% argilla, 20% limo) ed un secondo più spesso (1/3 terra grassa, 1/3 sabbia, 1/3 paglia); questo composto, appositamente ben mescolato, è stato steso a mano e livellato sulla parete. Il costo complessivo della capanna è stato di circa € 2.500, considerando il prezzo medio delle balle di € 0,55 e acquistando il 20% di presse in più rispetto a quelle necessarie alla costruzione, poiché alcune potrebbero essere danneggiate; nel computo di spesa non è stata considerata la manodopera dal momento che la struttura è stata interamente autocostituita.

Da un'analisi critica della capanna oggetto di studio, emergono alcune inadeguatezze tecniche, a partire dalle fondazioni fino ad arrivare alla copertura del tetto, dovute alle limitate conoscenze



Fig.2 Particolare delle fondazioni e della capanna in paglia

teoriche e applicative dei costruttori: *in primis* non è da sottovalutare la presenza di balle eterogenee per densità e forma, con conseguenti bombature e cedimenti delle murature, in particolare agli angoli del manufatto. Allo stesso modo, i pali di fondazione

non presentano adeguati sistemi di protezione (sacchetti in plastica termosaldati, trattamenti con sostanze anti-funginee, ecc.), atti a prevenire eventuali fenomeni di marcescenza causati dal contatto col terreno (Barbari et al, 2003). Particolare attenzione dovrebbe essere posta anche alle finiture esterne, utilizzando griglie portaintonaco (in fibra di vetro, polipropilene, juta, canne palustri ecc.) posizionate sulle presse sulle quali applicare l'intonaco di calce e sabbia o a base argillosa per uno spessore di 3-5 cm. L'applicazione dell'intonaco incrementa le prestazioni termiche della paglia ($K \leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$), la protegge dagli agenti atmosferici e ne limita gli interventi di manutenzione. Infine il tamponamento del tetto, potrebbe essere migliorato se ipotizzato con paglia, argilla e pannelli OSB su cui collocare laterizi tradizionali.

Conclusioni

Il sistema costruttivo proposto coniuga efficacemente la sinergia dei materiali paglia e legno e si presta alla realizzazione di strutture semplici, di facile esecuzione, di costi contenuti, e di elevata durabilità, di cui però è necessario fornire il *know-how* agli operatori delle aziende agro-forestali. La predisposizione di disciplinari tecnici e di brevi *workshop* applicativi, potrebbero consentire l'impiego razionale e ripetuto del materiale "paglia", avvicinandolo il più possibile ai materiali tradizionali. In tal senso, si potrebbero sviluppare percorsi virtuosi e strategici per il comparto agricolo, offrendo innovative soluzioni edilizie per la modernizzazione delle imprese operanti in zone rurali, dotandole di strutture a basso impatto ambientale che ben si inseriscono nel paesaggio.

In Toscana, ciò sarà auspicabile se il percorso autorizzativo per la realizzazione dei fabbricati agricoli d'esercizio, subirà delle semplificazioni burocratiche (Venturi, 2009), svincolando il fabbricato dalla pertinente funzionalità al Programma Aziendale Pluriennale di Miglioramento Agricolo Ambientale (P.A.P.M.A.A.) secondo quanto previsto dalla L.R. n.1/2005 e in parte dalla L.R. n. 62/98 di recente emanazione, estendendo la possibilità di costruire a quelle aziende medio-piccole che non hanno i requisiti per predisporre il Piano di Miglioramento Agricolo e Ambientale ma costituiscono un presidio significativo alla tutela del territorio.

Bibliografia

- BARBARI M., MONTI M., PELLEGRINI P., SORBETTI GUERRI F., 2003 – *La Costruzione di edifici agricoli in legno massiccio sulla base di progetti tipo. In Costruire in legno – Progetti tipo di fabbricati e annessi agricoli*. Edizione 2003 riveduta e aggiornata", ARSIA Regione Toscana, Firenze, 2003, 17 – 69.
- JONES B., 2006. *Costruire con le balle di paglia: manuale pratico per la progettazione e la costruzione*, Aam Terra Nuova, Firenze.
- KING B., *California straw bale code*, BETEC Symposium, 2001.
- LACINSKI P., BERGERON M., 2000. *Serious straw bale: a home construction guide for all climates*, Chelsea green Publishing.
- MAGWOOD C., MACK P. THERRIEN T., 2005. *More straw bale building: a complete guide to designed and building with Straw*, New society Publishers.
- SORBETTI GUERRI F., CONTI L., MONTI M., PINI L., BARBARI M., *Razionalizzazione ed ingegnerizzazione dell'utilizzo di materiali naturali locali per l'impiego in costruzione ed infrastrutture in ambiente agricolo e perturbano toscano*, Atti del Convegno IX AIIA - "Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali" - Ischia Porto, 12-16 settembre 2009.
- VENTURI L., *Il fabbricato rurale: strumento di produzione per l'azienda agricola, opportunità per il comune*, Atti del Convegno - "Edilizia rurale in provincia di Firenze: tutela dell'identità e dello sviluppo economico" - Firenze, 22 ottobre 2009.