

Il presente volume rappresenta il risultato dell'attività di ricerca svolta nell'ambito del progetto europeo ENERSELVES in collaborazione tra la Regione Lazio ed il Centro di Ricerca Interdipartimentale CITERA dell'Università Sapienza di Roma.

ENERSELVES è un progetto di Cooperazione Territoriale Europea approvato all'interno del Programma Interreg Europe 2014-2020, un programma comunitario atto a migliorare le politiche di sviluppo regionale, incentivando lo scambio di esperienze e buone pratiche tra Istituzioni pubbliche, e sostenuto dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR).

Il progetto è finalizzato all'individuazione di *best practices* per l'efficientamento energetico del patrimonio edilizio della Regione Lazio, supportando l'integrazione delle Fonti di Energia Rinnovabili (FER) negli edifici, promuovendo nuove politiche o migliorando quelle esistenti, al fine di potenziare l'autoconsumo di energia prodotta da fonti rinnovabili negli edifici. Il risultato propone interventi o strategie dipendenti dalla zona climatica di attuazione che consentano di massimizzare i benefici nell'intero sistema edificio-impianto.

SOFIA AGOSTINELLI

DEEP

DEEP RENOVATION

RENOVATION

CRITERI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI



Sofia Agostinelli, ingegnere, è laureata in Gestione del Progetto e della Costruzione dei Sistemi Edilizi presso l'Università Sapienza di Roma, dove frequenta il Dottorato di Ricerca in Energia e Ambiente. E' docente di Project Management presso la Facoltà di Architettura della stessa Università. Svolge attività di ricerca presso il CITERA (Centro di Ricerca Interdipartimentale Territorio, Edilizia, Restauro e Ambiente) nell'ambito del miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali degli edifici e della digitalizzazione applicata alla gestione dei processi edilizi e dei sistemi ambientali, nel ruolo di project manager in gruppi di ricerca nazionali ed internazionali.



CENTRO DI RICERCA
INTERDISCIPLINARE TERRITORIO
EDILIZIA RESTAURO AMBIENTE CITERA

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



ISBN 978-12-200-5959-6



REGIONE
LAZIO



LINEE GUIDA PER
L'EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DI
EDIFICI RESIDENZIALI
DELLA REGIONE LAZIO

Regione Lazio

Assessorato alle Politiche abitative, Urbanistica, Ciclo dei Rifiuti e impianti di trattamento, smaltimento e recupero

Assessore: Massimiliano Valeriani

Direzione Regionale per le Politiche Abitative e la Pianificazione Territoriale, Paesistica e Urbanistica

Direttore: Manuela Manetti

Area Edilizia Residenziale Sovvenzionata

Dirigente ad interim: Pierpaolo Rocchi

Servizio Progettazione Europea

Ferdinando Rossi

Coordinamento tecnico regionale

Giulia Santini

Collaboratore

Emanuele Caprodossi (LAZIOcrea SpA)

Ricerca, raccolta ed elaborazione a cura del Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente (CITERA) della Sapienza - Università di Roma

Coordinatore: Prof. Marco Casini

Sofia Agostinelli

Fabrizio Cumo

Elisa Pennacchia

Matteo Sforzini

This research activity is carried out within the European project ENERSELVES in collaboration between the Lazio Region and the CITERA Interdepartmental Research Center of the University of Rome "Sapienza" aimed at identifying best practices for the energy efficiency of the residential building of the Lazio Region. The main objectives of the project are:

- Support the integration of Renewable Energy Sources in buildings;
- Promote new policies or improve existing policies in order to enhance the self-consumption of energy produced from renewable sources in buildings;
- Propose interventions or strategies, dependent on the climatic zone of implementation, which allow to maximize the benefit from the use of renewable sources.

The ENERSELVES project is a European Territorial Cooperation project, approved within the 2014-2020 Interreg Europe Program, a community program aimed at improving regional development policies by promoting the exchange of experiences and good practices between public institutions, and supported by the European Fund of Regional Development.

L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito del progetto europeo ENERSELVES in collaborazione con la Regione Lazio ed il centro Interdipartimentale di ricerca CITERA dell'Università di Roma "Sapienza" finalizzata alla individuazione di best practice per l'efficientamento energetico del patrimonio edilizio residenziale della Regione Lazio. Gli obiettivi principali del progetto sono:

- Supportare l'integrazione delle Fonti di Energia Rinnovabili negli edifici;
- Promuovere nuove politiche o migliorare le politiche esistenti al fine di potenziare l'autoconsumo di energia prodotta da fonti rinnovabili negli edifici;
- Proporre interventi o strategie, dipendenti dalla zona climatica di attuazione, che consentano di massimizzare il beneficio provenienti dall'uso di fonti rinnovabili.

Il Progetto ENERSELVES è un progetto di Cooperazione Territoriale Europea, approvato all'interno del Programma *Interreg Europe 2014-2020*, programma comunitario atto a migliorare le politiche di sviluppo regionale incentivando lo scambio di esperienze e buone pratiche tra Istituzioni pubbliche, e sostenuto dal *Fondo Europeo di Sviluppo Regionale*.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| Introduzione | 7 |
| 1. Descrizione della metodologia adottata per la redazione delle Linee Guida | 10 |
| 1.1 Quadro normativo | 11 |
| 2. Analisi delle categorie di interventi di efficientamento | 14 |
| 2.1 Generalità | 14 |
| 2.2 Ambito di applicazione | 15 |
| 3. Diagnosi energetica finalizzata alla riduzione delle dispersioni e all’ottimizzazione della produzione energetica | 20 |
| 4. Embodied energy correlata alle attività di manutenzione | 25 |
| 5. Installazione di sistemi di isolamento per l’involucro edilizio | 32 |
| 5.1 Chiusure verticali..... | 33 |
| 5.1.1 Tipologie di chiusure verticali opache..... | 34 |
| 5.1.2 Tipologie di chiusure verticali trasparenti..... | 35 |
| 5.2 Evoluzione della tecnologia delle chiusure verticali | 37 |
| 5.2.1 Chiusure verticali opache | 38 |
| 5.2.2 Chiusure verticali trasparenti | 40 |
| 5.3 Strategie di intervento | 41 |
| 5.3.1 Soluzioni per efficientare la parete perimetrale verticale opaca | 42 |
| 5.3.2 Soluzioni per efficientare l’involucro trasparente..... | 48 |
| 6. Efficientamento dei sistemi di riscaldamento | 57 |
| 6.1 Generatore di calore..... | 58 |
| 6.1.1 Manutenzione del generatore di calore | 58 |
| 6.1.2 Sostituzione del generatore di calore | 59 |
| 6.2 Rete di distribuzione dell’impianto di riscaldamento..... | 68 |
| 6.2.1 Coibentazione delle tubazioni..... | 69 |
| 6.2.2 Sostituzione delle unità terminali di emissione | 69 |
| 6.3 Sistemi di termoregolazione | 75 |
| 6.3.1 Regolazione climatica | 75 |
| 6.3.2 Regolazione di zona..... | 76 |
| 6.3.3 Regolazione ambiente..... | 77 |
| 6.3.4 Sistemi domotici | 77 |
| 7. Sistemi di efficientamento per la produzione di acqua calda sanitaria | 79 |
| 7.1 Solare termico..... | 79 |
| 7.2 Impianti geotermici a bassa temperatura..... | 87 |

| | | |
|--|---|------------|
| 8. | Efficientamento dei sistemi di raffrescamento e ventilazione | 95 |
| 8.1 | Sistemi a pompa di calore per il raffrescamento attivo..... | 95 |
| 8.2 | Sistemi per il raffrescamento passivo | 98 |
| 8.3 | Sistemi di raffrescamento evaporativo..... | 100 |
| 8.4 | Sistema innovativo a “travi fredde” | 102 |
| 9. | Efficientamento dei sistemi di illuminazione..... | 105 |
| 9.1 | Strategie di intervento | 105 |
| 9.1.1 | Relamping LED | 106 |
| 9.1.2 | Rifacimento completo dell’impianto di illuminazione | 106 |
| 9.2 | Vantaggi della tecnologia LED | 107 |
| 9.3 | Individuazione dei sistemi applicabili agli edifici residenziali e della Pubblica Amministrazione | 109 |
| 9.4 | Indicazioni per l’efficientamento dei sistemi di illuminazione..... | 120 |
| 9.5 | Impianto di illuminazione esterna | 122 |
| 9.6 | Manutenzione e gestione dei sistemi illuminotecnici..... | 123 |
| 10. | Sistemi fotovoltaici..... | 125 |
| 10.1 | Sistemi di accumulo | 128 |
| 10.2 | Principali applicazioni del fotovoltaico nell’edilizia residenziale..... | 129 |
| APPENDICE A: Diagnosi energetica realizzata su un edificio residenziale di proprietà dell’ATER del comune di Roma finalizzata ad una riqualificazione energetico ambientale..... | | 141 |
| A.1 | Inquadramento territoriale dell’edificio oggetto di studio nel quartiere San Saba a Roma .. | 141 |
| A.2 | Analisi energetica dell’edificio | 143 |
| A.2.1 | Chiusure verticali opache e trasparenti | 145 |
| A.2.2 | Sistemi di illuminazione..... | 147 |
| A.3 | Applicazione congiunta di tutti gli interventi..... | 148 |
| APPENDICE B: Diagnosi energetica realizzata su un edificio non residenziale di proprietà della Camera dei Deputati finalizzata all’individuazione di interventi di riqualificazione energetica..... | | 150 |
| B.1 | Presentazione generale del sito..... | 150 |
| B.2 | Descrizione del “sistema edificio-impianto” | 152 |
| B.3 | Analisi dei consumi energetici e valutazione dei costi di esercizio | 158 |
| B.4 | Interventi di riqualificazione energetica | 159 |
| B.4.1 | Pellicole filtranti sui vetri..... | 159 |
| B.4.2 | Sostituzione degli infissi..... | 160 |
| B.4.3 | Coibentazione delle pareti verticali interne..... | 160 |
| B.4.4 | Sostituzione dei corpi illuminanti con nuovi elementi a LED | 160 |
| B.4.5 | Sostituzione delle caldaie | 161 |
| B.4.6 | Soluzioni proposte | 162 |

| | |
|---|------------|
| B.5 Conclusioni..... | 162 |
| APPENDICE C: Incentivi per gli interventi di efficientamento energetico | 164 |
| C.1 Il ruolo delle Energy Service Companies | 164 |
| C.2 Il ruolo del Gestore dei Servizi Energetici | 167 |
| C.3 Certificati Bianchi o Titoli di Efficienza Energetica | 167 |
| C.4 Conto termico..... | 168 |
| C.5 Detrazione fiscale..... | 171 |
| C.6 Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica | 172 |
| ALLEGATO A: Schede tecniche materiali involucro opaco..... | 174 |
| ALLEGATO B: Schede tecniche materiali involucro trasparente..... | 185 |
| ALLEGATO C: Schede tecniche sistemi e dispositivi per il controllo illuminotecnico | 186 |
| Bibliografia..... | 195 |