

Annalisa Ruocco

**INNOVAZIONE E IBRIDAZIONE DEI SISTEMI OPACHI LEGGERI E DI
SCHERMATURA PER LA RIQUALIFICAZIONE ECO-EFFICIENTE DI EDIFICI
ESISTENTI NEL MEDITERRANEO**

Tesi di Dottorato

DOTTORATO DI RICERCA IN PROGETTAZIONE AMBIENTALE
XXIII CICLO: Novembre 2007 – Ottobre 2010

Sapienza Università di Roma

Facoltà di Architettura

Dipartimento DATA

Tutors: Prof. Salvatore Dierna, Prof. Fabrizio Tucci

Coordinatore: Prof.ssa Eliana Cangelli

Abstract

La convinzione della necessità di un progressivo avvicinamento nel recupero dell'esistente ad un uso consapevole di materiali e componenti teso alla riqualificazione e quindi al prolungamento della vita utile dell'edificio, al miglioramento del comfort interno, al controllo energetico e ad una riduzione dell'impatto complessivo dell'organismo edilizio prende forza dagli imperativi normativi a cui il panorama mondiale, internazionale e, lentamente, anche quello nazionale stanno rivolgendo le proprie attenzioni. Attraverso l'analisi storica del costruito, delle caratteristiche costruttive, dei problemi prevalenti di degrado materiale, di elevati consumi energetici e di discomfort percepito, si prende progressivamente coscienza del fatto che le edificazioni recenti invecchiano più rapidamente e in modo peggiore. Sono infatti caratterizzate da inefficienze e inaffidabilità che quindi incrementano i consumi di energia primaria prodotta. In particolare l'attenzione della commissione DGTREN si è concentrata sui consumi di energia primaria in edilizia, equivalenti ad oltre il 40%. Il ruolo dei sistemi opachi leggeri e di schermatura e il loro legame con l'economia globale del XXI secolo saranno strettamente dipendenti alla sopravvivenza dell'ambiente controllando e riducendo l'impatto legato alle attività del panorama edilizio esistente, nell'ottica delle interazioni che intercorrono tra locale e globale. Si definiscono parametri adeguati per l'attuazione di interventi di eco-concezione fondati su una progettazione diversa, di valorizzazione e approfondimento delle potenzialità, di un controllo tecnologico del progetto.

Il fine è quello di indagare nell'ambito dell'operatività metodologica e tecnica al fine di strutturare un quadro di riferimenti, principi e linee guida di supporto alla progettazione di interventi di riqualificazione organizzato per obiettivi da perseguire. Tale esito propone un riscontro operativo nell'ideazione di un "modello" utile al processo progettuale e articolato sui criteri, i sistemi, i parametri che intervengono sulle scelte metodologiche di una progettazione attenta alle potenzialità del dialogo aperto con i fattori bioclimatici, con le caratteristiche tipologiche dell'ambiente costruito e con il controllo tecno-impiantistico dell'efficienza energetica e del comfort microclimatico interno.

La tesi si colloca dunque in un ambito di ricerca che pone particolare significatività a tematiche legate sia al campo dell'innovazione tecnologica insita nel programma progettuale, sia a quello della progettazione ambientale ed ecosostenibile, sia infine, e non ultimo, a quello specifico dell'intervento sull'esistente con le variazioni nel tempo della conformazione dei principali sistemi dell'edificio e delle principali inefficienze e problematiche.

In quest'ottica, la tesi offre tre contributi significativi, due di carattere logico-strumentale e uno di carattere ideativo - metodologico. Il primo riguarda lo studio dei principali aspetti di degrado materiale, di inefficienza energetica e di discomfort dell'esistente e delle più significative evoluzioni dei materiali intesi non solo come "materia" di cui beneficiare per la costituzione del costruito, ma soprattutto come insieme sistematico di prestazioni e soluzioni. Si ambisce a formulare un quadro logico di riferimento sul significato, il ruolo e le caratteristiche di composizioni materiche a più livelli e/o a più prestazioni con il minimo comun denominatore della leggerezza come parametro fondamentale e imprescindibile. Leggerezza che diviene, insieme ad altri, prerogativa di intervento sul preesistente. Insieme all' esplicazione delle innovazioni in ambito tecnologico si evolvono anche i criteri di classificazione che quindi prevedono non soltanto una catalogazione per caratteristiche fisiche, quanto per risposte prestazionali. Il secondo contributo offre un quadro metodologico di ricerca scientifica individuato dalla selezione di casi di studio rappresentativi, attraverso un approccio selettivo, che basandosi su indicatori significativi per le fasi di screening e analisi, approda all'individuazione dei caratteri più evoluti in materia applicabilità delle innovazioni tecnologiche sulle preesistenze. L'innovazione non risiede soltanto nell'individuazione di componenti innovativi, ma piuttosto nell'individuazione di strategie e soluzioni innovative in quanto inserite nell'ambito della riqualificazione eco-efficiente, in ambito mediterraneo.

Tale contributo rappresenta un insieme di linee guida, un complesso flessibile e adattivo di procedure che regolano una scelta progettuale consapevole attraverso la conoscenza dei giusti parametri di valutazione del prodotto. La ricerca può quindi condurre come obiettivo finale alla definizione di un modello di approccio innovativo in cui si offre non solo la conoscenza dell'attuale stato dell'arte in ambito di sistemi e componenti opachi leggeri, ma si individuano per le differenti classi esigenziali i parametri di valutazione fondamentali ad una scelta. Questo approccio consente di offrire in relazione ad alcuni requisiti, una precisa indicazione progettuale. Per ogni requisito individuato vengono indicate le metodologie di analisi critica che conducono alle strategie e gli strumenti necessari per il soddisfacimento del requisito stesso.

L'uscita applicativa della ricerca, assieme all'interesse per il ruolo specifico delle tecnologie energeticamente efficienti nel settore culturale, apre significative ed importanti linee di sviluppo e di riflessione.

INNOVAZIONE E IBRIDAZIONE DEI SISTEMI OPACHI LEGGERI E DI SCHERMATURA PER LA RIQUALIFICAZIONE ECO-EFFICIENTE DI EDIFICI ESISTENTI NEL MEDITERRANEO

Introduzione p. 8

PARTE I

Quadro dei principi e delle questioni di riferimento per la definizione di innovazione e ibridazione nell'ambito dell'architettura leggera opaca sostenibile per la riqualificazione nel Mediterraneo

Capitolo 1. Percorsi evolutivi dell'architettura della leggerezza e dei requisiti prestazionali..... p. 15

1.1 Storia: origini ed evoluzione del costruito in ambito mediterraneo.....17

1.1.1 Dalle origini alla stratificazione dei sistemi

1.1.2 Anni '50: innovazioni e materiali impiegati

1.1.3 Anni '80 innovazioni adattive

1.1.4 I materiali come elemento di modernità

1.1.5 Anni 2000 innovazioni funzionali

1.2 L'analisi e la valutazione dell'esistente 25

1.2.1 Le inefficienze dell'organismo edificio dal punto di vista energetico

1.2.2 Le inefficienze dell'organismo edificio inerenti al comfort interno

1.2.3 Le inefficienze dell'organismo edificio inerenti all'impatto ambientale

1.3 L'innovazione dei materiali come componenti leggeri multidimensionali..... 34

1.3.1 Dal tradizionale sistema di classificazione dei materiali ai materiali contemporanei

1.3.2 Materiali compositi

1.3.3 Materiali funzionalizzati

1.3.4 Materiali high-performance

1.3.5 Smart materials

1.4 L'innovazione e l'ibridazione dei sistemi opachi leggeri e di schermatura..... 41

1.4.1 La connessione tra ricerca, innovazione e architettura

1.4.1 Dal tradizionale sistema di classificazione dei componenti e sistemi alla ibridazione contemporanea

Capitolo 2. Questioni di riferimento per la definizione dei ruoli innovativi dei sistemi opachi leggeri 45

2.1 La leggerezza nella gestione della tematica delle risorse e dei carichi ambientali 46

2.1.1 Appunto sulle risorse

2.1.2 Appunto sui carichi dei materiali

2.2 La questione della trasferibilità nell'impiego dei materiali edili nel progetto della riqualificazione 49

2.2.1 L'importanza della riconoscibilità estetico - formale

2.2.2 Il concetto di integrazione formale per gli interventi su un costruito non vincolato

2.2.3 Il ruolo delle tecnologie di inserimento nel preesistente

2.2.4 La modularità dei sistemi utilizzati

2.3 Le potenzialità di impiego innovativo dei sistemi opachi leggeri nell'architettura eco-efficiente55

2.3.1 Le potenzialità di intervento sull'involucro

2.3.2 Le potenzialità di intervento sulla struttura - prestazioni richieste

2.3.3 Le potenzialità di intervento con opere di finitura - prestazioni richieste

2.3.4 Le potenzialità di intervento con sistemi ibridi

Capitolo 3. Questione normativa di riferimento per l'impiego innovativo dei sistemi opachi leggeri 64

3.1 Incentivazione delle tecnologie finalizzate alla riduzione dell' impatto energetico e ambientale dell'esistente 65

3.1.1 Piano casa previsto dall'art.11 del dl 112/08 e successive modifiche e integrazioni

3.1.2 DM 6ago2010

3.2 Incentivazioni per l'innovazione in ambito di risparmio energetico..... 68

3.2.1 Terzo Conto Energia

3.3 Verso una progettazione e gestione ambientale dei sistemi costruttivi..... 70

3.3.1 Progettazione eco-compatibile dei prodotti connessi all'energia - definizione dello scenario europeo e nazionale (2009/125/ce +schema di decreto nov 2010)

3.4 Il ruolo dei componenti edilizi nella certificazione di sostenibilità ambientale..... 71

3.4.1 Dettato normativo vigente a livello nazionale e regionale

3.4.2 Certificati di sostenibilità ambientale Leed e Breeam

3.5 Il ruolo dei componenti edilizi nella certificazione energetica..... 81

3.5.1 L'efficienza energetica in ambito mediterraneo

3.5.2 Il dettato normativo vigente inerente al raffrescamento passivo

3.5.3 Il risparmio energetico attraverso le schermature - norme tecniche di riferimento

3.6 I limiti della legislazione nella trattazione sistematica della questione riqualificazione eco-efficiente..... 89

Capitolo 4. Prime linee per la costruzione di un quadro di criteri generali volti all'impiego ottimale dei sistemi opachi leggeri in ambito mediterraneo per una riqualificazione eco-efficiente..... 91

4.1 Considerazioni propedeutiche all'inquadramento dei criteri generali in ambito mediterraneo.....92

4.1.1 Definizione della fascia climatica di riferimento

4.2 Criteri per l'individuazione degli aspetti ambientali prevalenti.....93

4.2.1 Caratteristiche costruttive degli edifici realizzati dalla prima industrializzazione alla società post-industriale

4.2.2 Interazione con il contesto climatico

4.2.3 Interazione con la funzione dell'edificio

4.3 Metodi e strumenti per l'implementazione bioclimatica del progetto di riqualificazione eco-efficiente.....96

4.3.1 Il comfort tramite il controllo degli aspetti termodinamici

4. 3.2 Il raffrescamento naturale e controllo degli aspetti termodinamici

4. 3.3 L'illuminazione naturale e controllo degli aspetti percettivo-visivi

4. 3.4 La ventilazione naturale e controllo della fluidodinamica

PARTE II

Confronto con la sperimentazione internazionale quale elemento di supporto e di validazione dei principi e delle metodologie innovative per la riqualificazione eco-efficiente di edifici esistenti nel mediterraneo

Capitolo 5. Individuazione dei parametri per la lettura critica dei sistemi opachi leggeri e di schermatura.....104

5.1 Criteri tradizionali di classificazione.....105

5.1.1 Caratteri fisici del singolo materiale

5.1.2 Risposte prestazionali del singolo materiale

5.1.3 Schematizzazione dei parametri e del loro campo di applicazione

5.2 Criteri di classificazione alternativa multilivello..... 109

5.2.1 Risposte prestazionali del componente

5.2.2 Potenziale ambito di impiego

5.2.3 Composizioni materiche e stratificazioni

5.2.4 Sistema costruttivo

Capitolo 6. I sistemi opachi e di schermatura. Innovazione ed evoluzione 117

6.1 I sistemi opachi leggeri..... 119

6.1.2 I sistemi ibridi d' involucro passivi

6.1.2 I sistemi ibridi d' involucro attivi

6.1.3 I sistemi ibridi d' involucro interattivo	
6.1.4 I sistemi ibridi strutturali	
6.1.5 I sistemi ibridi - integrazione tra struttura e involucro	
6.1.6 I sistemi interni all'organismo edilizio	
6.2 I sistemi di schermatura solari	127
6.2.1 Le schermature solari esterne	
6.2.2 Le schermature solari interne	
6.2.3 Le schermature solari integrate in facciata	
6.2.4 La normativa tecnica di settore	
Capitolo 7. Sintesi dei caratteri di innovazione e ibridazione dei sistemi opachi leggeri e di schermatura	147
Capitolo 8. La centralità del fattore ibridazione nella riqualificazione a basso impatto delle preesistenze	152

PARTE III

Confronto con la sperimentazione internazionale quale elemento di supporto e di validazione dei principi e delle metodologie in gioco per la riqualificazione eco-efficiente di edifici esistenti nel mediterraneo

Capitolo 9. Lo stato dell'arte nel panorama internazionale	168
9.1 Stato di avanzamento della ricerca progettuale	170
9.1.1 Caratteri predominanti dello scenario attuale	
9.1.2 Innovazione del concetto di riqualificazione eco efficiente del preesistente ed individuazione di strategie e soluzioni innovative	
9.1.3 Criteri di selezione e metodologia di analisi degli 8 casi di studio più significativi	
9.2 Analisi dei caratteri di riqualificazione di 8 casi di studio significativi	179
Capitolo 10. Linee guida e codici di progettazione per l'individuazione di un modello dinamico e adattivo della riqualificazione eco-efficiente	228
10.1 La sostenibilità dell'organismo edilizio	229
10.1.1 Obiettivi generali per la sostenibilità dell'organismo edilizio	
10.1.2 Strategie e modalità di intervento per la sostenibilità dell'organismo edilizio	
10.2 La sostenibilità dei materiali e dell'utilizzo delle risorse	234
10.2.1 Obiettivi generali per la sostenibilità dei materiali e dell'utilizzo delle risorse	
10.2.2 Strategie e modalità di intervento per la sostenibilità dei materiali e utilizzo delle risorse	
10.3 La riduzione e la gestione efficiente dei rifiuti	239
10.3.1 Obiettivi generali per la riduzione e gestione efficiente dei rifiuti	

10.3.2 Strategie e modalità di intervento per la riduzione e gestione efficiente dei rifiuti

10.4 La riduzione del consumo e la produzione di energia 243

10.4.1 Obiettivi generali per la riduzione del consumo e la produzione di energia

10.4.2 Strategie e modalità di intervento per la riduzione del consumo e la produzione di energia

10.5 La qualità ambientale interna 248

10.5.1 Obiettivi generali per la qualità ambientale interna

10.5.2 Strategie e modalità di intervento per la qualità ambientale interna

Capitolo 11. Conclusioni 252

11.1 Gli aspetti-chiave per la fattibilità della riqualificazione attraverso l'innovazione dei sistemi opachi leggeri e di schermatura 253

11.2 Le prospettive future delle strategie di riqualificazione individuate255

Appendice normativa 260

Bibliografia e riferimenti web tematici 266

Indice delle tavole..... 287

References

- AA.VV. .Roof cooling techniques - a design handbook. Earthscan, 2005
- AA.VV. Certificazione energetica degli edifici. Dei, Tipografia del genio civile, 2008.
- AA.VV. Architettura ecosistemica. L'equilibrio ambientale nella città. Cangemi Editore, 1998
- AA.VV.. Il nuovo Manuale Europeo di Bioarchitettura. Mancosu Editore Architectural Book & Review, 2007.
- BATTISTI, Alessandra. La qualità ambientale delle architetture d'interno. Procedure e strumentazioni tecniche per la costruzione e gestione degli spazi a conformità ecologica. Alinea Editrice, Firenze 2005.
- BATTISTI, Alessandra. Sistemi per il risparmio energetico e il controllo bioclimatico. In Dierna S., Orlandi F. (a cura di). *Buone pratiche per il quartiere ecologico*. Alinea Editrice, Firenze, 2005.
- BATTISTI, Alessandra. Nuovi materiali per l'edilizia. In *AR-rivista dell'Ordine degli Architetti di Roma*, n° 70/07, marzo-aprile 2007.
- BATTISTI, Alessandra, Best practices for architectural, energetic and social informal city retrofitting, p. 1352-1363, nel libro AA.VV. *Inhabiting the future...after Copenhagen.*, Clup, Napoli 2010.
- BATTISTI, Alessandra. Edilizia sostenibile. In *Edilizia Popolare*, n. 284-285, 2010.
- BATTISTI, Alessandra, CIPRIANI, Franco, TUCCI, Fabrizio. Eco-efficient and sustainable settlement experimentation in Mediterranean housing. In AA. VV.. *3rd International Conference Palenc 2010: Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, Rhodes Island, Greece, 29 September-1st October 2010.
- BATTISTI, Alessandra, TUCCI, Fabrizio. Ambiente e cultura dell'abitare. Innovazione tecnologica e sostenibilità del costruito nella sperimentazione del progetto ambientale. Editrice Librerie Dedalo, Roma, 2000.
- BATTISTI, Alessandra, TUCCI, Fabrizio. Architettura bioclimatica in Europa. In: *L'Architettura: Cronache e Storia*. Vol. 46, n° 533, Marzo 2000.
- BATTISTI, Alessandra, TUCCI, Fabrizio. Qualità ed ecoefficienza delle trasformazioni urbane. Sperimentazione progettuale di unità insediative a conformità ecologica nell'ambito dello SDO di Roma. Alinea Editrice, Firenze 2002.
- BATTISTI, Alessandra, TUCCI, Fabrizio. Strategie Low Energy Low Cost per il Retrofitting del Social Housing. In *Il Progetto Sostenibile*, n. 25, giugno 2010.
- BENEDETTI, Cristina. Manuale di Architettura Bioclimatica, Maggioli Editore, Rimini, 1994.
- CIRIBINI, Giuseppe. Tecnologia e progetto, Celid, Torino, 1984.
- CONTAL, M.H., REVEDIN, J.. Progettare la sostenibilità, Edizioni Ambiente, Milano 2009.
- DIERNA, Salvatore, ORLANDI, Fabrizio. Buone pratiche per il quartiere ecologico, Alinea Editrice, Firenze.
- FITCH, James Marston. La progettazione ambientale, Franco Muzzio Editore, PADOVA, 1991.
- FANGER O.. Thermal Comfort - Analysis and Applications in Environmental Engineering. Copenhagen, 1970
- GANGEMI, Virginia. Architettura e tecnologia appropriata. Franco Angeli, Milano, 1985.

- GROSSO, Mario. Il raffrescamento passivo degli edifici. Concetti, precedenti architettonici, criteri progettuali, metodi di calcolo e casi di studio. Maggioli Editore, Rimini, 1999.
- MAROCCO, Marcello, ORLANDI, Fabrizio. Qualità del comfort ambientale. Elementi per la progettazione. Editrice Libreria Dedalo, Roma, 2000.
- MASERA, Gabriele. Residenze e risparmio energetico. Tecnologie applicative e linee guida progettuali per la costruzione di abitazioni sostenibili. Il sole 24 ore, 2004.
- OLGYAY, Victor. Progettare con il clima, Franco Muzzio. Padova 1981.
- TUCCI, Fabrizio. Ecoefficienza dell'involucro architettonico. La pelle dell'edificio da barriera protettiva a complesso sistema-filtro selettivo e polivalente. Edizioni Librerie Dedalo, Roma 2000.
- TUCCI, Fabrizio. L'edificio cambia pelle. In *AR: Bimestrale dell'Ordine degli Architetti di Roma e Provincia*, n. 56, novembre/dicembre 2004.
- TUCCI, Fabrizio. Tecniche e materiali innovativi ecocompatibili per il controllo delle chiusure trasparenti. In *Il Progetto Sostenibile*, n. 10-11, giugno-settembre 2006.
- TUCCI, Fabrizio. Progettazione architettonica, la sfida del risparmio energetico. In *Il Sole 24 Ore - Edilizia e Territorio - Commenti e Norme*, n. 10, 12-17 marzo 2007.
- TUCCI, Fabrizio. L'innovazione eco-tecnologica nella produzione di componenti massivi e leggeri per l'involucro edilizio energeticamente efficiente / The Eco-Technological Innovation in the Production of massive and light Components for the Energetically Efficient Building Skin. In: Passaro A. (a cura di). *La produzione industriale eco-orientata per l'edilizia. The industrial eco-oriented production for building*, Atti del convegno internazionale, Napoli 9 novembre 2007, Luciano Editore, Napoli 2007.
- TUCCI, Fabrizio. Tecnologia e Natura: Gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimatica. Alinea Editrice, Firenze 2008.
- TUCCI, Fabrizio. Il fotovoltaico organico. Sperimentazione e innovazione applicata al caso di "Ventotene isola ad emissioni zero". In *Il Progetto Sostenibile*, n. 21, marzo 2009.
- TUCCI, Fabrizio. Tecnologia e Ambiente nella sperimentazione di insediamenti ecoefficienti nel Mitteleuropa / Technology and the Environment in Experiments with Eco-Efficient Settlements for Central Europe. In *Rassegna di Architettura e Urbanistica*, n. 132, settembre 2010.
- TUCCI, Fabrizio. Progettare le masse d'aria: potenzialità energetiche ed economiche ed opportunità tecnologiche della ventilazione naturale in architettura. In *Modulo*, n. 363, agosto-settembre 2010.
- TUCCI, Fabrizio. Technologies for natural cooling in the experimentation of eco efficient housing in the Mediterranean. In: Santamouris M. (a cura di), *Cooling the cities: the absolute Priority. Passive & low Energy Cooling for the Built Environment*. Conference proceedings. 3rd International Conference Palenc. 29 sept.-1 oct. 2010 Greece. Heliotrop Edition, Grecia 2010. ISBN: 9789606746086.
- TUCCI, Fabrizio. L'innovazione nelle schermature solari tra tecnologia e architettura, verso il regolatore solare intelligente. In *Modulo*, 367, marzo 2011.
- TUCCI, Fabrizio. Efficienza ecologica ed energetica in architettura. Alinea Editrice, Firenze 2011.
- ZIMMERMANN, M.. Handbuch der passiven Kühlung. Fraunhofer IRB Verlag, 2003
- BREEAM <http://www.breeam.org/page.jsp?id=301>
- LEED Italia <http://www.gbitalia.org/risorse/1>;
- LEED U.S. <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=20>
- MINERGIE http://www.minergie.ch/minergie_it.html
- Protocollo ITACA <http://www.itaca.org/edilizia+sostenibile+protocollo+itaca.asp>

Politica ambientale

References

AA.VV.. Planetary Boundaries. in Nature Reports Climate Change, 2009

BOLOGNA, G.. Perché serve un piano B, in Lester Brown, Piano B 4.0. Edizioni Ambiente, Milano 2010

BROWN, L.. Piano B 4.0. Mobilitarsi per salvare la civiltà. Edizioni Ambiente, Milano, 2010

COLOMBO, R. LANDABASO, A. SEVILLA, A.. Manuel de conception, architecture solaire passive pour la région méditerranéenne. Centre Commun de Recherche, Bruxelles 1995.

DIAMOND J.. Armi, acciai e malattie. Breve storia del mondo negli ultimi tredicimila anni. Einaudi, Torino, 1998

DIAMOND J.. Collasso. Come le società scelgono di morire o vivere. Einaudi, Torino, 2005

ARPALAZIO, Agenzia Regionale Protezione Ambientale del Lazio

<http://www.arpalazio.net/main/>

http://archiviostorico.corriere.it/2010/dicembre/12/Cancun_accordo_sul_clima_Fondo_co_8_101212011.shtml

CTI, Comitato Termotecnico Italiano

<http://www.cti2000.it/>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Per Capita Urban Waste Production. June 2009

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/per-capita-urban-waste-production>

EUROPEAN COMMISSION EUROSTAT

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

GESTORE SERVIZI ENERGETICI

<http://www.gse.it/Pagine/default.aspx>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Energy Use in Cities in World Energy Outlook

PINNA, M.. L'atmosfera e il clima. Utet, Torino 1978

RIFKIN, J.. Economia all'idrogeno. La creazione del Worldwide Energy Web e la redistribuzione del potere sulla terra. Mondadori, Milano, 2002

ROGERS, R., GUMUCHDJIAN P.. Città per un piccolo pianeta. Erid'A Kappa, Roma, 1997

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. Cities in a Globalizing World: Global Report on Human Settlements 2001

<http://www.unhabitat.org/content.asp?typeid=19&catid=555&cid=5374>

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Kyoto Protocol, http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/items/1678.php

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements 2009

<http://www.unhabitat.org/content.asp?typeid=19&catid=555&cid=5607>

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. UN-HABITAT Contribution to the Discussion on Climate Change

<http://www.unchc.org/content.asp?cid=5043&catid=271&typeid=8&subMenuId=0>

WACKERNAGEL, M., REES, W. E.. L'Impronta Ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra. Edizioni Ambiente, Milano 2008

La riqualificazione dell'esistente

References

AA.VV.. Atlante della riqualificazione degli edifici. Utet, 2009

AA.VV.. Il recupero edilizio nella sostenibilità dello sviluppo territoriale. Rapporto tra recupero e habitat. TecReEd, 2008

AA.VV.. Manuale di Progettazione edilizia. Tecnologie, tecniche e materiali. Vol.3, Parte2. Hoepli, Milano, 1994.

BOAGA, G.. L'involucro architettonico - progetto, degrado e recupero della qualità edilizia. Masson, 1994

BONOMI, M.. Leggibile dall'esterno, Ristrutturazione ed ampliamento dell'ospedale Ceccarini. Il sole24ore, 2007

CARRIA, F., Il rinnovo delle facciate - Nuovi ruoli dell'involucro edilizio, Dario Flaccovio Editore, 2009

CONTI, C.. MUCELLI, G.. Dall'edilizia e per l'edilizia: nuovi materiali e prodotti riciclati, in la riciclabilità dei componenti edilizi, in Riciclare in architettura. Scenari innovativi della cultura del progetto. V.Cangemi (a cura di). Clean Edizioni, Napoli, 2004

DEUTSCHE ENERGIE AGENTUR (a cura di) " Besser als ein Neubau: Enev minus 30%. Planungshilfe. Berlin 2007.

TUCCI, Fabrizio. Bioclimatic Social Housing. In: Monti C.; Ronzoni M.R.; Trippa G.; Cicconi I.; Roda R.; Biondo G.(a cura di). + *Qualità - Energia per costruire sostenibile*. Be-Ma Editrice, Milano 2008.

TUCCI, Fabrizio. Qualità ambientale. Sperimentazioni nell'edilizia residenziale pubblica. In *Edilizia Popolare* (ISSN: 0422-5619), n. 284-285, Anno 53°, 2010.

ENEA, GdL Efficienza Energetica

<http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/>

INSTITUT FUER BAUFORSCHUNG e.V. (a cura di), "U-Werte alter Baupartee, Hannover2005

MALIGHETTI, L.E.. Recupero edilizio e sostenibilità. Il sole24ore, 2004

ZAMBELLI, E.. Ristrutturazione e trasformazione del costruito, Il sole24ore, 2004

L'innovazione dei materiali come componenti leggeri

References

ADDINGTON, M. SCHODEK, D.. Smart Materials and Technologies. Architectural Press, 2005

ANTONINI, Ernesto. Materiali complessi.

http://www.archinfo.it/materiali-complessi/0,1254,53_ART_198152,00.html

AA.VV.. Tecnologia dei materiali, ceramici, polimeri e compositi. Città studi edizioni, Milano, 1997

BRASCA, M.. Progettare e costruire con il fibrocemento. Il sole24ore, 2008

BROWNELL, B.. Transmaterial 1-2-3. A catalog of materials that redefine our physical environment. Princeton Architectural Press, 2010

<http://www.carbon-compositi.it>

KRIPPNER, R.. Untersuchungen zu Einsatzmöglichkeiten von Holzleichtbeton im Bereich von Gebäudefassaden. TUM, 2000

MINGUZZI G.. Fiber reinforced plastics: utilizzo dei materiali compositi a matrice polimerica in edilizia civile. Alinea, Firenze, 1998

NARDI, Guido. Materiali strutturali in *Componenti italiani per l'architettura*. Arcaedizioni, Milano, 1991.

WIENAND, Norman. Technologies of Architecture. volume 3. Materials, Specification and Detailing. Taylor & Francis, 2008

ZENNARO, Pietro. Architettura senza. Micro esegesi della riduzione negli edifici contemporanei. Franco Angeli Editore, 2009

FRAUNHOFER INSTITUT

<http://www.fraunhofer.de/forschungsthemen/bautechnologie>

LEIPNIZ INSTITUT FUR NEUE MATERIALIEN

<http://www.inm-gmbh.de>

MATERIALSMONTHLY™

www.materialsmoonthly.com

<http://www.materialconnexion.com>

www.masea-ensan.de

TRANSMATERIAL

<http://http://transmaterial.net>

Sistemi opachi leggeri e schermature

References

AA.VV.. Atlante delle facciate. Utet, 2004

AA.VV.. Solare Fassadensysteme. Fraunhofer IRB Verlag, 2005

BRIVIO, S.F.. Schermature solari e tende tecniche. MonoGrafia Arketipo, Il sole24ore, 2010

LANG, W.. Warme und Sonnenschutzsysteme aus Holz für Doppelfassaden. TUM, 2000

TUCCI, Fabrizio. Involucro ben temperato. Efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici. Alinea Editrice, Firenze 2006.

TUCCI, Fabrizio. L'innovazione nelle schermature solari tra tecnologia e architettura, verso il regolatore solare intelligente. In *Modulo*, 367, marzo 2011.