

Dalla Riqualficazione Energetica al Recupero Sostenibile. Un metodo di analisi energetica dei tessuti della città compatta *From Energy Retrofitting to Sustainable Renovation. An Energy Analysis of Compact Urban Fabrics*

A dispetto della sempre maggiore "insostenibilità" della città odierna, recenti statistiche ne hanno confermato il crescente potere attrattivo; una circostanza che vede il continente europeo presentare un'assoluta prevalenza del costruito esistente sul nuovo. Per tentare di raggiungere quel complesso stato di equilibrio, che in molti fanno ricadere sotto il nome di sostenibilità, appare dunque necessario confrontarsi con il patrimonio edilizio dei tessuti storici, piuttosto che realizzarne di nuovi ad alta efficienza. Si presentano qui i risultati di uno studio comparativo condotto su diversi tessuti urbani alla ricerca di relazioni tra densità urbana e performance energetiche. Tale metodologia può rappresentare una base di conoscenza che conduca a trasformazioni consapevoli verso condizioni a maggiore efficienza.

Recent studies point out the importance of urban areas, in spite of the ever increasing unsustainable nature of the conventional city. In the specific context of the Mediterranean compact city, new settlement models are still a negligible proportion compared to the great mass of the ordinary city. Find operative way to transform the existing building stock, became more crucial than imagine a new one much more energy-efficient. Hence, seems necessary to deal with the existing urban fabrics in order to define more sustainable condition. The results here proposed of a comparative study carried out on various urban fabrics, in search of parametric relations between density and energy performance. Such methodology can represent a knowledge-base and lead to conscious and effective urban transformations, towards more efficient conditions.



Carlo Cecere

Ordinario di Architettura Tecnica nell'Università di Roma "La Sapienza", svolge attività di ricerca nel campo della sostenibilità edilizia, con particolare attenzione allo studio delle relazioni tra edificio e contesto costruito.



Helena Coch Roura

Professore Associato di Fisica Tecnica presso il Dipartimento di Costruzioni Architettoniche I della UPC (Barcellona), svolge attività didattica presso l'ETSAB. Coordinatrice del Dottorato in *Energia y Medio Ambiente en la Arquitectura*. Svolge attività di ricerca nel campo del comfort ambientale e del comportamento energetico degli edifici.



Michele Morganti

Ingegnere, Dottorando di Ricerca in Ingegneria Edile-Architettura presso La Sapienza di Roma e in *Energia y Medio Ambiente en la Arquitectura* presso la UPC di Barcellona. Conduce ricerche sul comportamento energetico dei contesti urbani odierni.



Gioia Clementella

Laureata in Ingegneria Edile-Architettura U.E. presso la Facoltà di Ingegneria de "La Sapienza" Università di Roma. E' Dottoranda di Ricerca "Ingegneria dell'Architettura e Urbanistica" presso il Dipartimento DICEA della Facoltà di Ingegneria della "Sapienza" Università di Roma.

Keywords: urban density and form; Mediterranean compact city; urban fabric; energy performance; building stock

Parole chiave: densità e forma urbana; città compatta mediterranea; tessuto urbano; comportamento energetico; patrimonio edilizio

“**L**avorare con le densità vuol dire accettare l'arroganza della media - poiché produce vantaggi - ma allo stesso tempo, approfondire le diverse caratteristiche dei componenti che costituiscono tale media.”

Meta Berghauer Pont e Per Haupt, Spacematix, 2010

INTRODUZIONE

INCERTEZZE DELLA CITTA' EUROPEA

La consapevolezza di un'inadeguatezza culturale, la congiuntura economica recessiva, la pressione esercitata dai paesi emergenti e l'incalzante presa d'atto dei pericoli della crisi ambientale ed energetica globale stanno minando gli assiomi fondamentali che sostengono, indiscussi da lungo tempo, il modello economico *occidentale* basato sul principio ineludibile della *crescita*, declinazione contemporanea dell'ottocentesco *progresso*, misurata quotidianamente e con ansia dall'incremento del PIL. Una *crisi* complessa e ormai di lunga durata contraddistingue dalla fine del *secolo breve* la transizione alla *postmodernità*

e non ha tralasciato di investire alcuna delle attività dell'*uomo moderno*, e soprattutto si è accanita a segnare con i caratteri della contraddittorietà, dell'incertezza e dell'inaffidabilità quel complesso di scelte, strumenti e fenomeni che hanno configurato il *territorio* dell'architettura. Questa, connotatasi negli anni settanta come *arte della modificazione*, ha rinnegato il fondamento modernista della distruzione creativa e, allo stesso tempo, ha cercato di mantener fede alla ragione funzionale della sua stessa esistenza, ossia di consentire anche all'uomo contemporaneo di continuare ad *abitare* il globo, e purtroppo ha assunto identità valoriali, se non negative, ambigue, segnate dal limite di un'incer-

ta sostenibilità ambientale, di una crescente eco-incompatibilità e di un'elevata e incontrollabile attitudine al consumo di risorse non rinnovabili.

Nel contesto europeo, contraddistinto anche in edilizia da scelte di riconfigurazione del sistema tecnologico-industriale tese a cercare di rispondere al declino culturale ed economico evidenziatosi dopo la conclusione della fase della ricostruzione dopo la *guerra dei trent'anni* (1915-1945) e sempre ambiguamente in equilibrio tra high-tech e *green*, queste dinamiche hanno innescato un articolato piano strategico di azioni del governo comunitario con l'obiettivo di ridurre nel vecchio continente consumi energetici ed emissioni di

Fig. 1 - Senza una drastica e immediata riduzione delle emissioni di CO₂ la temperatura terrestre subirà un aumento esponenziale dei prossimi decenni



CO₂, incentivando prevalentemente il miglioramento delle prestazioni soprattutto energetiche degli edifici (Fig. 1).

Lo strumento attuativo di questo piano è stato individuato nell'atto giuridico della *direttiva*, e per suo mezzo la Comunità ha via via indicato agli stati membri e ai diversi sistemi produttivi e industriali nazionali i risultati da conseguire, lasciando apparentemente ampio margine alla scelta dei mezzi da utilizzare nei vari contesti nazionali (EU 2010). Ci si è concentrati dapprima sulla definizione delle prestazioni energetiche degli edifici, sulle modalità di caratterizzazione sia nel caso di tecniche realizzative contemporanee, sia storiche, in modo da poter definire un completo quadro

prestazionale; solo nell'ultimo periodo, di fronte all'urgenza di raggiungere risultati *ambientalmente efficaci*, ci si è spinti oltre, promuovendo la definizione di procedure per la realizzazione di "edifici ad energia quasi zero" (EU 2010).

Tutte queste politiche paiono però confrontarsi con estrema difficoltà con la dura realtà di una loro efficace applicazione; ad esempio in Italia, a fronte di circa ventinove milioni di alloggi esistenti, soltanto due milioni sono provvisti di una qual si voglia certificazione energetica. Considerato che l'analisi dei livelli prestazionali degli edifici ha avuto inizio nel 2005 con il recepimento della prima direttiva, se si dovesse procedere con lo stesso ritmo, si

arriverebbe ad ottenere un quadro complessivo dello stato prestazionale del parco edilizio soltanto tra più di cinquant'anni (ISTAT 2012, AA. VV. 2011).

Il crescere del rigore degli obiettivi energetico-prestazionali delle direttive comunitarie di pari passo all'evidenziarsi della loro efficacia, ha fatto riemergere il dubbio che il vero obiettivo non fosse tanto quello dichiarato di raggiungere una maggiore sostenibilità energetica dell'edilizia, quanto piuttosto quello di conseguire una "riattrezzatura dell'apparato industriale" (Illich 1973) direttamente o indirettamente coinvolto nel settore. Di contro l'inesorabile crescita del potere attrattivo dei territori urbani, documentata da centinaia di

studi e indagini statistiche, e la sempre più evidente consapevolezza collettiva dell'insostenibilità della città *convenzionale*, hanno riproposto all'attenzione di molti specie in Europa, dove permane la centralità del fenomeno, la città tradizionale o innovata, consolidata o disaggregata, compatta o slabbrata, rendendola di fatto il territorio privilegiato della ricerca sulle tematiche energetiche ed ambientali (Cheng et al. 2006, Ratti et al. 2005, Steemers 2003, Zhang et al. 2012, Dall'O' et al. 2012a, Dall'O' et al. 2012b, Dascalaki et al. 2011, Fracastoro and Serraino 2011).

Questo scenario complesso, fatto allo stesso tempo di attese inevase e di urgenze imprevedute suscita una duplice riflessione: in primo luogo evidenzia la necessità di implementare le conoscenze scientifiche e le metodologie di analisi per un'adeguata comprensione delle performance energetiche che, superando le incertezze e i limiti sempre più evidenti dei diversi sistemi di certificazione, permettano una più complessiva ed efficace definizione del quadro generale delle prestazioni dell'edificio nelle sue diverse localizzazioni. In secondo luogo impone all'attenzione di tutti gli attori del processo, la necessità del superamento dell'approccio esclusivamente edilizio incentrato sull'analisi dei comportamenti dei soli sistemi tecnologico-costruttivi. Appare infatti sempre più evidente come l'efficacia del processo di trasformazione energetica risieda soprattutto nell'interpretare, per mez-

zo di adeguate scale di riferimento, la complessità delle relazioni tra i fenomeni che si vengono ad instaurare nei sistemi urbani, e allo stesso tempo come, puntando l'attenzione esclusivamente sul singolo edificio, sia impossibile interpretare correttamente le inferenze dovute alla morfologia urbana, alla conformazione dei tessuti edilizi e alla loro costituzione tipologica.

DIMENSIONE DI RIFERIMENTO E POSSIBILI STRUMENTI DI ANALISI

Le differenti *scuole* di morfologia urbana che hanno caratterizzato la stagione degli anni sessanta e settanta del novecento, particolarmente feconda per gli studi sulla città, sono giunte a definire le entità costituenti la struttura dello spazio urbano. Tra queste scuole quella britannica, guidata da Conzen, e quella italiana, da Muratori, hanno individuato tre componenti fondamentali: la rete stradale, il tessuto dei lotti e la morfologia del costruito (Muratori 1960, Pont and Haupt 2010). In base ai loro studi il lotto, o meglio l'insieme di tutte e tre le entità fondamentali che costituiscono l'isolato, il *plot pattern*, si connota come il fenomeno più *conservativo* all'interno di un complesso morfologico urbano, sino al punto che la sua interazione con la *maglia* della rete stradale viene a costituire l'elemento portante del *piano urbano*.

È proprio attorno a questa entità, caratterizzata da un forte legame spaziale, che si sono

coagulate le differenti definizioni di densità, consentendo di descrivere parametricamente la morfologia del costruito. La scelta di porre l'isolato, singolarmente o in forma aggregata, al centro di questo studio sul comportamento energetico della città *convenzionale* è in diretta connessione con tali acquisizioni, e porta ad assumere come scale dimensionali di riferimento quelle a esso collegate, ossia all'isolato singolo e al tessuto urbano, al *plan unit*. Queste scale, oltre ad apparire come le più adeguate a descrivere le diverse proprietà morfologiche, consentono, grazie ai parametri di densità ad esse connesse, di dar conto efficacemente dell'interazione risorse-ambiente-edificio a una scala che si rivela determinante per la messa a punto di strategie di sostenibilità specificatamente urbane.

Questa rinnovata attenzione alla scala urbana nasce dalla constatazione che le scelte cui si è chiamati nella definizione delle varie fasi del progetto sembrano possedere una maggiore incidenza e "resilienza" sul comportamento energetico-ambientale del costruito rispetto a quelle più propriamente architettoniche e tecnologico-costruttive, che di contro sono di gran lunga più onerose e pertanto meno sostenibili economicamente (Strømman-Andersen and Sattrup 2011, p. 2012). Appare però necessario implementare, a scala d'*isolato urbano*, le modellazioni energetiche connesse alla comprensione del comportamento del costruito rispetto alla radiazione solare, cercando allo stesso

tempo di fornire un contributo alla definizione di strumenti agili ed efficaci d'intervento sul costruito, in modo da costituire una base di conoscenza per la trasformazione consapevole e il miglioramento delle prestazioni energetiche e ambientali degli ambiti urbani della città.

L'analisi dei tessuti edilizi esistenti, che costituiscono gran parte della città europea convenzionale e compatta e, di conseguenza, ne influenzano direttamente il comportamento energetico, pone attenzione alle interrelazioni che s'instaurano tra il comportamento energetico e la morfologia dei tessuti: le relazioni tra energia e forma hanno interessato, non solo di recente, settori rilevanti della ricerca scientifica, giungendo a dimostrare natura ed entità delle relazioni esistenti non solo nell'ambito dei sistemi viventi (vegetali o animali), ma anche di quelli costruiti (Knowles 1981, Olgyay et al. 1990, Isalgue et al. 2007). L'avanzamento della conoscenza scientifica nel settore ha interessato da lungo tempo gli strumenti delle simulazioni e delle modellazioni parametriche; attualmente questi strumenti, per quanto capaci di entrare a far parte del processo progettuale edilizio alla scala dimensionale dell'edificio, risultano adattarsi con una certa difficoltà alla dimensione urbana, rendendo ardua la comprensione del comportamento globale delle sue entità spaziali.

Nelle modellazioni riguardanti gli aspetti morfologici dei sistemi urbani, un parametro in particolare sta rivelando buone capacità inter-

pretative, specie alle scale qui assunte a riferimento dimensionale: la densità del costruito. Il concetto di densità, da non poco tempo, viene associato alla modalità e all'*intensità* di utilizzo dello spazio urbano, e appare assodato che, a seconda di tali modalità, può avere effetti e conseguenze tanto più incisive quanto più la struttura spaziale risulti complessa.

Utilizzata prevalentemente in urbanistica per connotare il profondo processo di mutazione che nell'epoca moderna ha investito la città *compatta*, provocandone la trasformazione dapprima in città industriale e poi in metropoli, la densità è stata strettamente connessa al mito del progresso, oggettivato dalla costante crescita quantitativa dei fenomeni urbani, e ha accompagnato l'interesse degli studi dei fenomeni urbani (Pont and Haupt 2010). Affermatasi inizialmente come mero strumento analitico di misura dei processi di trasformazione e giunta a noi quale eredità del pensiero modernista, la densità sta assumendo ruoli che travalicano la sua originaria connotazione in merito all'uso, alla dimensione di riferimento e allo stesso campo disciplinare di applicazione. Dall'essere utilizzata negli studi urbani e nei piani urbanistici, per i quali era stata originariamente formulata come strumento prevalentemente descrittivo o prescrittivo, ha assunto sempre maggiore rilievo come vero e proprio strumento progettuale, dimostrando nell'uso esplorativo attribuite da importanti progettisti contemporanei un'estrema ric-

chezza e potenzialità interpretativa.

Questa duplice declinazione cui duttilmente si assoggetta, consente alla densità di trasmigrare nel campo proprio del progetto di architettura urbana e la connota come strumento idoneo a interpretare il comportamento globale dell'ambiente costruito, capace di interfacciare gli esiti delle modellazioni formali con quelle energetiche e ambientali, di relazionare le differenti morfologie con gli specifici caratteri di sostenibilità dello spazio costruito.

Non è da oggi che i requisiti energetico-ambientali sono stati assunti nell'ambito della progettazione urbana e della pianificazione urbanistica, così come le relative prestazioni sono state spesso interconnesse e analizzate in relazione con i diversi parametri di densità; il tentativo attuale è quello di instaurare una conoscenza scientificamente definita delle inferenze tra forma ed energia in ambito urbano, riducendo il campo alle supposizioni e alle analisi qualitative e lasciando spazio a un processo di conoscenza il più razionale e scientifico possibile, da più parti ritenuto oggi imprescindibile per affrontare i compiti attualmente assegnati alla disciplina architettonica. In sintesi l'attuale riferirsi al parametro di densità, rende possibile l'integrazione da un lato con gli analoghi strumenti di analisi e progettazione urbana, e dall'altro con gli strumenti normativi correntemente applicati (Reale 2008).

“Ho compiuto i miei otto anni nel porto di Singapore. Non siamo scesi a terra, ma ricordo l'odore – dolcezza e marciume, entrambi che prendevano alle narici. L'anno scorso ci sono andato di nuovo. L'odore non c'era più. In effetti, Singapore era sparita, raschiata via, ricostruita. Al suo posto c'era una città tutta nuova.

Praticamente tutta Singapore ha meno di trent'anni; la città rappresenta la produzione ideologica degli ultimi tre decenni nella sua forma pura, incontaminata da residui contestuali sopravvissuti. È guidata da un regime che ha escluso l'accidente e la casualità; anche la sua natura è interamente rifatta.

È pura intenzione, se c'è caos è caos ideato; se è brutta, è di una bruttezza progettata; se è assurda, è di un'assurdità voluta. Singapore rappresenta un caso unico di ecologia del contemporaneo.”

Rem Koolhaas, *Singapore Songlines*, 2010

LE MUTAZIONI DEL CONTESTO DISCIPLINARE: INTERPRETAZIONI PARAMETRICHE E NUOVI STRUMENTI PROGETTUALI

Non tutte le città sono Singapore, né sono il ritratto di una metropoli *Potemkin* come sottotitola la traduzione italiana del libro di Koolhaas, né tanto meno sono il frutto voluto di trent'anni di *tabula rasa*. Non tutte le città sono *generiche* e globalizzate alla maniera delle metropoli formatesi soprattutto in Asia a partire dagli anni '80 (Fig. 2). Eppure la crisi del *convenzionale* modello *occidentale* che sembra aver spazzato via per sempre le componenti fondamentali della morfologia urbana, gli archetipi che ne conformavano l'idea stessa, si accompagna al tributo che molte delle città anche europee of-

frono al modello *orientale*, assumendo alcuni caratteri dell'artificialità generica delle metropoli asiatiche, quali l'ossessione per la governabilità, per la pulizia, per il controllo, per la sicurezza.

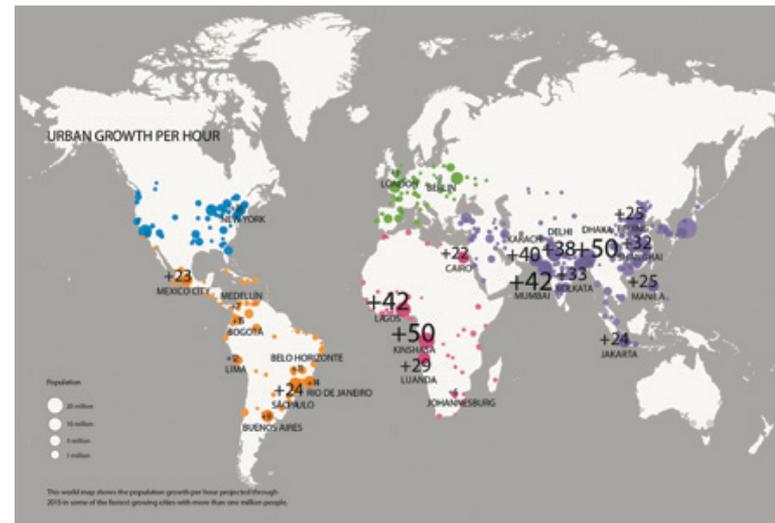
Le vecchie città europee, dopo l'esaurimento della spinta *distruktivamente creativa* della modernità e il superamento, non senza ripensamenti, della fase forzosamente *ricostruttiva* dopo che la Storia Naturale della Distruzione (Sebald 2001) aveva dispiegato la sua potenza, hanno scelto di scoprire la memoria, la storia, l'identità, la *loro identità* ovviamente, e nel farlo hanno giustificato questa scelta da *vecchie signore* con l'ecologia, la sostenibilità.

Conservare il proprio patrimonio urbano man-

tenendo inalterato il modello economico *sviluppista*, misurato dall'attesa crescita del PIL, è il compito che il Governo Comunitario ha assegnato ai governi delle città europee, alla cultura del progetto urbano e alla ristrutturazione sostenibile dell'apparato produttivo.

In edilizia intervenire sul patrimonio esistente ha significato, in primo luogo, individuare strategie appropriate per rinnovare e aggiornare l'edificato in ragione di mutate esigenze e nuovi obiettivi prestazionali, ma anche delle aspettative indotte nel cittadino europeo dal modello economico di riferimento in termini di benessere e di controllo *democratico* di gestione. Nelle discipline inerenti alla progettazione architettonica l'intervento sull'esistente è tra-

Fig. 2 - Distribuzione nelle diverse aree del globo della crescita oraria di popolazione misurata nelle principali metropoli mondiali



smigrato nel complesso tema del *costruire sul costruito*, ha abbandonato, a partire dagli anni settanta, il territorio rigoroso del restauro configurandosi come processo di modificazione, di sedimentazione, di conseguimento di *altro*, allo stesso tempo simile e differente dal dato di partenza, e sollevando inevitabili interrogativi e incertezze. Se si diveniva sempre più consapevole che ogni nuova architettura fosse, in un pianeta *affollato* ed *esauribile*, sempre modificazione dell'esistente, non altrettanto avveniva per l'ovvietà del considerare l'esistente come materiale strutturale, superando la sua concezione di mero sfondo (Gregotti, 1991). Il problema appare oggi un po' più complesso di quello della *leggibilità* dell'intervento

nuovo sul costruito, della consapevolezza che la sua evidenza di fatto istituisca una stratificazione *altra* sull'esistente, un'addizione dotata di un nuovo carattere; l'abbandono della "tabula rasa", il legame con il contesto e il riconoscimento nell'esistente di un significato originale, di valori identitari hanno posto al progetto di architettura l'interrogativo sul diritto ad intervenire: *l'architettura del no* è divenuta un'opzione del progetto altrettanto plausibile di quella funzionale alla scelta delle modificazioni appropriate. Ancora una volta le contraddizioni e le incertezze si manifestano quando *l'architettura della modificazione* investe la città *convenzionale*. Il *re-development* dal Bronx dell'UDC di Rockefeller nel 1973-75

migra oltre oceano, in Europa, impattando violentemente la città storica, la Bologna di Zangheri e Cervellati nel 1977. I primi interventi sul costruito, di *recupero*, fanno la loro comparsa negli anni '70 e riguardano essenzialmente interventi su edifici storici, nei centri urbani, riadattati a sedi istituzionali. La metodologia del *recupero edilizio*, elaborata in quegli anni e diffusa dalla formazione universitaria nelle categorie professionali italiane, non si discosta di molto dalla logica del caso per caso: tributaria del restauro architettonico, individua ogni edificio come un unicum cui adeguare le strategie d'intervento. Sarà ancora una volta un evento drammatico a scuotere la cultura architettonica dal torpore:

il terremoto del Friuli del 1976. Di fronte alla dimensione quantitativa della domanda torneranno utili proprio quegli studi morfo-tipologici degli anni sessanta e la metodologia dell'intervento sul costruito assumerà la ripetitività a categoria guida dell'intervento di recupero. Da questo evento in poi, l'omogeneità delle strutture insediative, delle tecniche costruttive, financo di materiali, maestranze e mezzi d'opera in un'area socio-geografica delimitata, consentirà a una committenza organizzata, come gli Istituti Autonomi per le Case Popolari, di ripetere modelli insediativi e tecnologici anche nel recupero di parti significative di tante città storiche italiane.

Gli interventi sul costruito urbano si rivolgono al singolo episodio edilizio come un appartenente a un insieme di altri individui analoghi per luogo, per tecnologia, per storia, semplificando, di fatto, il progetto e allo stesso tempo caratterizzandosi per un'omogeneità *asfissiante* quanto artificiosamente inventata. Un'altra, non trascurabile conseguenza dell'esperienza di questa stagione, sarà la connotazione sistemica del recupero urbano: il progetto di riqualificazione dell'esistente non potrà d'ora in poi produrre i suoi effetti se non attraverso una rigida integrazione tra i diversi aspetti operativi che concorrono alla sua effettualità. Sulla base dell'esperienza italiana, in Germania, in Gran Bretagna, in Olanda e in Francia le politiche di riqualificazione dimostreranno quanto sia ritenuto essenziale un

approccio integrato.

A partire dagli anni '80 sul progetto di recupero si innesterà quello del *riattrezzaggio dell'apparato industriale* di questi paesi *nell'interesse del risparmio termodinamico*, e il livello di integrazione necessario al recupero dell'esistente si arricchirà del contributo del risparmio energetico, finalizzato al miglioramento complessivo delle condizioni di benessere e di qualità di vita dei cittadini. Lentamente si formerà l'idea che recuperare sia più economico di demolire e ricostruire, e in Francia, in antitesi con la tradizione ottocentesca proseguita ancora negli anni '80 con la demolizione esemplare dei *Grand Ensembles*, il Governo nazionale promuoverà azioni di conservazione dell'housing sociale pubblico nella convinzione che la conservazione sia alla base dell'innovazione.

Eppure sempre più *antagonisticamente* si viene radicano la convinzione che l'esistente costituisce un *patrimonio* il cui valore non si identifica con il *valore d'uso* e pertanto richiede di essere *trattato* in maniera consapevole, adeguata alla sua natura di sistema vivente ad alta complessità (Magnaghi, 2000). Questa consapevolezza della necessità di trattare in maniera consapevole l'esistente si è intersecata con le 8 "R" dell'utopia della *decrescita serena*, di un'utopia che implica un pensiero globale, ma chiede di essere tradotta sul campo in un progetto locale (Latouche 2008). E localmente una delle richieste più radicalmente

avanzate riguarda proprio l'uso del suolo: *per carità, nessun ulteriore consumo di suolo!*

L'edilizia, responsabile prima del consumo di suolo, emblema di tutte le risorse del pianeta, assume definitivamente un'ambiguità valoriale, allo stesso tempo necessaria e dannosa, potenzialmente utile ed ecologicamente insostenibile; la risoluzione del conflitto spetta al solo progetto locale, l'unico strumento capace di mediare tra i diversi valori bilanciando risorse ed esigenze. La centralità dell'intervento sull'esistente, del progetto di recupero e riuso, si basa oggi su presupposti differenti da quelli propri di una strategia tendente al mero efficientamento energetico del costruito. Il confronto con la città *convenzionale* diviene fondamentale, perché questo è il luogo dove si consuma di più, dove si distruggono risorse e in cui si deve tornare ad abitare consapevolmente e sostenibilmente.

La necessità di spostare le strategie di recupero e riqualificazione dall'ambito proprio dell'edilizia a quello dello spazio urbano impone il confronto contemporaneo con molteplici scale di intervento (da quella dell'isolato, passando per quella di tessuto, fino a quella metropolitana), al fine di poter attuare strategie capaci di un'effettiva incisività sulle dinamiche e sulle *performance* degli ambienti antropizzati. Il tentativo di definire nuove metodologie per la trasformazione del costruito urbano, ha visto convergere gli interessi e gli sforzi di ricerca attorno a due obiettivi: consentire la

transizione dai sistemi analitico-qualitativi (i protocolli di certificazione energetica) a quelli di modellazione scientifico-quantitativi, atti ad assumere la complessità dei fenomeni indagati e a consentire un'efficacia degli interventi sul costruito in tempi definiti e una loro sostenibilità economica, fondate entrambe sulla messa a punto di scenari attendibili capaci di guidare le scelte di governo locale. I sistemi analitico-qualitativi, consentendo una comparazione fra oggetti analizzati ricadenti in aree differenti, forniscono una misura della risposta energetica comparabile sul territorio, mentre le modellazioni scientifico-quantitative consentono il passaggio da modelli di calcolo di tipo statico a modelli di calcolo in regime dinamico e sono capaci di una sensibilità e una complessità idonee a simulare il comportamento reale dell'oggetto analizzato.

ENERGIA E MORFOLOGIA DELLA CITTÀ COMPATTA EUROPEA DAL CLIMA MEDITERRANEO

Di fronte all'estrema complessità delle interazioni ambientali ed energetiche dei contesti metropolitani, sono stati compiuti numerosi sforzi di comprensione "neutrale" supportata da parametri analitici. Dapprima si è tentato di superare la natura multiforme del concetto di densità conferendogli oggettività e capacità di descrizione morfologica (Alexander 1993, Pont and Haupt 2010, Churchman 1999, Rapaport 1975). In seguito, s'è concentrata l'attenzione sui differenti aspetti che influiscono sull'effi-

cienza metabolica delle morfo-tipologie che costituiscono i sistemi urbani e sulla definizione del concetto di sostenibilità in presenza di alta densità (Ratti et al. 2005, Cheng et al. 2006, Zhang et al. 2012, Strømman-Andersen and Sattrup 2011). Quello che appare chiaramente da questi studi è la forte influenza del clima di riferimento posseduto sia sull'orientamento, che sull'interesse e sui singoli risultati, delle ricerche. L'effetto positivo della variazione di un certo parametro (e.g. la densità, la dimensione dell'*urban canyon* o lo *sky view factor*) può risultare negativo a seconda delle condizioni climatiche oggetto dell'analisi. "Nelle città esistenti nord-europee, il fatto che la densità urbana è di particolare interesse a causa della latitudine e la conseguente scarsa inclinazione solare significa che la geometria urbana incide l'accessibilità solare molto maggiormente che in altri centri urbani intorno al mondo. Over è un problema ovvio" (Strømman-Andersen and Sattrup 2011 p. 2012). Ma se ci riferiamo ai climi mediterranei - dove i consumi energetici dipendono dalla sempre crescente domanda di climatizzazione estiva - i contesti urbani densi - ad esempio -, riducendo i guadagni termici diretti per effetto delle reciproche ostruzioni, finiscono per essere più efficienti.

Nei climi mediterranei, ad esempio, i consumi energetici attuali risultano dipendere dalla sempre crescente domanda di climatizzazione estiva (EIA 2012). Le origini e le motivazioni

di questo fenomeno, sono complesse. Prima dell'avvento della rivoluzione industriale, del ruolo predominante della tecnologia, in sintesi prima che il mondo occidentale entrasse nell'*Età della macchina*, gli insediamenti umani e la loro costruzione erano strettamente legati all'ambiente, alle risorse naturali ed al loro sapiente utilizzo per un sapiente adattamento e trasformazione dell'ambiente (Knowles 1981, Sertorio 2002, Koolhaas and Biraghi 2001). L'interazione tra l'uomo ed il territorio al fine di poterlo "abitare" è avvenuta da sempre per mezzo di un complesso di conoscenze ascrivibili al dominio della tecnologia. A partire dalla rivoluzione industriale, le tre modalità con cui egli ha interagito con l'ambiente - la casa, il movimento e l'uso di strumenti - hanno subito trasformazioni tali da condurre il mondo occidentale nella cosiddetta *Era tecnologica*. Per effetto della rottura della convergenza assoluta tra fini e mezzi queste attività sono divenute esterne alla sfera naturale, si sono tramutate in uso delle risorse, "azione di consumo" (Sertorio 2002). L'illusione positivista che la tecnologia avrebbe dominato la natura supportata dalla facile accessibilità alle risorse (energia e materiali) e dallo sviluppo delle tecniche, ha fatto venir meno il senso del "limite organico", sovvertito dal legame economia-tecnologia. "La tecnologia passa da essere un'attività ancillare prodotta dall'uomo, e controllata dall'uomo, a essere un partner dinamico che contribuisce

a modificare le motivazioni dell'uomo stesso" (Sertorio 2002). Conseguenza di questo modello culturale e degli associati processi economici e produttivi che hanno caratterizzato l'ultima parte del secolo scorso e ci accompagnano ancora oggi, sono le radicali trasformazioni che hanno interessato i sistemi insediati nel loro complesso. La crescita del territorio urbanizzato, la forte incidenza delle dinamiche economiche sul processo edilizio, l'innalzamento dei livelli di comfort e degli standard hanno fatto sì che nel corso degli anni e delle diverse ondate edilizie il patrimonio costruito attuale venisse a costituirsi da intere porzioni oggi inadeguate, inefficienti, energivore (spesso notevolmente più vasti delle restanti parti). Per questa ragione, facendo riferimento agli studi che hanno mostrato l'esistenza di un legame tra densità e morfologia del costruito, si vogliono qui indagare il tipo e l'entità delle interferenze di quest'ultima nei confronti delle performance energetiche, intese sia come accesso ed utilizzo della radiazione solare che come consumi di energia, che si possono riscontrare nelle attuali città europee.

Questa ricerca assume come campo d'azione le città di Barcellona e Roma. La scelta di due contesti è resa possibile dalla rispondenza degli stessi in quanto entrambi appartenenti al dominio delle città compatte europee, ricadenti nel clima mediterraneo. Senza voler entrare nel merito della definizione di *città compatta* e della mancanza di un accordo comune su di

essa (Breheny 1996, Dempsey and Jenks 2010, Jenks et al. 1996, Welbank 1996, Neuman 2005), ciò che appare evidente è che la struttura fisica, i sistemi urbani, i modelli abitativi e le tecniche costruttive di cui sono composte hanno, con le dovute differenze, una certa somiglianza e sono tutte ascrivibili al medesimo dominio. Anche dal punto di vista climatico vi sono sufficienti analogie: entrambe giacciono sul 41° parallelo, sono ad altitudini prossime al mare e a distanze da esso piuttosto simili. Tali condizioni determinano strutture morfotipologiche, cicli stagionali e caratteristiche climatiche che consentono un legittimo confronto tra tessuti appartenenti ai due ambiti. Il processo esplorativo vuole inoltre comprendere quale tra i parametri geometrico-analitici risulti essere il più adeguato ad esprimere una relazione tra densità urbana e comportamento energetico e costruire una base di conoscenza adeguata alla definizione di un dominio di valori ottimali di densità, oltre i quali viene compromesso l'adeguato beneficio della radiazione solare e si provoca un aumento dei consumi. Al fine di definire uno strumento rapido e flessibile, si è puntato a sviluppare un processo che riduca i dati di input necessari così come la fase di calcolo e focalizzi sulla definizione di caratteristiche qualitative e quantitative della morfo-tipologia in funzione di accesso solare e consumi.

METODOLOGIA

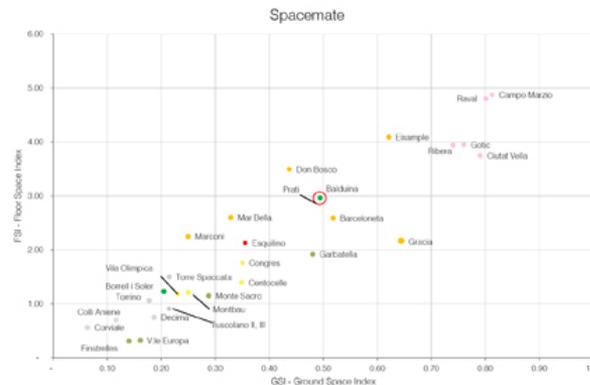
CRITERI DI SELEZIONE DEI CASI DI STUDIO

La descrizione della consistenza fisica e la valutazione dei comportamenti energetici ed ambientali mediante acquisizione di dati, analisi e simulazioni è alla base di questo studio comparativo. La selezione dei casi di studio ha teso a individuare un dominio il più possibile variegato e completo in riferimento agli obiettivi prefissati (Fig. 3). I tessuti oggetto di analisi sono il prodotto di un processo di selezione basato sui seguenti criteri:

1. Rappresentanza di uno dei tessuti urbani "tipici" della città europea compatta mediterranea con una certa diffusione in termini quantitativo-dimensionali;
2. Omogeneità morfologica;
3. Confrontabilità, mutue differenze ed analogie dei principali parametri di densità con cui si sono descritti gli aspetti formali;
4. Chiarezza, varietà e riconoscibilità morfologica, tipologica, costruttiva.

Il primo tende a rispondere alla volontà di poter intervenire incisivamente sulle porzioni esistenti del costruito e pertanto assume come prioritario lo studio di quei tessuti a maggiore estensione nelle aree metropolitane studiate. Il secondo conferisce attendibilità alle analisi rispetto al comportamento dei casi reali e, allo stesso tempo, possiedono una complessità relativa che garantisca un adeguato controllo delle variabili oggetto di studio. Il terzo ha lo scopo

Fig. 3 - Tasselli dei tessuti urbani selezionati per lo studio e grafico di sintesi dell'analisi sul rapporto densità-morfologia per il campione preliminare su cui si è effettuata la selezione



di costituire, con l'insieme dei casi di studio, un quadro piuttosto ampio dal punto di vista della sua traduzione in termini parametrici (e di conseguenza formali) e che al contempo permetta ragionamenti per differenze/analogie. Il quarto ha l'obiettivo di distinguere tra loro i casi e permettere una più netta distinzione delle relazioni energia-densità-morfologia. Oltre allo scopo di fornire dei risultati sui suddetti casi e mostrare la validità del metodo definito, lo studio fornisce uno strumento progettuale che pertanto può essere utilizzato per analizzare, ovviamente, qualsiasi tessuto edilizio secondo i criteri individuati e fornirne una descrizione delle sue performance energetiche. Per la determinazione dei dati sulla consisten-



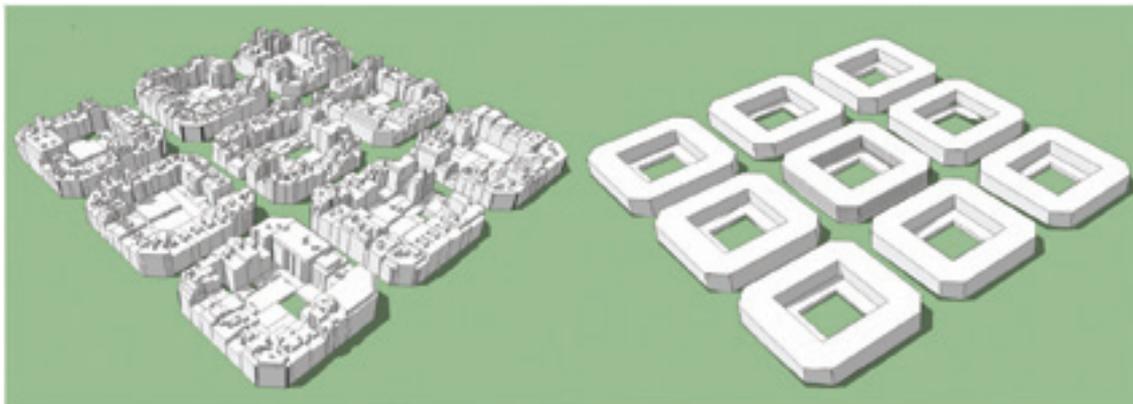


Fig. 4 - Confronto tra isolati tipo dell'Eixample e isolati modellati sulla base dei loro parametri di densità medi

Nella pagina seguente:

Fig. 5 - Il processo di normalizzazione e replicazione per il caso di Marbella

za fisica e la relativa densità ci si è riferiti agli indicatori utilizzati in *Spacematrix* (Pont and Haupt 2010). Una descrizione di questo tipo è piuttosto adeguata nel nostro caso, in quanto capace di relazionare parametri quantitativi sulla densità riferiti alle superfici del costruito di un contesto urbano, con la sua morfo-tipologia. Ulteriore vantaggio di simile metodologia è l'aver dimostrato capacità descrittive della forma urbana a più scale di riferimento, conformi a quelle qui considerate.

La prima fase di studio è consistita nell'analisi dei tessuti reali mediante alcuni indicatori di densità alla scala di isolato e di tessuto urbano. Uno degli elementi fondamentali per un calcolo della densità che non lasci spazio ad

interpretazioni incerte è la definizione chiara delle superfici di riferimento. Per essere in grado di confrontare aree differenti è importante concordare come individuare i confini di riferimento alle diverse scale, essendo la densità, dal punto di vista matematico un rapporto tra due elementi. Lasciare che sia la natura stessa dei singoli tessuti, l'omogeneità nei confronti delle componenti e la conformazione di quest'ultime ad essere il discrimine nella definizione dei limiti è la maniera più adatta a condurre ad interpretazioni corrette della densità in rapporto alla morfologia e successivamente a correlarle altrettanto correttamente alle performance energetiche. Allo stesso tempo, lasciare che sia il costruito

stesso a definire i suoi limiti permette di condurre simulazioni termodinamiche ed energetiche più affidabili e rispecchianti il reale comportamento delle componenti edilizie. È fondamentale comprendere come la dimensione delle aree di riferimento influisce nelle performance interpretative della densità. In generale è stato osservato che all'aumentare della scala di riferimento la descrizione parametrica assume sempre più un significato di valore medio, di natura statistica e meno descrittiva di proprietà spaziali e formali. A partire da un'analisi mediante una serie di indicatori, della densità dei tessuti reali e tramite una modellazione digitale che ne riflettesse le proprietà riscontrate, si è giunti a studiare

l'incidenza sull'accesso alla radiazione solare e sui relativi consumi energetici.

Lo studio comparativo è stato compiuto quindi su undici campioni di tessuto urbano delle città di Barcellona e di Roma. Consistenza fisica e relativa densità del suddetto campione, composto da ventisei porzioni di tessuti urbani omogenei, sono state esaminate con riferimento agli indicatori definiti in Spacematrix (Pont and Haupt 2010)¹. L'analisi dei casi ha diversi obiettivi: valutare e relazionare il comportamento energetico alle caratteristiche formali dei tessuti, confrontare tra loro i diversi casi per dedurre leggi di variazione o tendenze. Per questa ragione si è sottoposto il campione ad una scrematura secondo logiche legate ai rapporti morfologia-densità. Per facilitare l'interpretazione dei risultati, si è giunti a selezionare gli undici tessuti studiati sulla base della loro localizzazione sul diagramma, in modo da costituire una panoramica il più possibile assortita e con chiare distinzioni (o evidenti analogie) tra i casi. Questi sono stati sottoposti ad un processo di normalizzazione e di replicazione al fine di impedire che le singolarità formali e le incongruenze spaziali degli isolati reali pregiudicassero l'interpretazione delle performance delle distinte morfologie, si sono sottoposti i casi ad un processo di *Normalizzazione e Replicazione* (Figg. 4-5) (Zhang et al. 2012).

In questo modo, il contesto urbano, ricalcato sulla struttura geometrica del tessuto attuale,



ha condotto alla definizione di modelli di blocchi omogenei. Accettando, dunque, di lavorare con "l'arroganza della media" (Pont and Haupt 2010), gli effetti delle caratteristiche specifiche dei singoli elementi sono stati esclusi, al fine di non compromettere la comprensione dell'effettivo comportamento ambientale e di non generare difficoltà di interpretazione dei risultati. Si è osservato, infatti, che i risultati per i diversi casi reali possono essere comparati con difficoltà per la sensibile variabilità dei sistemi urbani.

I casi selezionati sono riportati in Fig. 3 e nella tabella riassuntiva di Fig. 7². I modelli digitali sono stati studiati in termini di accesso alla radiazione solare utilizzando il simulatore He-

liodon 2³. Il risultato è inizialmente valutato con riferimento alla stagione estiva e in due condizioni: l'isolato ostruito e senza ostruzioni. Per le facciate di ciascun campione sono stati ricavati: i guadagni termici solari (kWh), il flusso solare (kWh/m²) e il fattore di vista del cielo [SVF] (%). I guadagni termici solari permettono di esaminare le differenze tra le due realtà urbane, mentre il flusso solare risulta efficace per operare un confronto fra i diversi tessuti, osservando il comportamento in base alla giacitura assunta e all'orientamento.

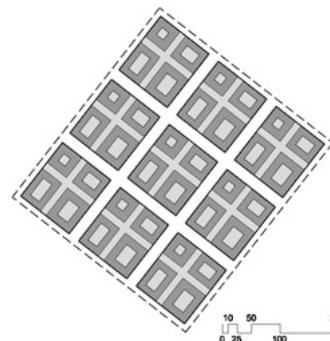
E' stata adottata, poi, la simulazione energetica con il software *Archisun 3.0* al fine di controllare al meglio la variazione dei parametri, di fondamentale importanza in questa

ricerca [Fig. 9]⁴. Valori di default sono stati applicati a tutte le variabili ad eccezione di quelle riferite alla morfologia urbana e al suo comportamento in relazione alla radiazione solare. La localizzazione geografica, le caratteristiche climatiche, e l'alternanza di giorni tipici sono i medesimi per ognuno degli undici casi⁵. In questa sede, appaiono invece del tutto trascurabili le piccole differenze climatiche che possano esistere tra le distinte posizioni. Sono stati invece inseriti valori di calcolo della densità urbana, poiché incidono sulla equazione di bilancio termico per effetto dell'influenza che possiede primariamente sulla temperatura, l'umidità e la velocità dell'aria. I parametri dell'involucro non modificati direttamente sono quelli sulle caratteristiche delle superfici opache, trasparenti ed interne. Le caratteristiche impiantistiche sono considerate con valori di *default*, così come un valore fisso pari al 25% del totale è stato assegnato alle superfici trasparenti verticali. Si è intervenuto invece sul numero di persone occupanti gli isolati per mezzo di dati statistici (Open_Data_BCN 2012).

Archisun 3.0 permette di inserire mediante interfaccia grafica le caratteristiche dell'intorno urbano, ma nella pratica lo strumento non permette di modellare con la precisione necessaria a distinguere le ostruzioni nei diversi tessuti. Per tale ragione, con lo scopo di esaminare le differenze tra il caso con e senza ostruzioni, si è intervenuto sul *fattore di ostruzione dell'invo-*

09 Don Bosco

City: Rome
Construction period: 1950s - 1970s



Level of aggregation	Islands	Fabric
A - Base land area (m ²)		
FSI - Building Intensity or F.A.R. (m ² /m ²) [F/A ₀]	4.37	3.49
GSI - Coverage (m ²) [B/A ₀]	0.55	0.44
CSR - Spaciousness	0.10	0.16
L - Building Height	8.00	8.00

Level of aggregation	Single island	Islands	Fabric
Population (inhab.)	1.267	11.563	11.563
A - Base land area (m ²)	12.579	113.211	159.629
Land area density (inhab./km ²)	102.310.73	102.310.73	72.560.58
Built up volume (m ³)	193.045.00	1.737.405.00	1.737.405.00
Open surface (m ²)	29.740.20	267.823.90	267.823.90
Urban density (inhab/m ²)	15.35	15.35	10.60
B - Built up area or Footprint (m ²)	7.570.00	68.130.00	68.130.00
F - Gross Floor Area (m ²)	60.560.00	545.040.00	545.040.00
FSI - Building Intensity or F.A.R. (m²/m²) [F/A₀]	4.81	4.81	3.41
GSI - Coverage (m²/m²) [B/A₀]	0.60	0.60	0.43
CSR - Spaciousness	0.08	0.05	0.17
L - Building Height		8.00	
Height/width ratio-x		1.14	
Height/width ratio-y		1.14	

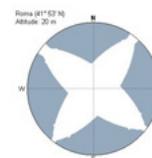
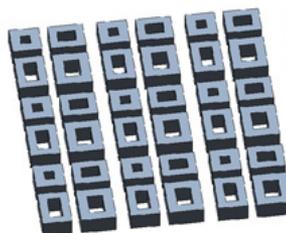
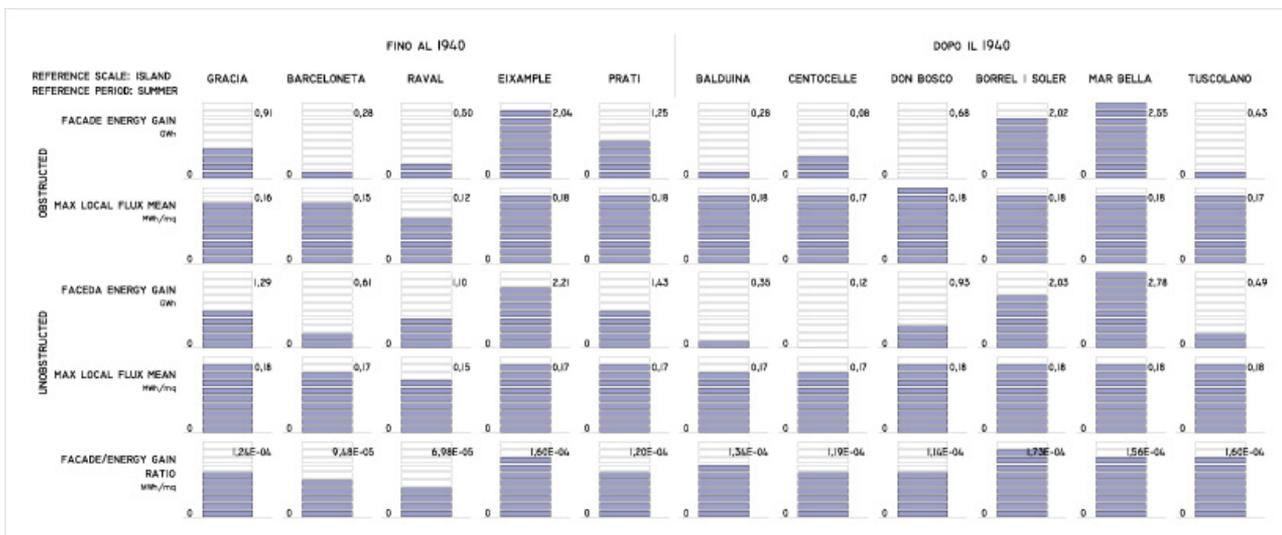
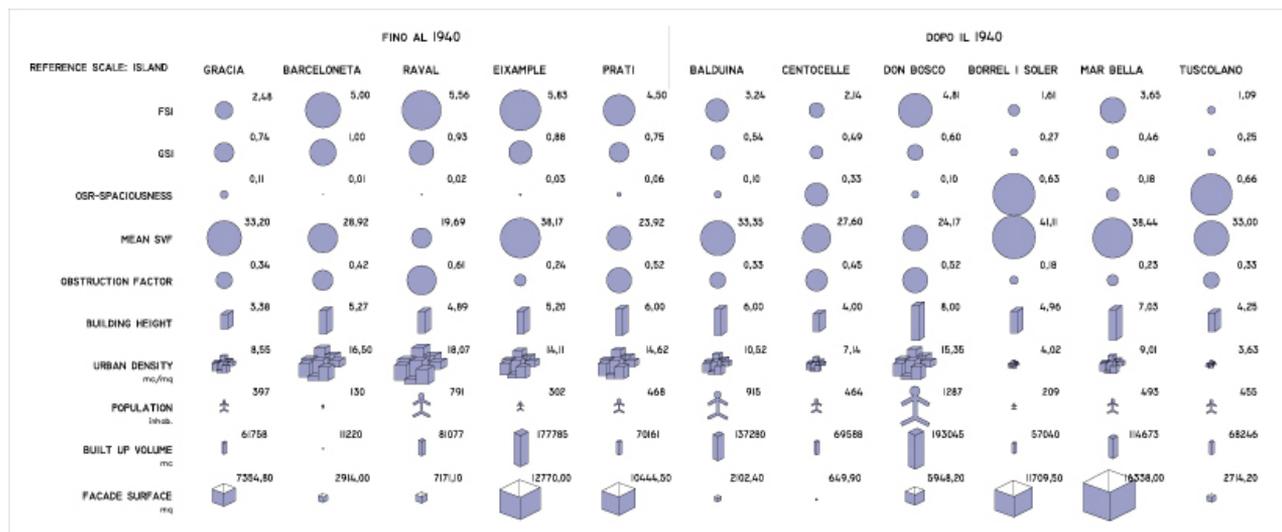


Fig. 6 - Scheda di analisi tipo (Quartiere Prati, Roma).

Fig. 7 - Comparazione tra principali parametri descrittivi dei tessuti urbani

Fig. 8 - Comparazione tra parametri descrittivi del comportamento rispetto all'energia solare dei casi di studio



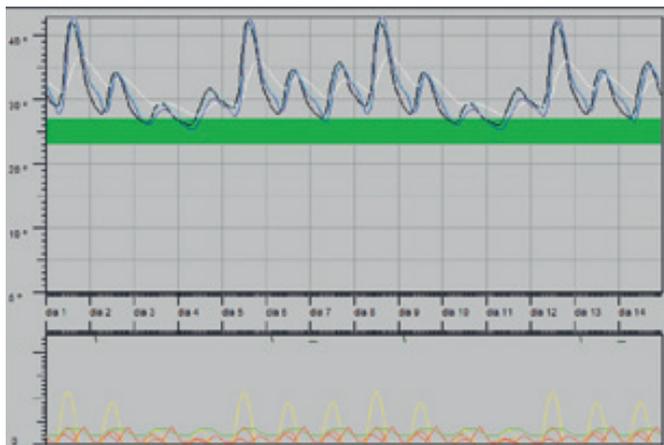


Fig. 9 - Analisi della radiazione solare con il software *Heliodon 2* e del comportamento termico con il software *Archisun 3.0* dell'isolato tipo di Tuscolano in estate.

lucro. Per determinarne il valore da immettere nella simulazione si è calcolato l'SVF medio per ognuna delle facciate con *Heliodon 2*.

RISULTATI.

INTERPRETAZIONE CRITICA

Per avere un riferimento propedeutico alla corretta interpretazione dei risultati è doveroso soffermarsi sulla rappresentazione parametrica della morfologia dei tessuti e fare alcune considerazioni. Per quanto il campione di casi analizzati possa rappresentare un dominio limitato, con il solo scopo di utilizzare un quadro tassonomico di riferimento, sulla base delle proprietà morfologiche riscontrate si distinguono due sottogruppi, impostati su una

suddivisione cronologica che fissi come spartiacque il 1960 (Figg. 7-8). Nel primo gruppo si vanno a collocare principalmente tessuti densi e compatti, caratterizzati pertanto da valori alti di FSI e GSI e conseguentemente bassi di OSR⁶; viceversa nel secondo gruppo ricadono quei tessuti a più basse densità, seppur si riscontra una maggiore variabilità dei parametri formali. Il fenomeno è una conseguenza diretta del susseguirsi di normative di pianificazione urbana che in reazione al sovraffollamento e alle scarse condizioni igienico-sanitarie della città industriale hanno tentato di garantire livelli minimi di benessere degli abitanti⁷. La questione diviene interessante e complessa se si confrontano tali valori con lo *Sky View Factor*

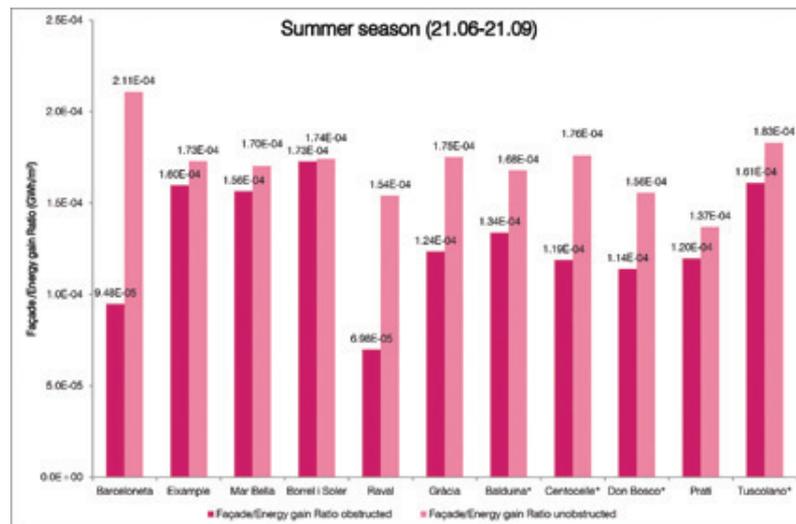
(SVF), qui considerato come media del valore misurabile in ogni punto delle facciate degli isolati. Tale variabile si riferisce - come gli altri finora citati - alle sole proprietà geometriche del costruito, ma evidenzia un funzionamento descrittivo discordante da questi. Infatti mentre i primi ci forniscono una parametrizzazione complessiva della forma considerata, questi focalizzano l'attenzione sull'incidenza delle ostruzioni, ma sono inaffidabili nel descrivere la morfologia del blocco urbano oltre il piano di facciata. Si inizia a comprendere, allora, che per giungere a determinare la corretta corrispondenza tra parametri di densità e comportamento energetico-ambientale sono necessari ulteriori sforzi di ricerca che mirino all'affinamento di strumenti sintetici di modellazione, in funzione del fenomeno da studiare. Per capire ancora meglio la questione si osservino i risultati ottenuti dalle analisi energetiche sulla radiazione solare (Figg. 8 e 10). Lo studio comparativo, della condizione ostruita e non ostruita, è stato riferito in prima istanza alla stagione estiva, per una duplice ragione. Primo perché più coerente con gli obiettivi di questo studio, e secondo perché si presume saranno più evidenti gli effetti positivi di riduzione della radiazione incidente da parte dell'intorno urbano. Confrontando i gradienti tra le condizioni ostruite e quelle libere da ostruzioni è possibile riscontrare l'incidenza della morfologia sul funzionamento passivo dei tessuti in condizione estiva. Inoltre, signi-

ficativa in questo caso si è rivelata la variabile FER (*Façade-Energy gain Ratio*) che riferendosi alla quantità di radiazione solare diretta ricevuta dalle facciate per unità di superficie, ci permette di tenere in conto le proprietà morfologiche dei tessuti edilizi in funzione dell'accesso solare. I grafici di Figura 11 mostrano come il discostamento rispetto alle linee di tendenza stia a significare la massimizzazione/minimizzazione della radiazione ricevuta e di come il rapporto FER-SVF possa ben rappresentarlo, grazie ad una sua maggior consistenza.

Queste variazioni sembrano invece mutare leggermente se ci riferiamo ai consumi energetici per riscaldamento e climatizzazione nelle due condizioni (Fig. 12). Nonostante l'aumento dei consumi invernali sia in termini percentuali maggiore della riduzione di quelli estivi, il bilancio energetico finale pende a favore degli impianti urbani reali (ovvero con ostruzioni) con guadagni che oscillano tra il 3% e il 10% circa⁸.

Ma l'aspetto di questo studio che più di tutti ci sembra rilevante è la rispondenza a leggi di proporzionalità di parametri di densità e consumi energetici mostrata dai grafici Figura 13. Se si effettua la correlazione tra questi rispetto al consumo complessivo dei diversi tessuti per il condizionamento (estivo ed invernale), non sembra possibile individuare legami chiari, sia nei confronti dell'FSI che del GSI. Ma separando i due contributi per tessuti

Fig. 10 - Radiazione solare ricevuta nella stagione estiva per unità di superficie nei casi di studio



analizzati, si comprende che mentre nel caso della climatizzazione estiva queste relazioni sembrano essere incerte, per quanto concerne il riscaldamento invernale - se relazionato all'FSI - la relazione sembra essere piuttosto salda, tanto da ritenere possa essere espressa dalla formula:

$$y = 5.24x^{-0.7}$$

che ne rappresenta la tendenza generata tramite i casi studiati (Figura 13-C).

Se ciò fosse confermato da ulteriori futuri approfondimenti (mediante l'ampliamento dei casi di studio, la comprovazione della formula e l'utilizzo di ulteriori modellazioni), significherebbe che una stima condotta mediante tale metodologia, permetterebbe la co-

struzione di un quadro di riferimento (seppur preliminare) in tempi decisamente più brevi rispetto alle attuali metodologie di certificazione energetica, favorendo un controllo ed il miglioramento delle performance ambientali ed energetiche dei tessuti urbani compatibile con gli obiettivi prefissati dalla comunità europea. Indicherebbe che il parametro FSI è utile a configurarsi quale strumento valido per l'analisi energetica dei tessuti urbani compatti e che la relazione trovata individua una frontiera di riferimento per i valori medi di consumo (analogamente potrebbe dirsi per la domanda energetica), rispetto ai quali poter stimare efficienze ed inefficienze di un determinato tessuto urbano.

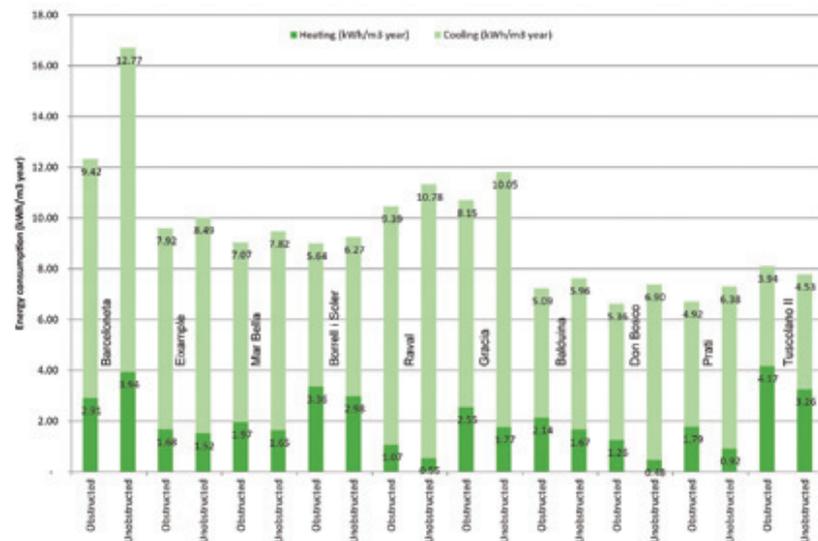
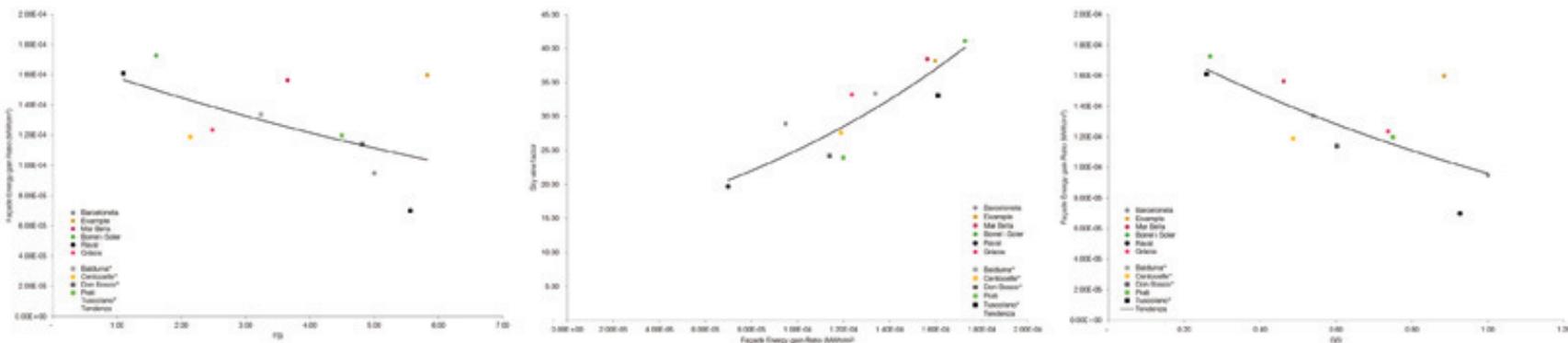


Fig. 11 - Relazioni parametriche tra accesso solare e densità

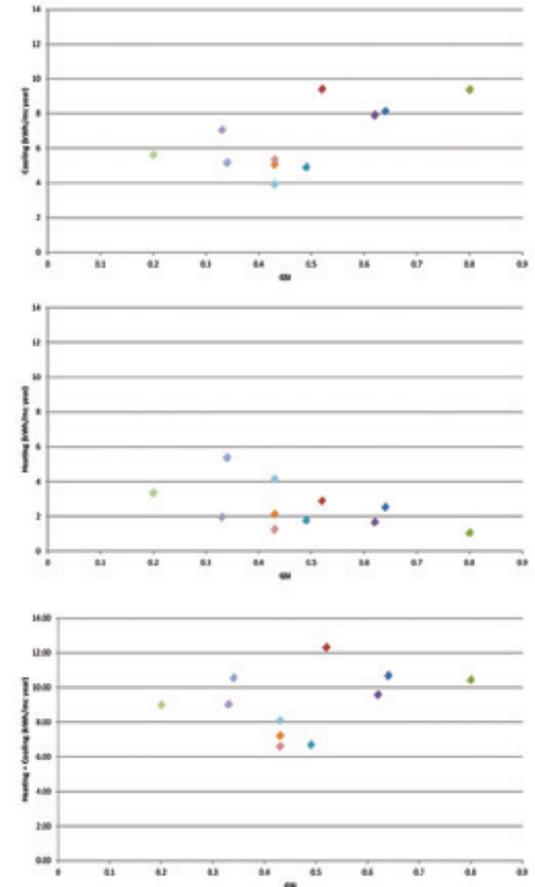
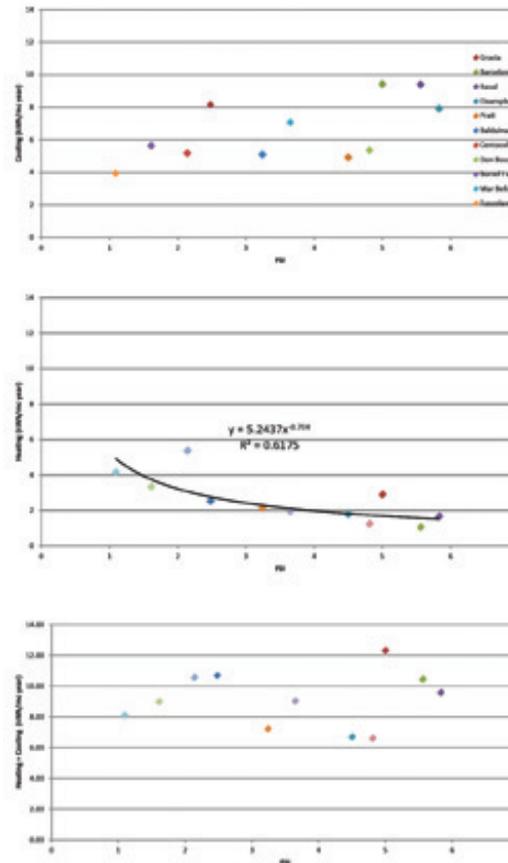
Fig. 12 - Consumi energetici distinti per riscaldamento invernale e climatizzazione estiva degli isolati tipo nella condizione ostruita dall'intorno urbano e priva di ostruzioni

LIMITAZIONI E FUTURI SVILUPPI

Un successivo avanzamento dello studio secondo quanto appena delineato, permetterebbe una sua applicazione nelle fasi progettuali preliminari, quale strumento di controllo delle modificazioni sui sistemi metropolitani e quale elemento che indirizzi strategicamente le tipologie di intervento a seconda delle morfologie urbane.

Per non travisare i risultati finora conseguiti si ritengono necessarie alcune considerazioni. È importante ricordare che la simulazione condotta con *Heliodon 2* fornisce valori di radiazione non reali, seppur attendibili perché ad essi proporzionali in larga misura, pertanto adeguati soltanto a studi comparativi. Un'altra

Fig. 13 - Relazioni parametriche tra densità (FSI e GSI) e consumi energetici (climatizzazione: A-B, riscaldamento: C-D, climatizzazione + riscaldamento: E-F)



questione rilevante riguarda la valutazione di consumi e caratteristiche termiche dell'involucro: in *Archisun 3.0* si sono considerati gli effetti delle ostruzioni modificando il parametro sulle sole parti trasparenti. Il software, basandosi sul fatto che l'effetto termico della radiazione solare sulle superfici opache risulta trascurabile sul bilancio termico globale, trascurando gli eventuali effetti delle ostruzioni su di esse. Di fronte all'insostenibilità della città *convenzionale* e alla sua contemporanea consacrazione ad habitat per eccellenza, diviene centrale definire strategie d'intervento che migliorino il funzionamento metabolico degli ambienti costruiti. Se correlate alla morfologia dei tessuti, queste assumono potenzialità

di efficacia maggiore, costituendo uno strumento guida per interventi più adeguati ed a maggiori benefici. L'interazione densità-morfologia-energia qui esposta, costituisce una delle componenti necessarie, se non alla complessa soluzione del problema, quantomeno al passaggio verso condizioni più prossime al quel complesso stato di equilibrio dei contesti urbani odierni, ricadente sotto il nome di sostenibilità; condizioni divenute attualmente sempre più urgenti ed ineludibili.

NOTE

[1] Si tratta di una forma di rappresentazione basata su tre principali indicatori di densità (densità di rete, intensità del costruito e rapporto di copertura) definiti mediante quattro parametri geometrici di base che descrivono lo spazio urbano (superficie di riferimento, lunghezza della rete stradale, superficie costruita e superficie coperta). Fra i parametri di riferimento adottati l'FSI (Floor Space Index) evidenzia il rapporto tra la superficie totale edificata o edificabile e la porzione di suolo a cui essa si riferisce. E' una descrizione relativa puramente all'intensità edilizia di un contesto urbano, dalle notevoli potenzialità di relazione con ulteriori parametri descrittivi ad esso riferiti. Il rapporto di copertura o compattezza,

GSI (Gross Space Index) esprime la relazione tra l'impronta dell'edificato e l'area complessiva. Descrive utilmente la distribuzione del costruito e del vuoto, ma non ha ovviamente capacità di restituirne l'intensità. L'OSR (Open Space Ratio) esprime il rapporto tra superficie libera da edificazione e superficie totale costruita di un'area determinata. Può essere funzionale a rilevare il carattere di un'area in termini di pressione dello spazio costruito sullo spazio aperto.

[2] Per quanto riguarda Barcellona, i tessuti sono i seguenti: il quartiere di Barceloneta, vicino al porto, che è stato una delle prime espansioni urbane al di fuori delle mura della città. Progettato nel 1753 con una pianificazione unitaria, si compone di un tessuto di isolati lunghi e stretti,

completamente edificati, e da una maglia stradale fitta e dalle ridotte dimensioni. Il modulo base dell'isolato è di forma quadrata con 8,40 m di lato. Durante il XXIX e XX secolo ha subito un processo di densificazione che ha prodotto un incremento dell'altezza media degli edifici, che ha determinato l'incremento dai due piani di altezza media originari, a quattro o sei attuali. Il quartiere l'Eixample rappresenta il tipico tessuto a densità medio-alta della città europea ottocentesca, composto da isolati di forma quadrata di 113 m di lato con il tipico chaflàn in corrispondenza degli angoli ed una rete stradale ampia. Attualmente gli isolati sono caratterizzati da profondi edifici di media altezza, a definire una consistente superficie coperta rispetto al lotto su cui questi

insistono. Il caso di Mar Bella è un esempio di come l'impianto urbanistico di Ildefons Cerdà sia stato oggetto di interpretazioni contemporanee. L'isolato e la sua corte sono definiti da un edificio a C di altezza simile, ma minore profondità rispetto alle cellule del Eixample, e da un basso edificio in linea che presenta una torre di 13 piani in un angolo. Esso rappresenta, infatti, un caso di intervento contemporaneo all'interno della città compatta europea. Borrell i Soler è un tessuto formato da edificio separato a bassa densità, secondo criteri ricorrenti in insediamenti residenziali borghesi della seconda metà del XX secolo. Raval è uno dei quartieri del distretto della Ciutat Vella, sorto dall'espansione dell'area industriale, al di fuori delle mura medioevali.

Si presenta come un tessuto compatto, molto denso, formato da blocchi edificati a trama irregolare e una rete di percorsi di ridotte dimensioni. Infine, il caso Gràcia è un nucleo storico, le cui origini risalgono al XIV secolo, ha un'edificazione compatta, organizzata in corti che gli conferisce una media e bassa densità. I casi analizzati a Roma sono stati scelti con criteri analoghi a quelli di Barcellona al fine di offrire una comparazione fra tutti. Il quartiere di Balduina deve l'attuale configurazione all'intensificazione degli anni '50 e '60 di condomini di palazzine. Il costruito a grana media si organizza secondo una maglia organica ricalcante l'orografia del terreno. Si calcolano valori alti di densità anche se l'altezza media dell'edificato essendo di sei piani non è

eccessiva. Il quartiere di Centocelle possiede oggi un impianto urbano dovuto principalmente alla seconda fase di espansione a seguito della Seconda guerra mondiale e fino agli anni settanta, di natura prevalentemente abusiva ma con impianto stradale a maglie regolari. Ne risulta un tessuto reticolare a grana fine di bassa densità, che conserva un impianto stradale a maglie regolari. Il caso di Don Bosco è definito da un tessuto reticolare a grana grossa, costituito da corpi edilizi spesso in linea, mediamente di otto piani, variamente composti a formare corti chiuse o tessuti lineari. Si generano così isolati dalle morfologie piuttosto variabili. Il quartiere Prati, promosso dall'amministrazione Nathan, rispondeva alla logica di crescita della città per quartieri intensi,

come unità urbane autosufficienti, separate dallo spazio verde. È descritto da un tessuto a grana media, caratterizzato da una rete stradale ampia e regolare, all'interno della quale si collocano isolati ampi a corti, dalla forma compatta. Le analogie con il contemporaneo campione barcellonese, l'Eixample, sono evidenti. Il caso del Tuscolano II, realizzato tra il 1950 ed 1960 all'interno del Piano INA Casa con la guida di Mario De Renzi e Saverio Muratori, ha un impianto urbano articolato in una varietà di morfo-tipologie disposte in isolati ricchi di verde e spazi comuni. Presenta una densità piuttosto bassa per la presenza di grandi spazi aperti che accolgono i singoli isolati.

[3] Uno strumento informativo che simula il tragitto solare in funzione della lo-

calità geografica e permette di dedurre informazioni e dati sulla quantità di radiazione solare ricevuta dalle superfici di un edificio, tenendo in conto le eventuali ostruzioni costituite dall'intorno urbano. Rispetto ad altri simulatori, Heliodon 2 è strutturato in conformità ad alcune ipotesi e semplificazioni teoriche tali, da renderlo strumento adatto per il caso di studi comparativi alla scala urbana come il presente. Non è in grado di calcolare la reale radiazione ricevuta, poiché ne tiene in conto la sola componente diretta - trascurando la diffusa e la riflessa - e come se tutti i giorni dell'anno fossero assolati. Per contro, questa semplificazione - piuttosto ininfluente nel caso di analisi comparative -, come altre ritguardanti le ipotesi di calcolo, ne fanno uno strumento

rapido e adeguato alla fase preliminare ed a studi a scala urbana. Ulteriore vantaggio della struttura di calcolo è che gli algoritmi utilizzati finiscono per aver una stretta relazione con le proprietà geometriche degli oggetti (superfici, volumi, orientamento, forma, etc.), risultando quindi adeguati a studi che si occupino di relazioni tra luce solare, radiazione e densità.

[4] Il programma sviluppato dal gruppo di ricerca Arquitectura y Energía della Universitat Politècnica de Catalunya; uno strumento rapido ed adeguato agli scopi prefissati che rispetto ad altri strumenti di simulazione energetica esistenti, non è basato su modelli agli elementi finiti: la descrizione dell'organismo architettonico è affidata a funzioni pensate per descrivere l'in-

terazione geometria-ambiente esterno mediante le proprietà del volume e del suo involucro. Non pretende di calcolare valori esatti, ma consente di utilizzare criteri generali coerenti di valutazione. Il programma considera l'oggetto di studio secondo il modello teorico della scatola grigia, e associa ad esso la localizzazione geografica o climatica e alcuni parametri basici sulla tipologia d'uso e sui consumi.

[5] Il software considera nell'alternanza delle quattro stagioni, valori medi per ogni mese considerando la variazione nel ciclo giorno-notte. Definisce poi, su base statistica, per ogni stagione un'alternanza di tre giorni tipici, differenti per condizioni climatiche che possono verificarsi differenti dalla condizione media.

[6] In questo caso si fa riferimento ai dati misurati sui modelli per la dimensione dell'isolato, in quanto più calzante alla verifica del comportamento di un tessuto rispetto alle ostruzioni urbane.

[7] Un esempio molto significativo a riguardo può essere fatto confrontando il caso dell'Example con quello di Mar Bella: i due sono basati sul tipico impianto urbanistico fondato sulle Manzanas di Cerdà, ma mentre il primo risalente al XIX secolo rispetto al secondo risalente al XXI, possiede valori più elevati di FSI e GSI.

[8] Si discostano dalla tendenza generale i risultati per i casi di Barceloneta e Tuscolano, dovuti, si ritiene a proprietà morfologiche piuttosto peculiari rispetto agli altri casi, e che richiederebbero ulteriori approfondimenti.

BIBLIOGRAFIA

AA. VV. (2011), *Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia*, translated by CTI and MCE, Milano

Alexander Ernest R. (1993), *Density measures: A review and analysis*, Journal of Architectural and Planning Research, 10(3), pp.181-202

Breheny Michael (1996) *Centrists, decentrists and compromisers: views on the future of urban form*, in Jenks, M., Burton, E. and Williams, K., eds., *The Compact City. A Sustainable Urban Form?*, London: E & FN Spon

Cheng Vicky, Steemers Koen, Montavon Marylène, and Compagnon Raphaël (2006), *Urban Form, Density and Solar Potential*, translated by Antoine Compagnon, P. H., Willi Weber, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006: PLEA

Churchman, Arza (1999), *Disentangling the Concept of Density*, Journal of Plannig Literature, (13), 389

Dall'O', Giuliano, Galante, Annalisa and Pasetti, Giulia (2012a), *A methodology for evaluating the potential energy savings of retrofitting*

residential building stocks, Sustainable Cities and Society, 4(0), 12-21

Dall'O', Giuliano, Galante, Annalisa and Torri, Marco (2012b), *A methodology for the energy performance classification of residential building stock on an urban scale*, Energy and Buildings, 48(0), 211-219

Dascalaki, Elena G., Drousta, Kalliopi G., Balaras, Costantinos A. and Kontoyiannidis, Simon (2011), *Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings - A case study for the Hellenic building stock*, Energy and Buildings, 43(12), 3400-3409

Dempsey Nicola, and Jenks Mike (2010), *The future of the compact city*, Built Environment, 36(1), 116-121

EIA, *EIA - Annual Energy Outlook 2011*, [online], available: <http://www.eia.gov/oiaf/aeo/demand.html> 2012 [accessed 09.06.2012]

EU Parliament (2010), *Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia*, G U L 153/13

Fracastoro, Gian Vincenzo

and Serraino, Matteo (2011), *A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications*, Energy and Buildings, 43(4), 844-852

Illich Ivan (2005), *La Convivialità*, Boroli Editore

Isague Antonio, Coch Helena, Serra Florensa, Rafael (2007), *Scaling laws and the modern city*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 382(2), 643-649

ISTAT, *Istat data warehouse*, [online], available: <http://dati.istat.it/?lang=it> [accessed August 14th 2012]

Jenks Mike, Burton Elizabeth, and Williams Katie (1996), *The Compact city: a sustainable urban form?*, London; New York: E & FN Spon

Knowles Ralph L. (1981), *Energia e forma un approccio ecologico allo sviluppo urbano*, *Le scienze dell'architettura*, Muzzio, Padova

Koolhaas Rem (2010), *Singapore Songline. Ritratto di una metropoli Potemkin... O trent'anni di tabula rasa*, Quodlibet

Koolhaas Rem, and Biraghi Marco (2001), *Delirious New York un manifesto retroattivo per Manhattan*, *Architetti e*

architetture, Electa, Milano
Muratori Saverio (1960), *Studi per una operante storia urbana di Venezia*, Roma: Istituto poligrafico dello Stato

Neuman Michael (2005), *The compact city fallacy*, Journal of Planning Education and Research, 25(1), 11-26

Olgay Victor, Mancuso Girolamo (1990), *Progettare con il clima. Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Franco Muzio Editore

Open Data BCN (2012) *Dades BCN: Servei de dependes obertes de l'Ajuntament de Barcelona*, [online], available: <http://w20.bcn.cat/opendata/Default.aspx?lang=CAT> [accessed 03.06.2012]

Pont Meta Berghauer, Haupt Per (2010), *Space-matrix: space, density and urban form*, Rotterdam: NAI.

Ratti Carlo, Baker Nick, and Steemers Koen (2005), *Energy consumption and urban texture*, Energy and Buildings, 37(7), 762-776.

Reale Luca (2008), *Densità città residenza tecniche di densificazione e strategie anti-sprawl*, Gangemi, Roma
Rapaport, Amos (1975), *Toward a Redefinition of Den-*

sity, Environment and Behavior, 7(2 June 1975), 133

Sertorio Luigi (2002), *Storia dell'abbondanza*, Bollati Boringhieri, Torino.

Steemers Koen (2003), *Energy and the city: density, buildings and transport*, Energy and Buildings, 35(1), 3-14

Strømman-Andersen Jakob, Sattrup Peter Andreas (2011), *The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains*, Energy and Buildings, 43(8), 2011-2020

Welbank Michaelzhang (1996), *The Search for a Sustainable Urban Form* in M. Jenks, E. Burton, and K. Williams, eds., *The Compact City: A Sustainable Urban Form*, London: E & FN Spon, 74-82

Zhang Ji, HENG Chye Kiang, Malone-Lee Lai Choo, Hii Daniel Jun Chung, Janssen Patrick, Leung Kam Shing, and Tan Beng Kiang (2012), *Evaluating environmental implications of density: A comparative case study on the relationship between density, urban block typology and sky exposure*, Automation in Construction, 22(0), 90-101