

IL RAPPORTO TRA ENERGIA E TERRITORIO: ANALISI DEGLI STRUMENTI
NORMATIVI, PIANIFICATORI E OPERATIVI E APPLICAZIONE ALLA
VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ SOLARI DEL COMUNE DI PISA

Claudia CASINI¹

SOMMARIO

L'articolo esamina gli aspetti più rilevanti relativi al rapporto tra energia e territorio, cioè quelle interazioni complesse, che sono sempre avvenute nella storia dell'uomo, tra il sistema energetico e la struttura degli insediamenti e che oggi stanno tornando ad essere attuali.

Il lavoro è articolato in una prima parte di ricerca sull'analisi delle valenze energetiche del territorio a partire dall'evoluzione storica dei sistemi energetici fino ad oggi, ed in una seconda parte dedicata ad un caso studio sviluppato sul territorio del Comune di Pisa e finalizzato ad analizzare le interazioni tra sistema territoriale (dal punto di vista fisico e normativo) ed energetico nel caso di installazione di pannelli solari termici, individuando dei criteri di localizzazione degli impianti sia in base all'esposizione ottimale per la massimizzazione del rendimento che tenendo conto della minimizzazione dell'impatto visivo per la tutela dell'immagine storica della città.

¹ Università di Pisa, Largo Lucio Lazzarino 1, 56126, Pisa, e-mail: claudia.casini@ing.unipi.it

1 Introduzione

Il territorio, realtà complessa ed affascinante, è contemporaneamente spettatore e protagonista di tutti i fenomeni di cambiamento sociale, economico e tecnologico che l'essere umano produce. E' sul territorio che si muovono gli attori, forti e deboli, attivi e passivi, economici, sociali o politici, ed è sulle componenti territoriali che ricadono le conseguenze delle scelte di sviluppo in tutti i campi delle attività umane.

La presente ricerca prova a tracciare una mappa di alcuni degli elementi costitutivi dei sistemi complessi come quelli territoriale, energetico, sociale ed economico e cerca di individuare quanto più analiticamente possibile le caratteristiche di interazione tra tutti questi elementi.

I paradigmi teorici di riferimento attingono quindi sia agli studi territoriali che alle più avanzate ricerche sulla pianificazione energetica, oltre che ai pochi lavori di ricerca che si posizionano a cavallo tra questi due ambiti scientifici.

Il tema delle scelte energetiche sul territorio è molto attuale sia per la loro caratteristiche di urgenza, sia per la fortissima valenza economica

- a scala mondiale, dato che le politiche energetiche si inseriscono nell'insieme delle politiche di risposta al cambiamento climatico globale e che i conflitti per la conquista delle risorse sono ormai all'ordine del giorno e determinano i destini politici delle Nazioni e la qualità della vita delle popolazioni;
- a scala nazionale in relazione per esempio sia alla localizzazione di impianti sgraditi (smaltimento dei rifiuti, centrali di produzione elettrica o nucleare, terminali di rigassificazione, siti di stoccaggio, infrastrutture per la mobilità ed i trasporti) ma anche a proposito di dipendenza energetica dall'estero del nostro paese;
- a scala locale, in quanto interagiscono con le dinamiche produttive presenti e future (industrie, agricoltura, terziario, efficienza energetica degli edifici) accentuate dalla crisi economica in corso.

L'evoluzione della produzione di energia elettrica e termica da concentrata a distribuita pone grandi interrogativi e nuove sfide per quanto riguarda l'analisi degli impatti sul territorio.

Una grande centrale termoelettrica presenta grandi impatti concentrati nel luogo di impianto, ormai ben conosciuti e misurabili oltre che praticamente identici in ogni luogo della Terra; l'approccio di analisi centralizzato e quantitativo (quanti MW installati per impianto) era adeguato a quel tipo di tecnologia utilizzata negli ultimi decenni.

In effetti anche le "vecchie" rinnovabili italiane, il grande idroelettrico e la geotermia, che dalla fine del 1800 hanno accompagnato la prima industrializzazione del Paese, hanno una impostazione simile alle grandi centrali a fonti fossili e risultano ormai distanti come impostazione territoriale ed impiantistica dal modello odierno.

Una grande quantità di piccoli impianti a fonte rinnovabile distribuisce gli impatti sul territorio e, a seconda della tecnologia, incide sui centri urbani o sulle aree rurali, su ampi scorci di territorio o su limitati punti di vista, sulla matrice aria, flora e fauna o su quella rumore. Le conseguenze spesso sono imprevedibili, oppure impreviste, anche perché gli attori che si muovono all'interno del processo hanno poca consapevolezza della delicatezza delle loro scelte ed il territorio diventa un vero e proprio laboratorio di sperimentazione della rivoluzione energetica.

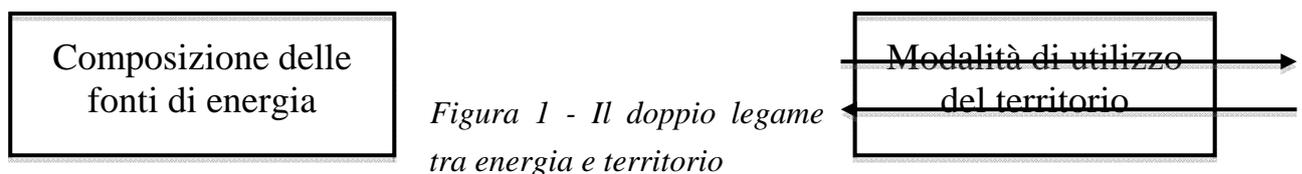
Il dibattito pubblico sull'energia non sembra ancora aver compreso la portata di questo processo e l'importanza di guardare al territorio per capire come sviluppare le fonti rinnovabili, si adoperava ancora il vecchio modo di ragionare sull'energia che però risulta inevitabilmente datato, inadeguato rispetto a un processo che apre delle strade assolutamente nuove. Anche l'analisi degli impatti e delle potenzialità deve quindi essere svolta utilizzando metodi e tecniche che abbiano meno a che fare con il solo rendimento energetico di produzione e trasporto e che siano più attinenti invece all'analisi territoriale, o addirittura attraverso lo sviluppo di strumenti che integrino le due istanze al loro interno in termini anche spaziali.

2 Energia e territorio

Il rapporto tra energia e territorio può essere esaminato sotto molti aspetti; la ricerca ha utilizzato un approccio di tipo storico, normativo e operativo i cui risultati sono riportati nei paragrafi seguenti.

2.1 Il rapporto tra energia e territorio come motivo di sviluppo della forma urbana

La storia delle civiltà e lo sviluppo dei modi di insediarsi sul territorio vengono normalmente spiegati attraverso i cambiamenti economici e politici delle società, nel modo di cacciare o coltivare la terra, nei rapporti di potere e nella divisione del lavoro, nel modo di combattere e di produrre ricchezza, nel modo di sfruttare le risorse naturali.



La storia dello sviluppo del territorio e la storia urbana possono però essere interpretati anche in funzione dell'evoluzione delle fonti energetiche utilizzate e delle tecnologie di conversione dell'energia; questo tipo di lettura permette di mettere in luce in modo evidente il doppio

legame che unisce la tipologia insediativa e le fonti energetiche. Ogni epoca storica è in qualche modo caratterizzata dalle fonti energetiche utilizzate, dai sistemi tecnologici di conversione e dagli usi intermedi e finali, che insieme formano il cosiddetto “sistema energetico”. Senza voler affermare che l’energia sia stata l’unica forza motrice dell’evoluzione, si vuole comunque sottolineare come sia indiscutibile che l’evoluzione delle fonti energetiche ha portato un contributo peculiare ed autonomo all’evoluzione del territorio ed alla spinta al cambiamento.

Il modello nomade dell’uomo preistorico era sbilanciato a causa della scarsità e della precarietà delle risorse energetiche necessarie per la vita, la raccolta - predazione nomade spesso impegnava più risorse di quante ne reperiva e anche questo ha determinato il passaggio al modello stanziale agricolo, che ha permesso il governo stabile e certo delle risorse energetiche presenti.

In epoca antica, dalle origini fino all’epoca preindustriale, le uniche fonti disponibili per l’uomo erano la forza muscolare, umana ed animale, che veniva sfruttata sia per il trasporto che per gli spostamenti terrestri, vincolava fortemente le distanze, i tempi di percorrenza ed i pesi da trasportare (energia meccanica), ed il legno, oggi “biomassa vegetale”, divenuta indispensabile dalla scoperta del fuoco in poi (energia termica).

L’insediamento umano doveva quindi essere il più vicino possibile al luogo di produzione del cibo e delle risorse necessarie alla costruzione della casa e al riscaldamento.

Si può sottolineare come ci siano ancora oggi grandi parti del mondo in cui queste due fonti rimangono le uniche fonti energetiche disponibili per la vita di alcuni miliardi di persone.

L’analisi degli insediamenti di epoche in cui le fonti energetiche erano scarse e preziose ci fanno in alcuni casi individuare criteri di impostazione urbana finalizzati alla massimizzazione dell’utilizzo e della regolazione degli apporti solari gratuiti, e soprattutto tipologie edilizie finalizzate alla massimizzazione comfort termico, dato che spesso le case greche e romane si configuravano con ampi spazi di mediazione tra esterno e interno (cortile con porticato) e cieche sulla strada.

La conversione dell’energia idraulica ed eolica, entrambe derivate da quella solare, in energia cinetica, hanno origini molto antiche ma hanno ricoperto a lungo quote marginali della produzione energetica e non hanno avuto carattere diffusivo. I sistemi tecnologici collegati si sono evoluti nei secoli con costanza ma non hanno evidentemente mai potuto affrancarsi dalla necessità di specializzazioni localizzative dei convertitori e del rapporto specifico con il sistema insediativo.

Il legame tra acqua e città per esempio, pur essendo costitutivo e fondativo del tessuto urbano (per esempio per l’approvvigionamento idrico), si è via via fatto così sempre più forte sia per la conformazione fisica e organizzativa della città che per l’integrazione con l’economia urbana. L’energia cinetica è stata così utilizzata per muovere magli, telai, presse, pompe, mulini per la macinazione dei cereali in un crescendo che trova il suo culmine dal tardo

Medioevo fino all'inizio del XVI secolo, che è stato segnato dall'affinarsi delle tecnologie di valorizzazione della risorsa idrica ed ha accompagnato il periodo d'oro della rinascita della città dopo le carestie e gli spopolamenti tipici dei secoli precedenti.

L'acqua tra l'altro contribuisce nello stesso periodo a trasformare l'economia di autosufficienza in economia di mercato attraverso l'utilizzo dei canali e derivazioni che collegano le manifatture agli insediamenti e ad altre piccole aree a specializzazione produttiva, connotando fortemente il territorio sia in Europa che nelle Americhe, dove lo sviluppo delle tecnologie ad acqua ha trovato ancor meno vincoli territoriali.

Il legame invece tra vento e città è più controverso per vari motivi: innanzi tutto l'energia eolica non ha carattere di continuità ed affidabilità come quella idrica, in secondo luogo abbisogna di spazi aperti ed isolati in cui il vento non viene ostacolato da altre costruzioni, infine per un antico pregiudizio che voleva le aree ventose come insalubri e malsane. La macchina eolica quindi si caratterizza di solito come impianto agricolo, anche se ci sono delle eccezioni piuttosto note come i mulini urbani situati sulla collina di Montmartre a Parigi.

Lo sviluppo delle civiltà industriale dal punto di vista energetico è stata chiaramente condizionata dall'impiego del carbone come fonte energetica fossile e dall'utilizzo della macchina a vapore (e altre innovazioni tecnologiche) in campo industriale.

Fino all'epoca preindustriale il vincolo di vicinanza fisica tra produzione e consumo di energia ha condizionato pesantemente il modo insediativo limitando le spinte espansive della città e spingendo verso modelli di tipo diffusivo (piccoli agglomerati per modesti bacini di approvvigionamento); la frammentazione della domanda sul territorio era più adatta all'offerta di energia e alla possibilità di trasportarla.

L'avvento dell'epoca del vapore e del carbone ha rimosso molti dei vincoli presenti fino a quel momento: dalle città compatte e multifunzionali si è passati ad un'ampia flessibilità di usi, non più necessariamente vicino ad un fiume, non più con limiti di espansione dovuti alla necessità dell'approvvigionamento di legna.

Parallelamente al vincolo spaziale salta anche il vincolo temporale tra domanda e offerta, tipico invece di fonti naturali come quella eolica (non costante nel tempo) e idraulica (più costante ma soggetta ad eventi non controllabili come le piene o la siccità). Le nuove tecnologie consentono la fornitura energetica anche in forma ininterrotta. Il modello insediativo si affranca dal modello discreto verso una progressiva concentrazione dell'abitato, e quindi del consumo, in luoghi particolari come le città, ormai indifferenti al luogo di provenienza delle fonti primarie di energia. Così nacquero le città operaie, l'urbanizzazione come sottoprodotto dell'industrializzazione, oppure si espansero le città esistenti con periferie industriali, creando quelle che Dickens definisce Coketowns: è da questo momento in poi che il paradigma energia - città si connota in termini di inquinamento ambientale, causando per reazione delle fughe di massa dal degrado urbano verso espansioni di tipo centrifugo (Garden Cities inglesi per es.). Proprio le caratteristiche intrinseche dell'uso del carbone in ambito

urbano, ovvero l'inaccettabile livello di polveri leggere e ceneri derivanti dalla combustione senza nessuna precauzione per la salute umana, portarono la fonte energetica al declino ed alla veloce sostituzione con la fonte petrolifera.

La disponibilità dell'elettricità in rete mediante conversione dell'energia termica e idrica risale alla fine del 1800; il modello della distribuzione a rete esisteva già e veniva utilizzato per il gas per illuminazione pubblica con diversi problemi tecnologici, e fu messo a punto e migliorato invece per la corrente elettrica (trasformatore e corrente alternata). Con lo sviluppo e la messa a punto del trasporto in corrente alternata si accentua ancora di più la distanza tra luogo di produzione e di consumo dell'energia che era iniziato con la diffusione della macchina a vapore, non dovendo sottostare a vincoli di tempo e spazio se non quelli della costruzione della rete; l'elettricità veniva infatti utilizzata a scopo di illuminazione (il primo esempio italiano e dell'Europa continentale è quello della centrale di Via Santa Radegonda a Milano, del 1883, realizzata con il sistema Edison, che consentiva di accendere 4.800 lampadine nei negozi e nei locali del centro, oltre che in due teatri ed in alcuni appartamenti privati), trasformata in forza motrice (il motore elettrico rivoluziona il concetto stesso di fabbrica), trasformata in calore (riscaldamento elettrico ed altoforno).

Il sistema elettrico si strutturò quindi con grandi centrali idroelettriche o termoelettriche isolate fuori dai centri abitati, ed una fitta rete di distribuzione dalla connotazione prettamente urbana a beneficio sia delle industrie che dei servizi per la vita quotidiana della città: illuminazione e trasporto pubblico, ascensori, con il conseguente cambiamento dello skyline delle città, prima americane e poi europee (città verticali).

La storia energetica del petrolio nasce con l'invenzione del motore a combustione interna ed il suo impiego nei trasporti, trovando la sua massima espansione con lo sviluppo dell'automobile privata. Dalla nascita e piccola diffusione nei primi anni del XX secolo in poi, prima negli Stati Uniti e poi in Europa, con una vera esplosione nel secondo dopoguerra, proprio in concomitanza con l'emersione dei primi problemi legati all'inquinamento da emissioni. La diffusione su larga scala del trasporto privato influisce pesantemente sulla struttura insediativa che si orienta all'insediamento disperso, alla casa unifamiliare, ai sobborghi periferici visti come materializzazione dell'aspirazione alla libertà ed alla proprietà individuale. Il problema è ancora attualissimo e moltissimi sono gli studi sulle ragioni culturali e sugli impatti sociali ed ambientali causati dalla città diffusa o dallo sprawl urbano.

2.2 La situazione attuale e le indicazioni per il futuro

Il sistema insediativo e quello energetico sono due sistemi complessi tra loro interconnessi e risulta davvero ardua l'analisi delle relazioni interne tra i singoli componenti dei due fattori, che viene tentata comunque in letteratura per lo più in modo qualitativo, raramente quantitativo. La trattazione del fenomeno urbano per componenti separate del resto porta ad

una eccessiva semplificazione e schematizzazione delle informazioni in ingresso e dei risultati di analisi che si ottengono in uscita. Sono state descritte in letteratura le relazioni tra alcuni parametri relativi al sistema insediativo (forma e dimensione, densità insediativa, distribuzione delle funzioni) e il consumo energetico che determinano, mettendo però in evidenza come le relazioni ipotizzate siano incerte e poco precise e come studi diversi possano ancora oggi portare a conclusioni opposte. Si riporta solo la tabella 1 di riassunto delle interazioni tra caratteristiche della città e valenze energetiche.

	Forma e dimensione della città		Densità insediativa			Distribuzione delle funzioni – terziarizzazione della città	
	Compatta	Diffusa	Alta	Media	Bassa	Terziarizzazione	Mix funzionale
Investimento iniziale e manutenzione	☺	☹	☺	☺	☹	☺	☺
Trasporti	☺	☹	☺	☺	☹	☹	☺
Edifici civili			☹	☺	☹		
Microclima urbano	☹	☺	☹	☺	☹		

Tabella 1 - Analisi qualitativa delle interazioni tra caratteristiche della città e valenze energetiche

L'analisi delle interazioni tra sistema insediativo e energetico fa emergere chiaramente che non esiste una "ricetta" semplice ed univoca per indirizzare lo sviluppo delle nostre città verso la sostenibilità ambientale. Città dalla forma compatta e ad alta densità sono favorevoli per le politiche dei trasporti ma creano condizioni di microclima urbano problematiche, la densità insediativa influisce in modo controverso sulle condizioni di trasporto e sulla possibilità di avere il giusto comfort termico e risparmio energetico negli edifici. L'analisi di questi fattori evidenzia fortemente quanto la struttura urbana sia collegata alle caratteristiche della mobilità e all'andamento dei consumi energetici, e come quindi sia davvero impensabile continuare a fare programmazione territoriale in modo disgiunto dalla pianificazione dei trasporti e anche da quella energetica. E' urgente e necessario ricomporre le varie aree di intervento in termini programmatori, realizzativi e gestionali.

Nell'incertezza attuale comunque esistono alcune strategie di limitazione del danno e di adattamento preventivo ai futuri cambiamenti che si possono individuare al di là di tutte le variabili non note che sono state elencate: si tratta di attuare un riequilibrio energetico nell'uso del territorio nell'ottica della sostenibilità energetica degli insediamenti attraverso

- Modifica della densità delle città esistenti
- Integrazione funzionale delle attività
- Diminuzione della dipendenza della città dall'automobile, incentivo all'utilizzo di mezzi di trasporto alternativi
- Risparmio energetico e riduzione dei consumi
- Generazione e distribuzione dell'energia: sviluppo della microgenerazione individuale distribuita dell'energia ed abbandono delle reti, oppure potenziamento delle reti (smart grid) e sviluppo di teleriscaldamento e teleraffrescamento
- Modifica del fattore evaporativo dei suoli.

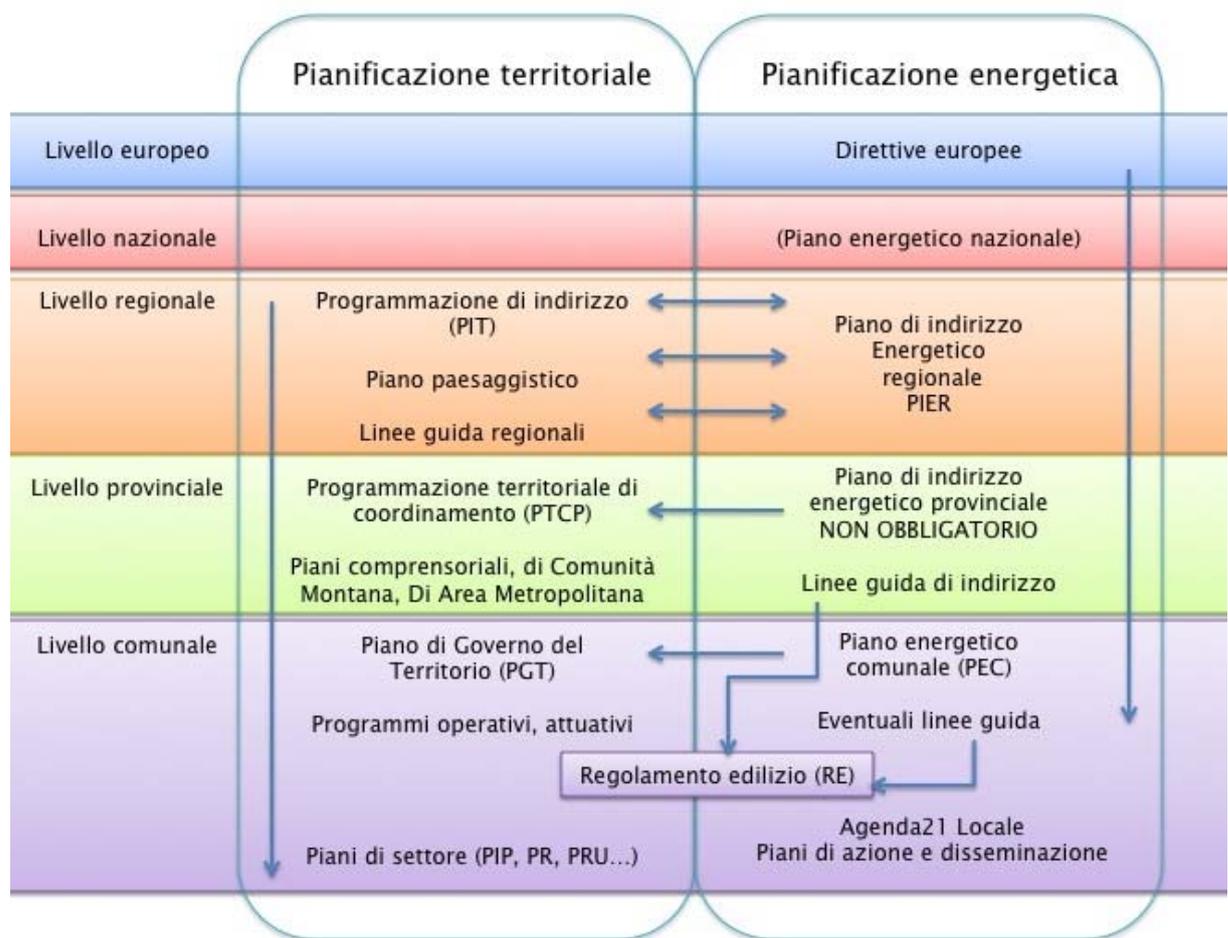


Figura 2 - Rapporto tra pianificazione territoriale ed energetica in Italia

La normativa attuale istituisce e descrive molti strumenti che dovrebbero facilitare l'interazione tra energia e territorio a livello

- normativo: europeo, nazionale e regionale
- pianificatorio: i piani coordinati, la Valutazione Ambientale Strategica, i Regolamenti Edilizi

- operativo: i software tradizionali, gli impatti, le tecniche e gli strumenti di analisi specifici per ognuna delle fonti di energia rinnovabili

L'interazione però non è sempre proficua e funzionale e le modalità di utilizzo nella prassi di questi strumenti non sempre costituiscono davvero un supporto ad una visione sistemica.

2.3 Implicazioni sociali delle scelte energetiche e territoriali

Un altro aspetto al centro del dibattito scientifico e pubblico è quello delle dinamiche socio-culturali che le scelte energetiche innescano sul territorio, che hanno spesso a che fare con il tema della partecipazione e del conflitto, due facce di una stessa medaglia.

L'opportunità di coinvolgimento degli stakeholders e di tutti i cittadini nei processi decisionali in campo territoriale è da molto tempo dibattuta e solo recentemente sperimentata nel nostro paese attraverso esperimenti di democrazia partecipativa o deliberativa, addirittura codificati in Regione Toscana ed Emilia Romagna attraverso provvedimenti normativi; resta però ancora poco esplorato il tema della partecipazione nel campo delle scelte energetiche. L'importanza di questo tema non è solo legato ad aspetti etici o di democrazia deliberativa, riguarda anche la necessità di evitare i conflitti globali sempre più frequenti e preoccupanti per l'accaparramento delle risorse energetiche e l'esigenza di rendere davvero realizzabili sia le politiche che i progetti di opere sul territorio, spesso frenati o fermati da una errata gestione della comunicazione e del consenso, con gravi danni di tipo economico e conseguenze sullo sviluppo.

Gli strumenti e le tecniche per favorire la partecipazione dei cittadini sulle tematiche energetiche sono molto varie, e si estendono dalle ormai sperimentate Agende21, a dei veri e propri referendum consultivi, fino all'utilizzo di Town Meeting elettronici come forma di consultazione strategica. Solo sul territorio della Regione Toscana è possibile individuare molti casi emblematici che hanno preso forma negli ultimi anni, come l'utilizzo di E.A.S.W. (European Awareness Scenario Workshop) adottato dalla Commissione Europea e sperimentato nell'ambito del programma quadro Innovation in tutta Europa, l'organizzazione da parte della Regione Toscana di Electronic Town Meeting (uno strumento di partecipazione diretta al governo locale da parte dei cittadini che discutono in modo informato e poi votano tra alcune opzioni proposte) sui temi dei cambiamenti climatici e del paesaggio, i referendum sull'eolico che sono stati promossi come forma di democrazia diretta per esempio da alcuni Comuni in Provincia di Pisa.

In assenza di una presa di consapevolezza su questi temi sempre più spesso le infrastrutture ed i progetti di sviluppo verranno bloccati da fenomeni di tipo conflittuale diffusi sia tra comitati di cittadini (N.I.M.B.Y. - Noy In My Back Yard, N.I.A.B.Y. - Not In Anybody's Back Yard, B.A.N.A.N.A. - Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything, N.O.P.E. - Not On Planet Earth, C.A.V.E. - Citizens Against Virtually Everything) che nelle pubbliche

amministrazioni e nei soggetti decisori (D.A.D. - I Decide, I Announce, I Defende, N.I.M.O. - Not In My Office, N.O.M.O. Not in My term of Office).

2.4 La raccolta dei dati di base in campo energetico e territoriale-ambientale

In campo energetico la raccolta dati è di fondamentale importanza perché permette di ricostruire il bilancio energetico definendo le quantità ed i modi di produzione e di consumo dell'energia, distinguendo la produzione per fonte ed i consumi per settore e mettendo in luce in che modo sia possibile intervenire in modo efficace e con quali probabilità di realizzazione delle strategie. Senza accurati dati di base è difficile perfino stabilire degli obiettivi e delle strategie, e ancor più monitorarne gli effetti.

Nonostante questo negli ultimi anni, in controtendenza rispetto ai dati territoriali e ambientali, a seguito della liberalizzazione del mercato dell'energia, la raccolta dei dati energetici su specifici territori è diventata sempre più complicata e addirittura a volte impossibile, andandosi a scontrare con operatori commerciali privati in regime di libera concorrenza e con esigenze di tutela della privacy. Al momento non sembrano profilarsi interventi per porre rimedio alla situazione e nei Piani Energetici, soprattutto alla scala locale, spesso si utilizzano proiezioni, ripartizioni su base percentuale delle quote di consumo, ipotesi di interpretazione dei dati che diano delle basi su cui lavorare ma la cui poca affidabilità mina l'efficacia delle azioni e la verificabilità del raggiungimento degli obiettivi.

3 Caso studio

L'approccio di integrazione proposto tra i temi energetici e quelli territoriali viene misurato con una applicazione ad un caso di studio reale sviluppato sul territorio del Comune di Pisa: attraverso la ricostruzione tridimensionale del contesto urbano, vengono individuate le porzioni di territorio più adatte all'installazione di pannelli solari, cioè quelle che massimizzano il rendimento del pannello garantendo esposizione ed inclinazione ottimali, ma nello stesso tempo minimizzano l'impatto visivo per gli osservatori privilegiati, nel caso di Pisa i turisti. L'offerta di energia solare viene quindi incrociata con la domanda turistica e residenziale, individuando quei tetti in cui l'offerta riesce a coprire la domanda.

L'obiettivo è stato quello di verificare la fattibilità di alcuni tra gli interventi previsti nel PEP (Piano Energetico Provinciale) della Provincia di Pisa riguardo la tecnologia del solare termico ad uso residenziale (si considera realizzabile l'applicazione di impianti solari termici e fotovoltaici almeno sul 20% delle abitazioni della Provincia al 2020) e per le strutture turistico-ricettive (si considera realizzabile l'applicazione di impianti solari termici e fotovoltaici almeno sul 50% delle strutture ricettive della Provincia al 2020).

3.1 Metodologia

La metodologia utilizzata è illustrata in figura 3.

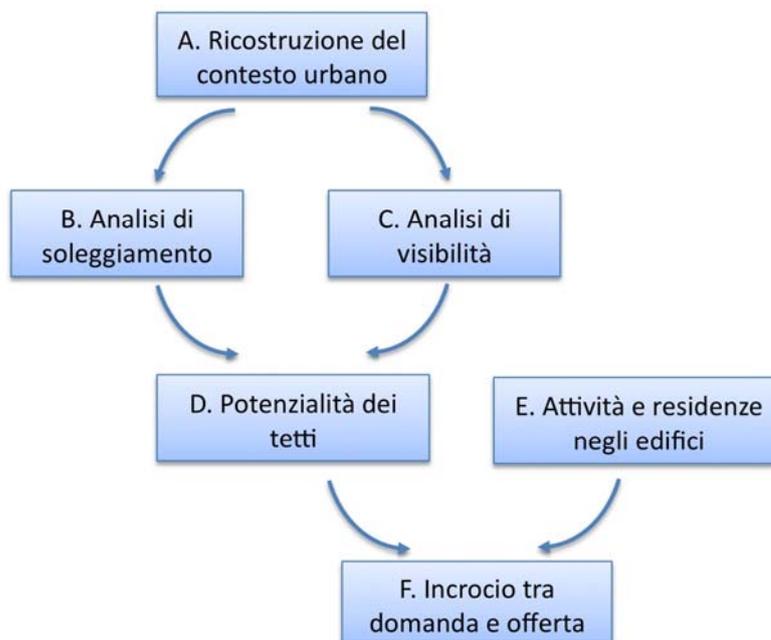


Figura 3 - Schema delle fasi del lavoro

FASE A - La prima fase del lavoro consiste nella ricostruzione tridimensionale del contesto urbano. Ricostruire la forma dei tetti degli edifici risulta di grande importanza, visto che il rendimento dei pannelli solari dipende dall'inclinazione e dall'esposizione rispetto ai punti cardinali; su un tetto piano il collettore solare si può posizionare in modo ottimale rispetto al sud e all'inclinazione voluta, mentre sui tetti a falde entrambi i parametri sono vincolati dalla struttura preesistente.

In questo caso si possono utilizzare

- I dati di base della Carta Tecnica della Regione Toscana, dalla quale è possibile ricostruire mediante interpolazione la forma del terreno e mediante estrusione i volumi degli edifici. In questo caso gli edifici presentano lati a scalini della dimensione di 1 m (la dimensione della cella), ma soprattutto hanno tutti copertura piana.
- dati satellitari di tipo LiDAR, raccolti con una tecnica di telerilevamento "attivo" effettuato con un mezzo aereo sul quale è installato un laserscanner composto da un trasmettitore (essenzialmente un laser), di un ricevitore (costituito da un telescopio) e di un sistema di acquisizione dati. La peculiarità del sistema è l'altissima velocità di acquisizione dei dati abbinata ad una elevata risoluzione. Il Comune di Pisa è stato recentemente coperto da voli per ricavare dati di questo tipo, che è stato possibile reperire ed utilizzare, ottenendo un modello digitale delle superfici (DSM) con una notevole densità di punti a terra caratterizzati da elevate precisioni plano-altimetriche.



Figura 4 Una vista della sovrapposizione tra modello del terreno ed edifici ricavati da CTR

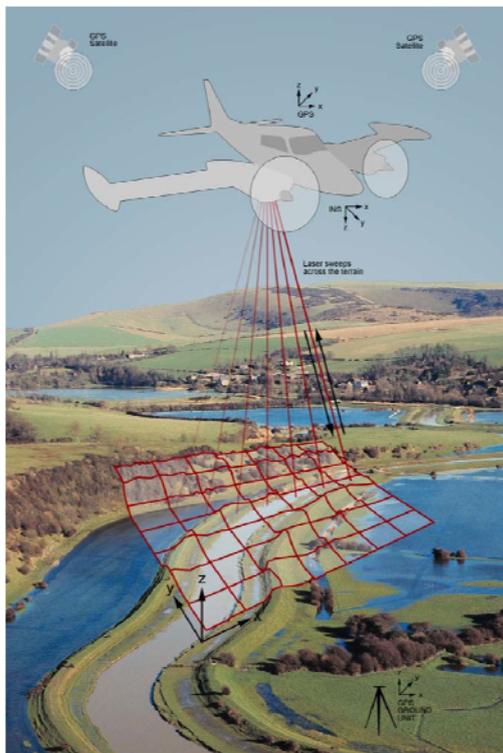


Figura 5 - Sistema di acquisizione dati LiDAR

Figura 6 - Edifici estratti con il tool LiDAR Analyst di ArcGIS, visualizzati su Google Earth

FASE B - Le analisi di soleggiamento sono state svolte con un tool di ArcGis 9.2, Area Solar Radiation, che calcola il valore della radiazione solare incidente (diretta e diffusa) in Wh/m², sull'area di studio specificata per ogni cella e per un riferimento temporale specificato.

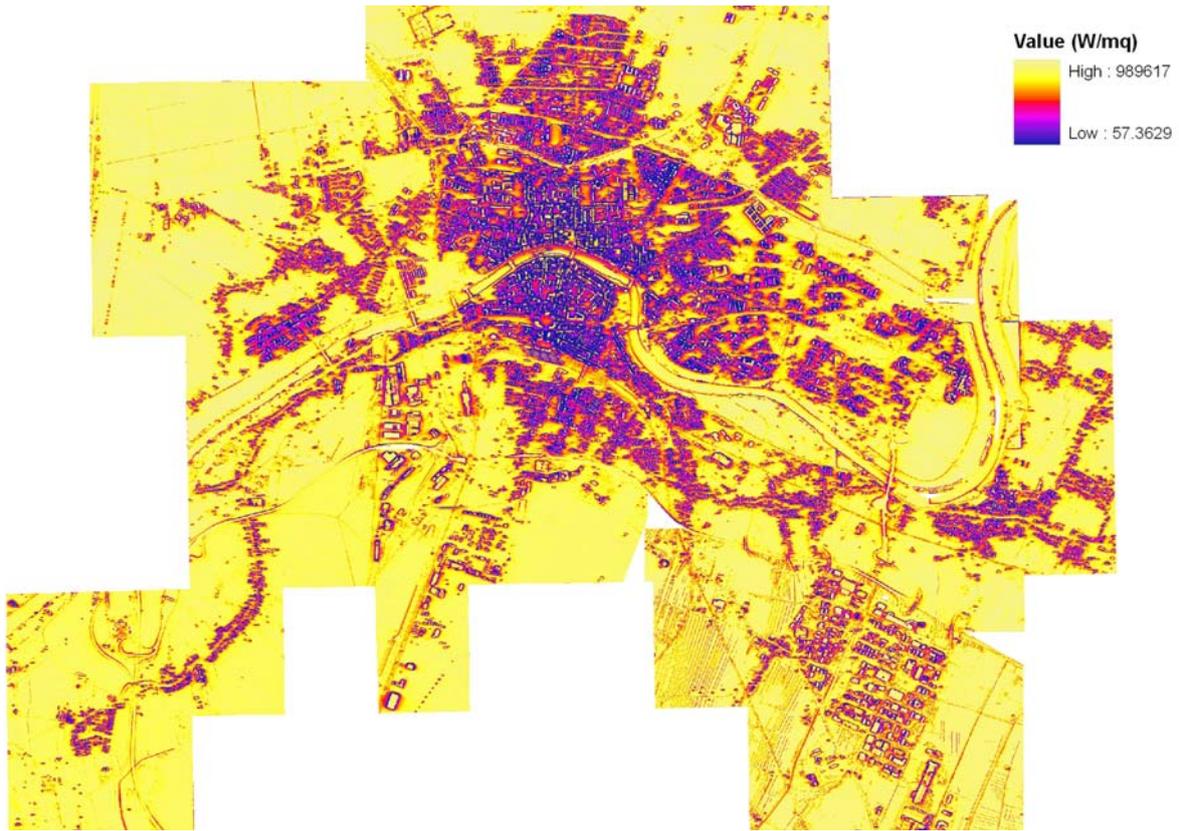


Figura 7 - Soleggiamento estivo, edificato da LiDAR

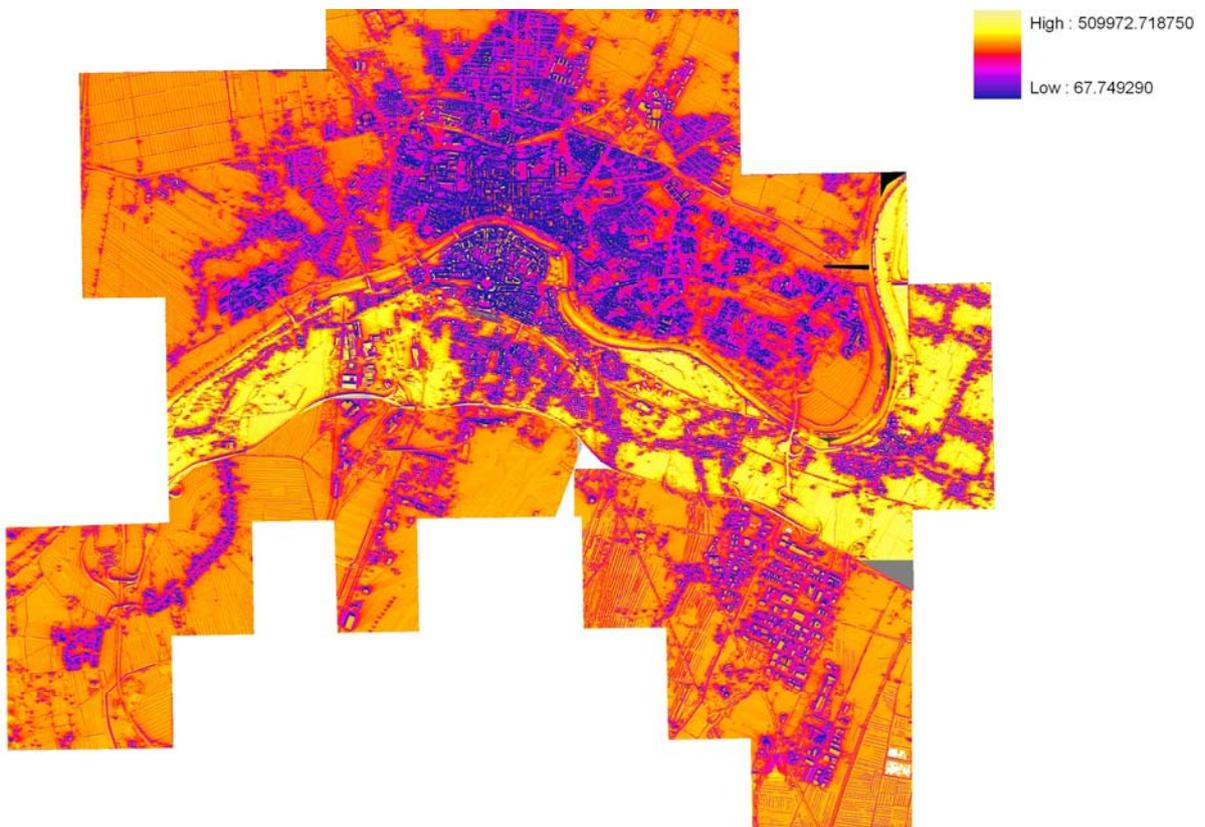


Figura 8 - Soleggiamento invernale, edificato da LiDAR

FASE C - Le analisi di visibilità sono state svolte con il tool ViewShed di ArcGis utilizzando come punti di osservazione quelli più sensibili per i turisti, cioè i lungarni, gli altri percorsi turistici, la cima della torre di Pisa.

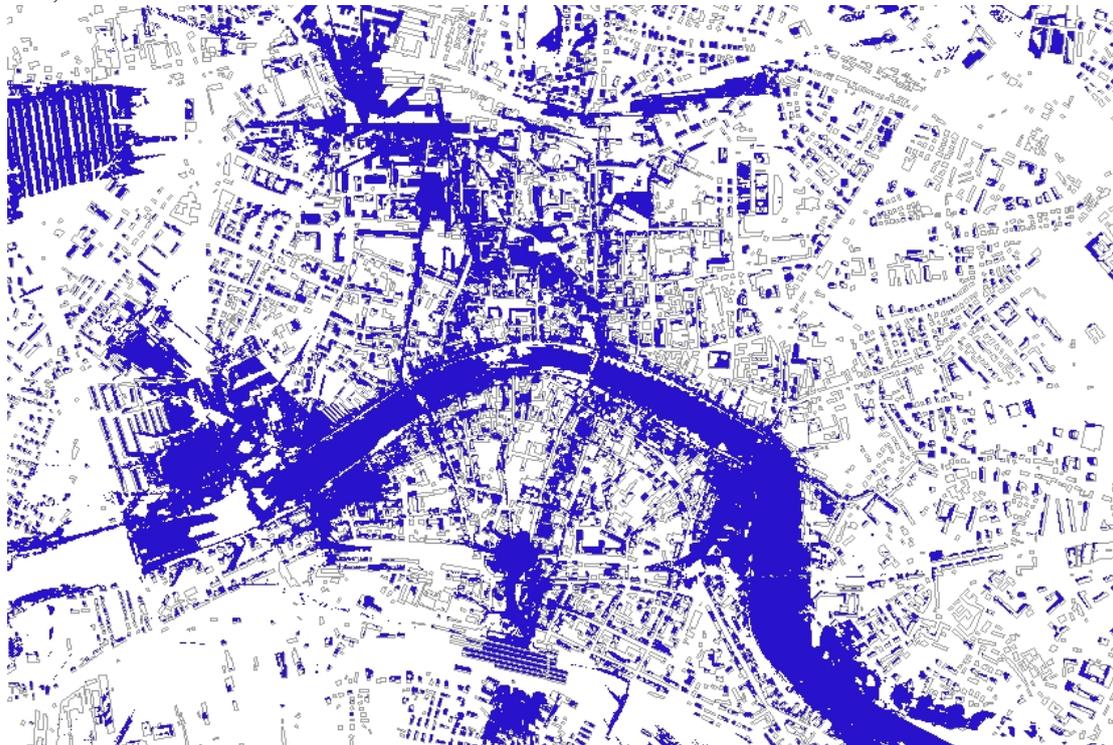


Figura 9 - I risultati delle analisi di visibilità sull'area di studio complessivi. Edificato da LiDAR - particolare.

FASE D - Le potenzialità dei tetti sono state calcolate combinando algebricamente i risultati delle analisi di soleggiamento e delle analisi di visibilità e attribuendo ad ogni cella un valore di potenzialità di produzione energetica. Le aree individuate riguardano sia le coperture degli edifici che le aree libere a terra, dove è poco probabile l'installazione di collettori solari termici, per cui le analisi successive si sono limitate alle superfici delle sole coperture.

FASE E - Una delle caratteristiche della gran parte delle energie rinnovabili è quella di richiedere che la produzione e l'utilizzo si trovino spazialmente contigui; questo è ancor più vero per la tecnologia del solare termico, in cui la produzione ed il consumo, quindi l'offerta e la domanda, si devono trovare praticamente nello stesso edificio. Per questo motivo sono state localizzate tutte le attività ricettive del Comune (con un fabbisogno di acqua calda sanitaria proporzionale al numero di posti letto e alla categoria) e tutti i residenti per numero civico (ad ogni numero civico è stato assegnato un fabbisogno di acqua calda sanitaria proporzionale al numero di residenti).

FASE F - L'incrocio tra domanda e offerta è avvenuto confrontando l'area disponibile per installare pannelli solari e quella necessaria per coprire il fabbisogno estivo di acqua calda sanitaria per ogni tetto. Questa analisi è stata svolta per ognuno degli edifici individuati sia a scopo ricettivo che residenziale.



Figura 10 - Fabbisogno di acqua calda sanitaria per ricettivo (sinistra) e residenziale (destra) - particolari



Figura 11 - Soleggiamento su aree non visibili per ricettivo (sinistra) e residenziale (destra) - particolari

3.2 Risultati

I risultati specifici dalle analisi svolte sono piuttosto interessanti:

La maggior parte delle strutture ricettive sono in grado di coprire il loro fabbisogno con la tecnologia del solare termico senza per questo causare impatti visivi significativi al contesto urbano in cui si trovano, siano essi nel centro storico o nelle aree periferiche.



Figura 12 - In verde gli edifici ad uso ricettivo risultati idonei all'installazione di pannelli solari termici.

L'analisi sugli edifici ad uso residenziale risulta ancora più interessante di quella sugli alberghi e affittacamere. È infatti decisiva l'introduzione dell'esclusione delle coperture visibili dalla cima della Torre di Pisa: le aree a sud della torre rispondono quasi tutte ai requisiti di soddisfacimento del bisogno, mentre per le aree a nord, in cui i tetti esposti a sud sono più visibili, abbiamo una grossa percentuale di esclusione. Questa osservazione introduce quindi un paradosso nell'approccio vincolistico alle fonti rinnovabili basato sull'impatto visivo: risulta meno impattante installare pannelli solari termici nell'area storica interna alle mura della città di Pisa, là dove la tutela della tipologia dovrebbe risultare più forte, piuttosto che sui moderni tetti dei quartieri residenziali a nord della torre, dove invece i vincoli di tipo storico sono davvero molto minori.

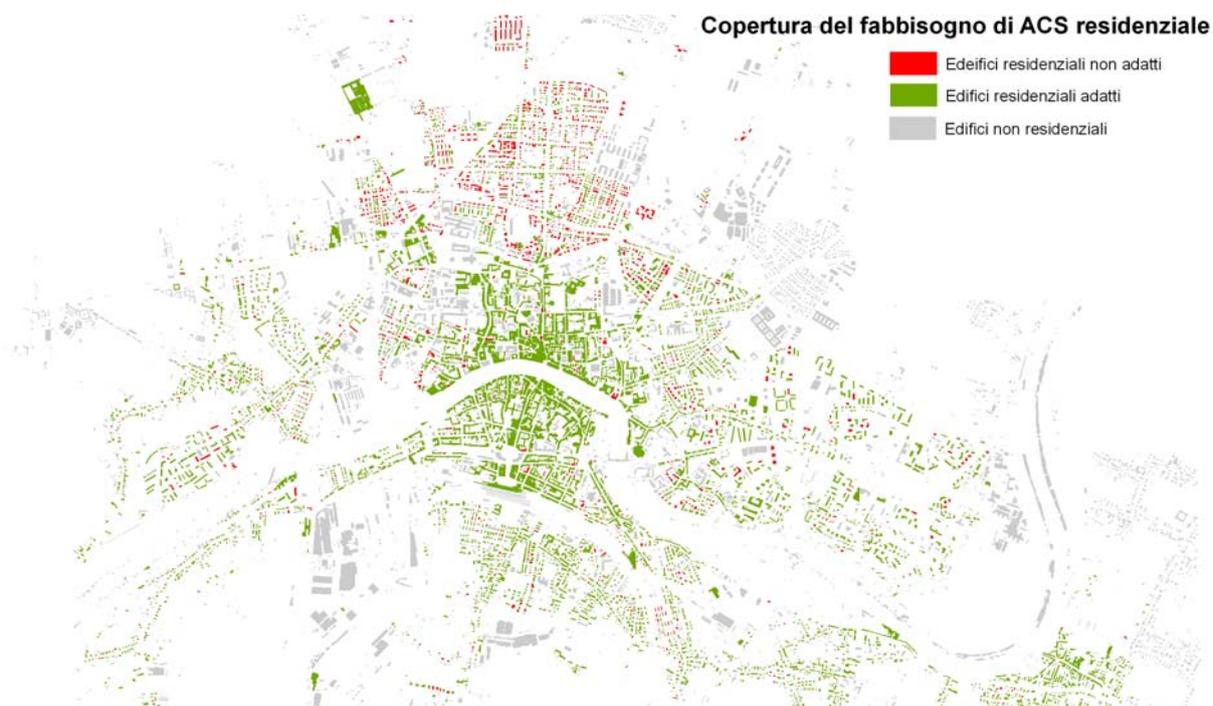


Figura 13 - In verde gli edifici ad uso residenziale idonei all'installazione di pannelli solari termici.



Figura 14 - In verde gli edifici ad uso residenziale idonei all'installazione di pannelli solari termici - dettaglio

Le analisi svolte hanno permesso di verificare che le previsioni del PEP (Piano Energetico Provinciale) sulla diffusione delle tecnologie legate al sole sono effettivamente realizzabili nel Comune di Pisa, area ad alta vocazione turistica e con altissima presenza di vincoli.

I risultati dell'applicazione dimostrano inoltre come l'utilizzo di strumenti e tecniche innovativi e basi di dati dettagliate possano favorire e supportare l'integrazione tra pianificazione territoriale ed energetica.

I risultati dell'applicazione dimostrano come l'utilizzo di strumenti e tecniche innovativi e basi di dati dettagliate possano favorire e supportare l'integrazione tra pianificazione territoriale ed energetica. Non è la prima volta che i dati LiDAR vengono utilizzati nella ricostruzione del contesto urbano tridimensionale, ma l'obiettivo è di solito lo studio idrogeologico o vegetazionale del territorio, mentre non è mai stata indagata la possibilità di utilizzare queste applicazioni nel campo della pianificazione energetica, soprattutto dal punto di vista quantitativo: conoscendo il rendimento delle varie tipologie di pannelli solari è possibile incrociare i dati di domanda e offerta di acqua calda non solo dal punto di vista della localizzazione ma anche delle quantità in gioco.

L'utilizzo dei software GIS ha consentito di combinare dati statistici (anagrafe comunale), energetici (fabbisogno di acqua calda nei settori residenziale e turistico) e territoriali (forma fisica della città) in modo innovativo. L'efficacia della rappresentazione tridimensionale consente di comunicare in modo diretto i risultati dello studio ai tecnici di diverse discipline o alla popolazione eventualmente interessata al dibattito sulle energie rinnovabili.

In generale l'innovazione della metodologia impiegata consiste nella ricerca di una soluzione al conflitto diffuso tra sostenitori delle nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili e i difensori della qualità del paesaggio urbano e rurale; lo scopo di questo lavoro è stato infatti quello di dimostrare che le due istanze non sono necessariamente contrapposte e che le tecnologie legate ai sistemi informativi geografici possono anzi contribuire ad integrarle in modo proficuo.

4 Conclusioni

L'analisi sviluppata sia dal punto di vista storico che operativo ha dimostrato come sia impossibile scindere nelle analisi territoriali i temi dello sviluppo della città e quelli dell'approvvigionamento energetico, soprattutto nella società attuale in cui la teoria della complessità impone un approccio sistemico alla pianificazione.

La crisi del sistema energetico in cui viviamo sembra avvicinarsi, le fonti fossili di facile ed economica estrazione sono in via di esaurimento ed il loro utilizzo ha generato problemi ambientali sempre più frequenti e squilibri economico-sociali che diventano sempre più causa di conflitti tra nord e sud del mondo e interni agli stati nazionali; vengono siglati accordi a livello internazionale, neanche universalmente condivisi, su quale sia la strategia di uscita

migliore e in che modo e con che tempi sia necessario affrontare una transizione, perché non è ancora chiaro verso quale modello di sviluppo futuro è necessario dirigersi. L'unica certezza è che la tempestività di azione rende più morbido il passaggio ad un nuovo modello urbano ed energetico, mentre un attendismo immobile accentua i pericoli di cambiamenti bruschi e violenti nell'attuale modello di sviluppo.

Il cambiamento di prospettiva che ci viene richiesto non passa necessariamente per rivoluzioni cruente dato che, come la tesi vuole dimostrare, già oggi esistono tecnologie e strumenti per valutarle che possono avviare la transizione verso l'autonomia e la differenziazione nell'approvvigionamento energetico e verso la diminuzione delle emissioni di gas climalteranti. Ma, citando Albert Einstein, "Il mondo che abbiamo creato oggi ha problemi che non possono essere risolti con lo stesso modo di pensare con cui li abbiamo creati."

Spesso però gli strumenti esistenti, più o meno innovativi, vengono trascurati e non utilizzati a causa di una scarsa consapevolezza diffusa nei tecnici e nella popolazione e di una mancanza di coraggio politico da parte degli amministratori. E' indubbio infatti che la questione territoriale ed energetica, quando presente nel dibattito politico attuale, viene affrontata in termini spesso populistici e strumentalizzata in nome di interessi economici indissolubilmente legati alla natura dell'economia del nostro paese e dell'intera Europa; basti pensare al legame tra stato e industria automobilistica o ai condizionamenti politici in tema di energia nucleare.

Scendendo in una dimensione locale, la presente tesi ha sottolineato come spesso i problemi che sorgono siano di natura tecnica (la liberalizzazione del mercato dell'energia che ha di fatto reso impossibile disporre di dati sufficientemente accurati) o di natura sociale (la mancanza di informazione o di fiducia generano conflitti aspri e non risolvibili tramite l'applicazione degli strumenti tradizionali delle Amministrazioni Pubbliche).

Merita infine aggiungere una riflessione sugli attori dell'integrazione della pianificazione, cioè su coloro che per primi possono veicolare alla classe dirigente e politica la necessità di farsi carico dei temi energetici nei piani territoriali. Per prima cosa occorre spingere i progettisti ed i tecnici energetici, cioè gli specialisti del settore, a rinunciare alla loro "solitudine" e a far contaminare i propri studi da contenuti spaziali, che possono arricchire le analisi e dare più chance alle strategie energetiche proposte di realizzarsi concretamente. In secondo luogo i pianificatori, siano essi architetti, ingegneri, geologi, forestali, dovrebbero prendere coscienza che il concetto di sviluppo sostenibile come obiettivo dell'evoluzione territoriale non può più essere considerato un semplice obiettivo a lungo termine, un contenitore dentro al quale si può inserire quello che fa più comodo, e che in effetti la gestione dell'energia costituisce un pilastro della sostenibilità che non si può più ignorare; i temi energetici infatti investono a pieno le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile, ovvero

- quello ambientale: le fonti fossili contribuiscono alle emissioni climalteranti;

- quello economico: la dipendenza energetica dall'estero costituisce un costo enorme per gli Stati, così come le esternalità sulla salute umana;
- quello sociale: la lotta per l'energia rientra nella più generale lotta per le risorse che ad oggi non ha le caratteristiche di equità intergenerazionale e intragenerazionali.

5 Riconoscimenti

Il presente lavoro è frutto di una ricerca svolta nell'ambito degli anni del dottorato in "Scienze e metodi per la città ed il territorio europei" presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa. I miei più sentiti ringraziamenti vanno alla prof.ssa Silvana Lombardo che mi ha spinto verso questo campo di indagine, al prof. Walter Grassi che mi ha dato un enorme sostegno nell'impostazione del lavoro, e all'ing. Massimiliano Petri, la cui competenza è stata essenziale nell'affrontare i problemi operativi. I dati LiDAR sono stati invece messi a disposizione dal Comune di Pisa.

6 Bibliografia sintetica

- Aris – Nimby Forum® (2010), Cantiere Italia, quando lo sviluppo è una corsa a ostacoli. Partecipazione, consenso e sostenibilità per la ripresa del Paese, V edizione 2009, Milano
- Bartoccioni A.C., Belvisi M., Pranzo S. (a cura) (2005) Analisi comparata delle disposizioni normative regionali concernenti la VAS ai sensi della direttiva 2001/42/CE, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, Servizio Analisi e Valutazioni Ambientali.
- F. Camiciottoli, M. Redini, L. Surace (2005), Tecnologia laser-scanning e rischio idraulico, Provincia di Arezzo, Pacini Editore Spa, Pisa
- C. Casini, M. Petri, L.Santini, Solar Energy potential assessment in urban areas, in G. Rabino, M. Caglioni (2009), Planning, complexity and new ICT, Alinea Editrice, Firenze
- Claudia CASINI, Luisa SANTINI, Sei anni dalla vas: le regioni e la valutazione dei piani a scala locale, Atti della XXVII conferenza italiana di scienze regionali
- City of Vancouver (2008), Vancouver Ecodensity charter: How Density, Design, and Land Use Will Contribute to Environmental Sustainability, Affordability, and Livability, Vancouver, British Columbia Canada
- Comunità Europea (2003) Attuazione della Direttiva 2001/42/CE concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, Lussemburgo.
- G. Dall'O', Nuovo Regolamento Edilizio del Comune di Carugate: obiettivi, sintesi dei contenuti innovativi ed aspetti economici su www.fire-italia.it

- G. Dall'ò, G. Polisenò (2009) Piani di azione e Pianificazione Energetica Comunale: strumenti e tecniche, Documentazione tecnica Formazione sull'energia, Edizioni Ambiente, Milano
- G. De Luzenberger (2004), Breve guida all'uso della metodologia European Awareness Scenario Workshop, Quaderni di facilitazione, Scuola di Facilitazione, Firenze
- P. De Pascali (2008), Città ed energia – La valenza energetica dell'organizzazione insediativa, Franco Angeli s.r.l., Milano
- Easy Energy action and system, Strumenti e concetti di Pianificazione Energetica locale – Manuale metodologico per lo sviluppo di Sistemi e Comunità energeticamente sostenibili nelle aree decentralizzate del Mediterraneo, Comune di Ancona.
- ENEA (2008), Rapporto energia e ambiente 2007, Analisi e scenari.
- ENI (2007), World Oil & Gas Review su www.eni.it
- M. Falcione (2008), Diritto dell'energia – le fonti rinnovabili e il risparmio energetico, Lorenzo Barbera Editore s.r.l., Lavis (TN)
- Fidanza A., Bestini C. (a cura) (2006) Lettura critica del recepimento della direttiva 2001/42/CE (VAS) nel D.Lgs. 152/2006, recante “Norme in materia ambientale”, INU – Gruppo di studio VAS, <http://www.analistiambientali.org/iniziative/2007/DOCINU.pdf>
- Forni, A. Disi, R. De Ciello, I. Olivetti, N. Torrez (2009), La pianificazione urbana e l'inerzia energetica delle città: problematiche e metodologie di valutazione, in XXX Conferenza AISRE, Firenze
- Franchini D. (a cura di) (2004) La Valutazione Ambientale di piani e programmi: indirizzi per una pianificazione sostenibile, ARPAT, Firenze
- T. Franci (2007), Conflitti ambientali e infrastrutture energetiche: il caso dei terminali GNL in Italia, Quaderni di ricerca ref (ricerca economia e finanza). n. 41 / Maggio 2007
- L.F. Girard, P.Nijkamp, a cura di (2004), Energia, bellezza, partecipazione: la sfida della sostenibilità – valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo, Franco Angeli s.r.l., Milano
- W. Grassi, D. Testi, E. Marchetti, D. Della Vista, Attività di supporto per la redazione del Piano Energetico della Provincia di Pisa (2010)
- G. Grazzini, C. Balocco, G.B. Andreanni, Rational use and energy planning: a thermodynamic and geographical approach, in Energy Efficiency Research Advances (2008), Nova Science Publishers, Inc.
- Isfort s.p.a., Audimob (2009) - Rapporto annuale sulla mobilità
- Legambiente (2010), con il contributo del GSE e Sorgenia, Comuni Rinnovabili 2010 - Sole, vento, acqua, terra, biomasse - La mappatura delle fonti rinnovabili nel territorio italiano, Stamperie romana
- Legambiente (2009), L'innovazione energetica nei regolamenti edilizi comunali

- F. Loiodice, Piano Energetico ambientale della Regione Puglia, in Valutazione Ambientale n. 15 (2009), Dossier Energia e territorio, Edicom Edizioni, Monfalcone (GO)
- D. Melini (2008), Un open source per stimare la produzione solare, in PV Technology n.2/2008
- G. Moncada Lo Giudice, F. Asdrubali (2007), La sfida dell'energia – Cambiamenti climatici, energia e ambiente in un mondo inquieto, Franco Angeli s.r.l., Milano
- Il Patto dei Sindaci, Elementi guida per l'elaborazione dei Piani di azione per l'energia sostenibile (Sustainable Energy Action Plan – SEAP), su www.campagnaseitalia.it/il-patto-dei-sindaci
- F. Rinaudo (2010), Il laser scanner nel panorama attuale della geomatica, Geomedia 6/2009, Roma
- M. Rossi (2009), Energia e futuro, EMI coop. SERMIS, Bologna
- G. Silvestrini, Programmazione energetica, il pendolo tra centro e periferia, in Valutazione Ambientale n. 15 (2009), Dossier Energia e territorio, Edicom Edizioni, Monfalcone (GO)
- D. Vettorato, D. Geneletti, Estimation of potential solar Energy at urban scale: an approach based on LiDAR images analysis, in M. Cagliani, F. Scarlatti (2009), Representation of geographical information for planning, Società Editrice Esculapio, Bologna
- D. Visintini, B. Fico, F. Crosilla, F. Guerra (2005), A 3D virtual model of the Gorizia downtown (Italy) by matching aerial and terrestrial surveying techniques, in CIPA XX International Symposium, Torino

Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana 2005-2010 (2007)

Piano di Indirizzo Energetico Regionale, Regione Toscana (2008)

Piano di Indirizzo Energetico Regionale – Rapporto ambientale, Regione Toscana (2008)

Piano di Indirizzo Energetico Regionale – Rapporto di valutazione, Regione Toscana (2008)

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Livorno (2009)

Piano Energetico 2009-2013, Comune di Castagneto Carducci (2009)

Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa (2007)

Piano Energetico Provinciale, Provincia di Pisa (2002)

Piano Energetico Ambientale Provinciale, Provincia di Firenze (2009)

Piano Energetico Ambientale Provinciale – Rapporto ambientale, Provincia di Firenze (2009)

Piano energetico Comunale, Comune di Firenze (2007)

Piano Strutturale Comunale Associato (PSCA) del Comune di Faenza e limitrofi

Regolamento Edilizio del Comune di Carugate (2003)

Regolamento Edilizio della Val di Cornia (2007)

Piano regionale della mobilità e della logistica, Regione Toscana

ABSTRACT

The article examines the most important aspects concerning the relationship between energy and land, those complex interactions between the energy system and the land structure, which are always taken place in human history and now are returning to be really present. The first part of this research concerns the energetic values of settlements organizations from historical evolution of energy systems up to date; regulatory issues and planning are analyzed with their social implications.

The second part deals with a case study developed in the Municipality of Pisa and finalized to analyze the interactions between territorial system (from the standpoint of practical and regulatory) and and energetic system in case of installation of solar panels.

The criteria for the location of the panels are identified according to the optimal exposure for maximizing the efficiency and according to the optimal installation for minimizing the visual impact on tourists, in order to protect the historical value of the city.