

Conflitti tra protezione dell'ambiente e rigenerazione energetica del patrimonio storico nel caso della città di Matera: strumenti per la valutazione e il dimensionamento dei piani d'azione per l'energia sostenibile (SEAP)

Francesco Scorza
Luigi Santopietro
Beatrice Giuzio
Federico Amato
Beniamino Murgante
Giuseppe Las Casas

Università degli Studi della Basilicata
Scuola di Ingegneria - Laboratorio di Ingegneria dei Sistemi Urbani e Territoriali (LISUT)

Abstract

Lo sforzo diretto alla riduzione dei consumi di energia, la riduzione delle emissioni e l'adozione di tecnologie per il risparmio energetico hanno prodotto significative trasformazioni urbane e spaziali. In termini di stima dell'impatto ambientale, sussiste una contraddizione strutturale tra un sistema di governance che promuove energie rinnovabili, un sistema economico pronto ad investire ingenti risorse ed ottenere elevati profitti, un debole sistema di regole di pianificazione e protezione del territorio non ancora adeguati a governare tali trasformazioni. Il lavoro propone un caso studio locale (la città di Matera) dove una valutazione ex-ante dei programmi di investimento per la rigenerazione energetica del patrimonio pubblico attraverso l'adesione al Patto dei Sindaci, è o sarà confrontato con gli obiettivi di conservazione di un insediamento storico unico ("i sassi"). Infatti la città, eletta Capitale della Cultura 2019, ha caratteristiche di valenza storico-architettonica uniche. Per tale motivo sono stati stabiliti dei vincoli all'interno del PRG e recentemente un Piano di Gestione del sito UNESCO (2014). Le città hanno adottato il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) – una nuova categoria di strumenti di governo del territorio urbano che include metodi e strategie di trasformazione urbana – ma tale scenario di intervento non considera l'integrazione tra impianti e tecnologie RES e insediamenti storici.

Questo lavoro, partendo da una stima dell'indice di radiazione solare fornita da dati satellitari, propone una metodologia che migliori l'integrazione tra la problematica di implementare tecnologie RES a scala urbana e preservare insediamenti tradizionali in una prospettiva sostenibile.

Parole chiave: pianificazione di energie sostenibili, RES, recupero urbano.

1 | Introduzione

Il lavoro propone un approfondimento di natura analitica in merito al potenziale utilizzo di tecnologie per il risparmio energetico in ambito urbano sulla base di una valutazione dell'indice "Global Horizontal Irradiance" (GHI)¹ (una misura della radiazione solare incidente su scala territoriale attraverso dati telerilevati) e conseguenti scenari di dimensionamento dell'impiego delle tecnologie RES (Renewable Energy Sources) nel quadro degli strumenti derivati dalla recente politica europea nota come Covenant of Mayors o Patto dei Sindaci (COM)^{2,3}.

Con riferimento agli obiettivi del paper, la valutazione a scala urbana del rapporto tra potenziale producibilità energetica legata all'installazione di tecnologie fotovoltaiche e solare-termico si confronta con vincoli e criteri di trasformabilità di edifici e spazi urbani. Il caso studio del Comune di Matera evidenzia come ad una propensione alla riduzione dei consumi energetici e alla riqualificazione energetica del patrimonio edilizio pubblico si contrappone un sistema di norme di tutela e valorizzazione dell'insediamento storico. È dunque necessario bilanciare tali istanze per la definizione di uno scenario di

¹ Solar Radiation Data: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solrespvgis.htm>, Accesso il 19-01-2017.

² Covenant of Mayors for Climate and Energy: http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html, Accesso il 19-01-2017.

³ The Action Plans Catalogue of the Covenant of Mayors gathers all SEAPs (Sustainable Energy Action Plans submitted under the 2020 Covenant) and SECAPs (Sustainable Energy and Climate Action Plans to be submitted under the 2030 Covenant) consultabile su: http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_en.html, Accesso il 18-01-2017.

intervento compatibile con un più ampio concetto di sostenibilità che includa questioni ambientali, sociali e di identità dei luoghi. Il 2008 ha segnato un importante milestone nel processo di adattamento ai cambiamenti climatici^{4,5} all'interno del quadro delle politiche EU: l'istituzione da parte della Commissione Europea del Patto dei Sindaci.

Nel Gennaio 2015 la Città di Matera ha adottato il proprio PAES ponendosi l'obiettivo di ridurre del 20,5% le emissioni di CO2 attraverso una serie pianificata di azioni volte alla riduzione dei consumi ed all'utilizzo di risorse rinnovabili sia nel settore pubblico che in quello privato.

Queste azioni sono integrate all'interno del più ampio processo di programmazione e gestione della nomina a Capitale Europea della Cultura per il 2019^{6,7}. In questo lavoro, considerando il PAES di Matera come riferimento per le politiche di investimento pubbliche nel settore del risparmio energetico, è stata applicata una procedura per il pre-dimensionamento di uno scenario di intervento relativo alle tecnologie fotovoltaiche. A partire da una stima puntuale della producibilità energetica su un insieme di edifici pubblici ed ad uso pubblico selezionati rispetto all'assenza di vincoli di conservazione architettonica dei manufatti edilizi, è stato progettato uno scenario di intervento che consente un innalzamento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO2 dichiarati nel PAES (Amato et al, 2016).

Il risultato è stato schematizzato in una proposta di aggiornamento della scheda di intervento relativa alle tecnologie fotovoltaiche del PAES:

- Nella prima sezione del lavoro si introduce il quadro generale delle misure intraprese dall'Unione Europea nella lotta ai cambiamenti climatici a partire dalle prime azioni degli anni novanta sino a quelle più recenti. Partendo dal quadro generale a livello europeo si è passati ad una analisi dello stato d'attuazione delle politiche europee del Covenant of Mayors in Basilicata, portando in evidenza il livello di adesione al COM e l'elaborazione del PAES dei comuni lucani.
- Nella seconda parte è stato analizzato il PAES del Comune di Matera con una particolare attenzione alla produzione locale di energia e le prospettive di riduzione dei consumi previsti per l'obiettivo 2020.
- Nella terza parte del lavoro sono stati descritti i dati utilizzati ed i relativi processi di analisi e valutazione.
- Oltre alla marcata riproducibilità delle procedure adottate in questa ricerca, nelle conclusioni si evidenzia come la proposta sviluppata in questo lavoro contribuisca ad innalzare il target di efficienza energetica e sostenibilità ambientale fissato per il 2020 dal Comune di Matera: un ulteriore "argomento" per il ruolo di Capitale Europea della Cultura 2019.

2 | Dalla politica europea sui cambiamenti climatici ai piani d'azione per l'energia sostenibile

L'Unione Europea sin dagli anni novanta si è impegnata a livello globale per contrastare i cambiamenti climatici. Dal 1992 con la sottoscrizione della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) (United Nation, 1992), al 1997 con l'adesione al Protocollo di Kyoto (PK)⁸, l'UE si impegna a ridurre le emissioni di gas-serra e si serve dal periodo 2003-2013 di diversi strumenti normativi come il Pacchetto Clima e Energia (Integrated Energy and Climate Change Package, IECCP)⁹.

L'IECCP impegna gli Stati membri dell'Unione Europea a conseguire entro il 2020 i seguenti obiettivi:

- produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 20% dei consumi energetici e utilizzo di biocombustibili pari al 10% nei trasporti;
- riduzione delle emissioni di gas a effetto serra del 20% rispetto al 1990;
- riduzione dei consumi energetici del 20% rispetto allo scenario base da raggiungere migliorando l'efficienza energetica.

⁴ Negoziati sul clima, consultabile su: <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/cambiamenti-climatici/politiche-sul-clima-e-scenari-emissivi>, Accesso il 22-01-2017.

⁵ Azione dell'UE per il clima: http://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_it, Accesso il 21-01-2017.

⁶ Matera to be 2019 European Capital of Culture in Italy: https://ec.europa.eu/culture/news/2014/matera-be-2019-european-capital-culture-italy_en Accesso il 20-01-2017.

⁷ Matera 2019 capitale della cultura europea: <http://www.matera-basilicata2019.it/it/> Accesso il 20-01-2017.

⁸ Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention On Climate Change 11-12-1997, consultabile su: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, Accesso il 21-01-2017.

⁹ Pacchetto per il clima e l'energia 2020, consultabile su: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_it, Accesso il 20-01-2017. Informazione recepita dal sito: <http://www.tuttitalia.it/associazioni/patto-dei-sindaci/basilicata/>, Accesso il 21-01-2017.

Nel dicembre 2015 viene sottoscritto l'accordo di Parigi¹⁰, adottato da tutte le parti dell'UNFCCC: è il primo accordo universale legalmente vincolante sul clima a livello mondiale la cui entrata in vigore è prevista per il 2020.

Entro il 2050, l'Unione Europea intende ridurre le proprie emissioni in misura sostanziale dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990 nell'ambito degli sforzi complessivi richiesti dai Paesi sviluppati (COM)¹¹.

2.1 | Covenant of Mayors - Il Patto dei Sindaci per il clima e l'energia

Il Patto dei Sindaci è un singolare movimento "dal basso" che è riuscito a mobilitare un gran numero di autorità locali e regionali, spronandole ad elaborare piani d'azione e ad orientare i propri investimenti verso misure di mitigazione dei cambiamenti climatici. Le realtà firmatarie si impegnano ad agire per raggiungere entro il 2030 l'obiettivo di ridurre del 40% le emissioni di gas serra e ad adottare un approccio congiunto all'integrazione di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

Sulla scia del successo ottenuto con il Patto dei Sindaci, nel 2014 è stata lanciata l'iniziativa "I sindaci si adattano" (Mayors Adapt)¹², che si basa sullo stesso modello di governance, promuovendo gli impegni politici e l'adozione di azioni di prevenzione volte a preparare le città agli inevitabili effetti dei cambiamenti climatici. Alla fine del 2015 le iniziative si sono fuse nel nuovo Patto dei Sindaci per il clima e l'energia, in cui i firmatari del Patto devono redigere: un Inventario di base delle emissioni e una Valutazione dei rischi del cambiamento climatico e delle vulnerabilità. Si impegnano inoltre a elaborare, entro due anni dalla data di adesione del consiglio locale, un Piano d'azione per l'energia sostenibile e il clima (PAESC) che delinea le principali azioni che le autorità locali pianificano di intraprendere.

3 | L'attualizzazione dell'Alleanza dei Sindaci in Basilicata (IT): il SEAP di Matera

A livello regionale, il contenimento dei consumi energetici rappresenta uno degli obiettivi principali del PIEAR - Piano Energetico Ambientale Regionale¹³, per la Basilicata. La Regione intende conseguire, dati gli obiettivi fissati dall'UE e dal Governo italiano, un aumento dell'efficienza energetica che permetta, nell'anno 2020, una riduzione della domanda di energia per usi finali della Basilicata pari al 20% di quella prevista per tale periodo¹⁴. Il PIEAR prevede che con l'incremento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, prevista al 2020, si otterrà con la seguente programmazione:

- Impianti eolici per 981 MWe;
- Impianti solari fotovoltaici e termodinamici per 359 MWe;
- Impianti a biomasse per 50 MWe ;
- Impianti idroelettrici per 40 MWe.

A far data Gennaio 2017 i Comuni che hanno sottoscritto il Patto dei Sindaci al 2016 sono 63¹⁵ di cui 33 nella Provincia di Potenza e 30 nella Provincia di Matera.

4 | Da GHI al pre-dimensionamento dello scenario di produzione di energia solare

In tale lavoro sono stati presi in considerazione dei pannelli fotovoltaici inclinati e non piani, quindi è stato necessario ricercare un'inclinazione dei pannelli ottimale rispetto alla quale ottenere il maggior rendimento in termini di raccolta di radiazione solare considerando che l'angolo di inclinazione β ottimale di un pannello solare dipende dalla latitudine φ e dalla declinazione solare δ tramite la formula $\beta_{\text{ott}} = \varphi - \delta$ (Stanciu, 2014). Tenendo presente ciò in tale lavoro di tesi si è scelto di adoperare un valore di inclinazione ottimale del pannello che fosse funzione della latitudine e quindi si è fatto riferimento al Joint Research Center (JRT) -Istituto per l'Energia e il Trasporto (IET) della Commissione Europea (Šúri et al, 2007)(Huld et al, 2012) che ha realizzato un database di radiazione solare a partire da dati climatologici omogeneizzati per l'Europa e disponibili nel European Solar Radiation Atlas, utilizzando il modello r.sun e le tecniche di interpolazione s.vol.rst e s.surf.rst. Il database è costituito da mappe raster che

¹⁰ Paris Agreement, consultabile su: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en, Accesso il 24-01-2017.

¹¹ Covenant of Mayors for Climate and Energy: http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html, Accesso il 19-01-2017.

¹² Mayors Adapt (iniziativa del Patto dei Sindaci sull'adattamento al cambiamento climatico) consultabile su: <http://seap-alps.eu/hp3114/Mayors-Adapt-l-iniziativa-del-Patto-dei-Sindaci-sull-adattamento-al-cambiamento-climatico.htm>, Accesso il 19-01-2017.

¹³ Piano Energetico Ambientale Regionale, pubblicato sul BUR n. 2 del 16-01-2010.

¹⁴ Previsione ENEA Trisaia 2011, PAES del Comune di Matera (2015).

¹⁵ Covenant of Mayors for Climate and Energy: http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html, Accesso il 19-01-2017.

rappresentano le dodici medie mensili e una media annuale di somme giornaliere di radiazione globale per superfici orizzontali, così come quelle inclinate ad angoli di 15, 25, e 40 gradi.

In base ai dati disponibili raccolti, precedentemente descritti, si è scelto di adoperare quanto viene indicato dalla Guida ENEA “Progettare e installare un impianto fotovoltaico” (Vivoli, 2008) in quanto fonte accreditata e coerente con i dati in possesso. L’energia producibile dall’impianto è data dall’espressione:

$$E_p = H \times S \times \text{Eff.pv} \times \text{Eff.inv} = H \times P_{\text{nom}} \times (1 - P_{\text{pv}}) \times (1 - P_{\text{inv}})$$

dove:

- P_{pv} sono le perdite (termiche, ottiche, resistive, caduta sui diodi, mismatch) del generatore fotovoltaico, stimabili in prima approssimazione attorno al 15%;
- P_{inv} rappresenta le perdite (resistive, di commutazione, magnetiche, alimentazione circuiti di controllo) dell’inverter cautelativamente assunte pari a circa il 10%;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico, necessaria per produrre l’energia E_p ;
- H è la radiazione solare incidente sulla superficie dei moduli (S).

5 | Il caso studio: la città di Matera

Di seguito viene presentato un estratto del PAES comunale della città di Matera (PAES, 2015) del quale sono stati presi in considerazione i dati sulla produzione locale di energia. Segue un’analisi dello stato della pianificazione urbanistica comunale utile ad identificare tipologie edilizie e opportunità di intervento in coerenza con i regimi di tutela del patrimonio storico-architettonico; in tale visione della città bisogna ricordare che Matera è un sito UNESCO e per esso è disponibile un piano di gestione che rappresenta uno strumento con ricadute urbanistiche, che in questo lavoro viene considerato in relazione alle tipologie di installazione di tecnologie e impianti RES in relazione alle norme di conservazione del tessuto edilizio tradizionale.

Nella selezione degli edifici pubblici effettuata sono stati presi in considerazione solo quelli dei quali si avevano i consumi elettrici e termici, andando di fatto ad escludere parte di edifici pubblici sui quali erano già stati realizzati interventi o era possibile fare una previsione di essi. L’ultima parte tratta il dimensionamento ed una stima dei costi della proposta di intervento anche in relazione ai criteri adottati con riferimento alla realizzazione di impianti fotovoltaici secondo le ottimali condizioni di inclinazione dei pannelli.

5.1 | Le previsioni del PAES e la proposta di intervento

Dal 2009 al 2012 la produzione locale di energia, riferendosi agli impianti di potenza inferiore a 100 kW_p, è aumentata del 429,45%, passando da 1.495,40 MWh/anno nel 2009 a 7.917,34 MWh/anno nel 2012.

Per quanto riguarda lo scenario della proposta di intervento, a partire dal RSDI Geoportale della Basilicata¹⁶ è stato possibile ricavare attraverso la mappa concettuale di sintesi delle classi del Database Geotopografico DBG_T rese disponibili con collegamento alle rispettive schede dei metadati in formato shape file, gli “edifici” e le “unità volumetriche.” Nella figura seguente viene riassunto uno schema dei criteri logici di selezione degli edifici ed i conseguenti scenari di intervento (figura 1).

¹⁶ Database cartografico della Regione Basilicata, consultabile su: <http://rsdi.regione.basilicata.it/webGis2/SpecificaDBT.html>, Accesso il 26-01-2017.

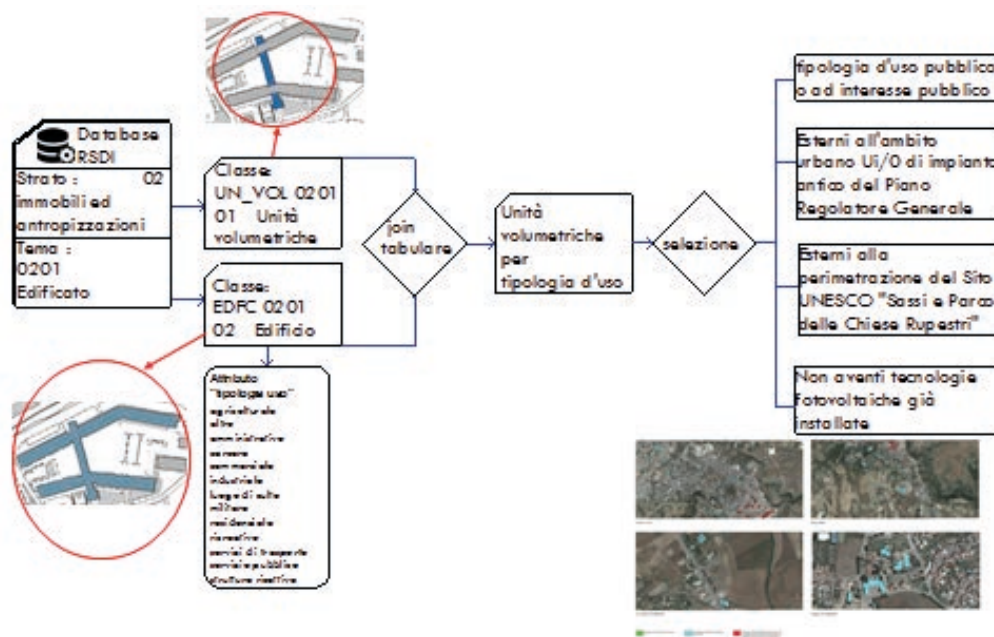


Figura 1 | Lo schema logico di selezioni degli scenari di intervento.

5.2 | Proposte di intervento e stime dei costi

Facendo riferimento a quanto proposto dal PAES del Comune di Matera, per il 2020, è prevista una produzione di energia rinnovabile del 100% rispetto agli ultimi consumi rilevati nel 2012. Quindi partendo dagli ultimi dati disponibili dei consumi di energia elettrica e associando a ciascun edificio il proprio valore di GHI, è stato effettuato un dimensionamento di massima dell'impianto fotovoltaico applicando la metodologia fornita dalla Guida ENEA (Vivoli, 2008).

L'ipotesi proposta in questo lavoro, riassunta in tabella 1, consiste nell'integrare l'azione N27-PE.1B prevista dal PAES di Matera con riferimento agli edifici oggetto di potenziale intervento, ossia quelli pubblici e ad uso pubblico selezionati secondo criteri di trasformabilità, per l'installazione di tecnologie fotovoltaiche finalizzate all'autosufficienza energetica del singolo edificio, la stima della producibilità basata sull'applicazione del GHI stimato secondo un approccio legato ad applicazioni di telerilevamento.

Tabella 1 | Azione N27-PE.1B per gli edifici stimati.

ACTION CODE N27-PE.1B	SECTOR	LOCAL ENERGY PRODUCTION
	AREA OF INTEREST	Renewable energies
	KEYWORDS	Promotion and encouragement to installation of PV systems on public and private buildings and other renewable energies systems (RES)
	CONNECTED	N3 LAL4B; N11EP .JB
Description	The action considers installation of PV systems on the covered surface of each municipal/province public building, to satisfy the energy needs according to the last consumption inside the SEAP. PV system installed will be with following characteristics: losses of PV system measured to a first approximation about 15%; losses of the inverter that are provisionally assumed of about 10% and an optimally-inclined surface of 35°. This action will agree with: decising consumption of electricity, decising emissions of CO ₂ and reducing the cost of the electricity consumption. Planned use of covered surfaces, will make it possible to exploit only the covered surface necessary to achieve totally energy needs of each building, so the leftover covered surface will be available to other RES.	
Area of Interest	Production from renewable energies	
Policy instruments	National and Regional Incentives	
Responsible for implementation	Municipality of Matera, Province of Matera	
Activation period and	2013-2020	
Costs	5.333.517,891	
Percentage of CO₂ provided (t/year)	846,01 tCO ₂ /year	
Renewable energy production provided [MWh]	100% of the building energy production	
Monitoring	Marker	Power rating of PV installed
	Frequency of monitoring	Annual
	Instruments and systems for monitoring	Analisis of Atlasole web data
	Supervisor of monitoring activity	Energy Manager/ Energy Bureau

A seguito del dimensionamento è stato possibile sviluppare una stima economica di massima degli investimenti necessari alla realizzazione di tali impianti. Secondo quanto previsto dal PAES del Comune di Matera, il costo d'investimento previsto per una scelta di fascia medio-elevata è pari a 3500 €/kW_p.

Volendo approfondire e in un certo modo attualizzare l'analisi dei costi, sono state considerate le indicazioni contenute Prezzario Regionale delle OOPP della Basilicata¹⁷ edizione 2015.

Si è ritenuto opportuno confrontare le stime dei prezzi indicati dal PAES di Matera e del Prezzario Regionale delle OOPP della Basilicata, con una stima dei prezzi valutata su scala nazionale indicata nell'articolo del Sole 24 Ore del 30 settembre 2016 a firma di Dario Aquaro. Nello schema seguente sono state riassunte tutte le stime dei costi di intervento.

¹⁷ Prezzario Regionale delle OOPP della Basilicata edizione 2015 in cui nella sezione R: "Sistemi per lo sfruttamento delle energie rinnovabili e l'uso razionale delle fonti energetiche", vengono descritti per singole voci il costo di realizzazione delle componenti necessarie per tali sistemi.

Tabella 2 | Stima dei costi degli investimenti

Stima degli investimenti collettivi			
kW installati	MWh annui prodotti	Riduzione totale di emissioni di tCO ₂ /anno	Costi stimati €.
1.828,00	2.400,00	846,01	5.333.517,891

6 | Conclusioni

La proposta sperimentale discussa in questo lavoro è relativa all'applicazione Global Horizontal Irradiance (GHI), ottenuto attraverso dati telerilevati PVGIS-CMSAF¹⁸, per definire una procedura di pre-dimensionamento di impianti fotovoltaici all'interno delle strategie di intervento promosse dal Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES). Il caso studio della Città di Matera ha permesso di considerare in modo critico la necessità di tener conto dell'eventuale vincolo di tutela sul patrimonio edilizio pubblico derivante da peculiari condizioni e programmi di tutela valorizzazione. Matera è rappresentativa in quanto sito UNESCO con una diffusa presenza di edifici pubblici e ad uso pubblico all'interno del tessuto urbano storico (CONF 002 XI)¹⁹. Una ipotesi di lavoro è stata quella di fissare l'obiettivo di del soddisfacimento del fabbisogno energetico attuale del patrimonio pubblico. Il risultato ha permesso di verificare la fattibilità di tale obiettivo performativo anche in presenza di un diffuso vincolo di conservazione che nel caso di Matera interessa il 28% del patrimonio edilizio pubblico.

Attraverso la procedura proposta è possibile affrontare il conflitto che deriva dall'ipotesi di installare certe tecnologie RES su manufatti di interesse storico - architettonico. Tale criticità può essere superata se si valuta una dimensione e un bilancio energetico a scala più ampia. Si propone infatti all'interno del PAES di raggiungere gli obiettivi di efficientamento energetico e riduzione di CO₂ attraverso interventi che si concentrano solo su una porzione di patrimonio pubblico comunale rispettando condizioni di vincolo e valori paesistici non negoziabili. Sarà utile confrontare tale schema procedurale con metodi e modelli per la stima dei beni immobili (come le recenti applicazioni concrete (Morano P., Tajani F., 2017) (Tajani F., Morano P., 2017) (Tajani et al, 2016) considerando che il rinnovamento energetico aumenta i valori di mercato dell'edilizia contribuendo a generare il rinnovo urbano come valore aggiunto da prendere in considerazione in tali attività di pianificazione (Zoppi et al, 2015).

Riferimenti bibliografici

- Amato F., Martellozzo F., Murgante B., Nolè G. (2016). Urban Solar Energy Potential in Europe in *Lecture Notes in Computer Science*.
- Huld, T., Müller, R. and Gambardella, A. (2012), A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa, *Solar Energy* n.86, pp. 1803-1815.
- Morano P., Tajani F. (2017), The break-even analysis applied to urban renewal investments: A model to evaluate the share of social housing financially sustainable for private investors, in *Habitat International*, Vol. 59, pp. 10-20.
- Stanciu, C. and Stanciu, D. (2014), "Optimum tilt angle for flat plate collectors all over the World – A declination dependence formula and comparisons of three solar radiation models", *Energy Conversion and Management* n.81, pp. 133–143.
- Šúri, M., Huld, T.A., Dunlop, E.D. and Ossenbrink, H.A. (2007), Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries, *Solar Energy* n.81, pp. 1295–1305.
- Tajani F., Morano P. (2017), Evaluation of vacant and redundant public properties and risk control. A model for the definition of the optimal mix of eligible functions, *Journal of Property Investment & Finance*, Vol. 35, No. 1, pp. 75-100.
- Tajani F., Morano P., Locurcio M., Torre C. (2016), Data-driven techniques for mass appraisals.

¹⁸ Su superfici inclinate secondo un angolo ottimale rispetto a quanto proposto dal Joint Reserch Center della Commissione Europea per il Photovoltaic Geographical Information System.

¹⁹ The Sassi and the Park of the Rupestrian Churches of Matera, consultabile su: <http://whc.unesco.org/en/list/670/>, Accesso il 22-01-2017.

- Applications to the residential market of the city of Bari (Italy), *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 11, No. 2.
- Vivoli, P.F. (a cura di) (2008) *Progettare e installare un impianto fotovoltaico*. ENEA.
- Zoppi, C., Argiolas, M., & Lai, S. (2015). Factors influencing the value of houses: Estimates for the city of Cagliari, Italy. *Land Use Policy*, 42, 367–380.

Sitografia

- (PAES, 2015) - PAES della città di Matera (2015), consultabile su:
http://www.pattodeisindaci.eu/about/signatories_it.html?city_id=5572&seap, Accesso il 24-01-2017.
- (United Nation, 1992) - United Nations Framework Convention On Climate Change - FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705, document consultabile su:
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, Accesso il 23-01-2017.