

Elaborazione di un sistema di supporto alle decisioni (dss) nell'individuazione di aree idonee alla realizzazione di grandi impianti fotovoltaici Comune di Reggello (FI)

Giorgio Volpi

Unione di Comuni Valdarno e Valdisieve g.volpi@uc-valdarnoevaldisieve.fi.it

Abstract

Il notevole incremento delle installazioni di grossi impianti fotovoltaici ed il conseguente eccessivo consumo di suolo ha reso necessario la ricerca di sistemi di monitoraggio in grado di supportare le scelte localizzative ed il monitoraggio degli impianti. Il comune di Reggello anticipando la normativa regionale si è dotato di un sistema informatico in grado di individuare la migliore localizzazione.

Parole chiave

Webgis, visibilità, aree idonee, impianti fotovoltaici, fattibilità.

Abstract

The increase of large photovoltaic systems installations and the consequent excessive loss of soil has necessitated to search for monitoring systems. The town of Reggello anticipating the regional legislation has established a informatic system able to identify the best location.

Keywords

Webgis, visibility, suitable areas, photovoltaic systems, feasibility.

Testo acquisito dalla redazione nel mese di ottobre 2014.

© Copyright dell'autore. Ne è consentito l'uso purché sia correttamente citata la fonte.

Premessa

Negli anni 2000 abbiamo assistito, per vari motivi che qui non elenchiamo, al notevole incremento delle installazioni a terra di grossi impianti fotovoltaici, con il conseguente eccessivo consumo di suolo e spesso con un discutibile impatto visivo.

Le amministrazioni comunali si trovavano spesso in difficoltà nell'approvazione di taluni impianti rispetto ad altri sulla base della normativa vigente o sull'esistenza del vincolo paesaggistico, piuttosto che su razionali zonizzazioni a diversa classe di fattibilità del territorio.

In quel periodo era ancora lontana l'entrata in vigore della LR della Toscana n°11/2011 che, di fatto, avrebbe poi fortemente limitato tale tipologia di installazione. All'epoca, in materia di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, la normativa vigente era la Legge regionale Toscana n°39 del 2005 "Disposizioni in materia di energia" e nella fattispecie all'art. 16 imponeva la presentazione della allora DIA per la realizzazione di impianti a terra con potenza nominale superiore a 200kw, quindi si parlava di una superficie equivalente in pannelli di oltre 1400 mq; a seconda poi della pendenza e dell'esposizione del terreno, nella peggiore delle ipotesi, potevano tranquillamente comportare un impegno di suolo di ben 5000 mq computando anche l'ingombro delle infrastrutture necessarie.

La stessa legge fissava anche il limite massimo di potenza nominale a 5 KW, per l'installazione di impianti in zone soggette a vincolo paesaggistico da realizzarsi in regime di attività libera, previa autorizzazione paesaggistica ai sensi del D.lgs. 42/2004; nelle aree non soggette a vincolo paesaggistico invece la DIA era valida per impianti fino ad 1MW. Oltre tale potenza, per impegni di suolo potenziale fino a 2,5-3 ha, era richiesto il regime autorizzativo ai sensi della Lr. 1/2005.

Parlando di terreni ricadenti in ampi fondovalle, lontani da punti panoramici, in aree senza particolare pregio paesaggistico la normativa citata può essere adeguata, ma in situazioni collinari di pregio, a forte vocazione olivicola e turistico culturale, come lo è il territorio di Reggello, impegni di suolo così importanti cominciano a mostrare molteplici criticità.

L'elaborazione del Sistema di Supporto alle Decisioni

Nell'anno 2009 gli Amministratori ed i Tecnici del Comune di Reggello, hanno deciso di dotarsi di un sistema informatico, il più "oggettivo" possibile, che aiutasse l'Ufficio Urbanistica nell'individuazione della migliore localizzazione o nel razionale accoglimento delle istanze di installazione di impianti a terra. Questo avrebbe dovuto essere consultabile per interventi di potenze nominali superiori a 20Kw e avrebbe dovuto basarsi su elementi fisiografici e

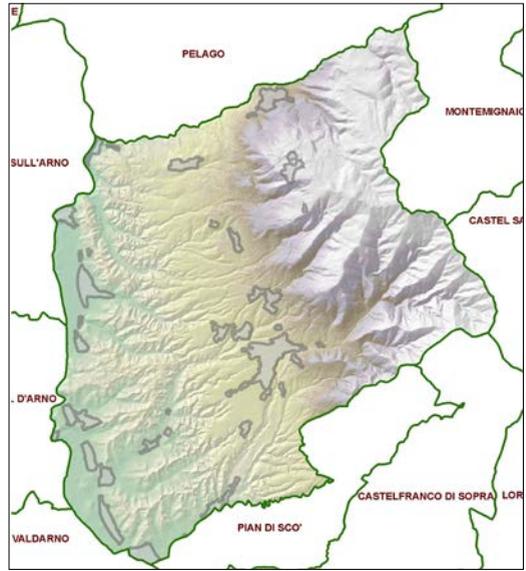
Fig. 1 – Il Modello Digitale del Terreno (DTM).
Le quote più alte sono qui raffigurate nei colori più chiari, il fondovalle in verde.

in basso

Fig. 2 – Pendenza dei versanti espressa in percentuale.

pagina a fronte

Fig. 3 – La mappa dell'esposizione dei versanti si ottiene dando un valore alle celle della griglia secondo la matrice sottostante.



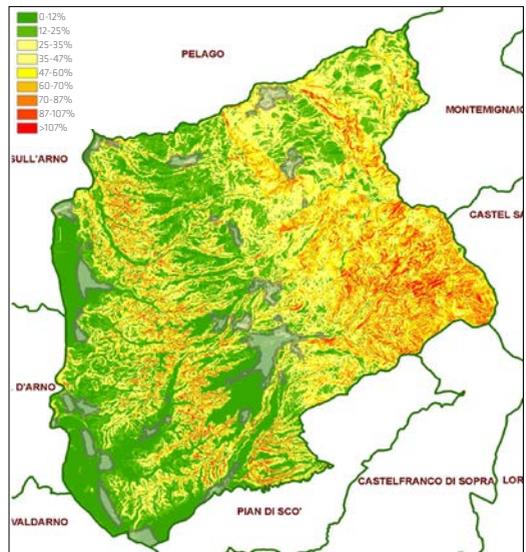
morfologici oggettivi distintivi del territorio, fornendo un numero finito di classi di fattibilità e soprattutto di semplice leggibilità, sia su supporto cartaceo che su applicazioni WebGIS.

A febbraio dello stesso anno il Comune di Reggello ha chiesto al SIT Associato, una delle gestioni associate dell'Unione di Comuni Valdarno e Valdisieve, di realizzare una mappa con aree chiare e ben delimitate basate su una suddivisione del territorio in quattro-cinque classi di «fattibilità».

A disposizione del SIT, oltre alla decennale esperienza in campo di Sistemi Informativi Geografici, c'erano numerosi dati territoriali quali Modello Digitale di Elevazione con le relative mappe derivate, la cartografia stradale, i vincoli sovraordinati ed il Regolamento Urbanistico Comunale; con questo set di dati è partita l'elaborazione della mappa richiesta, intesa fin da subito come un primo passo verso un'analisi fisiografica, e non solo, del territorio da integrare ed affinare successivamente.

Dopo una ricerca in rete sui casi studio disponibili, sono stati trovati innumerevoli interventi e relazioni, ma in nessuno di questi era affrontato il problema su un territorio più ampio a livello comuna-

le o sovracomunale; erano citati interventi singoli e localizzati, con un o studio sul loro impatto visivo nell'immediato intorno o limitatamente al contrasto di colore o di forma; non era affrontata la ricerca delle aree «più idonee» o della «vocazione territoriale» alla fattibilità di certi interventi, in termini sia di minor consumo di suolo che di ottimale esposizione del versante.



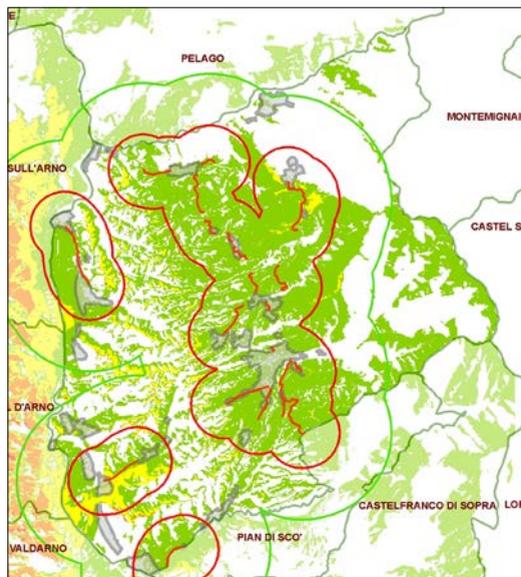


Fig. 4a – Visibilità panoramica. Rappresenta la percentuale di visibilità reciproca tra la cella esaminata ed i tratti panoramici della viabilità principale. In pratica quanti vertici delle strade vengono visti direttamente dalla cella 10x10 sul totale dei vertici.

pagina a fronte

Fig. 4b – Alla mappa di visibilità dai tratti panoramici della viabilità principale si apportano correzioni tese a ridurre la fattibilità nelle aree più vicine a questi.

tera estensione areale degli altri temi, è da considerarsi puntuale e in gran parte in corrispondenza della fascia di rispetto dei fiumi, è stato successivamente deciso di accorpate la quinta classe (Elevata) con la quarta (Alta).

Di seguito si riportano gli estratti delle quattro cartografie di base più quella di sintesi con le relative legende.

Alcune precisazioni metodologiche:

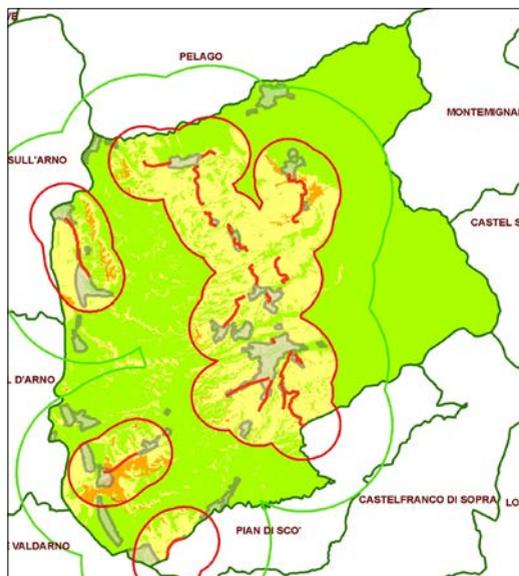
- Il DTM personalizzato è stato realizzato tenendo conto anche delle altezze medie degli alberi, in modo da includere in tale computo eventuali effetti schermanti dovuti alla presenza di aree boscate; in pratica una simulazione artigianale degli attuali DSM derivati dai rilievi LIDAR, che all'epoca non erano ancora resi disponibili da Regione Toscana. Risoluzione della cella di 10m x 10m e rielaborato sulla base del DTM fornito dall'Autorità di Bacino.
- Sono state realizzate le mappe delle derivate del DTM ed in particolar modo:
 - La cartografia delle pendenze
 - La cartografia dell'esposizione dei versanti rispetto al nord

- Lo sfumo dei versanti ai fini dell'individuazione di massima della morfologia

- È stata realizzata la cartografia dell'illuminazione minima simulando:
 - Il sole alle 12:00 del solstizio di Inverno ovvero del 21 Dicembre
 - I parametri utilizzati sono stati azimuth 180° e 23° di angolo zenitale. Tale mappa è realizzata al solo scopo di evidenziare le aree dei versanti che per gran parte dell'anno sono in ombra, dunque non sono considerati in successive elaborazioni.
- È stata eseguita anche la conversione dei poligoni dei Boschi e delle Foreste, ricavati dal PTCP in formato GRID. Tali poligoni sono stati convertiti in una vera e propria maschera e, come le altre, non è stata considerata nelle analisi di visibilità; è stata inserita nella realizzazione della mappa delle aree di "assoluta non fattibilità".

Le mappe così ottenute sono state "combinare" con i seguenti criteri:

- ANALISI PER ESCLUSIONE (Aree sicuramente non idonee)
 - Mappa delle pendenze maggiori di 25%



Percentuale di visibilità	Indice originario	<1 km	1-2.5 km	>2.5 km
0-25	1,00	0.70	0.875	1,00
25-50	0.75	0.45	0.625	0.75
50-5	0.50	0.20	0.375	0.50
75-100	0.25	0	0.125	0.25
Non visibili	1,00	1,00	1,00	1,00



- Maschera: territori ad esposizione solare molto sfavorevole (NE-N-NW)
- Mappa di visibilità del Territorio di Reggello dai tratti della viabilità principale di interesse panoramico o più esposti. In questa mappa sono stati esclusi i tratti di autostrada in quanto di fondovalle
- ANALISI PER INCLUSIONE (Aree potenzialmente idonee)
 - Mappa delle pendenze minori di 25%
 - Aree industriali di fondovalle e di altipiano estratte dalle aree omogenee D del regolamento urbanistico
 - Mappa delle aree con esposizione solare favorevole; in pratica i versanti esposti a Sud Ovest, Sud e Sud Est
 - Mappa di non visibilità del Territorio di Reggello dai tratti della viabilità principale di interesse panoramico. In questa mappa sono stati volutamente esclusi dal computo i tratti dell'Autostrada A1 poiché di fondovalle e in sostanza visibili da tutto il territorio comunale
- ATTRIBUZIONE DEI PESI

Dovendo ottenere una cartografia di sintesi in cui

si possa distinguere, già a grande scala, la 'predispensione' di un'area alla possibilità di ancorarvi a terra grandi impianti fotovoltaici, si è proceduto all'attribuzione di classi di importanza per ogni aspetto trattato.

In particolare modo, per ogni tematica affrontata, è stato attribuito un peso massimo, normalizzato a 100, a seconda della sua importanza nella valutazione dell'idoneità di ogni area.

Pesi:

1. pendenze 25%:
25% (1 <= 25%) 1 favorevole – basse pendenze
2. Aree produttive:
25% (1 = favorevole – già compromesse)
3. esposizione favorevole:
25% (1 = favorevole – quadranti meridionali)
4. visibilità da viabilità panoramica:
25% (1 = favorevole – non visibile)

Altre elaborazioni, giocando con l'attribuzione di pesi differenziati, si possono ricondurre a:

1. pendenze 25%:
10% (1 <= 25%) 1 favorevole – basse pendenze
2. Aree produttive:
20% (1 = favorevole – già compromesse)

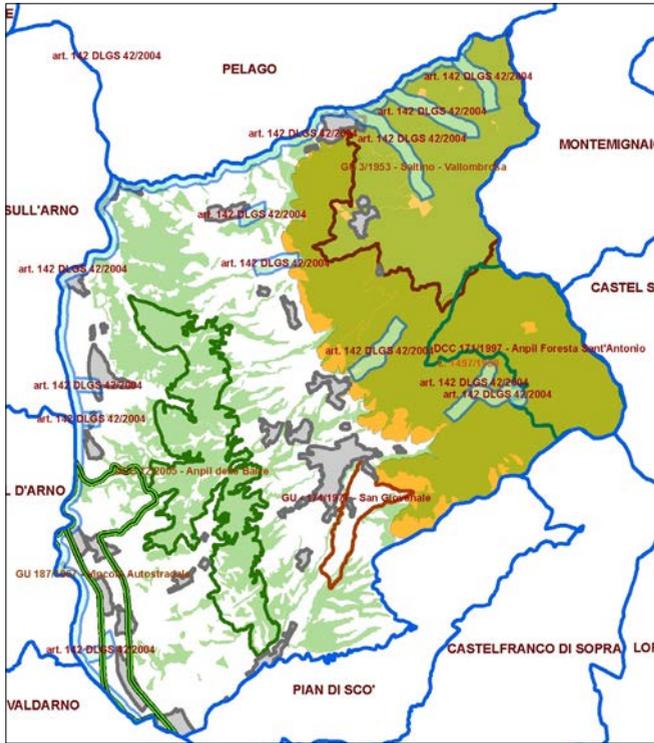


Fig. 5 – Le aree soggette ai vincoli paesistico-ambientali non sono state inserite nell'algoritmo di classificazione, ma sono state sovrapposte come maschera di fattibilità nulla.

pagina a fronte

Fig. 6 – È stata realizzata anche una simulazione in 3D esagerando l'altimetria e ipotizzando l'illuminazione da Sud. Riportando la sola classificazione senza le maschere dei vincoli si può già notare la forte influenza dei fattori di esposizione e pendenza.



3. esposizione favorevole:
30% (1 = favorevole – quadranti meridionali)
4. visibilità da viabilità panoramica:
40% (1 = favorevole – non visibile)

In questo caso è stato dato maggior peso a fattori estetici e minor peso a quelli morfologici.

Altre possibilità si possono ottenere dalla seguente combinazione:

1. pendenze 25%:
20% (1 <= 25%) 1 favorevole – basse pendenze
2. Aree produttive:
40% (1 = favorevole – già compromesse)
3. esposizione favorevole:
10% (1 = favorevole – quadranti meridionali)
4. visibilità da viabilità panoramica:
30% (1 = favorevole – non visibile)

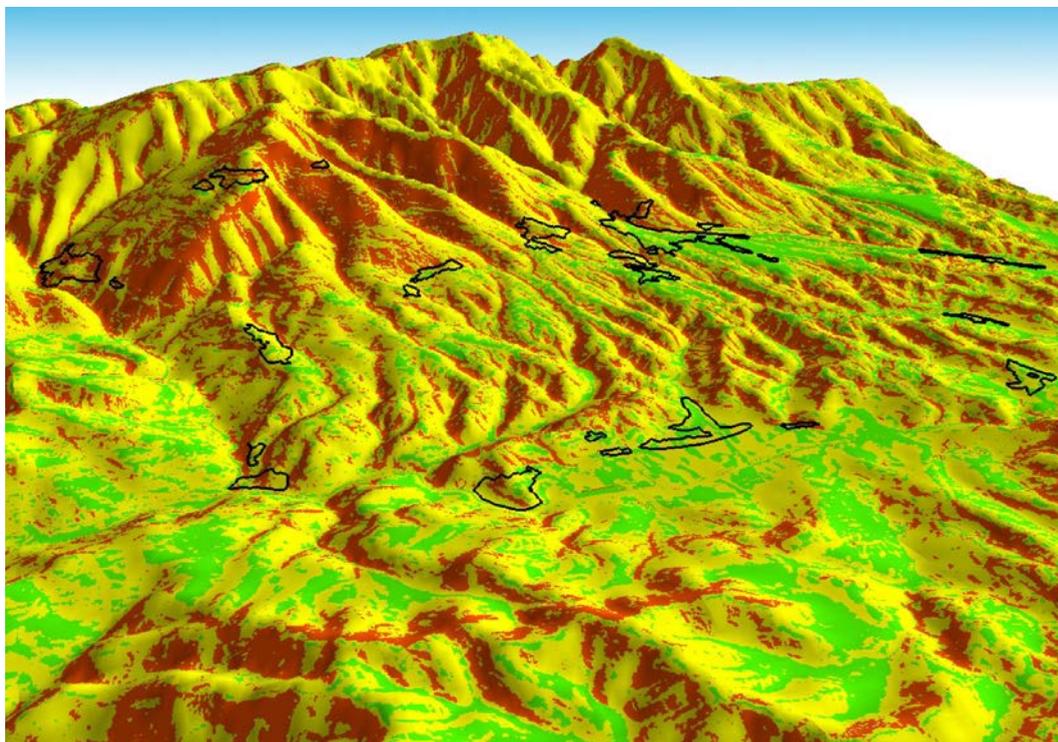
Con questa combinazione, infatti, si è attribuita maggiore importanza alla già compromessa integrità paesaggistica a discapito dell'esposizione.

Le maschere di infattibilità (ove presenti rendono assolutamente infattibili gli interventi)

- a. Quote superiori ai 500 mslm 1 = sfavorevole
- b. Vincoli paesaggistici 1 = sfavorevoli
- c. Boschi e foreste 1 = sfavorevole
- d. Ombre proprie e proiettate dei versanti alle 12.00 del 21 Dicembre 1 = sfavorevole.

Sono stati altresì realizzati studi di visibilità reciproca su due aree pilota, dove erano già in corso valutazioni alcuni progetti, in modo da analizzare gli impatti visivi sul territorio circostante.

Tralasciando le tabelle di attribuzione dei valori e dei pesi per ogni classe di seguito si riportano alcuni estratti delle cartografie realizzate in una zona particolarmente favorevole alla realizzazione di eventuali installazioni; vengono messe a confronto anche con la carta successivamente realizzata da Regione Toscana in occasione della perimetrazione delle aree non idonee all'installazione di grandi impianti foto-



FATTIBILITÀ

NULLA

BASSA

MEDIA

ALTA

voltaici ai sensi dell'Art. 7 della L.r. 11/2011.

La formula finale applicata al software di calcolo, dopo tutte le considerazioni fin qui affrontate, è stata la seguente:

$$[\text{visibi_iv}] * 0.30 + [\text{pend_ip}] * 0.35 + [\text{espo_ie}] * 0.35$$

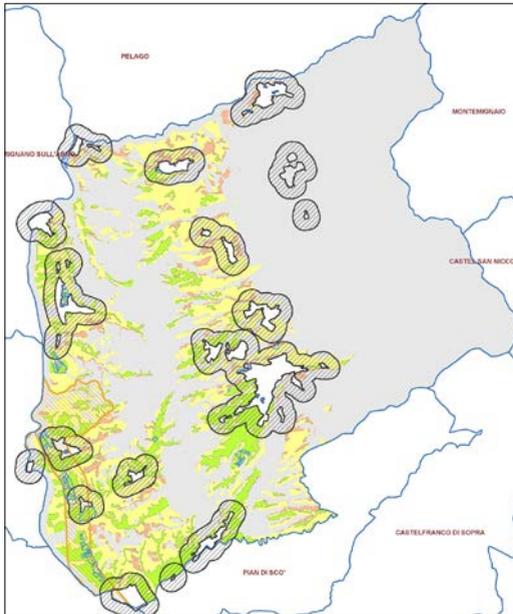
Dove [visibi_iv] rappresenta il contributo derivante dalla tavola della visibilità dai tratti di strade panoramiche, [pend_ip] rappresenta il contributo derivante dalla pendenza dei versanti e [espo_ie] il contributo derivante dall'esposizione degli stessi.

Progetti di interventi in atto

Dopo aver realizzato la mappa di sintesi, sono stati presi in considerazione alcuni progetti presentati presso l'amministrazione comunale; due impianti, il primo denominato 'Bonsi' di 998 KW ed il secondo, denominato 'Vaggio' di 550 KW, hanno fornito un valido pretesto per testare la procedura fino ad ora descritta. Si riporta solamente l'analisi di visibili-

tà eseguita sul progetto Bonsi, poiché il secondo, oltre a ricadere nella fascia di rispetto dei centri abitati, è stato ritirato dal richiedente; viene citato solamente per far vedere come la classe di fattibilità Alta si sia fortemente 'adagiata' sulla porzione di versante esposto a sud e a bassa pendenza.

Per quanto riguarda il progetto Bonsi è stata eseguita una prima analisi di visibilità su tutto il perimetro del futuro cantiere dall'intero territorio; l'impianto è risultato visibile maggiormente dalle aree in prossimità del crinale di confine con il Pratomagno. (Zone in rosso nell'immagine grande di figura 9). Una seconda analisi di visibilità reciproca è stata eseguita immettendo come elemento visibile un elemento puntuale alto 3 metri da terra disposto secondo una maglia quadrata di 5 x 5 metri all'interno del perimetro dell'impianto; sommando i contributi di ogni punto visibile e relazionandolo alla sola porzione di territorio visibile dall'impianto stesso, si è realizzata

**FATTIBILITÀ**

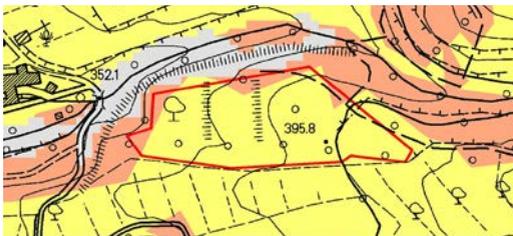
- NULLA
- BASSA
- MEDIA
- ALTA

la relativa mappa di visibilità interna. Il settore maggiormente visibile, per oltre il 75%, è risultato quello orientale; in sede di conferenza di servizi l'elaborazione qui riportata è servita per imporre importanti opere di mitigazione visiva sul perimetro; data l'onerosità di dette opere è risultato più idoneo stralciare l'intero settore di pannelli.

Confronto tra gli elaborati e le perimetrazioni fornite dalla Lr 11/2011 art.7

La L.r. 11/2011 unitamente alla mappa, integrata con la diversa perimetrazione in aree DOP e IGP, dalla sua entrata in vigore ha in seguito unificato le modalità di valutazione per il rilascio delle autorizzazioni. Ha fornito uno strumento di rapida consultazione, che consente di facilitare le valutazioni finali in sede di accoglimento di S.C.I.A. o di rilascio di Autorizzazioni Unica, in base alla potenza nominale di progetto prendendo in considerazione anche numerose eccezioni possibili ad esempio la presenza di aree degradate, aree urbanizzate. Facendo un rapido confronto con lo studio eseguito, si deve notare come, tralasciando quella delle aree DOP ed IGP, la perimetrazione delle aree all'interno di con visivi e delle aree di particolare pregio si sovrappone in larga parte all'area pedemontana e di fondovalle. Queste zone risultano spesso a fattibilità media ed alta nelle elaborazioni fatte dal SIT Associato.

Ulteriori argomenti da trattare nelle analisi di questo tipo possono essere la distanza dai beni culturali rilevanti, uso del suolo in senso più ampio e la di-



pagina a fronte

Fig. 7 – LA TAVOLA DI SINTESI. Per ottenere la tavola di sintesi della fattibilità si adotta la formula: $I = Pv \times Iv + Pp \times Ip + Pe \times Ie$
Dove:

Iv è l'indice di visibilità panoramica

Ip è l'indice di pendenza

Ie è l'indice di esposizione

Pa è il peso di ogni parametro normalizzato a 1,00.

Utilizzando la stessa sequenza dei parametri della formula la migliore risposta si è ottenuta con i seguenti Pes: $Pv = 0,30$ $Pp = 0,35$ $Pe = 0,35$.

in basso

Fig. 8 – Intervento in progettazione in Località S. Agata – V. Bonsi e Intervento in progettazione in Località Vaggio si può avere una fattibilità media anche laddove i terreni sono in esposizione non troppo favorevole ma gli altri parametri non sono fortemente limitanti come nel primo caso raffigurato. Nel secondo intervento diventano predominanti gli effetti fisiografici della pendenze, esposizione e visibilità panoramica che non limitano la fattibilità.

stanza da elettrodotti al fine di limitare forti dispersioni e costose opere di allacciamento e la prossimità di viabilità in relazione al potenziale abbigliamento in certe ore.

Conclusioni e Sviluppi

Nonostante negli ultimi quattro anni il numero di impianti fotovoltaici e la potenza totale installata abbiano visto una forte crescita, sia a livello comunitario che nazionale, l'installazione di grandi impianti a terra è andata diminuendo drasticamente per ovvi e svariati motivi: una maggiore sensibilità paesaggistica a livello normativo, una prolungata crisi economica che ha spostato gli investimenti delle imprese verso altri settori e, ultimo ma non meno importante, il progressivo allineamento agli obiettivi governativi in termini di quote energetiche provenienti da fonti rinnovabili. Questi ultimi si sono tradotti in un decisivo taglio agli incentivi del Conto Energia, spostando il target dai grossi impianti a terra verso installazioni di minore potenza e in favore di una più diffusa distribuzione; questa si è tradotta anche in una riduzione delle spese per la rea-

lizzazione di infrastrutture per il trasporto e la trasformazione dell'energia elettrica prodotta.

A tal proposito oggi è più conveniente per le imprese, ed interessante per i progettisti, la ricerca di adeguati spazi, alternativi all'occupazione di suolo agricolo, che sfruttino la possibilità di utilizzo dei tetti di capannoni industriali, di centri direzionali o di edifici pubblici; pertanto non è da escludere che la procedura fin qui trattata per cercare il 'miglior versante' a terra non possa essere applicata anche per la ricerca di una 'miglior falda' di un tetto o di una 'più adatta copertura' che ospiti tali impianti.

Come dati di partenza per l'analisi il DTM con 10 metri di risoluzione a terra ed una cartografia tecnica non aggiornata risulterebbero del tutto insufficienti, per questo scopo. Uno studio in tale direzione, per il Comune di Reggello e per gli altri membri dell'Unione, può sfruttare ad esempio dati in parte già presenti nelle banche dati del SITA di Regione Toscana, distribuite gratuitamente agli Enti Locali, tra cui:

- L'elevata risoluzione spaziale offerta da un DSM Lidar,

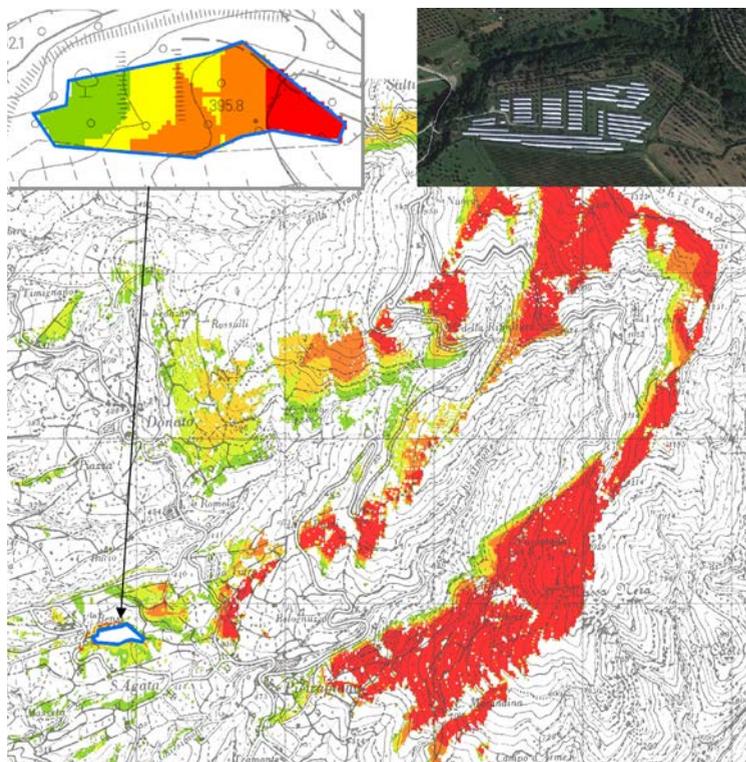


Fig. 9 – Distribuzione dei contributi che ogni porzione dell'impianto porta alla visibilità complessiva sul territorio. In questo caso è risultato evidente come la parte orientale dell'intervento necessiti di interventi di mitigazione visiva rispetto alle zone in rosso nell'immagine a destra. Questa, infatti, è visibile da oltre il 75% del territorio già classificato come 'visibile dall'intervento'. In sede di conferenza dei servizi, l'area orientale è stata stralciata definitivamente come si può vedere dall'immagine satellitare piccola a lato.

[pagina a fronte](#)
Comune di Reggello. Ortofoto.

- L'elevata definizione delle Ortofoto 2013,
- Le nuove release vettoriali del DB Topografico con le destinazioni d'uso degli edifici aggiornate e
- Una dettagliata cartografia dei vincoli sovraordinati.

Per finire, data la mole di dati e l'elevata risoluzione del prodotto finale, dovrà essere adottata una particolare attenzione nel testare la procedura su più aree campione che siano contemporaneamente di ridotta superficie e statisticamente rappresentative del territorio in esame.

Fonti bibliografiche

Cavallo F R, Navarra F L (2000) *Appunti di probabilità e statistica*. CLUEB.

Chiabrando R., Fabrizio E., Garnero G. (2009) *La Valutazione dell'impatto paesaggistico di impianti fotovoltaici al suolo: proposta metodologica ed esempio di applicazione* – IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria – Ischia Porto.

Forlani G. *Requisiti e metodi di produzione di modelli digitali del terreno* Università di Parma – Dip. Ing. Civile.

Raspa G. *"Dispense di geostatistica applicata"* – Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma "La Sapienza".

Seravalli A. *Geostatistica per le rinnovabili: vocazione territoriale del Minieolico in Veneto* Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Discipline Storiche, Antropologiche e Geografiche.

