

# IL GIS NEGLI STUDI DI SOSTENIBILITÀ DELLE ENERGIE RINNOVABILI

di Emanuela Caiaffa, Alessandro Marucci e Maurizio Pollino

PER DECIDERE SE UNA FONTE DI ENERGIA RINNOVABILE È LA SCELTA MIGLIORE PER UN DETERMINATO TERRITORIO, È IMPORTANTE CONOSCERE LA SITUAZIONE ENERGETICA E AMBIENTALE LOCALE, ESPORANDO LE POTENZIALI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI DISPONIBILI IN QUELLA DETERMINATA AREA, INDIVIDUANDO, LADDOVE POSSIBILE, IL TERRITORIO CON LE MIGLIORI CARATTERISTICHE DI COMPATIBILITÀ E SOSTENIBILITÀ. LA METODOLOGIA DESCRITTA È IN GRAN PARTE ORIENTATA VERSO LO SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI SUPPORTO ALLE DECISIONI PER L'UBICAZIONE DEGLI IMPIANTI STESSI.

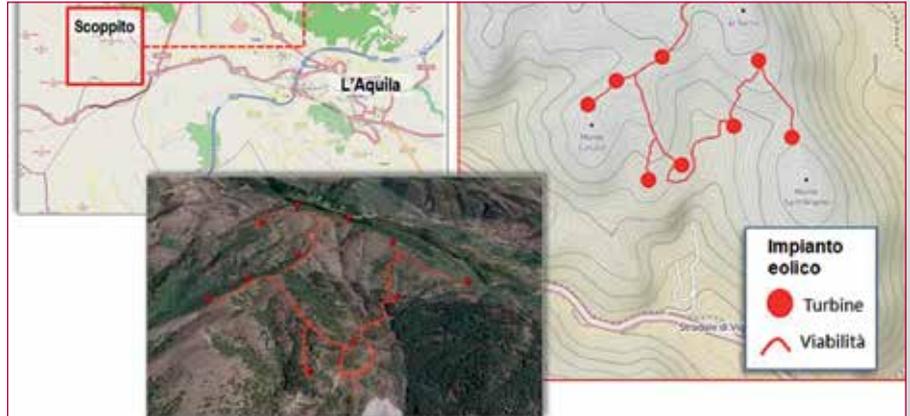


Fig. 1 - Area di interesse.

## INTRODUZIONE E OBIETTIVI DEL LAVORO

Negli ultimi anni, sia per necessità che per adeguamento alle politiche internazionali, è cresciuto notevolmente l'interesse verso forme di approvvigionamento energetico provenienti da fonti rinnovabili (Šúri et al., 2005; Pearce, 2002).

Contestualmente si è dovuto per forza di cose affrontare il problema della sostenibilità degli impianti di produzione da questo tipo di energie. Le cosiddette energie rinnovabili, siano esse da fotovoltaico, da eolico, o ancora dalla nuova frontiera che riguarda lo studio di producibilità dal moto ondoso e dalle correnti marine, sono per loro natura sparse sul territorio. Queste infrastrutture possono provocare, quindi, oltre all'inevitabile consumo di suolo, impatti sull'ambiente circostante anche in termini di paesaggio.

La quantificazione della energia prodotta in modo "pulito" da eventuali impianti da FER, rappresenta il valore di sostenibilità che essi hanno, in relazione alle interferenze che essi producono.

Tuttavia, la natura diffusa delle fonti rinnovabili consente di coniugare la produzione di energia e lo sviluppo tecnologico ed economico delle piccole realtà urbane e rurali. Inoltre, il concetto di energia a "Km 0" (energia consumata laddove viene prodotta) ridurrebbe le problematiche legate alla perdita di energia

durante il trasferimento della stessa dal luogo di produzione a quello di consumo.

La ricerca degli impatti potenziali e reali, dovuti alla realizzazione degli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, in una moderna gestione del territorio, deve privilegiare la valutazione della *landscape*

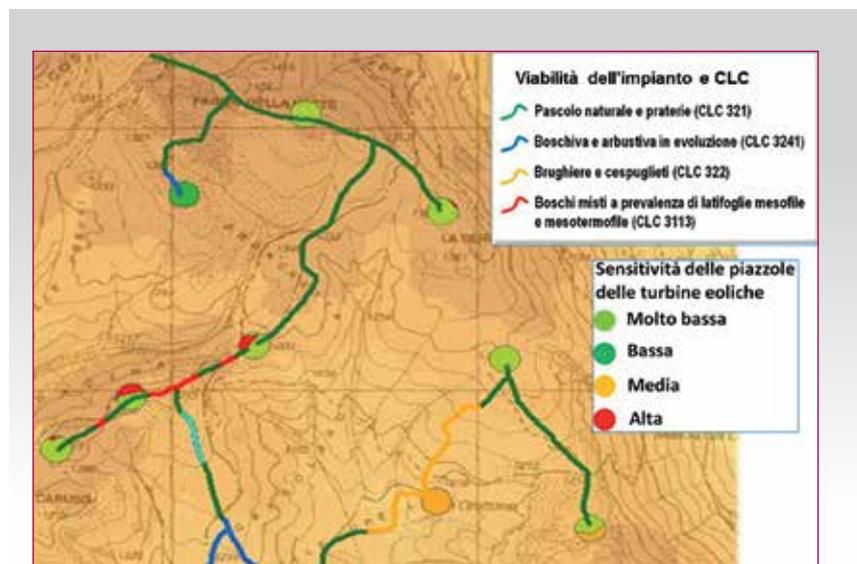


Fig. 2 - Classificazione delle componenti strutturali dell'impianto secondo i temi CLC.

ecology (Benson & Roe, 2000). Un problema non trascurabile di alcune tipologie di impianti, principalmente quelli solari ed eolici, è rappresentato dalla necessità di installare i dispositivi nell'ambiente, con possibili effetti negativi dal punto di vista dell'impatto visivo. Un'accurata pianificazione del posizionamento del singolo impianto e la scelta di dispositivi meno "visibili" potrebbero ridurre il problema, ma sicuramente non eliminarlo. Diventa, quindi, di fondamentale importanza definire quale peso i diversi impatti possono avere sull'ambiente, vagliando comunque tutte le opzioni possibili. L'obiettivo principale della ricerca è di individuare una metodologia in grado di affiancare e integrare i processi decisionali che riguardano il territorio per ciò che concerne le scelte per l'approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili. Il presente articolo descrive le metodologie GIS utilizzate per valutare l'impatto che produrrebbe il posizionamento di impianti da FER in zone potenzialmente adatte ad ospitarlo. In particolare, viene presentato il caso di studio per la valutazione della compatibilità di un parco eolico rispetto all'area nella quale si vorrebbe installare.

**METODOLOGIA**

Per valutare gli impatti causati dall'installazione di un impianto eolico sul territorio, si è seguito il seguente metodo:

- 1 sono state condotte analisi per comprendere le alterazioni sull'ambiente derivanti della necessaria costruzione di infrastrutture (basi per gli aerogeneratori, tracciati dei percorsi di viabilità tra una piazzola e l'altra dell'impianto),
- 2 sono stati definiti degli indici di qualità ecologica, del territorio in esame, sulla base di classi di copertura del suolo, come definito dalla legenda del Corine Land Cover 2006 (CLC).

Tale approccio è stato concepito al fine di affrontare l'analisi di criticità, generata sull'ambiente circostante con l'installazione di un impianto eolico.

A tal fine, è stato considerato ed esaminato un vero e proprio caso: il progetto di un parco eolico nella zona di Scoppito (Fig. 1). Questo caso-studio è rappresentativo di una metodologia che potrebbe essere esportata in

altre aree del Centro Italia. Sono state, pertanto, considerate le caratteristiche distintive delle infrastrutture tipiche di un parco eolico, come ad esempio le aree designate per il posizionamento delle torri eoliche e i percorsi di collegamento tra queste ultime, dedicando particolare attenzione agli aspetti legati alla vegetazione e alle strutture ecosistemiche.

Sono stati utilizzati i seguenti dati:

- a DTM (con risoluzione spaziale di 20m x 20m), ortofoto digitali, CLC (2006), Cartografia 1:10.000 e 1:25.000, livelli geografici di base (rete stradale, confini comunali, ecc.);

- b dati provenienti da indagini sul campo, come: vegetazione, habitat, caratteristiche significative naturali, descrizione del paesaggio, ecc.

Gli strumenti e le procedure GIS si sono dimostrati particolarmente efficaci per la loro capacità di gestire, sovrapporre e combinare i dati provenienti da fonti diverse per la produzione di modelli e scenari, supportando le analisi e le fasi pianificazione (Serwan et al, 2000; Hansen, 2005; Milone et al, 2008). Inoltre, i dati provenienti da indagini sul campo come vegetazione, habitat, ecc., costituiscono il vero punto di forza del lavoro descritto: infatti, una volta

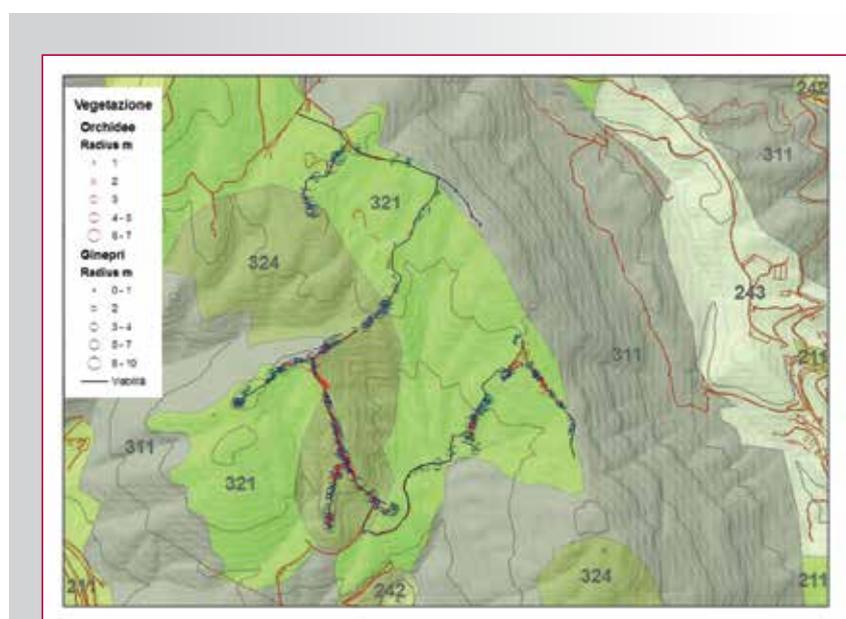


Fig. 3- Ricchezza delle orchidee e ginepri (cerchi maggiori, maggiore presenza al suolo) riportate sulla carta tematica CLC.

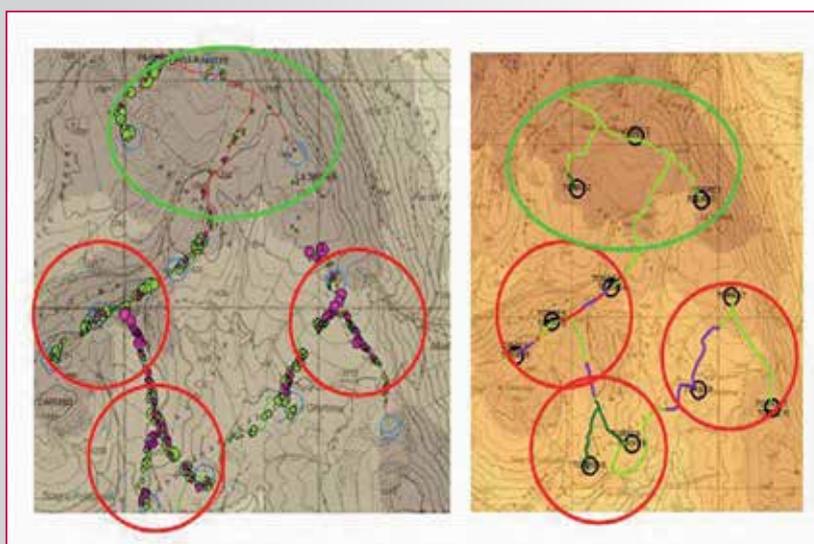


Fig. 4 - Comparazione tra i dati sul campo (destra) e le valutazioni da CLC.

inseriti all'interno di un GIS, tali dati sono stati in grado di dare un valore aggiunto, per comprendere lo stato ambientale attuale e definire gli scenari attesi. La metodologia seguita si è articolata in tre diverse fasi:

- ▶ FASE 1 - analisi dei dati geografici/territoriali e mappe tematiche: CLC, DTM, pendenza e *viewshed* (fase di pianificazione);
- ▶ FASE 2 - analisi dei tipi di vegetazione, habitat e caratteristiche ambientali significative (analisi sul campo);
- ▶ FASE 3 - analisi dei dati e confronto, attraverso l'utilizzo di strumenti GIS, tra i risultati derivanti dalla fase di pianificazione e le condizioni reali.

FASE 1

Come mostrato in Fig. 1, il progetto prevede la costruzione di una specifica viabilità per collegare le turbine eoliche, mediante 8 tracce principali e 11 piazzole. In ambiente GIS è stato creato il layer tematico contenente tali elementi: ogni traccia è stata suddivisa in segmenti di 200 m di lunghezza e le piazzole sono state rappresentate con un circolo di 50 m di raggio. Il layer così ottenuto è stato tematizzato secondo i livelli del CLC (nomenclatura secondo Level 3 e Level 4 del sistema di classificazione gerarchica). In questo modo, è stato possibile correlare la classificazione CLC con la lunghezza delle tracce (viabilità) e con le aree dedicate alle piazzole. Dalla percentuale delle diverse classi CLC che cadono nelle aree di progetto del parco eolico, è stato possibile definire differenti livelli di "sensibilità". Come conseguenza della classificazione effettuata, validata anche dai dati raccolti sul campo, è stato possibile produrre la mappa di Figura 2 in cui sono evidenti i gradi di correlazione tra le tracce della viabilità, le piazzole e il grado di sensibilità del suolo occupato.

FASE 2

In questa fase è stata effettuata, tramite raccolta dati sul campo, la caratterizzazione della vegetazione attualmente presente lungo i percorsi considerando un buffer di 25 m e all'interno delle piazzole di posizionamento delle torri eoliche considerando un raggio di 50 m. Manufatti simili possono produrre interferenze sugli ecosistemi, soprattutto in

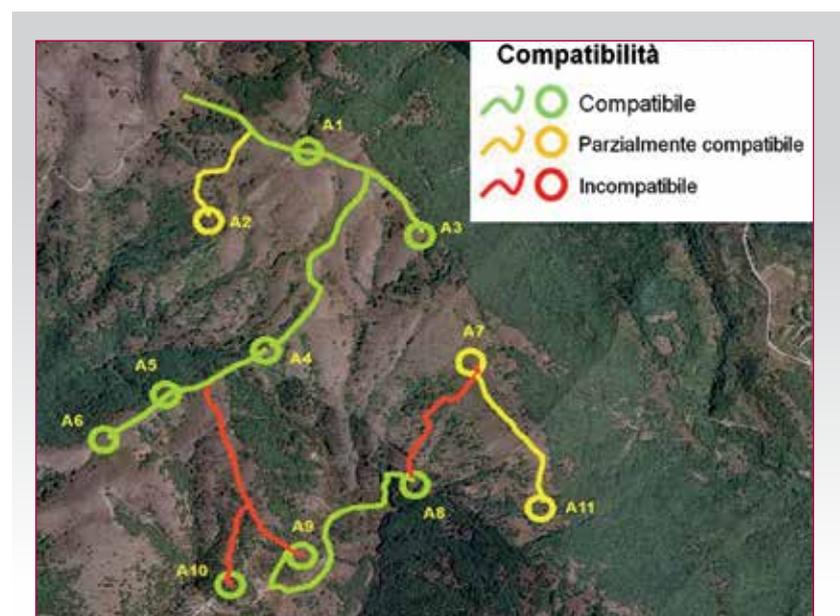


Fig. 5 - Comparazione tra i dati sul campo (destra) e le valutazioni da CLC.

termini di uso del suolo, habitat e perdita di naturalezza, causando la frammentazione e il degrado del paesaggio. Questa analisi è molto utile per capire l'interferenza delle aree occupate dalle strutture dell'impianto con le caratteristiche naturali del territorio. Si è quindi condotta una campagna per raccogliere dati sulla vegetazione e sugli habitat presenti nell'area di studio: l'acquisizione è stata effettuata attraverso l'utilizzo di dispositivi GPS e dati cartografici. L'area indagata è stata suddivisa in 8 diverse zone, per ciascuna delle quali è stato redatto uno specifico foglio di sondaggio (posizione, descrizione generale, specie vegetali e tipi nella zona, ecc.).

In sintesi, tutto lo studio ha portato alla messa a punto della carta tematica mostrata in Figura 3, che per semplicità riporta solamente le ricchezze delle due specie orchidea e il ginepro.

FASE 3

I dati georeferenziati raccolti sul campo sono stati introdotti nel GIS al fine di produrre una visualizzazione efficace e più completa delle situazioni ambientali critiche, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti vegetazionali. Tali dati, pertanto, una volta sovrapposti alla cartografia (scala 1:25.000 e 1:10.000) e sulle ortofoto digitali, costituiscono una buona descrizione dello stato attuale dell'ambiente. Variabilità vegetazionale e peculiarità sono state considerate come indicatori di complessità e struttura del paesaggio. È

fondamentale, infatti, tener conto di questi fattori, al fine di comprendere i processi ecologici, che sono alla base della conservazione di habitat e specie tipiche. Inoltre, come futuro miglioramento della presente ricerca, questo approccio sarà in grado di supportare l'analisi e il riconoscimento di fenomeni significativi, quali la frammentazione o l'isolamento.

**RISULTATI: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DELL'IMPIANTO EOLICO**

Il progetto di impianto eolico in esame è stato valutato tenendo conto della sua compatibilità con l'ambiente circostante e, più in particolare, si sono studiati i tracciati delle strade che collegano le torri per le turbine eoliche, che costituiscono elementi perturbativi del sistema ecologico. A tal fine, per fornire una misura qualitativa della perturbazione potenzialmente subita da habitat e specie vegetali, è stata prodotta la mappa di compatibilità. In altre parole, il livello di criticità è stato correlato agli impatti sugli habitat naturali. In questo modo, la compatibilità di ogni elemento dell'infrastruttura (tracce e turbine eoliche) può essere presa in considerazione per definire la compatibilità generale del progetto e, se necessario, modificare e migliorare la versione originale del progetto stesso.

In particolare, le analisi sul rapporto tra vegetazione e installazione hanno evidenziato come l'intera area di interesse può essere suddivisa principalmente in due zone:

- ▶ Zona 1 (Nord): tracce e postazioni delle turbine eoliche dal n°1 al n°6, il percorso che collega la torre n°9 alla n°8 (comprese le relative postazioni);
- ▶ Zona 2 (Sud): tracce e postazioni di turbine eoliche da n°7 al n°11.

Nella prima zona, a dispetto di un alto grado di naturalezza, non sono state trovate specie di particolare interesse o estensione lungo le tracce o nell'ambito delle postazioni, tali da determinare la non compatibilità con il progetto. Questi elementi artificiali, inoltre, non sono previsti nelle zone caratterizzate da una notevole copertura forestale o da formazioni arbustive e coincidono con una viabilità preesistente. Dal punto di vista di un progettista, in questo caso sono necessarie solo misure di mitigazione marginali. Così, secondo l'approccio seguito, questa zona presenta un buon grado di compatibilità, almeno per gli aspetti riguardanti la vegetazione.

D'altra parte, la Zona 2 presenta caratteristiche geomorfologiche differenti e, secondo le indagini sul campo, la vegetazione è molto più complessa della Zona 1. Infatti, questa zona rappresenta un habitat naturale rilevante, dovuto alla presenza di fioriture abbondanti di diverse specie di orchidea (ad esempio, *Festuco-Brometea*) e ginepri. Queste fioriture sono state osservate nelle aree marginali della viabilità in progetto, con diverse estensioni che vanno da isolati steli alle grandi "macchie" con un diametro di diversi metri. Altre formazioni arbustive sono più frequenti e coerenti. Così, l'installazione di tracce e torri del vento che rientrano in questa zona può essere considerata a bassissimo grado di compatibilità, per la presenza di tale vegetazione.

Al fine di costruire la carta tematica di compatibilità, dell'impianto in studio, con il territorio circostante, è necessario effettuare una comparazione tra la carta tematica ottenuta dalla classificazione delle strutture secondo il CLC e la carta tematica ottenuta dalla tematizzazione delle analisi vegetazionali sul campo (Figura 4). Questo confronto è importante perché in questa fase si decidono i pesi da dare alle diverse classificazioni: dati sul campo e CLC. In Figura 5 è riportato il risultato finale: la mappa di compatibilità. Tale mappa sintetizza tutte le considerazioni e i risultati ricavati dalle analisi fatte. Nella mappa, alle aree che hanno presenza sul campo di formazioni pregiate (ad es., le orchidee), viene assegnato un peso di pregio maggiore rispetto al peso ricavato dalla classificazione del CLC.

In conclusione, le analisi e le indagini descritte hanno permesso di produrre una mappa "ragionata" della centrale eolica progettata, in grado di mostrare e mettere in evidenza le questioni connesse con la corretta localizzazione delle strutture e delle infrastrutture programmate, nonché di evidenziare la inevitabili perturbazioni all'ecosistema naturale. La mappa di Figura 5, pertanto, segnala la compatibilità degli elementi dell'impianto di energia eolica con l'ambiente naturale (principalmente vegetazionale), secondo l'approccio perseguito.

## BIBLIOGRAFIA

- Súri, M., Huld, T.A., Dunlop, E.D.: PV-GIS: A web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. In: *International Journal of Sustainable Energy*, 24 (2), pp.55-67 (2005)
- Pearce, J.M.: Photovoltaics: a path to sustainable futures. *Futures*, 34(7), 663-674 (2002)
- Benson, J. F. & Roe, M. H.: *Landscape and sustainability*. Spon Press - Taylor & Francis Group, London, pp.423 (2000)
- Borfecchia, F., Pollino, M., De Cecco, L., Martini, S., La Porta, L., Marucci, A., Caiaffa, E.: *Integrated GIS and Remote Sensing Techniques to Support PV Potential Assessment of Roofs*. Lecture Notes in Computer Science, ICCSA 2013, Part III, Vol. 7973, Part. III. Eds: B. Murgante et al., Springer Berlin Heidelberg, pp.422-437 (2013)
- Caiaffa, E.: *Geographic Information Science in Planning and in Forecasting*. In: *Institute for Prospective Technological Studies* (eds.) in cooperation with the European S&T Observatory Network. The IPTS Report, vol. 76, pp.36-41, European Commission JRC-Seville (2003)
- Caiaffa, E.: *Geographic Information Science for geo-knowledge-based governance*. In: 8th AGILE Conference on Geographic Information Science, pp.659-664. IGP Istituto Geografico Portugues, Estoril Portugal (2005)
- Caiaffa, E., Marucci, A., Pollino, M.: *Study of sustainability of renewable energy sources through GIS analysis techniques*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7334 - Part II, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 532-547 (2012)
- European Union: *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30*
- Modica, G., Vizzari, M., Pollino, M., Fichera, C. R., Zoccali, P., Di Fazio, S.: *Spatio-temporal analysis of the urban-rural gradient structure: an application in a Mediterranean mountainous landscape (Serra San Bruno, Italy)*. *Earth System Dynamics*, 3, 263-279 (2012)

## PAROLE CHIAVE

ENERGIE RINNOVABILI; GIS; SVILUPPO SOSTENIBILE; ENERGIA EOLICA

## ABSTRACT

Projections to 2020 indicate that renewable energy sources (RES) could cover, from 20 to 30 percent of the world's energy needs. To implement an effective e-governance in this direction, it is necessary to implement new methodologies to support decision-making in the local energy planning. The environmental impact is one of the main concern existing at different levels, in addition to the growing soil consumption in Europe. A significant problem for some types of plants, mainly solar and wind power, is the interaction of the devices with the surrounding environment, with possible negative effects in terms of visual impact and soil consumption. It is, therefore, very important to define which weight can have different impacts and to consider all possible scenarios.

## AUTORI

EMANUELA CAIAFFA  
EMANUELA.CAIAFFA@ENEA.IT  
ENEA UTMEA CLIM.

MAURIZIO POLLINO  
MAURIZIO.POLLINO@ENEA.IT  
ENEA UTMEA TER.  
CENTRO RICERCHE DELLA CASACCIA, VIA ANGUILLARESE, 301, 00123, ROMA

ALESSANDRO MARUCCI  
MARUCCI79@HOTMAIL.IT  
PHD, ABRUZZO AMBIENTE S.R.L.