



PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Fiora" di potenza nominale pari a 52.8 MW e relative opere connesse da realizzarsi nel comune di Manciano (GR)

Titolo elaborato

Relazione sugli interventi di ripristino, restauro e compensazione ambientale

Codice elaborato

F0612BR07A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Monica COIRO
Ing. jr. Flavio Gerardo TRIANI
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Ing. Manuela Nardozza
Ing. Angelo CORRADO
Arch. Gaia TELESICA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente

Apollo Wind S.r.l.

Via della Stazione, 7
39100 Bolzano (BZ)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Dicembre 2023	Prima emissione	LZU	MCO	GDS

File sorgente: F0612BR07A Relazione sugli interventi di ripristino, restauro e compensazione ambientale

Sommario

1	Premessa	4
2	Descrizione generale del progetto	5
2.1	Descrizione degli aerogeneratori	5
2.1.1	Torre di sostegno	5
2.1.2	Rotore e pale	6
2.1.3	Generatore	6
2.1.4	Navicella	6
2.1.5	Sistema d'imbardata	6
2.1.6	Sistema di controllo	6
2.1.7	Sistema frenante	7
2.2	Opere civili	7
2.2.1	Fondazioni	7
2.2.2	Viabilità	7
2.2.3	Piazzole di montaggio e di stoccaggio	9
2.2.4	Aree logistiche di cantiere	9
3	Inquadramento territoriale	10
3.1	Analisi climatica	10
3.2	Geologia e pedologia	13
3.2.1	Inquadramento geologico	13
3.2.1.1	<i>Assetto strutturale e lineamenti tettonici</i>	15
3.2.1.2	<i>Stratigrafia generale dell'area</i>	16
3.2.2	Caratteri pedologici dell'area vasta analizzata	18
4	Analisi del consumo di suolo	23

4.1	Occupazione di suolo agrario e/naturale	23
4.2	Consumo di suolo	24
5	Intervento di ripristino, restauro compensazione ambientale	27
5.1	Quadro normativo di riferimento	27
5.2	Valutazioni ante operam	28
5.2.1	Analisi della Capacità di uso del suolo	28
5.3	Definizione del Suolo Obiettivo	30
5.3.1	Gestione del suolo durante la fase di cantiere	30
5.3.2	Gestione del suolo al termine delle operazioni di cantiere	32
5.4	Interventi di ripristino e compensazione	32
5.4.1	Interventi di ripristino dei seminativi	32
5.4.2	Intervento di rinverdimento di area naturale e scarpate	33
5.4.3	Interventi di ripristino-compensazione di eventuali alberi espiantati	34
5.4.4	Interventi compensazione previsti	35
6	Monitoraggio	37
7	Bibliografia	38

1 Premessa

Il presente elaborato – presentato dalla società **Apollo Wind S.r.l.**, con sede legale in Via della Stazione n. 7 - 39100 Bolzano (BZ), **in qualità di proponente** – è stato redatto in riferimento allo Studio di impatto ambientale riguardo il progetto di un **nuovo parco eolico di proprietà denominato "Fiora", localizzato nel territorio comunale di Manciano, in provincia di Grosseto**.

Il parco eolico in oggetto sarà costituito da **8 aerogeneratori** della potenza nominale di 6.6 MW ciascuno, con **potenza complessiva in immissione di 52.8 MW**.

L'impianto sarà collegato in antenna a 36 kV con una futura stazione elettrica di trasformazione RTN 150/36 kV, localizzata nel territorio comunale di Manciano e da inserire in entra - esce alla linea RTN a 150 kV "Suvereto - Montalto" (STMG Terna ID 202303462).

Gli aerogeneratori che potranno essere installati sono delle seguenti tipologie: Siemens Gamesa SG170-HH115 m o altro modello simile.

Il progetto ricade al punto 2 dell'elenco di cui all'allegato II alla Parte Seconda del D. lgs. 152/2006 e s.m.i., come modificato dalla legge 208/2021, "impianti eolici per la produzione di energia elettrica sulla terraferma con potenza complessiva superiore a 30 MW", pertanto risulta soggetto al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale per il quale il Ministero della Sicurezza Energetica, di concerto con il Ministero della Cultura, svolge il ruolo di autorità competente in materia.

La presente relazione descrive gli interventi di ripristino, restauro e compensazione ambientale previsti nei lavori di realizzazione dell'impianto in progetto.

Tali interventi saranno effettuati nel rispetto dei principi della **restoration ecology** (ecologia del restauro): si tratta di un processo guidato dall'uomo volto alla restituzione di un habitat che è stato degradato, danneggiato o distrutto, utilizzando il più possibile le comunità vegetali, animali ed il suolo in loco per rigenerare le basi vitali dell'ecosistema ed indirizzarlo verso la maggior integrazione possibile rispetto alle condizioni precedenti il disturbo (*Society for Ecological Restoration*; in: Meloni F. et al., 2019).

2 Descrizione generale del progetto

Di seguito una breve descrizione degli aerogeneratori che saranno impiegati e delle opere a servizio del parco eolico da realizzare. Per approfondimenti, si veda quanto riportato nella relazione appositamente redatta (cfr. F0612AR07A - Relazione tecnica delle opere civili).

2.1 Descrizione degli aerogeneratori

Le caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori di progetto sono sintetizzate nella seguente tabella:

Tabella 1: caratteristiche aerogeneratori

Potenza nominale aerogeneratore	Diametro massimo rotore	Altezza hub	Altezza totale	Area spazzata	Posizione rotore	Rate rotor speed	Numero di pale
6.6 MW	170 m	115 m	200 m	22698 m ²	sopravento	10.60 rpm	3

Gli aerogeneratori sono ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala. La tipica configurazione di un aerogeneratore di questo tipo prevede un sostegno costituito da una torre tubolare che porta alla sua sommità la navicella, all'interno della quale sono contenuti l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico, il trasformatore e i dispositivi ausiliari.

La struttura in elevazione dell'aerogeneratore è costituita da una torre in acciaio di forma tronco-conica, realizzata in cinque tronchi assemblati in sito.

Il rotore si trova all'estremità dell'albero lento, è posto sopravento rispetto al sostegno, ed è costituito da tre pale fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella.

La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata).

Rotore e generatore elettrico possono essere direttamente collegati oppure associati ad un moltiplicatore di giri. Indispensabile nei grandi aerogeneratori, il moltiplicatore di giri fa sì che la lenta rotazione delle pale permetta comunque una corretta alimentazione del generatore elettrico.

Opzionalmente gli impianti di energia eolica possono essere dotati di un ascensore in grado di trasportare due persone dalla base della torre alla gondola o viceversa.

Gli aerogeneratori potranno essere dotati di segnalazione cromatica, costituendo un ostacolo alla navigazione aerea a bassa quota.

2.1.1 Torre di sostegno

La torre di sostegno di tipo tubolare avrà una struttura in acciaio ed un'altezza complessiva fino all'asse del rotore pari al massimo a 115 m per il modello Siemens Gamesa SG 6,6 -170-HH115, il colore della struttura sarà chiaro, avrà una forma tronco-conica. Le diverse sezioni sono state ottimizzate per lunghezza, diametro e peso allo scopo di assicurare anche un peso adeguato al trasporto. Il collegamento tra le singole sezioni è realizzato in cantiere tramite flange bullonate fra loro.

Le torri hanno un diametro della base di circa 5 m e sono composte da un diverso numero di sezioni ottimizzate per lunghezza, diametro e peso dal punto di vista del peso e del trasporto.

2.1.2 Rotore e pale

Il rotore si trova all'estremità dell'albero ed è costituito da tre pale realizzate in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella; il mozzo del rotore, realizzato in ghisa sferoidale, è montato sull'albero con un attacco a flangia e le dimensioni sono sufficienti a garantire l'accesso ai tecnici durante le fasi di manutenzione.

Le pale, a profilo alare e incernierate al mozzo, hanno lunghezza massima pari ad 85.0 m; sono realizzate in fibra di vetro rinforzata con carbonio e ottimizzate per operare a velocità variabile.

2.1.3 Generatore

Il generatore trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. I giri al minuto dell'aerogeneratore, e quindi la frequenza dell'energia elettrica prodotta, sono molto variabili (come lo è la velocità del vento).

Il generatore è del tipo asincrono trifase a doppia alimentazione con rotore a gabbia, collegato alla rete tramite un convertitore di frequenza PWM che consente il funzionamento del generatore a velocità e tensione variabile, fornendo al contempo potenza costante. L'alloggiamento del generatore consente la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore. L'aria-acqua per lo scambio di calore avviene in uno scambiatore di calore esterno

2.1.4 Navicella

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore posizionato sulla cima della torre, è una cabina in cui sono ubicati tutti i componenti di un aerogeneratore ed è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata.

All'interno della navicella sono contenute le principali apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla generazione di energia elettrica.

2.1.5 Sistema d'imbardata

Negli aerogeneratori di media e grossa taglia l'esatto allineamento del rotore alla direzione del vento è un requisito essenziale per ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo, l'allineamento è garantito da un servomeccanismo, detto sistema di imbardata, mentre nei piccoli aerogeneratori è sufficiente l'impiego di una pinna direzionale. Nel sistema di imbardata un sensore, la banderuola, indica lo scostamento dell'asse della direzione del vento e aziona un motore che riallinea la navicella; essa forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento.

2.1.6 Sistema di controllo

Tutti i generatori eolici possiedono sistemi più o meno sofisticati di regolazione e controllo, in grado di adeguare istantaneamente le condizioni di lavoro della macchina al variare della velocità e della direzione dei venti.

Il funzionamento di un aerogeneratore, quindi, è regolato da un sistema di controllo che ne gestisce le diverse operazioni di lavoro e aziona il dispositivo di sicurezza per l'arresto in caso di malfunzionamento e di sovraccarico dovuto ad eccessiva velocità del vento.

2.1.7 Sistema frenante

L'aerogeneratore è equipaggiato con due sistemi indipendenti di frenata (aerodinamico e meccanico) attivati idraulicamente e interconnessi al fine di controllare la turbina in tutte le condizioni di funzionamento. Il primo viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di sovravelocità del vento e per arrestare il rotore. Il secondo viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento. Ciascun sistema, indipendentemente dall'inserimento dell'altro, è in grado di fermare la macchina.

2.2 Opere civili

2.2.1 Fondazioni

L'aerogeneratore andrà a scaricare gli sforzi su una struttura di fondazione in cemento armato, costituita da un plinto su pali. La fondazione è stata calcolata preliminarmente in modo tale da poter sopportare il carico della macchina e il momento prodotto sia dal carico concentrato posto in testa alla torre che dall'azione cinetica delle pale in movimento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione sono state eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette. Le strutture di fondazione sono dimensionate in conformità alla normativa tecnica vigente.

I plinti di fondazione sono stati dimensionati in funzione delle caratteristiche tecniche del terreno derivanti dalle analisi geologiche e sulla base dall'analisi dei carichi trasmessi dalla torre (forniti dal costruttore dell'aerogeneratore).

2.2.2 Viabilità

Le aree interessate dal parco risultano accessibili; il collegamento avviene attraverso viabilità Provinciale e Statale esistente per lo più idonea, in termini di pendenze e raggi di curvatura, al transito dei componenti necessari all'assemblaggio delle singole macchine eoliche in modo da minimizzare la viabilità di nuova costruzione. Nello specifico:

- E840-Raccordo Civitavecchia-Viterbo;
- E80;
- SP105;
- Strada provinciale Campigliola

L'ubicazione dell'impianto interessa un'area con quote variabili comprese tra 69 ed i 149 m.s.l.m. Essa si articola e caratterizza morfologicamente grazie alla presenza di una vasta vallata bonificata.

La viabilità interna al parco eolico, quindi sarà costituita da una serie di infrastrutture, in parte esistenti adeguate, in parte da adeguare e da realizzare ex-novo, che consentiranno di raggiungere agevolmente tutti i siti in cui verranno posizionati gli aerogeneratori.

La realizzazione di nuovi tratti stradali sarà contenuta e limitata ai brevi percorsi che vanno dalle strade esistenti all'area di installazione degli aerogeneratori, i percorsi stradali ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate tipo macadam (oppure cementata nei tratti in cui le pendenze diventano rilevanti) similmente alle carrarecce esistenti e avranno una larghezza pari ad almeno 4 m.

Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento, per poter essere riutilizzato nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Inoltre, per ridurre il fenomeno dell'erosione delle nuove strade causato dalle acque meteoriche, lungo i cigli delle stesse sono previste delle fasce di adeguata larghezza, realizzate con materiale lapideo di idonea pezzatura, che oltre a consentire il drenaggio delle stesse acque meteoriche, saranno di contenimento allo strato di rifinitura delle strade.

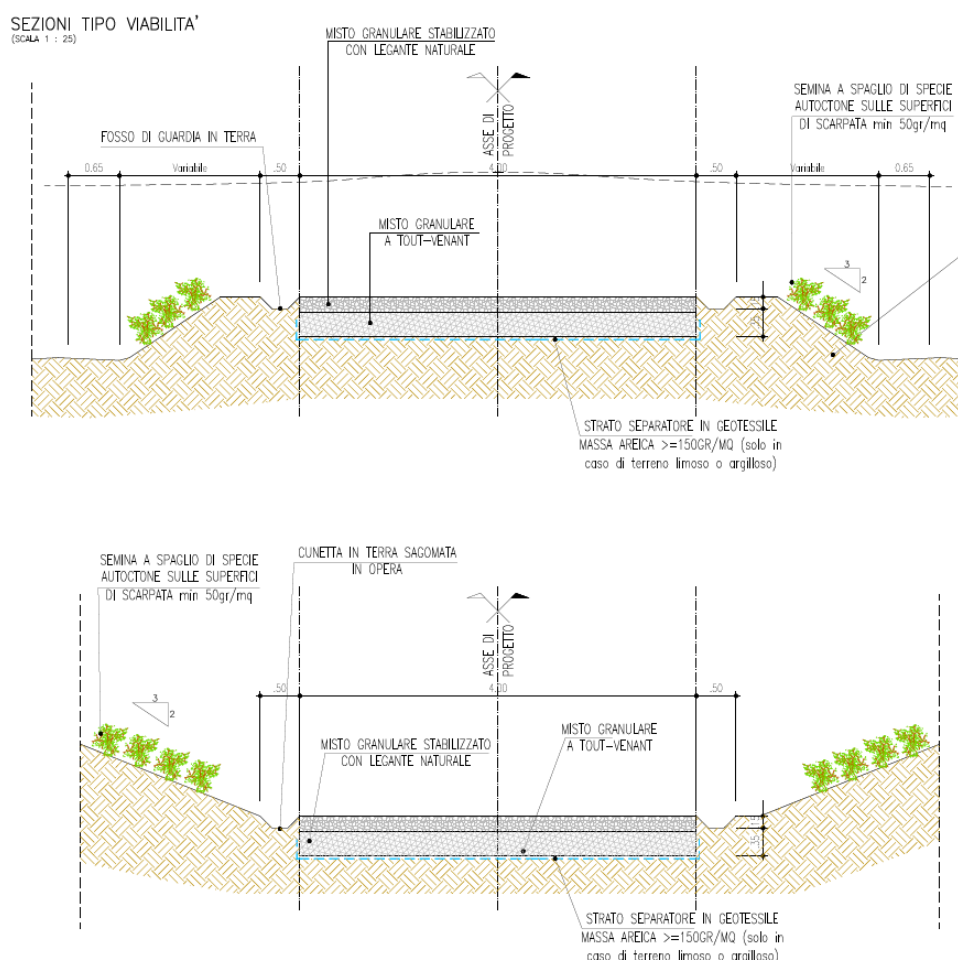


Figura 1: Sezioni stradali tipo

Nelle zone in cui le strade di progetto percorreranno piste interpoderali esistenti, ove necessario, le opere civili previste consisteranno in interventi di adeguamento della sede stradale per la circolazione degli automezzi speciali necessari al trasporto degli elementi componenti l'aerogeneratore. Detti adeguamenti prevedranno degli allargamenti in corrispondenza delle viabilità caratterizzate da raggi di curvatura troppo stretti ad ampliamenti della sede stradale nei tratti di minore larghezza. Nella fattispecie, le necessità di trasporto dei componenti di impianto impongono che le strade abbiano larghezza minima di 4 m, nei tratti in curva la larghezza potrà essere aumentata ed i raggi di curvatura dovranno essere ampi (almeno 70 m); saranno quindi necessari interventi di adeguamento di alcune viabilità presenti al fine di consentire il trasporto degli aerogeneratori.

Per quanto possibile, all'interno dell'area di intervento si cercherà di utilizzare la viabilità esistente, costituita da stradine interpoderali in parte anche asfaltate, eventualmente adeguate alle necessità sopra descritte. L'adeguamento potrà consistere:

- nella regolarizzazione e spianamento del fondo;
- nell'allargamento della sede stradale;
- nel cambiamento del raggio di alcune curve.

2.2.3 Piazzole di montaggio e di stoccaggio

Ogni aerogeneratore è collocato su una piazzola contenente la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

Le piazzole di montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori sono poste in prossimità degli stessi e devono essere realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1-2% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra. Le piazzole devono contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico e lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie). Esse devono quindi possedere i requisiti dimensionali e piano altimetrici specificatamente forniti dall'azienda installatrice degli aerogeneratori, sia per quanto riguarda lo stoccaggio e il montaggio degli elementi delle turbine stesse, sia per le manovre necessarie al montaggio e al funzionamento delle gru.

Nel caso di specie, la scelta delle macchine comporta la necessità di reperire per ogni aerogeneratore un'area libera da ostacoli costituita da:

- Area oggetto di installazione turbina e relativa fondazione (non necessariamente alla stessa quota della piazzola di montaggio);
- area montaggio e stazionamento gru principale;
- talvolta anche area di stoccaggio pale.

Tali spazi devono essere organizzati in posizioni reciproche tali da consentire lo svolgimento logico e cronologico delle varie fasi di lavorazione; inoltre è prevista un'area destinata temporaneamente allo stoccaggio delle pale e dei componenti, di dimensioni pari a circa 2500 m².

Le superfici delle piazzole realizzate per consentire il montaggio e lo stoccaggio degli aerogeneratori, verranno in parte ripristinate all'uso originario e in parte ridimensionate, in modo da consentire facilmente eventuali interventi di manutenzione o sostituzione di parti danneggiate dell'aerogeneratore.

2.2.4 Aree logistiche di cantiere

All'interno dell'area parco sarà realizzata un'area di cantiere di circa 10.000 m², utilizzata per l'installazione di prefabbricati, adibiti a uffici, magazzini, servizi etc... Le aree saranno altresì utilizzate come deposito mezzi ed eventuale stoccaggio di materiali, per lo scarico delle pale (lunghezza pale pari a 85 m).

Analogamente alcuni dei componenti dell'aerogeneratore verranno trasbordati dai convogli tradizionali e approvvigionati alle postazioni di montaggio mediante convogli più agili ovvero dotati di rimorchio semovente.

Montate le torri e installate su ciascuna delle loro sommità la navicella con il rotore e le pale, si procederà a smantellare i collegamenti ed i piazzali di servizio (opere provvisorie) in quanto temporanei. Fauna presente nell'area vasta di analisi

3 Inquadramento territoriale

3.1 Analisi climatica

La Toscana presenta una straordinaria varietà di ambienti, da quello montano (25,1% del territorio), alle colline (66,5%), alle pianure (8,4%) e alle isole dell'Arcipelago. L'ambiente montano è costituito dall'Appennino, dalle Alpi Apuane, dalle Colline Metallifere e dal M. Te Amiata. L'Appennino toscano ha una morfologia complessa, soprattutto nel settore settentrionale: il crinale principale, che demarca il versante tirrenico da quello adriatico, ha direzione NWSE ma, in qualche tratto, come ad esempio lungo la sezione Viareggio-M. Te Cimone, sono presenti altri due crinali subparalleli a quello principale, che da occidente a oriente segnano le linee di dislivello dei bacini intermontani della Garfagnana e della Val di Lima; situazioni morfo-strutturali non dissimili riguardano i bacini intermontani della Lunigiana, del Mugello e del Casentino. La complessa orografia della Toscana ha un'influenza determinante sui fenomeni meteorologici, soprattutto nella parte nord-occidentale della Regione (Rapetti F. & Vittorini S., 2012).

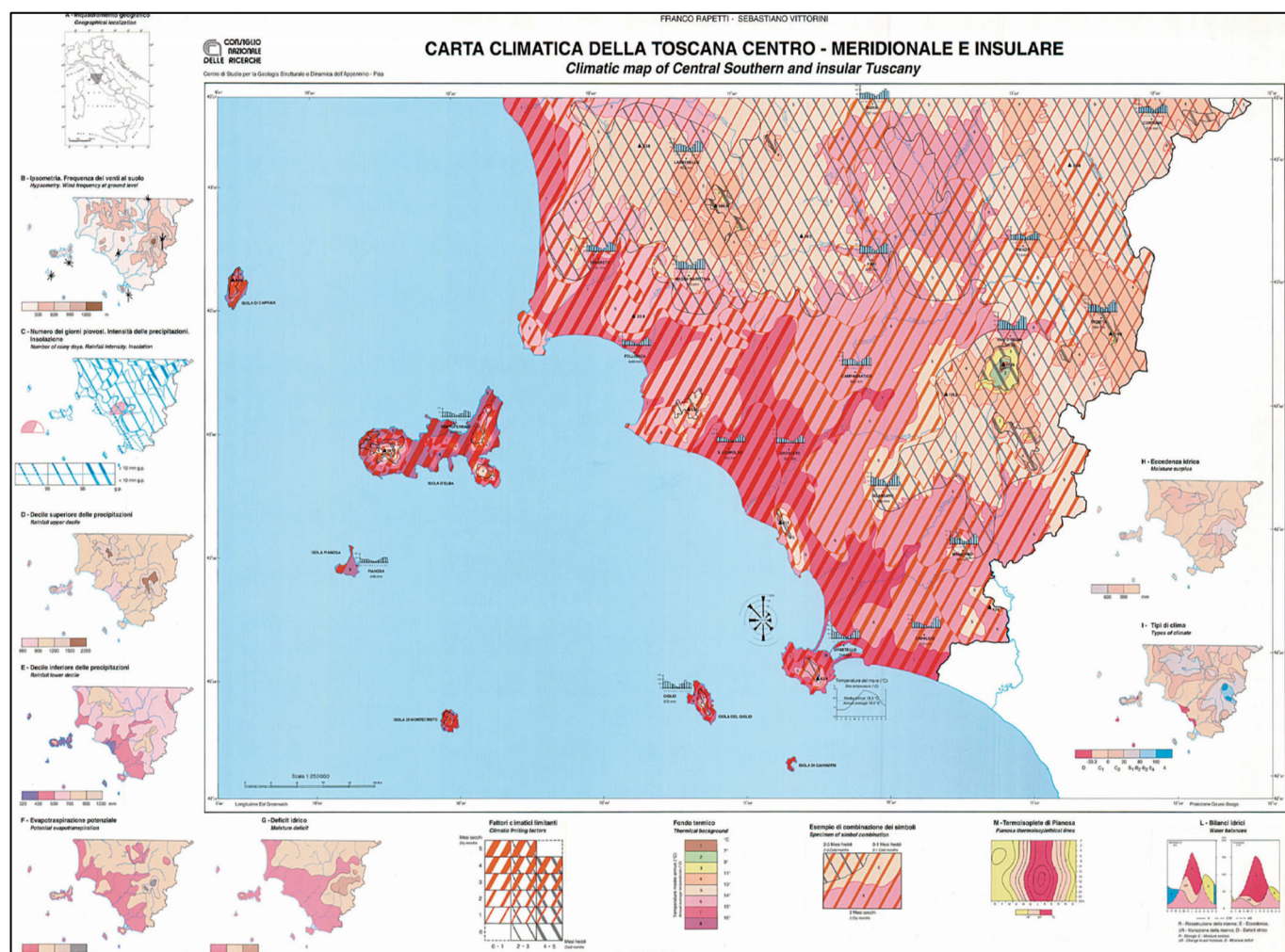


Figura 2 - Carta Climatica della Toscana centro - meridionale (Fonte: Rapetti & Vittorini, 2012)

Riguardo le temperature l'isoterma dei 14 °C penetra ancora più profondamente nel continente, risalendo le valli di tutti i principali affluenti del F. Arno, come la valle del F. Era, fin quasi a Volterra, e quella del F. Elsa, oltre Colle Val d'Elsa mentre verso oriente si spinge fino ad Arezzo; a nord del F. Arno si

incuneata nella valle del F. Serchio fino a Castelvechio Pascoli; nella Toscana meridionale racchiude un vasto territorio fino alle pendici dei rilievi più elevati, per comprendere anche il bacino idrografico del F. Orcia e tutte le aree di collina oltre i 300 metri di altitudine. L'isoterma dei 13 °C si attesta alla base dei rilievi, addentrandosi ancora più profondamente lungo le valli dei canali fluviali di basso ordine. Le colline della Toscana centrale sono comprese tra le isoterme dei 13 e degli 11 °C.

La complessa articolazione morfologica della Toscana influisce in modo determinante sulla direzione dei venti presso il suolo: al Passo della Cisa si registra una forte polarizzazione delle correnti aeree da nord-est e da sud secondo l'orientamento della Val di Magra e della valle del F. Taro; così come a Rifredo (887 m s.l.m.) presso il valico del Passo del Gogo nel Mugello, dove i venti regnanti provengono da sudovest e da nord-est, secondo la direzione del passo perpendicolare al crinale dell'Appennino. Le velocità più elevate del vento si registrano sulle maggiori vette e sul crinale principale dell'Appennino settentrionale.

Gli afflussi idrometeorici alle latitudini della Toscana sono il prodotto di molteplici e complessi fenomeni atmosferici, legati principalmente alla migrazione meridiana del fronte polare. Ne deriva un regime pluviometrico bimodale con il massimo principale in autunno o in inverno, mentre in estate, quando il Mediterraneo occidentale è sotto l'azione dell'anticiclone delle Azzorre, è presente una intensa aridità meteorologica. Questo quadro, assai schematico, si riferisce alla circolazione generale dell'atmosfera. Con maggiore dettaglio alla porzione meridionale della regione si rileva che l'isoietta dei 1.000 mm delimita, ad iniziare dall'alta Versilia, la parte settentrionale del bacino idrografico del F. Arno con limite meridionale lungo il corso del fiume, per ricomparire nella parte centro-meridionale della Regione, nei M. ti del Chianti, nelle Colline Metallifere, nel M. Te Amiata e in una piccola area sotto la cima del M. Te Capanne all'isola d'Elba. A sud del corso del F. Arno il valore delle isoiete varia dai 900 mm della parte centrale della Regione ai 600 mm del promontorio di Piombino, del M. Te Argentario e della bassa pianura del F. Ombrone grossetano.

Il numero di giorni piovosi ($P > 1$ mm/giorno) presenta una distribuzione conforme a quella della quantità delle precipitazioni. Il valore massimo si registra nell'Appennino settentrionale, nelle Alpi Apuane e nel Pratomagno, con 133 giorni a Boscolungo, 132 a Campagrina, 136 a Camaldoli; nella fascia costiera i giorni piovosi diminuiscono da nord a sud, poiché si registrano 89 giorni a Marinella e 61 di San Leopoldo, mentre nelle isole dell'Arcipelago si scende fino ai 39 giorni di Pianosa. Nella Toscana centrale il valore oscilla tra 90 e 105 giorni, con 96 giorni a Volterra, 91 a S. Giovanni Valdarno, 94 a Cortona. Il massimo numero di giorni piovosi si verifica in autunno o in inverno, seguono la primavera e l'estate.

Su scala microterritoriale, ai fini dell'inquadramento climatico della zona, si è fatto riferimento ai dati disponibili per il comune di Manciano sul sito <https://it.climate-data.org/> (cfr. Tabella 3 – principali dati climatici di Manciano - Periodo 1991 - 2021 Temperatura minima (°C), Temperatura massima (°C), Precipitazioni (mm), Umidità, Giorni di pioggia. Periodo: 1999 - 2019: Ore di sole (Fonte: <https://it.climate-data.org/>)).

Tabella 2 - temperature medie annue

Temperatura media annua	Temperatura media minima del mese più freddo	Temperatura media massima del mese più caldo
15.1°C	6.9°	24.4°

In media, la piovosità si aggira intorno agli 865 mm/anno. Le piogge sono concentrate nel periodo autunno-invernale con un massimo a novembre. Le precipitazioni nevose non sono presenti tutti gli anni e si verificano dal periodo autunnale all'inizio della primavera.

Tabella 3 – principali dati climatici di Manciano - Periodo 1991 - 2021 Temperatura minima (°C), Temperatura massima (°C), Precipitazioni (mm), Umidità, Giorni di pioggia. Periodo: 1999 - 2019: Ore di sole (Fonte: <https://it.climate-data.org/>)

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6.9	7.3	9.9	13.1	17	21.5	24.2	24.4	20.2	16.4	11.9	8.2
Temperatura minima (°C)	4	4	6.2	8.9	12.6	16.6	19.3	19.8	16.5	13.4	9.2	5.5
Temperatura massima (°C)	10.2	11	14	17.3	21.3	26	28.9	29	24.4	20.1	15	11.3
Precipitazioni (mm)	72	72	67	71	56	32	19	25	82	124	149	97
Umidità(%)	78%	75%	75%	74%	71%	66%	60%	62%	69%	77%	80%	78%
Giorni di pioggia (g.)	7	6	6	7	5	4	2	3	6	8	9	8
Ore di sole (ore)	6.0	6.8	7.9	9.9	11.3	12.5	12.6	11.5	9.6	7.4	6.2	5.9

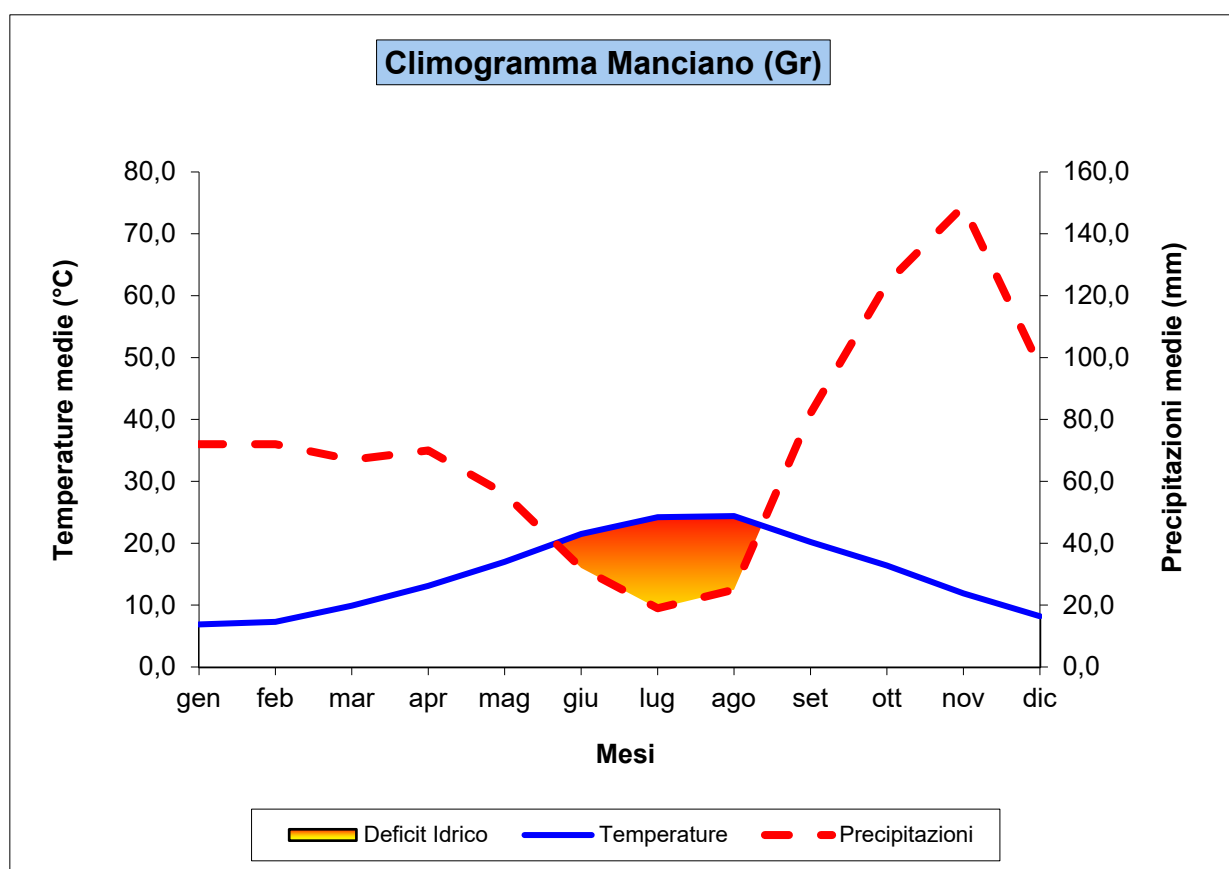


Figura 3 - diagramma di Walter e Lieth

Sulla scorta dei dati pluviometrici e termometrici a disposizione sono stati calcolati gli indici climatici pertinenti alla stazione di riferimento (il Pluviofattore di Lang, il quoziente di Emberger e l'indice di aridità di De Martonne).

Tabella 4 - Indicatori climatici

Pluviofattore di Lang	Quoziente di Emberger	Indice di aridità di De Martonne
P/T= 57.3 (Semiarido)	100 P/(M ² - m ²)= 104.8 (Umido)	P/(T+10°C)= 34.5 (Temperato Umido)

P = precipitazione media annua (mm)

M = temperatura media massima del mese più caldo (°C)

T = temperatura media annua (°C)

m = temperatura media minima del mese più freddo (°C)

Gli indicatori presi in considerazione evidenziano che la stazione è caratterizzata da un clima mediamente umido anche se con significativa aridità estiva, registrabile tra giugno e metà agosto e inverni mediamente rigidi, con buona piovosità. Riferendoci al grafico di Walter e Lieth riportato in precedenza, possiamo riferirci da un clima meso-mediterraneo, ovvero caratterizzato da un periodo secco di 3-4 mesi.

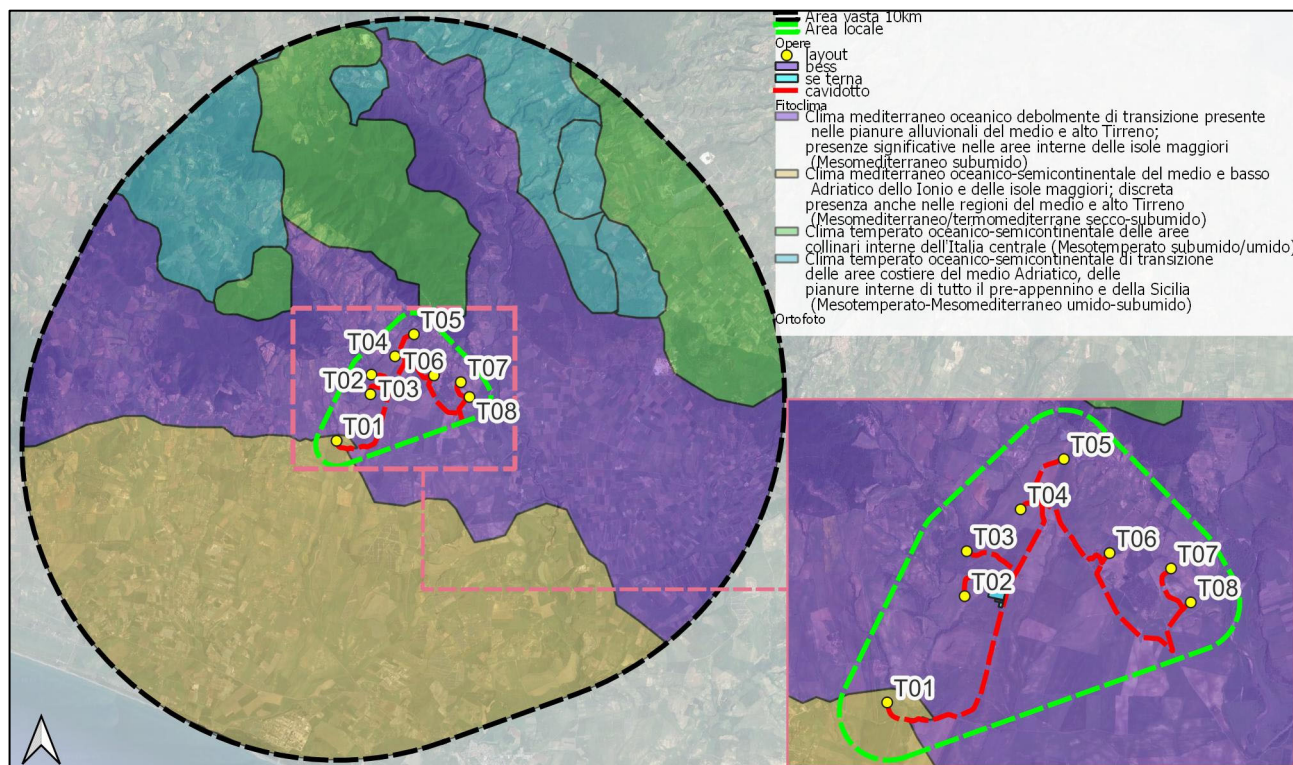


Figura 4 – Carta fitoclimatica dell'area vasta di analisi (Fonte: Geoportale Nazionale PCN)

Tali considerazioni sono confermate dai dati del Ministero dell'Ambiente (fonte: Geoportale Nazionale PCN), secondo cui siamo in area con macroclima di tipo meso-mediterraneo caratterizzato da prevalenza di Clima mediterraneo oceanico debolmente di transizione presente nelle pianure alluvionali del medio e alto Tirreno (cfr. Figura 4 – Carta fitoclimatica dell'area vasta di analisi (Fonte: Geoportale Nazionale PCN)).

3.2 Geologia e pedologia

3.2.1 Inquadramento geologico

L'area di studio ricade all'interno del Foglio Geologico 136 Tuscania scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia (Figura 2 e 3), esso ricopre la parte meridionale della regione Toscana che si estende dalla costa Tirrenica fino al Lago di Bolsena. Il Foglio può essere suddiviso in due macroaree delimitata da un lineamento immaginario con direzione di confine NW-SE. La parte ad Ovest è caratterizzata da depositi di origine sedimentaria mentre la parte ad Est è caratterizzata da depositi vulcanici che in buona parte appartengono all'apparato dei Vulsini.

I terreni di origine sedimentaria sono rappresentati dai seguenti gruppi formazionali:

- Formazioni della serie tipo Toscana che può essere completa o ridotta. Lembi di questa serie affiorano nei Monti di Manciano e della Campigliola dove risultano fagliati e ricoperti dalla serie dei flysch cretatico paleogenica.
- Formazioni del Flysch argilloso-calcareo-arenaceo del Cretaceo-Eocene. Queste Formazioni poggiano direttamente su quelle più antiche di tipo toscano. Affiorano sui Monti di Manciano e della Campigliola e in prossimità dei Monti della Tolfa

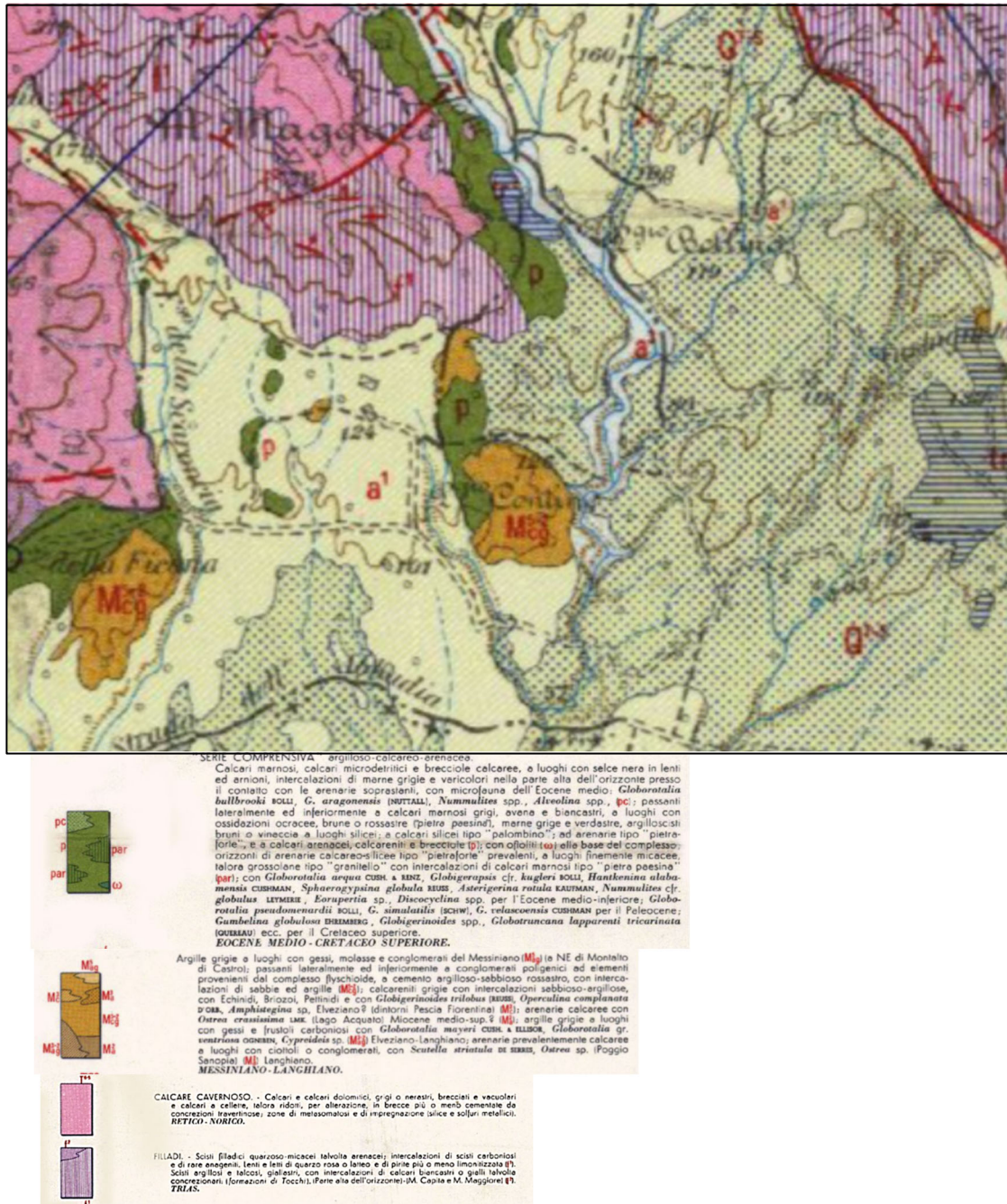


Figura 5 Stralcio carta geologica Toscana foglio 136, scala 1:100.000

- Formazioni prevalentemente argillose sabbiose e conglomeratiche, calcareo-sabbiose ed arenacee, marine subcontinentali e continentali in parte con materiale vulcanico

depositatesi nel Miocene, Pliocene e quaternario con rapporto di trasgressione sui depositi delle formazioni più antiche.

La trasgressione neogenica, i cui depositi affiorano sui Monti di Manciano, sarebbe iniziata nel Miocene inferiore e terminata nel Pliocene medio raggiungendo il massimo della sua ampiezza e profondità nella zona centrale del foglio geologico dove affiorano prevalentemente terreni pliocenici e quaternari. All'inizio del Pliocene superiore inizia una fase di regressione che continuò nel quaternario.

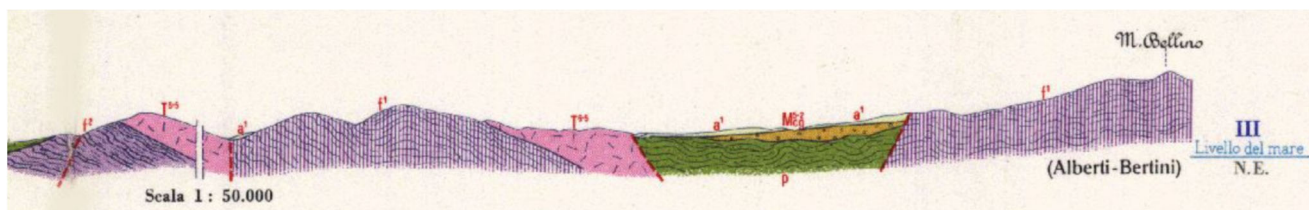


Figura 6 sezione geologica dal Foglio 136 Toscana scala 1:50.000

Le formazioni vulcaniche sono occupate in prevalenza dalle colate laviche e dai prodotti piroclastici dell'apparato dei Vulsini. Essi affiorano nei dintorni di Tuscania, dove alle vulcaniti vulsine si sovrappongono i lembi più occidentali dei prodotti dell'apparato vulcanico di Vico. Formazioni vulcaniche affiorano nei Monti della Tolfa e nelle zone limitrofe e sono rappresentate principalmente da ignimbriti e con di lave acide del complesso vulcanico tolfetano.

3.2.1.1 Assetto strutturale e lineamenti tettonici

L'area ricadente sul foglio 136 Toscana può essere distinta in tre strutture tettoniche principali ciascuna con caratteri diversi una dall'altra: strutture tettoniche delle formazioni più antiche, quelle che coinvolgono le formazioni flyschoidi e quelle delle formazioni più recenti. Le prime due sono state interessate dagli eventi deformativi più antichi che avrebbero causato lo scollamento principale in corrispondenza delle formazioni evaporitiche del Norico-Retico seguito da un altro scollamento a livello delle Marne a Posidonia. Le formazioni al di sopra del complesso evaporitico sarebbero state interessate da una tettonica compressiva che ha portato alla formazione di pieghe ne sovrascorrimenti con direttrici N-Se vergenza verso Est. Le formazioni al di sotto del complesso evaporitico sarebbero state interessate da una serie di faglie normali che hanno portato alla formazione di una fase distensiva che hanno portato alla formazione di blocchi fagliati ed inclinati (struttura toscana). Le strutture tettoniche riguardanti le formazioni più antiche affiorano in superficie solo in alcune aree come i Monti di Manciano-Campigliola e Monti di Canino.

Le formazioni più recenti sono state interessate sempre da una tettonica distensiva e caratterizzata principalmente da movimenti verticali. Esse sono rappresentate in genere da blocchi fagliati e variamente dislocati con vergenza verso E e NE. Esse si sviluppano essenzialmente secondo tre direzioni: direzione appenninica NW-SE, trasversale NE-SW e NS. La struttura più estesa è quella delle filladi di Monte Bellino, limitata a SW da una faglia con direzione appenninica (valle del tafone) a NE e ad E del corso del Fiume Fiora, impostato con ogni probabilità in corrispondenza di due principali linee di dislocazione per faglia, una con direzione NW-SE l'altra con direzione NS. All'incrocio delle suddette faglie si osserva il centro eruttivo di Monte Calvo e quello presso Ponte dell'Abbadia.

Le formazioni flyschoidi presentano caratteristiche strutturali diverse rispetto a quelle più antiche, esse sono caratterizzate da pieghe e faglie di vario tipo a causa della loro litologia. Le faglie si riescono a distinguere e cartografare in genere seguendo i contatti anomali, in genere solo dove affiorano flysch molto estesi si riesce a distinguere delle strutture chiare ed evidenti.

Nei dintorni di Manciano si osserva un accenno a strutture con direttrici NW-SE e vergenza verso NE. In tale zona gli affioramenti arenacei appaiono chiaramente sviluppati e disposti in allineamenti secondo le direzioni NWO-SE con immersioni verso NE. In quest'area si può osservare una zona tettonica rilevata rispetto alla zona depressa circostante che si raccorda con la zona litoranea. Questa zona costituisce un'area di depressione tettonica che è stata colmata dai sedimenti Neogenici e quaternari interessati da fenomeni distensivi avvenuti in età recente. I suddetti terreni sono interessati da dislocazioni per faglie, che possono essere, in parte, la ripresa di movimenti in corrispondenza di faglie di precedenti, fenomeni che hanno dato origine all'attività vulcanica e quindi alle vulcaniti quaternarie.

3.2.1.2 Stratigrafia generale dell'area

Dall'analisi della carta geologica si riporta una descrizione sintetica delle formazioni sedimentarie elencate nell'inquadramento geologico regionale generale e della relativa colonna stratigrafica che riporta i rapporti geometrici che intercorrono tra le diverse formazioni (Figura 4).

1) FORMAZIONI DELLA SERIE TOSCANA

Filladi o Verrucano: complesso di scisti filladici quarzoso micacei di colore grigio scuro stratificato e deformato. Al tetto della formazione si rinviene un orizzonte di scisti filladici argillosi e talcosi di colore giallo biancastro con intercalazione di calcari cristallini. Età: Permiano superiore-Trias superiore (f1 e f2)

Calcare cavernoso: costituito da calcari dolomitici, dolomie grigi, grigio-scuro o neri, brecciati e vacuolari. Età: Norico-Retico (T6-5)

Calcare Massiccio: calcare microcristallino compatto grigio chiaro o scuro, biancastro talora con sfumature rosate. Presenta una stratificazione evidente soltanto nella parte più alta, mentre tende a scomparire nella parte bassa. Età: Hettangiano (G1)

Rosso Ammonitico: calcare nodulare dal rosato al rosso in strati poco spessi con suture stilolitiche, presenza di lenti o liste di selce rosea o rossa. Ricca in Ammoniti. Nella serie completa si trova al tetto del Calcare Massiccio. Spessore medio circa 50 metri. Età: Sinemuriano. (G2)

Calcari selciferi: è rappresentata principalmente da calcari grigi con lenti o liste e noduli di selce rossastra, grigia o biancastra con intercalazioni di marne e argille verdastre, di calcari detritici e calcari brecciati con cemento rosso bruno. Tali calcari si presentano in strati poco spessi e hanno uno spessore tra i 200 e 250 metri. Età: Lias medio- Lias superiore. (G4-3)

Marne a Posidonia: questa formazione è rappresentata da calcari marnosi e marne scistose grigio giallastre, verdastri e rosati con rare intercalazioni di calcari finemente detritici; in strati poco spessi ed attraversati da un reticolo di fratture. Età Dogger (G8-5)

Diaspri: rappresentata da un'alternanza di diaspri neri e rosso cupo, calcari marnosi rosso in strati spessi pochi centimetri e scisti marnoso argillosi silicei in sottili livelli varicolori in prevalenza verdi e rossi. Età: Malm (G11-9)

2) GRUPPO DEL FLYSCH CRETACICO PALOGENICO

Tale gruppo risulta notevolmente diffuso nei Monti di Manciano-Campignola, esso è presente inoltre in lembi poco estesi tra le formazioni vulcaniche e sedimentarie del Neogene

Marne, argille e calcari: è rappresentato alla base da marne ed argille prevalenti in genere dal grigio al grigio-verdastro all'avana a luoghi varicolori con intercalazioni di calcari marnosi grigi o grigio-verdi a frattura concoide, di calcareniti ed arenaria grigia del tipo pietraforte. L'età di questa parte basale è riferita al Cenomaniano ed hanno uno spessore non inferiore al centinaio di metri.

Arenarie del tipo pietraforte: questa formazione è rappresentata da arenarie torbiditiche a cemento calcareo marnoso in strati e banchi di vario spessore, compatte, grigio-azzurre, oppure giallo

ocra a grana fine o media. Marne ed argille più o meno scistose e siltose grigie, avana, verdi, grigio-verdastre o grigio-nerastre. Spessore non inferiore a 300-400 metri. Età: Turoniano Campaniano (pf)

Scisti policromi: rappresentati da argille e marne più o meno scistose grigio-biancastre e verdastre, rosse e gialline, variegata con intercalazioni di calcari marnosi rosso chiaro. Sono compresi tra i diaspri a letto ed il flysch cretacico paleogenico. Spessore 20-30 metri circa. Età: Cretacico superiore. (sp)

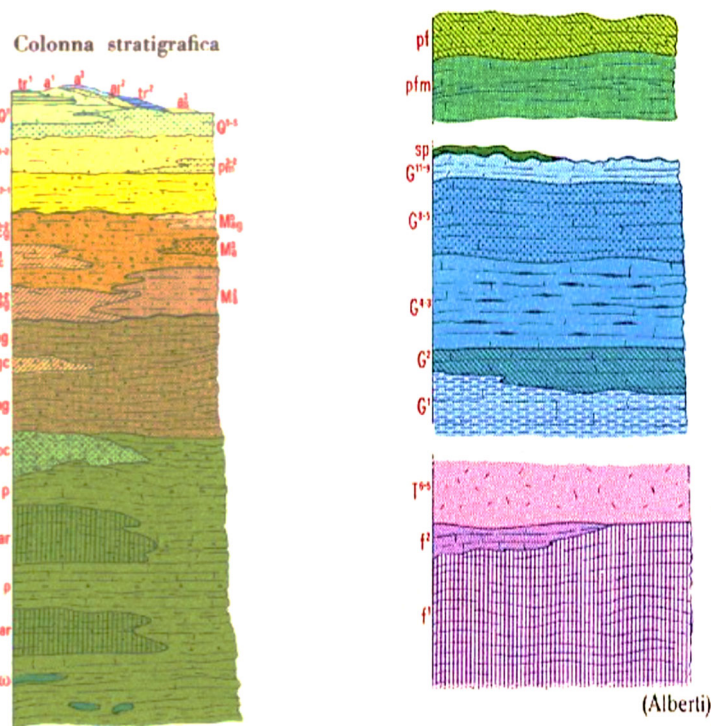


Figura 7 colonna stratigrafica dell'area e rapporti stratigrafici che intercorrono tra di loro

Flysch calcareo-argilloso-arenaceo: questa formazione è costituita da un'alternanza di calcari marnosi in strati in genere poco spessi a frattura concoide, grigi, biancastri, grigio-azzurri o grigio-verdi a luogo molto fratturati e con colorazione ocrea e calcareniti a grana media e fine passanti ad arenaria calcarea grigia avana; arenarie calcareo-quarzose grigie o avana; marne ed argille talora siltose, avana grigie rosate o biancastre; argilloscisti varicolori a luoghi con intercalazioni di calcari marnosi verdastri o di arenaria del tipo pietraforte. Spessore della serie non inferiore a 500-600 metri. Età: Senoniano-Oligocene superiore. Alla base della serie si rinvencono masse ofiolitiche di modeste proporzioni accompagnate da argilloscisti silicei e da diaspri

Arenarie di tipo Macigno: costituite da arenarie quarzoso-feldspatiche a cemento calcareo-argilloso grigio-verdastre, avana o brune in superficie per alterazione, in strati e banchi di spessore variabile con intercalazioni di marne e argille siltose; nella parte alta della formazione, calcari marnosi, calcareniti e argilloscisti grigi e avana. Spessore di circa 300 metri. Età: Eocene superiore-Oligocene.

3) DEPOSITI NEOGENICI

È rappresentato da un complesso di terreni costituiti principalmente da argille, conglomerati e calcari più o meno arenacei in parte marini e in parte continentali. Questa sedimentazione è iniziata con una trasgressione marina durante il Langhiano ed è ben visibile nei dintorni di Manciano.

Arenarie a scutella: costituita da arenarie prevalentemente calcaree di colore grigie o bruno-giallastre a stratificazione incerta. Alla base è presente un conglomerato eterogeneo fortemente cementato costituito da grossi ciottoli derivante dalla formazione fliscioide più antica. Età: Langhiano

Argille con gessi, conglomerati e arenarie: argille più o meno sabbiose, giallastre o varicolori a luoghi con gessi in cristalli sciolti, frustoli carboniosi e lignite depositatesi in ambiente salmastro-lagunare. Età: Langhiano-Elveziano

Calcari e calcareniti: calcari e calcareniti grigi e grigio-azzurri o grigio verdi con intercalazioni di sabbie argillose gialline, in strati e banchi. Età Miocene medio superiore.

Arenarie ad Ostrea: Arenarie grossolane prevalentemente calcaree grigie, giallastre o brune in superficie per alterazione con stratificazione poco evidente spesso in grossi banchi.

Conglomerati argille e sabbie: conglomerati costituiti da ciottoli provenienti dal flysch e cemento argilloso-sabbioso per lo più rossastro; stratificato e con lenti di sabbie e argille più o meno sabbiose.

Marne e argille con gessi, conglomerati e sabbie: marne e argille grigie, varicolori straterellate con frustoli carboniosi a luoghi con gesso; intercalazioni o alternanze di sabbie poco cementate o di arenarie avana o gialle e nella parte alta del complesso con conglomerati per lo più cementatiti in strati e banchi. Essi si presentano trasgressive sulle formazioni più antiche

Arenarie e calcari arenacei: Arenarie e calcari arenacei compatti di colore grigio, giallo oca e rossastre, stratificazione non evidente e sono trasgressive sul flysch cretaceo paleogenico. Età Pliocene.

Marne e argille prevalenti, conglomerati e calcari arenacei: marne e argille grigio azzurre con intercalazioni di conglomerati e sabbie verso l'alto della formazione. Spessore variabile fino a 150 metri

Conglomerati, sabbie e calcari sabbiosi: conglomerati poligenici e sabbie gialle cementati o poco coerenti intercalati od alternati ad argille grigie più o meno sabbiose prevalenti verso il basso della formazione. Lateralmente passano a calcareniti o calcari sabbiosi più o meno compatti giallo biancastri. Età: Pliocene medio- superiore.

4) DEPOSITI QUATERNARI

Il complesso è caratterizzato da depositi sia marini che continentali, i sedimenti marini e subcontinentali affiorano principalmente nella zona costiera e sono in trasgressione sui depositi più antichi

Sabbie, conglomerati, argille e marne: sabbie gialle grossolane, conglomerati avana-rossastri con materiale vulcanico; talora passanti inferiormente ad argille sabbiose e marne gialle o biancastre tripolacee con materiale vulcanico.

Sabbie, argille e calcare sabbioso: sabbie, marne ed argille con materiale vulcanico e molluschi di ambiente salmastro, passanti inferiormente a sabbie, sabbie argillose e conglomerati gialli o avana rossastri con materiale vulcanico alternati ad argille sabbiose o a calcare sabbioso conchigliare. Età: Tirreniano

Sabbie, conglomerati e argille: sabbie più o meno argillose, conglomerati gialli e rossastri ed argille con materiale vulcanico nella parte alta del complesso; si passa gradualmente da sedimenti marini alla base a quelli costieri in facies salmastra: Età: Tirreniano-Siciliano

Sabbie e conglomerati: sabbie e conglomerati più o meno argillosi e alluvionali, terrazzati con tufi vulcanici rimaneggiati. Età: Pleistocene superiore

Alluvioni, detriti e sabbie: alluvioni e detriti di falda provenienti quasi esclusivamente dalla formazione delle filladi.

Depositi alluvionali lacustri e fluvio-palustri: depositi alluvionali lacustri, fluvio-palustri recenti più o meno terrazzati ed attuali ed eluviali: conglomerati e sabbie più o meno argillose.

3.2.2 Caratteri pedologici dell'area vasta analizzata

La Regione Toscana ha provveduto ad implementare banche dati pedologiche che contengono informazioni di dettaglio sulla caratterizzazione dei suoli del suo territorio.

Sulla base del riconoscimento di caratteristiche dei suoli, partendo da una analisi delle caratteristiche morfologiche e fisiografiche, della geologia e da diverse analisi operate sulla base di criteri statistici di campionamento, e naturalmente da un approfondito studio basato su fotointerpretazione, è stata organizzata una banca dati dei pedopaesaggi, articolata su tre livelli di approfondimento.

- Pedopaesaggi – Capacità di uso dei suoli
- DataBase Pedologico in scala 1:10.000 della Regione Toscana di livello 2-3
- Progetto Carta dei suoli

In base a tali informazioni, si è provveduto a realizzare un'analisi dei pedopaesaggi dell'area vasta e, nel contempo, della capacità di uso del suolo (cfr. Figura 8 - distribuzione dei pedopaesaggi dell'area vasta di analisi (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia>).

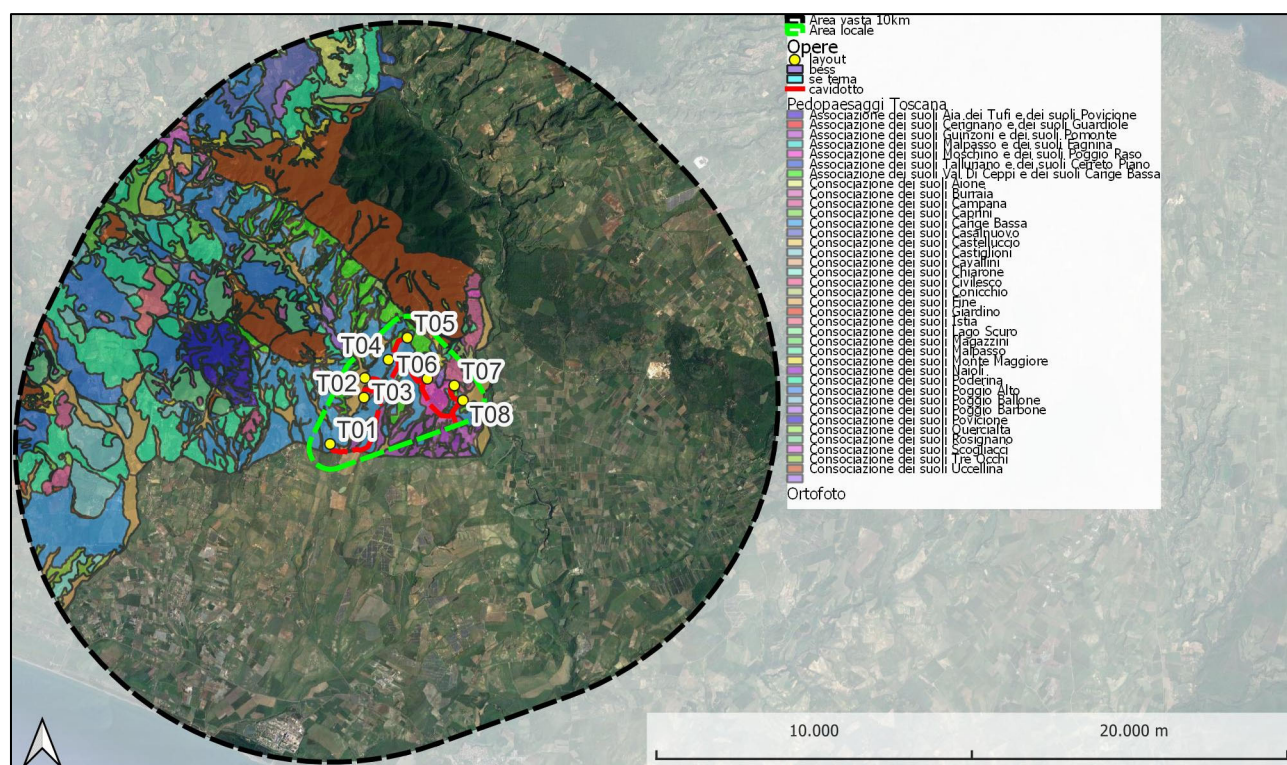


Figura 8 - distribuzione dei pedopaesaggi dell'area vasta di analisi (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia>).

Nell'area vasta di analisi, con riferimento alla porzione toscana, sono presenti 33 unità di pedopaesaggi, con rappresentatività sempre inferiore al 10%.

Le 4 classi maggiormente rappresentate (cfr. Tabella 5 - distribuzione classi dei pedopaesaggi presenti nell'area vasta di analisi (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia>) sono la "Consociazione dei suoli Carige Bassa" pari al 16.65% dell'area vasta di analisi ricadente in Toscana, "Consociazione dei suoli Poderina" (14.3%), "Consociazione dei suoli Uccellina" (13.89%) e "Consociazione dei suoli Poggio Alto" (10.83%).

Tabella 5 - distribuzione classi dei pedopaesaggi presenti nell'area vasta di analisi (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia>)

Nome unità pedopaesaggi	area (ha)	area (%)
Associazione dei suoli Aia dei Tufi e dei suoli Povicione	164,5862	1,09%
Associazione dei suoli Cerignano e dei suoli Guardiole	0,2396	0,00%

Nome unità pedopaesaggi	area (ha)	area (%)
Associazione dei suoli Guinzoni e dei suoli Pomonte	309,7510	2,05%
Associazione dei suoli Malpasso e dei suoli Fagnina	50,5662	0,33%
Associazione dei suoli Moschino e dei suoli Poggio Raso	136,3433	0,90%
Associazione dei suoli Talluriano e dei suoli Cerreto Piano	63,7308	0,42%
Associazione dei suoli Val Di Ceppi e dei suoli Carige Bassa	629,6987	4,16%
Consociazione dei suoli Aione	118,2685	0,78%
Consociazione dei suoli Burraia	164,3874	1,09%
Consociazione dei suoli Campana	302,0255	2,00%
Consociazione dei suoli Caprini	281,7152	1,86%
Consociazione dei suoli Carige Bassa	2520,5204	16,65%
Consociazione dei suoli Casalnuovo	269,8073	1,78%
Consociazione dei suoli Castelluccio	114,4209	0,76%
Consociazione dei suoli Castiglioni	524,4910	3,46%
Consociazione dei suoli Cavallini	41,9726	0,28%
Consociazione dei suoli Chiarone	64,3241	0,42%
Consociazione dei suoli Civileco	6,7102	0,04%
Consociazione dei suoli Conicchio	42,5075	0,28%
Consociazione dei suoli Fine	1113,2799	7,35%
Consociazione dei suoli Giardino	51,5207	0,34%
Consociazione dei suoli Istia	171,0932	1,13%
Consociazione dei suoli Lago Scuro	17,1728	0,11%
Consociazione dei suoli Magazzini	16,9106	0,11%
Consociazione dei suoli Malpasso	216,0203	1,43%
Consociazione dei suoli Monte Maggiore	383,9789	2,54%
Consociazione dei suoli Naioli	66,9339	0,44%
Consociazione dei suoli Poderina	2164,0350	14,30%
Consociazione dei suoli Poggio Alto	1639,0308	10,83%
Consociazione dei suoli Poggio Ballone	42,3843	0,28%
Consociazione dei suoli Poggio Barbone	42,1589	0,28%
Consociazione dei suoli Povicione	203,2632	1,34%
Consociazione dei suoli Quercialta	24,1061	0,16%
Consociazione dei suoli Rosignano	878,0477	5,80%
Consociazione dei suoli Scogliacci	48,4274	0,32%
Consociazione dei suoli Tre Occhi	86,0679	0,57%
Consociazione dei suoli Uccellina	2102,7034	13,89%
(vuoto)	63,9199	0,42%
Totale complessivo	15137,1210	100,00%

Riferendoci, invece, alla sola area locale, si evince una netta prevalenza di suoli classificati come "Consociazione dei suoli Carige Bassa", presenti su circa metà dell'area locale (46.59%).

Tabella 6 - distribuzione classi dei pedopaesaggi presenti nell'area locale (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia>)

Nome unità pedopaesaggi	area (ha)	area (%)
Consociazione dei suoli Carige Bassa	693,1861832	46,59%
Associazione dei suoli Guinzoni e dei suoli Pomonte	191,8162433	12,89%
Consociazione dei suoli Fine	185,570013	12,47%
Associazione dei suoli Val Di Ceppi e dei suoli Carige Bassa	146,1311794	9,82%

Nome unità pedopaesaggi	area (ha)	area (%)
Associazione dei suoli Moschino e dei suoli Poggio Raso	118,1861975	7,94%
Consociazione dei suoli Campana	63,81928274	4,29%
Consociazione dei suoli Monte Maggiore	26,50538434	1,78%
Consociazione dei suoli Naioli	19,33719246	1,30%
Consociazione dei suoli Uccellina	17,03260901	1,14%
Consociazione dei suoli Poderina	7,8239382	0,53%
Consociazione dei suoli Rosignano	3,622568584	0,24%
Consociazione dei suoli Conicchio	0,982362814	0,07%
(vuoto)	13,86833829	0,93%
Totale complessivo	1487,881493	100,00%

Nella porzione laziale si è provveduto a valutare i dati rinvenibili sul geoportale regionale, ove si rinviene "La Carta dei Suoli del Lazio alla scala 1:250 000". Questo è un documento di sintesi a scala regionale, organizzato secondo tre livelli gerarchici a diverso grado di dettaglio: Regioni Pedologica (SR - Soil Region), Sistemi di Suolo (SS - Soil System) e Sottosistemi di Suolo (SSS - Soil Sub System). Nel volume Atlante dei Suoli del Lazio (Napoli et al., 2019) i paesaggi e i suoli sono descritti in maniera più approfondita e per i diversi tipi di suolo (STS), oltre a sigla, diffusione e classificazione sono riportate anche le principali caratteristiche e qualità, tra cui la classe di capacità d'uso. Nella legenda estesa sono indicate anche STS secondarie meno diffuse. Nell'area vasta di analisi, riferendoci alle Regioni Pedologiche, si rinviene la prevalenza delle "Aree collinari vulcaniche dell'Italia centrale e meridionale", seguita dalle "Dorsali antiappenniniche poste al confine Tosco Laziale", "Pianure costiere tirreniche dell'Italia centrale e colline incluse. Nel Lazio comprende: depositi eolici dunari, pianure alluvionali (comprese le aree delle bonifiche), terrazzi costieri di origine marina" e da "Territori modellati artificialmente: zone residenziali, zone industriali, commerciali e reti comunicazione. Aree estrattive, discariche e cantieri. Aree verdi artificiali non agricole".

Tabella 7 – Regioni Pedologiche individuate nell'area di analisi dall'Atlante dei Suoli del Lazio (Napoli et al, 2019)

Regioni Pedologiche - descrizione	Area (ha)	Area (%)
Aree collinari vulcaniche dell'Italia centrale e meridionale.	12548,9737	43,97%
Dorsali antiappenniniche poste al confine Tosco Laziale.	1654,89690	5,80%
Pianure costiere tirreniche dell'Italia centrale e colline incluse. Nel Lazio comprende: depositi eolici dunari, pianure alluvionali (comprese le aree delle bonifiche), terrazzi costieri di origine marina.	13946,9829	48,87%
Territori modellati artificialmente: zone residenziali, zone industriali, commerciali e reti comunicazione. Aree estrattive, discariche e cantieri. Aree verdi artificiali non agricole	387,634928	1,36%
Totale complessivo	28538,4885	100,00%

Lo stesso volume individua i sistemi in cui ciascuna regione pedologica viene declinata con, in questo caso, la presenza di 12 sistemi di cui il più diffuso risulta essere "Terrazzi costieri su depositi marini e continentali di chiusura (Tarquinia - VT; Santa Marinella - RM)".

Tabella 8 - distribuzione dei sistemi di suoli dell'area vasta di analisi (Fonte ns. elab. su dati Atlante dei Suoli del Lazio).

Sistemi di suoli	Area (ha)	Area (%)
Area costiera con depositi eolici e fluviali (da Tarquinia - VT a Ladispoli - RM).	2703,1538	9,47%
Area del "plateaux" vulcanico inciso afferente agli apparati delle caldere di Bolsena, Vico e Bracciano.	4636,8173	16,25%
Caldere vulcaniche di Bolsena, Vico e Bracciano.	92,3904	0,32%

Sistemi di suoli	Area (ha)	Area (%)
Fondivalle dei corsi d'acqua secondari, fiumi e torrenti (Aniene, Fiora, ecc), con depositi fluvio-alluvionali.	1178,7083	4,13%
Rilievi collinari su alternanze calcareo-marnose.	278,3165	0,98%
Rilievi collinari su rocce metamorfiche.	1376,5804	4,82%
Rilievi montuosi costieri su alternanze pelitico-arenacee e calcareo-marnose (Tolfa VT; RM).	744,4866	2,61%
Superfici terrazzate erose e versanti su travertino e sedimenti vulcanici.	6457,7628	22,63%
Terrazzi costieri su depositi marini e continentali di chiusura (Ladispoli - RM).	212,0328	0,74%
Terrazzi costieri su depositi marini e continentali di chiusura (Tarquinia - VT; Santa Marinella - RM).	10287,3097	36,05%
Territori modellati artificialmente: zone residenziali, zone industriali, commerciali e reti comunicazione. Aree estrattive, discariche e cantieri. Aree verdi artificiali non agricole	387,6349	1,36%
Versanti delle incisioni fluviali e torrentizie su depositi marini e sedimenti vulcanici soprastanti.	183,2949	0,64%
Totale complessivo	28538,4885	100,00%

Secondo il citato Atlante questo Sistema di Suolo comprende aree costiere terrazzate poste a Nord di Roma, che vanno da Santa Marinella (RM) a Tarquinia (VT); le superfici sono state reincise e presentano andamenti pianeggianti e versanti da moderatamente a fortemente pendenti. Prevalentemente ad uso agricolo le sommità, mentre sono prevalentemente boscate i versanti delle incisioni. Le quote vanno dal livello del mare fino a circa 300 m s.l.m. Copre il 18,2% della Soil Region e il 2,641% dell'intero territorio regionale. I suoli più diffusi del sistema sono: Stet1 (*Haplic Vertisols*); Foss 1 (*Cambic Phaeozems*); Caza 1 (*Calcic Chernozems*); Ranc 1 (*Calcaric Regosols*).

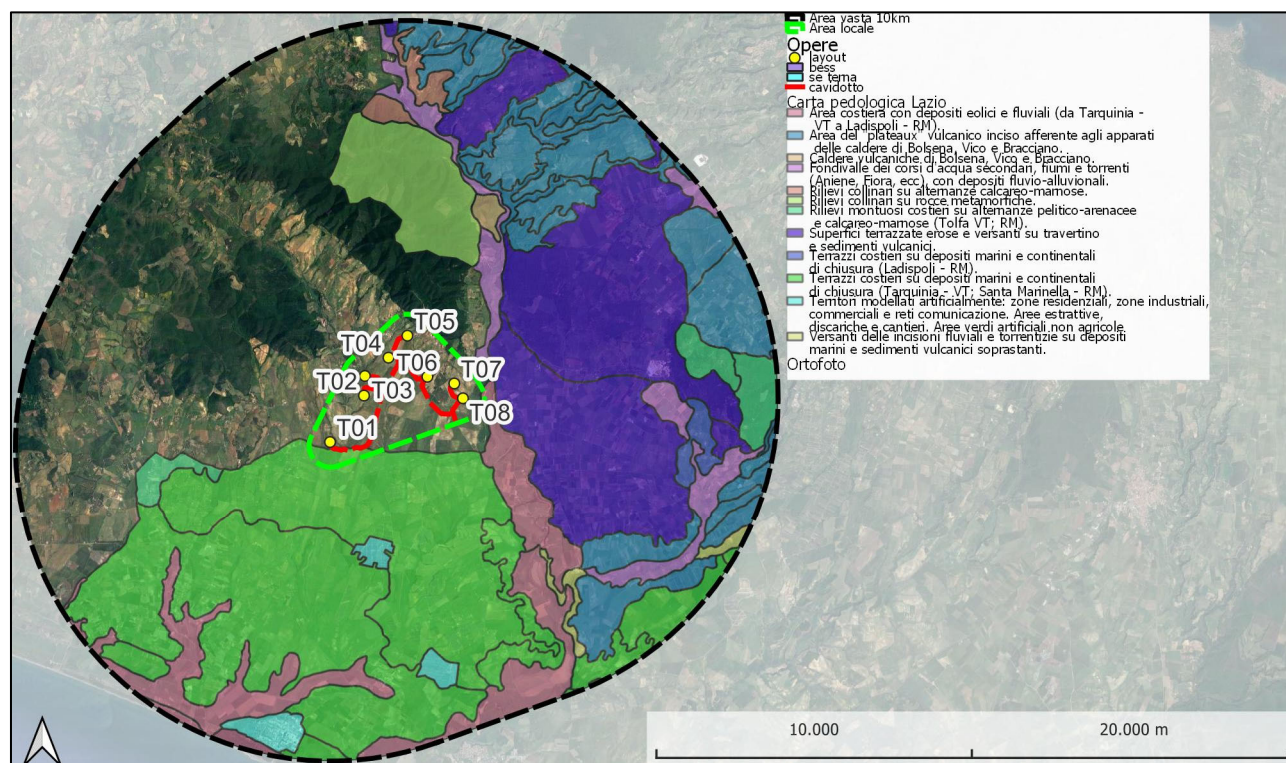


Figura 9 - distribuzione dei pedopaesaggi dell'area vasta di analisi (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia>).

4 Analisi del consumo di suolo

4.1 Occupazione di suolo agrario e/naturale

Nel presente elaborato, sia in fase di cantiere che di esercizio, le aree occupate dalle attività in progetto sono state contabilizzate valutando l'ordinamento colturale delle attività direttamente interferenti, individuate da ortofoto con la codifica di 3° livello delle Carte Uso del Suolo regionale (Toscana 2019, Lazio 2000).

La **fase di cantiere** comporta l'**occupazione temporanea di suolo** relativa ai seguenti **ingombri**:

- piazzole di montaggio e stoccaggio materiali e piazzole ausiliarie;
- adeguamenti della viabilità esistente (allargamenti) e viabilità di accesso agli aerogeneratori;
- tratti di cavidotto esterno alle piste di progetto ed alle piazzole (già computati);
- cabina di raccolta;
- impianto di accumulo;
- area di cantiere;
- porzioni residuali di terreno non più utilizzabili per la coltivazione o altri scopi a seguito della realizzazione dell'intervento, in quanto divenute difficilmente accessibili o di estensione ridotta e, quindi, tali da rendere non conveniente una futura coltivazione: si considerano non utilizzabili porzioni di territori non superiori a 0.1 ettari.

Tabella 9. Classificazione di uso del suolo degli ingombri delle opere di progetto – fase di cantiere

<i>Uso del suolo secondo la codifica Carte Uso del Suolo</i>	Piazzole [ha]	Cavidotto [ha]	Viabilità progetto [ha]	Adegua. viabilità [ha]	BESS [ha]	Cabina raccolta [ha]	Area di cantiere [ha]	Residui terreno [ha]	TOTALE [ha]	Rip. % uso suolo
1 - Territori modellati artificialmente	0.061	0.473	0.330						0.864	7.81%
11 - Zone industriali, commerciali ed infrastrutture	0.061	0.473	0.330						0.864	7.81%
112 - Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	0.061	0.473	0.330						0.864	7.81%
2 - Superfici agricole utilizzate	6.561	0.275	2.049	0.099	0.350	0.151	0.586	0.130	10.201	92.18%
21 - Seminativi	6.561	0.275	2.049	0.099	0.350	0.151	0.586	0.130	10.201	92.18%
210 - Seminativi irrigui e non irrigui	6.561	0.275	2.049	0.090	0.350	0.151	0.586	0.130	10.191	92.09%
211 - Seminativi in aree non irrigue				0.009					0.009	0.08%
3 - Territori boscati e ambienti seminaturali		0.002							0.002	0.02%
32 - Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea		0.002							0.002	0.02%
324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione		0.002							0.002	0.02%
TOTALE	6.622	0.749	2.379	0.99	0.350	0.151	0.586	0.130	11.066	100.00%
Rip. % opere civili	59.84%	6.77%	21.50%	0.90%	3.16%	1.37%	5.29%	1.17%	100,00%	

Le opere in progetto occupano circa 11.07 ha in fase di cantiere e ricadono in prevalenza su superfici agricole – seminativi (92.18%) – e strade esistenti (7.81%).

L'**occupazione di suolo in fase di esercizio** è legata agli **ingombri** di seguito riportati:

- piazzole di esercizio;
- viabilità di accesso alle piazzole definitive non incidente su viabilità esistente;
- scarpate delle viabilità di accesso e delle piazzole;

- tratti di cavidotto esterno alla viabilità di servizio ed alle piazzole (già computati) ed alla viabilità esistente (valutati solo in fase di cantiere in quanto, a lavori ultimati, sono ripristinati);
- area di sorvolo, ossia l'area sottostante gli aerogeneratori per un raggio pari alla lunghezza della pala (85 m) dal centro torre: tale zona deve essere mantenuta sgombra da vegetazione durante tutta la vita utile dell'impianto per consentire l'attività di ricerca delle carcasse di uccelli e chiropteri eventualmente impattati sugli aerogeneratori;
- cabina di raccolta;
- impianto di accumulo;
- porzioni residuali di terreno non più utilizzabili per la coltivazione o altri scopi a seguito della realizzazione dell'intervento, in quanto divenute difficilmente accessibili o di estensione ridotta e, quindi, tali da rendere non conveniente una futura coltivazione: si considerano non utilizzabili porzioni di territori non superiori a 0.1 ettari.

Tabella 10. Classificazione di uso del suolo degli ingombri delle opere di progetto – fase di esercizio

Uso del suolo secondo la codifica Carte Uso del Suolo	Piazzole [ha]	Cavidotto [ha]	Viabilità progetto [ha]	Scarpate piazzola [ha]	Scarpate viabilità [ha]	Area sorvolo [ha]	BESS [ha]	Cabina raccolta [ha]	Residui terreno [ha]	TOTALE [ha]	Rip. % uso suolo
1 - Territori modellati artificialmente			0.255		0.060	0.165			0.011	0.491	2.28%
11 - Zone industriali, commerciali ed infrastrutture			0.255		0.060	0.165			0.011	0.491	2.28%
112 - Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche			0.255		0.060	0.165			0.011	0.491	2.28%
2 - Superfici agricole utilizzate	1.253	0.124	1.605	0.226	0.885	16.044	0.350	0.151	0.165	20.802	96.70%
21 - Seminativi	1.253	0.124	1.605	0.226	0.885	16.044	0.350	0.151	0.165	20.802	96.70%
210 - Seminativi irrigui e non irrigui	1.253	0.124	1.605	0.226	0.885	16.044	0.350	0.151	0.165	20.802	96.70%
3 - Territori boscati e ambienti seminaturali		0.002				0.214			0.004	0.220	1.02%
32 - Zone boscate						0.161				0.161	0.75%
311 - Boschi di latifoglie						0.161				0.161	0.75%
32 - Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea		0.002				0.053			0.004	0.059	0.27%
324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione		0.002				0.053			0.004	0.059	0.27%
TOTALE	1.253	0.126	1.860	0.226	0.945	16.423	0.350	0.151	0.180	21.513	100.00%
Rip. % opere civili	5.82%	0.59%	8.64%	1.05%	4.39%	76.34%	1.63%	0.70%	0.83%	100,00%	

Le opere in progetto occupano circa **21.5 ha in fase di esercizio** e ricadono in prevalenza su **superfici agricole – seminativi (96.70%) – e strade esistenti (2.28%)**.

4.2 Consumo di suolo

La valutazione precedente non corrisponde all'**effettiva occupazione di suolo prodotta dall'impianto in progetto** in quanto le seguenti aree non contribuiscono al consumo di suolo:

- le superfici temporaneamente occupate in fase di cantiere (**attraversamenti del cavidotto**), soggette a completo ripristino;
- le **scarpate** a margine delle infrastrutture funzionali alla fase di esercizio, sistemate a verde;

- le **aree di sorvolo**, in quanto ricadono in prevalenza su terreni originariamente coltivati a **seminativi estensivi non irrigui** (cereali autunno-vernini da granella, con semina in autunno e raccolta all'inizio dell'estate, o erbai autunno-vernini, seminati in autunno e raccolti in primavera) in cui la ripresa dell'attività agricola/zootecnica preesistente non risulta incompatibile con la ricerca di eventuali carcasse di avifauna e chiroterri; in misura ridotta interessano **zone boschive**, tuttavia la porzione limitata (circa lo 0,75%) non compromette il risultato delle attività di survey.

La rilevazione di tali aree – coerentemente con gli ultimi orientamenti del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – risulta utile per valutare l'eventuale modifica della destinazione d'uso del suolo al fine di facilitare le operazioni di ricerca di eventuali carcasse di uccelli o chiroterri impattati sugli aerogeneratori, infatti in casi di particolare necessità è possibile prevedere la rimozione completa della vegetazione così da eliminare possibili concentrazioni di cibo o prede per le specie di avifauna e chiroterrofauna più sensibili, riducendo di conseguenza anche la loro presenza nelle vicinanze degli aerogeneratori e, pertanto, il rischio di collisione.

Il **consumo di suolo** imputabile all'impianto in fase di esercizio, considerando solo le aree strettamente funzionali alla fase di esercizio e sottoposte ad alterazione rispetto al loro originario uso, si riduce a circa **3.6 ettari**, dei quali il 93% a carico di seminativi ed il 7% ricadente su viabilità esistente; comunque, si tratta di un'occupazione **non permanente e reversibile a lungo termine** perché legata al ciclo di vita dell'impianto eolico, infatti il suolo, dopo la fase di dismissione/ripristino, riprenderà il suo originario utilizzo.

Tabella 11. Consumo di suolo in fase di esercizio

Uso del suolo secondo la codifica Carte Uso del Suolo	Piazzole [ha]	Cavidotto [ha]	Viabilità progetto [ha]	Scarpate piazzola [ha]	Scarpate viabilità [ha]	Area sorvolo [ha]	BESS [ha]	Cabina raccolta [ha]	Residui terreno [ha]	TOTALE [ha]	Rip. % uso suolo
1 - Territori modellati artificialmente			0.255		0.060	0.165			0.011	0.255	7.05%
11 - Zone industriali, commerciali ed infrastrutture			0.255		0.060	0.165			0.011	0.255	7.05%
112 - Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche			0.255		0.060	0.165			0.011	0.255	7.05%
2 - Superfici agricole utilizzate	1.253	0.124	1.605	0.226	0.885	16.044	0.350	0.151	0.165	3.359	92.95%
21 - Seminativi	1.253	0.124	1.605	0.226	0.885	16.044	0.350	0.151	0.165	3.359	92.95%
210 - Seminativi irrigui e non irrigui	1.253	0.124	1.605	0.226	0.885	16.044	0.350	0.151	0.165	3.359	92.95%
3 - Territori boscati e ambienti seminaturali		0.002				0.214			0.004		
32 - Zone boscate						0.161					
311 - Boschi di latifoglie						0.161					
32 - Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea		0.002				0.053			0.004		
324 - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione		0.002				0.053			0.004		
TOTALE	1.253	0.126	1.860	0.226	0.945	16.423	0.350	0.151	0.180	3.614	100.00%
Rip. % opere civili	34.66%		51.46%				9.68%	4.19%		100,00%	

Il progetto prevede anche il **riutilizzo del terreno vegetale e del suolo in esubero** prodotti dalle operazioni di scotico e dagli scavi in corso d'opera **nella rinaturalizzazione di una cava dismessa o di eventuali aree degradate** scelte dal comune interessato dall'intervento su una superficie pari a quella occupata dall'impianto quale **misura di compensazione** del consumo di suolo in fase di esercizio.



Figura 10– Uso del suolo, secondo CLC 2018, in fase di cantiere - montaggio e fase di esercizio

5 Intervento di ripristino, restauro compensazione ambientale

Nell'ambito delle valutazioni ambientali si è ritenuto opportuno prevedere interventi di ripristino, restauro e compensazione ambientale, oltre a valutarne gli effetti in termini di riduzione dei pur minimi impatti ambientali esercitati dal progetto. Tali interventi sono coerenti con i principi della **Restoration Ecology** (Rossi V. et al., 2002; Clewell A. et al., 2005; Pollanti M., 2010; Howell E.A. et al., 2013; IRP, 2019; Meloni F. et al., 2019; Gann G.D. et al., 2019), e fanno riferimento fondamentalmente alle seguenti azioni:

- **Per le opere funzionali alla sola fase di cantiere, i relativi ingombri saranno ripristinati all'uso originario, previo riutilizzo del suolo agrario opportunamente prelevato e stoccato in area/e dedicata/e come meglio esplicato nei successivi paragrafi;**
- **Qualora necessario, eventuali alberi spontanei asportati verranno compensati in un rapporto di 1:10**
- **Il consumo di suolo sarà compensato con un rapporto di 1:1, prelevando il suolo agrario interessato, per poi reimpiegarlo nell'ambito degli interventi descritti successivamente;**

Nella realizzazione delle azioni descritte si partirà dalla gestione del suolo, partendo dalla definizione del suolo obiettivo a cui si vuole tendere a fine ripristino, e gestendo il suolo in maniera tale da non alterarne le caratteristiche, secondo quanto indicato di seguito.

5.1 Quadro normativo di riferimento

Le **Linee Guida di cui al d.m. 10.09.2010**, pur vietando la possibilità di subordinare le autorizzazioni uniche di cui al d.lgs. 387/2003, art.12, a misure di compensazione in favore delle Regioni e delle Province (All.2, punto 1); lo stesso vale per i Comuni (All.2, punto 2), benché in sede di conferenza di servizi possano essere individuate **misure compensative, a carattere non meramente patrimoniale, a favore degli stessi Comuni e da orientare su interventi di miglioramento ambientale correlati alla mitigazione degli impatti riconducibili al progetto.**

Le stesse linee guida stabiliscono che nella definizione delle misure compensative si debba tenere conto dell'applicazione delle misure di mitigazione in concreto già previste, anche in sede di valutazione di impatto ambientale; in particolare, benché le linee guida facciano tale precisazione con specifico riguardo agli impianti eolici, l'esecuzione delle misure di mitigazione di cui all'allegato 4, costituiscono, di per sé, azioni di parziale riequilibrio ambientale e territoriale (All.2, punto 2, lett. g).

Tali misure di compensazione non possono comunque essere superiori al 3% dei proventi, comprensivi degli incentivi vigenti, derivanti dalla valorizzazione dell'energia elettrica prodotta annualmente dall'impianto (All.2, punto 2, lett. h).

A livello regionale, gli interventi di compensazione proposti possono essere inquadrati all'interno del "progetto di sviluppo locale"¹ che la Regione Basilicata ha previsto proprio nell'ambito delle misure di compensazione e di riequilibrio ambientale e, in particolare, tra gli *"interventi [...] finalizzati al miglioramento della qualità dell'ambiente e dei servizi per i cittadini"* (art.13 del Disciplinare di cui alla l.r. 1/2010, art.14, comma 2 e art.13 l.r. 8/2012, approvato con D.G.R. 2260/2010, come modificato con D.G.R. 41/2016).

¹ L.R. 1/2010, App.A, par.1.2.1.10; l.r. 8/2012, art. 13; Disciplinare ex D.G.R. 2260/2010, art. 13, come modificato dalla D.G.R. 41/2016).

Coerentemente con le citate disposizioni, a corredo dell'istanza di autorizzazione unica ex art.12 del d.lgs. 387/2003, la società proponente ha formalmente dichiarato la propria disponibilità ad eseguire, prima del rilascio dell'autorizzazione, la progettazione definitiva del progetto di sviluppo locale, di concerto con le Amministrazioni locali interessate (D.G.R. 41/2016, art. 13, comma 5), da realizzarsi comunque entro la messa in esercizio dell'impianto (D.G.R. 41/2016, art. 13, comma 5).

5.2 Valutazioni ante operam

5.2.1 Analisi della Capacità di uso del suolo

Uno degli strumenti a disposizione per valutare la qualità dei suoli è la Carta della Capacità d'uso. Con il termine "capacità d'uso" si indica la capacità del suolo di ospitare e favorire la crescita delle piante coltivate e spontanee. Ciò concerne valutazioni di produttività agronomica e forestale, oltre a valutazioni di rischio di degradazione del suolo, al fine di mettere in evidenza i rischi derivanti da usi inappropriati di tale risorsa.

L'analisi della capacità del suolo prevede la classificazione dei suoli in 8 classi, che presentano limitazioni d'uso crescenti. Le prime 4 classi sono compatibili con l'utilizzo sia agricolo che forestale e per il pascolo, oltre che per scopi naturalistici. Le classi dalla quinta alla settima escludono l'uso agricolo, mentre nelle aree appartenenti all'ottava classe non è compatibile alcuna forma di utilizzazione produttiva.

Oltre alle classi di capacità d'uso, sono state codificate le sottoclassi, che descrivono i tipi di limitazione responsabili dell'attribuzione del suolo a una determinata classe. Le sottoclassi sono contrassegnate da una lettera minuscola, che ne identifica la tipologia principale: la lettera "s" si riferisce a limitazioni strettamente pedologiche, la "w" alle limitazioni legate al drenaggio o al rischio di inondazione, la "e" e la "c" riguardano problematiche legate rispettivamente all'erosione e al clima. Per maggiore chiarezza informativa, alla lettera minuscola è stato aggiunto un numero che identifica la limitazione specifica. Per ogni unità cartografica della carta pedologica, è riportata la capacità d'uso delle principali tipologie pedologiche presenti. Per ottenere un documento più facilmente utilizzabile, operando una semplificazione è stata, inoltre, assegnata ad ogni unità cartografica una classe di capacità d'uso "di riferimento". La classe proposta per ogni unità cartografica è riferita, nel caso di presenza di suoli a diversa capacità d'uso, ai suoli nettamente prevalenti. Quando la prevalenza non è netta, è stato adottato un criterio cautelativo, assegnando all'unità cartografica la classe di capacità d'uso della tipologia pedologica più limitante.

Grazie all'analisi effettuata, è possibile valutare anche l'eventuale reimpiego di porzioni di suolo asportate durante la fase di cantiere, da utilizzare in eventuali azioni di ripristino o di compensazione ambientale, queste ultime spesso coincidenti con recupero di aree fortemente degradate da un punto di vista ambientale, come cave, discariche o aree alterate dall'azione antropica.

A tal fine si è posta maggiore attenzione nella porzione di area vasta coincidente con l'area di sito, ovvero area che ospitando gli aerogeneratori, sarà oggetto di asportazione di suolo agrario potenzialmente riutilizzabile.

Facendo riferimento a questa porzione di territorio, ricadente quasi interamente su territorio toscano, si evince che quasi tutta l'area di sito (95.90%) è caratterizzata da suoli con caratteristiche compatibili alla coltivazione, poiché ricompresi nelle classi da I a III. Solo il 3.2% dell'area locale, che inoltre non è interessata da opere, appartiene alla classe VI.

Per il Lazio la Carta della Capacità d'uso dei Suoli del Lazio (finanziata dal MiPAAF nell'ambito del Programma Interregionale "Agricoltura Qualità") è stata curata da ARSIAL (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio) su mandato regionale, in collaborazione con il Centro Ricerche Agricoltura Ambiente del CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria). La porzione laziale, pari al 5,12% dell'area locale, viene classificata come aree II-III, quindi anche in questo caso di interesse agricolo.

Tabella 12 – individuazione delle classi di capacità di uso del suolo e delle limitazioni riscontrate nell'area locale (Fonte: ns. elaborazione su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia> e <https://geoportale.regione.lazio.it>).

Classe capacità uso del suolo	area (ha)	area (%)
I	185,5700	11,83%
II	165,4684	10,55%
III	1011,0127	64,47%
IV	64,8017	4,13%
VI	47,1606	3,01%
(vuoto)	13,8684	0,88%
II-III Lazio	80,2842	5,12%
Totale complessivo	1568,1659	100,00%

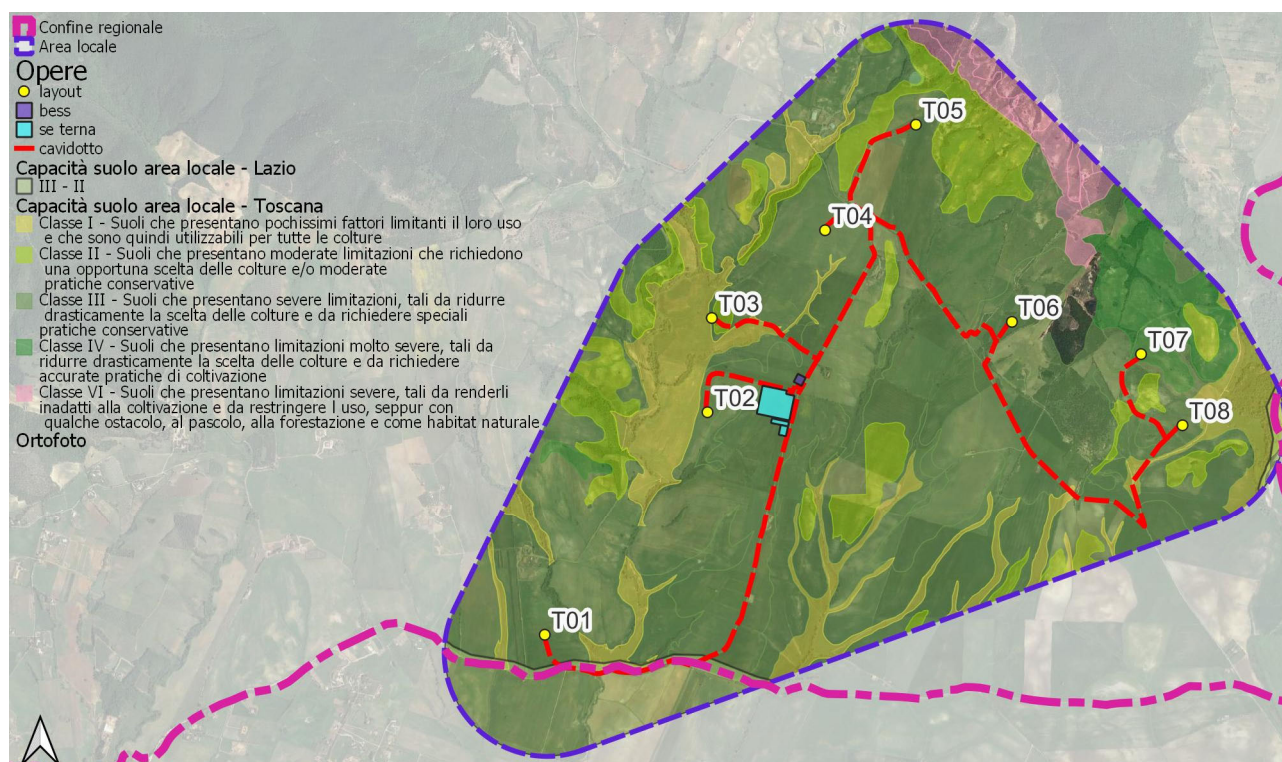


Figura 11 - individuazione delle classi di capacità di uso del suolo e delle limitazioni riscontrate nell'area locale (Fonte: ns. elab. su dati <https://www.regione.toscana.it/-/pedologia> e <https://geoportale.regione.lazio.it>).

5.3 Definizione del Suolo Obiettivo

Lo scopo fondamentale nella realizzazione di un ripristino è quello di “ottenere un suolo che sia in grado di svilupparsi attraverso i processi della pedogenesi, in maniera tale da ottenere caratteristiche idonee alle funzioni attribuitegli dal progetto. Secondo una visione conservativa si dovrebbe ottenere un suolo quanto più simile alla situazione originaria o comunque che risponda alle esigenze di utilizzo” (Meloni et al., 2019).

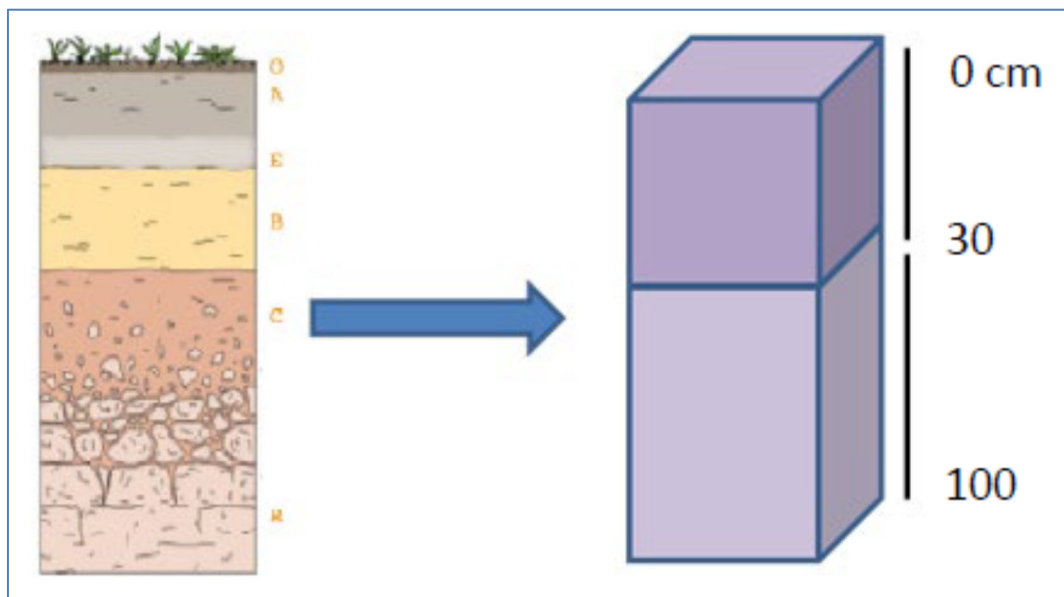


Figura 12 Schema semplificato per la ricostituzione del suolo. (in Meloni et al., 2019)

Nelle operazioni di ripristino il limite maggiore risiede nella impossibilità di riprodurre la complicazione naturale degli strati (orizzonti); ne consegue una necessaria semplificazione mediante l'impiego di uno schema (cfr. Figura 12 Schema semplificato per la ricostituzione del suolo. (in Meloni et al., 2019) che preveda due/tre pseudo-orizzonti, con funzioni di nutrizione (orizzonte A), serbatoio idrico (orizzonte B) e drenaggio e ancoraggio (orizzonte C). Generalmente il primo strato ha una profondità di circa 20-30 cm, ha un'attività biologica più elevata e rappresenta l'orizzonte più importante per lo sviluppo degli apparati radicali.

Vale la pena sottolineare che nella maggior parte dei casi, soprattutto se il suolo non è stato preventivamente asportato ed adeguatamente stoccato per il successivo reimpiego, al termine dei lavori le sue caratteristiche non rispondono ai requisiti di qualità richiesti, pertanto saranno necessari interventi correttivi con materiali organici e minerali, in modo da raggiungere i livelli minimi previsti (es. contenuto di sostanza organica, pH, ecc.).

5.3.1 Gestione del suolo durante la fase di cantiere

Valutata la possibilità di reimpiegare il suolo che, dalle analisi effettuate (cfr. Relazione Pedaagronomica redatta), è valutato con qualità medio-alta, è importante gestire quest'ultimo, nella fase di cantiere, in modo da preservarlo il più possibile dai rischi di degradazione. Questi ultimi possono essere legati, fondamentalmente, ai seguenti fattori:

- perdita di orizzonti superficiali di elevata fertilità in conseguenza di operazioni di scotico realizzate senza idoneo accantonamento e conservazione adeguata del suolo;
- inquinamento chimico determinato da sversamenti accidentali;
- perdita di suolo per erosione nelle aree limitrofe ai cantieri a causa di mancata o non idonea regimentazione delle acque di cantiere

Al fine di ridurre/eliminare tali evenienze si rende necessario porre in essere le seguenti misure:

- a. Impiego di macchinari con caratteristiche tali da ridurre fenomeni di costipamento del suolo.**
- b. Protezione del suolo e di eventuali piante in situ.** Si tratta, in buona sostanza, di:
 - proteggere il suolo dal compattamento e dall'erosione delimitando le aree oggetto di intervento mediante l'impiego di barriere geotessili e realizzando opere di regimentazione delle acque;
 - proteggere, ove necessario, la vegetazione arborea - evitando il transito di macchine a meno di 1 metro dal limite della chioma e proteggendo il suolo intorno alle piante. In particolare, potrebbe rendersi necessario scarificare il terreno troppo compatto posto a ridosso della pianta o assicurarsi che vi sia uno strato di lettiera di almeno 5-10 cm che, ove insufficiente, può essere integrato mediante pacciamatura o apporto di compost;
- c. Asportazione e conservazione del suolo agrario:**
 - questa fase deve tener conto, fondamentalmente, delle condizioni di umidità del suolo per non degradarne la struttura e quindi alterarne, in senso negativo, le caratteristiche idrologiche (infiltrazione, permeabilità) e altre caratteristiche fisiche;
 - è necessario prevedere la separazione degli orizzonti superficiali (orizzonti A generalmente corrispondenti ai primi 20-30 cm), dagli orizzonti minerali sottostanti (orizzonti B e/o C a profondità > di 30 cm);
 - inoltre, prima di passare alla fase successiva, è necessario operare una vagliatura al fine di separare il pietrame più grossolano da utilizzare come fondo del cumulo per favorire lo sgrondo dell'acqua.
- d. Stoccaggio provvisorio.** Per provvedere in maniera efficace a questa fase, fondamentale per il successivo reimpiego, si rende necessario:
 - separare gli orizzonti superficiali da quelli profondi e, eventualmente, se presenti, separare anche i materiali vegetali superficiali più o meno decomposti (lettiera) dal *topsoil*, in particolare il materiale vegetale con diametro > di 30 cm;
 - individuare una superficie di deposito – attigua alle aree di intervento – che abbia una buona permeabilità e non sia sensibile al costipamento;
 - realizzare cumuli distinti di forma trapezoidale di altezza non superiore ai 1,5-2,5 m d'altezza, rispettando l'angolo di deposito naturale del materiale e tenendo conto della granulometria e del rischio di compattamento;
 - impedire il compattamento del suolo senza ripassare con i mezzi sullo strato depositato;
 - preservare la fertilità del suolo seminando specie leguminose con possibilità di effettuare inerbimento o proteggendo i cumuli con materiale geotessile;
 - Monitoraggio di eventuali sversamenti accidentali (molto importante in questa fase).

5.3.2 Gestione del suolo al termine delle operazioni di cantiere

Nelle aree occupate temporaneamente durante la fase di cantiere che hanno subito trasformazioni temporanee, verranno rimesse in pristino al termine delle fasi di cantiere impiegando il suolo specificatamente stoccato. A tal fine bisognerà rispettare le seguenti fasi operative:

- a. **Eliminazione residui di lavorazione presenti** e dell'eventuale materiale protettivo posato sulla superficie degli orizzonti minerali;
- b. **Dissodamento del suolo** attraverso uno scasso fino a 60 – 80 cm al fine di creare una macro-porosità in grado di permettere una buona circolazione dell'aria e dell'acqua per un corretto sviluppo delle radici;
- c. **De-compattamento del suolo**, mediante l'impiego di un ripper montato su trattore, da effettuarsi solo in caso sia presente suolo molto compatto;
- d. **Posa del suolo opportunamente accantonato** avendo cura di **ridistribuire gli orizzonti nel giusto ordine per non stravolgere le caratteristiche pedologiche del suolo e compromettere l'insediamento della copertura vegetale**. A tal proposito, è fondamentale:
 - creare uno strato drenante di base utilizzando la frazione più grossolana, eventualmente impiegando lo scheletro;
 - quindi, distribuire la frazione minerale più fine o superficiale con eventuale interrimento dei sassi o utilizzo della frantumatrice;
 - al termine, distribuire il *topsoil* precedentemente ed adeguatamente conservato, oltre che in quantità sufficiente a garantire l'insediarsi di vegetazione, incorporandolo a quello dissodato (generalmente orizzonti B e/o C) con un'aratura profonda di almeno 30 cm;
 - eventualmente, operare con letamazione o concimazione minerale.

Va sottolineato che non in tutte le porzioni di seminativo da ripristinare si renderà necessario praticare tutte le fasi appena descritte. Spesso, infatti, non si rende necessario asportare preliminarmente il *topsoil* per poi ridistribuirlo, ne consegue che le opere di ripristino si concretizzeranno nel de-compattamento del suolo, seguito da concimazione e semina.

5.4 Interventi di ripristino e compensazione

Gli interventi di ripristino fanno fondamentalmente riferimento alle aree occupate temporaneamente durante la fase di cantiere, ovvero le aree risultanti dall'installazione degli aerogeneratori, dalle opere di connessione e dalla realizzazione del cavidotto.

5.4.1 Interventi di ripristino dei seminativi

Il ripristino dei seminativi necessita innanzitutto che si eviti, durante la fase di cantiere, la compattazione del suolo a seguito delle operazioni di cantiere, per via dell'impiego dei mezzi di cantiere.

Tale aspetto potrà avvenire mediante l'impiego di mezzi di cantiere di dimensioni adeguate e non sovradimensionate, preferibilmente dotate di cingoli ampi. In alternativa si potrà optare per la riduzione della pressione dell'aria negli pneumatici delle macchine: così facendo, le tracce create diventano più larghe ma meno profonde e si riduce la gravità del compattamento. Ancora, utile potrebbe essere l'impiego di macchinari dotati di ruote gemellate. Ulteriore opzione potrebbe essere quella di garantire opere di deflusso delle acque e di evitare interventi in caso di suoli eccessivamente bagnati. Inoltre si avrà

l'accortezza di non impiegare sempre lo stesso percorso da parte dei mezzi di maggiore stazza, proprio per ridurre costipamento a seguito dell'impiego dello stesso percorso.

Nei tratti ove si rende necessaria la posa in opera del suolo accantonato va posta, chiaramente, massima attenzione nelle operazioni legate al reimpiego del suolo, così come riportato in precedenza. In particolare si dovrà procedere ad una attenta **conservazione del topsoil** asportato che, inoltre, va seminato mediante impiego di **culture c.d. da "sovescio"**, ovvero leguminose erbacee capaci di aumentare, mediante fissazione dell'azoto, la fertilità del terreno. Queste colture verranno inglobate nel suolo in quanto il loro interrimento ne garantisce un obiettivo miglioramento qualitativo.

Il terreno, opportunamente pareggiato, sarà ulteriormente **ammendato** mediante impiego di concimazione (preferibilmente concime organico – letame maturo) e quindi oggetto di coltivazione.

5.4.2 Intervento di rinverdimento di area naturale e scarpate

Nelle porzioni caratterizzate da aree naturali – habitat da ripristinare e scarpate da rinverdire in aree ove non è possibile garantire coltivazione, si provvederà a ripristinare o creare porzioni invadite. Tale aspetto oltre a migliorare il livello di naturalità dell'area, consente di controllare e limitare eventuali fenomeni di dissesto localizzati, in quanto la copertura erbacea insediata garantisce una migliore protezione del suolo dal dilavamento ed una maggiore stabilità dei tratti interessati.

Le aree interessate verranno innanzitutto ripristinate con il suolo conservato o proveniente da stoccaggio, con le modalità precedentemente descritte.

Nelle porzioni da rinverdire si provvederà alla **trasemina di una miscela di semi di specie erbacee di origine locale** intenzionalmente raccolte da una prateria permanente naturale o seminaturale, mediante l'impiego di appositi macchinari (mietitrebbiatrici, spazzolatrici o aspiratori)². Per una miscela ottimale, vanno ad ogni modo considerati i seguenti fattori:

- Impiego di un miscuglio polifita (5-10 specie), che rappresenta il miglior compromesso tra costi e benefici;
- ripartizione percentuale tra graminacee e leguminose pari a 70-60% di graminacee e 30-40% di leguminose;
- impiego di specie annuali in maniera preponderante rispetto alle perennanti, in quanto le condizioni climatiche analizzate sono ad esse più congeniali. Tuttavia l'impiego di una porzione di perennanti è utile poiché queste ultime permettono di garantire una copertura vegetale del suolo stabile e duratura;
- Il miscuglio deve contenere una modesta proporzione (circa 10%) di una 'specie di copertura', ovvero una specie a rapido insediamento, in grado di coprire immediatamente il suolo per proteggerlo dalla pioggia e dal ruscellamento superficiale.

² L'utilizzo delle miscele per la preservazione è normato dalla direttiva 2010/60/UE, recepita in Italia dal D. Lgs. n. 148 del 14/08/2012. In particolare la normativa prevede che la raccolta di seme avvenga in siti con caratteristiche ben definite, detti 'siti donatori', i quali devono essere geograficamente inclusi all'interno della cosiddetta 'zona fonte', che per l'Italia coincide con i confini della Rete Natura 2000 (SIC, ZSC e ZPS). Inoltre il seme raccolto nei siti donatori può essere utilizzato e commercializzato solo all'interno delle cosiddette 'regioni di origine', ovvero aree omogenee dal punto di vista biogeografico entro le quali le miscele possono essere commercializzate. Ciò permette di evitare il trasferimento di specie o ecotipi tra due settori biogeografici completamente differenti. Più specificatamente, le miscele possono quindi essere raccolte entro la Rete Natura 2000 nei siti donatori certificati e possono poi essere utilizzate anche al di fuori della Rete Natura 2000, rispettando però i confini delle regioni di origine (Meloni et al., 2019).

5.4.3 Interventi di ripristino-compensazione di eventuali alberi espianati

Dalla relazione pedoagronomica redatta, cui si rimanda per ogni eventuale dettaglio, si evince che **le opere progettate non determinano abbattimento o dislocazione di alberi**. Tuttavia, non è possibile escludere a priori tale evenienza, che potrebbe rendersi necessaria, ad esempio, per allargamenti della viabilità che conduce all'area dell'impianto a motivo del trasporto delle componenti più ingombranti degli aerogeneratori. Di conseguenza, eventuali individui arborei oggetto di intervento, potranno essere abbattuti e successivamente sostituiti con nuove piante appartenenti alla stessa specie (o di specie autoctone, qualora appartengano a specie alloctone come, ad esempio, *Robinia pseudoacacia* o *Ailanthus altissima*) o, in alternativa, verranno espianati e ricollocati nello stesso terreno al termine delle operazioni di cantiere.

Nell'esecuzione dei lavori a ridosso degli alberi presenti, si provvederà, innanzitutto, ad evitare o, perlomeno, a ridurre al minimo il transito dei macchinari a meno di 1 metro da essi, e a valutare l'area di protezione dei singoli alberi calcolata in 6 cm dal tronco per ogni cm di diametro del fusto, ove si provvederà ad effettuare le seguenti valutazioni (si veda, a tal proposito, quanto viene riportato da https://www.conservationhalton.ca/uploads/preserving_and_restoring_healthy_soil_trca_2012.pdf):

- potatura di ricostituzione delle chiome, ove necessario (nel caso del *Cupressus sempervirens* var. *stricta*, infatti, la conformazione della chioma non necessita generalmente di tale accorgimento), finalizzata a ridurre altezza e dimensioni, favorirne l'areazione, eliminare rami e branche sovranumerari o malati, stimolarne l'attività vegetativa, modificarne la forma di allevamento (potatura di riforma). Le potature devono essere drastiche ma non eccessive al fine di conservare la struttura fondamentale e devono ricostituire nel più breve tempo possibile l'aspetto che aveva precedentemente la pianta oggetto di intervento. In particolare: Le branche non potranno essere tagliate al di sotto di 1 m dall'inserzione sul tronco e le cicatrici verranno trattate con mastice disinfettante; **in alcun caso si provvederà alla "capitozzatura" come taglio delle branche o "stroncatura" come taglio del tronco**;
- posa in opera di materiale protettivo geotessile per proteggere il suolo, a ridosso della pianta, da erosione e compattamento;
- apporto di 2-3 cm di compost seguito da uno strato di 5 cm di pacciamatura,

Per le piante per le quali si prevede la delocalizzazione si provvederà sostanzialmente al trapianto onde prevedere il reimpiego delle stesse in aree il più possibile attigue e da definire subito prima dell'inizio delle operazioni.

In particolare, si provvederà a:

- potatura della chioma funzionale al trapianto, consistente nella disinfezione mediante fungicidi delle branche sottoposte al taglio ed eventuale legatura della chioma al fine di facilitare le successive operazioni;
- scelta del sito di stoccaggio o definitivo. Dall'analisi del fondo oggetto di intervento, si è notata ad esempio la presenza di lacune nella siepe di cipressi presente lungo la via principale, probabile risultato di fallanze mai risarcite. Ciò rende possibile sia l'impiego dello stesso fondo quale sito di stoccaggio, che possibile sito di reimpiego delle piante esistenti che, in questo modo, verrebbero solo spostate di poche centinaia di metri. Tale scelta potrà essere, nel caso, valutata in seguito;
- realizzazione della buca per il trapianto e preparazione del fondo mediante miscela composta da terreno di medio impasto e torba;

- espianto mediante realizzazione di una zolla unica di dimensioni tali da garantire l'integrità dell'apparato radicale della pianta. Trapianto in un'unica operazione con un idoneo mezzo meccanico, ad esempio trapiantatrice meccanica Opitz (modelli Optimal 3.000 e Optimal 2.500 o Opitz Optimal 1.700 o minori) correttamente dimensionati in riferimento alle piante da trapiantare. Tale metodica consente di prelevare alberi con la formazione di una zolla compatta che comprenda la maggior parte possibile dell'apparato radicale e sono immediatamente trasferiti nelle nuove sedi di impianto, dove in precedenza la stessa macchina ha predisposto la buca di nuovo impianto;
- trasferimento e messa a dimora della pianta oggetto di intervento.

5.4.4 Interventi compensazione previsti

Come visto in precedenza, la realizzazione delle opere previste comportano un consumo di suolo stimato in 3,6 ha. A tal fine si provvederà ad individuare una porzione di pari superficie di terreno artificializzato da rinaturalizzare, ove si avrà il reimpiego della porzione di suolo asportato a seguito della realizzazione delle opere progettate.

Le attività di ricognizione svolte ai fini della predisposizione dello studio di impatto ambientale, oltre che le attività di monitoraggio su avifauna e chiropteri in corso, hanno rilevato la presenza di diverse superfici artificializzate che necessitano di essere rinaturalizzate. Tuttavia, in questa sede non si provvede ad individuare a priori una zona di intervento ma, piuttosto, a formulare ipotesi esemplificative della possibile modalità di scelta.

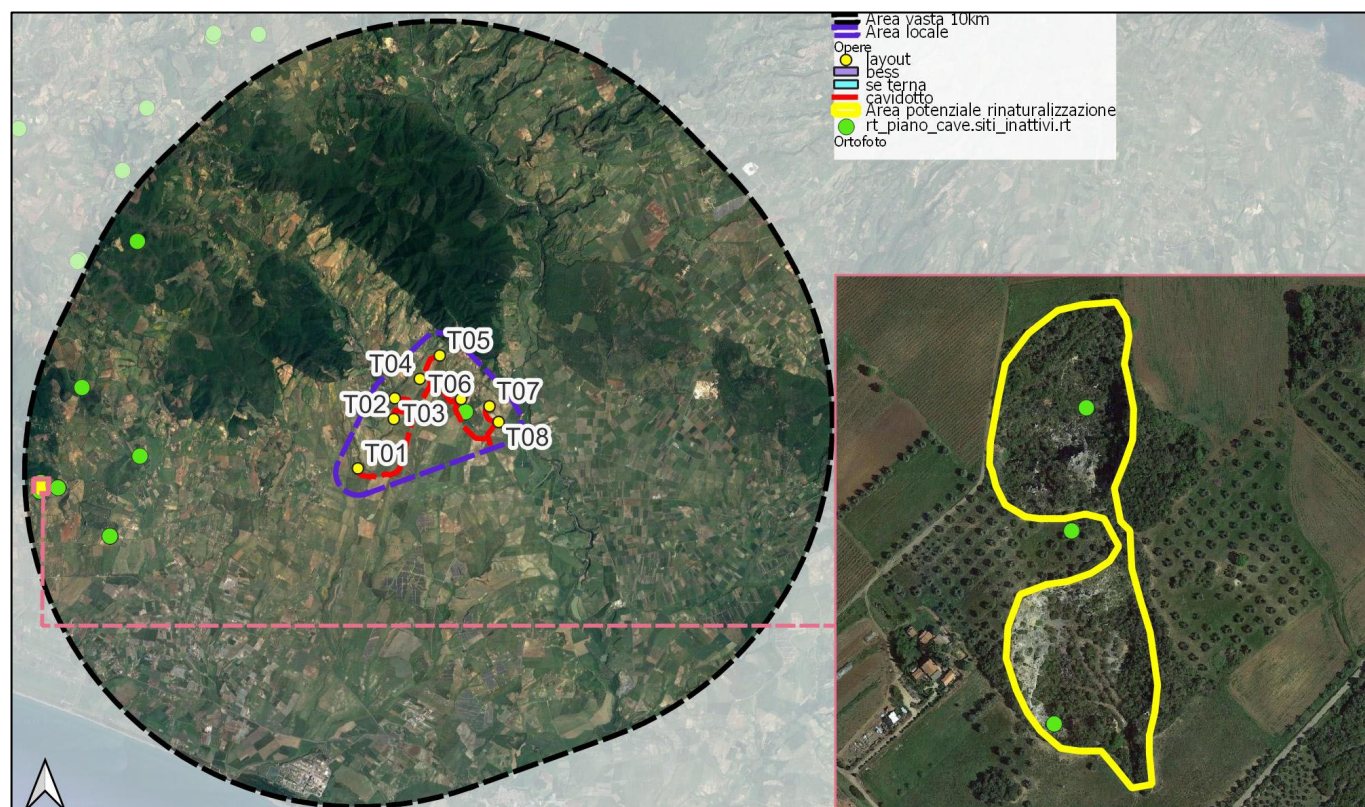


Figura 13 – esempio di porzioni di cava non più coltivate – inattive, impiegabili ai fini di rinaturalizzazione di superfici artificializzate (fonte: ns. elaborazione su dati <http://www502.regione.toscana.it/> piano cave)

L'area, infatti, sarà selezionata in sede di conferenza di servizi per l'autorizzazione alla realizzazione e all'esercizio dell'impianto ex d.lgs. n.387/2003, prioritariamente su indicazione dei comuni interessati, anche al fine di individuare situazioni di particolare criticità; in seconda battuta, si potrà optare per il recupero di cave o discariche dismesse, come ad esempio le porzioni di cava evidenziate nell'immagine riportata, sita in l.tà La Strega del comune di Capalbio, che risulta essere una porzione di cava non più attiva e ancora non completamente rinaturalizzata, stante a quanto riportato nel Piano Cave della Regione Toscana - <http://www502.regione.toscana.it/> (cfr. Figura 13 – esempio di porzioni di cava non più coltivate – inattive, impiegabili ai fini di rinaturalizzazione di superfici artificializzate (fonte: ns. elaborazione su dati <http://www502.regione.toscana.it/> piano cave)).

6 Monitoraggio

Al fine di garantire il successo degli interventi sin qui trattati, fondamentale ruolo sarà giocato dall'attuazione del monitoraggio. In particolare, per i ripristini, la capacità di utilizzo delle aree e la loro funzionalità dovranno corrispondere alla situazione *ante-operam*.

Per prima cosa verranno effettuati rilievi della vegetazione insediata, al fine di valutare dei parametri vegetazionali connessi alla riuscita dell'intervento, ovvero:

- la copertura vegetale presente, valutata nell'area di insidenza della vegetazione inserita, proiettata al terreno;
- la presenza di specie esotiche e/o infestanti, specialmente riferite alle c.d. specie ruderali;
- la biodiversità della vegetazione insediata mediante elaborazione di indici di biodiversità (Pignatti S., 1985);
- la naturalità della vegetazione, ovvero analisi della serie di vegetazione che si susseguono dopo l'avvento di un fattore di disturbo.

In particolare, è possibile stabilire la naturalità (o in modo complementare la ruderalità) della vegetazione presente in un'area oggetto di monitoraggio mediante:

- 1) **individuazione dello stadio obiettivo**, ovvero dello stadio della successione che costituisce l'obiettivo del ripristino. Se il fine del ripristino è, ad esempio, ottenere una foresta mesofila, la vegetazione obiettivo è quella dello stadio 'boschi'. Al contrario se l'obiettivo è rappresentato da una cenosi erbacea aperta, la vegetazione obiettivo coincide con lo stadio 'praterie seminaturali' e l'eventuale presenza di specie degli stadi 'arbusteti' e 'boschi' deve essere interpretata come negativa (ad es. specie favorite dall'assenza di gestione). Di conseguenza tale aspetto andrà valutato caso per caso a seconda della tipologia di intervento sottoposto a monitoraggio.
- 2) **quantificazione delle specie appartenenti a ciascuno stadio**. Sulla base dei rilievi realizzati per il monitoraggio, a ciascuna specie rilevata è possibile attribuire il proprio optimum fitosociologico, ovvero la cenosi in cui la specie si trova più frequentemente, indipendentemente che possa essere considerata specie caratteristica (in quanto esclusiva) o no (non esclusiva) di quella fitocenosi. Ciascun optimum può in seguito essere ricondotto gerarchicamente a una classe fitosociologica e, di conseguenza, ad uno stadio evolutivo. L'abbondanza delle specie che appartengono ad uno stadio piuttosto che ad un altro, avente a seconda dei casi significato negativo o positivo, può essere quantificata con due parametri, con significato complementare: (a) il numero di specie (parametro correlato al potenziale di presenza di un determinato gruppo di specie) e (b) la percentuale di copertura totale (Vacchiano et al. 2016).

Questa metodologia presenta una serie di vantaggi, tra cui principalmente la facilità di applicazione e la possibilità di personalizzare la valutazione dei risultati mediante la scelta dello stadio obiettivo. Tale metodologia è stata applicata per la valutazione della naturalità di cenosi in svariati contesti gestionali o per la valutazione dell'effetto di disturbi antropici e naturali (Meloni et al., 2019).

Il monitoraggio verrà condotto almeno semestralmente, analizzando alternativamente tutti gli interventi realizzati. In particolare, andranno condotte campagne di monitoraggio, almeno una volta per ciascun intervento, sia in primavera che in autunno, per la fase ante opera e in corso d'opera dell'impianto progettato. Per la fase di esercizio si prevede una frequenza annuale per i primi tre anni e triennale per i successivi.

Per i dettagli si rimanda al piano di monitoraggio ambientale.

7 Bibliografia

- [1] Bagnouls F., Gaussen H. (1953). Saison sèche et indice xérotermique. Doc. pour les Cartes des Prod. Végét. Serie: Généralités, 1, 1-48.
- [2] Bagnouls F., Gaussen H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. Annales de Géographie, 66, 193-220.
- [3] Banca d'Italia (2022). Economie regionali. L'economia in Toscana.
- [4] EEA – European Environmental Agency (2018). Corine Land Cover (CLC) 2018.
- [5] Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Declerck K, Dixon KW (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology 27(S1): S1–S46.
- [6] Howell E. A., J.A. Harrington, S.B. Glass (2013). Introduction to Restoration Ecology. Instructor's Manual. Island Press, Washington, Covelo, London
- [7] Klingebiel, A.A., Montgomery, P.H., (1961) - Land capability classification. USDA Agricultural Handbook 210, US Government Printing Office, Washington, DC.
- [8] IRP (2019). Land Restoration for Achieving the Sustainable Development Goals: An International Resource Panel Think Piece. Herrick, J.E., Abrahamse, T., Abhilash, P.C., Ali, S.H., Alvarez-Torres, P., Barau, A.S., Branquinho, C., Chhatre, A., Chotte, J.L., Cowie, A.L., Davis, K.F., Edrisi, S.A., Fennessy, M.S., Fletcher, S., Flores-Díaz, A.C., Franco, I.B., Ganguli, A.C., Speranza, C.I., Kamar, M.J., Kaudia, A.A., Kimiti, D.W., Luz, A.C., Matos, P., Metternicht, G., Neff, J., Nunes, A., Olaniyi, A.O., Pinho, P., Primmer, E., Quandt, A., Sarkar, P., Scherr, S.J., Singh, A., Sudoi, V., von Maltitz, G.P., Wertz, L., Zeleke, G. A think piece of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya
- [9] ISTAT (2010). Dati del 6° Censimento in Agricoltura. www.istat.it
- [10] ISTAT (2011). Dati del 15° censimento della popolazione e delle abitazioni. www.istat.it.
- [11] Meloni F., Lonati M., Martelletti S., Pintaldi E., Ravetto Enri S., Freppaz M., (2019) - Manuale per il restauro ecologico di aree planiziali interessate da infrastrutture lineari, ISBN: 978-88-96046-02-9. Regione Piemonte
- [12] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Geoportale Nazionale. <http://www.pcn.minambiente.it/PCNDYN/catalogowfs.jsp?lan=it>.
- [13] Napoli R., Paolanti M., Di Ferdinando S. (A cura di) (2019) - Atlante dei Suoli del Lazio. ARSIAL Regione Lazio. ISBN 978-88-904841-2-4.
- [14] Nappi G., Renzulli A., Santi P., Gillot P.Y. (1995) – Geological evolution and geochronology of the Vulsini Volcanic District (central Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana, 114, 599-613. Pollanti M. (2010). Linee guida per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture. ISPRA, Manuali e Linee Guida, 65.2/2010.
- [15] Pollanti M. (2010). Linee guida per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture. ISPRA, Manuali e Linee Guida, 65.2/2010.
- [16] Rapetti F. & Vittorini S., (2012). Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie A., 117-119 (2012) agg. 41-74, figg. 25, tabb. 18; doi: 10.2424/ASTSN.M.2012.27
- [17] Rossi V., N. Ardinghi, M. Cenni, M. Ugolini (2002). Fondamenti di restauro ecologico della SER. International. Gruppo di lavoro Scienza e Politica. Versione italiana – 28-3-03

- [18] Vacchiano G., Meloni F., Ferrarato M., Freppaz M., Chiaretta G., Motta R., Lonati M., (2016) - Frequent coppicing deteriorates the conservation status of black alder forests in the Po plain (northern Italy). Forest Ecology and Management 382: 31 – 38.
- [19] Walter H., Lieth H. (1960). Klimadiagramma-Weltatlas. G. Fisher Verlag., Jena.