



ENE 002a – Grosseto

Comune: Grosseto

Provincia: Grosseto

Regione: Toscana

Nome Progetto:

ENE 002a - Grosseto

Progetto di un impianto agrivoltaico sito nel comune di Grosseto in Località "Braccagni" di potenza nominale pari a 38.47 MWp in DC

Proponente:

GROSSETO GREEN POWER S.R.L.

Via Dante, 7

20123 Milano (MI)

P.Iva: 12660000964

PEC: grossetogreenpower@pec.it

Consulenza ambientale e progettazione:

ARCADIS Italia S.r.l.

Via Monte Rosa, 93

20149 | Milano (MI)

P.Iva: 01521770212

E-mail: info@arcadis.it

PROGETTO DEFINITIVO

Nome documento:

Relazione Geotecnica

Commessa	Codice elaborato	Nome file
30190245	SIA_REL_04	SIA_REL_04 - Relazione Geotecnica.pdf

Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	Dic. 23	Prima Emissione	SB	FPA	LBE

Il presente documento è di proprietà di Arcadis Italia S.r.l. e non può essere modificato, distribuito o in altro modo utilizzato senza l'autorizzazione di Arcadis Italia s.r.l.

Indice

1 INTRODUZIONE	5
2 RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	7
4 I TERRENI DELLA PIANURA DI GROSSETO	13
4.1 I TERRENI DEL SITO	13
5 GEOMORFOLOGIA GENERALE	14
6 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI SEDIME	17
7 CARICO LIMITE DELLE FONDAZIONI	19
8 CONCLUSIONI	20

Elenco Figure

Figura 1 - Inquadramento su ortofoto dell'impianto di progetto (cfr. elaborato PRO_TAV_01)	5
Figura 2 - Stralcio Carta Geologia Piano strutturale – Comune di Grosseto	12
Figura 3 - Stralcio Carta Geologica dei terreni del sito	13
Figura 4 - Il padule di Castiglion della Pescaia, da una carta del 1832. È riportato il primo diversivo costruito nel 1829-30. Si noti l'estensione del padule in rapporto agli affluenti ed al corso della Bruna, alla posizione dell'alveo principale ed alla presenza di bacini più profondi. Inoltre sono visibili il padule di Alberse e i paduli-risorgive sotto poggio Moscona.	15
Figura 5 - Stralcio Carta Geomorfologica del sito	16
Figura 6 - Stralcio Carta delle Pendenze del sito	16
Figura 7 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici	19

1 INTRODUZIONE

Il progetto proposto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale pari a **38.47 MWp** in direct current (DC) da installarsi in territorio ricadente in Regione Toscana, nel comune di Grosseto, località "Braccagni" e del relativo elettrodotto di connessione.

Il nome del progetto è **ENE 002a - Grosseto**.



Figura 1 - Inquadramento su ortofoto dell'impianto di progetto (cfr. elaborato PRO_TAV_01)

Il Soggetto Responsabile, così come definito, ex art. 2, comma 1, lettera g, del DM 28 luglio 2005 e s.m.i., è la società **Grosseto Green Power S.r.l.**, con sede legale in Milano, Via Dante 7, iscritta al Registro delle Imprese di Milano - Monza - Brianza - Lodi n. REA MI-2676149 Codice Fiscale e Partita IVA n. 12660000964.

L'impianto agrivoltaico in progetto, di potenza complessiva pari a **38.47 MWp**, occuperà una **superficie** pari a circa **57.25 Ha** e sarà connesso alla S.E. di futura realizzazione con relativo elettrodotto di connessione fino alla rete a 132 KV a SE di Terna di nuova realizzazione, di lunghezza pari a circa **7,4 km**.

I terreni interessati dall'intervento ricadono in "Aree ad esclusiva funzione agricola" nel Regolamento Urbanistico del comune di Grosseto.

La vegetazione presente in sito è caratterizzata da coltivazioni di tipo intensivo.

L'accessibilità al sito avviene da nord, tramite la SP 152 e la Strada dei Pupilli, di tipo locale e da sud, tramite la SP 152 e la strada Provinciale Bozzone, quindi le strade comunali via Vincenzo Malenchini e la Strada dei Pupilli.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'acquisizione dei dati tiene conto della vigente normativa tecnica D.M. 11.03.1988, dell'Ordinanza del P.C.M n. 3274/2003 modificata dall'Ordinanza del P.C.M n. 3431 del 03/05/0, nonché il succitato R.D. 2367/23.

Lo studio inoltre esamina i problemi geologico tecnici connessi con la fattibilità dell'intervento di progetto, con particolare riferimento a:

- D.M. 11.03.1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4 (CAPITOLO 2.7 del D.M. 14.01.2008).
- Norme tecniche per la costruzione in zona sismica, disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (D.M. 24.01.1986);
- Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008)
- (NTC 2018) di cui al DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" (GU n. 42 del 20-03-2018- Suppl. Ordinario)
- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.M. 25 ottobre 2016 "Disciplina dell'attribuzione e del trasferimento alle Autorità di bacino distrettuali del personale e delle risorse strumentali, ivi comprese le sedi, e finanziarie delle Autorità di bacino, di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'evoluzione geologica della pianura grossetana e dei rilievi circostanti del territorio comunale di Grosseto è inquadrabile nella storia geologica della Toscana meridionale, e sono riconoscibili molti dei motivi principali riguardanti la storia tettonica, le successioni delle principali unità sedimentari ed in particolare quelli riconducibili all'evoluzioni dei sistemi di pianura costiera più recente.

I motivi geologici presenti si riferiscono pertanto agli eventi che hanno determinato l'orogenesi dell'Appennino settentrionale ed ai successivi complessi processi tettonico-sedimentari. Questi, dopo la formazione delle principali dorsali, con la presenza di sistemi di falde sovrascorse, hanno veicolato dal Pliocene al Quaternario, con alterne fasi di fenomeni distensivi e compressivi, le ingressioni e le regressioni

marine. Le ultime fasi, a loro volta, hanno contribuito all'attuale struttura ed assetto geomorfologico dell'area anche con sedimentazioni neautoctone (presenti marginalmente nel territorio comunale) che costituiscono le deboli colline argillose, sabbiose e ghiaiose ciottolose, che bordano la pianura, nell'alta valle della Bruna.

A questo quadro generale fanno seguito gli intensi processi morfogenetici che hanno modellato i rilievi, con l'incisione dei versanti, l'erosione delle pendici ed il trasporto notevole dei detriti a valle.

La sedimentazione intensa ha determinato la trasformazione degli ambienti di transizione con il mare, con l'evoluzione delle lagune, delle foci fluviali, delle paludi, dei cordoni litorali e dunali, con processi attivi fino in epoca storica e recente, con le intense modificazioni prodotte dagli interventi dell'uomo, in particolare delle bonifiche.

La successione e l'assetto attuale delle unità formazionali della Toscana Meridionale sono il prodotto di una lunga e complessa storia geologica ed è qui ben rappresentata praticamente tutta l'evoluzione dell'Appennino settentrionale. Si hanno infatti strutture e motivi tettonici di fasi compressive e distensive; affiorano le unità più antiche e quelle più recenti. Si trovano depositi ed apparati vulcanici, come corpi ignei intrusivi. Da cui le diffuse ed importanti mineralizzazioni, e le attività geotermiche.

L'età delle Formazioni va dal Paleozoico al Quaternario, ma con una successione irregolare, sia per deposizione disomogenea, discontinua e con serie stratigrafiche ripetute, e soprattutto per sovrapposizione dei complessi eterogenei per motivi tettonici. In altre parole molte delle unità sono parzialmente rappresentate, sono lacunose per scollamento tettonico, talora per gli effetti della sovrapposizione da ovest delle coltri alloctone in s.s. che hanno spostato i cosiddetti terreni "autoctoni" verso est.

A tal proposito, proprio nell'area di Grosseto si può osservare che le formazioni dei complessi Liguri Cretaceo-Eocenici sono sovrapposti proprio sulle unità più antiche della serie Toscana, incompleta, dove affiora anche il basamento del Verrucano.

Quest'ultimo a testimonianza del completo denudamento tettonico. Anche laddove affiora estesamente la formazione del Macigno, nella parte sud-orientale del territorio comunale, non si rileva la serie completa della falda toscana, che invece si rileva, seppure in modo irregolare, nei vicini versanti della dorsale di Mt. Calvo nel comune di Gavorrano.

Le unità strutturali affioranti (Boccaletti et alii, 1982) appartengono pertanto al substrato paleozoico (Verrucano) delle Unità Metamorfiche Toscane, nei rilievi a nord di Grosseto, a cui sono sovrapposti i sedimenti evaporatici del triassico superiore ed i sedimenti carbonatici da Cretacico al Triassico superiore delle unità toscane. Si hanno poi lembi delle unità liguri (formazioni della unità ofiolitica della toscana meridionale) e

soprattutto delle Unità Sub-liguri. Poi si hanno i terreni marini neoautoctoni e quelli continentali post-Villafranchiani che costituiscono il litorale e la pianura.

Particolarmente importante è la struttura di faglia normale che ha determinato un notevole abbassamento del bordo occidentale che corre lungo i versanti dei rilievi a nord di Grosseto, dal Bottegone fino ai rilievi di Roccastrada.

Per quanto riguarda il rilevamento geologico dell'area in studio, come già descritto nella parte introduttiva alla relazione, sono stati considerati i limiti della cartografia geologica ufficiale, con le distinzioni sostanzialmente confermate dalle analisi della GETAS (1995). I limiti della cartografia alla scala 1:10.000 dello studio GETAS sono stati pertanto riverificati (sostanzialmente è stato fra l'altro accertato che praticamente i limiti sono quelli della cartografia ufficiale riportati e verificati al 10.000), con alcuni limitati cambiamenti e nuove informazioni riguardanti gli aspetti geostrutturali quali faglie e fratture. Come già riferito il prodotto cartografico è su base 1:10.000 vettoriale, e solo per motivi pratici è stato presentato in due fogli alla scala 1:25.000 (Fig. 1).

Sono state pertanto riportate in legenda della carta geologica del territorio comunale di Grosseto le seguenti formazioni:

Serie Toscana

V – Verrucano – (Paleozoico-Trias superiore). È una formazione geologica complessa, prevalentemente detritica ed in parte profondamente metamorfosata.

Costituita da anageniti rossicce, quarziti ed arenarie scistose chiare ("verrucano" AA), scisti filladici varicolori associati, nella parte alta della formazione.

Nei rilievi a Nord di Grosseto, dove la formazione affiora estesamente, sono individuabili tre facies tipiche:

- a) Facies conglomeratica, a ciottolati bene arrotondate di quarzo, a volte chiaro, a volte rosso- grigiastro, a volte roseo, in genere delle dimensioni di alcuni mm o alcuni cm, ma spesso anche più grossi. I vari ciottolini appaiono frequentemente interspalmati di laccature micacee, si da poter classificare la roccia come anagenite. Questa litologia affiora nei rilievi di Batignano.
- b) Litofacies arenacea, dove la stratificazione o scistosità è più evidente che nel caso precedente. Si tratta di arenarie di color giallo-ruggine o anche chiare fino a bianche, come avviene subito a nord di Batignano.
- c) Facies filladica, che manifesta in massimo grado il metamorfismo cui, come detto, tutta la formazione ha soggiaciuto. Il passaggio delle arenarie quarzose agli scisti filladici nella zona di Batignano ha luogo repentinamente ed è segnato da cambiamenti morfologici, con superfici più dolci. I colori di questa facies filladica variano dal violaceo al giallastro o grigio ferro.

Tutta la formazione ha subito una intensa storia tettonica, come fra l'altro è ben evidenziato dalla presenza di faglie e fratture riportate in cartografia. Non è pertanto possibile indicare lo spessore, che comunque è dell'ordine delle centinaia di metri. In generale si può osservare che nei rilievi in prossimità del contatto con i soprastanti calcari prevalgono gli affioramenti di facies filladica o filladico-arenacea, mentre nei rilievi più importanti a NE di Montepescali (Mt. Leoni) si ha la facies più grossolana, conglomeratica.

Infine in prossimità di Roselle si hanno alcuni lembi di affioramento del Verrucano in una particolare facies filladico-micascistosa, a struttura nodulare, associata a quarzo, anch'esso a noduletti laminari (nei paraggi di Poggio della Moscona, proprio nel colle della città etrusco-romana, all'interno della stessa cerchia di mura ciclopiche antiche).

Cv – Formazione del calcare cavernoso (Trias, Norico-retico). Dolomie scure fetide, talora ridotte in cenere, calcari cavernosi grigio-chiari, gessi intercalati.

Questo complesso si presenta in due facies non sempre distintamente cartografabili. Si tratta di calcari e calcari dolomitici, fino a dolomie vere e proprie, a struttura brecciata, caratterizzati in genere da una vistosa cavernosità derivata da azione di dissoluzione carsica a sviluppo differenziale in dipendenza del variabile contenuto di dolomite e calcite. In qualche caso si è giunti alla formazione di ceneri di dolomia, di colore grigio-scuro, che stanno a riempire i vuoti, spesso a forma di cellette, lasciati dalla dissoluzione della componente calcitica. Il Retico affiora estesamente nella zona di Montepescali ed è disseccato in blocchi da un intenso sistema di faglie. Altri affioramenti meno estesi si hanno nell'area di Poggio Moscona. Si ricorda che tale formazione è bordata da un'importante faglia che ha ribassato ad ovest l'area della pianura ed ha determinato un notevole spessore di sedimenti neoautoctoni. A questa particolare situazione di faglie profonde è riconducibile anche l'attività di quei processi che hanno determinato il recente fenomeno di sprofondamento nella pianura del Bottegone.

Cb (Cme)– Calcari dolomitici, detritico-cristallini, ben stratificati. (Norico-retico).

Si tratta di un limitato orizzonte laterale del Cavernoso, costituito da strati e straterelli, anche solo di qualche decimetro di spessore, di calcari e calcari dolomitici detritici, cui sono alternati sottili letti di arenarie e conglomerati minuti a grani di quarzo roseo o violetto. Caratteristico degli strati calcareo- dolomitici è l'aspetto quasi fibroso della frattura fresca parallela ai piani di stratificazione. Un tipico affioramento è quello nei pressi del podere Bagnolo, a nord di Roselle, spesso circa 10 metri con interstrati di arenarie grossolane a quarzo roseo. Altri affioramenti si hanno intorno al Poggio della Moscona e nei pressi della collina di Rovine di Roselle (come anche nelle mura ciclopiche del centro archeologico). In legenda della carta geologica la formazione viene assimilata a calcarei marmorei con selce e metacalcareniti grigie stratificate con liste e noduli di selce e frequenti intercalazioni marnose giallastre.

Cr – Calcari a Raetavicula (Trias Sup., Norico-Retico) Calcari neri o grigi, stratificati e con sottili intercalazioni marnose di colore giallo. Spessore circa 50 m.

Cma – Calcari Massicci (Lias Inferiore) – Calcari compatti o semicristallini, talora a struttura oolitica o pseudoolitica, di colore bianco, grigio, beige, grigio-azzurrognolo, con plaghe e nuvole a colorazione rossiccia e rosea, talora di aspetto ceroide, con venature reticolate bianche, in genere privi di stratificazioni nettamente individuabili. Frequenti tracce di gasteropodi e di altri fossili difficilmente determinabili. Affiora estesamente a Poggio di Moscona. Qui è interessato da vari sistemi di fratture o giunti di fatturazione (dominante è la famiglia di joints con Dip/Dip immersion 105/80-90), con frequenze della spaziatura di 0,5-1. Altri affioramenti si hanno presso le Rovine di Roselle, a levante di Batignano e presso Alberese. Lo spessore è di circa 200 metri. In località Montebrandoli è stato coltivato come pietra ornamentale un particolare lembo di calcari oolitici, di spessore da un minimo di pochi dm a qualche metro (max 50m di potenza) caratterizzati da una colorazione rosso-violacea.

Ra – Rosso Ammonitici (Lias inf.- Sinemuriano). Calcari e calcari marnosi con ammoniti e liste e noduli di selce rossa. Spessore di circa 10 m.

Mp – Calcari e calcari marnosi a Posidonia. (Dogger) . È presente tra Poggio Moscona e Montebrandoli, in un affioramento fortemente tettonizzato e quindi privo di assetto regolare della stratificazione. Sono in particolare dei calcari e soprattutto calcari marnosi e marne a grana fine, di colorazione rossastra o rosso fegato, con appunto abbondanti tracce di posidonie, aptici, che permettono la distinzione dalla prossima formazione degli scisti policromi.

Di – Diaspri e calcari diasprini straterellati, in genere rossicci, ricchi di radiolari (Malm) – Compaiono in piccoli affioramenti molto disturbati sia a Montebrandoli che a poggio Moscona. Difficilmente cartografabili nelle litologie circostanti aMo-cVa Serie di Montebrandoli aMo-cVa Serie di Montebrandoli, pseudoverrucano e calcari della Vacchereccia (Cretaceo sup-eocene medio). Si tratta di rocce detritiche arenaceo-conglomerati e calcareo detritica. L'affioramento più esteso si ha a SE di Poggio Moscona, ove costituisce la collina di Montebrandoli. Viene a contatto con gli scisti a Posidonia, i diaspri e gli scisti policromi. I calcari della Vacchereccia costituiscono un'associazione di calcari detritici grigio-scuri, di calcari screziati, sottilmente stratificati, con picchiettatura color sangue e con noduli di selce, e di calcari marnoso-scistosi, giallastri, talora teneri. Questi ultimi prevalgono e sono stati in parte assimilati in Sc: Scaglia Toscana, insieme alle calcareniti con nummuliti (bn) ed alle argilliti e calcari marnosi (sca).

sq-sp – Scisti policromi (Paleocene-Eocene) – Marne scistose scagliose, varicolori prevalentemente rosse e rosso-vinaccia, a cui si alternano sottili livelli calcarei, in genere ricche di microfaune. Affiora esclusivamente presso Poggio Moscona, e si presenta tettonizzato ed impastato in una zona di faglia.

bn – Nummulitico (Eocene medio e sup.) -Calcari neri, reticolati da calcite bianca, ben stratificati in straterelli di pochi dm di spessore con ricca fauna a macroforaminiferi. Affiora in lembi sempre a Poggio Moscona e Batignano.

Mg – Arenarie quarzoso-feldspatiche, a cemento argilloso-siliceo e talora, subordinatamente, calcitico (Macign) – Oligocene. Si tratta di un flysch torbiditico, con arenarie a granulometria gradata e con sottili intercalazioni siltoso-marnose che localmente possono raggiungere notevole consistenza fino a diventare prevalenti. In superficie si presentano notevolmente alterate fino a dar luogo ad estese coltri detritiche sabbioso-limose. La formazione affiora estesamente nell'area orientale e sud orientale del comune di Grosseto in rilievi collinari a debole morfologia.

Complessi Liguri

Asf – Complesso di argiloscisti (Eocene) – Argiloscisti prevalentemente grigio-scuri, con patine manganesifere, associati a calcari arenacei compatti nerastri e ricchi di vene di calcite spatca. In questa unità sono inglobate altre unità formazionali.

ca – Alberese (Eocene) – Flysch calcareo marnoso prevalente. Calcari marnosi chiari. Più o meno compatti, marnoscisti e più raramente argiloscisti indistinguibili da quelli della formazione asc. Fanno parte di questa formazione lenti più o meno estese e potenti di brecciole a calcari fini (bca). La frazione carbonatica è prevalente ed a luoghi dominante.

Queste due unità affiorano in prevalenza nei rilievi dell'Uccellina ed alcuni affioramenti, in particolare quelli argillitici, si trovano ad est di Rispecchia, sopra il Macigno, ed a Montebrandoli.

Ciclo neogenico- Terreni quaternari

Tutti i terreni neoautoctoni corrispondono a sedimentazione recente che ha costituito il sistema della pianura costiera e delle pianure e fondovalli minori. Sono distinte le seguenti unità:

Q – Alluvioni terrazzate antiche- Costituite da ciottolami poligenici sciolti o poco cementati; ciottoli con dimensioni variabili da qualche mm ad alcuni cm. Lo spessore è limitato ad alcuni metri.

q – Alluvioni terrazzate recenti – Argille ed argille sabbiose con intercalati livelli di sabbie e di ghiaie più o meno cementate i cui ciottoli hanno dimensioni variabili da qualche mm a diversi cm.

Alluvioni recenti ed attuali distinte in:

Acg - Argille sabbioso-ciottolose, in assetto generalmente rilevato rispetto ai terreni tipici di bonifica (non quelli cosiddetti di gronda). Si tratta di materiale grossolano ghiaioso e talora ciottoloso immerso in matrice sabbioso-argillosa, quest'ultima a luoghi prevalente.

As – Limi sabbioso-argillosi, che costituiscono la fascia di deposizione attuale del fiume Ombrone, in parte controllata dalle arginature.

Ag – Ghiaie in matrice argillosa. Presenti al margine settentrionale della pianura del Bruna e in lembi

limitati presso l'Ombrone. Depositi costituiti da argilla e limo e rari ciottoli di varia dimensione.

aa - Argille e limi argillosi. Corrispondono a zone di colmata naturale (alluvioni in s.s.) o indotta.

d – Sabbie sciolte del litorale e delle dune costiere e dell'area deltizia. Costituiscono cordoni continui di dune che bordano la linea di costa. Depositi sabbiosi a granulometria medio-fine in parte sciolti ed in parte fissati dalla vegetazione della pineta. Morfologicamente rilevati rispetto ai limitrofi terreni di bonifica.

tr- Travertini. Affiorano nella fascia poco a sud di Bagni di Roselle e sono rappresentati da farine calcaree poco coerenti e da concrezioni; si trovano intercalati ai depositi alluvionali e detritici e sono in relazione con la risalita di acque idrotermali dal substrato.

dt – Detrito. Clasti lapidei di differente dimensione inglobati in matrice sabbioso-limoso e subordinatamente argillosa.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla tettonica, in carta, rispetto alla documentazione ufficiale, sono state riportate alcune linee di faglia nell'area di Braccagni e nell'area di Roselle rilevate da foto aerea e/o desunte da interpretazione geologica relativa a ricerche in corso.

L'analisi delle strutture disgiuntive risulta importante nella successiva elaborazione delle litologie presenti soprattutto nel quadro della classificazione a fini idrogeologici, che trova rappresentazione nella carta della permeabilità.

4 I TERRENI DELLA PIANURA DI GROSSETO

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico generale dei terreni dell'area di Grosseto, si rimanda all'elaborato SIA_REL_03.

4.1 I TERRENI DEL SITO

Nello specifico l'area in cui verrà collocato l'impianto agrivoltaico, è caratterizzata da due formazioni Quaternarie (Fig. 2):

Alluvioni di natura argillosa (ag): depositi alluvionali in prevalenza di limo e argilla, mal cementati con rari ciottoli di varia dimensione, cartografabili nel settore settentrionale della piana alluvionale. Il grado di cementazione è basso ma può migliorare con la profondità.

Plaghe ghiaioso-sabbiose (acg): depositi di origine fluviale granulometricamente grossolani, costituiti da ghiaie e ciottoli immersi in una matrice sabbioso-argillosa; sono spesso lievemente emergenti dalla pianura.

Nell'Allegato SIA_TAV_34 (Carta Geologica) e nell'Allegato SIA_TAV_35 (Sezioni Geologiche), sono rappresentate graficamente i terreni affioranti nell'area di interesse.

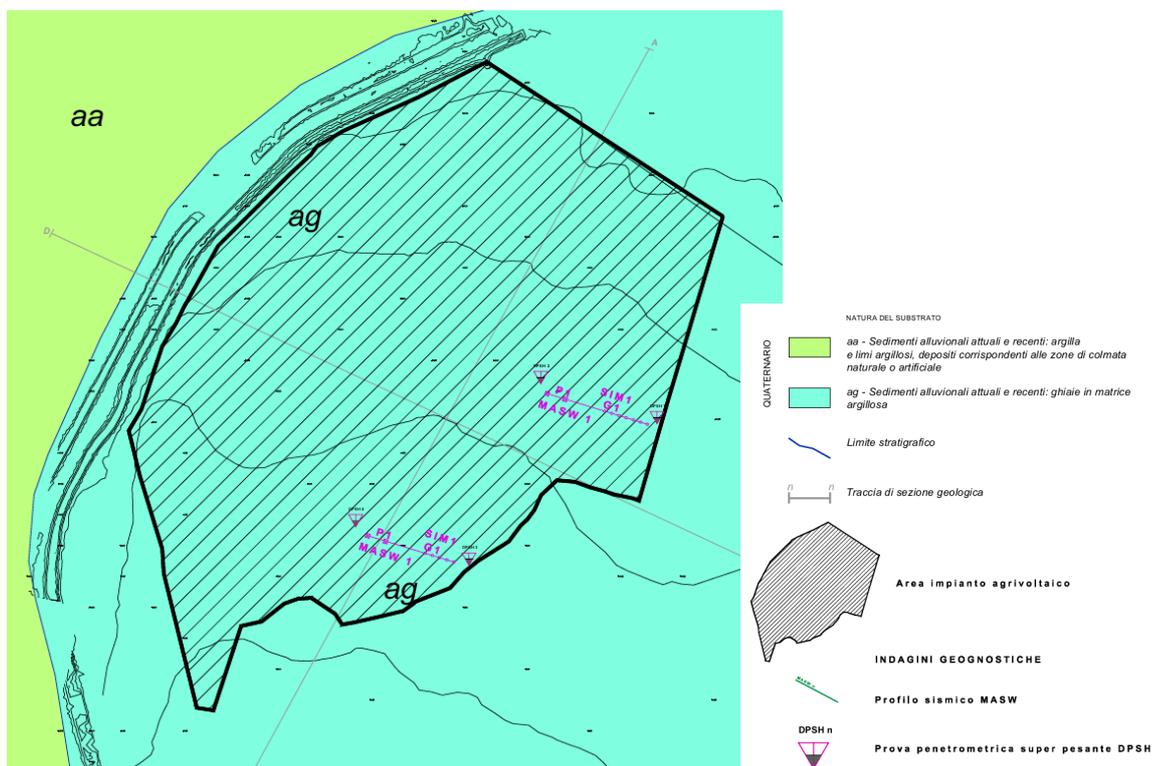


Figura 3 - Stralcio Carta Geologica dei terreni del sito

5 GEOMORFOLOGIA GENERALE

L'area su cui si intende realizzare l'impianto agrivoltaico è ubicato a NE della Città di Grosseto, nella piana della Frazione di Braccagni (Gr). L'aspetto morfologico dell'intera area, come ogni altro luogo, è direttamente influenzato da diversi fattori che concorrono all'alterazione, disgregazione e demolizione dei materiali affioranti ed al loro deposito.

I fattori principali sono il clima (piovosità, venti dominanti, ecc.), l'esposizione rispetto al Nord, la presenza di vegetazione e l'azione antropica (urbanizzazione, scavi, riporti).

Questi fattori agiscono, in maniera più o meno importante e quasi sempre in concomitanza, sui terreni che offrono una minore o maggiore resistenza; la natura litologica, la stratificazione e la consistenza dei terreni agiscono da controllo sull'evoluzione morfologica, determinandone la velocità d'avanzamento.

L'area oggetto di studio è interessata da affioramenti di unità geologiche quaternarie in cui i rapporti litologici, stratigrafico - stratimetrici e di permeabilità, sono differenti ed agiscono con entità e direzione diverse in funzione delle siffatte caratteristiche (Fig. 4 e Fig. 5). Gli aspetti geomorfologici generali del territorio della pianura di Grosseto sono stati ampiamente trattati in letteratura, e si rimanda in particolare alle note contenute nel libro sulla Toscana meridionale (AA.VV. Storia naturale della Toscana meridionale, 1993), alle analisi descrittive del PTC, nonché alle relazioni prodotte nell'ambito degli studi al piano strutturale.

Le analisi geomorfologiche hanno in particolare riguardato l'individuazione delle forme, sia di erosione che di deposito, legate a precisi processi morfogenetici. L'indagine è stata impostata sulla base dello studio e della presa visione, delle tavole alla scala 1:10.000 redatte dalla GETAS di Pisa. In particolare, oltre all'utilizzo dello studio geologico redatto per la stesura del Piano Strutturale di Grosseto, si è provveduto anche ad un controllo tramite foto aeree, al fine di individuare nuovi elementi morfologici intervenuti negli ultimi anni.

Particolare attenzione è stata data alle condizioni geologiche e geomorfologiche del territorio in esame, ai processi morfogenetici in un contesto che più in generale riguarda il sistema pianura ed il sistema dei canali e delle differenti aree prodotte dalla storia delle bonifiche.

Alle luce delle suddette considerazioni si può affermare che non sono presenti fenomeni attivi cartografabili, ma le considerazioni utili alla valutazione geoambientale si ritrovano in documenti di sintesi della evoluzione che ha avuto la pianura nella storia (si veda la carta elaborata da Ciampi e Marcaccini, allegata al quadro conoscitivo, ove sono riportati i limiti delle aree umide ancora oggi ricostruibili dalla lettura stereoscopica delle foto aeree e confrontabili con quelle riportati nella carta storica in figura 4).

Infine nell'Allegato SIA_TAV_37 (Carta Geomorfologica) e SIA_TAV_38 (Carta delle Pendenze), sono rappresentate le forme morfologiche e le relative percentuali di pendenze, presenti nell'areale ed è riportata la rete drenante e scolmante del sistema delle bonifiche della pianura.

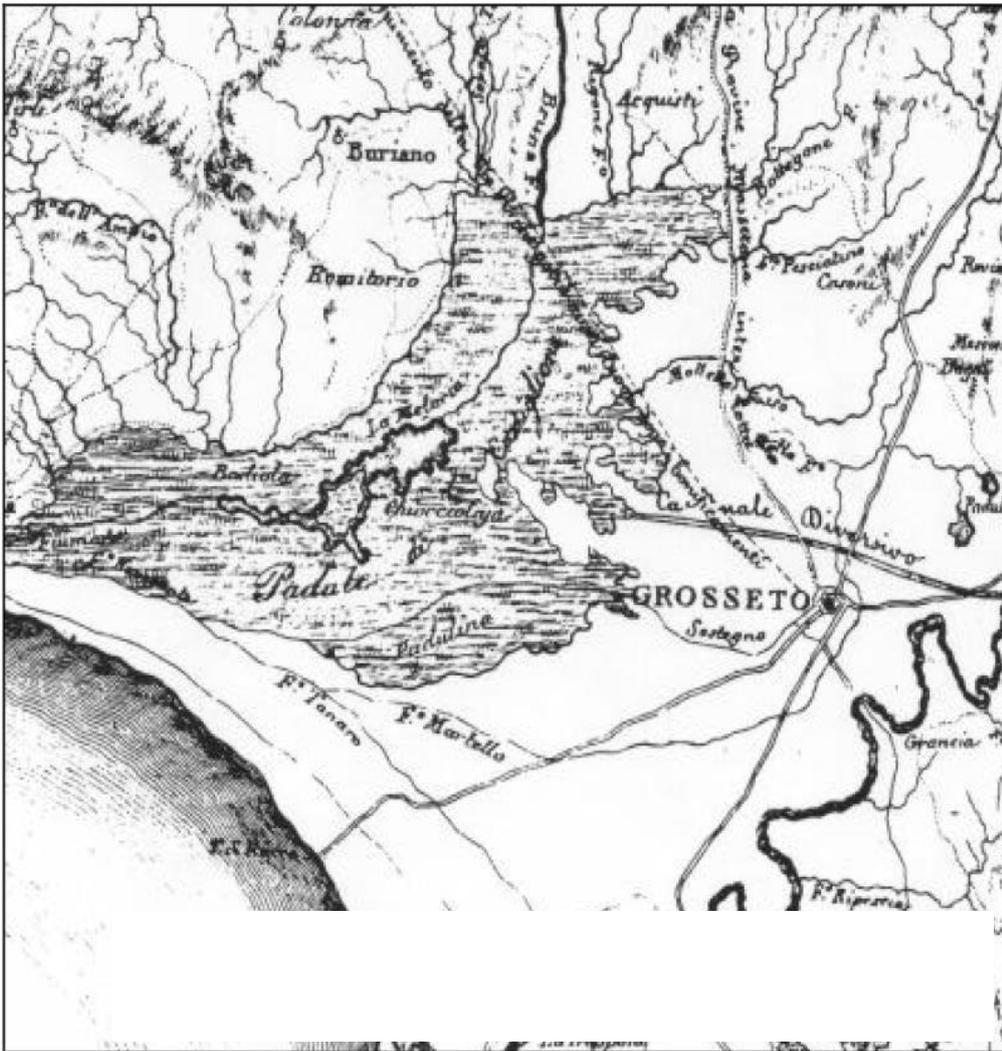


Figura 4 - Il padule di Castiglione della Pescaia, da una carta del 1832. È riportato il primo diversivo costruito nel 1829-30. Si noti l'estensione del padule in rapporto agli affluenti ed al corso della Bruna, alla posizione dell'alveo principale ed alla presenza di bacini più profondi. Inoltre sono visibili il padule di Alberse e i paduli-risorgive sotto poggio Moscona.

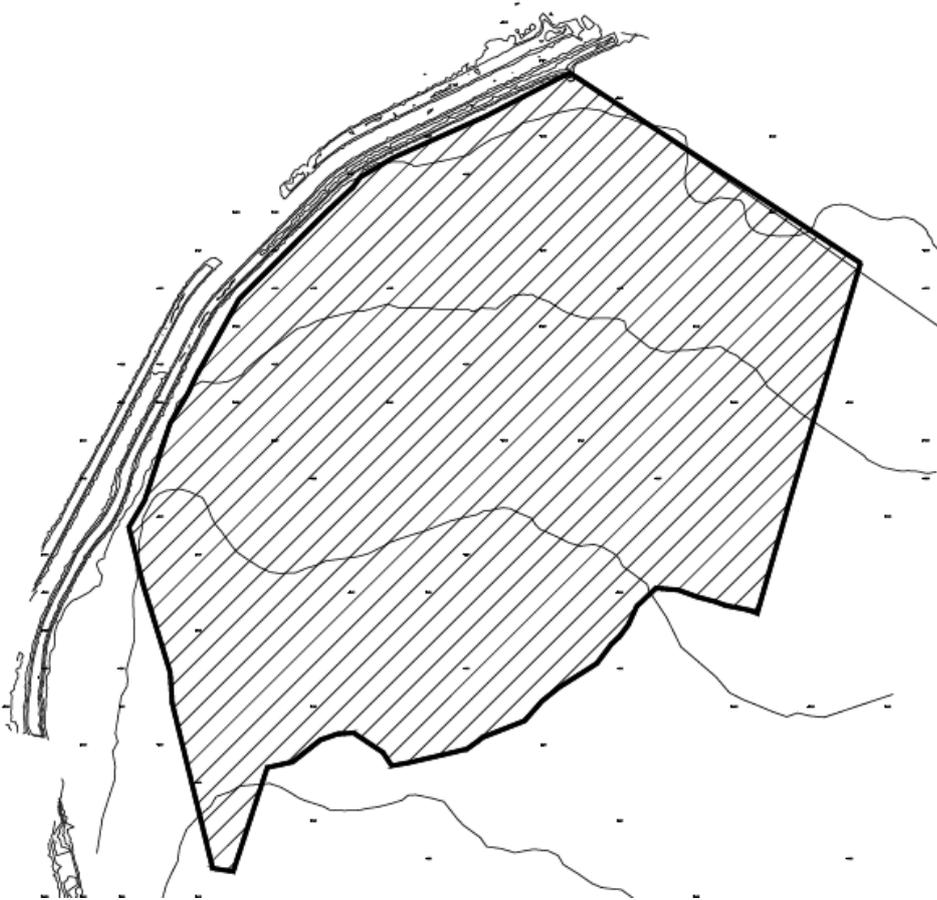


Figura 5 - Stralcio Carta Geomorfologica del sito



Figura 6 - Stralcio Carta delle Pendenze del sito

6 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI SEDIME

Anche se le lavorazioni previste nel progetto non implicano importanti interazioni con i terreni costituenti il substrato, si ritiene opportuno descrivere i parametri geotecnici di riferimento, utili alla determinazione della scelta tipologico-dimensionale delle opere. Questi sono stati estratti dai dati in possesso dallo scrivente, ricavati da analisi geotecniche eseguite su campioni similari analizzati per aree limitrofe e da dati bibliografici della letteratura ufficiale.

I valori derivanti dalle analisi dei campioni consultati non si discostano in maniera indicativa dai valori medi prelevati dalla bibliografia ufficiale, pertanto risultano sicuramente adottabili per i calcoli geotecnici eventualmente occorrenti.

Di seguito, si riportano i valori dei parametri geotecnici dei terreni costituenti la porzione superficiale del substrato ghiaioso in matrice argilloso, ovvero lo strato di terreno direttamente interessato dalle opere di progetto.

Ai fini delle verifiche di calcolo di stabilità del versante, di cui al successivo paragrafo, si è provveduto all'acquisizione dei valori afferenti ai principali parametri fisico meccanici dei terreni che costituiscono la formazione pliocenica al letto della coltre superficiale argillosa sabbiosa (Allegato SIA_TAV_40 Sezioni Litotecniche). I parametri geotecnici, di seguito riportati, sono stati mediati dai valori desunti dalle Prove Penetrometriche Dinamiche eseguite durante la campagna di indagine e i valori riportati nel RU del Comune di Grosseto. I valori ricavati sono i seguenti:

DEPOSITI GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSA (STRATO SUPERFICIALE)

Peso di volume naturale	$\gamma = 1.800-1900 \text{ Kg/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 1.850-1900 \text{ Kg/m}^3$
Coesione non drenata	$C_u = 0.30-0.40 \text{ kg/cm}^2$
Angolo d'attrito interno	$\Phi' = 20-22^\circ$
Coefficiente di Winkler	$k' = 3.5 \text{ kg/cm}^3$

Per quanto riguarda l'attitudine al cedimento dei terreni, l'uso del metodo di Winkler, tra i metodi più diffusi per lo studio dell'interazione tra fondazione e terreno, richiede un'attenta valutazione del valore di K da utilizzare a seconda dei casi.

Il tipo di indagine più semplice e più indicativo per indagare sul comportamento di una fondazione superficiale, ed in particolare sul valore del coefficiente di reazione K, è la prova di carico su modello in scala ridotta, ovvero la cosiddetta prova di carico su piastra. Tuttavia, dall'applicazione delle prove di carico su piastra si possono ottenere indicazioni, oltre che su K, anche sul valore del modulo elastico equivalente per la fondazione in vera grandezza, ovvero del rapporto tra i cedimenti della fondazione reale ed i cedimenti relativi alla prova. Quindi in un terreno reale il cedimento dipende, oltre che dal carico applicato, dalle proprietà del terreno medesimo, nonché dalla forma e dalle dimensioni della fondazione. Ne consegue, pertanto, che il coefficiente di reazione non è una proprietà del terreno, e quindi ha un senso solamente indicativo fornire valori tipici per terreni tipici.

Per completezza di informazione si riporta una tabella di riferimento di valori indicativi della costante di Winkler – K (Kg/cm^3):

Terreno	Min	Max
Sabbia sciolta	0.48	1.60
Sabbia mediamente compatta	0.96	8.00
Sabbia compatta	6.40	12.80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia limosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia e ghiaia compatta	10.00	30.00
Terreno argilloso con $q_u < 2 \text{ Kg/cm}^2$	1.20	2.40
Terreno argilloso con $2 < q_u < 4 \text{ Kg/cm}^2$	2.20	4.80
Terreno argilloso con $q_u > 2 \text{ kg/cm}^2$	>4.80	

Per il caso in esame, non conoscendo la distribuzione degli scarichi conseguenti agli interventi di progetto né le dimensioni e forma degli eventuali interventi sulle fondazioni, ma solo i terreni di sottofondazione (assimilabili a argille sabbiose mediamente compatte) è impossibile definire in maniera esatta il valore di K, ma si può individuare solamente un range bibliografico che è quello riprodotto in tabella.

Lo stato di alterazione caratterizzante la porzione superficiale della successione litologica studiate non permette di poter acquisire un modello matematico che descriva appieno il comportamento tecnico e quindi i dati a disposizione sono necessariamente interpretativi nonché incompleti per le note difficoltà che si hanno per la interpretazione delle risultanze rivenienti dalle convenzionali analisi geotecniche per queste tipologie litologiche.

Ad ogni modo, eventuali ed ulteriori approfondimenti verranno effettuati in sede di progettazione esecutiva.

7 CARICO LIMITE DELLE FONDAZIONI

In accordo con le N.T.C 2018, di seguito sono esposti i risultati ottenuti per i valori della resistenza R nei riguardi degli stati limite di resistenza con il “metodo dei coefficienti parziali”. A tal fine si utilizzano il “modello geotecnico” ed i “parametri caratteristici” riassunti nei precedenti paragrafi ed i “coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno”

Verifiche allo Stato Limite Ultimo [Condizioni SLU (M1 e M2)];

Verifiche agli Stati Limite di Esercizio [Condizioni SLE coincidente con la condizione SLU (M1)].

I valori caratteristici dei parametri geotecnici caratteristici del terreno sono stati divisi per i coefficienti parziali γ_M specificati nella tabella di seguito:

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Figura 7 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici

$$R = 0.5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + \sigma_{v0} \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c$$

Il carico limite, R, per le fondazioni dirette è stato calcolato, mediante formula di Brinch-Hansen (1970).

Dove, in funzione delle dimensioni minime (B) dell'impronta di fondazione, sotto le due ipotesi di calcolo, si ha:

- carico esterno perfettamente centrato, essendo necessario tenere conto dell'eccentricità dei carichi con il valore massimo;
- fondazioni rigida.

In particolare nelle verifiche agli Stati Limite, per le resistenze, il relativo valore di progetto dovrà essere calcolato come:

$$R_d = R / \gamma_R$$

Dove γ_R assume i valori di seguito riportati:

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

8 CONCLUSIONI

Con il presente studio sono state analizzate le condizioni per il calcolo delle fondazioni superficiali dell'impianto in oggetto. Il calcolo delle fondazioni e del relativo carico limite dovranno essere, in fase esecutiva, sempre inferiori al carico limite del terreno.

Arcadis Italia S.r.l.

via Monte Rosa, 93
20149 Milano (MI)
Italia
+39 02 00624665

<https://www.arcadis.com/it/italy/>

