

COMMITTENTE



Caltanissetta Solar S.r.l.  
Via Durini, 9 Tel. +39.02.50043159  
20122 Milano PEC: caltanissettasolar@legalmail.it

**CALTANISSETTA SOLAR S.r.l.**  
Via Durini, 9  
20122 Milano (MI)  
P. IVA 11875450964

Coordinatore del progetto: Arch. Luigi Giocondo

PROGETTISTI



**ANTEX Group**  
Sede Legale: Via Sabotino, 8 - 96013 Carlentini (SR)  
Uffici: Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR)  
Web: www.antexgroup.it



Il Geologo  
Dott. Daniele Polizzi  
Ordine Regionale Geologi Sicilia n° 1583



Responsabile tecnico:  
Arch. Luigi Giocondo  
Ordine degli Architetti della Prov. di Agrigento n° 133



REGIONE SICILIA



Libero Consorzio Comunale di Caltanissetta



COMUNE DI BUTERA

PROGETTO

Progetto di un impianto agrolvoltaico con soluzioni integrative innovative e sistemi di monitoraggio delle colture, realizzato su inseguitori solari, ai sensi del comma 5, art.31 della L.108/2021 e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale, da realizzare nel Comune di Butera in C.da Pozzillo, di potenza nominale di 35.400 KW e di potenza del generatore di 39.606,84 KWp denominato "BUTIRAH"

ELABORATO

Titolo:

**RELAZIONE GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

Tav:

BUT\_PD\_07

Codice elaborato:

Scala:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
0	Giugno 2022	Prima emissione	POLIZZI	GR VALUE	GR VALUE

Progetto di un impianto agrovoltaico con soluzioni integrative innovative e sistemi di monitoraggio delle colture, realizzato su inseguitori solari, ai sensi del comma 5 , art.31 della L.108/2021 e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale, da realizzare nel Comune di Butera in C.da Pozzillo, di potenza nominale di 35.400 KW e di potenza del generatore di 39.606,84 KWp denominato "BUTIRAH"

## RELAZIONE GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

## -SOMMARIO

- PREMESSA.....	4
- CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI .....	5
- CARATTERISTICHE GEOLOGICHE .....	6
- CARATTERIZZAZIONE DELLE LITOLOGIE PRESENTI .....	11
- IDROGEOLOGIA .....	13
- VERIFICA VINCOLO P.A.I. ....	15
- CLIMATOLOGIA .....	16
- INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	17
<i>ANALISI IDROGRAFICA NELL'AREA DELL'IMPIANTO</i> .....	17
<i>INTERAZIONE TRA LA VIABILITÀ ED I BACINI SCOLANTI</i> .....	18
<i>INTERAZIONE TRA LE OPERE IN PROGETTO E IL RETICOLO IDROGRAFICO</i> .....	18
- IDROLOGIA .....	19
<i>METODO DI GUMBEL</i> .....	19
- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	25
- ALLEGATI .....	26

## - PREMESSA

L'indagine commessa dalla ditta "Caltanissetta Solar S.r.l.", allo scrivente Geologo Dott. Daniele Angelo Polizzi, iscritto al n° 1583 dell'O.R.G.S., ha lo scopo di identificare nell'area sede di progetto, la natura litologica, nonché le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche dei terreni affioranti, in merito al Progetto di un impianto agrovoltaico con soluzioni integrative innovative e sistemi di monitoraggio delle colture, realizzato su inseguitori solari, ai sensi del comma 5, art.31 della L.108/2021 e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale, da realizzare nel Comune di Butera in C.da Pozzillo, di potenza nominale di 35.400 kW e di potenza del generatore di 39.606,84 kWp denominato "BUTIRAH".

Il presente studio, è stato svolto in accordo alle prescrizioni di legge relative all'edilizia nelle zone sismiche ricadendo l'area in zona sismica di II grado (L. n°64/74, D.M. n°47/88), in ottemperanza alla Legge 2 febbraio 1974 n° 64, al D.M. 11 marzo 1988 e alla L.R. 10/93.

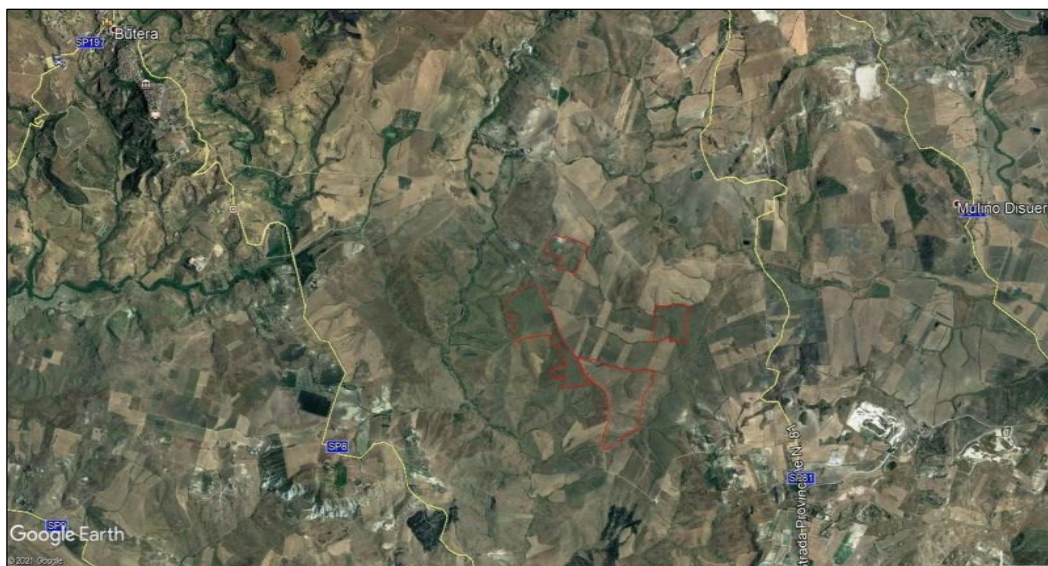
Il metodo d'indagine usato, in relazione alle problematiche proposte dalla finalità di progetto, è stato quello del rilevamento geologico di dettaglio integrato da dati di archivio, planimetrie e cartografie in possesso dallo scrivente, correlabili con quanto noto dalla letteratura tecnica specializzata.

Il presente studio si è prefisso lo scopo di:

- Ricostruire la successione stratigrafica dei terreni formanti il sottosuolo;
- Definire le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche relative al sito in esame;

Alla presente relazione vengono allegati:

- C.T.R. con ubicazione del sito in scala 1:10.000.
- Stralcio Carta Litologica.
- Colonna stratigrafica.
- Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio geomorfologico.
- Stralcio carta vincolo idrogeologico.
- Stralcio Carta uso del suolo.



*Ubicazione area di impianto da ortofoto*

## - CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI

Il territorio oggetto di studio è caratterizzato da affioramenti con diversa litologia ed in funzione del quale ne scaturisce un paesaggio variabile. In linea generale, la morfologia risulta prevalentemente di tipo collinare, nella zona settentrionale, con rilievi caratterizzati da versanti a debole pendenza e forme arrotondate, in corrispondenza dei terreni argillosi. Tali rilievi, che per le loro caratteristiche litologiche risultano intensamente interessati da fenomeni di erosione dovuta alle acque superficiali, si raccordano con le aree sub-pianeggianti nelle zone di fondovalle. Rilievi caratterizzati da versanti più acclivi caratterizzano zone in cui affiorano litotipi più competenti, gessosi o arenacei-calcarenitici. Essi presentano spesso una sommità tabulare, dovuta ad una stratificazione suborizzontale o a strutture monocliniche leggermente inclinate verso S che determinano la presenza di versanti settentrionali più acclivi, in corrispondenza delle testate degli strati più competenti, e versanti meridionali a debole pendenza.

L'evoluzione morfologica del territorio in esame risulta fortemente condizionata dai processi gravitativi ed erosivi che determinano l'attuale stato di dissesto. Laddove affiorano litotipi carbonatici ed evaporitici sono presenti anche processi erosivi dovuti ad alterazione e dissoluzione chimica.

Una certa importanza riveste, inoltre, l'attività antropica che con il modellamento artificiale dei pendii e il carico aggiunto dovuto all'espansione dei centri abitati costituisce spesso uno dei fattori innescanti di rapidi processi evolutivi finalizzati a compensare gli squilibri generati, producendo anche fenomeni franosi.

Naturalmente lo stato morfologico attuale dell'area rappresenta una fase transitoria del processo di modellamento della superficie tendente ad una condizione di equilibrio, e pertanto, nel tempo, è suscettibile di continue modificazioni.

In linea generale, le condizioni di dissesto derivano dalla combinazione dell'assetto litologico e strutturale con altri fattori predisponenti delle condizioni di instabilità, quali ad esempio le caratteristiche climatiche (contrasto fra il semestre piovoso e quello asciutto con notevoli variazioni cicliche annuali) e la presenza di ampie aree ad uso agricolo estensivo che espongono terreni arati e, quindi, senza vegetazione al ruscellamento autunnale ed invernale. Le morfologie derivanti sono connesse all'erodibilità delle rocce affioranti, in relazione con lo stato di acclività dei versanti; l'azione erosiva risulta maggiormente accentuata in corrispondenza degli affioramenti plastici piuttosto che in quelli lapidei. Infatti, gli affioramenti di rocce litoidi (carbonatiche, gessose, calcareo-marnose) presentano un reticolo idrografico poco sviluppato; i versanti sono caratterizzati da brusche rotture di pendenza con pareti sub-verticali in cui i fronti rocciosi, per effetto della fratturazione, possono essere esposti a fenomeni di crollo. Inoltre, fenomeni di crollo sono dovuti spesso alla presenza di alternanze di depositi sabbiosi e sabbioso-siltosi e livelli arenacei e calcarenitici a maggiore competenza: per effetto dell'erosione selettiva i livelli sabbiosi vengono maggiormente erosi determinando possibili crolli per sostegno manco sui sovrastanti banchi arenacei e/o calcarenitici.

Nei versanti argillosi e argilloso-sabbiosi l'azione erosiva si esercita con più rapidità e facilità; la rete idrografica risulta infatti notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale.

In questo contesto si sviluppano condizioni di dissesto dovuti ad erosione accelerata che si

manifesta con la formazione di fossi di erosione concentrata, particolarmente accentuati lungo i pendii argillosi e detritici, e forme di erosione diffusa spesso degeneranti in strutture calanchive.

Gli aspetti relativi alla franosità ed all'erosione del territorio sono approfonditi nel successivo capitolo, dove vengono esposte le condizioni generali dell'area esaminata e dei singoli territori comunali che vi ricadono.

Nelle zone di fondovalle, infine, l'azione modellatrice dei processi morfologici si esplica per lo più attraverso fenomeni di erosione di sponda e laterale.

## - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

### **ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE**

L'attuale configurazione del Mediterraneo centrale deriva dalle fasi collisionali post-serravalliane dell'orogenesi, durante le quali i domini di pertinenza dell'originario margine Europeo hanno colliso con i settori del margine Afro-Adriatico, dando origine ad una "sutura" in cui sono coinvolte unità tettoniche derivanti dalla deformazione dei domini paleogeografici posti tra le due masse continentali (*FINETTI et alii, 1996*).

All'interno di questo contesto geologico-strutturale la Sicilia centro-meridionale costituisce un sito ottimale per lo studio delle deformazioni pellicolari relative all'avanzamento del fronte orogenico Maghrebide (*GRASSO et alii, 1990*). Quest'ultimo è costituito dall'unità alloctona nota in letteratura come "Falda di Gela" che attualmente occupa quasi totalmente l'Avanfossa Plio-Quaternaria Gela-Catania, affiorando estesamente dall'*offshore* gelese fino alle aree antistanti il margine settentrionale del *Plateau Ibleo*.

Dal punto di vista regionale la Falda di Gela rientra marginalmente nell'ampia unità paleogeografica nota in letteratura come "Bacino di Caltanissetta" compreso tra le aree emergenti dei Monti Sicani ad ovest e dei Monti Iblei ad est (*DI GRANDE & MUZZICATO, 1986*).

È in questo contesto geologico strutturale che si inquadra l'area oggetto del presente studio che dal limite occidentale del bacino idrografico del Fiume Gela si estende al limite orientale del bacino idrografico del Fiume Imera Meridionale. Questa area costituisce un buon campione di affioramento della Falda di Gela, caratterizzata da sovrascorrimenti pellicolari, che si smorzano all'interno dei depositi argillosi che pavimentano la Falda, e dominata da sistemi di pieghe ripiegate in cui i Trubi risultano sempre chiaramente coinvolti, a dimostrazione del fatto che l'attuale assetto strutturale della Falda è stato raggiunto dopo il Pliocene inferiore. Queste deformazioni superficiali accomodano i forti tassi di raccorciamento dovuti ai *duplex* che interessano la parte più profonda della Falda di Gela.

Il fronte dell'edificio alloctono maghrebide è costituito prevalentemente dalle unità del "Complesso Sicilide" e delle relative coperture discordanti mio-plio-pleistoceniche, che hanno raggiunto tale posizione avanzando progressivamente verso l'esterno scavalcando le unità dei paleodomini originariamente più esterni grazie alla loro elevata plasticità; infatti queste "falde plastiche" sicilidi, in virtù delle proprie caratteristiche meccanico-fisiche, una volta messi in

posto sulle unità più esterne non deformate e quindi in posizione strutturale più profonda, hanno sfruttato i meccanismi deformativi di *duplexing* che hanno coinvolto tali unità (per lo più coperture silicoclastiche numidiche oligo-mioceniche), per poter migrare scivolando verso le aree più esterne. In definitiva questo avanzamento verso il fronte della catena è avvenuto quale risposta superficiale ai raccorciamenti in sottosuolo tra le unità maghrebidi esterne precedentemente sottoscorse alle unità del "Complesso Sicilide" (LENTINI *et alii*, 1996).

I terreni più antichi che "pavimentano" la Falda di Gela ed affioranti nell'area in esame, sono rappresentati dalle *Argille Scagliose brune* e dalle *Argille Scagliose variegata* legate rispettivamente ai lembi di Flysch Numidico e alle unità del Complesso Sicilide. Su questi terreni affiorano in discordanza i depositi argilloso-marnosi relativi ad un ciclo deposizionale Tortoniano e riferibile ad una *facies* distale della Formazione Terravecchia (SCHMIDT *di FRIEDBERG*, 1965).

In continuità stratigrafica seguono tutti i termini della Serie Solfifera messiniana, i Trubi e le Argille marnose medio-supraplioceniche. Infine in discordanza seguono i terreni "post-orogeni" rispetto alla messa in posto della Falda di Gela, e riferibili alle Argille e alle Sabbie quaternarie.

#### CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

La successione stratigrafica dei terreni affioranti nell'area compresa tra i bacini idrografici del Fiume Gela e del Fiume Imera Meridionale viene di seguito descritta partendo dai termini più antichi e stratigraficamente più bassi, proseguendo verso i termini più recenti e stratigraficamente più elevati:

##### ***Argille Scagliose***

Le Argille Scagliose brune sono argille caotiche di colore bruno tabacco, a volte rossiccio o anche bruno-nerastro, scagliettate, quasi sempre senza evidente stratificazione; mostrano una fabric scagliosa ed una caoticità in genere meno accentuate rispetto alle soprastanti Argille Scagliose variegata. Questa formazione, sia per le caratteristiche litologiche che per la microfauna, mostra notevole affinità con la porzione argillosa bruna del Flysch Numidico oligo-miocenico (OGNIBEN, 1960). Qualora questi depositi non siano ricoperti tettonicamente dalle Argille Scagliose variegata, essi risultano direttamente coperti in discordanza dalle Argille marnose tortoniane.

Le Argille Scagliose variegata trovano riscontro negli analoghi termini argillosi alloctoni delle aree mediorientali siciliane, appartenenti principalmente alle Unità Sicilidi (OGNIBEN, 1960). Il loro substrato non è visibile nell'area in esame o nelle aree limitrofe; non è possibile osservare la base stratigrafica originaria in quanto esse si presentano costantemente scollate dal substrato e sovrapposte a terreni più recenti localmente rappresentati dalle Argille Scagliose brune oligo-mioceniche. Si tratta di una successione clastica costituita da due componenti principali: a) una matrice argillosa di vario colore (rosso, verde, grigio scuro); b) blocchi, essenzialmente di origine sedimentaria, di varie dimensioni, per lo più caoticamente dispersi nella matrice.

In definitiva, le Argille Scagliose variegata risultano notevolmente più antiche delle Argille Scagliose brune e quindi la loro sovrapposizione e mescolanza con queste deve essere dovuta ad una fase di trasporto orogenico che RODA (1971) data come mediosupramiocenica, antecedente cioè alla sedimentazione delle soprastanti Argille marnose grigio-azzurre tortoniane. Non è possibile stabilire lo spessore delle Argille Scagliose s.l., a causa del mancato

affioramento della base, tuttavia tale spessore non dovrebbe essere inferiore ad alcune centinaia di metri.

#### ***Argille marnose grigio-azzurre e argille brecciate***

Al di sopra delle *Argille Scagliose s.l.* poggia, con un contatto netto e discordante, la Formazione delle Argille marnose di colore grigio in affioramento e grigio-azzurro sulle superfici di taglio fresco, con ricca fauna di foraminiferi planctonici. La microfauna è composta prevalentemente da forme planctoniche, tra le quali la presenza di *Globorotalia menardi* indica un'età Tortoniana (CATI et alii, 1968 in DI GRANDE & MUZZICATO, 1986).

Si tratta di un'alternanza di marne, marne argillose ed argille marnose, caratterizzate da una porzione sottostante con stratificazione non ben evidente e da una porzione soprastante con laminazione marcata da una successione ciclica di straterelli spessi 10-15 cm di argille marnose e siltose rosso-brune o grigio-scure, che separano banchi marnosi potenti da 40 a 70 cm circa.

Questi sedimenti sono noti in Sicilia come Formazione Terravecchia (SCHMIDT di FRIEDBERG, 1965). Nel dominio meridionale del Bacino di Caltanissetta (area di Agrigento-Gela), sono preponderanti le marne e le argille marnose qualificate come *facies* distali della Fm. Terravecchia, attestanti una sedimentazione lontana dalle aree sorgente; più a Nord tale formazione è invece caratterizzata da lenti discontinue di arenarie, conglomerati e calcari bioclastici.

#### ***SERIE GESSOSO-SOLFIFERA***

E' una successione di sedimenti prevalentemente evaporitici, compresi tra le marne e le argille del Tortoniano superiore e la Fm. dei Trubi del Pliocene basale (Zancleano), depositatisi in corrispondenza ad una "crisi di salinità" interessante l'area mediterranea (DECIMA & WEZEL, 1971). Essa affiora estesamente nella Sicilia centro-meridionale internamente ai sinclinori dei terreni tortoniani e qualche volta trasgressivamente sui terreni più antichi (OGNIBEN, 1960).

#### ***Tripoli***

In affioramento, si presenta generalmente come un'alternanza di strati pulverulenti silicei riconosciuti come diatomiti bianche, leggere e sottilmente fogliettate contenenti abbondanti resti di pesci e vegetali, in cui si intercalano livelli decimetrici di marne e calcari marnosi ricchi di foraminiferi planctonici (DECIMA & WEZEL, 1971). Tutto il deposito è dovuto ad un imponente accumulo di resti organogeni rappresentati da forme faunistiche planctoniche affette da nanismo, atassia, ovvero di quelle tendenze degenerative che indicano anormali condizioni ambientali. L'associazione microfaunistica oligotipica è riferibile al Messiniano basale. Nell'area in esame lo spessore di questa formazione mostra un massimo di circa 25-30 metri.

Il passaggio al sovrastante Calcarea di Base è spesso graduale e caratterizzato da un'alternanza di strati diatomitici e strati calcarei per uno spessore di circa un metro; altrettanto graduale è il passaggio alle sottostanti argille tortoniane segnato da un'alternanza di strati marnosi grigi e strati diatomitici bianchi.



### ***Calcarea di base***

È il deposito iniziale della serie di evaporazione e per tale motivo la formazione è stata definita Calcarea "di Base"; deriva da concentrazioni saline tali da impedire la vita animale, tanto da essere privo sia di macro che di microfauna. Corrisponde ad una lunga fase di concentrazione salina di un bacino non chiuso, che ha permesso l'accumulo di CaCO<sub>3</sub> per decine e decine di metri (OGNIBEN, 1954). Lo spessore affiorante nell'area è di circa 100 m.

La sedimentazione primaria è mm-ritmica ma spesso risulta obliterata da fenomeni di risedimentazione la cui litificazione ha prodotto grossi banconi di uno o più metri di breccia calcarea grossolana a vario grado di cementazione, intercalati da sottili zone marnose a straterelli calcarei di sedimentazione primaria. I fenomeni carsici negli strati affioranti sono molto evidenti e dove l'erosione ha raggiunto uno stadio avanzato, il calcare si presenta intensamente fratturato. La breccia calcarea è generalmente cavernosa e le cavità talora sono ben formate e si rivelano come vacuoli cubici lasciati dalla dissoluzione di originari cristalli di NaCl o per la originaria presenza di zolfo dando vita al "*calcare perciulato*" (MOTTURA, 1872 in OGNIBEN, 1954).

Nonostante la mancanza di tracce di organismi, l'interposizione fra il Tripoli ed i soprastanti Gessi permette di riferire il Calcarea di Base al Messiniano.

Una caratteristica peculiare di questa formazione è l'elevato grado di fratturazione che conferisce al tutto un aspetto estremamente caotico e discontinuo con smembramento in blocchi e banconi che appaiono quasi sempre in posizione stratigrafica anomala più elevata, in particolare, rispetto a quello dei soprastanti Trubi.

### ***Gessi***

Si tratta in prevalenza di gesso macrocristallino con grossi geminati (*Gesso spicchiolino o selenitico*) a "coda di rondine" orientati con l'apice verso il letto dello strato e l'angolo rientrante verso il tetto, secondo la nota *Regola di Mottura* (OGNIBEN, 1954b); questo gesso affiora in grossi banchi di dimensioni metriche e di colore grigioazzurro.

Più raramente nella parte bassa della formazione è presente un gesso microcristallino (*Gesso balatino*) compatto, con laminazioni mm-ritmiche, caratterizzato da sfumature cromatiche variabili dal bianco-nocciola, al verdino, al marrone-rossastro, dovuti probabilmente al diverso contenuto di impurità argillose e carbonatiche (DI GRANDE & MUZZICATO, 1986).

Il contatto con il sottostante Calcarea di Base è in concordanza ed in genere piuttosto netto, tranne pochi casi nei quali esso è contrassegnato da sottili alternanze di calcarea e gesso.

### ***Argille Brecciate ed Arenazzolo***

È possibile identificare, a seguire nella successione stratigrafica, affioramenti di breccie argillose comprese tra il Calcarea di Base ed i Trubi soprastanti. Per la posizione stratigrafica assunta equivalgono alle A.B. III di Ogniben (1953-1954).

Hanno la potenza massima di qualche decina di metri e si estendono discontinuamente con un andamento lenticolare.

L'Arenazzolo invece, è un deposito clastico, di composizione arcocosa, associato quasi costantemente alle evaporiti in tutta la Sicilia e segna l'avvenuta chiusura del ciclo evaporitico messiniano. L'Arenazzolo sembra rappresentare un deposito di transizione dovuto all'apporto di

materiale detritico da parte di acque continentali, alle quali è anche dovuto il carattere ipoalino dell'ambiente di sedimentazione. In definitiva l'Arenazzo equivale ad una tipica formazione trasgressiva (RODA, 1971).

#### **SUCCESSIONE PLIO-PLEISTOCENICA**

Con il restaurarsi, dopo la crisi di salinità, di condizioni marine normali, nel Mediterraneo inizia, coincidente con la base del Pliocene, un ciclo di sedimentazione continua che, senza interruzioni o lacune, si protrae fino al Quaternario. Tale ciclo, che nella sua base è caratterizzato da una tipica "trasgressione a mantello", presenta nel suo insieme un'evoluzione a carattere regressivo, con sedimenti di mare profondo nella porzione inferiore che passano via via a depositi di acque sempre meno profonde (SPROVIERI, 1982).

#### **Trubi**

Stanno al di sopra dei Gessi o, molto più frequentemente, a diretto contatto con il Calcere di Base. Si tratta di marne calcaree e calcari marnosi dovuti alla variazione della concentrazione di carbonato di calcio in soluzione; sono di colore bianco crema ricchi in microfaune a *Globigerine spp.*, abbastanza compatte, a fratturazione concoide, stratificate in livelli di 20-60 cm, con frequenti grumi ferruginosi ed intercalati in alternanza da livelli più argillosi tendenti al grigio. La stratificazione dei Trubi è spesso mascherata da un elevato grado di fratturazione in direzione trasversale o subnormale ad essa.

Nell'area in esame lo spessore della formazione non è ben valutabile per mancanza di buone esposizioni, ma sembra aggirarsi intorno agli 80-100 m.

#### **Argille marnose azzurre**

Discordanti su tutti i termini inferiori, si tratta di Argille marnose azzurre con un'alternanza di livelli più o meno calcarei a fratturazione concoide, a stratificazione poco marcata; lo spessore è variabile e sembra aggirarsi intorno ai 100 m circa. Poggiano sui Trubi in discordanza, anche se spesso tale contatto è quasi totalmente mascherato da depositi alluvionali recenti. Il limite cronologico inferiore è dato dalla presenza di *Globorotalia inflata* e di *Globorotalia crassaformis ronda* e ne risulterebbe un'età suprapliocenica (DI GRANDE & MUZZICATO, 1986).

#### **Sabbie e calcareniti gialle**

Lembi di questa formazione affiorano alla sommità delle spianate collinari presenti nell'area in esame. Mostrano giacitura sub-orizzontale e stratificazione parallela; sono sabbie gialle a grana fine e media, contenenti ripetute intercalazioni di calcareniti detritico-organogene molto competenti, ricche di modelli di gusci di molluschi (*Cardium*, *Ostrea*, *Pecten*, etc..) spesso di grandi dimensioni (DI GRANDE & MUZZICATO, 1986).

La formazione ha una potenza complessiva di 50 m; i livelli sabbiosi in genere hanno maggiore potenza di quelli calcarenitici, i quali entro i livelli sabbiosi formano intercalazioni frequentemente discontinue e sporgenti, messe in evidenza dall'erosione selettiva.

Sulla base della posizione stratigrafica e delle osservazioni microfaunistiche fatte da DI GERONIMO & COSTA (1978), l'età di questa formazione è certamente pleistocenica, con tendenza al Pleistocene inferiore-medio (DI GRANDE & MUZZICATO, 1986)

### ***Alluvioni terrazzate***

Si tratta di depositi di limitata estensione, morfologicamente pianeggianti, con spessori che non superano i 10-15 m e costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli ben arrotondati con dimensioni fino a decimetriche. Rappresentano il ringiovanimento dei corsi d'acqua a causa delle fasi tettoniche suprapleistoceniche che hanno sollevato a più riprese l'area in esame determinando la formazione di una gradinata di terrazzi marini e continentali distribuiti tra l'attuale livello del mare e le quote massime di 150 m (DI GERONIMO et alii, 1979). Infatti nell'area i depositi alluvionali terrazzati affiorano dislocati a varie quote e si possono così distinguere:

- *Alluvioni terrazzate fluviali antiche (I Ordine)* poste ad una quota maggiore rispetto all'alveo dei torrenti che solcano verso sud le spianate morfologiche dell'area in esame;
- *Alluvioni terrazzate fluviali recenti (II Ordine)* poste alla medesima quota degli alvei dei predetti torrenti ma al di fuori degli stessi.

### ***Depositi lacustri, alluvioni attuali e coperture detritiche***

I depositi lacustri sono costituiti da argille nere e brecce. Le alluvioni attuali hanno in totale un'estensione molto limitata, essendo circoscritte al fondovalle dei principali corsi d'acqua. Si tratta di depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi, di ridotto spessore. Un po' ovunque, specialmente alla base dei pendii più scoscesi, si è soliti rilevare falde di detrito formate principalmente dall'accumulo di elementi lapidei per lo più calcarei immersi in una matrice pelitica.

## **- CARATTERIZZAZIONE DELLE LITOLOGIE PRESENTI**

Le valutazioni che verranno più avanti espone, volte alla quantificazione delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi in esame, scaturiscono dall'analisi dei dati in possesso dello scrivente, correlabili con quanto noto nella letteratura di settore.

Facendo astrazione per l'orizzonte più superficiale alterato di scadenti qualità geomeccaniche, le litologie affioranti, pur risultando verticalmente eterogenee e con proprietà meccaniche differenziate per la presenza di strutture sedimentarie secondarie, considerate nella loro globalità, presentano delle caratteristiche geotecniche valutabili come buone; tale considerazione è supportata dalla distribuzione e dallo spessore consistenti dei terreni, oltre che da buone doti complessive di coesione, che inducono a ritenere omogenee le risposte alla sollecitazione dei carichi, anche concentrati.

La coltre alluvionale, costituita in genere da vari elementi in cui prevale largamente la porzione medio - grossolana rispetto a quella medio - fine, appare dotata di valori di attrito interno da discrete a buone e pur risultando una roccia sciolta, se ne stima contenuta la propensione al costipamento, se sottoposta a carichi moderati. Questa dote migliora con la profondità anche per la crescente influenza del carico geostatico.

Le calcareniti, se inalterate, sono da considerarsi buoni terreni di fondazione, coesivi e con

buoni valori di rottura a compressione assiale (40 Kg/cm<sup>2</sup> e più). Nel luogo in oggetto, prevedendosi discontinui lo spessore e la distribuzione areale di questi litotipi, tali valori possono ridursi, seppur in misura ragionevole. E' da sottolineare inoltre, l'aumento considerevole della consistenza di dette litologie, con la profondità.

L'orizzonte argilloso limoso profondo, presenta struttura scagliosa e grado di consistenza elevato che aumenta puntualmente con la profondità; il grado di plasticità è basso e generalmente decrescente dall'alto verso il basso. Considerata nella sua globalità, il suddetto orizzonte evidenzia buone caratteristiche geomeccaniche. Tale considerazione è supportata dalla distribuzione e dallo spessore consistente della roccia, oltre che da buone doti complessive di coesione.

Sulla base delle conoscenze generali del territorio e dello schema stratigrafico-strutturale precedentemente descritto, si ipotizza la seguente ricostruzione lito-stratigrafica, strettamente dipendente e correlabile alle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni rilevati.

I dati in possesso dello scrivente hanno permesso la ricostruzione della seguente colonna stratigrafica:

- da m. 0,00 a m. 3,00 : Depositi alluvionali costituiti da elementi ruditici e arenitici immersi in una matrice sabbioso limosa ocracea a grado di addensamento variabile.

- da m. 3,00 a m. 12,00 : Depositi argilloso sabbiosi con intercalazioni arenitiche lenticolari, con grado di addensamento progressivamente crescente con la profondità.

- da m. 12,00 : Argille e argilliti alterate nelle porzioni sommitali con locali intercalazioni di lenti sabbiose a grado di addensamento crescente con la profondità.

## - IDROGEOLOGIA

La permeabilità e il comportamento idrogeologico dei terreni affioranti nell'area in esame sono strettamente legati alla loro natura litologica e sedimentologica ed al loro assetto strutturale.

Si possono distinguere litotipi caratterizzati da una diversa permeabilità. Sabbie, arenarie e calcareniti rappresentano i litotipi caratterizzati da permeabilità primaria per porosità. Litotipi caratterizzati da permeabilità primaria per fratturazione sono invece rappresentati dai calcari, gessi, calcari marnosi della Serie Gessoso-Solfifera, interessati anche da fenomeni di dissoluzione chimica che possono accentuarne il grado di permeabilità.

Litotipi impermeabili o scarsamente permeabili sono rappresentati dalle formazioni argillose, le quali costituiscono, ai vari livelli stratigrafico-strutturali ed in presenza dell'opportuna continuità laterale, i *bedrock* che consentono l'accumulo idrico sotterraneo.

La dinamica idrica sotterranea risulta quindi strettamente influenzata dalla sovrapposizione di strati a diversa permeabilità. Acquiferi di varia entità sono presenti in terreni permeabili, sia per porosità che per fratturazione e/o carsismo. Il limite di permeabilità è costituito dal passaggio a sottostanti terreni di natura argillosa. Inoltre la presenza di formazioni sabbiose caratterizzate da alternanze di livelli sabbiosi e sabbioso-limosi con intercalazioni di argille e argille marnose determina spesso la formazione di acquiferi composti da più falde sovrapposte, in relazione ai rapporti giacaturali delle argille e delle sabbie, e di accumuli di acqua sospesi a carattere stagionale, strettamente influenzati dal regime delle precipitazioni e da eventuali alimentazioni occulte da parte di falde acquifere alimentate da altri bacini idrogeologici adiacenti.

Ad ogni modo, generalmente la direzione di flusso delle acque di circolazione idrica sotterranea avviene presumibilmente verso sud.

Gli elementi climatici esaminati precedentemente influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcarea a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

Quindi, la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso ottobre-aprile, mentre durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno.

Occorre evidenziare, inoltre, come i centri abitati che ricadono all'interno dell'area compresa tra i bacini idrografici dei Fiumi Gela ed Imera meridionale, si ergono su rilievi collinari alle cui sommità, per lo più tabulari, affiorano sabbie e calcareniti pleistoceniche caratterizzate da una buona permeabilità ed un'ottima potenzialità filtrante che possono facilmente immagazzinare le acque di precipitazione meteorica. Tali livelli permeabili confinati in basso da litotipi limosi o argillo-limosi impermeabili, hanno però quasi sempre almeno quattro elementi negativi che ne limitano la possibilità di accumulo e che rendono le aree povere di "riserve" idriche:

- spessore troppo piccolo dello strato permeabile che giace al di sopra dei livelli argillosi impermeabili, con conseguente limitazione del potere di accumulo;
- non adeguata continuità orizzontale dei livelli arricchiti della componente sabbiosa;

- scarsa piovosità della zona che comporta dei tempi di ricarica delle falde idriche fin troppo lunghi per poter bilanciare il fabbisogno della popolazione;

- intensa urbanizzazione dei luoghi, ricchi di insediamenti abitativi costituenti spesso i centri cosiddetti "storici", con opere di urbanizzazione primaria che limitano notevolmente l'infiltrazione delle acque meteoriche in sottosuolo.

Nonostante tali limitazioni, in questi centri storici si assiste spesso al rinvenimento di livelli di circolazione idrica a volte di derivazione non meteorica, ma imputabili piuttosto ad una cattiva regimentazione delle acque reflue ed allo stato fatiscente che caratterizza buona parte delle condotte idriche e fognarie di tali centri.

## - VERIFICA VINCOLO P.A.I.

Il bacino idrografico del Torrente Comunelli è localizzato a sud-ovest dei Monti Erei e precisamente ad ovest del bacino del Fiume Gela. Il bacino in esame occupa una superficie di 107,81 Km<sup>2</sup> ed ha una forma allungata in direzione N – S; i bacini e le aree territoriali con i quali confina sono, procedendo in senso orario, i seguenti:

nel settore nord-occidentale: - Bacino del Fiume Imera meridionale;

nel settore nord-orientale: - Bacino del Fiume Gela;

nel settore sud-orientale: - Area territoriale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli;

nel settore sud-occidentale - Bacino del Torrente Rizzuto.

<b>Bacino idrografico principale</b>	<b>TORRENTE COMUNELLI</b>	<b>Numero</b>	075
<b>Provincia</b>	Caltanissetta		
<b>Versante</b>	Meridionale		
<b>Recapito del corso d'acqua</b>	Mare Mediterraneo – Canale di Sicilia		
<b>Lunghezza dell'asta principale</b>	25 Km		
<b>Altitudine massima</b>	604 m s.l.m. (Monte Gibli)		
<b>Superficie totale del bacino imbrifero</b>	107,81 Km <sup>2</sup>		
<b>Affluenti</b>	Vallone Geremia, Rio San Giacomo, Vallone Liaguglia, Torrente Sagone		
<b>Serbatoi ricadenti nel bacino</b>	Comunelli		
<b>Uso prevalente del suolo</b>	Seminativo semplice		
<b>Territori comunali</b>	Butera, Gela, Mazzarino		
<b>Centri abitati</b>	Butera, Mazzarino (in parte)		

A seguito della consultazione della redazione P.A.I. "PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO" e dei relativi allegati, aggiunti in calce, si dichiara quanto segue:

L'areale oggetto del seguente studio geologico, **non rientra tra le aree a pericolosità o rischio geomorfologico R1-R2-R3-R4 secondo la classificazione del "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"** dell'area territoriale del bacino idrografico del Torrente Comunelli.

## - CLIMATOLOGIA

In questo capitolo sono stati analizzati i dati climatici dell'areale oggetto di studio, tale analisi risulta indispensabile al fine di dare una valutazione sui processi evolutivi degli elementi morfologici presenti nel territorio.

I fattori principalmente presi in considerazione sono la temperatura T e le precipitazioni P.

Per una caratterizzazione generale del clima nell'area della Sicilia nella quale ricade il sito oggetto di studio, sono state considerate le informazioni fornite dall'Atlante Climatologico redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Siciliana.

In particolare, sono stati considerati gli elementi climatici temperatura e piovosità registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno del bacino in esame, riportate in Tabella

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
BUTERA	1965-1994	Pluviometro	402	4115590N	427500E
GELA	1968-1994	Termo-pluviometro	45	4101393N	435895E
LICATA	1965-1994	Termo-pluviometro	142	4106565N	405211E
MAZZARINO	1965-1994	Termo-pluviometro	560	4128520N	429090E
RIESI	1965-1994	Pluviometro	369	4126760N	418740E

### Regime termico

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento soltanto ai dati registrati dalle 3 stazioni termo-pluviometriche di Gela, Licata e Mazzarino.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
GELA	13.2	13.6	14.8	16.8	20.5	23.8	26.1	27.0	25.1	21.9	17.6	14.2	19.5
LICATA	12.2	12.1	13.2	14.8	19.0	22.8	25.5	26.0	23.9	20.8	16.7	13.3	18.3
MAZZARINO	8.5	9.1	11.1	13.8	18.7	23.2	26.3	26.2	22.6	18.2	13.3	9.7	16.7
<b>MEDIA</b>	<b>11.3</b>	<b>11.6</b>	<b>13.0</b>	<b>15.1</b>	<b>19.4</b>	<b>23.3</b>	<b>26.0</b>	<b>26.4</b>	<b>23.9</b>	<b>20.3</b>	<b>15.9</b>	<b>12.4</b>	<b>18.2</b>

L'andamento termometrico dell'area si può considerare abbastanza uniforme; soltanto nella zona costiera, si registrano delle temperature mediamente più elevate di qualche grado rispetto a quelle riportate nella zona collinare, soprattutto nel semestre autunno-inverno.

La temperatura media dei mesi estivi (luglio e agosto) è di 26,1 °C, mentre quella dei mesi invernali (gennaio e febbraio) è di 11,4 °C.

### Regime pluviometrico

Per l'analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle 5 stazioni pluviometriche precedentemente elencate.



STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
BUTERA	70.9	48.3	42.4	35.9	21.3	3.4	4.8	7.4	38.9	64.4	63.8	72.5	39.5
GELA	50.4	38.3	32.8	24.8	11.9	3.4	1.8	5.9	29.1	53.2	48.9	56.3	29.7
LICATA	71.7	48.2	40.7	30.0	14.4	3.4	3.1	4.1	30.3	60.2	56.4	66.6	35.8
MAZZARINO	65.8	53.1	46.5	39.4	22.5	7.1	5.8	6.6	41.5	65.2	61.0	69.6	40.3
RIESI	59.5	48.2	38.2	33.9	24.3	7.1	5.1	9.1	31.0	66.4	61.7	69.8	37.9
<b>MEDIA</b>	<b>63.6</b>	<b>47.2</b>	<b>40.1</b>	<b>32.8</b>	<b>18.9</b>	<b>4.9</b>	<b>4.1</b>	<b>6.6</b>	<b>34.1</b>	<b>61.9</b>	<b>58.3</b>	<b>67.0</b>	<b>36.7</b>

Il regime pluviometrico dell'area segue più o meno lo stesso andamento di quello termico, ovvero si rileva una zona meridionale, quella prossima alla costa, caratterizzata da una piovosità leggermente più bassa che nel resto dell'area in esame.

I mesi più piovosi sono ovunque quelli invernali (dicembre e gennaio), con valori medi di piovosità di 65,2 mm, mentre quelli meno piovosi sono quelli estivi (giugno e luglio) con valori medi di piovosità di 4,5 mm.

L'anno più piovoso è stato il 1976 quando si è registrata una piovosità media annua per l'intera zona di 71,1 mm di pioggia. L'anno meno piovoso è stato il 1977 con una piovosità media annua per l'intera zona di 18,3 mm.

Concludendo, i dati pluviometrici esaminati individuano un clima di tipo temperato mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel semestre autunno-inverno e molto scarse nel semestre primavera-estate.

## - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

### ANALISI IDROGRAFICA NELL'AREA DELL'IMPIANTO

L'area territoriale oggetto di studio, è per lo più drenata da brevi incisioni torrentizie che quasi tutto l'anno sono in regime di magra. Ciò dipende principalmente dalle condizioni climatiche, caratterizzate da brevi periodi piovosi e da lunghi periodi di siccità che determinano nell'area una generale caratterizzazione stagionale dei deflussi superficiali.

Occorre comunque ricordare che la densità di un reticolo idrografico è condizionata dalla natura dei terreni affioranti, risultando tanto più elevata quanto meno permeabili sono questi ultimi e quindi maggiormente diffuso è il ruscellamento superficiale.

Il reticolo idrografico superficiale, data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale.

Più specificatamente, essendo la capacità filtrante dei terreni funzione della granulometria e della eterogeneità dei singoli granuli, nei depositi terrosi che affiorano estesamente nella pianura alluvionale di Gela si assiste ad una variabilità sia verticale che orizzontale della permeabilità in funzione della prevalenza o meno della frazione pelitica.

#### *INTERAZIONE TRA LA VIABILITÀ ED I BACINI SCOLANTI*

L'impianto, come detto nel paragrafo precedente, si sviluppa prevalentemente su un'areale sub-pianeggiante all'interno del bacino idrografico del *Torrente Comunelli*, adiacente le dorsali di separazione con i bacini idrografici dei fiumi Imera meridionale e Gela.

Tale posizionamento implica che i bacini scolanti "intercettati" dalla viabilità (esistente ed in progetto) siano di piccola estensione, con percorsi di corrivazione spesso dipendenti dal percorso dei displuvi esistenti.

Il territorio compreso nel bacino idrografico del *Torrente Comunelli* è contraddistinto dalla presenza di formazioni che, presentando caratteristiche litotecniche ed evoluzione tettonica diverse, hanno determinato la varietà di forme presenti nel paesaggio. Si passa, pertanto, dai caratteri tipici di un'area sub-pianeggiante e basso-collinare, in corrispondenza degli affioramenti argillosi e arenacei ad una fascia a sud, sub-pianeggiante che, procedendo verso l'entroterra, lascia il posto a tutta una serie di rilievi marnoso arenacei a morfologia più collinare.

Le aree del territorio in studio, caratterizzate da morfologie meno acclivi e maggiormente arrotondate, sono interessate da affioramenti di terreni di natura prevalentemente argillosa o argilloso-marnosa, localmente con intercalazioni sabbiose o arenacee. Tali depositi, essendo facilmente erodibili e dunque modellabili ad opera degli agenti esogeni, conferiscono al paesaggio una morfologia blanda con versanti da poco a mediamente acclivi e solcati da una serie di impluvi e valloni ramificati, più o meno incisi.

#### *INTERAZIONE TRA LE OPERE IN PROGETTO E IL RETICOLO IDROGRAFICO*

La realizzazione dell'impianto in progetto e il suo esercizio non modificherà le caratteristiche intrinseche dei corpi idrici superficiali, né tantomeno quello dei corpi idrici sotterranei. Con riferimento alla possibile interferenza tra le opere in progetto e i corpi idrici superficiali si evidenzia che, manufatti e viabilità sono previsti nei pressi delle linee di displuvio che delimitano i bacini idrografici individuati. In relazione a ciò, si rilevano alcune interferenze con le reti idrografiche dell'area in esame ed in particolare n. 3 interferenze su elementi idrografici superficiali e n. 3 interferenze su acquedotto interrato esistente.

La viabilità presente sarà oggetto di opportune opere di adeguamento per la realizzazione del nuovo impianto e sarà dotata di eventuali opere di intercettazione e allontanamento delle acque meteoriche presso gli impluvi più vicini.

In modo analogo, le opere idrauliche saranno previste per la viabilità di nuova realizzazione che, comunque, avrà sviluppo limitato rispetto a quella esistente da adeguare.

#### *IDROGRAFIA*

Il bacino imbrifero del *Torrente Comunelli* nel complesso presenta una forma allungata in direzione N – S, il reticolo idrografico è di tipo subdendritico, con una densità maggiore nelle aree argillose, mentre è poco ramificato in corrispondenza dei terreni permeabili. L'area è drenata superficialmente da alcuni fossi e linee di impluvio di scarsa importanza, mentre l'unico impluvio di una certa rilevanza è il T. *Comunelli*.

Il bacino del Torrente Comunelli ha un'estensione di circa 107,81 Km<sup>2</sup> e si chiude nel Mare Mediterraneo a ovest della zona balneare di Manfria (Gela) con un fronte di un centinaio di metri in cui si imposta l'estuario del fiume.

Il Torrente Comunelli nasce ad una quota di circa 470 metri s.l.m. a sud del centro abitato di Mazzarino nei pressi di Villa Alberti. Lungo il suo percorso, nella porzione meridionale del bacino, viene sbarrato dalla omonima diga, quindi prosegue verso la foce.

Lungo il suo percorso il Torrente Comunelli, lungo circa 25 chilometri, riceve le acque di molti affluenti tra i quali i più importanti sono:

- il Vallone Liaguglia e il Torrente Sagone, in sinistra idraulica;
- il Rio San Giacomo e il Vallone Geremia, in destra idraulica.

## - IDROLOGIA

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla progettazione delle eventuali opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici stradali e dalle piazzole dell'impianto in progetto.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corruzione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata. La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

### *METODO DI GUMBEL*

Per la determinazione delle altezze critiche di pioggia con il metodo di **Gumbel**, relative al bacino idrografico del T. Comunelli, il cui spartiacque morfologico è riportato negli annessi stralci cartografici aerofotogrammetrici, si è provveduto all'individuazione, dall'esame degli Annali del Servizio Idrografico Italiano, delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

I dati si riferiscono alla stazione pluviometrica di *Butera* e riguardano un'osservazione decennale .

Nel seguito si riportano i dati pluviometrici tabellati e quelli ottenuti, dall'elaborazione statistica effettuata con il metodo di Gumbel, relativi alle altezze massime ( $H_{max}$ ) e critiche ( $H_{crit}$ ) di pioggia, con tempi di ritorno di 10 anni.

Dopo una breve descrizione del metodo "Gumbel", si riportano nel seguito le formule adottate per il calcolo delle altezze di pioggia citate.

Nella progettazione di opere idrauliche orientate al controllo delle portate di piena, è prioritariamente indispensabile procedere alla stima della portata massima prevedibile che le solleciterà nel corso della loro vita prevista.

La portata, nella maggior parte dei casi, è originata dalle precipitazioni meteoriche e, più in generale, dipenderà dalle caratteristiche molto variabili, sia nel tempo che nello spazio, delle trasformazioni che l'acqua subisce durante il suo ciclo idrologico. In siffatte condizioni, è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico e bisognerà, quindi, affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici. Significa, cioè, che la portata di piena va considerata come una variabile casuale, la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile riconoscere due tipi di problemi, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

1. stima della portata di piena di progetto direttamente dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;
2. stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi.

Il calcolo che seguirà si occupa del secondo caso, quello cioè riguardante, in particolare, i bacini idrografici non monitorati e di non eccessive dimensioni (al più qualche decina di km<sup>2</sup>). Pertanto, in numerosi casi pratici si dispone solo delle precipitazioni meteoriche in alcuni punti del bacino. In tali casi la portata sarà stimata simulando, attraverso un modello matematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino idrografico. Nel seguito viene affrontato il calcolo mediante l'analisi probabilistica delle precipitazioni con particolare riferimento alle cosiddette curve di possibilità pluviometrica, indicate spesso con l'acronimo cpp, adottando le formule appresso riportate.

(1)

$$H_{\max}(t, T) = m - \frac{\left( \ln \left( - \ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)}{k}$$

$$H_{\text{crit}}(t, T) = a \times t^n \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H}_i)^2}{n-1}}$$

$$k = \frac{1}{0,78 \times s}$$

$$m = \bar{H}_i - \frac{0,577}{k}$$

Per la (2) il coefficiente "a" e l'esponente "n" sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati, secondo le seguenti relazioni matematiche:

$$n = \frac{\sum (\log t - \overline{\log t}) \times \log H_{\max}(t, T)}{\sum (\log t - \overline{\log t})^2}$$

$$a = 10^{(\log H_{\max}(t, T) - n \cdot \overline{\log t})}$$

I valori delle  $H_{\text{crit}}(t, T)$  calcolate, unitamente agli altri parametri idrologici, sono riportati, in appendice, in appositi diagrammi e tabelle.

I simboli adottati nelle formule assumono i seguenti significati:

$H_{\max}(t, T)$	= altezza massima di pioggia con tempi di ritorno;
$H_{\text{crit}}(t, T)$	= altezza critica di pioggia con tempi di ritorno;
$\bar{H}_i$	= media aritmetica delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore negli anni 2006 ÷ 2015;
$s$	= deviazione standard;
$Ln$	= logaritmo naturale;
$t$	= durata della pioggia di 1, 3, 6, 12, 24 ore;
$T$	= tempi di ritorno di 100, 80, 60, 40, 20, 10 anni.

Per la determinazione dei tempi di corrvazione e della portata massima (portata di piena) del bacino idrografico, essendo lo stesso considerato piccolo per estensione, si adottano le seguenti relazioni matematiche, rispettivamente proposte da Giandotti ( $T_c$ ) e da Visentini ( $Q_{\max}$ ):

$$T_c(\text{ore}) = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5 \times l}{0,80 \times \sqrt{\bar{H}_m}}$$

$$Q_{\max} (m^3/sec) = \frac{0,278 \times S \times H_{crit}(t,T)}{0,80 \times T_c}$$

dove le variabili del bacino sono:

$T_c$  (ore) = tempo di corrivazione;

$S$  (km<sup>2</sup>) = area del bacino idrografico sotteso dalla sezione di misura;

$l$  (km) = lunghezza dell'asta valliva principale;

$H$  (m) = altitudine media ponderata del bacino:

$$H (m) = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \times S_i}{S}$$

$h_i$  = altitudine media tra due direttrici;

$S_i$  = superficie compresa tra le due direttrici;

$H_0(m)$  = quota della sezione di chiusura;

$\bar{H}_m = H(m) - H_0(m)$  = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura.

Per la determinazione della portata massima del bacino idrografico, si assume, data la sua limitata estensione, il valore dell'altezza critica  $H_{crit}(t,T)$ , corrispondente ad un tempo di ritorno  $T$  di **10** anni e per una durata  $t$  corrispondente al tempo di corrivazione calcolato  $T_c$ .

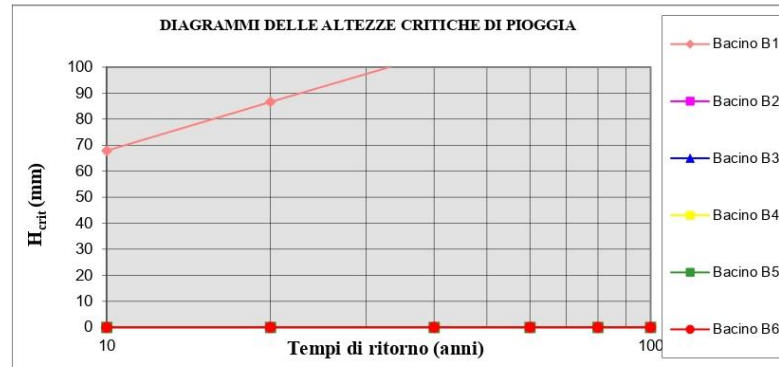
Dall'esame delle annesse tabelle di calcolo e dei grafici, si possono rispettivamente rilevare i valori della portata massima  $Q_{\max}$  del bacino idrografico del  $T$ . Comunelli, per i vari tempi di ritorno  $T$  (anni) e l'andamento delle altezze critiche di pioggia  $H_{crit}$  riferite ai tempi di ritorno  $T$  (anni) ed al tempo di durata  $t$  (ore).

Si assume la portata  $Q_{\max}$  di 1072,39 m<sup>3</sup>/sec per un tempo di ritorno pari a 10 anni, considerando, quale contributo al deflusso superficiale, un coefficiente pari al 100% per gli affioramenti argillosi, in quanto terreni pressoché impermeabili. Il bacino in esame ha un'area pari a 107,81 km<sup>2</sup>.

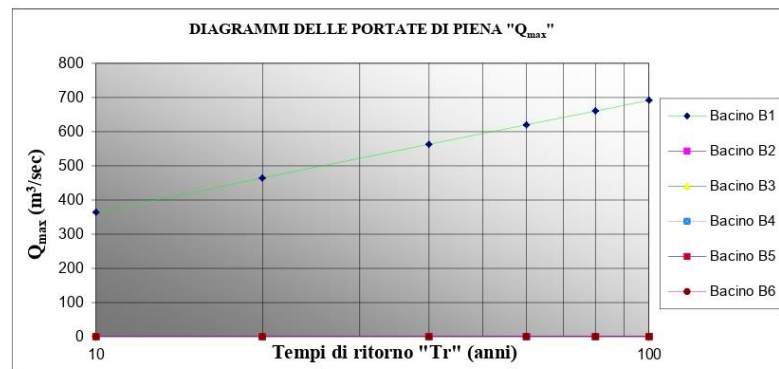
Le elaborazioni statistiche, i cui risultati sono riportati in tabella sono state effettuate con calcolo automatico a mezzo di computer, utilizzando il foglio elettronico di calcolo Excel della Microsoft.



Tr (anni)	BACINI IDROGRAFICI SOTTESI					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
100	129,01	-	-	-	-	-
80	123,16	-	-	-	-	-
60	115,62	-	-	-	-	-
40	104,95	-	-	-	-	-
20	86,57	-	-	-	-	-
10	67,83	-	-	-	-	-



PORTATE DI PIENA "Q <sub>max</sub> " (m <sup>3</sup> /sec)						
Tr (anni)	BACINI IDROGRAFICI SOTTESI					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
100	691,871	-	-	-	-	-
80	660,537	-	-	-	-	-
60	620,072	-	-	-	-	-
40	562,864	-	-	-	-	-
20	464,276	-	-	-	-	-
10	363,764	-	-	-	-	-





## - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per quanto esposto nei paragrafi precedenti, si evince che i terreni individuati nel sito in esame, sono costituiti da uno strato di ricoprimento costituito da elementi ruditici e arenitici immersi in una matrice sabbioso limosa ocracea a grado di addensamento variabile, derivante prevalentemente dai processi di erosione e alterazione delle litologie in posto.

Più in profondità si rinvencono con continuità depositi argilloso sabbiosi con intercalazioni arenitiche lenticolari, con grado di addensamento progressivamente crescente con la profondità..

Lo studio effettuato in ottemperanza alla Legge 2 febbraio 1974 n° 64, al D.M. 11 marzo 1988 e alla L.R. 10/93, consente in conclusione di affermare che l'area in esame in relazione al Progetto di un impianto agrovoltaiico con soluzioni integrative innovative e sistemi di monitoraggio delle colture, realizzato su inseguitori solari, ai sensi del comma 5 , art.31 della L.108/2021 e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale, da realizzare nel Comune di Butera in C.da Pozzillo, di potenza nominale di 35.400 KW e di potenza del generatore di 39.606,84 KWp denominato "BUTIRAH", non presenta particolari problematiche di ordine geomorfologico e idrogeologico, non essendosi individuati elementi di rischio geologico che possano avere dei requisiti tali da poter influenzare in modo significativo la risposta meccanica del suolo sollecitato da azioni sismiche.

L'indagine sulle condizioni geomorfologiche e idrogeologiche del territorio ha rilevato la presenza di litologie molto permeabili con livelli piezometrici della falda stimati a profondità superiori ai 15 metri dal piano di campagna, che non instaurano le condizioni per la realizzazione di significative variazioni delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e delle loro coperture.

Alla luce delle considerazioni formulate, si è evidenziato, che l'aspetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame, che attualmente non manifesta fenomeni di instabilità in atto o potenziali essendo ben lontana da zone degradabili, risulterà perfettamente stabile, in quanto le condizioni morfologiche di equilibrio degli areali investigati, strettamente legate alle caratteristiche meccaniche, al grado di addensamento ed alla favorevole giacitura dei litotipi affioranti, si manterranno soddisfacenti anche in seguito alla continua attività erosiva ad opera degli agenti esogeni.

Le acque di precipitazione meteorica non produrranno in loco attività erosive degne di rilievo, infiltrandosi per la quasi totalità, anche se in prossimità delle aree più depresse potrebbero generarsi, nelle stagioni più piovose, locali ristagni d'acqua. In relazione alle modeste pendenze delle aree topografiche esistenti, lo smaltimento di eventuali reflui prodotti dall'insediamento in oggetto non modificherà l'attuale equilibrio idrogeologico mantenendo inalterato l'ecosistema.

**IL GEOLOGO**

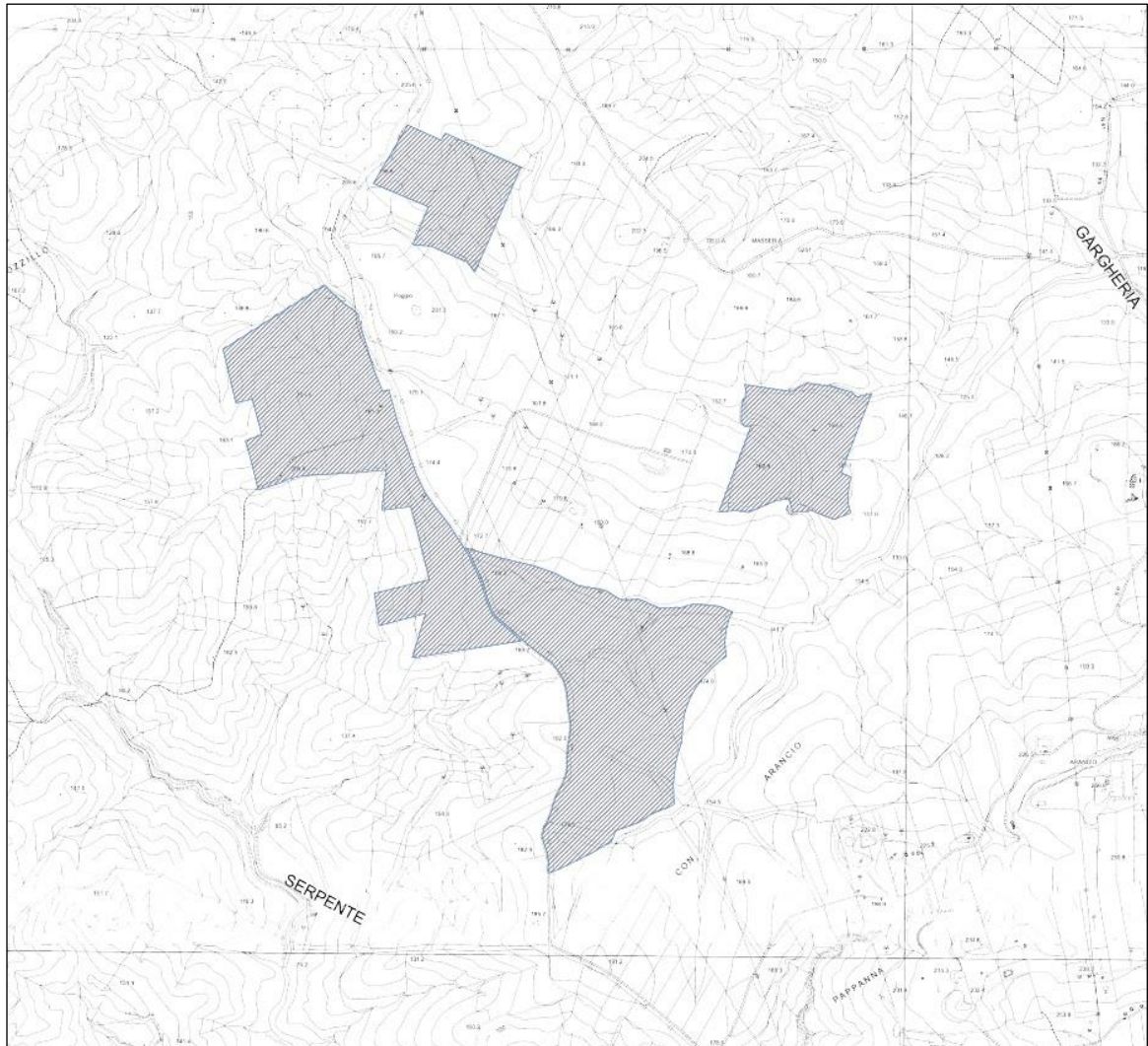
**(Dott. Daniele Angelo Polizzi)**

**Ordine Regionale Geologi Sicilia n° 1583**

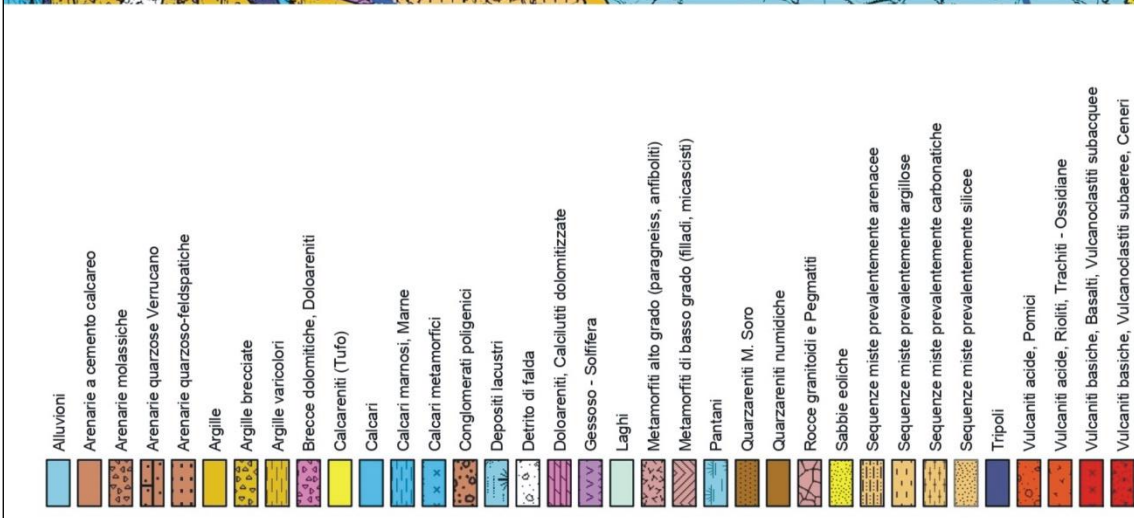
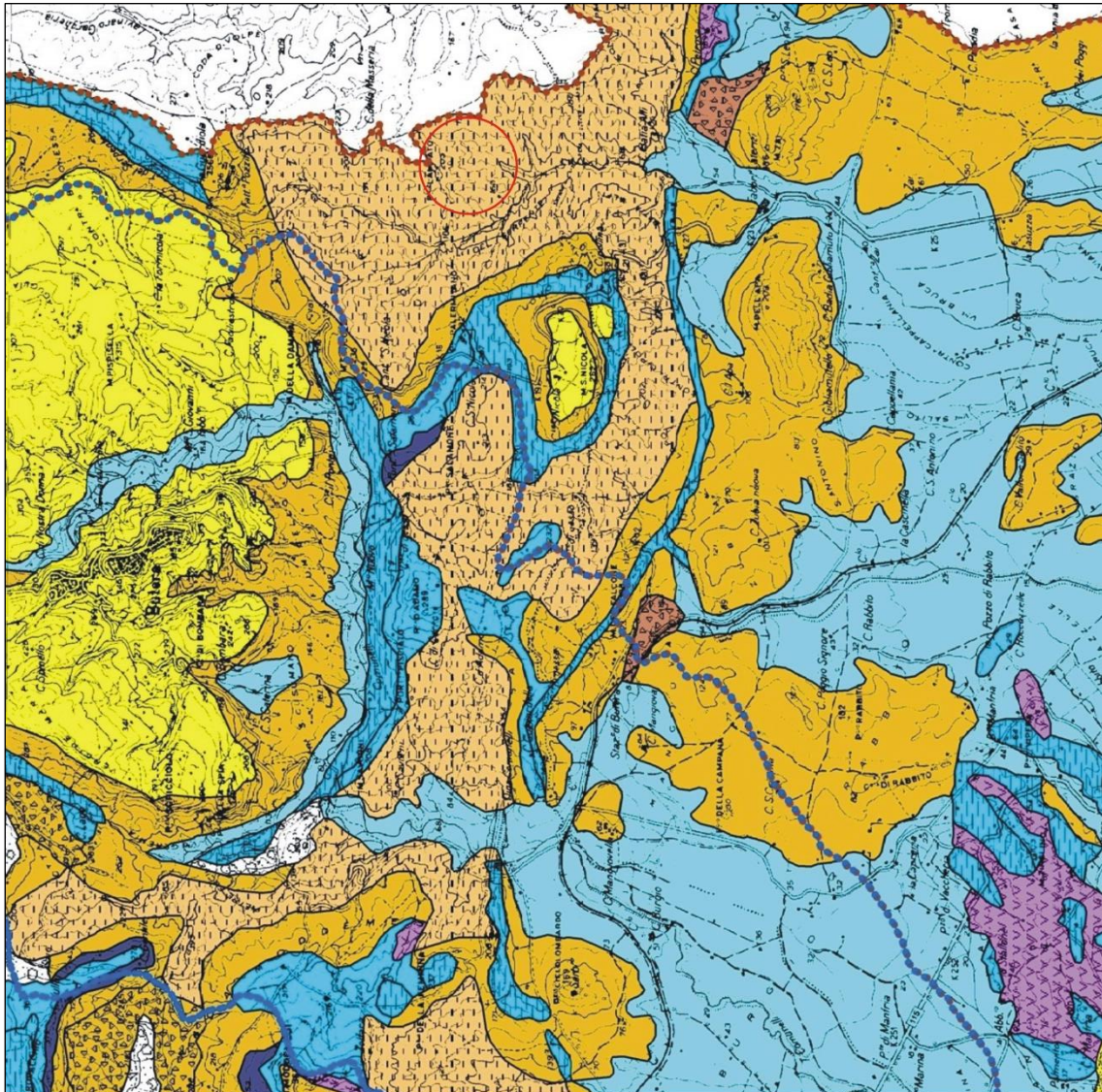
A circular blue stamp from the Regional Order of Geologists of Sicily (Ordine Regionale Geologi Sicilia) with the number 1583. The stamp contains the text "Dott. Geol. POLIZZI DANIELE N. 1583". A handwritten signature in black ink, "Daniele Angelo Polizzi", is written over the stamp.

- **ALLEGATI**

- *C.T.R. scala 1: 10.000;*
- *Stralcio Carta Litologica;*
- *Colonna stratigrafica;*
- *Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico;*
- *Stralcio Carta Vincolo Idrogeologico;*
- *Stralcio Carta uso del suolo;*

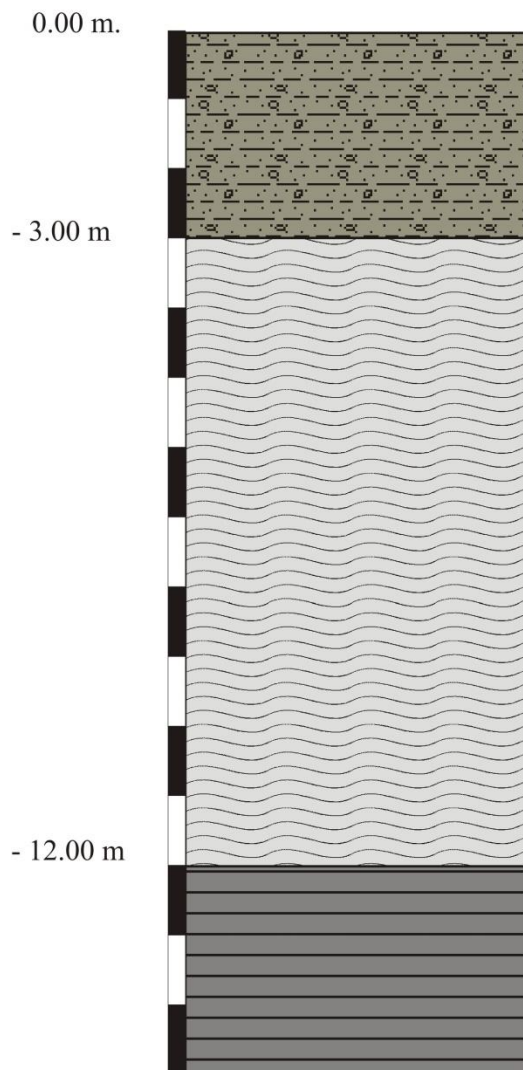


C.T.R. scala 1: 10.000 (643030)



Stralcio Carta Litologica

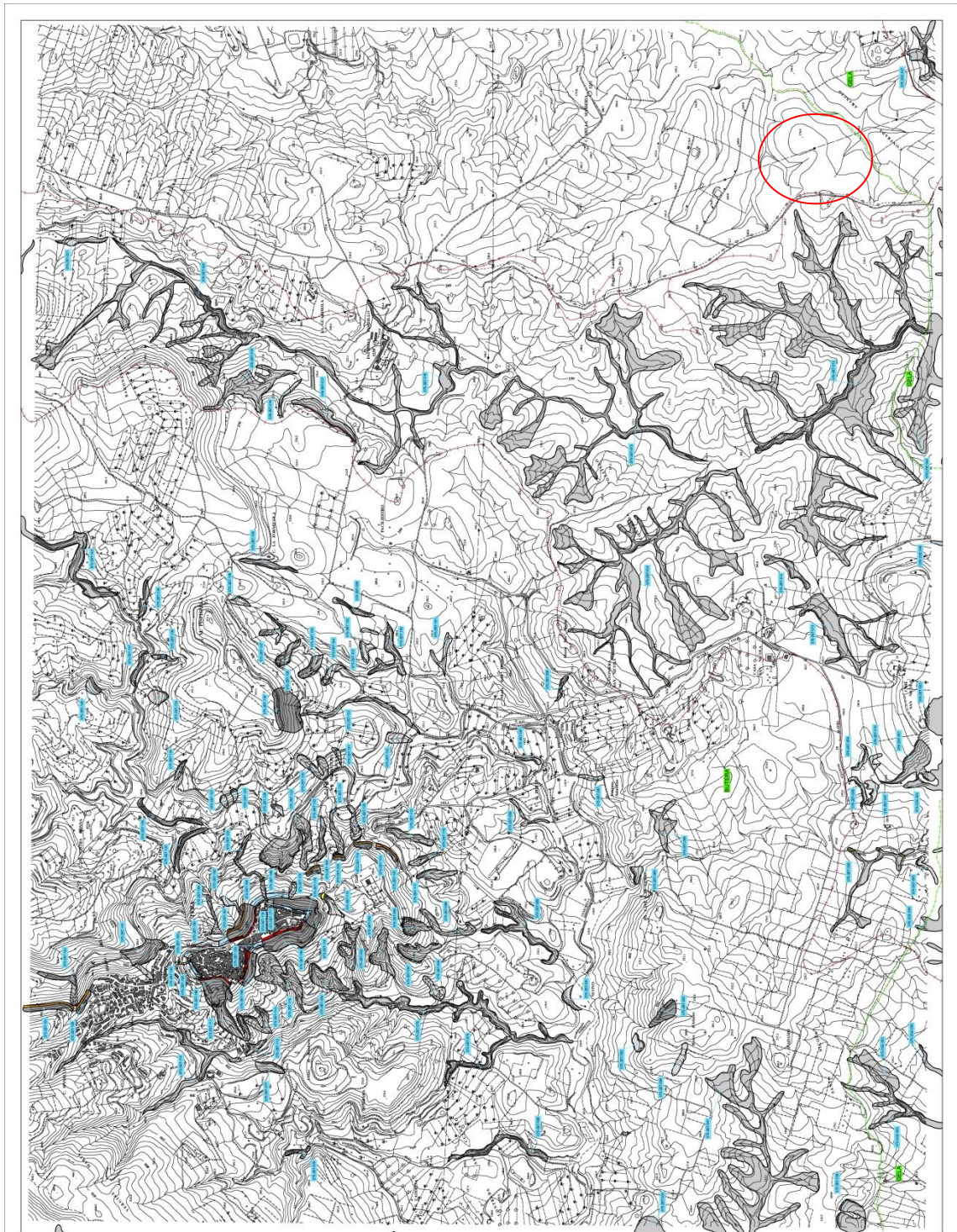
## COLONNA STRATIGRAFICA



Depositi sabbioso limosi a grado di addensamento mutevole, con intercalazioni arenitiche, variamente alterati e ricchi in componente organica nelle porzioni sommitali.

Depositi argilloso sabbiosi con intercalazioni arenitiche lenticolari, con grado di addensamento progressivamente crescente con la profondità.

Argille e argilliti alterate nelle porzioni sommitali con locali intercalazioni di lenti sabbiose a grado di addensamento crescente con la profondità.



REPUBBLICA ITALIANA  
 Regione Siciliana  
 Assessorato Territorio e Ambiente  
 Servizio di "ASSESSORATO DEL TERRITORIO E DELLA SICILIA"  
**Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**  
 - Area Territoriale tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli (075)  
 - Bacino Idrografico del Torrente Rizzuto (074)  
 - Area Territoriale tra il bacino del Torrente Rizzuto e il bacino del Fiume Inera Meridionale (073)

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 10**  
 COMUNE DI BUTIRA - GELA  
 Scala 1:10.000

Anno 2006

**LEGENDA**

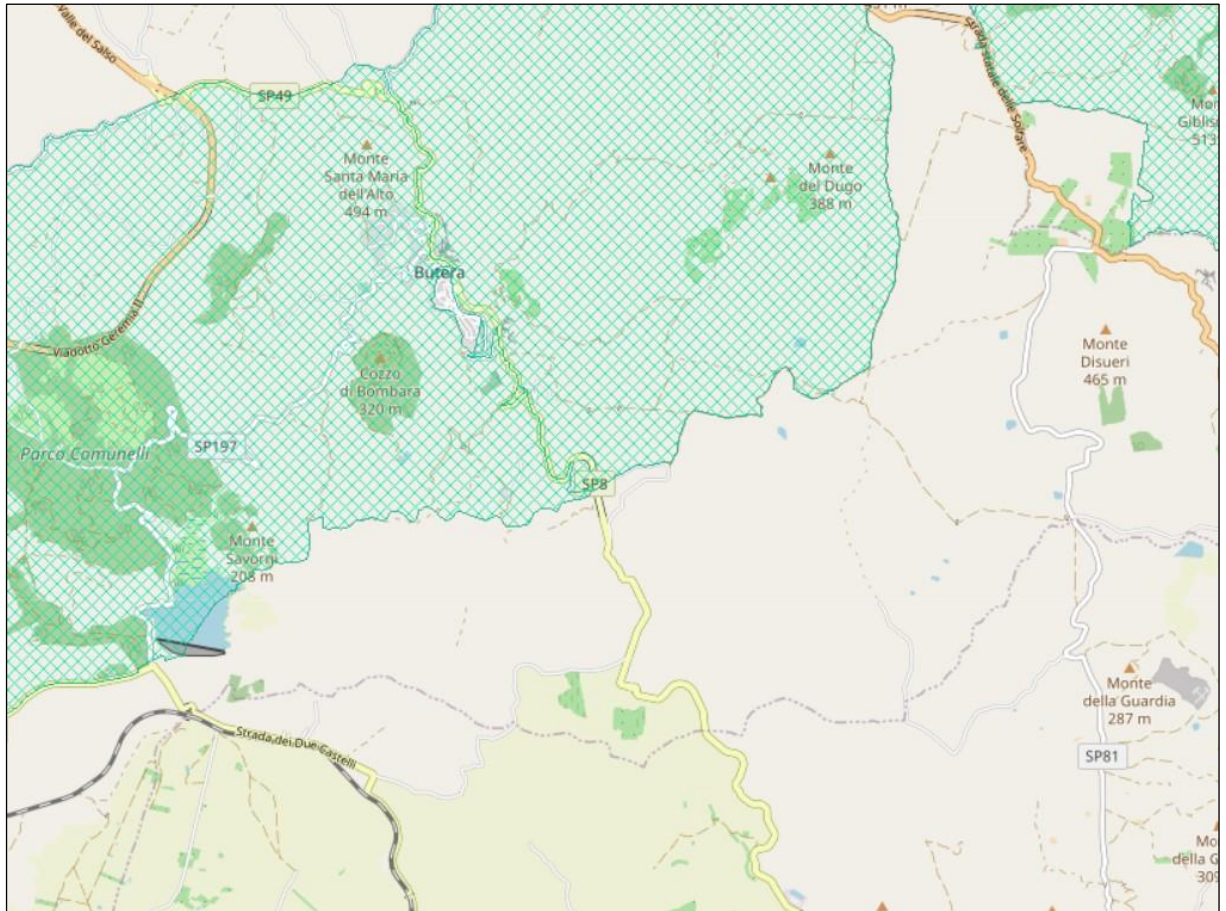
**LIVELLI DI PERICOLOSITA'**

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato
- Sito d'attenuazione

**LIVELLI DI RISCHIO**

- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

Limite bacino idrografico  
 Limite area intermedia  
 Limite comunale



STRALCIO CARTA VINCOLO IDROGEOLOGICO

