



PROVINCIA
DI VITERBO



REGIONE
LAZIO



COMUNE DI
VITERBO

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA R.T.N. TERNA DELLA POTENZA DI PICCO 65,292 MWp

Denominazione Impianto: IMPIANTO FOTOVOLTAICO "VITERBO 2"

Ubicazione: Comune di Viterbo

ELABORATO
02.VT2.RS.02

DOC.01.01.A

RELAZIONE GEOLOGICA



CLEAN ENERGY NATURALLY

Project - Commissioning - Consulting
CEN SRL
STRADA DI GUINZA GRANDE
1 INT. 2 CAP 01014
MONTALTO DI CASTRO (VT)

Scala:

Data:
12/06/23

PROGETTO

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



Il Richiedente:

CCEN Viterbo 2 S.r.l.
PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE 8
39100 BOLZANO
KANZLEI ROEDL & PARTNER
P IVA 03210110213

Tecnici:

Dott. Geologo Gianluca Tamantini - Ordine geologi del Lazio n°1968

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	24/04/2024	Emissione	TAMANTINI	TAMANTINI	TAMANTINI
02					
03					
04					

Firma Produttore

Firme



DOTT.GEOL.GIANLUCA TAMANTINI

Viterbo 01100 – via Garbini 82

Ordine geologi del Lazio n°1968

Part.Iva:02144300569 - TMNGLC81L02M082J

E-mail: gianluca.tamantini@gmail.com

PEC: gianluca.tamantini@pec.geologilazio.it

Tel.Cell. 3282783565

COMUNE DI VITERBO

PROGETTO DI INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO
"Stelliferi"

**RELAZIONE GEOLOGICA E
GEOMORFOLOGICA**

MAGGIO 2023

INDICE	
1. PREMESSA	Pag. 2
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA	2
3. CARATTERISTICHE CLIMATICHE	5
<i>3.1. Bilancio Idrologico</i>	5
4. GEOLITOLOGIA	7
5.IDROGRAFIA	11
6. IDROGEOLOGIA	12
7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO	16
8. CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE	18
<i>8.1. Prova di permeabilità</i>	18
<i>8.2. Analisi granulometrica</i>	19
<i>8.3. Considerazioni conclusive</i>	19
9.VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI	20
10. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	23
<i>10.1. Caratterizzazione sismica del sito oggetto dell'intervento</i>	29
<i>10.1.1. Pericolosità sismica di base</i>	29
<i>10.1.2. Risposta sismica locale</i>	31
11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	33
12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	34
Allegati	
<i>Topografia</i>	(scala 1:25.000)
<i>Vista aerea</i>	
<i>Carta Geologica</i>	(scala 1:25.000)
<i>Schema stratigrafico</i>	
<i>Carta Idrogeologica</i>	(scala 1:25.000)
<i>Carta delle lineazioni strutturali</i>	(scala 1:25.000)
<i>Analisi granulometrica</i>	
<i>Nuova classificazione sismica della Regione Lazio</i>	
<i>Grafico e tabella sismicità storica di Viterbo</i>	
<i>Mappa della pericolosità sismica</i>	
<i>Carta Microzonazione simica – UAS di Viterbo (scala 1:10.000)</i>	

1. PREMESSA

Si fornisce il quadro ambientale nelle sue caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche dell’area oggetto di studio per il progetto di installazione di impianti fotovoltaici con la definizione dei caratteri geomorfologici del sito, i rapporti litostratigrafici locali, i parametri geomeccanici dei terreni e la rispondenza sismica.

In particolare si tratta di terreni che fanno parte di più aziende agricole confinanti e insistenti nel comune di Viterbo.

La presente nota è preliminare ai successivi atti progettuali.

2. UBICAZIONE GEOGRAFICA

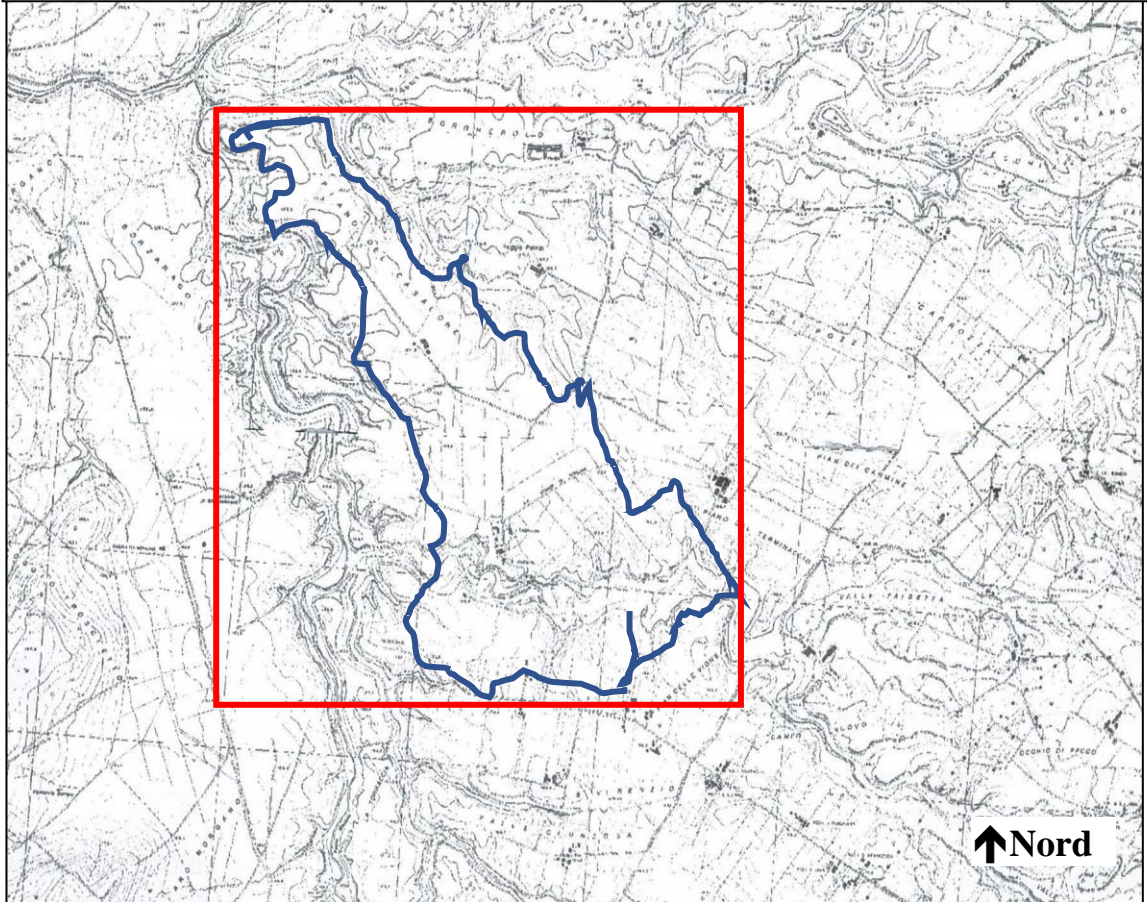
L’area in esame è compresa nella parte occidentale del territorio comunale di Viterbo, delimitato a Nord dal corso d’acqua del Fosso Biedano e il Fosso Sambuchete, a Sud si estende poco oltre il Fosso dell’Acqua Alta (vedi *Topografia* scala 1:10.000 C.T.R. Lazio sez. 354040 – Borgo Rio Secco, 354080 – Norchia. Le quote topografiche sono comprese tra i valori di 150 e 160 metri s.l.m.

I terreni interessati dallo studio sono situati nel comune di Viterbo e sono distinti catastalmente come segue:

PIANO PARTICELLARE								
Provincia	Comune	Foglio	Particella	Qualità	Classe	Sup. TOT (ha)	Sup. Vincolo (ha)	Sup.Utile (ha)
VITERBO	Viterbo	220	19	bosco ceduo	4	17,068	16,6211	0,4469
			21	seminativo	3	14,392	6,0160	8,3760
VITERBO	Viterbo	236	2	seminativo	3	5,625	3,0112	2,6138
			3 AA	seminativo	2	0,66	0,8997	0,8273
			3 AB	pascolo cesp	1	1,067		
			4	seminativo	4	1,174	0,4263	0,7477
			14	seminativo	2	29,4542	2,1726	27,2816
			55	seminativo	4	0,832	0,0020	0,8300
			67 AA	seminativo	2	0,73	6,8300	3,9010
			67 AB	bosco ceduo	4	10,001		
			73	seminativo	2	6,589	0,6090	5,9800
			127 (ex 123 ex 70)	seminativo irriguo	2	20,8785	1,7085	19,1700
			130 (ex 120 ex 31)	seminativo irriguo	2	2,8114	0,0462	2,7652
			131 (ex 30)	seminativo	3	6,88	0,6792	6,2008
			134 (ex 10)	bosco ceduo	4	23,1062	22,9428	0,1634
			128	Seminativo Irr	2	13,8286	1,1768	12,6518
129	Seminativo Irr	2	18,9717	0,5457	18,4260			
132	Seminativo	3	12,4427	2,3272	10,1155			
						186,5113	66,0143	120,4970

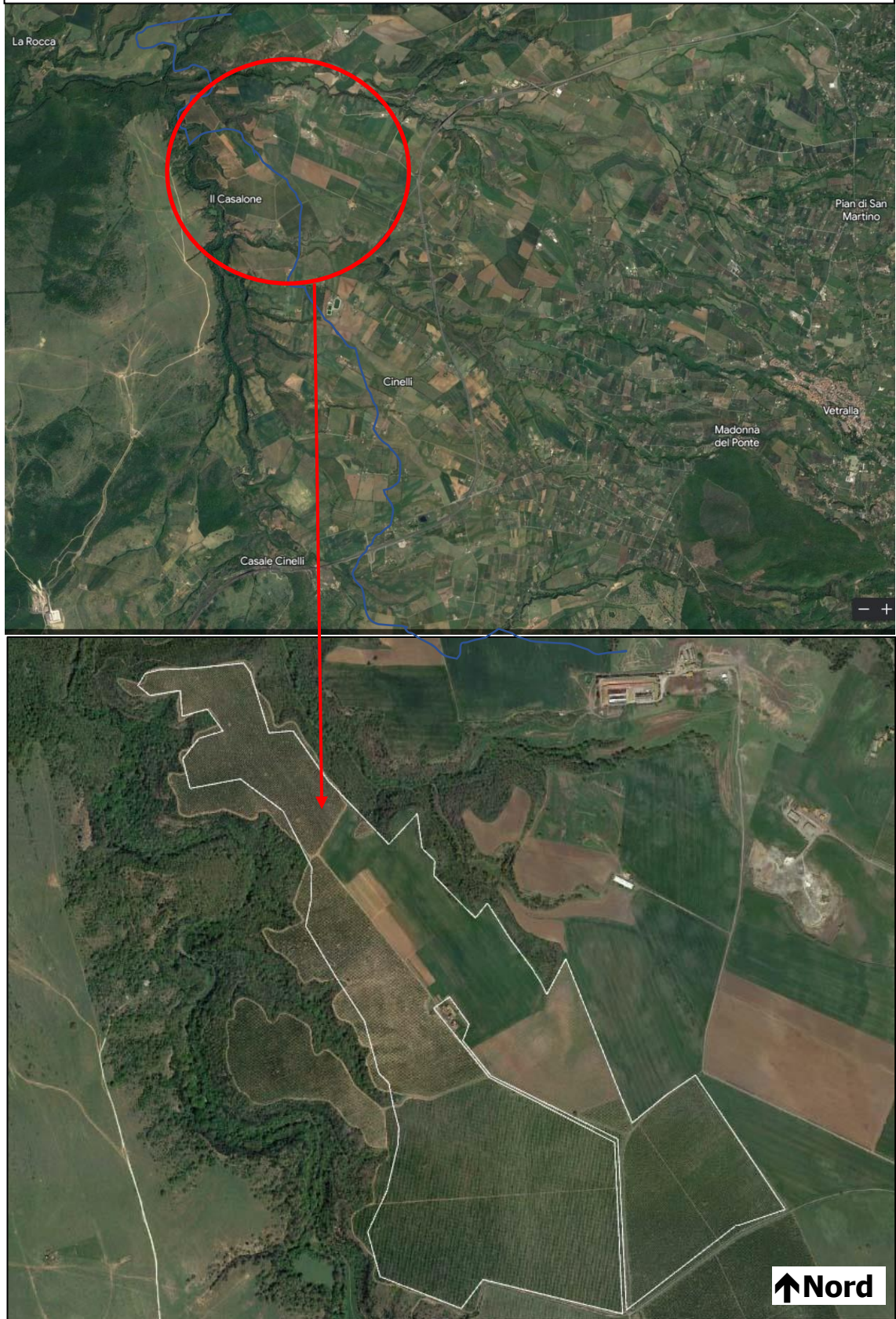
TOPOGRAFIA

Scala 1:10.000 C.T.R. Lazio sez. 354040 – Borgo Rio Secco, 354080 - Norchia



Area in esame

IMMAGINE SATELLITARE



3. CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Un supporto fondamentale per lo studio idrogeologico è rappresentato dalle condizioni climatiche e dal bilancio idrologico.

Per la valutazione degli elementi fondamentali sono stati utilizzati dati bibliografici desunti dagli Annali del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, integrati con quelli derivati dalla *'Relazione sullo stato dell'ambiente della provincia di Viterbo'* (Provincia di Viterbo-Ass. Ambiente - Dicembre 2002) e con quelli esposti nella pubblicazione *'Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici'*, sintesi dello "Studio finalizzato alla pianificazione della risorsa idrica" promosso e realizzato dall'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio e dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere - 2005, a cura di G. Capelli, R. Mazza e C. Gazzetti.

- **TEMPERATURA:** i valori sono tipici dell'area mediterranea, conseguenza della naturale difesa operata dall'orografia contro i venti freddi provenienti dal Nord. Per tale motivo non si hanno notevoli escursioni stagionali e mensili con una temperatura media annua, in relazione alla quota topografica delle stazioni, valutata su un valore di 13,9 °C.
- **PRECIPITAZIONI:** gli afflussi meteorici sono condizionati dall'esposizione ai venti con una maggiore concentrazione in prossimità dei rilievi, valutati in circa 950 mm/anno. La distribuzione massima è nel periodo autunno-inverno e il minimo nel mese di Luglio.
- **VENTI:** si evidenzia una provenienza di venti dai quadranti nord-orientali, nel semestre invernale, mentre in quello estivo risultano principalmente da W, con frequenze apprezzabili da SW.

3.1. Bilancio Idrologico

Nella definizione del bilancio idrologico si identifica nella precipitazione (**P**) la quantità di acqua (mm/anno) affluita al sistema. Una parte di questa si perde nel ruscellamento superficiale (**R**), dando origine alle risorse idriche superficiali che vengono convogliate verso i fiumi e quindi verso i mari. La maggior parte viene trattenuta dalla vegetazione dando origine al fenomeno dell'evapotraspirazione (**E**), e dai terreni permeabili, per il fenomeno

dell'infiltrazione efficace (**I**). Infine le acque di infiltrazione efficace rappresentano le risorse idriche sotterranee.

La seguente equazione sintetizza il bilancio idrologico:

$$\mathbf{P = I + E + R}$$

(P) precipitazioni - 960 mm/anno con 80 giorni piovosi;

(E) evapotraspirazione- non essendo disponibili dati sperimentali si è ricorsi alla formula empirica di Turc

(I) infiltrazione;

(R) ruscellamento

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} = 64\%$$

$$L = 0,05T^3 + 25T + 300$$

T = temperatura media annua (per il territorio oggetto di studio è di 13,3°)

P = precipitazione media annua (960 mm/anno);

R = il ruscellamento risulta essere nell'ordine del 7 %;

I = l'infiltrazione efficace è condizionata dalla permeabilità delle formazioni affioranti, per il territorio esaminato si è valutata una infiltrazione del 27 % delle precipitazioni, stimabile a 260 mm.

4. GEOLITOLOGIA

La litologia locale è caratterizzata dalla presenza e dalla sovrapposizione dei prodotti vulcanici originati dall'attività del Complesso Vicano (vedi **Carta Geologica** scala 1:10.000).

In affioramento si ha l'Ignimbrite III, denominata *tufo rosso a scorie nere*. L'ignimbrite III si presenta in facies distinte:

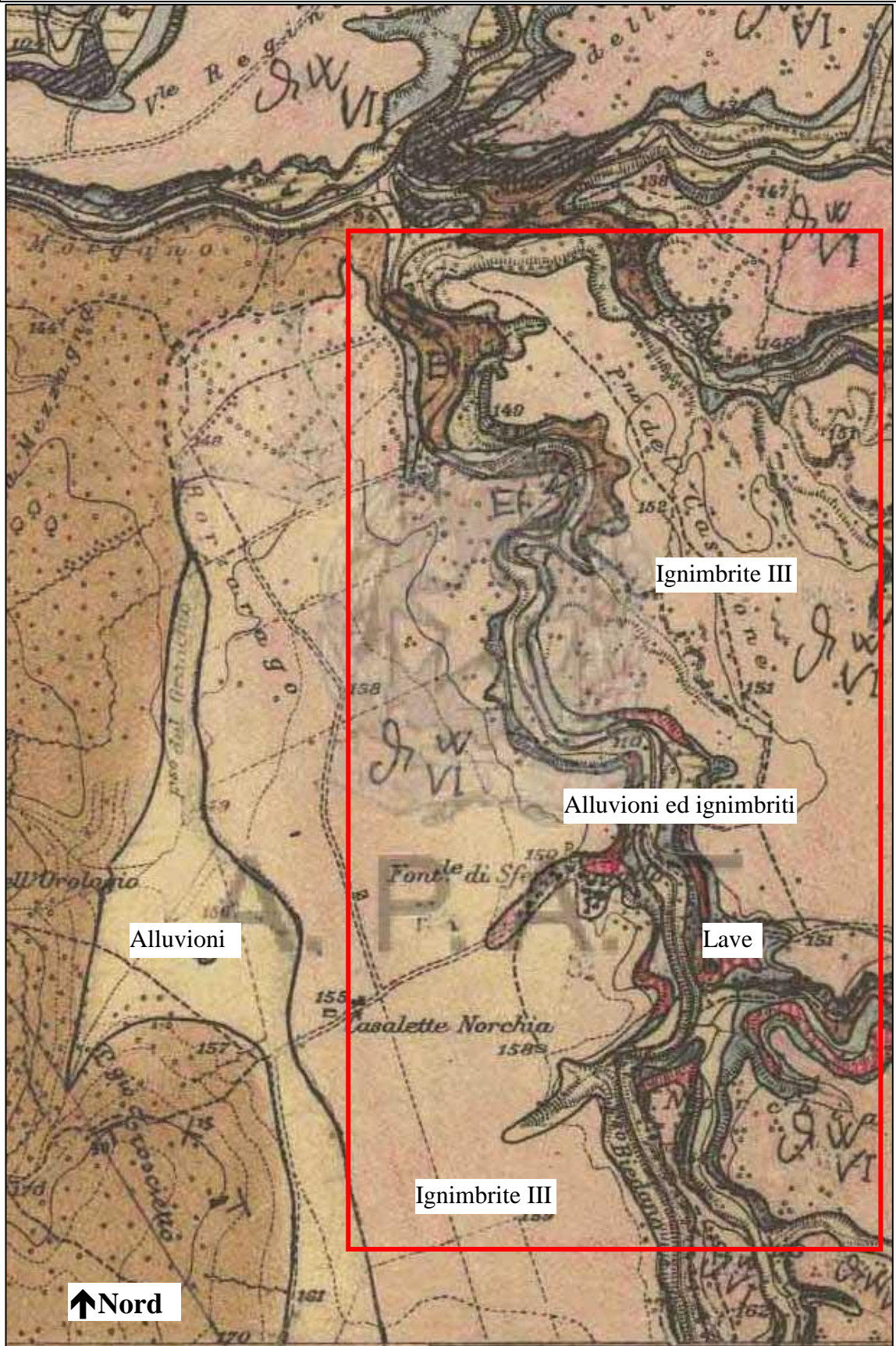
- *litoide* con l'aspetto di una roccia compatta, di media durezza, che deriva da una massa saldata pomiceo-cineritica in cui compaiono inclusi lavici; è interessata da fratture verticali e, in misura minore, orizzontali; il colore è giallo rossiccio;
- *agglomeratica*, nella parte intermedia e basale della formazione, costituita dalla successione di pomici e blocchi di lava leucitico-tefritica sovrapposti a lapilli e sabbie vulcaniche.

I processi di pedogenizzazione hanno talvolta originato localmente facies meno addensate. Lo spessore globale della formazione è variabile in alcune decine di metri. Seguono le altre ignimbriti e colate laviche di spessore contenuto in una decina di metri.

Verso occidente affiora formazione sedimentaria arenacea denominata “Pietraforte”, caratterizzata da arenarie quarzoso-calcaree di colore variabile dall'ocra al grigio, posto a letto delle vulcaniti, che rappresenta il termine di base della serie vulcanica alla profondità di 45/50 metri dal piano di campagna.

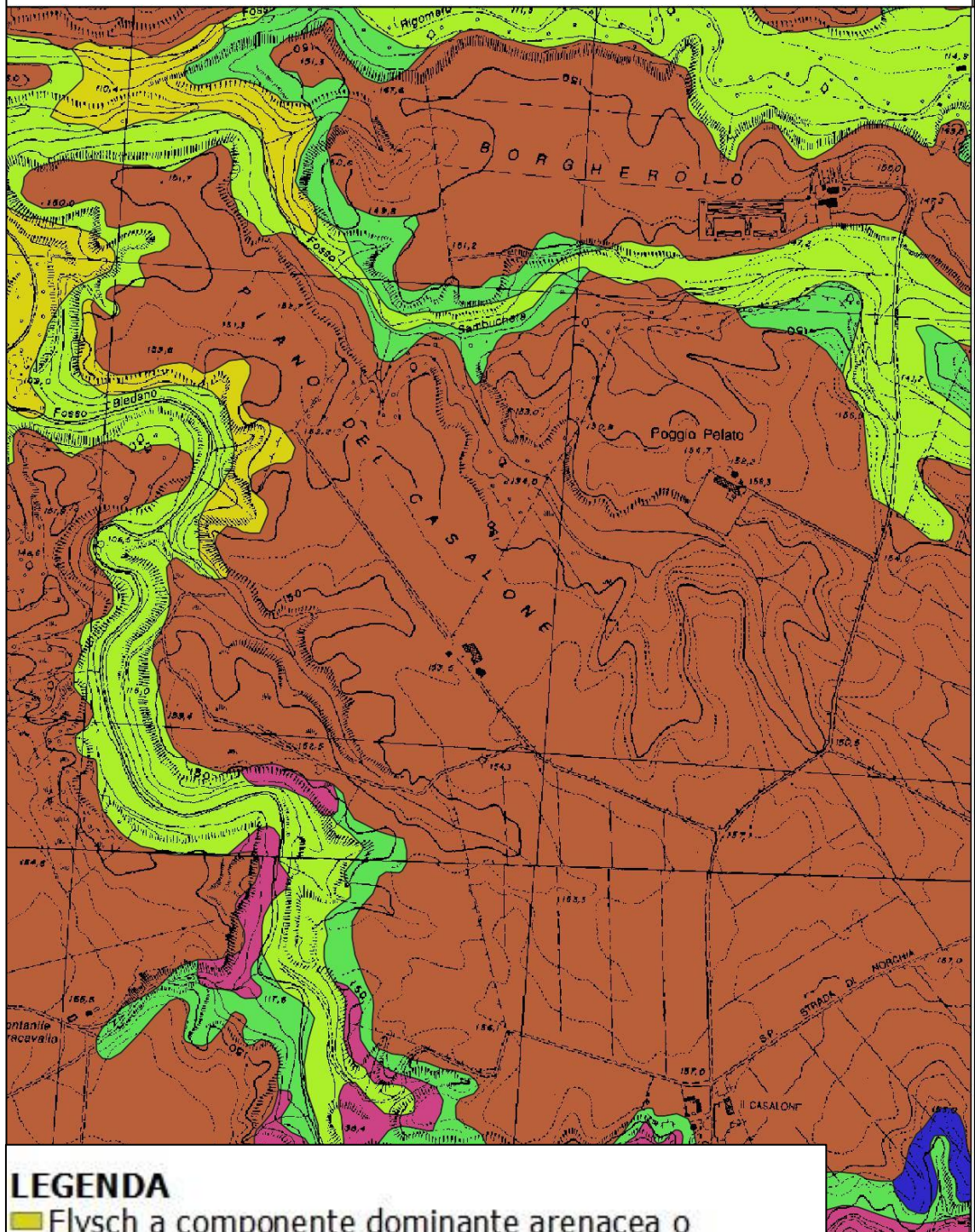
CARTA GEOLOGICA

Scala 1: 25.000 - Località Il Casalone



CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000

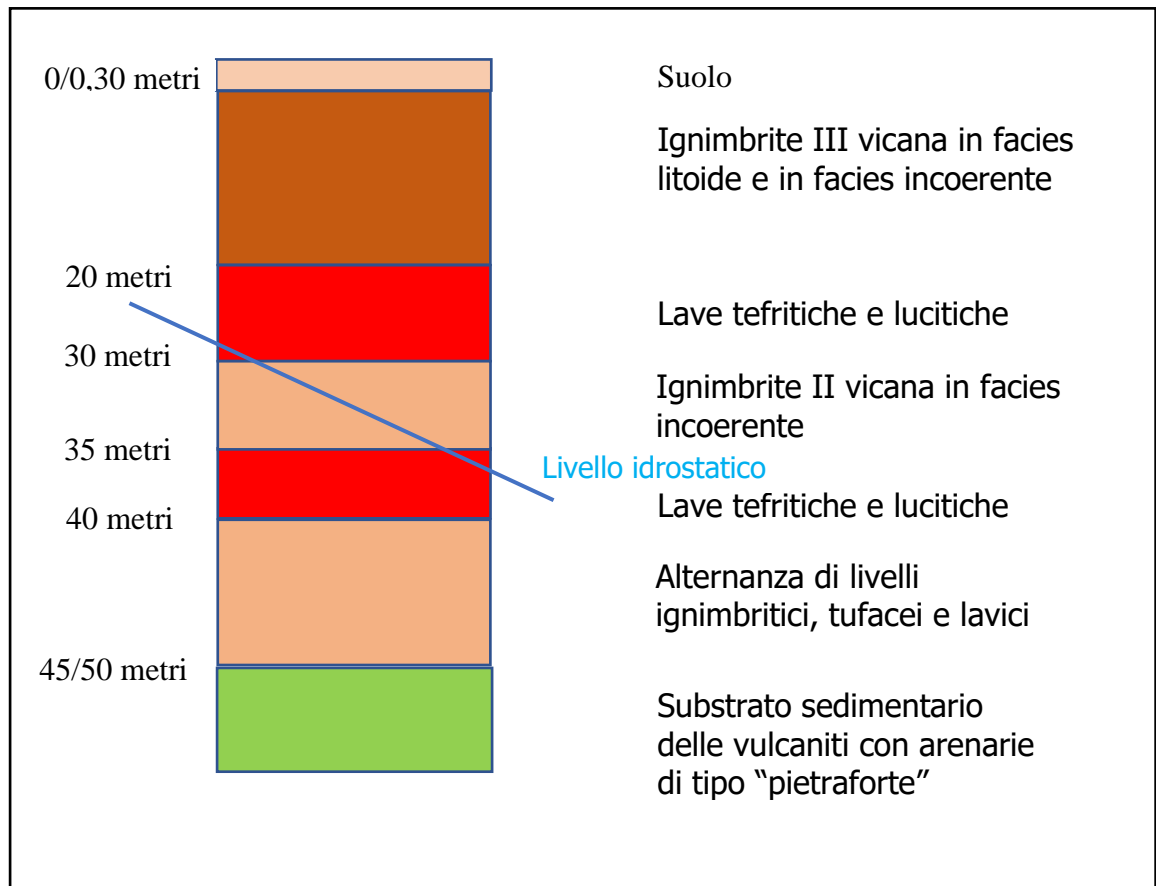


LEGENDA

- Flysch a componente dominante arenacea o conglomeratico-arenacea
- Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture colluviali ed eluviali
- Lave sottosature e saturate
- Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi
- Ignimbrite III
- Travertini

SCHEMA STRATIGRAFICO

Località Il Casalone



5. IDROGRAFIA

L'idrografia locale si interpone tra gli affioramenti del substrato calcareo-arenaceo-argilloso di Monterazzano ad Est e di Poggio Querciabella ad Ovest, con l'asse principale di drenaggio rappresentato dal Fosso Biedano che scorre in senso meridiano (N-S) fino alla confluenza settentrionale con il Torrente Leia, ortogonale ad esso (W-E)

In generale il drenaggio è esercitato da questa asta fluviale con altri tributari subparalleli che hanno la direzione Nord-Sud incidendo in profondità la coltre dei prodotti vulcanici fino all'emergenza della falda freatica dove si ha un relativo appiattimento del profilo di equilibrio, con a luoghi la presenza dei sedimenti alluvionali sul fondo valle di questi corsi d'acqua. E' presumibile che la disposizione del reticolo idrografico sia stato condizionato dalla neotettonica prestablando gli assi di scorrimento in uno schema pressochè ortogonale.

In generale si può definire lo schema idrografico locale inserito in una fase giovanile con aste di 1° e 2° grado con un ristretto bacino imbrifero di media densità di drenaggio. Ciò è dovuto alla relativa permeabilità dei suoli di natura vulcanica e matrice grossolana che maggiormente si predispone all'infiltrazione anziché allo scorrimento superficiale delle acque dilavanti, come evidenziato nei valori sopradescritti del *bilancio idrologico*. Il regime del deflusso è pressochè stazionario con variazioni modeste di carattere stagionale in ragione dell'azione drenate della falda freatica di base ed emergente nell'alvei fluviali.

6. IDROGEOLOGIA

L'idrogeologia locale è condizionata dall'infiltrazione delle acque meteoriche nelle vulcaniti con l'instaurarsi di orizzonti freatici al contatto tra litotipi a diversa permeabilità relativa.

Le vulcaniti si possono considerare a media permeabilità con diversificazione data dalla porosità e fratturazione.

Alla base dei prodotti vulcanici si trovano i sedimenti in facies arenacea che rappresentano il substrato impermeabile su cui poggia la falda di base.

L'esame del reticolo idrografico fa presumere che si alimentata dalla presenza di una falda acquifera sospesa con una circolazione idrica al contatto tra le varie formazioni laviche ad una profondità di circa 20-30 metri.

Le osservazioni effettuate su pozzi esistenti nelle aree circostanti confermano la presenza della falda principale alla profondità variabile mediamente tra 40 metri a nord e 20 metri dal p. di c..

L'andamento del deflusso idrico è in convergenza in direzione occidentale con le due componenti da Ovest-Sud-Ovest e Ovest-Nord-Ovest con un gradiente idraulico del 5%. La potenzialità idrica è medio-alta.

Caratteristiche idrogeologiche delle formazioni litologiche

Le caratteristiche idrogeologiche ed i valori di permeabilità delle formazioni litologiche presenti nel territorio in esame possono essere così riassunte:

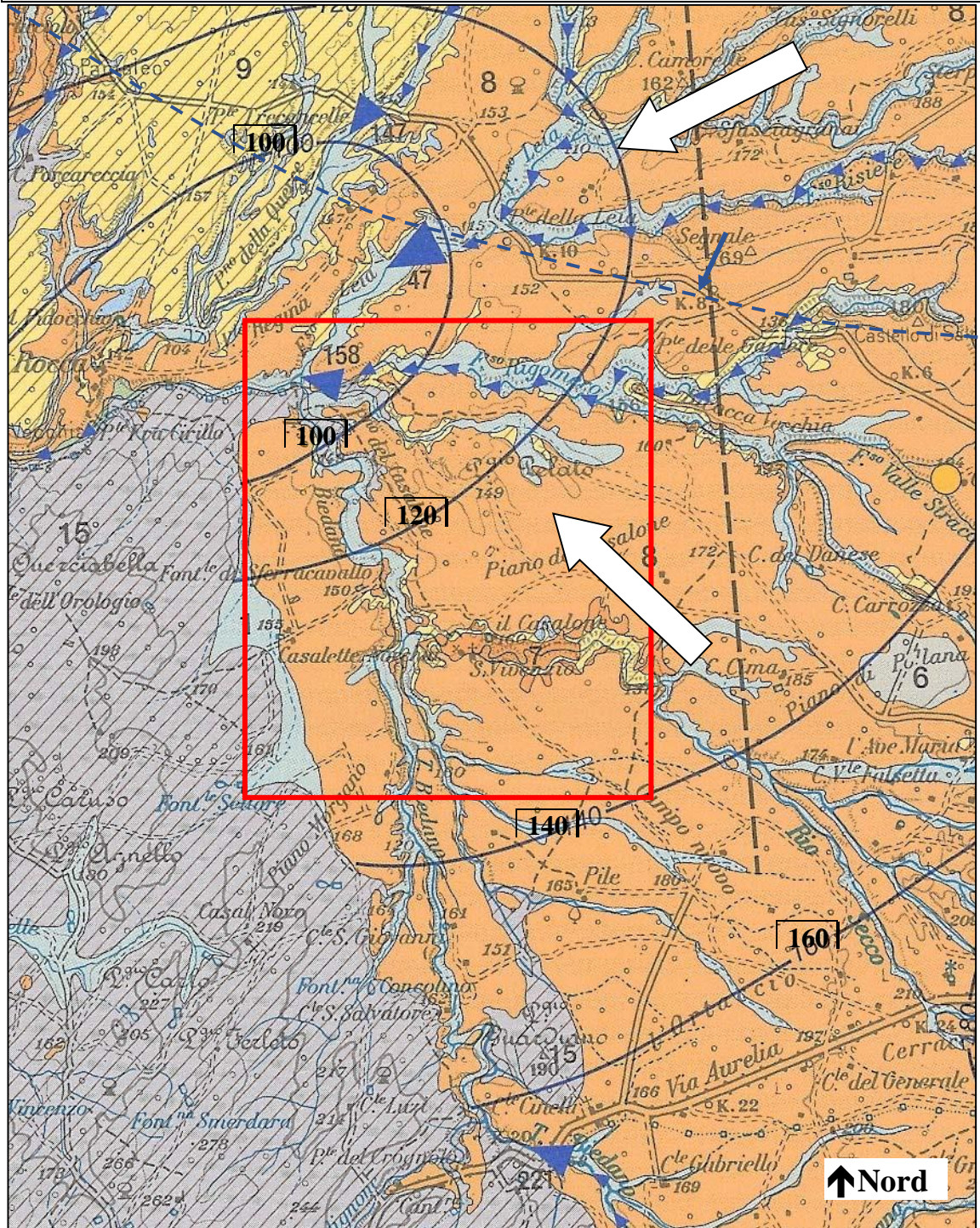
FORMAZIONI VULCANICHE

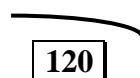

- Le formazioni tufacee ed ignimbriche vicane hanno una permeabilità medio-alta per porosità e fratturazione, variabile in funzione del grado d'addensamento e della facies.
- I corpi lavici hanno, in genere, valori modesti di porosità, da cui deriva una permeabilità bassa; le fratturazioni e le diaclasi tendono tuttavia ad elevare questo valore.

FORMAZIONI SEDIMENTARIE

- I sedimenti alluvionali hanno una permeabilità variabile, generalmente medio-alta, in funzione della distribuzione granulometrica; se sufficientemente estesi, essi possono essere sede di locali lenti acquifere con buona potenzialità idrica; nel caso di limitata estensione areale, le alluvioni ospitano acquiferi che perdurano solo stagionalmente.
- I travertini possiedono una permeabilità medio-alta per fratturazione nella facies litoide e media per porosità in quella sabbiosa.
- I sedimenti sabbioso-conglomeratici hanno una permeabilità generalmente alta per porosità. Riduzioni del valore della permeabilità si possono avere in corrispondenza di locali facies a granulometria più fine.
- Le argille e argille-sabbiose hanno una permeabilità modesta che favorisce il ruscellamento piuttosto che l'infiltrazione. Incrementi del valore della permeabilità si ritrovano in corrispondenza di facies a granulometria più grossolana.

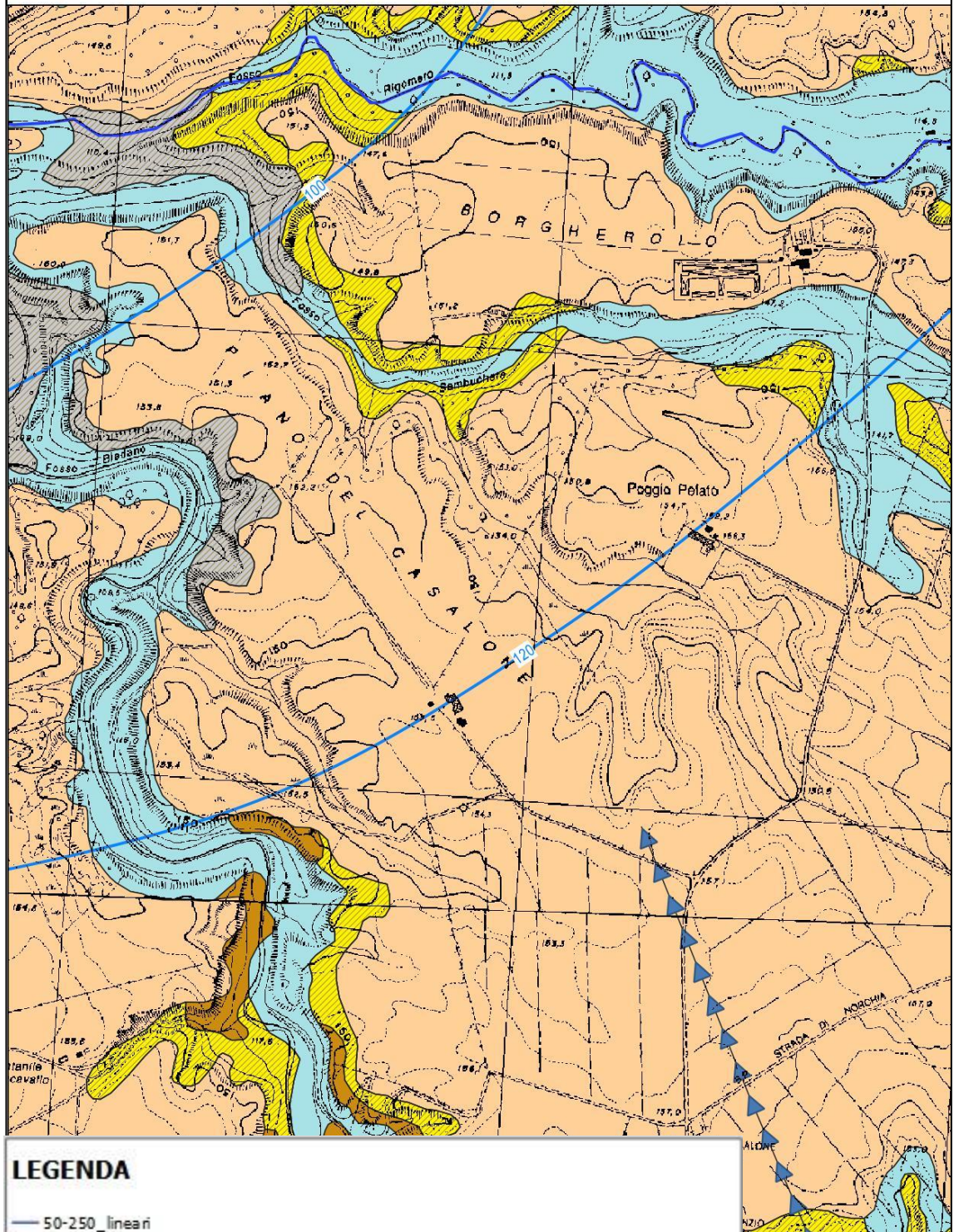
CARTA IDROGEOLOGICA - Scala 1: 25.000 - Località Il Casalone



-  Isopieze e quota s.l.m.
-  Direzione di deflusso

CARTA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI

SCALA 1:10.000



LEGENDA

- 50-250_lineari
- ▶ diretrici_flusso
- iso_equid_20

complessi idrogeologici

- 1) Complesso dei depositi alluvionali recenti
- 15) Complesso dei flysch marnoso-argillosi
- 4) Complesso dei travertini
- 7) Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie
- 8) Complesso delle pozzolane
- 9) Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche

7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico deriva dalla deposizione delle coltri vulcaniche che hanno conferito inizialmente al paesaggio superfici regolari ad andamento tabulare, successivamente trasformate dalle azioni morfologiche derivate dall'impostarsi dell'idrografia superficiale.

L'area in esame è posta al margine della piattaforma tabulare vulcanica al contatto del substrato sedimentario in facies arenacea di tipo “Pietraforte”. Da ciò ne deriva il condizionamento del reticolo idrografico che si pone con l'asse principale del Torrente Biedano in direzione Ovest-Nord-Ovest, fino alla confluenza con i Fossi Leia e Rigomero nelle altre due direzioni di Sud-Ovest e Ovest-Sud-Ovest.

Negli elementi morfologici, il reticolo idrografico è uno di quelli che maggiormente è influenzato dalla situazione morfo-tettonica, dato che i corsi d'acqua tendono a incanalarsi in linee di scorrimento preferenziale, spesso costituite da discontinuità tettoniche e/o litologiche, come nel caso di faglie e fratture. È stata eseguita l'analisi statistica delle orientazioni delle aste fluviali.

La conformazione delle aste fluviali coincide proprio in funzione dei grandi assi in cui la tettonica si è sviluppata a seguito dell'orogenesi appenninica e successivamente a quella “sinvulcanica”.

Il condizionamento del sistema strutturale dei corpi litologici nella conformazione del reticolo fluviale è evidente, in cui si ha la coincidenza delle direzioni delle aste fluviali con quelle tettoniche (Sud-Ovest = *appenninica* e Ovest-Sud-Ovest = *antiappenninica*). La forma del reticolo idrografico è quindi di tipo “ortogonale”.

Oltre ad una netta separazione dei corpi litologici con diversa “erodibilità”, il condizionamento comprende anche la diversa capacità di infiltrazione nel sottosuolo delle acque dilavanti, in cui minore è l'assorbimento, maggiore è lo scorrimento superficiale, determinando quindi un volume d'acqua fortemente erosivo. Questo naturalmente si evidenzia nel settore evolutivo del profilo d'equilibrio del corso d'acqua. Infatti da questo quadro si esclude la porzione delle pianure alluvionali dove è prevalente la fase deposizionale.

La maggiore erodibilità dei depositi vulcanici, oltre la predisposizione della lineazione tettonica, fa sì che si hanno delle valli fluviale di elevata profondità e ridotta larghezza, che prendono nome di "forre".

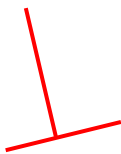
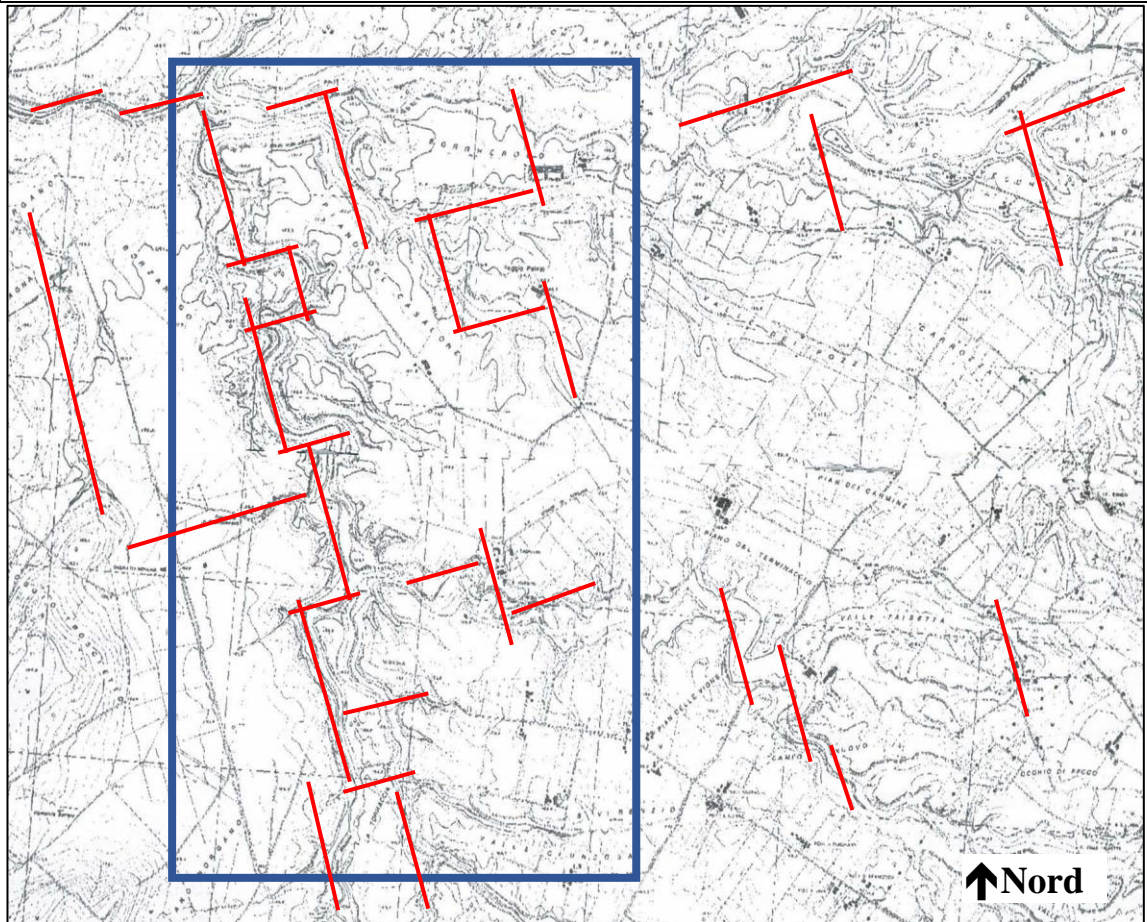
Le zone pianeggianti sono delimitate pertanto dalle forre ed hanno uno sviluppo areale in senso meridiano. Le aree acclivi corrispondono alle pendici dei versanti, ma attualmente mascherati da una fitta vegetazione boschiva. I valori di acclività variano da poche unità ad una media del 10%.

L'uso del suolo corrisponde alle pratiche colturali a seminativo nelle aree subpianeggianti, mentre in quelle a forte pendenza si ha una copertura boschiva. Questo fattore determina un grado di elevata resilienza in contrasto ad eventuali sistemi erosivi.

Pertanto in generale su tutta l'area non sono stati osservati fenomeni erosivi né processi destabilizzanti. Va comunque mantenuta la copertura boschiva esistente che assicura l'attuale stabilità morfologica, in particolare nelle pendici dei versanti e nei settori più acclivi.

CARTA delle LINEAZIONI STRUTTURALI

Scala 1: 10.000 - Località Il Casalone



Lineazioni strutturali

8. CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

Il suolo che si origina dal substrato litologico è caratterizzato da alcuni elementi indicativi delle capacità autodepuranti e delle interazioni chimico-fisiche con i fluidi che in esso penetrano. Vengono descritte le analisi e le prove che permettono di valutare la capacità di trasformazione biologica.

8.1. Prova di permeabilità

Al fine di valutare le caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali è stata eseguita una prova nella parte centrale dell'area in esame.

Dall'interpretazione della prova si è ricavato un coefficiente di permeabilità relativo al primo metro di profondità:

$$K = 3,5 * 10^{-4} \text{ cm/s}$$

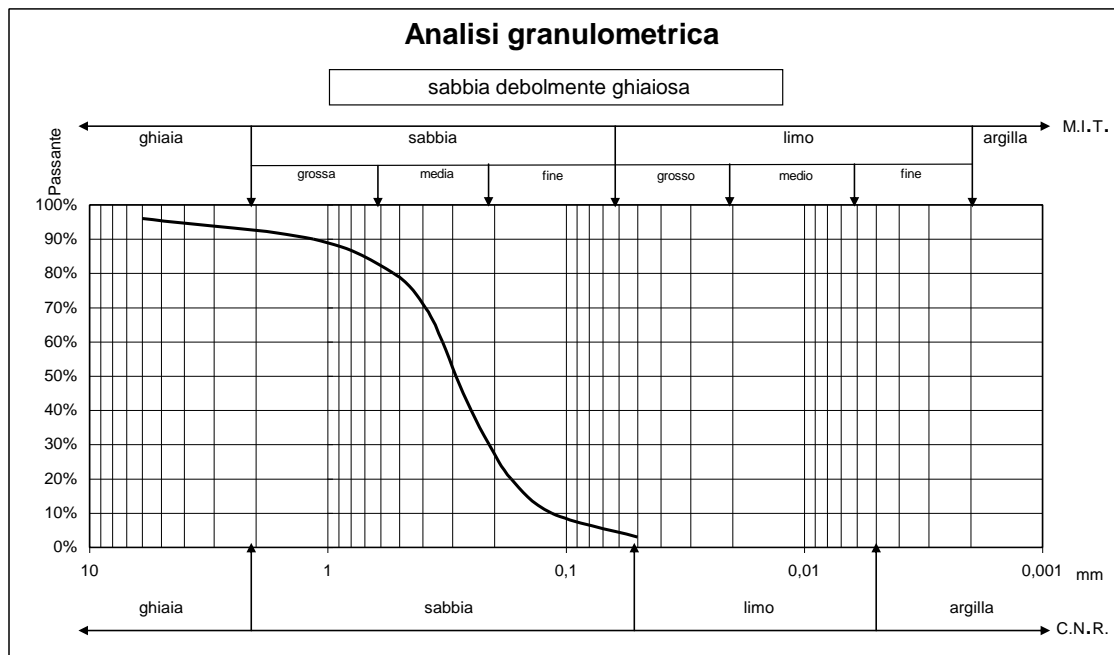
Secondo la gradazione di qualifica, elaborata da Casagrande e Fadum, si ha un drenaggio al passaggio tra *buono e ridotto*.

8.2. Analisi granulometrica

Per classificare dal punto di vista granulometrico i terreni affioranti è stata eseguita una analisi su un campione prelevato nel primo metro di profondità. Esso è stato sottoposto a setacciatura dopo essiccamento e differenziato nelle dimensioni dei granuli.

Il campione è classificato con la definizione delle Norme AGI (1977):

Sabbia debolmente ghiaiosa



8.3. Considerazioni conclusive

Il suolo agrario ha uno spessore di circa un 0,5 metri. Esso ha una composizione granulometrica tendenzialmente sciolta con un medio contenuto in scheletro. La reazione è subacida.

9. VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

Le falde idriche sotterranee possono essere soggette all'inquinamento attraverso la comunicazione tra la roccia serbatoio e la superficie.

Viene definita **vulnerabilità** la predisposizione delle falde idriche sotterranee a subire aggressioni da parte di agenti chimici e fisici che possono mutare le naturali caratteristiche delle acque di falda.

La protezione delle acque di falda è data dalla presenza in superficie di strati impermeabili e dall'azione filtrante, meccanica e biologica, degli strati di terreno poroso. Tuttavia quando la carica inquinante supera la capacità depurante del terreno, si ha l'immissione in falda di agenti inquinanti. Il risanamento di una falda acquifera inquinata presenta difficoltà non sempre valutabili, diventando talora impossibile. I maggiori fattori inquinanti sono:

- Sostanze organiche
- Sostanze inorganiche (composti minerali)
- Sostanze tensioattive (grassi, oli, schiume)
- Sostanze radioattive

Essi possono essere originati da cause naturali (esondazioni, attività vulcanica, ecc.) o dall'attività umana (scarichi fognanti, rifiuti), agricoli (diserbanti, concimi), industriale (effluenti di lavorazione).

Le zone dove è maggiore la produzione della carica inquinante si trovano in corrispondenza di:

- Insediamenti abitativi
- Insediamenti produttivi
- Viabilità principale

L'area esaminata è legata all'ambiente agricolo. Le strade sono di interesse locale e si ha una adeguata copertura litologica a tetto della falda acquifera.

Occorre comunque adottare tutti gli accorgimenti atti ad impedire che pozzi ed opere ad essi assimilabili diventino possibili vie di infiltrazione. In maniera sintetica sono due i fattori che devono essere considerati nella valutazione del grado di vulnerabilità:

- 1) la penetrazione dell'inquinante, legata alla litologia, allo spessore e alla permeabilità dei terreni non saturi.
- 2) La propagazione dell'inquinante legata alle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero.

L'analisi della vulnerabilità del sistema idrogeologico viene effettuata applicando la metodologia **DRASTIC** (Aller et alii, 1986), messa a punto dall'Agenzia di Protezione Ambientale (EPA) americana. Con essa è possibile valutare il rischio di una probabile diffusione in falda dei nitrati che rappresentano l'indice di possibile inquinamento delle acque freatiche.

Si prendono in esame sette componenti:

- Profondità dell'acquifero (D); rappresenta lo spessore dello strato geopedologico che deve essere attraversato dal flusso inquinante per diffondersi all'intero acquifero.
- Ricarica dell'acquifero (R); è il volume di acqua meteorica che si infiltra nel suolo per unità di superficie, considerando le perdite per evapotraspirazione e scorrimento superficiale.
- Caratteristiche dell'acquifero (A); rappresenta l'attitudine del mezzo poroso o fratturato, che contiene l'acquifero, a trasmettere l'inquinante e a diluirne o a concentrarne il flusso nell'intero bacino idrogeologico.
- Caratteristiche del suolo (S); è la capacità del suolo mediante processi fisici e biologici di opporsi alla mobilitazione dell'inquinante.
- Topografia (T); è la pendenza della superficie in rapporto alla sua capacità a far defluire o infiltrare soluzioni contaminate.
- Caratteristiche del substrato aerato (I), è la capacità di opporsi al trasporto verticale dell'inquinante sia in termini idrologici sia di interazione chimico-fisica.
- Conducibilità idraulica (C); è la capacità dell'acquifero di trasmettere orizzontalmente la sostanza inquinante disciolta.

Le intensità delle sette componenti devono essere moltiplicate per un corrispondente valore di peso che varia in funzione dell'importanza qualitativa attribuita ad ogni componente. Tale prodotto rappresenta l'intensità pesata di ogni singolo componente relativo all'acquifero studiato: la somma delle diverse intensità permette di ottenere l'indice DRASTIC da paragonare ai corrispondenti gradi di rischio:

Indice DRASTIC	Rischio d'inquinamento
26-71	Molto basso
72-117	Basso
118-163	Moderato

164-209	Elevato
210-256	Molto elevato

Nel caso in esame si la seguente tabella di valori:

VALORI DI INTENSITÀ PESATA E DELL'INDICE DRASTIC

1. Profondità dell'acquifero:

Intensità pesata fattore **D**.....3

2. Ricarica netta della falda.

Intensità pesata fattore **R**.....30

3. Mezzo acquifero:

Intensità pesata fattore **A**.....15

4. Tipo di suolo:

Intensità pesata fattore **S**30

5. Inclinazione superficie topografica:

Intensità pesata fattore **T**.....25

6. Mezzo zona aerata:

Intensità pesata fattore **I**.....20

7. Conducibilità idraulica:

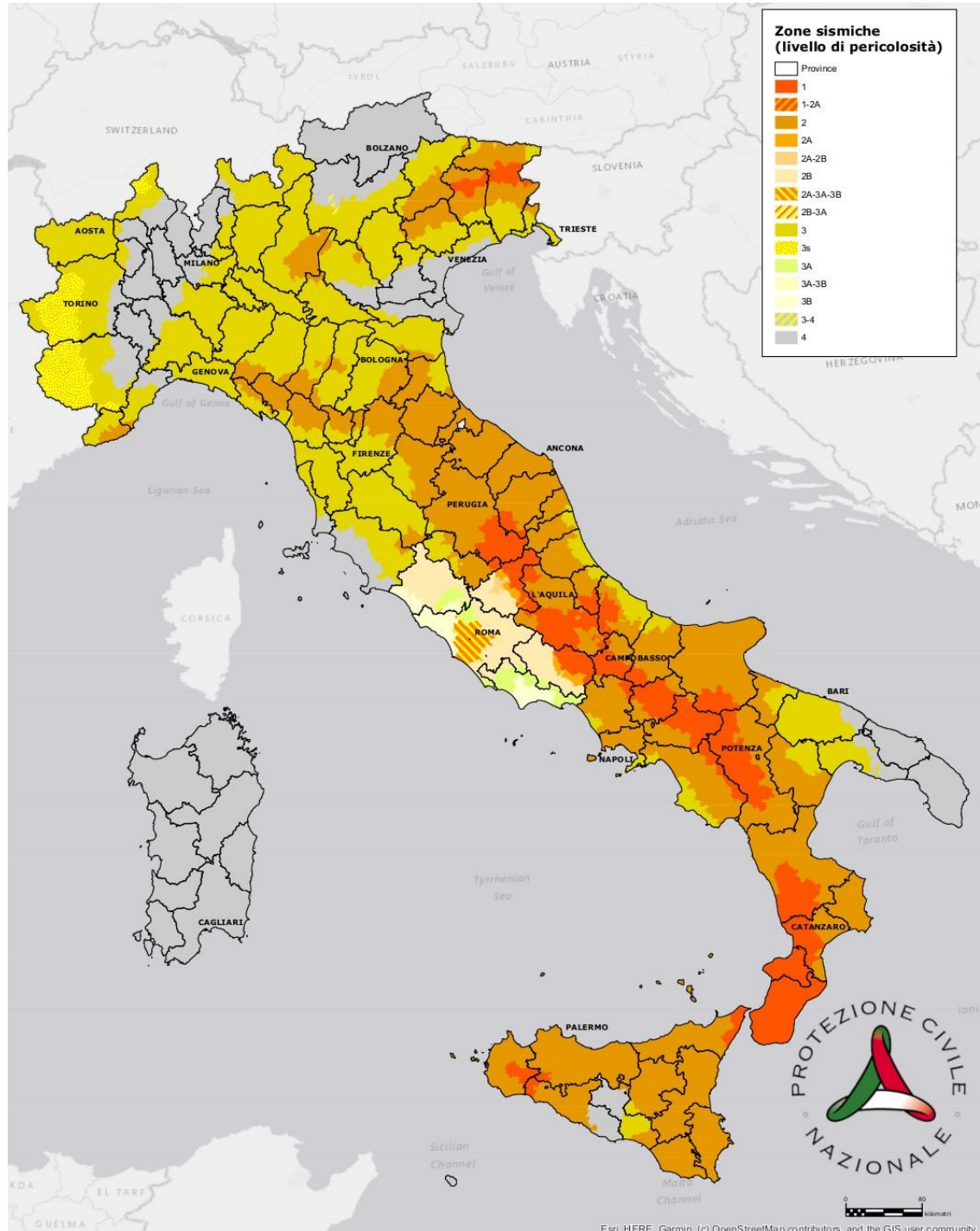
Intensità pesata fattore **C**.....2

INDICE DRASTIC.....125

*Vulnerabilità del sistema geopedologico in esame
nei confronti della percolazione in falda dei nitrati:*
Rischio di inquinamento **moderato**

10. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

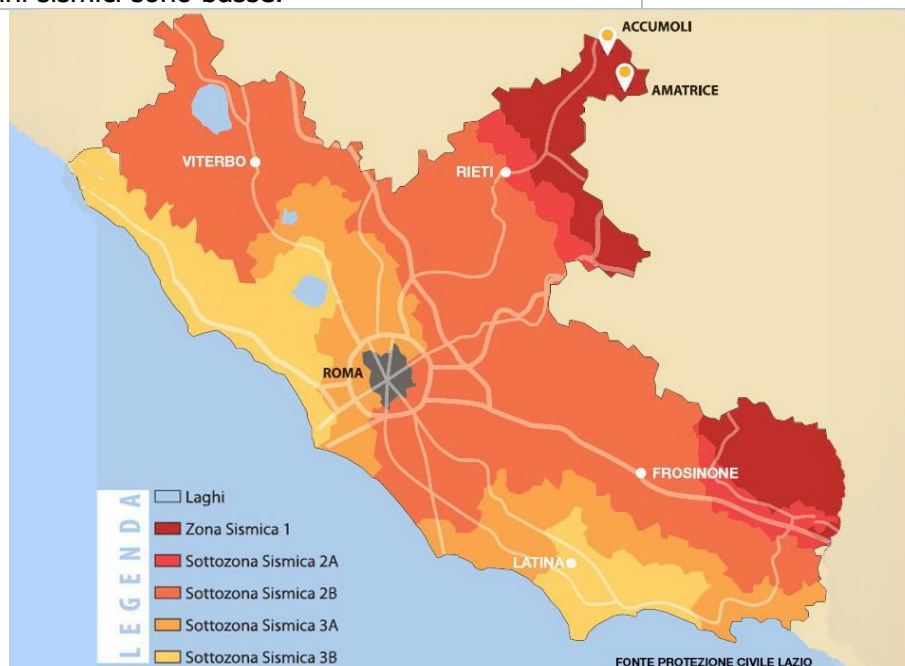


In basso è riportata la zona sismica per il territorio di **Viterbo**, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, successivamente modificata con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019.

Zona sismica 2B	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti. La sottozona 2B indica un valore di $a_g < 0,20g$.
------------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

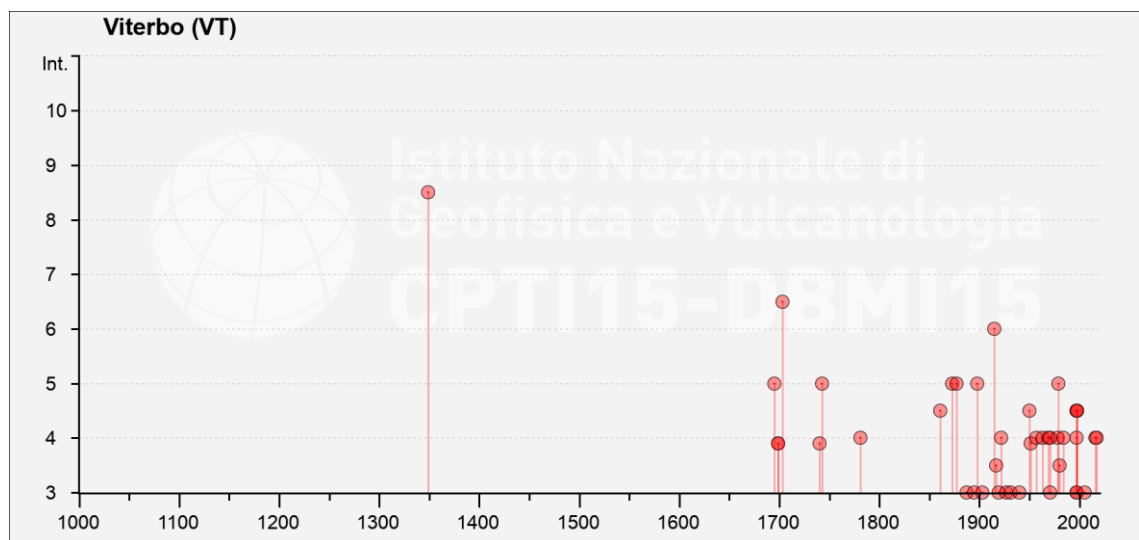


A Viterbo, non si riscontra storicamente una apprezzabile sismicità locale, mentre si è avuto il risentimento di alcuni forti terremoti ‘appenninici’, in particolare del terremoto che colpì la zona al confine tra Lazio meridionale e Molise, nel 1349, in cui si è raggiunto l’VIII-IX grado MCS, del terremoto che si verificò nell’Appennino reatino nel 1703, in cui si è raggiunto il VI-VII grado MCS, del terremoto di Avezzano del 1915, in cui si è raggiunto il VI grado MCS, dei terremoti delle Marche meridionali (1873), di Rieti (1898) e della Valnerina (1979), risentiti a Viterbo con un’intensità pari al V grado MCS, e dei terremoti di Città della Pieve (1861) e dell’Appennino Umbro-Marchigiano (1997), risentiti nell’area in studio con intensità MCS pari al IV-V grado.

Per quanto riguarda l’attività sismica locale, a Viterbo sono stati risentiti gli effetti del terremoto di Bagnoregio (1695) e di Capranica (1877), risentiti con intensità MCS del V grado e dei terremoti di Capranica del 1877 e di Tolfa del 1969, entrambi con intensità pari al V grado MCS.

Infine, un terremoto di tipo *tirrenico* è stato risentito a Viterbo: quello di Anzio (1919), con intensità del IV-V grado MCS.

Il grafico illustra la sismicità storica di Viterbo. Sono riportati gli eventi sismici risentiti.



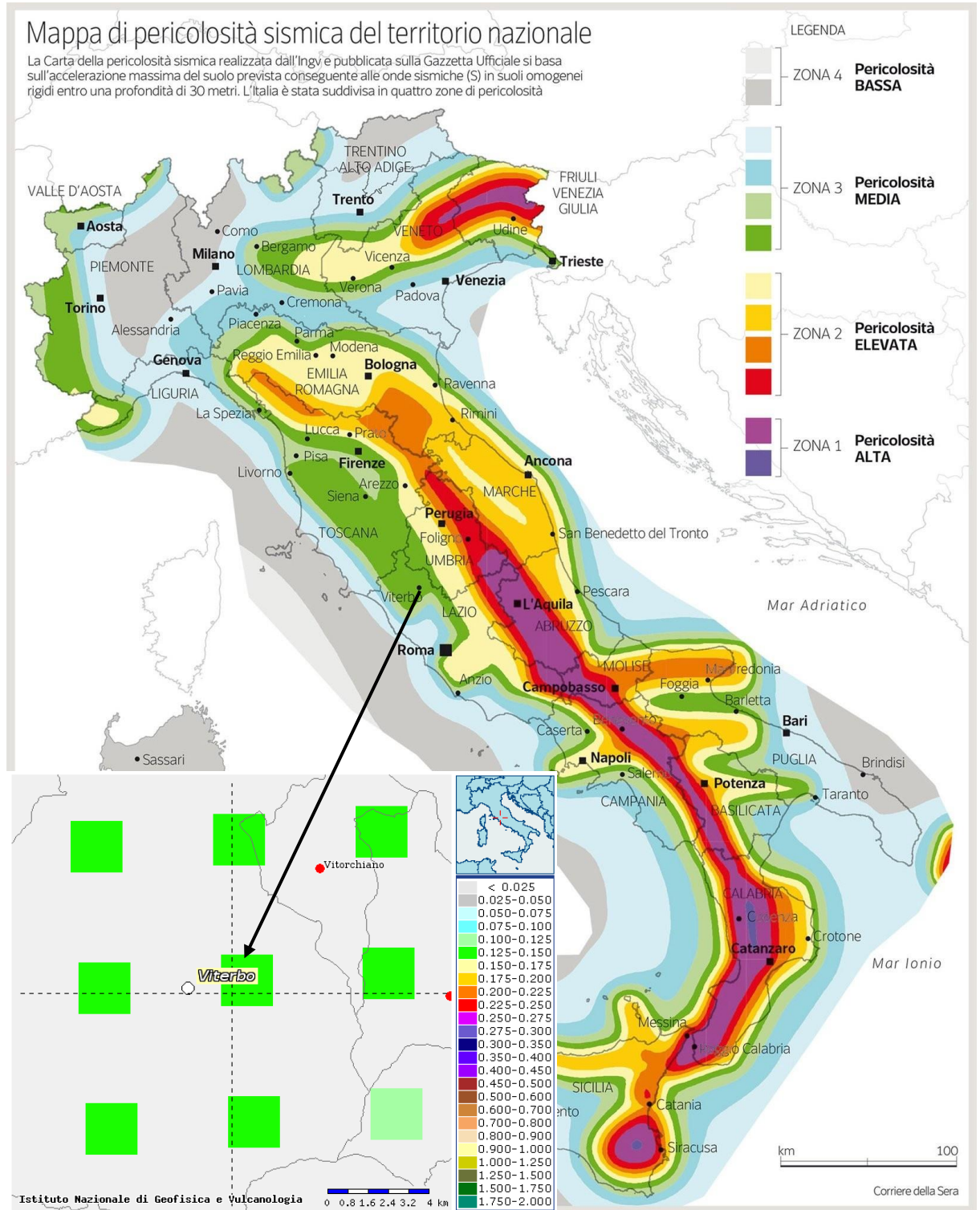
La tabella, estrapolata dal sito internet dell’I.N.G.V., riporta la storia sismica di Viterbo in cui sono indicati l’intensità MCS al sito (I_s), la data e l’ora dell’evento sismico, l’area epicentrale, il numero di osservazioni macrosismiche del terremoto (nMDP), l’intensità epicentrale MCS (I_o) e la magnitudo momento (M_w) dei terremoti.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8-9	1349	09	09	08	15		Viterbese	9		
5	1695	06	11	02	30		Lazio settentrionale	50	8-9	5.80
F	1699	05	07				Viterbese	2	4	3.70
F	1699	05	09				Viterbese	4	5-6	4.40
6-7	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
F	1740	06					Valle Umbra	2	4-5	3.93
5	1743	01	21	21	55		Lazio settentrionale	22	7	5.01
4	1781	04	04	21	20		Faentino	96	9-10	6.12
4-5	1861	05	09	01	53		Val di Chiana	28	6-7	5.02
5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
2-3	1874	12	06	15	50		Val Comino	43	7-8	5.48
5	1877	12	23	05	03		Viterbese	19	6	4.72
2	1879	02	23	18	30		Valnerina	15	8	5.59
2	1885	02	26	20	48		Pianura Padana	78	6	5.01
2	1885	04	10	01	44		Appennino laziale-abruzzese	44	5	4.57
3	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14
3	1895	11	01				Campagna romana	94	6-7	4.83
5	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
3	1903	06	21	13	29		Lazio settentrionale	8	5-6	4.40
NF	1905	02	12	08	28		Monte Amiata	61	6	4.55
NF	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36

Impianto fotovoltaico "Stelliferi" - Geologia e Geomorfologia - Località Il Casalone - Viterbo

NF	🔗	1911 04 10 09 43	Colli Albani	79	6	4.74
6	🔗	1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11	7.08
2	🔗	1915 11 11 03 41	Ternano	16	6	4.53
3-4	🔗	1917 10 14 17 05	Montefiascone	17	5-6	4.20
3	🔗	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
4	🔗	1922 03 27 00 10	Monti Volsini	9	5-6	4.39
2-3	🔗	1922 12 29 12 22 06	Val Roveto	119	6-7	5.24
3	🔗	1927 10 11 14 45 08	Marsica	81	7	5.20
NF	🔗	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	🔗	1931 05 13 00 26	Alto Viterbese	10	5	4.25
3	🔗	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4-5	🔗	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
F	🔗	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
4	🔗	1957 12 06 04 54	Orvietano	63	7	4.97
4	🔗	1963 09 02 00 24 05	Monti Cimini	27	6	4.47
4	🔗	1969 07 02 07 55	Monti della Tolfa	72	7	4.77
4	🔗	1971 02 06 18 09	Tuscania	89	7-8	4.83
3	🔗	1971 04 02 01 43 54	Valnerina	68	6	4.50
4	🔗	1978 07 30 05 19 23	Ternano	25	7	4.32
5	🔗	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	694	8-9	5.83
NF	🔗	1980 09 08 19 41 1	Costa Grossetana	55	5-6	4.44
3-4	🔗	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	🔗	1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	🔗	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	🔗	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4-5	🔗	1997 09 26 09 40 0	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3	🔗	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
3	🔗	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4	🔗	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4-5	🔗	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	🔗	2000 12 16 07 31 0	Ternano	129	5-6	4.29
3	🔗	2005 08 22 12 02 7	Costa laziale	57	5-6	4.78
NF	🔗	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
4	🔗	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61
4	🔗	2017 01 18 10 14 9	Aquilano	280		5.70

L'I.N.G.V., nella sua “Mappa della pericolosità sismica”, elaborata con modello probabilistico sismotettonico, comprende il comune di Viterbo in una zona con accelerazione orizzontale attesa media. Per un sisma con un periodo di ritorno di 475 anni e 10% di probabilità di superamento, questo valore è generalmente compreso nell'intervallo 0,125-0,150 Ag/g (accelerazione su *bedrock*)



10.1. Caratterizzazione sismica del sito oggetto dell'intervento

10.1.1 Pericolosità sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti.

L'azione sismica è valutata a partire da una “pericolosità sismica di base” in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

La pericolosità sismica di base di un determinato sito costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC, dotandola di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini tra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie.

Queste modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Allo stato attuale, la *pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento*, è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it>.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno);
- F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale);
- T_C^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla *pericolosità sismica*,
- F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di *pericolosità sismica* disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

I valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* relativi alla *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* nell'*intervallo di riferimento* sono forniti nelle tabelle riportate nell'*ALLEGATO B* alle NTC. Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del *reticolo di riferimento*, i valori dei parametri \mathbf{p} (a_g , F_0 , T_C^*) di interesse

per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del *reticolo di riferimento* contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

- **p** è il valore del parametro di interesse nel punto di interesse;
- **p_i** è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- **d_i** è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto sulla maglia suddetta.

Le coordinate geografiche del sito riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'I.N.G.V., da utilizzare per il calcolo dei parametri sismici, sono riportate nel *Cap. 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E STATO DI FATTO* della presente Relazione e vengono di seguito trascritte:

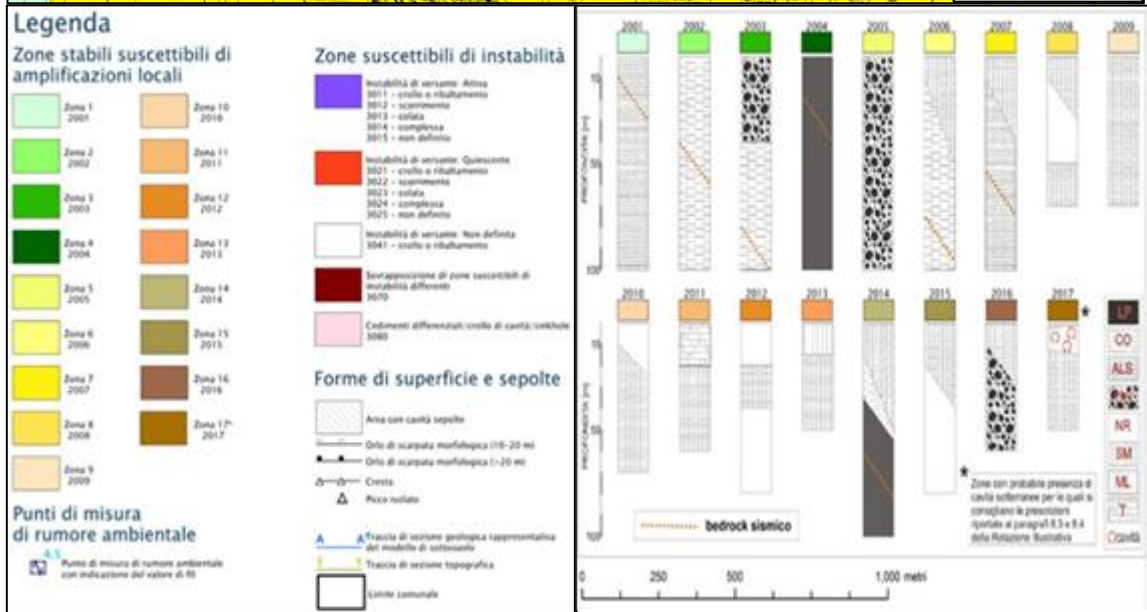
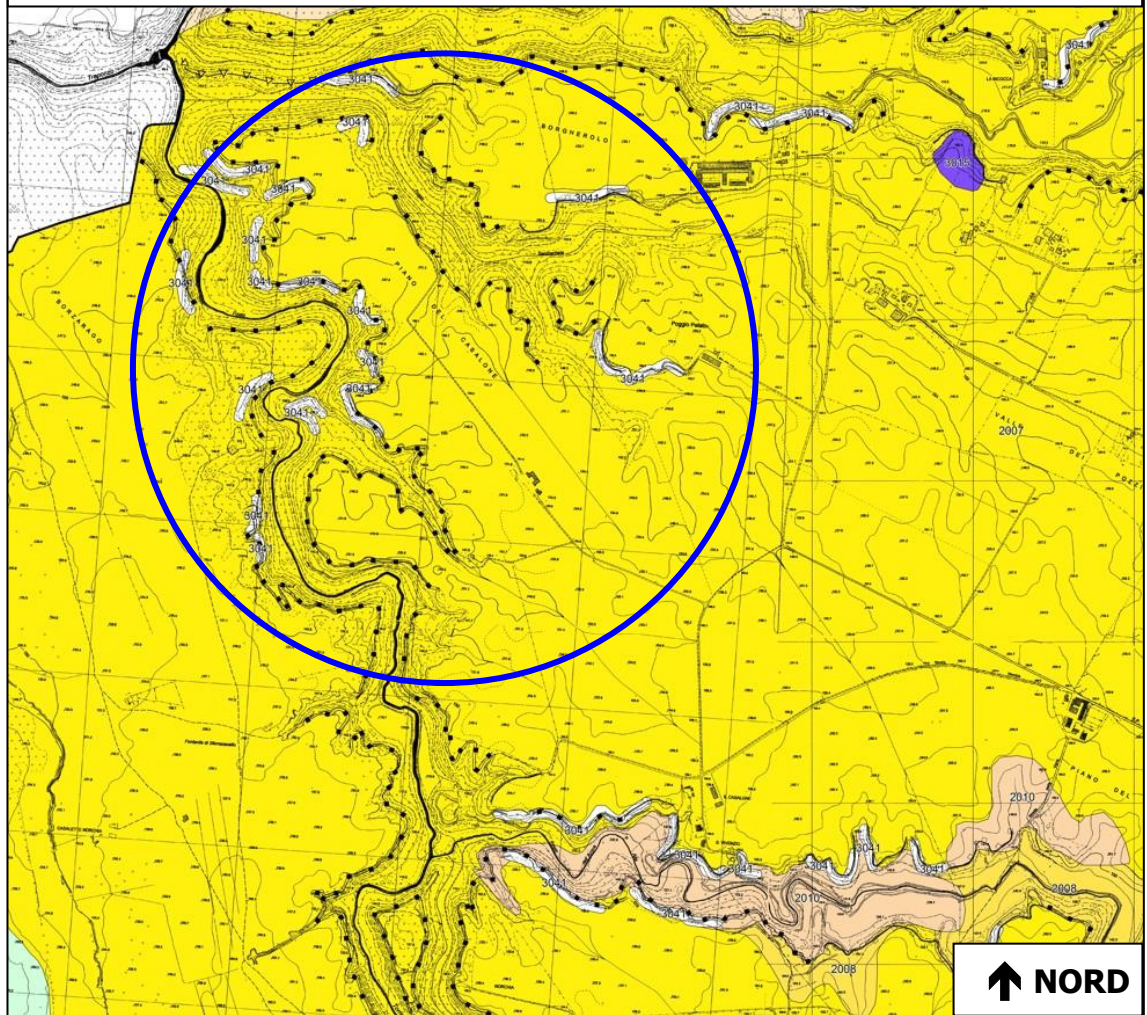
WGS 84: Lat. 42,354476 Long. 11,946445
ED50: Lat. 42,355460 Long. 11,947390

10.1.2. Risposta sismica locale

L'ubicazione planimetrica del sito in esame è indicata negli stralci allegati la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) per la UAS di Viterbo secondo gli obblighi dettati dalla DGR 545/10 e dalla DGR 490/21. Lo stralcio allegato illustra la situazione locale. Secondo la legenda l'area è classificata come:

Zone stabili suscettibili di amplificazione

Carta della Microzonazione Sismica di 1° livello - UAS di Viterbo



11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

In fase preventiva per l'uso dei terreni per fondazione di impianti e strutture tecniche si può formulare la caratterizzazione geotecnica dei litotipi presenti nel luogo interessato del progetto in essere.

Prendendo in esame l'allegato ***Schema stratigrafico***, in superficie, a luoghi, si può avere sotto la copertura della porzione pedogenizzata per lo spessore al massimo di circa 1 metro, si ha la ***formazione dell'ignimbrite III vicana*** caratterizzata dai seguenti parametri geomeccanici medi.

Formazione dell'ignimbrite III in facies incoerente mediamente addensata

PARAMETRO GEOTECNICO	CORRELAZIONE USATA	Valore
Angolo di attrito ϕ	Muromachi	30-34°
Coesione C		0
Peso unità di volume γ		1,65 daN/dm ³
Modulo elastico E (Young)	Schmertmann	250 daN/cm ²
Densità relativa Dr	Gibbs & Holtz	>75 %
Modulo di reazione K₀ (Winkler)	Navfac	3-6 daN/cm ³

Su buona parte della restante area si hanno la stessa formazione in facies litoide, con la seguente caratterizzazione.

Formazione dell'Ignimbrite III in facies litoide

C = 0 $\gamma = 1,65 \text{ t/m}^3$ $\phi = 38^\circ$
Modulo di Young = 300,00 kg/ cm ² - Correlazione Bowles (1982): Sabbia Media
Modulo Edometrico = 145 Kg/cm ² - Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)
Classificazione AGI 1977 = MOLTO ADDENSATO

In fase esecutiva deve essere comunque accertata direttamente la caratterizzazione geotecnica del suolo di fondazione.

12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sono stati esaminati gli aspetti naturali delle aree comprese nei Comuni di Marta e Capodimonte per le finalità di progetto per la realizzazione di un campo di produzione di energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici.

Non sono emersi elementi in contrasto quali aree di instabilità morfologica o settori con vulnerabilità di esondazioni e/o allagamenti dei corsi d’acqua locali.

È certamente importante il rispetto dei corpi idrici sia superficiali (corsi d’acqua) e le acque sotterranee. Quest’ultime presenti ad una profondità di alcune decine di metri sono disponibili in media-alta potenzialità idrica in emungimento. Altresì la vulnerabilità per potenziali pericoli di inquinamento è moderata, ma vanno comunque osservate tutte le attenzioni possibili.

Sulla base di quanto evidenziato è fattibile il progetto di installazione del campo fotovoltaico.

