



G E O

*Studio associato
di Geologia*

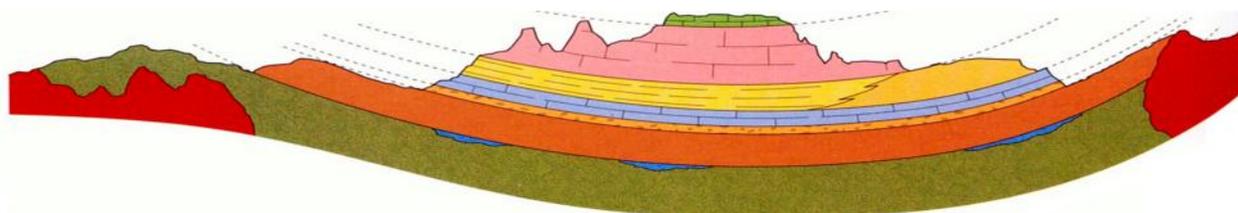
Dott. Rocco Rafaniello
Dott. PhD. Michele Sisto

Via 31 ottobre, n. 31
LIONI (AV)
Tel. 0827/46600
P. IVA 018 3206 0642

roccorafaniello@libero.it
micsisto@unisannio.it

p.e.c.

roccorafaniello@epap.sicurezzapostale.it
michelesisto@epap.sicurezzapostale.it



COMUNE DI TEORA

Provincia di Avellino



PIANO URBANISTICO COMUNALE

RELAZIONE GEOLOGICA DI ACCOMPAGNAMENTO
AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (livello 1)

(L. R. 9/83 - L. R. 16/2004 - D. M. 14/11/2008 - DGRC 118/2013 - ICMS 2008 prot.civ./MOPS – NTC-18)

Dott. Geol.
Rocco Rafaniello

Sommario

1. Introduzione	4
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	5
2.1 Storia sismica del Comune di Teora	7
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area	9
4. Dati geotecnici e geofisici	11
4.1 I dati geotecnici	12
4.1.1 Olistoliti di calcare biancastro (Unità mesozoiche di Piattaforma)	12
4.1.2 Calcareniti e calciruditi del Flysch Rosso (Unità Lagonegresi – Flysch Rosso).....	12
4.1.3 Argille Varicolori (Unità delle Argille Varicolori).....	15
4.1.4 Unità Irpine.....	17
4.1.5 Unità di Ariano.....	18
4.1.6 Dt (detriti quaternari)	23
4.1.7 Alluvioni (alluvioni recenti e attuali)	26
4.2 I dati geofisici.....	28
4.2.1 Olistoliti di calcare biancastro (Unità mesozoiche di Piattaforma)	28
4.2.2 Calcareniti e calciruditi del Flysch Rosso (Unità Lagonegresi, CARG: FYR ₁).....	29
4.2.3 Argille Varicolori (Unità delle Argille Varicolori, CARG: AV)	30
4.2.4 Unità Irpine (Formazione di Castelvetere, CARG: CVT _{1a}).....	30
4.2.5 Unità di Ariano (CARG: RVM _a – RVM _b – SAD ₂)	30
4.2.6 Dt (detriti quaternari)	32
4.2.7 Alluvioni (recenti e attuali, CARG: b)	33
5. Modello del sottosuolo e sezioni geologico-tecniche	34
6. Interpretazioni e incertezze.....	37
7. Metodologie di elaborazione e risultati	39
8. Elaborati cartografici	40
8.1 Carta delle indagini.....	40
8.2 Carta Geologica Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS).....	41
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS).....	44
8.3.1 zone stabili.....	46
8.3.2 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	46
8.3.3 zone stabili suscettibili di instabilità (ZA)	47

8.4 Carta di Microzonazione Sismica (Carta di MS).....	48
8.5 Commenti finali e criticità	48
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	48
10. Bibliografia/Sitografia.....	51
11. Allegati.....	51

1. Introduzione

Il 21/02/2012 allo scrivente, con Determinazione del Responsabile del Servizio Urbanistico n. 71 (Reg. Gen.) e n. 24 (Reg. Sett.), veniva affidato il servizio di redazione dello Studio Geologico per il Piano Urbanistico Comunale di Teora (AV), in fase di completamento, con apposito disciplinare d'incarico.

La consegna degli elaborati dello Studio Geologico avveniva nello stesso anno 2012.

Con nota di cui al Prot. n. 1778 del 29/03/2016, acquisita al Prot. Reg. n. 232391 in data 05/04/2016, veniva richiesto il parere di competenza al Genio Civile di Avellino relativo al Piano Urbanistico Comunale di Teora.

Con successiva nota di cui al Prot. 2016.0354299 del 23/05/2016, si ribadiva agli estensori del Piano la necessità di integrare quanto sino ad allora presentato, con particolare riferimento alla DGRC n. 118 del 27/05/2013, secondo cui si sottolineava la necessità di provvedere alla redazione della Carta di Microzonazione Sismica, da elaborare seguendo i criteri proposti ICMS 2008 prot.civ. Con determina di incarico n. 196 del 08/05/2019, veniva esteso l'incarico al sottoscritto per effettuare la microzonazione sismica secondo gli indirizzi e criteri dettati dalla protezione civile e di aggiornare la stessa secondo le NTC – 2018.

Nella presente relazione vengono descritti tutti i depositi affioranti nel territorio comunale, in rapporto ad alcune colonne stratigrafiche-tipo che ne rappresentano al meglio le successioni in situ ed i rapporti tra i terreni. Inoltre, per ogni litologia presente, si riporta anche un esempio di analisi di laboratorio geotecnico autorizzato su campione indisturbato, al fine di illustrarne anche le caratteristiche geomeccaniche.

Non mancano alcune documentazioni fotografiche delle emergenze più rappresentative e del territorio in trasformazione (alcune aree in frana, zone di cava attive).

Infine, si presenta anche la descrizione delle scelte servite per l'attribuzione alle varie classi litotecniche individuate.

In una seconda parte, sono illustrati gli aspetti relativi agli elaborati cartografici già disponibili ma riviste ed aggiornate alla luce della Carta Geologica d'Italia CARG (Carte geolitologica, idrogeologica, della stabilità, dei vincoli, sezioni geologiche) e quelle di nuova stesura (Carta delle Acclività, Sezioni litotecniche, Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica o CGT_MS con indicazione delle indagini disponibili, Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica o delle MOPS, Carta di Microzonazione Sismica o MS), nonché la verifica delle caratteristiche fisico-meccaniche e delle geometrie sepolte sulla base dei risultati delle indagini geofisiche e geotecniche (Cap. 3.4.5, Parte III, ICMS, 2008).

Pertanto, a completamento della cartografia tematica già consegnata dallo scrivente ai sensi della L. 9/83, le quattro nuove Carte saranno in grado di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla risposta sismica e di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- definire gli interventi ammissibili in una data area;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento;
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- definire priorità di intervento.

In seguito, sono state riportate tutte le informazioni e considerazioni ritenute utili per l'analisi della risposta sismica locale (es. notizie storiche su aree lesionate a seguito di eventi sismici passati, interventi di stabilizzazione effettuati in aree in frana o in aree caratterizzate da litologie con caratteristiche geotecniche scadenti), con considerazioni sui danni riportati in passato, soprattutto in seguito al sisma del novembre 1980.

Infine, per facilitare la lettura, la relazione è corredata di paragrafi e sotto-paragrafi, oltre che di un adeguato sommario degli argomenti trattati e degli elaborati contenuti.

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Il territorio comunale di Teora ricade negli ambiti normativi di "alta sismicità" segnalati con $Z = 1$. Nella figura seguente si riporta uno stralcio della zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale eseguita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV Gruppo di lavoro, 2004) secondo la quale la sismicità italiana può essere distribuita in 36 zone a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo. Il territorio di Teora è ricompreso nella Fascia sismogenetica 927 "Sannio-Basilicata" con un valore massimo di magnitudo $M_{max} = 7,06$ (Fig. 1).

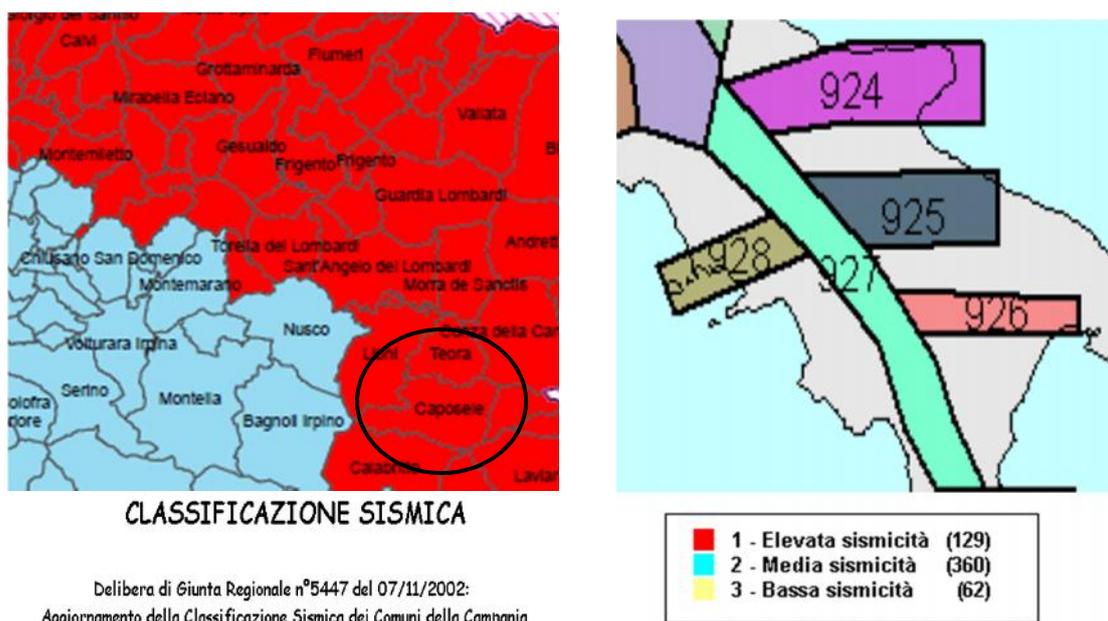


Fig. 1 – La nuova classificazione sismica dei comuni irpini (colonna di sinistra); la zonazione sismogenetica ZS9, con il perimetro della zona 927 (colonna di destra).

Un maggiore dettaglio circa i parametri di pericolosità sismica del distretto in esame si può desumere osservando la Carta della Pericolosità Sismica d'Italia pubblicata sul sito internet del Progetto S1 svolto nell'ambito della Convenzione DPC (Dipartimento Protezione Civile) – INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nel periodo 2004-2006.

In corrispondenza del nodo sismico più vicino al Comune di Teora (Coordinate del punto nel sistema di riferimento geografico ED50 Lat: 40.854; Long: 15.253) si registra un valore di

accelerazione $a(g)$ con un periodo di ritorno pari a 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compreso tra 0,250 e 0,275 (Fig. 2), inferiore a quello previsto dalla normativa vigente, che assegna Teora alla $Z = 1$ (0,35 g).

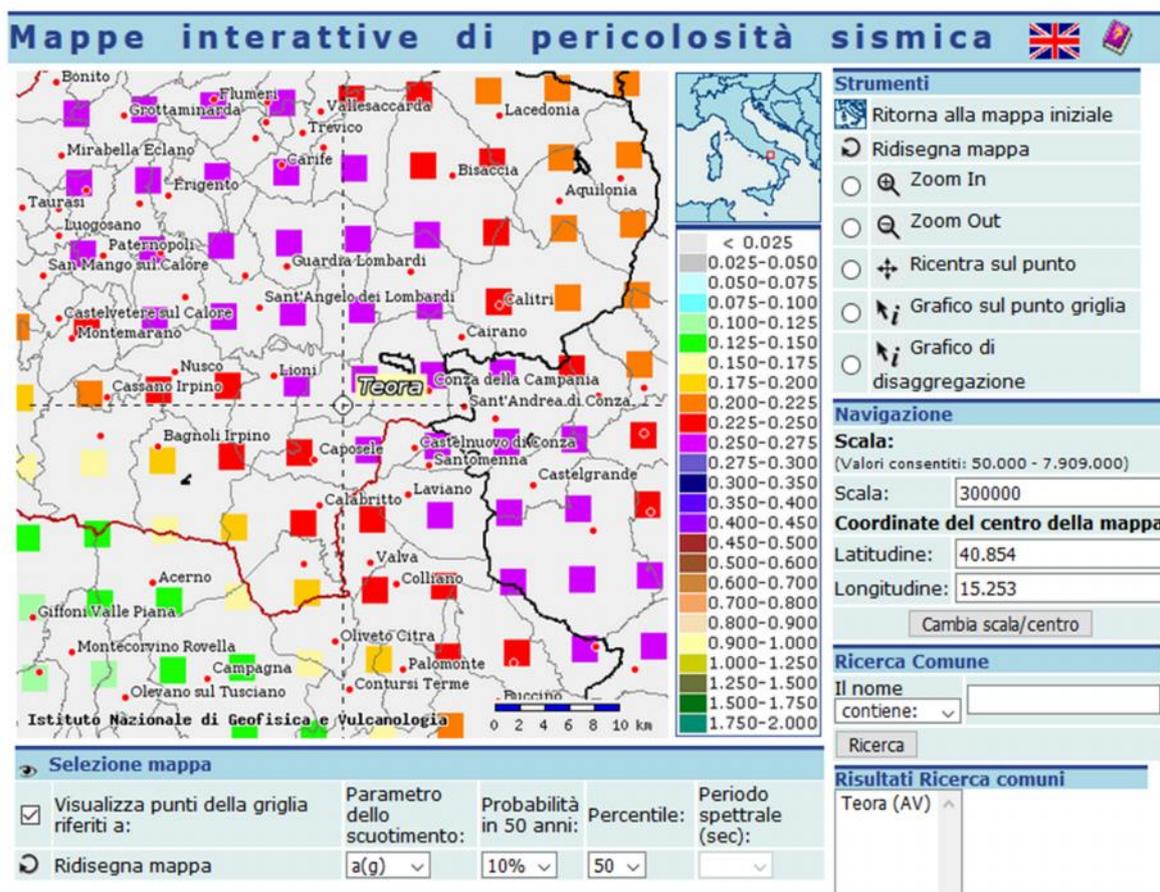


Fig. 2 – Mappe interattive di pericolosità sismica: Teora (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Per quanto riguarda invece il valore di magnitudo attesa, per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile ottenere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione della relativa $a(g)$. Per "analisi di disaggregazione" si intende il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo. Vengono forniti quindi i valori modali (massimo contributo alla pericolosità del sito) e medi (media pesata delle magnitudo, dove il peso di ciascuna è dato dal contributo che la stessa fornisce alla pericolosità) di M-D ed ϵ (magnitudo, distanza ed epsilon inteso, quest'ultimo, come il numero di deviazioni standard da cui il logaritmo dell'intensità sismica registrata si discosta dal valore medio previsto secondo un determinato modello di propagazione). I risultati relativi al nodo della griglia sismica sopra individuato sono mostrati in Fig. 3.

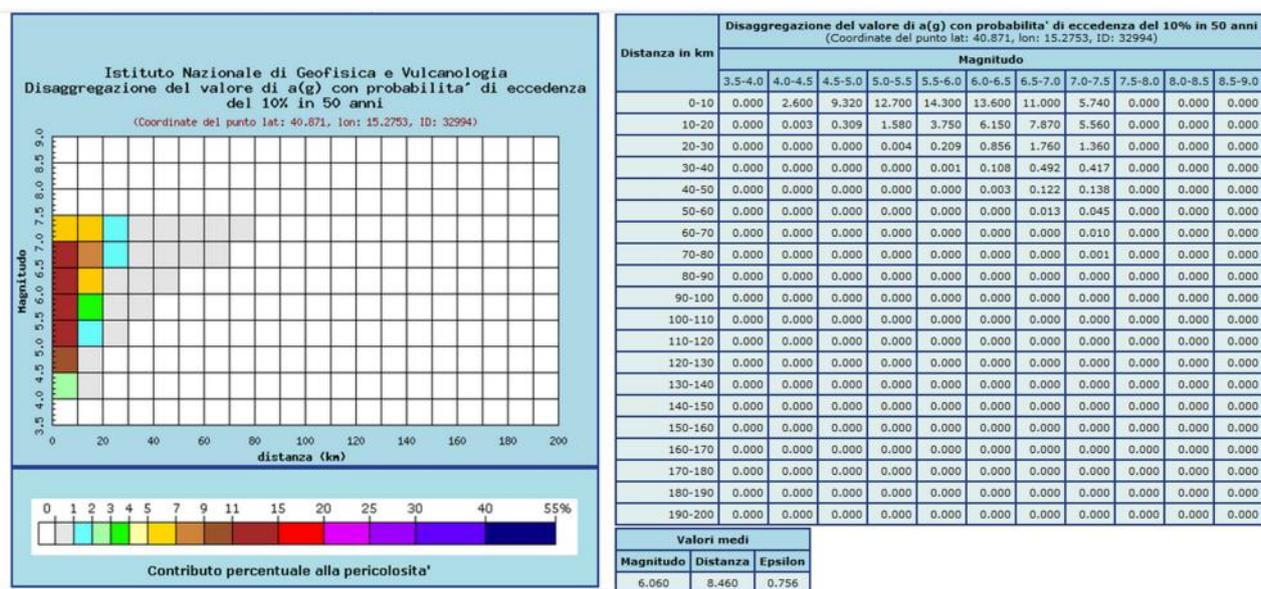


Fig. 3 – Mappe interattive di pericolosità sismica.

2.1 Storia sismica del Comune di Teora

Nell'ultimo secolo, Teora è stata interessata da 12 eventi sismici di una certa significatività. I terremoti più distruttivi ($I_{MCS} > 7$) sono stati quelli del 1910, 1930 e 1980: quest'ultimo ha fatto registrare nella zona epicentrale una magnitudo $M = 6,89$ (Database Macrosismico Italiano DBMI15).

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Teora				
PlaceID	IT_61112				
Coordinates (lat, lon)	40.854, 15.255				
Province	Avellino				
Region	Campania				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
3-4	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5,18
F	1909 12 03 06 20	Sant'Andrea di Conza	11	5	3,96
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5,76
NF	1912 03 17 07 10	Salernitano	11	5	4,25
4-5	1913 07 26 10 58	Irpinia	5	4-5	3,93
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
3-4	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4,64
2	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4,37
NF	1978 02 08 04 10 29.00	Irpinia	100	5-6	4,44

9	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
5	1982 09 30 00 10	Irpinia	4	4-5	4,26
5	1983 09 20 16 28 48.00	Irpinia	19	5	3,96
5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
4	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
NF	1991 06 20 11 32 18.38	Potentino	26	5-6	3,71
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
3-4	1999 04 05 07 51 58.33	Irpinia	57	4-5	3,99
2-3	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4,34
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5,72
3-4	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4,44
3	2004 02 23 19 48 45.19	Appennino lucano	107	4-5	3,82
3-4	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4,21
NF	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4,41
NF	2005 05 21 19 55 19.00	Area Nolana	271	5	4,07
3-4	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64

Tabella 1 – Storia sismica di Teora dal 1905 (Database Macrosismico Italiano DBMI11).

Nella figura successiva è mostrato l'accelerogramma registrato nella vicina Sturno in occasione del terremoto del 23 novembre 1980, allorché nella zona si raggiunse la massima accelerazione di picco (AMEpeak) misurata in Irpinia.

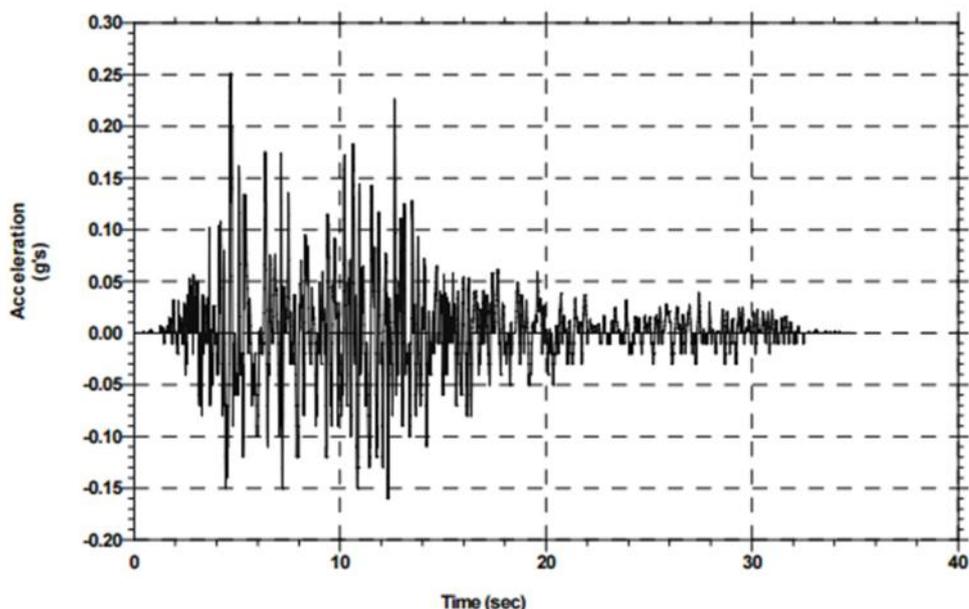


Fig. 4 – Accelerogramma registrato a Sturno in occasione del sisma del 1980.

Con Decreto Ministeriale LL.PP. del 07/03/1981 il Comune di Teora, per i danni indotti dal terremoto del 23 novembre 1980 al patrimonio edilizio, fu classificato zona sismica di seconda

categoria ($S=9$). Tale grado di sismicità fu elevato a 1^a categoria sismica dalla Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 7 novembre 2002.

Successivamente, con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del maggio 2003 il Comune di Teora è stato ascritto alla Zona 1 caratterizzata non più dal parametro $S=9$ ma da un valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo $a(g)$, con possibilità di superamento del 10% in cinque anni, pari ad $a(g) = 0.35 g$.

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Il dettaglio delle emergenze geologiche del territorio comunale di Teora sarà illustrato nel prossimo paragrafo 4, nel quale sono proposti sia i dati geotecnici (con foto degli affioramenti e colonne stratigrafiche-tipo), al fine di illustrare le successioni litologiche ed i rapporti stratigrafici tra i vari depositi presenti.

In particolare, come già evidenziato nella relazione dello Studio geologico per il PUC, il territorio di Teora è collocato nel settore campano dell'Appennino meridionale caratterizzato da spostamenti spostamenti orizzontali ed accavallamenti delle grandi masse di terreni sedimentari, accumulati in vari bacini, determinati dall'avvicinamento relativo delle aree continentali europea ed africana e di vergenza adriatica.

Il sollevamento della Catena ha provocato anche notevoli squilibri nelle masse rocciose, il che indica una mancata stabilizzazione della fascia appenninica su cui sono collocate l'Irpinia e, conseguentemente, Teora. Le deformazioni recenti, connesse all'evoluzione neotettonica, sono ben evidenti in superficie nelle unità sedimentarie affioranti ed inoltre le strutture attive più pericolose sono disposte proprio lungo la fascia entro cui è compresa Teora, come dimostra il sisma del 1980.

Dal punto di vista geomorfologico, il rilevamento di dettaglio e le conoscenze già illustrate nella letteratura geologica di riferimento hanno permesso il riconoscimento di forme e processi legati a diversi agenti geomorfici.

Il territorio si presenta prevalentemente di ambito collinare, con poche asperità basso-montane ed una piana intramontana segnata dal corso del Fiume Ofanto, nel suo tratto iniziale, che rappresenta l'asta di deflusso principale della zona e, quindi, il raccordo naturale di tutta la rete drenante ad andamento sub-dendritico che in destra orografica confluisce in essa.

I versanti derivano dalla complessa azione della neotettonica e si presentano da fortemente a moderatamente acclivi, in conseguenza delle litologie su cui si impostato e dei rapporti strutturali tra di esse.

I versanti carbonatici (Flysch Rosso) mostrano generalmente elevata pendenza, tracce di versanti di faglia in cui l'erosione ed il carsismo hanno determinato forme tipiche. Essi si raccordano al fondovalle attraverso fasce a più debole pendenza, fino alle quote più basse, che si riscontrano nella piana dell'Ofanto.

Gli altri depositi sedimentari, meno competenti di quelli calcarenitici, disegnano forme generalmente più morbide e talora movimentate da fenomeni gravitativi, che sono relazionabili anche all'estesa rete di valloni che dissecano i versanti trasversalmente alla valle.

Coltri detritiche di varia granulometria e distinta genesi, conseguenti alla dinamica principalmente quaternaria, caratterizzano quasi tutto il territorio, mentre a ricoprire i rilievi dell'intero territorio - in maniera alquanto disomogenea - sono le coltri piroclastiche correlabili al vulcanismo flegreo e vesuviano.

Riferendosi più in particolare alla stabilità del territorio, come già evidenziato nell'apposita Carta elaborata alla scala 1:5.000, è stata operata una suddivisione dell'intero areale di competenza in zone a diverso grado di stabilità, in funzione della predisposizione a franare e/o ad amplificare il segnale sismico. La metodologia seguita è quella relativa all'elaborazione di una microzonazione di I livello così come descritta negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) redatta dalla Protezione Civile ed approvata dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. I dati di base utilizzati per la redazione dell'elaborato sono stati:

- clivometria del territorio (descritta con apposita Carta delle Acclività);
- affioramenti geolitologici con relative sezioni geologiche (cfr. relative Carte);
- profili stratigrafici e geotecnici;
- morfologia con particolare riferimento alla presenza di aree in dissesto idrogeologico;
- zonazione AdB Liri Garigliano Volturno;
- censimento fenomeni franosi – Progetto IFFI;
- verifiche di campo.

A conclusione dell'analisi di base e della raccolta dei dati, è stato possibile individuare:

3.1 aree a stabilità media, nelle quali esiste una potenziale suscettibilità di amplificazione sismica per motivi stratigrafici, ma l'inclinazione è generalmente minore di 15 gradi. In queste aree sono comprese porzioni di territorio prive di evidenti segni di instabilità per le quali, a causa della loro acclività o del tipo di terreno, occorre attuare accorgimenti tecnici al fine di preservare la stabilità della singola area e di quella circostante. Nei valloni prossimi al centro abitato è necessario intervenire con un'opportuna sistemazione idrogeologica degli stessi.

3.2 aree potenzialmente instabili, suscettibili di amplificazione sismica per motivi stratigrafici e morfologici, nelle quali sono individuate delle criticità sia dalla competente Autorità di Bacino che dal repertorio IFFI. Tali aree palesano evidenti condizioni di pericolosità determinate dalla presenza di fenomeni franosi quiescenti, con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia e/o alla presenza di acque superficiali. Tali fattori di esposizione richiedono interventi di protezione per l'eliminazione o la mitigazione del rischio nelle zone già edificate. È da precludere qualsiasi intervento ad eccezione di quelle opere che risultino essenziali ed indispensabili per la pubblica utilità, dopo che le eventuali aree interessate siano state preventivamente bonificate e messe in sicurezza. Detti interventi vanno accompagnati da uno studio di compatibilità geologica e geotecnica della zona e di un intorno significativo.

3.3 aree instabili, nelle quali sia il catalogo IFFI che l'Autorità di Bacino hanno segnalato l'esistenza di fenomeni deformativi in atto o quiescenti, nelle quali non è esclusa l'attivazione/riattivazione delle deformazioni anche in concomitanza con eventi pluviometrici e/o scosse sismiche rilevanti. Le evidenti condizioni di pericolosità sono determinate dalla presenza di fenomeni franosi attivi e gli elementi di pericolosità geomorfologica sono tali da impedirne l'utilizzo ai fini urbanistici. Nelle zone già edificate è necessario intervenire con opere miranti alla bonifica idrogeologica ed al riassetto territoriale in termini di sicurezza; in tali zone sono consigliabili solo quelle trasformazioni che non aumentino il carico antropico.

Lo "Studio Geologico", seguendo le indicazioni del PAI della competente Autorità di Bacino, ha già escluso l'utilizzo delle aree instabili e consiglia di far precedere, per tutte le altre aree, studi di dettaglio tipici di analisi di III livello di approfondimento. Pertanto, si raccomanda di far precedere ogni nuovo intervento edilizio da un accertamento puntuale dell'assetto stratigrafico-geotecnico del sito che verifichi gli esatti spessori e le reali condizioni di resistenza al taglio dei terreni interessati e solo in seguito definire le tipologie di fondazione più idonee.

Infine, anche per indagare i possibili scenari di amplificazione sismica locale dovuti alla Categoria topografica (Tab. 3.2.IV NTC_18, inerente la pendenza dei versanti), è stata elaborata un'apposita Carta delle Acclività, che ha previsto una suddivisione in classi di pendenza che partono da 0 sino a > 35° (questo valore rappresenta il massimo angolo di pendio nell'intero territorio comunale), secondo intervalli di 5°.

Questa Carta è servita da supporto anche alla successiva Tav. 5 "Carta della Stabilità".

4. Dati geotecnici e geofisici

Come già ben evidenziato nella relazione esplicativa il completamento del PUC, a firma dello scrivente e datata al 2012, nella modellazione geologica dell'intero territorio comunale si fece riferimento ad una ricca serie di indagini pregresse, non omogeneamente distribuite sul territorio comunale ma sufficienti ad una sua caratterizzazione geologica e sismica. Si tratta, in particolare, dei:

1. dati geognostici derivanti dal Piano Regolatore Generale redatto da F. Ortolani (luglio 1984);
2. indagine relativa alle urbanizzazioni dell'area PIP, G. Rosa (1986);
3. indagine per il Piano di Zona C1, G. Rosa (1992);
4. indagine per il Piano di Zona C2, G. Rosa (1992);
5. indagine per il Piano di Zona C5, G. Rosa (1992);
6. indagine per il Piano di Zona E, GEO (ottobre 1994);
7. dati geognostici e sismici della Variante al Piano Regolatore Generale, a cura della Dr. Rosamilia (2004/2005);
8. dati geognostici e sismici della prima redazione del P.U.C., a cura della Dr. Rosamilia (luglio 2006);
9. indagine geognostica per il recupero del prefabbricato "Liechtenstein" (luglio 2010), dello scrivente (GEO, 2010a);

10. indagine geognostica per la realizzazione del nuovo impianto di depurazione in località Borgo Monaco, Dr. Geol. C. Sacco (ottobre 2010; Sacco, 2010) e completamento dell'incarico con indagini in località Pennini (ottobre 2010; GEO, 2010b);
11. indagine geognostica per la sistemazione della strada a valle del vecchio Cimitero comunale, (luglio 2010; GEO-In, 2010);
12. indagini commissionate allo scrivente dall'Amministrazione comunale per la realizzazione di muri di contenimento in varie località del Comune (novembre 2011; GEO, 2011a);
13. indagini geognostiche per l'area di Borgo Monaco (dicembre 2011), con incarico allo scrivente (GEO, 2011b);
14. prospezioni sismiche secondo la metodologia M.A.S.W., realizzate per conto dello scrivente dalla E.Ge.A. snc (dicembre 2011; E.Ge.A., 2011).

A queste numerose indagini se ne sono aggiunte altre, che hanno ulteriormente contribuito a definire il quadro conoscitivo delle emergenze geologiche: si tratta, infatti, di prospezioni sismiche certificate e prove penetrometriche dinamiche DPSH adoperate per la redazione di indagini geologiche finalizzate alla richiesta di autorizzazioni sismiche, sia per privati che per committenza pubblica.

Nei prossimi paragrafi, come da indicazioni degli standard 4.0, saranno discusse le caratteristiche salienti di tutti gli affioramenti riscontrabili nel territorio comunale, accompagnate da materiale fotografico, interpretazioni formazionali ed appartenenza alle classi litotecniche individuate per la stesura della Carta CGT_MS.

4.1 I dati geotecnici

Riprendendo quanto affermato nella citata Relazione esplicativa dello "Studio geologico" per il PUC, nel territorio comunale si segnala la presenza di 12 distinti depositi (cfr. Carte Geolitologiche).

In ogni caso, un'utile schematizzazione può essere la seguente, che parte dai termini più antichi:

4.1.1 Olistoliti di calcare biancastro (Unità mesozoiche di Piattaforma)

calciruditi e calcilutiti di colore grigio-perla. Affiorano in una zona molto limitata del territorio comunale e, come già sottolineato nella Relazione del 2012, sono collocati in aree potenzialmente inidonee alla fruizione ed attualmente non urbanizzate. Per tali litologie non sono disponibili dati geognostici o sismici.

Nella cartografia del Progetto CARG, alla scala 1:50.000, di cui al Foglio 450 "Sant'Angelo dei Lombardi" all'interno del quale è ricompreso l'intero territorio di Teora, questa unità è individuata attraverso il simbolo **ol** ed è descritta attraverso la seguente didascalia: "grossi corpi calcarei costituiti da blocchi metrici a decametrici di calcilutiti [...] di ambiente di piattaforma carbonatica neritica e brecce di ambiente di scarpata carbonatica, immersi nella nota Formazione di Castelvetere (CVT₁ e CVT_{1a}), entrambe rappresentanti facies di ambiente torbido sottomarino.

4.1.2 Calcareniti e calciruditi del Flysch Rosso (Unità Lagonegresi – Flysch Rosso)

calcareniti e calciruditi biancastre, talora con intercalazioni di marne e argille marnose.

Nel Foglio 450 della Carta Geologica d'Italia CARG, queste litologie sono ascritte alle Unità del Bacino Lagonegrese Molisano. In particolare, esse costituiscono un esempio molto rappresentato nel territorio di Teora quali terreni del Flysch Rosso, che si presenta con entrambi i suoi membri, quello calcareo (**FYR₂**), del Campaniano-Miocene inferiore, e quello diasprigno (**FYR₁**), del Cretacico inferiore-superiore: il membro calcareo corrisponde proprio alle Calcareniti e Calciruditi della cartografia PUC mentre quello diasprigno affiora in una limitata porzione del territorio comunale, nei dintorni della loc. Fontana dello Zingaro ed è spesso confuso con i litotipi delle Argille Varicolori.

Per questi materiali le prove geognostiche disponibili sono molto limitate:

Principali parametri geotecnici (membro calcareo del Flysch Rosso)	sondaggio SD (Variante al PRG, 2006)
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	22.58
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	35 - 45
C_d (coesione in condizioni drenate, in kN/m ²)	0.0

		Geo-In srl Applicazioni alla Geologia e Ingegneria Loc. Zona Industriale Ponte Valentino 82100 BENEVENTO Tel & Fax 0824 351344		Sondaggio geognostico S_D				
Profondità sondaggio: 30,0 m data		cassette n°		Committente: Comune di Teora (AV) Progetto: Variante al P.R.G. del Comune di Teora (AV) Località : C/da Cresta del Gallo - Comune di Teora (AV)				
Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 29 50 75	Camp	Pocket Kg/cm ²	H ₂ O	SPT
1	0,5	u u u u	Suolo vegetale rossastro					
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16			Calcareniti e calciruditi in strati da centimetrici sino a massicci attraversate da numerose fratture e strati breccianti					
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30	30,0	Fine foro						
31								

colonna stratigrafica-tipo
relativa ai depositi calcarenitici del
Flysch Rosso
(sondaggio geognostico SD)



struttura monoclinica a reggipoggio nei depositi carbonatici di località Cresta del Gallo

4.1.3 Argille Varicolori (Unità delle Argille Varicolori)

argillocisti e marnocisti, spesso più o meno scagliosi, verdastri e rossastri, con inclusioni di diaspri, arenarie e calcari. Nella Carta Geologica d'Italia CARG, Fg. 450, questi depositi sono associati alle Unità Tettoniche di provenienza paleogeografica interna (Unità Sicilidi) e sono denominati con l'attuale dicitura di "Argille Varicolori Superiori" (AVL), che comprende le citate litologie e le data all'Oligocene superiore – Miocene inferiore. Per questi materiali si dispone di numerose indagini geognostiche e sismiche:

Principali parametri geotecnici (campione SF - C2)		Sondaggio SF (Variante al PRG, 2006)
Profondità di prelievo (in m)		12.0 - 12.5
Numero di colpi SPT		13-rifiuto
γ_n (peso unità volume, in kN/m ³)		20.45
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)		11.29
η (porosità, in %)		30.74
e (indice dei vuoti)		0.444
S_r (grado di saturazione, in %)		67.46
LL (limite liquido)		42.8
LP (limite plastico)		27.5
IC (indice di consistenza)		2.1
IL (indice di liquidità)		-1.1
IP (indice plastico)		15.3
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)		21.4
C_d (coesione in condizioni drenate, in kPa)		57.7
ϕ_U (angolo di attrito interno in condizioni non drenate, in °)		0.0
$C_{u.u.}$ (coesione non drenata, in kPa)		162.7
E_d (modulo edometrico tra 100-1000 kPa, in kPa)		13965
K (coefficiente di permeabilità tra 200-400 kPa, in cm/s)		8.22×10^{-6}
Classificazione norme A.G.I.		<i>silt argilloso</i>
Ghiaia: 0.0	Sabbia: 2.1	Limi: 73.3
		Argille: 24.7

Profondità sondaggio: 30,0 m data		cassette n°		Sondaggio geognostico S _F				
Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp	Pocket Kg/cm ²	H ₂ O	SPT
1			Suolo vegetale humifero di colore bruno a vario grado di pedogenizzazione					
2								
3	2,5	2,5						
4			Argilla limosa e limi argillosi bruno-verdastri di alterazione eluvio-colluviali con rari inclusi ciottolosi di piccola taglia e livelletti sabbiosi sciolti					
5					4,5			
6					C1			
7	6,5	4,0			5,0			mt 5,00 (13-17-21)
8								
9								
10								
11								
12								
13					12,0			
14					C2			
15					12,5			mt 12,50 (13-R)
16								
17								
18			Argille di colore azzurro-violaceo a forte consolidazione in un insieme ad elevato grado di consistenza					
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								



I depositi
argilloso-
marnosi delle
Argille
Varicolori

4.1.4 Unità Irpine

arenarie giallastre, mediamente cementate, in banchi, ad elementi quarzoso-feldspatico-micacei, con intercalazioni di lenti di micro-conglomerati poligenici.

Al Fig. 450 della Carta Geologica d'Italia CARG queste unità sono cartografate con la più recente denominazione di Unità litostratigrafiche sin- e post-orogeniche del Miocene medio e superiore, che comprende le Unità di Pietra Boiara (UPB) e la Formazione di Castelveteve (CVT). In particolare, queste litologie appartengono alla litofacies arenaceo-argilloso-conglomeratica (CVT_{1a}), formata da alternanza di arenarie grigie arcoseo-litiche e quarzoso-feldspatiche, con livelli di conglomerati nella parte superiore del Tortoniano superiore – Messiniano inferiore, nella quale si riscontrano blocchi carbonatici distinguibili come olistoliti (ol) precedentemente descritti. In questi depositi è stato terebrato il sondaggio SE della Variante al PRG, 2006:

Principali parametri geotecnici	sondaggio SE (Variante al PRG, 2006)
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	19.00
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	30
C_d (coesione in condizioni drenate, in kN/m ²)	0

Prof. metri		Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp	Pocket Kg/cmq	H ₂ O	SPT
1									
2									
3	2.5	2.5		Suolo vegetale humifero a vario grado di pedogenizzazione					
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17				Sabbia grigiastra medio-fine, pulita, a basso grado di addensamento che include raro ciottolame lapideo calcareo a varia pezzatura					
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30	30.0		Fine foro						
31									

colonna stratigrafica-tipo relativa ai depositi sabbioso-arenacei della Formazione di Castelvetere, arenaceo-argilloso-conglomeratica (CVT_{1a} del CARG) (sondaggio geognostico SE)

4.1.5 Unità di Ariano

questi terreni comprendono tre membri distinti per caratteristiche litologiche e cartografate con i simboli Cg (conglomerati giallastri), Sb (sabbie e sabbie argillose), Ag (argille marnose e siltose grigiastre e grigio-azzurre) (cfr. Tavv. 1A e 1B).

Nella CARG Fg. 450 queste Unità sono ricomprese nelle U. litostratigrafiche sin-postorogeniche del Pliocene inferiore-superiore quale Supersintema di Ariano. I sintemi che lo costituiscono sono quello di Ruvo del Monte, del quale fanno parte la litofacies conglomeratico-sabbiosa (RVM_b) e quella arenaceo-sabbiosa (RVM_a) del Pliocene inferiore – superiore, e quello di Andretta, come subsintema di Vallicella (SAD₂), costituito da argille siltose, di ambiente deposizionale di spiaggia sommersa fino a fronte deltizia.

Per il membro conglomeratico (Cg), che nella **cartografia CARG corrisponde a RVM_b**:

Principali parametri geotecnici (membro conglomeratico)	Campione per edilizia privata e Sond. S1 per la sistemazione del vecchio Cimitero
Profondità di prelievo (in m)	2.50-3.00
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	14.84
W _n (contenuto naturale in acqua, in %)	18.75

η (porosità, in % peso)	52.38
e (indice dei vuoti)	1.100
S_r (grado di saturazione, in % peso)	44.73
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	29.44
C_d (coesione drenata, in kN/m ²)	4.51
E_d (modulo edometrico, in kN/m ²)	4863
Classificazione norme A.G.I.	<i>limo sabbioso con clasti</i>
Ghiaia: 1.58	Sabbia: 42.30
Limi: 46.21	Argille: 9.92

Prof. metri		Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp.	Pocket kg/cmq	H ₂ O	SPT
1	1,0	1,0		Massicciata commista a terreno di riporto					
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30	30,0	Fine foro							
31									

Conglomerati a diverso grado di cementazione da poco cementati a cementati, gli elementi clastici sono da sub-arrotondati ad arrotondati la natura è prevalentemente calcarea e in subordine calcarenitica, arenacea e marnosa. I clasti calcarei, di colore biancastro sono quelli che raggiungono dimensioni superiori ai 10-20 cm, mentre i clasti di altra natura sono eterodimensionali con dimensioni max di 4-5 cm
 Tra 14 e 16,5 presenza di un livello conglomeratico molto cementato

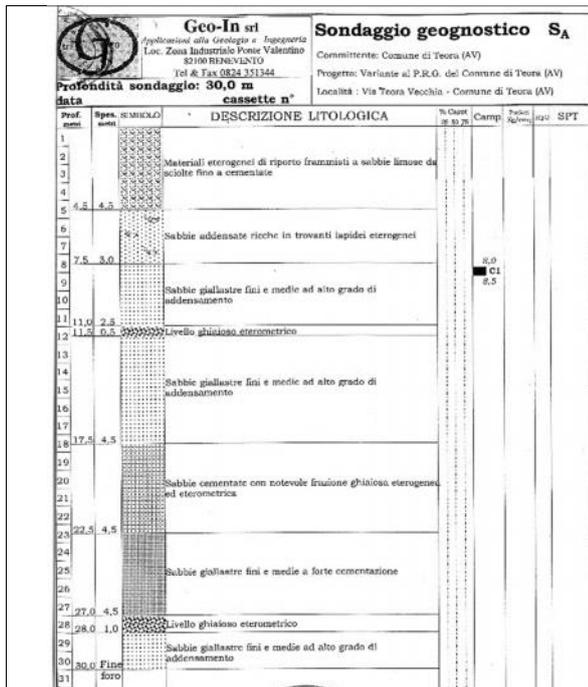
colonna stratigrafica-tipo relativa ai depositi conglomeratici delle Serie plioceniche (RVM_b del CARG)
 (sondaggio geognostico S1)



I depositi
conglomeratici
facies
conglomeratico-
sabbiosa (RVM_b)
del Pliocene

Per il membro sabbioso Sb, che corrisponde nel CARG alla facies arenaceo-sabbiosa (RVM_a):

Principali parametri geotecnici (membro sabbioso Sb)	Rosamilia, 2004	PdZ C5, 2004	* Variante PRG, 2006	** Variante PRG, 2006
Profondità di prelievo (in m)	--	--	8.0 – 8.5	10.0 – 10.5
Numero di colpi SPT	--	--	--	13-13-17
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	19.03	18.93	20.18	19.40
W _n (contenuto naturale in acqua, in %)	8.19	29.0	13.24	13.53
η (porosità, in % peso)	32.47	45.51	33.25	35.87
e (indice dei vuoti)	0.481	0.83	0.49	0.559
S _r (grado di saturazione, in % peso)	45.23	90.50	70.98	64.47
LP (in % peso)	---	22.80	12.7	15.5
LL (in % peso)	28.94	58.42	29.2	34.4
IP (in % peso)	0.0	35.61	16.5	18.9
IC (in % peso)	---	0.83	1.0	1.1
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	29	22	30	25.7
C _d (coesione drenata, in kN/m ²)	4.91	23.84	19.9	29.3
E _d (modulo edometrico, in kN/m ²)	2818	4414	4287	11447
ϕ_U (angolo di attrito in condizioni non drenate, in °)	---	---	0.0	0.0
Cu.u. (coesione non drenata, in kPa)	---	---	49.5	76.0
E _d (modulo edometrico tra 100-1000 kPa, in kPa)	---	---	12435	11447
K (coefficiente di permeabilità tra 200-400 kPa, in cm/s)	---	---	5.57x10 ⁻⁴	1.36x10 ⁻⁴
Classificazione norme A.G.I.	---	---	sabbia siltosa	silt sabbioso deb. argill.
Ghiaia: 0.0	Sabbia: 24.0	Limi: 52.5	Argille: 23.5	L+A: 76.0
Ghiaia: 0.0	Sabbia: 24.2	Limi: 62.4	Argille: 13.4	L+A: 75.8
* SA della Variante al PRG (2006) – campione C1		** SG della Variante al PRG (2006) – campione C2		



I depositi sabbiosi (sabbie medio-fini giallastre della facies arenaceo-sabbiosa (RVM_a) del Pliocene

Per il membro argilloso (Ar), che nella cartografia CARG corrisponde a SAD₂:

Principali parametri geotecnici (membro argilloso Ar, campione SC-C2)	sondaggio SC (Variante al PRG, 2006)
Profondità di prelievo (in m)	9.0 – 9.5
Numero di colpi SPT	12-14-15
γ_n (peso unità volume, in kN/m ³)	19.97
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	15.62

η (porosità, in %)	35.02
e (indice dei vuoti)	0.539
S_r (grado di saturazione, in %)	77.05
ϕ_d (angolo di attrito interno in condiz. drenate, in °)	21.2
C_d (coesione drenata, in kPa)	57.0
ϕ_u (angolo di attrito interno in condizioni non drenate, in °)	0.0
$Cu.u.$ (coesione non drenata, in kPa)	133.0
E_d (modulo edometrico tra 100-1000 kPa, in kPa)	13207
K (coefficiente di permeabilità tra 200-400 kPa, in cm/s)	6.72×10^{-6}
Classificazione norme A.G.I.	silt argilloso

Prof. metri		Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp.	Pocket Kg/cm ²	H ₂ O	SPT
1				Suolo vegetale humifero che sfuma gradualmente in materiali eluviali limoso-argillosi con clasti					
2									
3	2,5	2,5							
4	4,0	1,5		Limi argillosi di alterazione eluvio colluviale ricchi in clasti		4,0 C1			
5						4,5			mt 4,50 (3-2-3)
6				Livello sabbioso-ghiaioso delle serie alluvionali dei sub-affluenti del fiume Ofanto					
7									
8	7,5	3,5							
9						9,0 C2			
10						9,5			mt 9,50 (12-14-15)
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18				Argille grigio-azzurre sovraconsolidate della serie marina pliocenica					
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30	30,0								
31				Fine foro					



I depositi argillosi sovraconsolidati delle argille marnose grigio-azzurre plioceniche (SAD₂)

4.1.6 Dt (detriti quaternari)

Detriti eterometrici ed eterogenei, suddivisi in quattro depositi cartografati con altrettante simbologie: Ds (detrito prevalentemente limoso-sabbioso); Dr (detrito di frana prevalentemente argilloso); Df (detrito di frana argilloso con pacchi lapidei del Flysch Rosso); Dl (detrito di frana prevalentemente lapideo, con clasti derivanti dai materiali del Flysch Rosso). Nella stesura della cartografia CARG, Fig. 450 "Sant'Angelo dei Lombardi", i rilevatori hanno inteso modificare questa impostazione assimilando:

- Ds ai depositi eluviali **b2** del CARG;
- Dr ai depositi di frana antica, già formati, riportati con il simbolo **a1b** nel CARG;
- Df ai depositi **a1a** del CARG, cioè ai depositi di frana in formazione;
- Dl ai depositi di versante, noti come **a** del CARG.

Per il detrito con lapidei Dl, ascrivibile ai depositi **a del CARG** e così riportato in cartografia tematica:

Principali parametri geotecnici (Dl, detrito con lapidei)	PRG, 2004	Sond. SB1 (Variante al PRG, 2006)	PUC, 2012
Profondità di prelievo (in m)	--	1.5 – 2.0	--
Numero di colpi SPT	--	--	--
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	19.31	17.47	18.02
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	18.85	18.64	24.85
η (porosità, in % peso)	39.11	44.59	45.03
e (indice dei vuoti)	0.642	0.805	0.819
S_r (grado di saturazione, in % peso)	78.32	61.55	79.64

LP (limite plastico, in % peso)	32.3	26.4	--
LL (limite liquido, in % peso)	45.6	40.6	--
IP (indice plastico, in % peso)	13.2	14.2	--
IC (in % peso)	2.0	1.6	--
IL (indice di liquidità)	--	-0.6	--
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	22.9	16.6	24.0
C_d (coesione in condizioni drenate, in kPa)	38.3	28.2	34.0
E_d (modulo edometrico tra 100-1000 kPa, in kPa)	5494	9292	--
ϕ_U (angolo di attrito in condizioni non drenate, in °)	--	0.0	--
Cu.u. (coesione non drenata, in kPa)	--	76.5	--
K (coefficiente di permeabilità tra 200-400 kPa, in cm/s)	--	6.66×10^{-5}	--
Classificazione norme A.G.I.	--	silt argilloso	--
Ghiaia: 0.0	Sabbia: 3.2	Limi: 73.0	Argille: 23.7

Profondità sondaggio: 30,0 m data		cassette n°		DESCRIZIONE LITOLOGICA		% Carot 25 50 75	Camp	Pocket Kg/cmq	H ₂ O	SPT
1					Suolo vegetale humifero che sfuma gradualmente in materiali eluviali limoso-argillosi con clasti		1,5 C1			
2	2,0	2,0					2,0			
3					Detrito ghiaioso in matrice limo-sabbiosa brunastra					
4	3,5	1,5								
5	4,5	1,0			Sabbia argillosa bruna con trovanti di natura carbonatica					
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17					Brecce calcaree chiare frammiste in un insieme estremamente caotico a sabbie calcaree eterometriche ed attraversate localmente da livelletti limo-argillosi bruni					
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30	30,0				Fine foro					
31										



I depositi di
breccie calcaree
di substrato in
loc. Cresta del
Gallo

Per il detrito prevalentemente argilloso (Dr nella cartografia del PRG, oggi assimilabile ai depositi di frana antica, già formati, a1b del CARG):

Principali parametri geotecnici (detrito prevalentemente argilloso)	PRG, 2004	Sond. SF (Variante PRG, 2006)	Sacco, 2010	GEO, 2010b
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	18.98	18.94	20.3	18.8
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	19.25	15.74	17.5	23.9
η (porosità, in % peso)	40.44	38.50	32.3	44.1
e (indice dei vuoti)	0.679	0.626	0.478	0.790
S_r (grado di saturazione, in % peso)	75.76	66.88	95.2	82.0
E_d (modulo edometrico, in kN/m ²)	7079	3514	7724	--
LP (in % peso)	32.0	24.7	--	--
LL (in % peso)	47.3	40.4	--	--
IP (in % peso)	15.3	15.7	--	--
IC (in % peso)	1.8	1.6	--	--
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	22.9	21.1	27.7	25.0
C_d (coesione in condizioni drenate, in kN/m ²)	33.9	45.7	14.6	55.0
E_d (modulo edometrico tra 100-1000 kPa, in kPa)	--	12296	13990	---
ϕ_U (angolo di attrito in condizioni non drenate, in °)	--	0.0	---	---
$C_{u.u.}$ (coesione non drenata, in kPa)	--	119.5	---	---
K (coefficiente di permeabilità tra 200-400 kPa, in cm/s)	--	8.22×10^{-6}	---	---
Classificazione norme A.G.I.	--	<i>silt argilloso</i>	<i>limo argilloso</i>	---
Ghiaia: 0.0	Sabbia: 2.8	Limi: 72.9	Argille: 24.3	
* SF della Variante al PRG (2006) – campione C1 (vide Argille Varicolori)				

Per il detrito di frana argilloso con pacchi lapidei del Flysch Rosso (riportato con la sigla Df nella cartografia del PRG ed oggi ascrivibile ai **depositi a1a del CARG, cioè depositi di frana in formazione**):

Principali parametri geotecnici (Df detrito con pacchi lapidei del Flysch Rosso)	PRG, 1984	PdZ C1, 1992	PdZ C2, 1992	PRG, 2004	GEO, 2010a	GEO, 2011b	PUC, 2012
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	19.42	20.31	19.33	19.28	19.27	21.02	15.50
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	22.29	24.0	20.01	17.83	20.61	12.58	25.03
η (porosità, in % peso)	41.5	39.0	36.28	38.93	40.30	27.42	51.71
e (indice dei vuoti)	0.70	0.64	0.57	0.63	0.670	0.378	1.071
S_r (grado di saturazione, in % peso)	86.57	80.0	100	74.93	81.72	85.64	60.00
ϕ_d (angolo di attrito interno drenato, in °)	16.30	9.11	21.59	28.9	24.60	29.97	29.0
C_d (coesione drenata, in kN/m ²)	49.05	61.80	73.77	12.0	42.91	14.89	0.0
E_d (modulo edometrico, in kN/m ²)	---	3911	3727	6187	63.60	3782	--
LP (in % peso)	---	21.56	---	29.8	--	--	--
LL (in % peso)	---	62.88	---	44.8	--	--	--
IP (in % peso)	---	41.32	---	14.9	--	--	--
IC (in % peso)	---	0.94	---	1.8	--	--	--

4.1.7 Alluvioni (alluvioni recenti e attuali):

questi depositi affiorano diffusamente nella parte altimetricamente più depressa del territorio comunale, nella piana del Fiume Ofanto, e sono costituite da ghiaie grossolane e sottili lenti di sabbie e limi. **Nella cartografia CARG Fig. 450 corrisponde al litotipo b** (ghiaie poligeniche ed eterometriche a matrice sabbioso-limosa), di età attuale:

Principali parametri geotecnici (A1, alluvioni, sondaggio SC della Variante al PRG, campione SC-C1)	PIP, 1986	Sond. SC (Variante al PRG, 2006)
Profondità di prelievo (in m)	--	4.0 – 4.5
Numero di colpi SPT	--	3-2-3
γ_n (peso dell'unità di volume, in kN/m ³)	17.27	18.96
W_n (contenuto naturale in acqua, in %)	36.09	17.56
η (porosità, in % peso)	52.43	39.25
e (indice dei vuoti)	1.10	0.646
S_r (grado di saturazione, in % peso)	88.84	72.16
ϕ_d (angolo di attrito interno drenato, in °)	21.80	19.4
C_d (coesione drenata, in kN/m ²)	13.73	39.3
E_d (modulo edometrico, in kN/m ²)	---	5489
LP (limite plastico, in % peso)	24.29	27.2
LL (limite liquido, in % peso)	53.39	42.5
IP (indice plastico, in % peso)	28.13	15.3
IC (indice di consistenza, in % peso)	1.0	1.6
ϕ_d (angolo di attrito interno in condizioni drenate, in °)	20.5	19.4
C_d (coesione drenata, in kPa)	25.75	39.3

ϕ_u (angolo di attrito interno in condizioni non drenate, in °)	--	0.0
Cu.u. (coesione non drenata, in kPa)	--	108.0
E_d (modulo edometrico tra 100-1000 kPa, in kPa)	--	10659
K (coefficiente di permeabilità tra 200-400 kPa, in cm/s)	--	7.92×10^{-6}
Classificazione norme A.G.I.	--	<i>silt argilloso</i>
Ghiaia: 0.0	Sabbia: 3.7	Limi: 71.9
		Argille: 24.5

		Geo-In srl Applicazioni alla Geologia e Ingegneria Loc. Zona Industriale Ponte Valentino 82100 BENEVENTO Tel & Fax 0824 351344		Sondaggio geognostico S_c Committente: Comune di Teora (AV) Progetto: Variante al P.R.G. del Comune di Teora (AV) Località : Area P.I.P. - Comune di Teora (AV)				
		Profondità sondaggio: 30,0 m data			cassette n°			
Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp	Pocket Kg/cmq	H ₂ O	SPT
1			Suolo vegetale humifero che sfuma gradualmente in materiali eluviali limoso-argillosi con clasti					
2								
3	2,5		Limi argillosi di alterazione eluvio colluviale ricchi in clasti					
4	4,0							
5			Livello sabbioso-ghiaioso delle serie alluvionali dei sub-affluenti del fiume Ofanto		4,0 C1			mt 4,50 (3-2-3)
6								
7								
8	7,5		Argille grigio-azzurre sovraconsolidate della serie marina pliocenica		9,0 C2			mt 9,50 (12-14-15)
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30	30,0	Fine foro						
31								



4.2 I dati geofisici

La suddivisione del territorio comunale di Teora in funzione delle diverse categorie di sottosuolo è stata eseguita in accordo a quanto riportato nelle "Linee guida finalizzate alla mitigazione del rischio sismico – Indagini ed Analisi Geologiche, Geofisiche e Geotecniche" elaborate dalla Commissione Tecnico-Scientifica nominata con Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n. 770 del 13/11/2003, nonché seguendo le indicazioni degli Standard 4.0 che rimandano a "tutte le informazioni e considerazioni ritenute utili per l'analisi della risposta sismica locale".

Nelle citate Linee guida *"si ribadisce che per la delimitazione delle aree si dovrà tener conto delle caratteristiche e dei limiti della litologia affiorante, quali desunti dalla Carta Geolitologica del territorio comunale"*. Quindi il territorio verrà suddiviso in aree omogenee dal punto di vista della V_{s30} ed **oggi ridefinito come $V_{s,eq}$** (NTC-2018) vale a dire la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio. Esso esprime la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

Il suddetto parametro è stato sperimentalmente determinato interpretando inizialmente i risultati delle numerose prove sismiche tipo M.A.S.W. facenti parte delle indagini strumentali dello Studio Geologico per il PUC, la cui ubicazione è mostrata nelle TAVV. 1 e 2 "Carta Geolitologica".

La profondità di investigazione, per tutte le prospezioni sismiche realizzate, è di almeno 30 m dal p.c., poiché *"questa è la porzione più superficiale di sottosuolo quella alla quale occorre prestare particolare attenzione, in quanto tipicamente condiziona in modo sensibile l'entità degli effetti dei terremoti"* (Linee Guida).

Nella caratterizzazione sismica dei terreni di Teora si è fatto ricorso anche ai risultati di prospezioni sismiche con metodologia M.A.S.W. realizzate per committenza privata.

Per una rapida consultazione dei risultati, ci si può riferire alle tabelle seguenti:

4.2.1 Olistoliti di calcare biancastro (Unità mesozoiche di Piattaforma)

Queste litologie, di limitata consistenza, non sono state indagate dal punto di vista sismico, trovandosi immerse all'interno dei depositi della Formazione di Castelvetero.

4.2.2 Calcareniti e calciruditi del Flysch Rosso (Unità Lagonegresi, CARG: FYR₁)

Flysch Rosso (downhole nel sondaggio SH)	Prova	I strato	II strato	III strato	sismostratigrafia tipo
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	MASW	748	1154	1410	
	down hole SH	1405	1294	1091	
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	MASW	350	568	740	
	down hole SH	570	548	474	
€ (modulo di Poisson)	MASW	0.36	0.34	0.31	
	down hole SH	0.40	0.39	0.38	
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 464)					

4.2.3 Argille Varicolori (Unità delle Argille Varicolori, CARG: AV)

Argille Varicolori (sondaggio di riferimento SF)	Prova	I strato	II strato	III strato	sismostratigrafia tipo																																																									
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	MASW	400	941	1073	<table border="1"> <caption>Colonna sismostratigrafica</caption> <thead> <tr> <th>Prof. (m)</th> <th>Vs (m/s)</th> <th>Spessore (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>192,91</td> <td>2,50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>367,51</td> <td>6,42</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>593,21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>24</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>26</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>28</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>32</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Prof. (m)	Vs (m/s)	Spessore (m)	0	192,91	2,50	2			4	367,51	6,42	6			8			10			12			14			16			18			20			22	593,21		24			26			28			30			32			34		
	Prof. (m)	Vs (m/s)	Spessore (m)																																																											
0	192,91	2,50																																																												
2																																																														
4	367,51	6,42																																																												
6																																																														
8																																																														
10																																																														
12																																																														
14																																																														
16																																																														
18																																																														
20																																																														
22	593,21																																																													
24																																																														
26																																																														
28																																																														
30																																																														
32																																																														
34																																																														
down hole SF	310	851	1689																																																											
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	MASW	192	368	593																																																										
	down hole SF	153	382	645																																																										
v (modulo di Poisson)	MASW	0.35	0.41	0.28																																																										
	down hole SF	0.34	0.37	0.41																																																										
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 409)																																																														

4.2.4 Unità Iripine (Formazione di Castelvetere, CARG: CVT_{1a})

Non sono disponibili prospezioni sismiche in questa litologia ma i valori dei parametri sismici sono quasi certamente paragonabili con quelli delle Unità di Ariano, membro sabbioso.

4.2.5 Unità di Ariano (CARG: RVM_a – RVM_b – SAD₂)

Per il membro conglomeratico-sabbioso (RVM_b), per il quale il sondaggio di riferimento è S1 della sistemazione a valle del Cimitero (2010) si ha:

	Prova	I strato	II strato
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	down hole S1	481	1674
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	down hole S1	245	643

v (modulo di Poisson)	down hole S1	0.33	0.41
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 586)			

Per il membro sabbioso (RVM_a), per il quale il sondaggio di riferimento è SA della variante al PRG (2006) si ha:

Unità di Ariano (membro sabbioso, down hole in SA)	Prova	I strato	II strato	III strato	IV strato	sismostratigrafia tipo															
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	MASW	304	704	1054	1223	<table border="1"> <caption>Sismostratigrafia</caption> <thead> <tr> <th>Prof. (m)</th> <th>Vs (m/s)</th> <th>Spessore (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>133.76</td> <td>2.19</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>321.35</td> <td>1.01</td> </tr> <tr> <td>16.49</td> <td>518.78</td> <td>16.49</td> </tr> <tr> <td>38</td> <td>629.12</td> <td>∞</td> </tr> </tbody> </table>	Prof. (m)	Vs (m/s)	Spessore (m)	0	133.76	2.19	2	321.35	1.01	16.49	518.78	16.49	38	629.12	∞
	Prof. (m)	Vs (m/s)	Spessore (m)																		
0	133.76	2.19																			
2	321.35	1.01																			
16.49	518.78	16.49																			
38	629.12	∞																			
down hole SA	519	724	942	1157																	
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	MASW	134	321	519	629																
	down hole SA	248	320	378	459																
v (modulo di Poisson)	MASW	0.38	0.37	0.34	0.32																
	down hole SA	0.35	0.38	0.40	0.41																
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 506)																					

Per il membro argilloso (SAD₂,) il sondaggio di riferimento è SC della variante al PRG, 2006):

Unità di Ariano (membro argilloso, downhole in SC)	Prova	I strato	II strato	III strato	IV strato	sismostratigrafia tipo
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	MASW	367	495	538	1164	
	down hole SC	302	816		1564	
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	MASW	181	231	237	529	
	down hole SC	158	380		634	
v (modulo di Poisson)	MASW	0.34	0.36	0.38	0.37	
	down hole SC	0.31	0.36		0.40	
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 501)						

4.2.6 Dt (detriti quaternari)

Per le coltri detritiche con diffuso pezzame lapideo DI (oggi nel CARG: a), il sondaggio di riferimento è SB della variante al PRG (2006):

Detriti quaternari (detriti con lapidei, downhole in SB)	Prova	I strato	II strato	III strato	IV strato
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	MASW	565	885	979	1612
	down hole SB	332	1301		
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	MASW	210	361	416	709
	down hole SB	158	512		
v (modulo di Poisson)	MASW	0.42	0.40	0.39	0.38
	down hole SB	0.35	0.41		
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs30: 444)					

Per le coltri detritiche a prevalente litologia argillosa Ds (di cui al CARG: **b2**), il sondaggio di riferimento è SF della variante al PRG (2006):

Detriti quaternari (detrito con argille, downhole in SF)	Prova	I strato	II strato	III strato
Vp (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	down hole SF	310	851	1689
Vs (velocità delle onde trasversali, in m/s)	down hole SF	153	382	645
v (modulo di Poisson)	down hole SF	0.34	0.37	0.41
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 475)				

4.2.7 Alluvioni (recenti e attuali, CARG: b)

Per le alluvioni recenti e attuali di natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa (CARG: **b**), il sondaggio di riferimento è SC della variante al PRG (2006):

Alluvioni (sabbie ghiaiose, downhole in SC)	Prova	I strato	II strato	III strato	IV strato	sismostratigrafia tipo																		
Vp (velocità delle onde trasversali, in m/s)	MASW	493	373	594	1134	<table border="1"> <caption>Sismostratigrafia</caption> <thead> <tr> <th>Prof. (m)</th> <th>Vs (m/s)</th> <th>Spessore (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>236,43</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>202,83</td> <td>2,29</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>232,06</td> <td>5,01</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>442,78</td> <td>14,0</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>676,96</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Prof. (m)	Vs (m/s)	Spessore (m)	0	236,43	0,60	2	202,83	2,29	4	232,06	5,01	10	442,78	14,0	22	676,96	
	Prof. (m)	Vs (m/s)	Spessore (m)																					
0	236,43	0,60																						
2	202,83	2,29																						
4	232,06	5,01																						
10	442,78	14,0																						
22	676,96																							
down hole	302	816	1564																					
Vs (velocità delle onde longitudinali, in m/s)	MASW	263	203	232	443																			
	down hole	158	380	634																				
v (modulo di Poisson)	MASW	0.30	0.29	0.41	0.41																			
	down hole	0.31	0.36	0.40																				
Categoria di sottosuolo: B (valore medio Vs,eq: 381)																								

Alla luce di quanto sinora esposto, si può affermare che per ogni singola area è stato definito, sulla base delle indagini eseguite, uno schema tipo sismo-stratigrafico-geotecnico. Si ricorda infatti che i dati di base per un'analisi numerica della RSL sono i seguenti:

- a) moto sismico di riferimento (accelerogramma) in corrispondenza della formazione rocciosa (alla base o affiorante);
- b) modello geometrico del sottosuolo (stratigrafia, morfologia superficiale e sepolta, eventuali discontinuità);
- c) parametri geotecnici e geofisici dei terreni costituenti le varie unità omogenee (proprietà fisico-meccaniche da prove specifiche in sito e di laboratorio).

Tavola X - Carta della vincolistica

Questa carta raccoglie tutti i vincoli normativi afferenti al territorio di Teora. Tali vincoli consistono in quello:

- I. *idrogeologico* di cui al R.D. n. 3267 del 30/12/1923;
- II. delle *acque pubbliche* di cui al T.U. n. 1775 dell'11/12/1933;
- III. zone di rispetto delle sorgenti
- IV. del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia, di cui alla G.U. n. 8 dell'11/01/2006.

5. Modello del sottosuolo e sezioni geologico-tecniche

I rapporti stratigrafici tra i numerosi terreni affioranti nel territorio comunale sono stati illustrati in due appositi elaborati cartografici, denominati rispettivamente Tav. 2 Sezioni Geologiche ed Tav. 7 Sezioni litotecniche.

Generalmente, nei modelli del sottosuolo individuati nei vari ambiti litotecnici, si tratta di rapporti con sovrapposizioni stratigrafiche, anche se nel territorio comunale non mancano fratture e faliamenti di tipo diretto che, però, non alterano in maniera significativa le sequenze verticali dei depositi affioranti.

In particolare, nella sezione A – A' (cfr. Tav. II, Carta delle Sezioni Geologiche) è descritto l'andamento nel sottosuolo delle litologie da località Cresta del Gallo (quota 880 m slm) sino alla loc. Bosco di Boiara (quota 575 m slm), con un profilo ad andamento NW-SE. Essa mostra prevalentemente i rapporti esistenti tra i termini più antichi delle litologie affioranti a Teora, in una zona del territorio comunale tra quelle meno interessate dall'antropizzazione.

Nella sezione B – B' (cfr. Tav. II, Carta delle Sezioni Geologiche) la traccia parte da un ambito poco a N del cimitero comunale, nei litotipi RVM_b del Subsistema di Ariano (Contrada Castelluzzo, quota 660 m), che poggiano in contatto stratigrafico con quelli delle stesse serie (SAD₂), interessando poi parte del centro urbano attraverso Villaggio Svizzero e loc. Borgo Monaco, sino all'affioramento dei depositi RVM_a a quota 675 m slm, seguendo un andamento NNE-SSW.

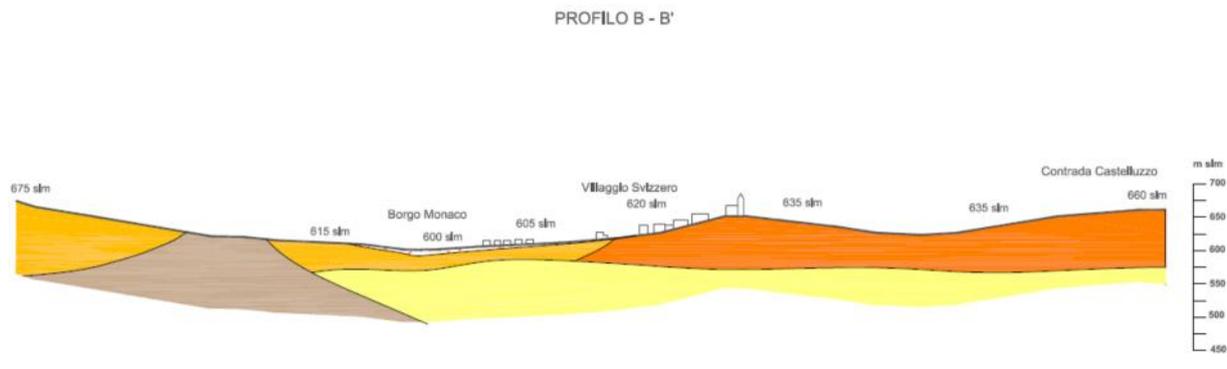


Fig. 5 – sezione geologica lungo il profilo B – B' (cfr. Carta delle Sezioni Geologiche).

Infine, nella sezione C – C' sono illustrati i rapporti tra i litotipi presenti dalle località Contrada Pianelle e Serra Mezzana, comprese tra le quote di 760 m slm e 590 m slm. La traccia del profilo è orientata NNW-SSE, attraversando nuovamente parte del centro urbano (settore N e Villaggio Svizzero), tra i litotipi del FYR, RVM_b e RVM_a, attraversando anche la fascia di detrito di versante che interessa quella parte dell'abitato.

La grande concentrazione di prove geognostiche disponibili per quel settore del territorio rende molto chiaro il rapporto tra i terreni, che è di tipo stratigrafico (cfr. Tav. I Carta Geolitologica).

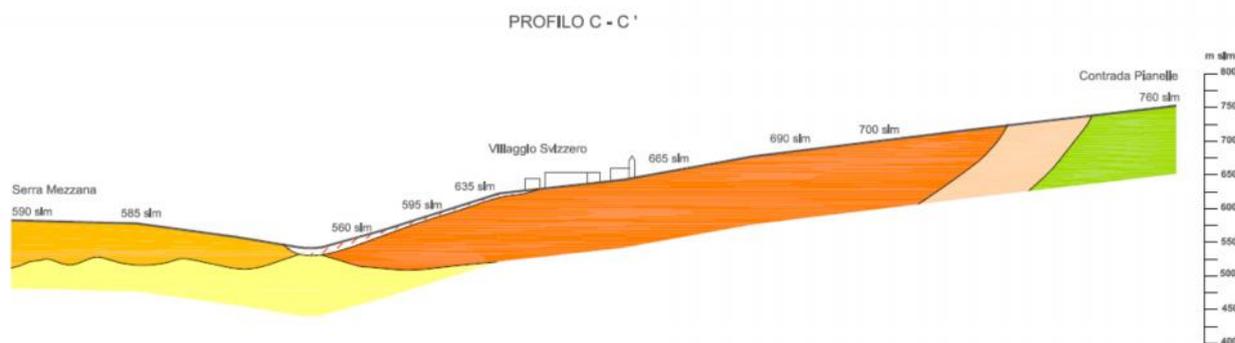


Fig. 6 – sezione geologica lungo il profilo C – C' (cfr. Carta delle Sezioni Geologiche).

Nella stesura della nuova cartografia geologica, sono state realizzate anche apposite sezioni litotecniche, nelle quali si illustrano i rapporti tra i terreni di copertura ed i substrati geologici in senso litotecnico, dopo aver accorpato litologie differenti sotto il profilo geostratigrafico ma del tutto simili riguardo al comportamento geotecnico, come ampiamente illustrato nel successivo capitolo 8 di questa relazione (Carta litotecnica o CGT_MS). Le scale utilizzate nella rappresentazione variano da 1:500 per quella delle altezze a 1:2.000 per quelle delle lunghezze.

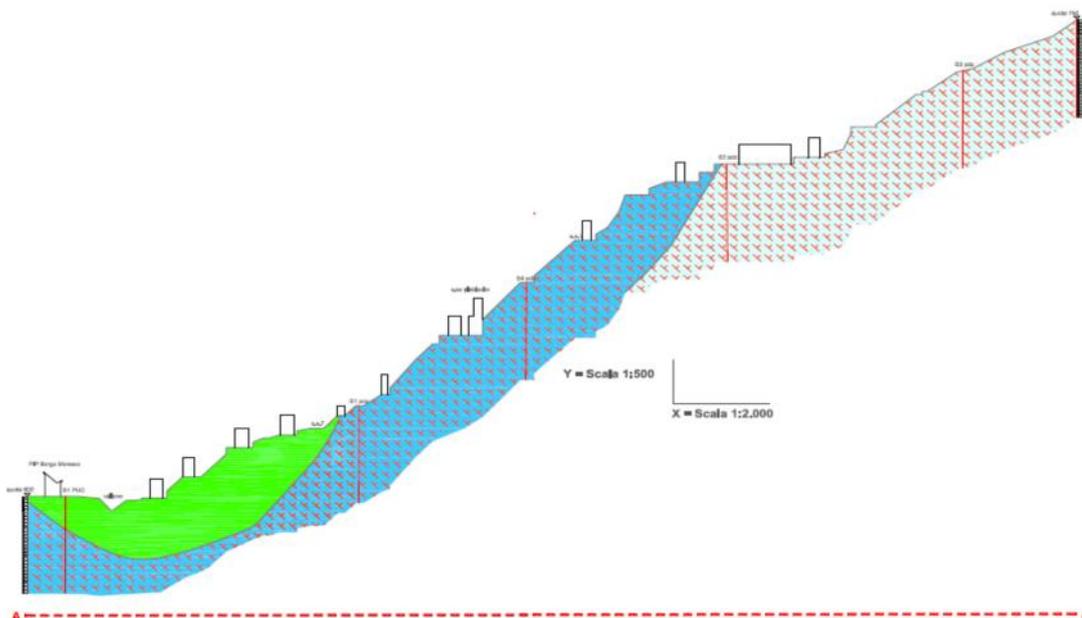


Fig. 7 – sezione litotecnica secondo il profilo A – A’ (cfr. Tav. VII Sezioni litotecniche).

Le due sezioni proposte attraversano in vario modo, grosso modo con andamento NW-SE, il centro urbano, passando l’una da loc. Borgo Monaco, Corso Plebiscito fino a concludersi quasi in loc. Contrada Boscariello (sezione A – A’); l’altra attraverso nuovamente loc. Borgo Monaco, il campo sportivo, fino alla Caserma per terminare a quota 705 m slm poco prima di Contrada Pianelle (sezione B – B’).

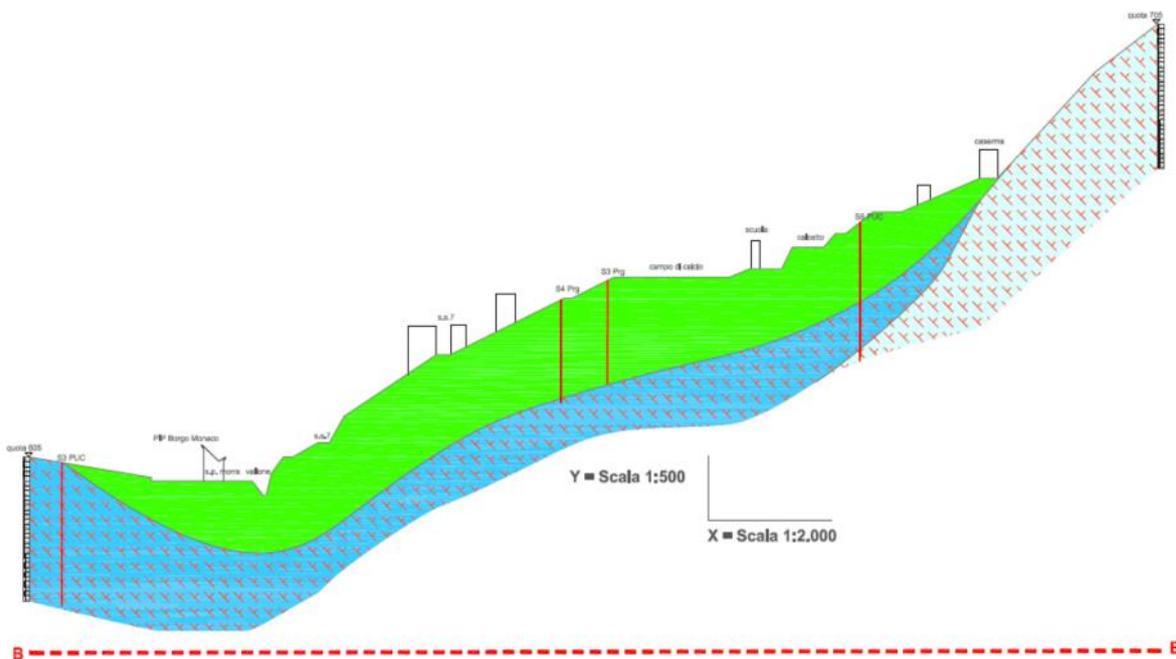


Fig. 8 – sezione litotecnica secondo il profilo B – B’ (cfr. Tav. VII Sezioni litotecniche).

6. Interpretazioni e incertezze

Il quadro generale appare ampiamente definito sia negli aspetti geolitologici che in quelli stratigrafici. Dal punto di vista geomorfologico, sussistono diverse criticità che andrebbero approfondite in sede di adozione di studi di maggiore dettaglio, più puntuali, soprattutto nelle zone di dissesto conclamato. In ogni caso, si possono evidenziare rari esempi di esondazione, in occorrenza di eventi pluviometrici di particolare consistenza, che possono amplificare il rischio idrogeologico negli ambiti più prossimi al corso del Fiume Ofanto.

Per quanto attiene all'utilizzo delle georisorse, il territorio comunale è interessato variamente dalla presenza di cave con attività estrattiva in corso e ciò potrebbe, in caso di mancato rispetto delle norme vigenti, arrecare trasformazioni territoriali e paesaggistiche, nonché di stabilità degli ambiti interessanti.



Fig. 9 – Esempio di parti del territorio comunale in trasformazione: la cava di materiale lapidei in loc. Cresta del Gallo nei depositi calcarenitici stratificati del Flysch Rosso (membro calcareo, FYR1).

In ogni caso, le maggiori modificazioni a carico dei versanti sono indotte dai diffusi fenomeni di dissesto, che abbracciano una serie molto ampia di tipologie:

- crolli e ribaltamenti (*Rock fall, Rock topple, Debris fall*) nei depositi litoidi del Flysch Rosso e dei conglomerati delle serie plioceniche;
- scorrimenti rotazionali (*Rock slump, Debris slump*), caratteristici dei depositi argillosi e sabbiosi di vari depositi, la cui forma è di solito arcuata, con la concavità verso l'alto e con versanti "a mammelloni" tipici di alcune zone rurali;

- colate lente (*Earth flow, Solifluction, Soil creep*), individuabili nelle deformazioni plastiche delle coperture superficiali e nei materiali meno competenti;
- colate rapide (*Debris flow, Mud flow*), diffuse lungo i versanti caratterizzati da materiale scarsamente coeso, imbibito, specie nei pressi di linee di impluvio e nelle erosioni di tipo a solchi.

Riguardo allo stato di attività di queste forme di dissesto, nel territorio comunale si possono distinguere forme attive (in movimento) e/o sospese e forme inattive. Queste ultime, seguendo la classificazione Cruden & Varnes, 1996, appaiono quiescenti oppure naturalmente e/o artificialmente stabilizzate.





c)

Fig. 10 – Esempio di deformazioni in atto su alcune aree del territorio comunale:
a) movimento franoso di tipo misto (scorrimenti + colamenti) in loc. Perillo;
b) interpretazione delle complesse deformazioni a carico dello stesso versante;
c) rilevanti danni a carico di una palificazione profonda.

Si ribadisce, pertanto, che all'interno di un quadro generale molto chiaro, alcuni limitati ambiti locali in fase di trasformazione, dovrebbero essere indagati con studi di maggiore dettaglio anche in chiave di microzonazione sismica di livello superiore, realizzando opportune integrazioni di indagini geognostiche.

7. Metodologie di elaborazione e risultati

La finalità di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) è quello di identificare e perimetrare in un dato territorio le zone che al loro interno hanno un comportamento sismico omogeneo e di pervenire ad una stima della risposta dei terreni delle diverse zone alle onde sismiche in arrivo al sito durante un prefissato terremoto, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità fra di esse e fornire elementi conoscitivi per la programmazione territoriale, la pianificazione urbanistica, la pianificazione dell'emergenza e del post-terremoto, la progettazione di opere a scala vasta.

Come desumibile da un'analisi dei capitoli precedenti nel presente lavoro il primo obiettivo è stato quello di individuare le zone "suscettibili d'instabilità" e successivamente quelle dove potranno aversi "fenomeni di amplificazione del moto sismico". Come già ricordato in precedenza, alle aree "suscettibili di instabilità" è sconsigliato qualsiasi intervento urbanistico, anche ai sensi del PAI dell'Autorità di Bacino: in ogni caso, analisi approfondite e di dettaglio di terzo livello possono essere svolte per precisare le reali condizioni puntuali di sito.

Tutti gli elaborati sono stati prodotti secondo le raccomandazioni di cui agli "STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA", elaborati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), versione 4.0, dell'ottobre 2015.

8. Elaborati cartografici

Così come elencato nella Tabella 3 (Elaborati cartografici previsti dagli studi di Microzonazione sismica di Livello 1) prevista dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 4.0b, dell'ottobre 2015, gli elaborati cartografici che sono parte integrante del presente Studio sono quelli riportati nel successivo elenco. Si precisa che, ai sensi della stessa Tabella 3, nella redazione delle carte tematiche sono stati riportati tutti i campi di cui si suggerisce la specificazione.

8.1 Carta delle indagini

In questo elaborato si è provveduto a riportate tutte indagini pregresse che, in varie fasi e per diversi incarichi, è stato possibile individuare nel territorio del Comune di Teora, ricorrendo anche prove geognostiche e prospezioni sismiche in possesso dello scrivente, realizzate in tempi diversi per committenze private (le aziende esecutrici sono tutte in possesso di autorizzazione ministeriale).

Come suggerito dalla Tabella 3 della versione 4.0b, nella Carta delle Indagini sono state riportate tutte le:

- Indagini lineari
- Indagini puntuali

Alle indagini lineari appartengono tutte le prospezioni sismiche realizzate:

- con metodologia M.A.S.W., a partire dall'anno 2008;
- i profili sismici a rifrazione;
- le prove sismiche in foro di tipo *downhole*.

A quelle puntuali, invece, sono state ascritte:

- i sondaggi geognostici a carotaggio continuo realizzati a partire dagli anni '80 del secolo scorso;
- i prelievi in trincea di campioni indisturbati, sigillati in situ e sottoposti ad analisi di laboratorio geotecnico autorizzato;
- le prove penetrometriche in foro (SPT)
- le prove penetrometriche dinamiche leggere (con metodologia DPSH)

Questo elaborato non è stato prodotto in forma a sé stante, ma l'ubicazione di tutte le prove appena elencate è stata riportata nelle Tav. I Carta Geologica con ubicazione delle indagini e nella successiva Carta Geologico Tecnica CGT_MS, di cui alla Tav. VI Carta Litotecnica.

8.2 Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)

Nella Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS), definita come TAv. VI Carta Litotecnica, sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) che derivano da tutti gli strumenti urbanistici di cui si è dotato, nel corso degli anni, il Comune di Teora.

Tali informazioni, com'è noto, concorrono alla definizione del modello di sottosuolo per ciascun ambito territoriale individuato e, quindi, sono funzionali alla elaborazione della Carta delle MOPS.

Esse comprendono i rilievi di campagna, derivanti anche dalla pluriennale attività svolta in sito e dalle numerose indagini pregresse, che al momento fanno escludere la necessità di realizzare nuove campagne di approfondimento

Come suggerito dalla Tabella 3, nella **CGT_MS** sono stati riportati:

- Terreni di copertura
- Ambiente genetico e deposizionale dei terreni individuati
- Substrato geologico
- Instabilità di versante
- Forme di superficie e sepolte, comprensive di alcuni elementi lineari e puntuali
- Elementi tettonico-strutturali e tracce delle sezioni geologiche
- Elementi geologici e idrogeologici

La scelta delle classi litotecniche è avvenuta seguendo il criterio-base di accorpamento per unità litologiche simili, a prescindere dalla collocazione stratigrafica e dall'età delle formazioni, considerandole quindi solo da un punto di vista strettamente geotecnico ed eventualmente strutturale, ai fini di schematizzare risposte sismiche locali presumibilmente omogenee.

Pertanto, le unità geologico-litotecniche sono state distinte tra terreni di copertura e substrato geologico.

Per "coperture" sono state intese quelle coltri il cui spessore minimo non supera i 3 m: esse raggruppano:

- i livelli di differente altezza e di vario grado di pedogenizzazione, più o meno ricchi di elementi in via di argillificazione derivanti dalla deposizione di materiali piroclastici riferibili all'attività vulcanica quaternaria dei Campi Flegrei, del Vesuvio e del Vulture;
- le coltri eluvio-colluviali, intendendo per tali materiali i depositi alterati e situati in prossimità del punto di formazione o che al più hanno subito un limitato trasporto prevalentemente ad opera delle acque di ruscellamento (ISPR). Di colluvi è ricco l'intero territorio, soprattutto per frazioni fini con clasti di varie dimensioni, sedimentati per processi di dilavamento; l'eluvio, come alterite, è spesso indistinguibile dagli orizzonti superficiali dei suoli;
- le alluvioni recenti e attuali, di spessore assai variabile.

In ogni caso, da diversi anni è prassi seguita quella di eliminare gli spessori di questi materiali a scadente qualità geomeccanica in fase di realizzazione di opere fondali sino al raggiungimento del substrato.

Tra le coperture affioranti nel territorio comunale, delle quali si riporta la presenza nello specifico elaborato, compaiono terreni individuati opportunamente attraverso la simbologia proposta nella Figura 1.1.2-1 Legenda della CGT_MS: terreni di copertura (Standard MS, versione 4.0b). Nella CGT_MS compaiono:

Tabella 1 – Legenda dei terreni di copertura riportati nella CGT_MS.			
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	(coltre eluvio-colluviale del CARG): b2) (depositi di frana del CARG, unità in formazione: a1a) (depositi di frana antica, unità formate del CARG: a1b)
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	(questo simbolo sarà riferito alle Alluvioni b del CARG)
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	(depositi di versante del CARG: a)

Per quanto attiene all'individuazione degli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura segnalati nel territorio comunale, in riferimento alla specifica Tabella 1.1.2-1 (Codici relativi agli ambienti genetico-deposizionali) sono state segnalate forme e depositi tipici dell'ambiente appenninico interno:

Tabella 2 – Legenda degli ambienti deposizionali riportati nella CGT_MS.	
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Terrazzo fluviale	tf
Piana inondabile	pi

Le unità del substrato geologico sono state descritte, secondo le indicazioni, tenendo conto della tipologia (natura lapidea, granulare cementata, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi); della suddivisione in stratificato e non stratificato e, infine, del grado di fratturazione o alterazione superficiale.

In tal modo, sulla scorta di quanto esposto nella Figura 1.1.2-2 (Legenda della CGT_MS: substrato geologico), nella Carta sono state riportate le seguenti suddivisioni:

Tabella 3 – Legenda relativa ai substrati riportati nella CGT_MS.
--

	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato

Esse corrispondono alle 4 Unità litotecniche seguendo il criterio di accorpamento di terreni secondo criteri di affinità litologica e comportamento geotecnico (le sigle corrispondono a quelle utilizzate nella Carta Geolitologica – Tavv. 1A e 1B), così come riassunto nella seguente tabella:

Tipo di deposito	Denominazione delle Unità litotecniche	Litotipi accorpati (cfr. Carta Geolitologica del PUC) e corrispondenze nella Carta Geologica d'Italia CARG
Depositi di copertura	Unità litotecnica dei depositi quaternari (indicata con GC, GP, SM)	<ul style="list-style-type: none"> • Detriti quaternari Dt (distinti in Ds, Dr, Df, DI) di Ortolani (PRG, 1984), oggi distinti in base al CARG in: • Ds, assimilabile ai depositi eluviali b2 del CARG: CGT_MS: SM; • Dr, assimilabile ai depositi di frana antica, già formati, a1b del CARG: CGT_MS: SM; • Df, ascrivibile ai depositi a1a del CARG, cioè depositi di frana in formazione: CGT_MS: SM; • DI, depositi di versante di cui al CARG: a: CGT_MS: GC; • Alluvioni recenti e attuali Al (CARG: b), CGT_MS: GP.
Depositi di substrato	Unità litotecnica del Granulare cementato (indicato con SFGR)	<ul style="list-style-type: none"> • Arenarie cementate delle Unità Irpine Ar (CARG: CVT) • Conglomerati della Serie Pliocenica Cg (CARG: RVM_b) • Sabbie variamente cementate Sb (CARG: RVM_a)
	Unità litotecnica delle Argille marnose e delle Argilliti (indicata con coesivo sovraconsolidato CO)	<ul style="list-style-type: none"> • Argilliti e argilloscisti delle A. Varicolori Av (CARG: AV) • Argille marnose grigiastre e grigio-azzurre Ag (CARG: SAD₂)
	Unità litotecnica dei carbonati (indicata con SFLPS)	<ul style="list-style-type: none"> • Olistoliti di calcare biancastro OI (CARG: cl) • Calcareni e Calciruditi delle Unità Lagonegresi C (CARG: FYR₁)

Tab. 2 – Le Unità litotecniche individuate nel territorio di Teora.

La Carta **CGT_MS** si completa con l'indicazione degli elementi tettonico-strutturali e della traccia della sezione geologica, degli elementi geologici ed idrogeologici, nonché con le forme di instabilità di versante individuate nel territorio comunale e quelle relative a strutture superficiali. Queste ultime, riprendendo quanto già riportato nella cartografia dello Studio geologico per il PUC di Teora, sono state distinte per attività (attive, quiescenti) e come "inattive non definite" e "non definite", come da legenda della Tav. 6 Carta Litotecnica. Sono indicate altresì le aree già perimetrare come PG3 e PG2 dall'Autorità di Bacin o della Puglia (si rimanda alla documentazione disponibile dell'Ente).

Tra le forme di superficie sono state indicati conoidi e falde detritiche, non esistendo nel territorio comunale forme sepolte e cavità sotterranee (Figura 1.1.2-6).

Infine, tra gli elementi idrogeologici suggeriti dagli Standard 4.0 sono stati segnalati i livelli piezometrici delle falde acquifere, attestati prevalentemente in prossimità del Fiume Ofanto. Sono state distinte quattro differenti classi di profondità dagli attuali piani di campagna, riferite ai seguenti intervalli (cfr. Tav. 6).

- 0 - 10 m dal p.c.;
- 10 - 15 m;
- 15 – 20 m;
- > 20 m.

8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)

Nella Carta delle MOPS (Tav. 8 Carta delle MOPS), acronimo che descrive le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, sono state riportate le:

- Zone stabili Suscettibili di amplificazioni locali
- Zone di Attenzione per instabilità, suddivise in:
 - Zone di Attenzione per le Instabilità di versante (FR);
 - Zone di Attenzione per le Liquefazioni (LQ);
- Faglie attive e capaci
- Forme di superficie e sepolte
- Traccia sezione per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche

mentre mancano le indicazioni dei punti di misura del rumore ambientale, per le quali si rimanda alla microzonazione di livello successivo a. Inoltre, le zone di Zone di Attenzione per le Liquefazioni (LQ) e quelle di Attenzione per i Cedimenti Differenziali (CD) sono state accorpate, essendo indistinguibili in campagna, per la presenza di litotipi potenzialmente soggetti ad entrambe le forme di instabilità.

In particolare per il problema della liquefazione, si deve notare che, secondo la ripartizione in Zone sismogenetiche (ZS9) individuate per la Penisola italiana, il Comune di Teora appartiene alla ZS 927, per la quale si prevede una Magnitudo massima $M_{max} = 7.06$.

Altri studi (in particolare, Spallarossa e Barani, 2007) suggeriscono un diverso valore modale di M a seguito della disaggregazione della pericolosità con periodi di ritorno di 475 anni: Teora, infatti, ricade nell'intervallo $M = 6 - 6.5$.

In ogni caso, dalla schematizzazione di Galli, 2000¹ si evince come per il Comune di Teora esista la possibilità teorica di fenomeni liquefativi in funzione della distanza epicentrale. Nel caso esemplare di M_{max} del sisma del 1980 ($M = 6.89$), considerando una distanza dall'epicentro pari a circa 40 km (punto rosso nella parte B della figura 6), si determina la possibile esistenza di liquefazione.

¹ Linee Guida riportate negli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica della Protezione Civile (Parti I e II).

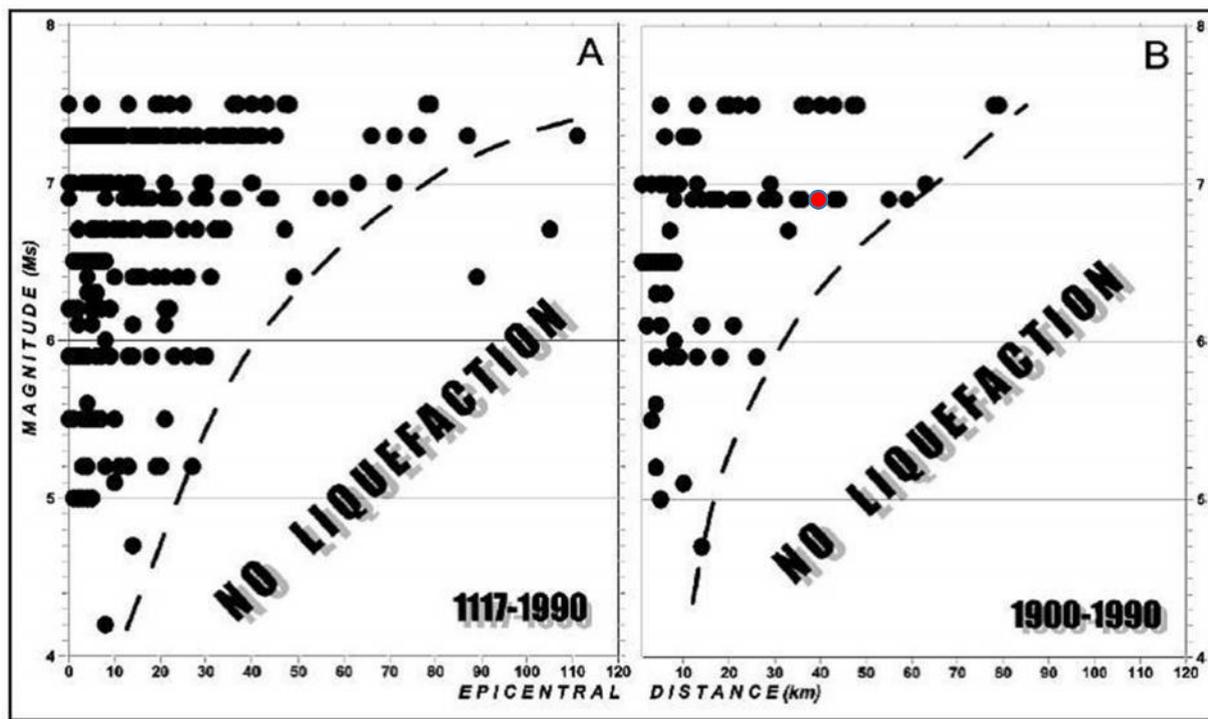


Fig. 11 – Correlazione Mmax e distanza epicentrale per Teora, nel terremoto del 1980 (Galli, 2000).

Le coltri sabbiose e/o sabbioso-limose che interessano una parte limitata del territorio, zona di affioramento dei depositi alluvionali quaternari legati al Fiume Ofanto ed alla rete dei suoi affluenti, non si presentano quasi mai in facies sciolta, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi di acqua. Dagli annali storici, dall'archivio comunale, dalle testimonianze orali nulla è emerso in relazione ai fenomeni liquefattivi, ma lo sviluppo di indagini puntuali dovrà accertare tale eventualità attraverso le opportune verifiche, che in linea di principio non possono essere escluse.

La realizzazione di sondaggi geognostici nell'area della piana (Area P.I.P.), sia per l'urbanizzazione del sito a partire dagli anni Ottanta/Novanta, sia per le indagini relative al P.U.C., ha resa nota la possibilità della presenza di una falda acquifera significativa a quote differenti dal locale piano di campagna, tanto che, nella Carta CGT_MS, è stato necessario differenziare quattro differenti elementi idrogeologici, relativi al livello piezometrico dal p.c.:

- falda acquifera probabilmente collocata tra 0 e 10 m di profondità;
- falda tra 10-15 m dal p.c.;
- falda tra 15-20 m dal p.c.;
- falda oltre i -20 m dal p.c..

Infine, nel territorio di Teora si escludono fenomeni di "crolli di cavità sotterranee/sinkholes" poiché non sussistono gli elementi e le condizioni litostratigrafiche all'origine di questi fenomeni geomorfologici.

Tenendo conto di quanto sinora esposto, nella Carta delle MOPS elaborata per il territorio del Comune di Teora si riporta una ripartizione costituita da due categorie di microzone,

accompagnate anche da colonne litostratigrafiche sintetiche (Standard 4.0, pag. 25), che così si possono descrivere:

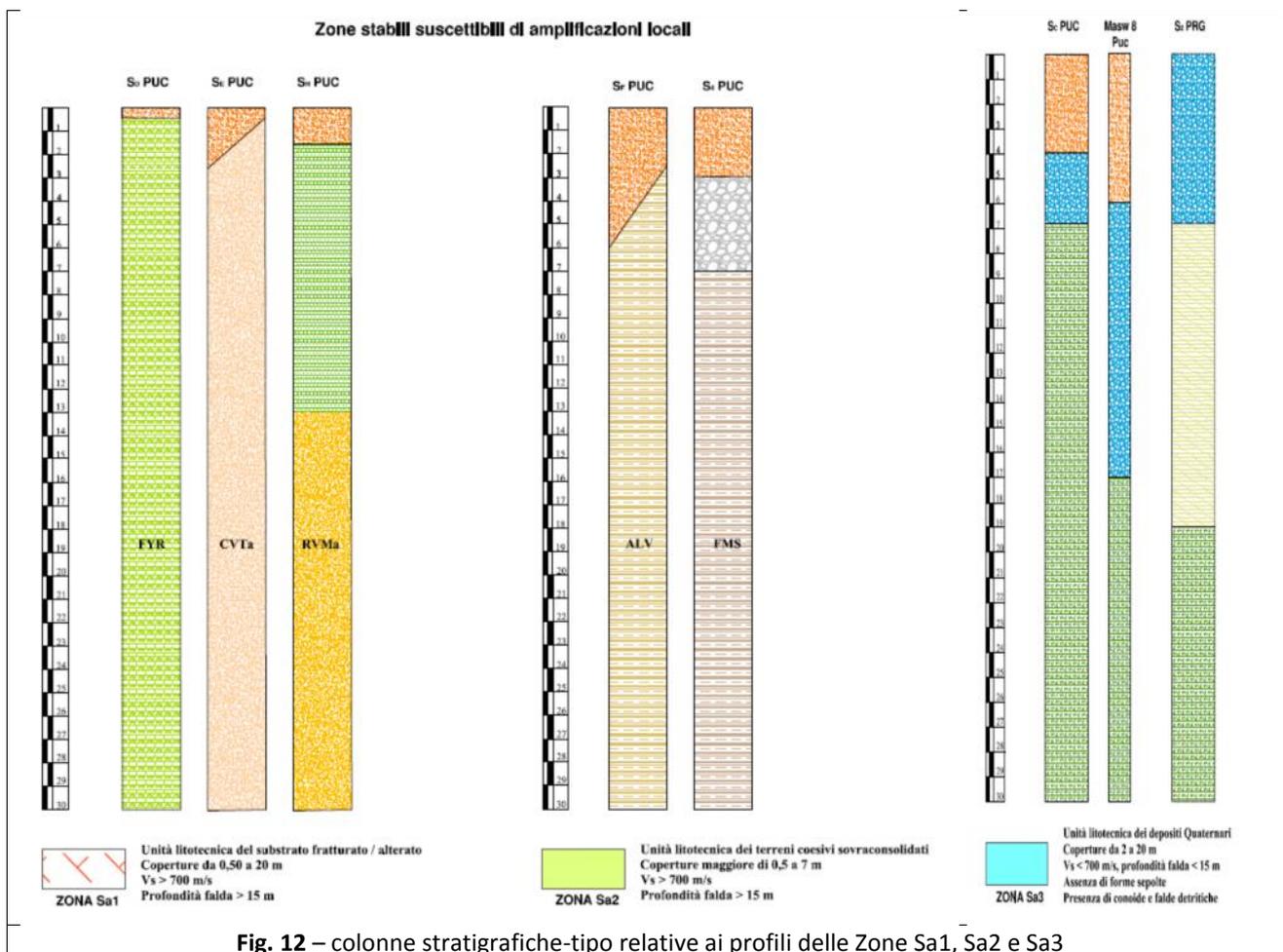
8.3.1 zone stabili

- come già sottolineato in precedenza, non sono state individuate né conseguentemente cartografate;

8.3.2 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- “*nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell’assetto litostratigrafico e morfologico locale*”: per tali zone si dovranno prevedere analisi di livello 2 e 3 in caso di scelte localizzative. Queste zone ascrivono la quasi totalità dei terreni affioranti a Teora e si rinvencono sia nelle zone urbanizzate che in aree boschive o agricole, a basso carico urbanistico. Nella loro individuazione, rifacendosi a quanto cartografato nella CGT_MS, sono state individuate tre sotto-classi (colonne stratigrafiche-tipo sono riportate sulla Carta delle MOPS), così distinte:
 - a. **Sa1:** essa comprende le Unità litotecnica dei carbonati (SFLPS), con Vs del substrato > 700 m/s e coperture in gran parte inferiori ai 3 m, ma disposte su inclinazioni pari o talora superiori ai 15° (categoria topografica **T2**), con fratture e con massi e blocchi disancorati anche superiori al metro di diametro (possibilità di frane da crollo o *tilting*), collocata spesso in zona di cresta. A questa sottoclasse si ascrive anche l’Unità litotecnica del granulare cementato (SFGR), con Vs del substrato > 700 m/s e coperture in gran parte inferiori ai 3 m, ma disposte su inclinazioni pari o talora superiori ai 15° (categoria topografica **T2**). Tale unità può essere suscettibile di amplificazioni locali dovute a particolari effetti di sito, quali la presenza di effetti topografici, ribaltamenti, zone di frattura o di faglia, frane in atto di varia tipologia, risonanza;
 - b. **Sa2:** questa sotto-classe comprende i depositi dell’Unità litotecnica delle argilliti e argille marne grigio-azzurre o coesivo sovraconsolidato (CO), con Vs del substrato > 700 m/s, in genere sovraconsolidato. Presentano coperture spesse da 3 a 6 m, costituite dagli stessi materiali argillitici e/o marnosi prodotti dall’alterazione superficiale o derivanti da *debris flows* o *mud flows*;
 - c. **Sa3:** in questa sotto-classe sono compresi i materiali dell’Unità litotecnica dei depositi quaternari (indicata con GC, GP, SM), con Vs del substrato > 500 m/s e coperture in gran parte superiori ai 6 m su substrato rigido, delle Unità litotecniche precedenti. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati con terrazzi del I ordine, oppure di materiale detritico su versante, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione in situ o selezionato dall’azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi. Completa il quadro la copertura piroclastica quaternaria;

Nella Tav. 8 sono riportate anche delle colonne stratigrafiche tipo, che illustrano i profili delle categorie Sa1, Sa2 e Sa3, come riportato nelle successive figure.



8.3.3 zone stabili suscettibili di instabilità (ZA)

- (ZA, zone di attenzione), nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio per instabilità di versante (segnalazione IFFI e Autorità di Bacino), già distinte nella Carta CGT_MS in frane quiescenti complesse, inattive non definite e non definite. Per queste zone e per i possibili fenomeni di sito si esclude un utilizzo ai fini insediativi e nella realizzazione di opere infrastrutturali, a meno di approfondimenti specifici, valutazioni ed opere necessari a garantire la sicurezza e la durabilità delle costruzioni a livello di progettazione di singoli interventi.
- Nella Carta delle MOPS, seguendo le indicazioni della *Figura 1.1.3-3a Legenda delle Zone di attenzione* degli Standard 4.0, sono state evidenziate le aree affette da possibili (anche se mai segnalati sinora) fenomeni di liquefazione LQ (in legenda, ZA_{LQ}), per le quali - come già evidenziato nella descrizione della Carta CGT_MS – sussistono condizioni predisponenti per le ZA_{LQ} (AGI, 2008) quali:
1. terreni sabbiosi;
 2. falda a profondità inferiore a 15 m;
 3. M_w attesa al sito > 5;
 4. Accelerazioni massime in superficie (PGA) > 0,1 g.

Nella Carta delle MOPS sono altresì cartografate le aree interessate da instabilità di versante FR (in legenda, $Z_{A_{FR}}$).

Per tutti i fenomeni in analisi di dettaglio, si rimanda alla Microzonazione di livello superiore.

8.4 Carta di Microzonazione Sismica (Carta di MS)

Nella Carta di MS (Tav. 9 Carta delle MS) sono riportate:

- La Zona sismica $Z = 1$, che da norme vigenti interessa l'intero territorio comunale di Teora;
- Le Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II NTC_18), che individuano suoli di tipo "B" e di probabile tipo "C", il quale va verificato in situ con apposite indagini di dettaglio;
- Le Categorie topografiche (Tab. 3.2.IV NTC_18), che sono rappresentate per tutto il territorio comunale con tutte le classi previste dalla norma (T1, T2, T3, T4), a varia estensione;
- Le Zone di attenzione per instabilità (ZA), distinte in:
 - ✓ $Z_{A_{FR}}$ (Zona di attenzione per instabilità di versante, nelle quali gli interventi sono subordinati a studi che quantifichino il massimo spostamento (FRT per le frane in terra e FRR per le frane in roccia), dove presenti;
 - ✓ $Z_{A_{LQ}}$ (Zona di attenzione per liquefazioni nelle quali gli interventi sono subordinati a studi che definiscono l'Indice del Potenziale di liquefazione medio (IL) come definito da Sonmez, 2003).

8.5 Commenti finali e criticità

La situazione geologica s.l. generale appare ben definita in linea generale. Per gli ulteriori approfondimenti richiesti dai livelli di Microzonazione Sismica successiva, si consiglia di infittire la maglia delle prove geognostiche e sismiche in alcune aree del territorio comunale, soprattutto ove siano previsti interventi di futura urbanizzazione.

9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

I settori del territorio comunale che hanno storicamente riportati più danni sono ben definiti sia riguardo alla delimitazione, sia in termini di interpretazione dei fenomeni occorsi.

Per quanto attiene ai dissesti di tipo idrogeologico, il possibile innesco è principalmente dovuto all'azione delle acque ruscellanti e di infiltrazione, con effetti indotti sul territorio a carico dei versanti e della rete idrografica minore. La risposta in termini di smaltimento delle acque piovane e di stabilità delle litologie si traduce nella individuazione di aree critiche, segnalate opportunamente nella Carta della Stabilità, redatta tenendo conto delle indicazioni del PAI e del catalogo IFFI, nonché dei rilievi sul terreno. Alcune zone del territorio comunale sembrano essere maggiormente affette da queste tipologie di dissesto, mentre la gran parte degli areali manifestano condizioni di stabilità da media a medio-alta.

Per quanto attiene al rischio idraulico, esso appare confinato agli immediati dintorni dell'asta di deflusso principale, il Fiume Ofanto, con effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli idrometrici critici (possibili eventi di esondazione, quantunque rari).

Infine, riguardo al rischio sismico, va sottolineato ancora una volta che il territorio comunale può essere soggetto a forti danni, come dimostra la sismologia storica. In area rurale, inoltre, danni da dissesto sismo-indotto non possono essere esclusi.

Per l'area urbana, i dati storici dimostrano quanto pericolosità e vulnerabilità abbiano inciso in maniera profonda sui danni registrati, che spesso hanno raggiunto un livello di tale parossismo da rasentare la distruzione quasi completa dei beni antropici e dei manufatti ed esponendo in tal modo le vite umane ad un rischio difficilmente tollerabile.

Quanto accaduto all'indomani del sisma del 1980 è drammatica testimonianza di quanto pericolosità, vulnerabilità ed esposizione abbiano determinato le condizioni di rischio che hanno condotto ad una tragedia epocale.



Fig. 13 – I danni registrati nel centro storico all'indomani del sisma del 1980.

Ridurre il rischio, anche alla luce di quanto già purtroppo avvenuto, è la principale motivazione della progettazione, che poggia su una adeguata conoscenza della storia sismica, della geologia e della geomorfologia del territorio, della risposta sismica locale, fattori che concorrono all'adozione di criteri antisismici per la salvaguardia delle vite umane e dei beni materiali.

A tal fine, il quadro conoscitivo che emerge dagli studi di microzonazione concorre ad una corretta pianificazione territoriale, anche nell'ottica della mitigazione dei rischi.

Il Geologo
Dott. Rocco Rafaniello

10. Bibliografia/Sitografia

- CTMS (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015), *Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*, Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015).
- Protezione Civile (2008), *Indirizzi e ricerche per la Microzonazione sismica*, Parte III.
- https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/
- <http://www.protezionecivile.gov.it>
- <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

11. Allegati

- Tav. 1: Carta Geolitologica
- Tav. 2: Sezioni Geologiche
- Tav. 3: Carta Idrogeologica
- Tav. 4: Carta delle Acclività
- Tav. 5: Carta della Stabilità
- Tav. 6: Carta delle Indagini e della Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)
- Tav. 7: Sezioni Litotecniche
- Tav. 8: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)
- Tav. 9: Carta della Microzonazione sismica
- Tav. 10: Carta dei vincoli