

COGEO

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA
FLAVIO CASTIGLIONI - MARIO LUCINI
GEOLOGI

P. Iva 01550910135

C_E172 - - 1 - 2024-04-11 - 0001313

ACHLER M.D. - GALLI M.G. - GALLI P.- ZANOTTA L.

**Realizzazione di due nuovi edifici
in Comune di Griante (P.A. AT4- Brughee)**

**RELAZIONE GEOLOGICA
ai sensi della DGR 2616/2011 (R3)**

febbraio 2024

1 - PREMESSA

In conformità all'incarico conferito dalle Committenti, si è proceduto all'esame delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area di proprietà in **Comune di Griante**, ricompresa entro il **Piano Attuativo AT4 Brughee** ed interessata dal progetto di **realizzazione di due nuovi edifici**.

Per la definizione del profilo verticale delle onde di taglio sino alla profondità di 30 m dal piano campagna (V_s, eq), utile alla caratterizzazione del tipo di suolo secondo le normative tecniche nazionali, in data 07/11/2023 è stata eseguita un'**indagine sismica passiva (HVSR)**.

È stata altresì valutata la compatibilità dell'intervento in progetto con le prescrizioni della **Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del Comune di Griante**, che ha inserito il comparto oggetto d'intervento parte in **classe 2** e parte in **classe 3** di fattibilità geologica.

L'illustrazione delle modalità di esecuzione dell'indagine e dei risultati della stessa forma l'oggetto della presente relazione, **redatta della DGR 2616/2011 (R3)**.

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'interesse si ubica nel settore meridionale del Comune di Griante, in prossimità del confine con il territorio comunale di Tremezzina, a quote comprese tra 345 e 350 m sul livello del mare (**Tav. 1**).

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal **punto di vista geologico (Tav. 2)**, l'ossatura del rilievo è costituita da litotipi della serie mesozoica, che si succedono, con giacitura a reggi-poggio, dai più antichi ai più recenti, salendo dal lago verso monte.

Alle dolomie massicce grigie, in facies di piattaforma carbonatica, di età norica (**Dolomia Principale**), che costituiscono il "bastione" del Sasso San Martino ed il promontorio di Lavedo, seguono infatti le unità retiche, legate ad ambienti deposizionali lagunari e neritici di bassa energia. Queste formazioni, visibili lungo l'alveo del Torrente Perlana, sono costituite da marne ed argilliti nere in strati laminati, passanti superiormente a calcari marnosi grigio scuri, ben stratificati (**Argillite di Riva di Solto e Calcarea di Zu**).

Più a monte, affiorano litotipi calcarei e calcareo-dolomitici grigio chiari, stratificati in banchi di spessore variabile (**Dolomia a Conchodon**), formati in ambienti litorali e sublitorali a circolazione normale ed ascrivibili al Retico superiore.

A quote ancora più elevate, si entra infine nell'ampia fascia di affioramento del **Calcarea di Moltrasio**; questa unità di età liassica (Sinemuriano-Pliensbachiano) è legata ad un ambiente di sedimentazione pelagico, di mare profondo con fondale calmo, ed è costituita da calcari marnosi grigi, leggermente bituminosi, ben stratificati, con sottili interstrati marnosi e frequenti noduli e liste di selce bruna.

Le caratteristiche litologiche delle formazioni sin qui descritte esercitano uno stretto controllo anche sull'**assetto geomorfologico** dell'area indagata.

L'elevata compattezza delle dolomie noriche e dei calcari dolomitici del Retico superiore, rispetto alla relativa erodibilità degli altri litotipi, fa infatti sì che le prime formano i dossi del San Martino e di Lavedo, nettamente stagliati sul contesto circostante, e che i secondi costituiscano la parete subverticale che si snoda sul medio versante (a monte dell'Acquafredda), chiaramente distinguibile anche a grande distanza.

Nel medio versante, il substrato roccioso risulta occultato da estesi lembi, spesso di spessore significativo, di **depositi glaciali tardo wurmiani**, costituiti da sabbie e limi inglobanti ciottoli e blocchi eterometrici di prevalente natura cristallina. Il comparto di interesse, in particolare, si situa al margine meridionale della struttura deposizionale rappresentata dal **conoide alluvionale del Torrente dei Ronconi**. Tale struttura, formatasi in corrispondenza dello sbocco a lago dell'omonimo corso d'acqua, risulta costituita da una potente successione di sedimenti di prevalente natura ghiaioso-sabbiosa.

Dal punto di vista **strutturale**, l'area studiata si inserisce nell'ambito della vasta placca di rocce mesozoiche, relativamente poco dislocate, che si estende tra il Lago di Lugano ed il ramo lecchese del Lario ed è delimitata a Nord dalla Linea della Grona e a Sud dalla flessura peripadana. Questo blocco, abbastanza unitario e costituito in larga prevalenza dal già citato Calcere di Moltrasio, è caratterizzato da una struttura a pieghe e pieghe-faglie, con assi ad andamento prevalente Est-Ovest e limitati sovrascorrimenti verso Sud. Il settore esaminato, in particolare, si colloca sul fianco settentrionale dell'**Anticlinale di Ossuccio**, il cui nucleo è individuabile in corrispondenza dell'affioramento di dolomia norica della penisola di Lavedo. Le formazioni rocciose affioranti nella zona presentano una generale immersione verso Nord, con inclinazioni comprese tra 35° e 45°.

4 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista **idrogeologico**, il territorio del Comune di Griante può essere suddiviso in due settori nettamente distinti: l'**area montuosa**, occupata essenzialmente da terreni **a porosità fissurale** e l'**area pedemontana/ costiera**, occupata da terreni **a porosità interstiziale**.

Nel **settore montano**, considerato come del tutto trascurabile il ruolo svolto dalle sottili coltri eluviali e glaciali, le modalità di circolazione idrica sotterranea sono determinate essenzialmente dalla distribuzione e dalle caratteristiche delle discontinuità (fratture, piani di strato), che possono conferire al substrato roccioso, di per sé contraddistinto da una permeabilità primaria molto bassa, una permeabilità secondaria da buona ad elevata. Considerata la netta prevalenza nella zona di litotipi di natura calcareo-dolomitica, un altro importante elemento da considerare è l'azione erosiva e corrosiva esercitata dall'acqua stessa.

I fenomeni di dissoluzione, condizionati dalla concentrazione di CO₂ e dal pH dell'acqua, si manifestano infatti con maggiore intensità proprio in corrispondenza dei piani di discontinuità, allargando sensibilmente i vuoti e portando alla formazione di un sistema carsico all'interno dei massicci carbonatici.

In funzione di tali parametri, agli affioramenti di Dolomia a Conchodon e soprattutto di **Dolomia Principale** in facies di piattaforma sono attribuibili condizioni di **permeabilità molto elevata** (10 - 10E-2 cm/s), tali da configurare un ruolo fortemente assorbente per le zone di affioramento di tali formazioni, dove risulta nettamente favorita la rapida infiltrazione delle acque in profondità, secondo traiettorie subverticali.

Caratteristiche di **permeabilità da buona ad elevata** (10E-1 - 10E-3 cm/s) si registrano anche nei settori di affioramento del **Calcere di Moltrasio**, dove continua ad essere privilegiata l'infiltrazione nel sottosuolo (secondo traiettorie a gradini), pur verificandosi localmente le condizioni per emergenze idriche in grado di alimentare il reticolato idrografico superficiale.

Più limitata appare la circolazione idrica all'interno degli ammassi rocciosi in corrispondenza degli affioramenti di **Calcere di Zu**, che, in ragione della frequente presenza di interstrati marnoso-argillosi, presentano caratteristiche di **permeabilità medio-bassa** (10E-4 - 10E-6 cm/s).

Nel **settore pedemontano**, i terreni a porosità interstiziale presenti sono rappresentati prevalentemente da **coltri moreniche** che, in ragione della loro natura litologica (ghiaia e ciottoli in sabbie e limi), sono caratterizzati da una **permeabilità primaria discreta** (10⁻⁴-10⁻⁵ cm/s). Ospitano localmente risorse idriche perlopiù alimentate dall'infiltrazione meteorica e da afflussi da monte connessi allo sbocco di circuiti carsici. La limitata estensione dei bacini di alimentazione fa peraltro sì che le emergenze sorgentizie esistenti siano contraddistinte da portate assai esigue (<0.1 l/s) e da un regime irregolare, condizionato dalla pluviometria.

La **fascia costiera**, in particolare in corrispondenza dai depositi sciolti dei **conoidi alluvionali** (ghiaie e sabbie prevalenti), è caratterizzata da una **permeabilità primaria da buona ad elevata** (10-10⁻² cm/s).

Limitatamente a tali settori è individuabile una **falda idrica**, il cui livello piezometrico è inevitabilmente correlato a quello del lago, che ne costituisce la principale fonte di alimentazione; probabili, pur se quantitativamente subordinati, appaiono anche gli afflussi da monte, connessi allo sbocco di circuiti carsici. La totale assenza di dati disponibili non consente, allo stato, di ricostruire la morfologia di tale superficie piezometrica nell'intorno del sito in esame.

5 - STATO DEI LUOGHI ED INTERVENTO IN PROGETTO

L'area d'interesse si situa a sud ovest del nucleo storico di Griante ed è rappresentata da una porzione di dosso allungato in direzione nordnorddest-sudsudovest (**Tav. 3**).

Al suo interno e nell'immediato intorno non si rilevano dissesti in atto né evidenze di fenomeni di instabilità a carico delle coltri di copertura.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di due fabbricati residenziali a copertura piana disposti su un massimo di tre livelli comprensivi di un piano interrato entrambi dotati di piscina pertinenziale (**Tav. 4**).

6 - ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

In base alla classificazione attualmente vigente in Regione Lombardia, il territorio comunale di Griante è inserito in Zona Sismica 4.

Per quanto riguarda la **pericolosità sismica locale (PSL)**, nell'ambito della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale, l'area d'interesse è stata ascritta allo **scenario Z4c** - "*Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi*".

6.1 - Indagine sismica passiva HVSR

Allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica delle opere, in data 07/11/2023 si è proceduto all'esecuzione di un'indagine sismica passiva HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*) mediante l'utilizzo di un tromografo digitale, un sismometro a stazione singola in grado di registrare il rumore di fondo ambientale (microtremori), ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche (traffico veicolare, produzione industriale, ecc.) che naturali

(vento, pioggia, modo ondoso, ecc.), lungo le direzioni orizzontali (X, Y) e verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per un tempo volutamente lungo (10-20 min).

Con questa tecnica viene valutato, in particolare, il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (**H/V**) ed analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (**f**) di questa vibrazione. Sapendo che, in generale, esiste una relazione semplice fra **f**, lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media delle onde simiche di taglio nel sottosuolo (**V_s**), attraverso le misure HVSR è possibile risalire alle discontinuità sismiche che sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che al contatto copertura-bedrock.

Per la determinazione delle **V_s** e per una corretta caratterizzazione (dal punto di vista geofisico) dei litotipi presenti e del substrato roccioso, si è proceduto all'interpretazione delle curve H/V sintetiche create con il codice di calcolo *Grilla*, basato sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli, secondo la teoria descritta in *AKI* (1964), *Ben-Menahem e Singh* (1981).

Si evidenzia come, per una corretta determinazione delle **V_s**, sia necessario conoscere, anche in maniera indicativa, la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V, in questo caso desunta dalle prove Scpt eseguite in contemporanea.

Per il sito in esame, i risultati evidenziano un valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (**V_{s,30}**), necessario per l'identificazione della categoria di sottosuolo ai sensi del *DM 17/01/2018* (NTC), pari a **580 m/s**.

6.2 - Parametri caratteristici del sito

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" (pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08/05/2003, Supplemento ordinario n. 72), vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale. L'Ordinanza è in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23/10/2005; di tale nuova classificazione, la Regione Lombardia ha preso atto con D.G.R. n. 14964 del 07/11/2003, successivamente aggiornata

dalla D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014, anche a seguito della nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006.

Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 22 marzo 2018 è in vigore il D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni”, che sostituisce il precedente D.M. 14/01/2008.

Con riferimento ai succitati disposti normativi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, nella tabella che segue si specificano i parametri caratteristici del sito (**Coord. WGS84: lat. 45.993849 long. 9.229361**) cui – ai sensi del punto 3.2.2. delle NTC – sulla scorta della misura effettuata è possibile attribuire una **categoria di sottosuolo B** e, a seguito dell'analisi morfologica condotta su base topografica in scala 1:2000, una **categoria topografica T1**.

| | |
|-------------------------|----------|
| Zona sismica | 4 |
| Tipo di costruzione | 2 |
| Classe d'uso | II |
| Vita nominale | 50 anni |
| Coefficiente Cu | 1 |
| Periodo di riferimento | 50 anni |
| SLV | |
| Probabilità superamento | 10% |
| Tr | 475 anni |
| ag | 0.041 g |
| Fo | 2.667 |
| Tc* | 0.280 |
| Ss | 1.200 |
| Cc | 1.420 |
| St | 1.000 |
| Kh | 0.010 |
| Kv | 0.005 |
| Amax | 0.483 |
| Beta | 0.200 |

7 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini esperite hanno consentito di accertare le buone condizioni di stabilità dell'area in esame, che non risulta attualmente soggetta a particolari rischi di carattere geologico.

In considerazione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito, oltre che del suo assetto morfologico, si reputa che l'intervento edificatorio in progetto, non sia destinato ad influire negativamente sulle condizioni di stabilità globale del suo intorno né ad introdurre modificazioni di rilievo al regime delle acque superficiali e profonde.

Sulla base di quanto sin qui esposto, si attesta la compatibilità dell'intervento in progetto con le risultanze della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del Comune di Griante, che ha inserito l'area d'interesse parte in classe 2 e parte in classe 3 di fattibilità geologica (Tav. 5).



A handwritten signature in black ink is written over a blue circular stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA", "CASTIGLIONI", "FLAVIO", and "526".



Committenti

ACHLER M.D.- GALLI M.G.- GALLI P.- ZANOTTA L.

Oggetto

Realizzazione di due nuovi edifici
in Comune di Griante (P.A. AT4 - Brughee)

Titolo

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
(Carta Tecnica Regione Lombardia - Sezione B4C1)

 Area d'interesse

Tavola

1

Scala
1:10000



Committenti

ACHLER M.D.- GALLI M.G.- GALLI P.- ZANOTTA L.

Oggetto

Realizzazione di due nuovi edifici
in Comune di Griante (P.A. AT4 - Brughee)

Titolo

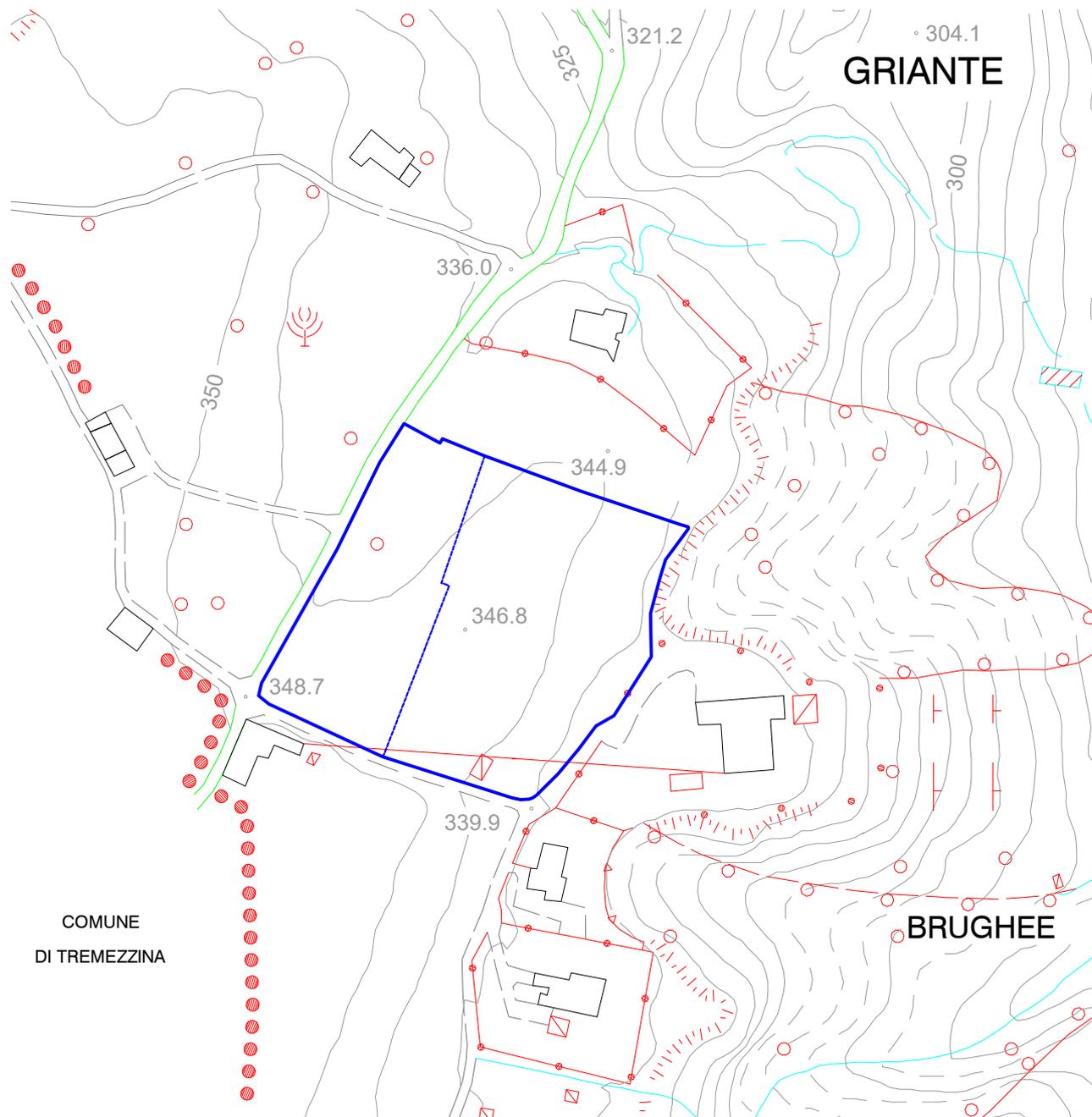
CARTA GEOLOGICA
(Carta Tecnica Regione Lombardia - Sezione B4C1)

 Area d'interesse

Tavola

2

Scala
1:10000



Committenti

ACHLER M.D.- GALLI M.G.- GALLI P.- ZANOTTA L.

Oggetto

Realizzazione di due nuovi edifici
in Comune di Griante (P.A. AT4 - Brughee)

Titolo

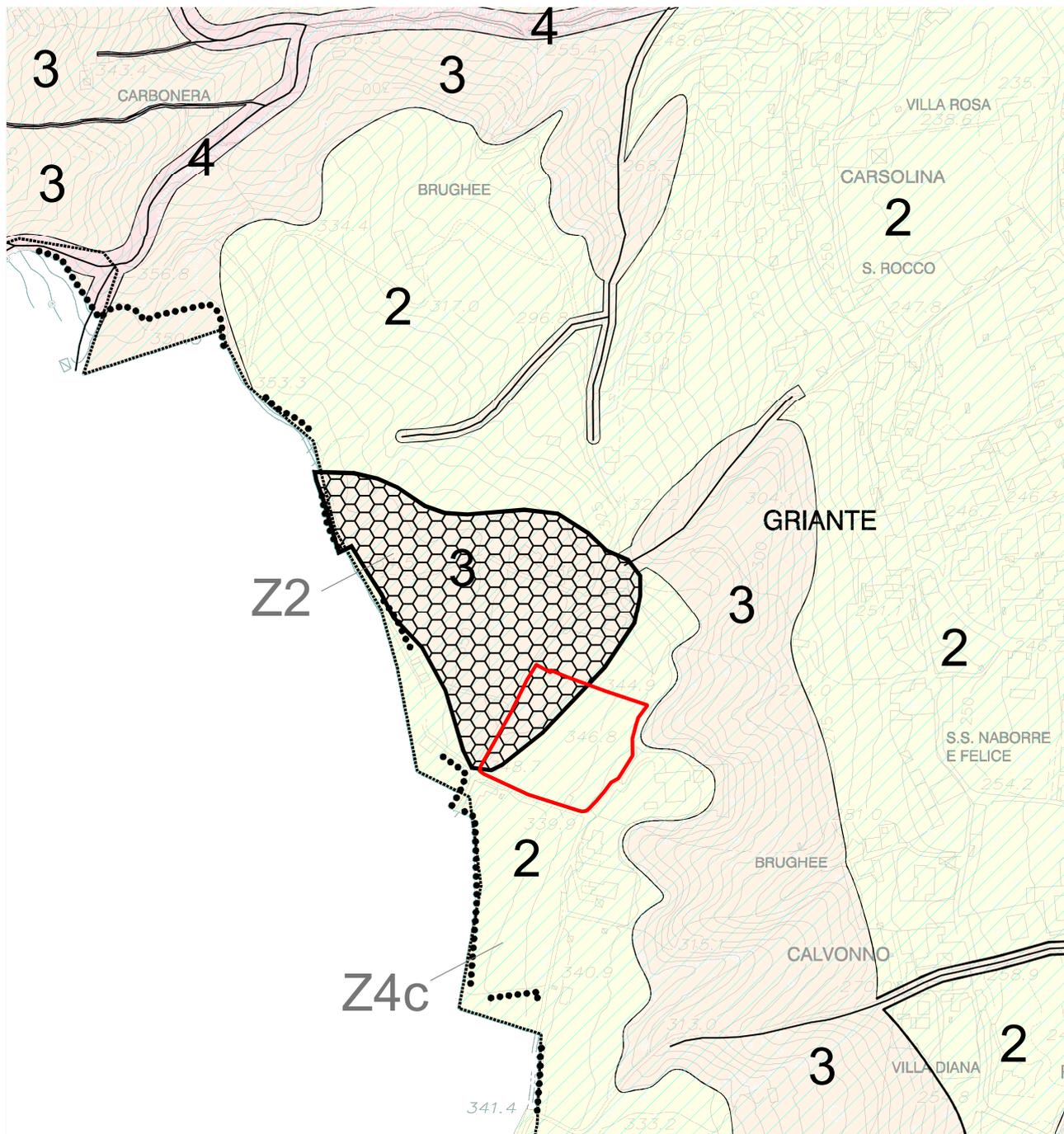
INQUADRAMENTO TERRITORIALE
(Ril. aerofotogrammetrico comunale)

— Perimetro dell'area d'interesse

Tavola

3

Scala
1:2000



Committenti

ACHLER M.D.- GALLI M.G.- GALLI P.- ZANOTTA L.

Oggetto

Realizzazione di due nuovi edifici
in Comune di Griante (P.A. AT4 - Brughee)

Titolo

FATTIBILITA' GEOLOGICA
(Componente geologica del PGT)

— Perimetro dell'area d'interesse

Tavola

5

Scala
1:5000