

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	1
2.1.	<u>Riferimenti geografici</u>	1
2.2.	<u>Cenni geomorfologici</u>	2
2.3.	<u>Litologia e caratteristiche di permeabilità</u>	2
2.4.	<u>Cenni idrografici ed idrogeologici</u>	3
3.	CONDIZIONI DI STABILITÀ E DISSESTI	3
4.	SISMICITÀ DELL'AREA	4
5.	ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI	5
5.1.	<u>Elementi di progetto</u>	5
5.2.	<u>Scavi e riporti</u>	5
5.3.	<u>Opere di fondazione e di sostegno</u>	6
6.	CONCLUSIONI	7

ALLEGATI:

- 1) Inquadramento topografico - scala 1:10.000
- 2) Estratto CTR con P.A.I. – scala 1:5.000
- 3) Carta geologica - scala 1:1.000
- 4) Sezioni geologiche - scala 1:250
- 5) Foglio di calcolo stima capacità portante
- 6) Documentazione fotografica

1. **PREMESSA**

Questo studio, redatto su incarico dell'Amministrazione Comunale di Erto e Casso (PN), prende in esame gli aspetti geologici e geotecnici riguardanti il progetto definitivo - esecutivo, affidato al dott. arch. Oscar De Bona, dei lavori di "*Costruzione strada di collegamento tra l'abitato di Casso ed il cimitero*", come previsto e nel rispetto del Decreto Ministeriale LL.PP. 11/3/1988 e succ. Circolari 24/9/1988, n° 30483 e 9/1/1996, n° 218/24/3 (*Norme tecniche ed istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*).

Lungo il versante oggetto di questo intervento è stata condotta un'indagine geologica di dettaglio, con il rilievo della natura dei terreni affioranti e la valutazione dei caratteri morfologici ed idrogeologici.

In occasione del sopralluogo è stata ripresa l'allegata documentazione fotografica.

Per la presenza di diffusi affioramenti, sia rocciosi che di depositi di copertura, non si è proceduto ad una specifica indagine geognostica, riservando comunque ulteriori verifiche ed accertamenti in sede esecutiva.

Si è inoltre fatto riferimento alla cartografia riguardante il Comune di Erto e Casso del PAI - Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Piave, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico con delibera n° 1 del 03/3/2004 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 236 del 07/10/2004).

Di seguito vengono illustrati i lineamenti geologici generali del pendio attraversato dalla nuova viabilità ed i principali aspetti geologico-tecnici relativi alla realizzazione dei lavori in progetto.

2. **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

2.1. Riferimenti geografici

L'area in esame è situata sulla sinistra orografica della Valle del Torrente Vajont, a monte della S.S. n° 251 (Cfr. Inquadramento topografico - All. n° 1).

2.2. Cenni geomorfologici

La strada in progetto si sviluppa, per circa 420 m, lungo un versante esposto a meridione immediatamente a valle dell'abitato di Casso, all'incirca da quota 925 m s.l.m. sino a quota 975 m s.l.m. (cfr. All. n° 2 e 3).

In particolare la nuova strada per il cimitero si diparte dalla viabilità esistente, che porta al fabbricato "ex scuole" (cfr. Foto n° 1, 2 e 3; Sezione geologica A), per passare a "mezza-costa", tra quest'edificio ed il limite inferiore del paese (cfr. Foto n° 4 e 5; Sezioni geologiche B e C).

Successivamente il tracciato risale, con 4 "tornanti" un pendio debolmente inclinato ad est, sino al margine occidentale dell'abitato di Casso (cfr. Foto n° 6, 7 e 8; Sezioni geologiche D e E).

Da qui il percorso della strada segue a "mezza-costa" un sentiero esistente sino al cimitero (cfr. Foto n° 9 e 10; Sezioni geologiche F e G), dove termina con una rotonda in una zona quasi pianeggiante (cfr. Foto n° 11 e 12; Sezione geologica H).

2.3. Litologia e caratteristiche di permeabilità

Come accennato ed indicato nella Carta geologica (All. n° 3), lungo i pendii attraversati dal percorso della nuova strada sono presenti sia terreni di copertura che le rocce del substrato, di seguito descritti anche in relazione ai diversi tratti della stessa viabilità in progetto:

- a) *Ghiaie, ciottoli e blocchi, spigolosi, con sabbia limosa.* Si tratta di depositi detritici di versante, costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi spigolosi con scarsa frazione fine limoso-sabbiosa: Con buone caratteristiche meccaniche ed un grado di permeabilità in genere medio-elevato, si trovano principalmente nei tratti iniziale e finale della nuova strada.
- b) *Ghiaie, ciottoli e blocchi anche di grandi dimensioni, spigolosi, con poca sabbia limosa.* Costituiscono l'accumulo della frana storica caduta nel 1672 dal Monte Salta, sopra l'abitato di Casso. Questi materiali, piuttosto grossolani e con alto grado di permeabilità, sono solo lambiti all'inizio dei lavori in progetto.
- c) *Ghiaie, ciottoli e blocchi più o meno arrotondati, con limo sabbioso a volte argilloso.* Si tratta di un lembo di origine glaciale o comunque fluvioglaciale antica che forma il dosso, delimitato a sud da una scarpata morfologica, lungo cui sale, con i citati tornanti, il tratto centrale della nuova strada.

- d) *Marne calcaree e marne argillose rossastre fittamente stratificate*. Riferibili alla *Formazione della "Scaglia Rossa"* (Cretacico Superiore- Paleocene Inferiore), formano il substrato roccioso dell'abitato di Casso, dove affiorano frequentemente con giacitura in genere con immersione ad est. Poco permeabili per fessurazione e caratterizzate da un grado di suddivisione generalmente medio-elevato, con locali fasce a fratturazione intensa per disturbi tettonici, possono essere incontrate, con gli scavi in progetto, nei tratti iniziale e finale della nuova viabilità.
- e) Calcari marnosi e calcari micritici nodulari, selciferi, grigio-rossastri, fittamente stratificati. Affiorano a valle dell'area in esame, dove formano le scarpate rocciose utilizzate per l'arrampicata sportiva. Mediamente permeabili per fessurazione, sono riferibili alle Formazioni del "*Calcere di Soccher*", del "*Rosso Ammonitico*" e di "*Fonzaso*" (Cretacico Inf. - Giurassico Sup.).

Nei profili geologici (All. n° 4), che riprendono alcune sezioni di progetto significative, è stata stimata, a grandi linee, la distribuzione e lo spessore dei diversi depositi di copertura rispetto alle rocce del substrato.

2.4. Cenni idrografici ed idrogeologici

Nell'ambito della zona considerata, la rete idrografica superficiale è costituita da alcuni impluvi e linee di deflusso superficiale che scendono dal pendio a monte dell'abitato di Casso, che presentano delle portate significative solo in occasione di piogge intense, per l'elevata permeabilità dei terreni presenti che favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche.

I lavori in progetto non intersecano queste linee di deflusso, se non a nord-ovest dell'ultimo tornante dove scende un piccolo impluvio che, in corrispondenza della nuova viabilità, si disperde nel sottosuolo.

3. **CONDIZIONI DI STABILITÀ E DISSESTI**

Il percorso della nuova strada attraversa un versante sostanzialmente stabile, senza particolari indizi di fenomeni franosi od erosivi.

A livello storico si ricorda la citata frana caduta nel 1672 dal Monte Salta, di cui si riconosce sia la zona di distacco che l'accumulo (stimato in circa un milione di metri cubi), costituito da grossi blocchi, suddiviso in due lobi, con quello occidentale che lambisce la parte orientale del paese di Casso ed oggetto di un'attività estrattiva proposta come intervento di salvaguardia

del-l'abitato, con programma di escavazione in fase di aggiornamento.

Oltre all'attività estrattiva, sono state eseguite, a protezione dell'abitato, due opere di difesa (valli), nella zona a nord del paese, all'incirca a quota 1000 m s.l.m., per mitigare il pericolo di caduta massi dalla pendice rocciosa soprastante.

Possono essere anche soggette a distacchi di massi le pendici rocciose a valle del paese, aspetto comunque comune a queste zone di montagna.

Queste situazioni di rischio sono state individuate nella *Carta della pericolosità e del rischio idrogeologico* riguardante il Comune di Erto e Casso allegata al PAI (*Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del Bacino del Piave*), che comprende buona parte dell'abitato di Casso tra le *aree a pericolosità elevata – P3*, compreso quindi il tratto centrale e finale della strada in esame (cfr. All. n° 2).

4. **SISMICITÀ DELL'AREA**

Come noto, il territorio del Comune di Erto e Casso risulta classificato sismico dal 15/09/1976, a seguito dell'evento tellurico che sconvolse il Friuli, con grado di sismicità $S = 9$.

Con Ordinanza n. 3274 del 20.03.2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*) lo stesso Comune (già inserito, con Ordinanza n. 2788 del 12.06.1998 del Dipartimento della Protezione Civile tra le zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale, con un indice di rischio pari a 0,2757, con intensità massima osservata 8° grado della scala MCS) è stato nuovamente confermato in zona 2, a cui corrisponde sempre un grado di sismicità $S = 9$.
Per la granulometria piuttosto grossolana e grado di addensamento dei depositi di copertura presenti nell'area in esame, si escludono fenomeni di liquefazione negli stessi terreni in occasione di eventi sismici.

Sempre in riferimento all'Ordinanza n. 3274/2003 (*Allegato 2, Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici e Allegato 4, Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*), il suolo di fondazione, così come definito al punto 3.1 dell'All. n° 2, può essere inserito nella categoria **C** (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate*).

5. ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI

5.1. Elementi di progetto

Il progetto in esame prevede la realizzazione di una strada della larghezza utile di circa 4,0 m, prevalentemente attraverso lavori di sbancamento e di riporto, con la costruzione di muri di sostegno in c.a. di altezza sino a circa 3,5 - 4,0 m fuori terra.

É inoltre in programma la realizzazione di alcuni parcheggi a lato della nuova viabilità, per complessivi 35 posti auto, oltre alle opere di regimazione delle acque superficiali con relative opere di fognatura.

Di questo progetto si riportano (a scala ridotta rispetto agli originali) la planimetria, inserita nell'All. n° 3 ed alcune sezioni rappresentative, riprese nell'All. n° 4.

5.2. Scavi e riporti

Per i lavori di scavo è sufficiente un normale escavatore, salvo la necessità di ricorrere ad un mezzo meccanico munito di martello demolitore per i possibili blocchi di dimensioni maggiori ed in presenza delle rocce del substrato.

In ogni caso si dovrà impiegare, nelle zone a maggiore pendenza, mezzi adeguati, oltre che prestare sempre la dovuta attenzione alla sicurezza delle maestranze, anche delle aree sottostanti, provvedendo alla realizzazione di opere di difesa provvisoria per evitare la caduta di massi.

Per garantire la stabilità delle scarpate di riporto è necessario contenere la loro pendenza a valori inferiori a 33° - 35° di inclinazione o, altrimenti, prevedere interventi di consolidamento al piede, ad esempio con la realizzazione di scogliere in massi lapidei utilizzando i blocchi di dimensioni maggiori.

Anche i fronti di scavo definitivi non devono superare inclinazioni simili in presenza di terreni di copertura e di 45° - 50° se interessano le rocce del substrato, oppure essere consolidati e protetti, ad esempio con la posa in opera di geostuoie contenute da reti metalliche ancorate con chiodi.

In ogni modo è necessario realizzare i rilevati in strati di circa 0,50 m di spessore e di compattarli adeguatamente, oltre a provvedere con rapidità al rinverdimento delle rispettive scarpate e dei fronti di scavo per evitare feno-

meni erosivi superficiali.

5.3. Opere di fondazione e di sostegno

Si prevede che le fondazioni dei muri di sostegno andranno ad interessare principalmente i depositi di copertura grossolani ed in minor misura le rocce del substrato (cfr. Sezioni geologiche – All. n° 4).

Per gli stessi terreni di copertura, costituiti essenzialmente da *ghiaie e ciottoli con sabbia limosa*, si possono valutare i seguenti parametri di resistenza al taglio, in termini di pressioni effettive, al fine delle verifiche previste dalla citata normativa (D.M. 11.03.1988):

- angolo d'attrito interno ϕ' = $37^\circ \div 38^\circ$
- coesione c' = 0 kPa
- peso di volume γ = $19 \div 20 \text{ kN/m}^3$

Con tali parametri, (in ogni caso da verificare direttamente in sede di esecuzione dei lavori) è possibile una prima valutazione della pressione massima ammissibile “ q_a ” attraverso la relazione generale di *Brinch – Hansen*, che tiene conto dei coefficienti riduttivi dovuti all'eccentricità e inclinazione dei carichi:

$$q_a = \frac{1}{G} \times \left\{ i_q \left[g \times D \times N_q \right] + i_g \left[g \times \frac{1}{2} B' \times N_g \right] + i_c \left[c' \times N_c \right] \right\}$$

dove, oltre ai parametri già descritti, G indica il coefficiente di sicurezza, pari a 2 secondo la citata normativa geotecnica per le opere di sostegno (punto D.4.4.), B' la larghezza della fondazione ridotta rispetto a quella reale di una quantità pari al doppio dell'eccentricità del carico ($B' = B - 2e$), D l'altezza della fondazione, N_q , N_c e N_γ fattori di capacità portante variabile in funzione dell'angolo d'attrito.

I coefficienti di correzione per l'inclinazione α del carico possono essere calcolati con le relazioni di *Prandtl - Vesic*:

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{2a}{p} \right)^2 \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi} \right)^2$$

Ad esempio, con una trave di fondazione di larghezza $B = 1,50 \text{ m}$ (valore medio di progetto) ad una profondità di $0,50 \text{ m}$ e stimando, a livello indicativo, un'eccentricità di circa $0,25 - 0,30 \text{ m}$ un'inclinazione del carico attorno a $14^\circ - 15^\circ$ si ottiene (cfr. All. n° 5) una capacità portante massima

ammissibile pari a 242 kPa (2,46 kg/cm²).

Valori di capacità portante massima ammissibile superiore, dell'ordine di 280 ÷ 300 kPa (~ 2,8 ÷ 3,0 kg/cm²), si possono adottare in presenza del substrato roccioso.

Per il calcolo delle sollecitazioni nelle travi di fondazione (sempre di larghezza B = 1,50 – 2,00 m) può essere utilizzato un coefficiente di reazione verticale K_R pari a circa 40 ÷ 45 MN/m³ (4,0 ÷ 4,5 kg/cm³) in presenza di terreni e di 70 ÷ 80 MN/m³ (7,0 ÷ 8,0 kg/cm³) a contatto con le rocce del substrato.

Per la verifica allo scorrimento può essere adottato un coefficiente d'attrito tra fondazione e base di appoggio pari a 0,45 – 0,50.

Riguardo ai cedimenti, sempre per le buone caratteristiche meccaniche dei materiali di fondazione, si possono stimare assestamenti trascurabili.

Per le altre verifiche dei muri di sostegno si possono utilizzare indicativamente i parametri di resistenza al taglio riportati precedentemente, con l'attenzione di prevedere (come già previsto dal progetto) a tergo delle stesse opere un adeguato drenaggio con materiale arido, spinto possibilmente sin sotto le relative fondazioni, al fine di limitare le eventuali pressioni neutrali, compreso un congruo numero di fori.

Tra il medesimo drenaggio ed il terreno naturale è anche utile prevedere un telo di geotessile e la posa in opera sul fondo di un tubo microfessurato da collegare ad apposito scarico.

In relazione alla lunghezza dei muri in progetto si dovrà inoltre valutare l'opportunità di interrompere il muro con giunti trasversali, estesi alla fondazione (punto D.6.).

Per la presenza a breve profondità del substrato roccioso non si è ritenuto necessario procedere alla verifica allo scorrimento profondo delle nuove opere di contenimento (punto D.4.5.).

6. CONCLUSIONI

Come illustrato nei paragrafi precedenti, i lavori in esame riguardano pendii caratterizzati nel complesso da sufficienti condizioni di stabilità, dove sono presenti terreni e rocce di buone qualità meccaniche.

Le scelte progettuali, che prevedono necessariamente cospicui interventi di scavo e di riporto per la realizzazione della nuova viabilità, impongono

gono comunque le seguenti prescrizioni, che riepilogano quanto già detto:

- ✓ in corso d'opera sarà necessario verificare ulteriormente ed in profondità le caratteristiche tecniche dei terreni e delle rocce interessati dai lavori di sbancamento e successivo riporto, oltre ad accertare l'eventuale presenza di venute d'acqua da allontanare con idonee opere di drenaggio;
- ✓ realizzare con pendenze contenute sia i fronti di scavo ($< 33^\circ \div 35^\circ$ in presenza di terreni di copertura sciolti e $< 45^\circ \div 50^\circ$ con rocce lapidee) e sia le scarpate dei rilevati ($< 33^\circ \div 35^\circ$) per garantire la rispettiva stabilità e permettere il successivo completo inerbimento, oppure ricorrere a interventi di consolidamento al piede (ad es. scogliere in massi lapidei od "arce" in legname e pietrame) o a sistemazioni corticali (ad es. la posa in opera di geostuoie contenute da reti metalliche ancorate con chiodi);
- ✓ prevedere l'impiego di materiali di classe A - 1a / A - 1b, come indicato dalle norme C.N.R. - U.N.I. 10.006/2002 (*Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre*) per la realizzazione del sottofondo della pavimentazione stradale;
- ✓ si dovrà mantenere la linea di deflusso delle acque superficiali localizzata nel tratto finale (in prossimità della sezione geologica F), con la costruzione di uno specifico tombino di captazione da collegare alle condotte per le acque meteoriche già previste dal progetto;
- ✓ con la realizzazione dei muri di contenimento e dei riporti stradali si dovrà evitare la realizzazione di avvallamenti chiusi (senza la possibilità di drenaggio) a monte degli stessi rilevati.

In merito al PAI e alle rispettive misure di salvaguardia (delibera n° 2 del 03/3/2004 del *Comitato Istituzionale* pubblicata nella G.U. n. 236/2004) che prevedono l'immediata applicazione delle Norme di Attuazione (art. 12) previste per le aree classificate a *pericolosità geologica elevata – P3*, (in cui ricade parte del tracciato della nuova strada), si possono valutare ammissibili gli interventi in progetto se si considerano gli stessi lavori tra quelli indicati al comma 1, punto g (*interventi di realizzazione o ampliamento di infrastrutture viarie, ferroviarie e di trasporto pubblico, purché siano contestualmente attuati i necessari interventi di mitigazione della pericolosità o del rischio*).

A questo riguardo gli stessi interventi in progetto non interferiscono, se correttamente eseguiti, con la stabilità locale e in ogni caso con i fenomeni che generano le ipotizzate situazioni di rischio (caduta massi sopra l'abitato di Casso). Inoltre la nuova strada risulta di fatto protetta, per la presenza dei

fabbricati a monte, dalle possibili traiettorie dei massi che possono cadere dalle pendici rocciose situate più a monte del paese di Casso, per cui non si riconosce la necessità di specifici interventi di mitigazione e la presente nota costituisce un parere di fattibilità di carattere geologico così come previsto dal comma 2 dello stesso art. 13.

In conclusione non si riscontrano specifiche pregiudiziali di carattere geologico e geotecnico alla realizzazione dei lavori in progetto, fatte salve le prescrizioni sopra riportate.

Belluno, 15 marzo 2006

dott. geol. Eugenio Colleselli