

REGIONE BASILICATA



COMUNE di POMARICO

(Provincia di Matera)

LAVORI DI SISTEMAZIONE GEOTECNICA DELLE AREE IN FRANA A VALLE DI CORSO VITTORIO EMANUELE NEL COMUNE DI POMARICO

(D.P.C.M. del 09/04/2021 di ripartizione della quota dell'otto per mille
dell'IRPEF devoluta alla diretta gestione statale per l'anno 2019)

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Progettazione e Direzione Lavori

Ing. Maurizio DE VINCENZI

Coordinamento della sicurezza in fase di
esecuzione e progettazione:

Ing. Donato Vito PETRALLA

Consulenza geologica:

Dott. Geol. Michele Colasurdo

Responsabile Unico del Procedimento:

Geom. Michele CAVALIERI

5.1

A

-

Ottobre 2023

-

C008/2022

codice elaborato

revisione

scala

data

aggiornam. e/o revisione

commessa

Titolo elaborato:

PROGETTO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

-	-	-	-	-	-
A	Emissione	Ottobre 2023	Ing. M. Latino	Ing. A. D'Alessio	Ing. M. De Vincenzi
revisione	descrizione	data	redazione	verifica	validazione



Studio Tecnico
Ing. Maurizio De Vincenzi

Servizi Tecnici di Ingegneria

Via Libero Testa n. 53/A - 86170 Isernia - Tel. 0865403434 - Fax. 0865415012
ing.devincenzi.maurizio@gmail.com - C.F. DVN MRZ 63L17 E335E - P.I.V.A. 00347180945



Azienda certificata ISO 9001:2015 - N° 2680
Azienda certificata ISO 14001:2015 - N° 2681
Azienda certificata ISO 45001:2018 - N° 3144

Certificazione della figura professionale
dell'EcoProgettista (ECOPRG) N°AEP047

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

La presente relazione assume la finalità di illustrare le considerazioni ed i criteri metodologici adottati ed utilizzati per l'elaborazione del calcolo e per la redazione del progetto esecutivo delle strutture delle opere d'arte previste nel progetto definitivo - esecutivo dei lavori di "Sistemazione geotecnica delle aree in frana a valle di Corso Vittorio Emanuele nel Comune di Pomarico" in Provincia di Matera.

L'intervento interessa il versante occidentale del Centro Abitato del Comune di Pomarico, e, nello specifico, il settore localizzato a valle di Corso Garibaldi e Corso Vittorio Emanuele, prospiciente il Palazzo Marchesale "Donnaperna", dove sono presenti, in affioramento e nel sub - strato, formazioni sabbiose e limo - sabbiose e risulta coinvolto in rilevanti processi gravitativi, con chiari indizi di dinamicità, che procurano azioni di danneggiamento ed ammaloramento delle preesistenze antropiche, e, soprattutto, originano danneggiamenti agli edifici civili ed alle loro pertinenze, nonché, alla viabilità di servizio, ed inducono palesi condizioni di pregiudizio per la sicurezza della popolazione.

Le fenomenologie innanzi menzionate, sono, peraltro, contraddistinte da un'evoluzione storica con caratteristiche di riproposizione ciclica delle evenienze di instabilità geotecnica, in condizioni di accelerazione e riattivazione delle dinamiche franose, associate, prevalentemente, ad eventi meteorologici intensi.

Le manifestazioni più recenti si sono avute nei giorni dal 24 al 29 gennaio del 2019 e, come rappresentato nell'elaborato di progetto n. 4.1.1, recante "Planimetria dello stato di fatto", hanno provocato la rottura definitiva della sezione del versante occidentale del Centro Abitato del Comune di Pomarico adiacente le aree di attenzione progettuale, con il crollo e la rovina di numerose abitazioni, in maniera tale da richiedere, ai sensi dell'art. 5 della Legge n. 225 del 24/02/1992 e s.m.i., l'adozione, da parte del Consiglio dei Ministri, dello stato di emergenza, avutasi con

Deliberazione in data 14/02/2019.

Nei siti di interesse, peraltro, sono stati già realizzati, in passato, interventi di stabilizzazione geomeccanica, che, tuttavia, sono risultati insufficienti a fronteggiare i dissesti.

Le previsioni del progetto definitivo - esecutivo in essere, come indicato nei suoi elaborati tecnici, afferiscono, pertanto, opere di ingegneria geotecnica finalizzate al consolidamento del pendio pregiudicato dai cinematismi dovuti ad impropri movimenti del suolo, e, sostanzialmente consistono in un sistema di drenaggio profondo "a gravità" delle acque di saturazione delle formazioni in affioramento e di substrato ad alta permeabilità primaria, articolato in una raggiera di dreni sub - orizzontali convergenti in pozzi di raccolta.

I pozzi, in numero di quattro, disposti a valle di Corso Garibaldi e di Corso Vittorio Emanuele, come raffigurato nella "Planimetria di progetto" dell'elaborato n. 4.3, sono conformati da una corona di pali trivellati "di grande diametro" in calcestruzzo armato in opera e sono vincolati alla pendice con tiranti di ancoraggio di "tipo attivo" posti sul cordolo di testata.

Le caratteristiche geometriche e funzionali dei pozzi drenanti, deducibili dall'elaborato di progetto n. 4.9, avente ad oggetto "Sezione tipo pozzi drenanti", risultano le seguenti:

- diametro interno della corona di pali di 7,00 ml;
- diametro esterno della corona di pali di 9,80 ml;
- diametro dei pali pari a Φ 1200 mm;
- disposizione dei pali a corona con interasse di 1,47 ml;
- lunghezza dei pali di 21,00 ml;
- larghezza del cordolo di testata di 1,40 ml;
- altezza del cordolo di testata di 1,40 ml;
- diametro dei tiranti di "tipo attivo" pari a Φ 160 mm;
- disposizione dei tiranti di "tipo attivo" su un'unica fila sul

- cordolo di raccordo della testa dei pali;
- interasse dei tiranti di "tipo attivo" di 1,30 ml;
- lunghezza dei tiranti di "tipo attivo" di 30,00 ml;
- inclinazione dei tiranti di "tipo attivo" rispetto all'orizzontale pari a 15,00°.

I pozzi sono muniti di soletta di copertura di altezza di 0,40 ml e sono rivestiti internamente tramite spritz - beton con interposta rete elettrosaldata, applicato, per uno spessore di 0,10 ml, sulla superficie anulare definita dalla corona di pali di grande diametro.

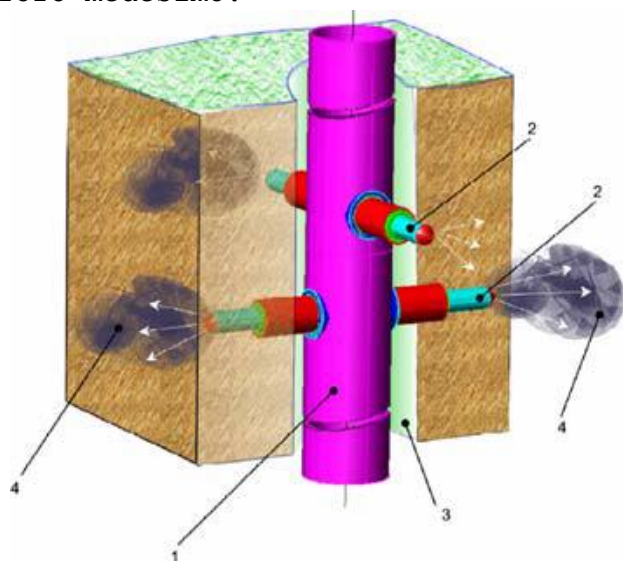
Al fondo dei pozzi, altresì, è predisposta una platea, in calcestruzzo armato in opera, di altezza di 0,40 ml.

I tiranti di "tipo attivo", invece, sono costituiti da cinque trefoli in acciaio armonico idoneamente pretensionati per fronteggiare le elevate sollecitazioni agenti a tergo della struttura dei pozzi e prodotte dalla spinta del terreno destrutturato e rimaneggiato per conferirle al tronco di fondazione ottenuto tramite iniezioni in foro di malta cementizia ad alta pressione a più stadi e ripetute.

I medesimi tiranti, come rappresentato nell'elaborato di progetto n. 4.9, avente ad oggetto "Sezione tipo pozzi drenanti" e già innanzi menzionato, sono altresì, attrezzati in punta con un dispositivo ad aderenza esplosa "TFEG" (thriving friction by extruding gear), della tipologia indicata nella seguente figura n. 1, idoneo a migliorare le condizioni di ancoraggio dell'elemento infisso con il terreno, il quale, mediante l'elongazione a pressione controllata di quattro pistoni a tre sfili, successivamente iniettati con malta cementizia, permette la formazione di un bulbo che aumenta la superficie di contatto con il terreno stesso.

Le propaggini metalliche, inizialmente, sono contenute all'interno del diametro di perforazione, successivamente alla collocazione nel foro dell'armatura del tirante, i pistoni del manicotto, tramite il sistema

idraulico, vengono elongati e spinti all'interno del terreno circostante il foro medesimo.



Legenda:

- 1. Armatura tubolare micropalo;
- 2. Fori per la malta cementizia;
- 3. Terreno;
- 4. Iniezione cementizia.

Figura n. 1 - Manicotto ad adherenza esplosa T.F.E.G.

L'iniezione della malta cementizia assume la funzione di bloccare il dispositivo T.F.E.G. e di consentire l'accertamento dell'avvenuta completa elongazione dei pistoni.

La progettazione strutturale delle opere d'arte in essere è stata approntata in conformità alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018, recante "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", e della Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 emanata in data 21/01/2019, avente ad oggetto "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»".

Le opere in argomento, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione del servizio di operatività o di un eventuale collasso, appartiene alla classe d'uso III ed è contraddistinta dal coefficiente d'uso C_u pari a 1,50, acquisito dalla tabella 2.4.II, acclusa al paragrafo 2.4.3, della sezione 2.4, del capitolo 2, del D.M. del 17/01/2018, in quanto sono localizzate in prossimità di costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi e di reti viarie non ricadenti in classe d'uso IV la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza

poiché diverse da "reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B".

Per quanto riguarda, invece, la sua vita nominale V_N , intesa come il numero di anni per il quale deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, nel caso di specie, trattandosi di "costruzione con livelli di prestazioni ordinari", è stata considerata una vita nominale V_N pari a 50 anni, rilevata dalla tabella 2.4.I, contenuta nel paragrafo 2.4.1, della sezione 2.4, del capitolo 2, del D.M. del 17/01/2018.

Il periodo di riferimento V_R occorrente per la stima dell'azione sismica che sollecita la struttura, pertanto, risulta:

$$V_R = V_N * C_U = 50 * 1,50 = 75 \text{ anni.}$$

I suoi parametri caratteristici di valutazione a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo rigido), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), in funzione del tempo di ritorno T_r , che dipende dal periodo di riferimento V_R di cui innanzi, per quanto stabilito nell'allegato A (pericolosità sismica) del Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/2008, recante "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", sono stati estratti, sulla base delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di interesse, dalla tabella 1 dell'allegato B (tabelle che definiscono l'azione sismica) del medesimo Decreto e sono riassunti nel seguente prospetto:

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI INTERVENTO
Comune di Pomarico (MT)
Classe d'uso III - $C_U = 1,50$
Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
Periodo di riferimento azione sismica $V_R = 75$ anni

Latitudine			40,515597	
Longitudine			16,548755	
Stati Limite	T_r (anni)	a_g (m/s²)	F₀	T_c* (sec)
Operatività	45	0,461	2,423	0,313
Danno	75	0,559	2,510	0,341
Salvaguardia	712	1,196	2,662	0,459
Collasso	1462	1,469	2,732	0,489

Per definire l'azione sismica, inoltre, in accordo con le riflessioni ed informazioni contenute nella "Relazione geologica" dell'elaborato n. 3.1, a firma del Dott. Geol. Michele Colasurdo, sono stati considerati:

- la categoria del suolo di fondazione "C", relativa, in rapporto ai termini della tabella 3.2.II, inserita nel paragrafo 3.2.2, della sezione 3.2, del capitolo 3, del D.M. del 17/01/2018, ad una "superficie topografica" con le prerogative di "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s";
- la categoria topografica "T2", relativa, in attinenza con i presupposti della tabella 3.2.III, inserita, anch'essa, nel paragrafo 3.2.2, della sezione 3.2, del capitolo 3, del D.M. del 17/01/2018, a "pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ", che, come previsto nella tabella 3.2.V, allegata al paragrafo 3.2.3, della sezione 3.2, del capitolo 3, del D.M. del 17/01/2018, espone il coefficiente di amplificazione topografica S_T pari ad 1,20;
- gli esiti dello studio di microzonazione sismica di I livello effettuato, ai sensi della Legge Regionale n. 9 del 07/06/2011 e con le disposizioni della O.P.C.M. n. 3907 del 13/11/2010, nel Comune di Pomarico, in cui le aree di intervento, come rappresentato nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", appartengono a "Zone suscettibili di instabilità - Instabilità di versante quiescente e inattiva".

Le verifiche strutturali delle opere d'arte in questione sono state predisposte con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi e di esercizio e sono stata eseguite con l'ausilio del codice di calcolo "PAC 3D", versione 16.0, prodotto dalla Aztec Informatica.

Per l'elaborazione delle relative calcolazioni ed analisi numeriche sono stati utilizzati i carichi di esercizio indicati negli "Schemi grafici di modellazione" dell'elaborato n. 5.2, nonché, i parametri geomeccanici dei litotipi di affioramento e di sub - strato specificati nella "Relazione geotecnica e sulle fondazioni" dell'elaborato n. 5.6 ed, identicamente, esposti negli "Schemi grafici di modellazione".

I carichi di progetto usati nelle verifiche sono quelli prescritti dalla normativa vigente ed, in particolare, risultano i seguenti:

- azioni permanenti:

1. peso proprio;
2. azione dovuta all'inerzia della struttura;
3. spinta statica esercitata dalla pressione del terreno;
4. carico distribuito dovuto al peso della soletta di copertura;

- azioni accidentali:

5. incremento della spinta esercitata, in fase tellurica, dall'azione dinamica del terreno;
6. carico distribuito dovuto al peso della neve agente sulla soletta di copertura del pozzo.

Il carico permanente dovuto al peso della soletta di copertura del pozzo, la quale dispone di un diametro di 7,00 ml e di uno spessore di 40,00 cm, è stato stimato sulla base del peso specifico del calcestruzzo armato di 2.500 kg/m^3 e, pertanto, agisce sul cordolo della corona di pali con un'intensità 1.750 kg/ml .

L'incremento della spinta esercitata, in fase tellurica, dall'azione dinamica del terreno è stato, altresì, valutato con i canoni precisati al

punto 7.11.6.3.1, dell'articolo 7.11.6.3, del paragrafo 7.11.6, della sezione 7.11, del capitolo 7, del D.M. del 17/01/2018, mediante l'uso del "metodo pseudo - statico", in cui l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

Il carico accidentale dovuto al peso della neve agente sulla soletta di copertura del pozzo, poi, è stato identificato con le disposizioni del paragrafo 3.4.2, della sezione 3.4, del capitolo 3, del D.M. del 17/01/2018, e, precisamente, con la relazione valida per la zona III, in cui è compresa la Provincia di Matera, e per valori dell'altitudine della località di intervento as superiori ai 200 m s.l.m.

L'azione della neve al suolo, nel caso di specie, poiché l'altitudine dell'area di intervento as è di 459 m s.l.m., risulta:

$$q_{sk} = 0,51 \cdot [1 + (459/481)^2] = 0,97 \text{ kN/m}^2 = 97 \text{ kg/m}^2.$$

Il carico della neve sulla soletta di copertura del pozzo, considerando che esibisce un diametro di 7,00 ml, pertanto, agisce sul cordolo della corona di pali con una intensità pari a 175 kg/ml.

Il modello geotecnico del sito di attenzione, in cui è articolato l'assetto e la conformazione delle unità litotecniche in affioramento e di sub - strato, inoltre, presenta la configurazione proposta nello "Schema grafico di modellazione" dell'elaborato di progetto n. 5.2, già innanzi menzionato, mentre, i parametri geomeccanici delle formazioni, rilevati dalla "Relazione geotecnica e sulle fondazioni" dell'elaborato di progetto n. 5.6, che può essere consultato per i maggiori approfondimenti tematici, sono quelli riassunti nella tabella seguente.

PARAMETRI GEOMECCANICI DELLE UNITÀ LITOTECNICHE		
Limo sabbioso e sabbia con presenza di ciottolotti		
(parametri rilevati dalla relazione geologica)		
parametro geotecnico	unità di misura	valore numerico
peso specifico	γ - kg/m ³	1840
peso specifico saturo	γ_{sat} - kg/m ³	2020

coesione efficace	$c' - \text{kg/cm}^2$	0,05
angolo di attrito	$\phi' - ^\circ (\text{gradi})$	30,00°
Argilla limosa di colore avana (parametri rilevati dalla relazione geologica)		
parametro geotecnico	unità di misura	valore numerico
peso specifico	$\gamma - \text{kg/m}^3$	1890
peso specifico saturo	$\gamma_{\text{sat}} - \text{kg/m}^3$	1960
coesione efficace	$c' - \text{kg/cm}^2$	0,20
angolo di attrito	$\phi' - ^\circ (\text{gradi})$	21,00°
Limo argilloso con sabbie finissime di colore grigio - azzurro (parametri rilevati dalla relazione geologica)		
parametro geotecnico	unità di misura	valore numerico
peso specifico	$\gamma - \text{kg/m}^3$	1930
peso specifico saturo	$\gamma_{\text{sat}} - \text{kg/m}^3$	2020
coesione efficace	$c' - \text{kg/cm}^2$	0,14
angolo di attrito	$\phi' - ^\circ (\text{gradi})$	23,80°

Nelle verifiche, ancora, è stata considerata la posizione della falda alla quota massima consentita dai sistemi di drenaggio.

In merito alle prerogative di modellazione strutturale, l'opera d'arte è stata schematizzata con un telaio tridimensionale in cui:

- i pali ed il cordolo sono stati discretizzati con elementi trave;
- i tiranti sono stati discretizzati con elementi asta.

L'interazione terreno struttura, altresì, è stata modellata con una serie di molle a comportamento non lineare, reagenti solo a sforzo di compressione assiale ed in possesso di una rigidezza che dipende dalla costante di sottofondo orizzontale del terreno (costante di Winkler).

La soletta di copertura e la platea di fondazione sono state considerate nel modello di calcolo mediante l'introduzione di vincoli alla traslazione nel piano in corrispondenza del relativo innesto nella corona di pali costituente il pozzo.

L'incremento di resistenza dei tiranti di ancoraggio dovuto al dispositivo T.F.E.G., in particolare, è stato determinato assimilando il bulbo di fondazione di tali tiranti ad un cilindro equivalente caratterizzato da:

- un diametro pari a quello delineato dai manicotti estrusi $D^* =$

$\alpha \cdot D$, in cui α è il coefficiente di espansione, assunto nel caso di specie pari a 4,00;

- un'altezza pari al tratto di influenza del dispositivo T.F.E.G. assunta pari a 7,00 ml.

Per tali tiranti, quindi, a vantaggio di sicurezza è stata considerata una lunghezza di fondazione coincidente al tratto di influenza del dispositivo T.F.E.G.

L'opera d'arte, in ogni caso, ai sensi degli articoli 6.2.4.1 e 6.2.4.3, del paragrafo 6.2.4, della sezione 6.2, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018, è stata dimensionata in maniera tale:

- da trasmettere al terreno tensioni compatibili con le sue proprietà fisiche e meccaniche;
- che risultano soddisfatte le seguenti condizioni:
 - i "valori di progetto" delle azioni instabilizzanti sono minori dei "valori di progetto" delle azioni stabilizzanti;
 - per il sistema terreno - struttura, il "valore di progetto" dell'effetto delle azioni nelle combinazioni di carico per ogni stato limite di esercizio è minore del prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

Le verifiche di stabilità del complesso terreno - struttura, in particolare, sono state sviluppate, come indicato all'articolo 6.5.3.1.2, del paragrafo 6.5.3, della sezione 6.5, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018, con la combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'"Approccio 1", in cui:

- le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti A2 indicati nella tabella 6.2.I del punto 6.2.4.1.1, dell'articolo 6.2.4.1, del paragrafo 6.2.4, della sezione 6.2, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018;
- i parametri geotecnici sono stati considerati con il loro valore

- caratteristico divisi per i coefficienti M_2 , indicati nella tabella 6.2.II del punto 6.2.4.1.2, dell'articolo 6.2.4.1, del paragrafo 6.2.4, della sezione 6.2, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018;
- i valori calcolati delle resistenze degli elementi strutturali sono stati divisi per i coefficienti R_2 , indicati nella tabella 6.8.I, del paragrafo 6.8.2, della sezione 6.8, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018.

Le verifiche di tipo geotecnico (GEO) e di tipo strutturale (STR) dell'opera, invece, sono state predisposte, come indicato allo stesso articolo 6.5.3.1.2, del paragrafo 6.5.3, della sezione 6.5, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018, con la combinazione 1 ($A_1+M_1+R_1$) e con la combinazione 2 ($A_2+M_2+R_1$) dell'"Approccio 1", in cui:

- le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti A_1 ed A_2 indicati nella tabella 6.2.I, del punto 6.2.4.1.1, dell'articolo 6.2.4.1, del paragrafo 6.2.4, della sezione 6.2, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018;
- i parametri geotecnici sono stati considerati con il loro valore caratteristico divisi per i coefficienti M_1 ed M_2 , indicati nella tabella 6.2.II del punto 6.2.4.1.2, dell'articolo 6.2.4.1, del paragrafo 6.2.4, della sezione 6.2, del capitolo 6, del D.M. del 17/01/2018;
- i valori delle resistenze degli elementi strutturali sono stati divisi per i coefficienti R_1 , che come indicato articolo 6.5.3.1.2, del paragrafo 6.5.3, della sezione 6.5, del capitolo 6 del D.M. del 17/01/2018 assume un valore unitario.

Il calcestruzzo considerato per le strutture resistenti è di classe di resistenza C25/30 e di esposizione XC2 (bagnato, raramente asciutto), mentre, le armature sono costituite da barre in acciaio di tipo B450C.

I tiranti di "tipo attivo", invece, sono costituiti da un'armatura

costituita da trefoli in acciaio armonico da precompressione ad elevate prestazioni ed un bulbo di malta cementizia avente una resistenza minima, R_{ck} , di 30 MPa.

Tutte le indicazioni prodotte nella presente relazione appariranno maggiormente chiare dall'analisi degli elaborati grafici allegati.