

STAZIONE APPALTANTE:



ISTITUTO ONCOLOGICO VENETO - IRCCS



REGIONE DEL VENETO



**Dir. Generale: Dott.sa Patrizia Benini**

**R.U.P.: Ing. Emanuele Scarabel**

Progettazione Definitiva inerente i lavori della Nuova Radioterapia presso l'Ospedale San Giacomo di Castelfranco Veneto (Tv)  
IOV-IRCCS di Padova - COMM. IOV1220



**RTP:**  
CAPOGRUPPO MANDATARIA:

**PRISMA ENGINEERING Srl**

Progettazione integrale e coordinata:

Ing. Luciano Viero

Progettazione Architettonica:

Arch. Andrea Colantonio

Progettazione Termotecnica:

Ing. Paola Trevisani

P.I. Nicola Sacchetto

Progettazione Elettrica

Ing. Daniela Scarpa

Coordinamento della Sicurezza:

Ing. Paola Trevisani



MANDANTE:

**ICONIA Ingegneria Civile Srl**

Progettazione Strutture:

Prof. Ing. Renato Vitaliani



**Dott. Geologo Paolo Cornale**

**PROGETTO DEFINITIVO  
STRUTTURE**

Oggetto	Codice elaborato
Relazione Geotecnica	D-SD002
File 08619CDC02	Data Novembre 2021
Rev. 02	Scala: -:-

Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto
00	NOV.2020	EMISSIONE	TAM.
02	NOV.2021	AGGIORNAMENTO PER VALIDAZIONE	TAM.

STAZIONE APPALTANTE:



# ISTITUTO ONCOLOGICO VENETO -IRCCS



REGIONE DEL VENETO

REGIONE DEL VENETO



ULSS2  
MARCA TREVIGIANA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

RTP: CAPOGRUPPO MANDATARIA



MANDANTE



MANDANTE

DOTT. GEOLOGO  
PAOLO CORNALE



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN OGGETTO .....	5
2.1	DESCRIZIONE DELLE NUOVE OPERE .....	5
3	DOCUMENTAZIONE ACQUISITA .....	6
4	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	8
6	VERIFICA FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	20
6.1	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE PLATEA .....	21
6.2	VERIFICA COLONNE JET GROUTING .....	25
6.2.1	VERIFICHE DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DEL COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-COLONNE DI CONSOLIDAMENTO .....	25
6.2.2	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE DELLE COLONNE (JET-GROUTING) .....	25
6.2.3	VERIFICA MASSIMA AZIONE DELLE COLONNE (JET- GROUTING) .....	27
6.2.4	CEDIMENTI SLE .....	28

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

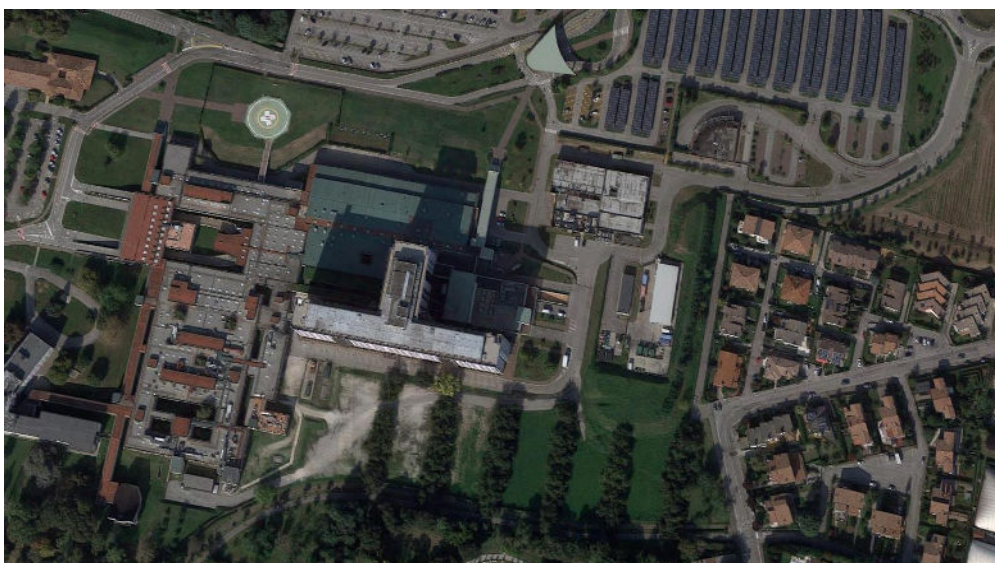
## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra i calcoli e le verifiche geotecniche effettuate in merito alla progettazione definitiva delle fondazioni della nuova radioterapia di Castelfranco Veneto (TV).

La nuova struttura verrà realizzata in prossimità delle strutture ospedaliere presenti. È caratterizzata da piano terra e da un locale impianti posto in copertura. L'edificio è caratterizzato da una pianta rettangolare di lati circa 80 x 40 metri. Lungo il lato a nord sono previsti 4 bunker radioterapici caratterizzati da pareti in calcestruzzo armato di spessore adeguato a garantire la schermatura degli ambienti (gli spessori delle pareti dei bunker sono state fissate secondo quanto espresso nella relazione proteximetrica). La restante parte dell'edificio sarà adibita ad ambulatori medici, studi medici e diagnostica dove sarà prevista anche una TAC.

La struttura portante dell'edificio è costituita da:

- Elementi verticali: pilastri in c.a. (per azioni verticali) e setti in c.a. (per azioni verticali e orizzontali);
- Le pareti dei bunker di spessore variabile tra i 1.50 m e i 2.20 m. Visto lo spessore rilevante si è previsto di realizzarle prima due pareti esterne di spessore 0.40 m riempiendo poi il nucleo con calcestruzzo.
- Elementi orizzontali: piastre piena di copertura in c.a. Solaio collaborante acciaio – calcestruzzo nella zona impianti.
- Fondazioni: platea di fondazione e al di sotto dei bunker colonne in calcestruzzo al fine di ridurre i cedimenti (jet grouting) migliorando la capacità portante del suolo.



**Inquadramento area di intervento**



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

**PROGETTO DEFINITIVO**

**D-SD002**

**STRUTTURE**

**RELAZIONE GEOTECNICA**



**Localizzazione della nuova struttura**



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN OGGETTO

### 2.1 DESCRIZIONE DELLE NUOVE OPERE

Le strutture dell'edificio sono state studiate al fine di ottimizzare il rapporto tra la sicurezza statica, anche in relazione al grado di sismicità dell'area, e le esigenze sanitarie, con particolare attenzione ad una flessibilità futura delle funzioni ospedaliere.

L'altezza interpiano strutturale è pari 5.06 m per la porzione di edificio adibita ad ambulatori e 4.80 metri per i bunker. La maglia strutturale ha una luce variabile tra un minimo di 5.50 metri e 7.50 metri. La luce massima è pari a circa 9.50 metri in corrispondenza dell'ingresso.

La soletta di copertura è stata prevista piena e di spessore 0.40 m.

La platea di fondazione è prevista a spessore costante al di sotto della zona ambulatori pari a 40 cm e pari ad 1 metro al di sotto della zona bunker, in corrispondenza del bunker n. 2 arriva localmente ad 1.25 metri. Sotto la platea di fondazione della zona bunker, date le elevate pressioni del terreno in corrispondenza delle pareti perimetrali di grosso spessore (2.20 metri massimi), è previsto il consolidamento del terreno utilizzando colonne in jet grouting di diametro 1000 mm.

I pilastri in c.a. sono previsti prevalentemente di sezione rettangolare 30x40 cm, mentre in due punti di massima luce del solaio sono presenti pilastri rettangolari 40x45 cm. I setti in c.a. sono prevalentemente caratterizzati da uno spessore di 30 cm, solamente uno è previsto di spessore 45 cm.

In copertura è prevista una zona adibita ad impianti, caratterizzata da una struttura in acciaio formata da pilastri HEB 300, travi IPE360 e IPE220 rese collaboranti con una copertura di tipo HI-Bond.



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

### 3 DOCUMENTAZIONE ACQUISITA

Al momento della redazione della presente relazione tecnica lo scrivente non dispone di informazioni geologiche – geotecniche, poiché le indagini geologiche necessarie non si sono potute effettuare al fine di rientrare nella programmazione regionale.

Le opere fondazionali sono state progettate estendendo i risultati espressi nella relazione geotecnica relativa alla campagna d'indagine realizzata per la costruzione dell'Ospedale di Castelfranco (anni 1971-1974).

Cautelativamente si è assunta la categoria sismica D in grado di fornire la forzante sismica massima. Tutte le ipotesi geotecniche fissate sono le più sfavorevoli e dovranno essere validate dai risultati delle successive indagini geologiche previste in progetto esecutivo.



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

## 4 RIFERIMENTI NORMATIVI

I riferimenti normativi per la progettazione definitiva geotecnica risultano i seguenti:

- Norme Tecniche per le Costruzioni” - Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.n.7 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni





PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO	D-SD002
STRUTTURE	RELAZIONE GEOTECNICA

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica generale delle aree si dovranno aspettare i risultati della campagna d'indagine geologica in fase di esecuzione. Dalla ricerca d'archivio è stata reperita la relazione geotecnica a firma del Prof. Ing. Colombo sulla base dei risultati delle indagini geognostiche condotte nel 1971 e nel 1974 finalizzate alla progettazione e costruzione delle strutture dell'ospedale civile di Castelfranco Veneto. Nella prima campagna d'indagine del 1971 sono stati eseguiti 4 sondaggi fino a 20 metri, mentre in quella del 1974 ne sono stati eseguiti due fino a 40 metri di profondità. Di seguito si inseriscono i risultati e la conclusione della relazione geotecnica:

PIETRO COLOMBO  
CA  
SAGGARIN, 47 - TEL. 848.148

Spett.le  
OSPEDALE CIVILE DI  
CASTELFRANCO VENETO

OGGETTO : indagine geotecnica sul terreno di fondazione dei nuovi edifici dell'ospedale civile di Castelfranco Veneto.

Per la progettazione e la costruzione dell'Ospedale Civile di Castelfranco Veneto è stata eseguita una estesa indagine geotecnica sul terreno di fondazione, indagine che si è concretata in due campagne di sondaggi eseguite nel 1971 e nel 1974 e in prove geotecniche di laboratorio su alcuni dei campioni prelevati.

RESPONSABILE del PROCEDIMENTO  
il DIRETTORE dell'Unità Operativa  
Servizio Geotecnico  
dot. ing. Giovanni Vanzetto

SOLO HOSPITAL SERVICE S.p.A.  
L'Amministratore Delegato  
Pier Renzo Olivato

GUERRATO S.p.A. Rovigo  
IL VICEPRESIDENTE  
Pier Renzo Olivato



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

PIETRO COLOMBO

2.

L'ubicazione dei sondaggi risulta nella planimetria allegata (tav. I). I 4 sondaggi del 1971 sono stati eseguiti con avanzamento a secco e sono stati spinti fino a 20 m sotto il piano campagna (tav. 2,3, 4 e 5).

I due sondaggi del 1974 sono pure stati eseguiti con avanzamento a secco e sono stati spinti fino a 40 m di profondità sotto il piano campagna (tav. 6 e 7).

Buona parte dei campioni prelevati con i sondaggi sono stati esaminati nel laboratorio del Centro Geotecnico Veneto dell'Università di Padova e di alcuni sono state determinate le curve granulometriche riportate nelle relazioni n.25 e 41 del Centro Geotecnico Veneto.

L'edificio, a forma di T, ha lunghezza massima di 120 m, larghezza corrente di 17 m, altezza di 55 m circa e piano di fondazione corrente a circa 5 m di profondità sotto il piano campagna.

Le stratigrafie rilevate con i sondaggi e l'esame dei campioni in laboratorio hanno indicato, una buona uniformità del terreno di fondazione formato principalmente da ghiaia e sabbia mescolate in varie proporzioni.

Fino a circa 5 m di profondità vi sono stra

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
 IL DIRETTORE dell'Unità Operativa  
 Servizi Tecnici e Progettazione  
 dott. ing. Riccardo Vanzetta

ANOLO HOSPITAL SERVICE S.p.A.  
 L'Amministratore Delegato  
 Pier Ranzo Olivato

GUERRATI S.p.A. ROVERETO  
 IL VICEPRESIDENTE  
 Pier Ranzo Olivato



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO	D-SD002
STRUTTURE	RELAZIONE GEOTECNICA

PIETRO COLOMBO

3.

ti con una lieve prevalenza di sabbia sulla ghiaia mentre al disotto vi è prevalenza di ghiaia.

I sondaggi spinti a 40 m (tav. 6 e 7) hanno indicato la presenza predominante di ghiaia anche fino a questa profondità. In nessun sondaggio è stata riscontrata la presenza di lenti di terreno limoso e argilloso, perciò non si è ritenuto necessario allargare ulteriormente l'indagine geotecnica con altri sondaggi.

D'altro lato vari sondaggi eseguiti a Castelfranco Veneto hanno già indicato la prevalenza di terreno ghiaioso e sabbioso.

Come è stato già detto il piano di fondazione dell'edificio è a circa 5 m di profondità sotto il piano campagna, profondità talvolta interessata dalla falda ma con lieve prevalenza; pertanto con lo scavo la pressione verticale sul terreno al disotto del piano di fondazione viene diminuita, rispetto a quella che agisce prima dello scavo, di poco meno di  $1 \text{ Kg/cm}^2$ .

L'edificio trasmette al piano di fondazione una pressione permanente media dell'ordine di  $2 \text{ Kg/cm}^2$  e quindi tenuto conto dello scavo l'incremento di pressione verticale è dell'ordine di  $1 \text{ Kg/cm}^2$ . La pressione del terreno in relazione ad azioni verticali e orizzontali eccezionali raggiunge localmente valori massimi dell'ordi

ASOLO HOSPITAL SERVICE S.p.A.  
L'Amministratore Delegato  
Pier Renzo Olivato

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
il DIRETTORE dell'Unità Operativa  
Servizi Tecnici e Geologici  
dott. ing. Alessandro Vanzetto

GUERRAI S.p.A. Rovigo  
IL VICEPRESIDENTE  
Pier Renzo Olivato



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

PIETRO COLOMBO

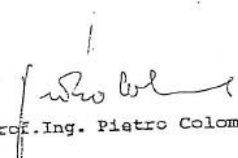
4.

ne di  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ .

Si tratta sempre di valori largamente ammissibili in relazione alle caratteristiche di resistenza del terreno di fondazione.

Tenuto conto della stratigrafia del terreno e delle nuove pressioni medie verticali si è in un campo di valori prudenziali anche in relazione alle limitate deformazioni verticali del terreno.

Particolare cura deve essere in ogni caso posta nella preparazione del piano di fondazione in relazione sia alla eventuale presenza di acqua di falda che a qualche scoscendimento locale delle pareti dello scavo.

  
(Prof. Ing. Pietro Colombo)

Padova, 21/5/74

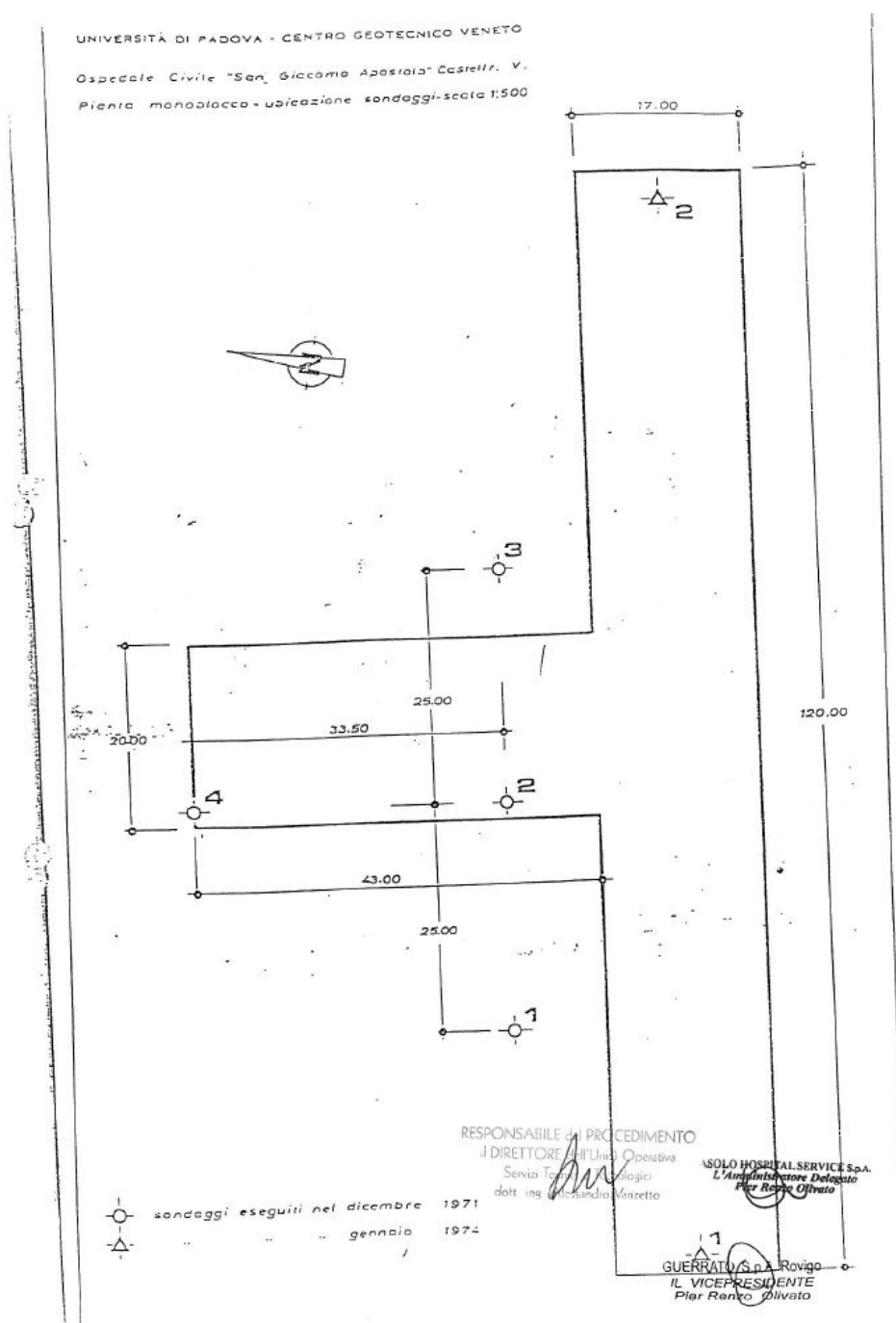
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
il DIRETTORE dell'Unità Operativa  
Servizio Tecnico-Geologici  
dott. ing. Alessandra Vanzetta

ASOLO HOSPITAL SERVICE S.p.A.  
L'Amministratore Delegato  
Pier Renzo Oliveto

GUERKATO S.D.A. ARZOVIGO  
IL VICEPRESIDENTE  
Pier Renzo Oliveto

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>







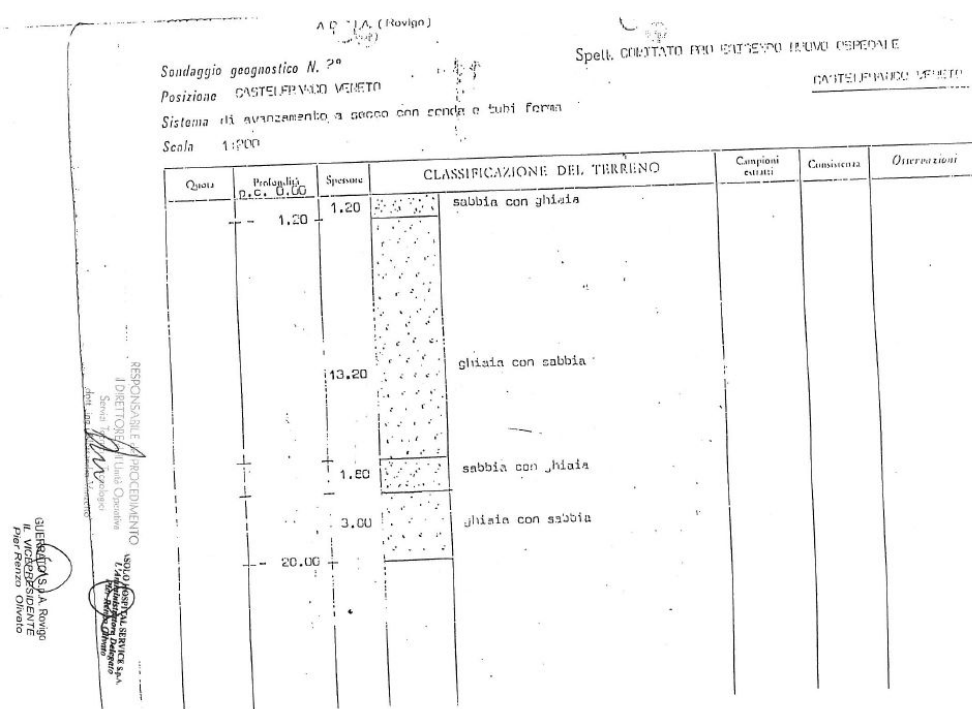
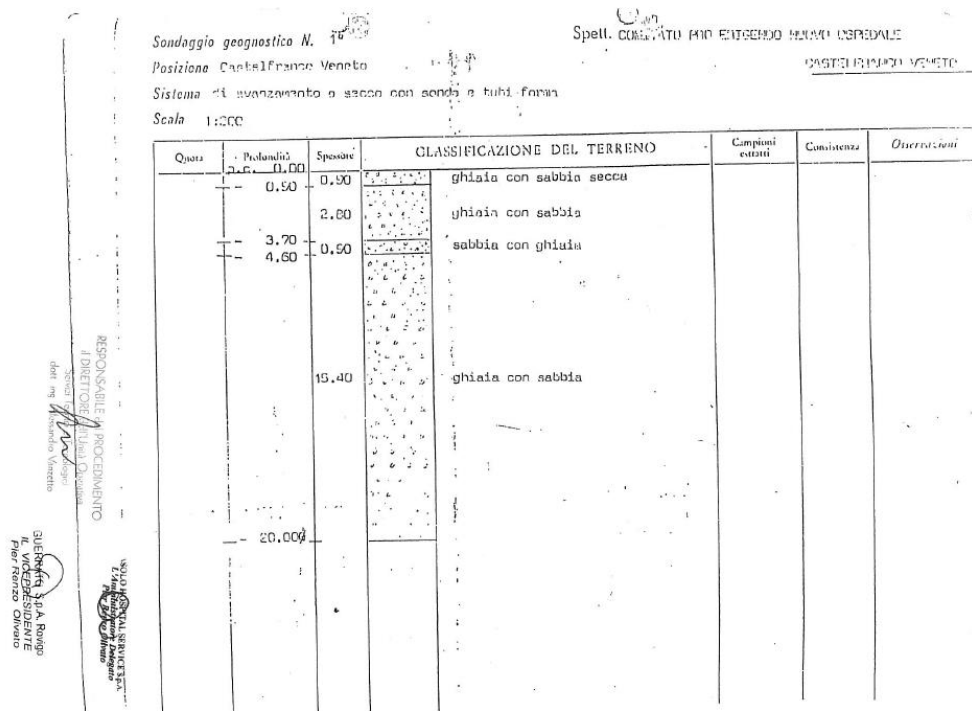
PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

**PROGETTO DEFINITIVO**

**D-SD002**

**STRUTTURE**

**RELAZIONE GEOTECNICA**





# ISTITUTO ONCOLOGICO VENETO -IRCCS



REGIONE DEL VENETO

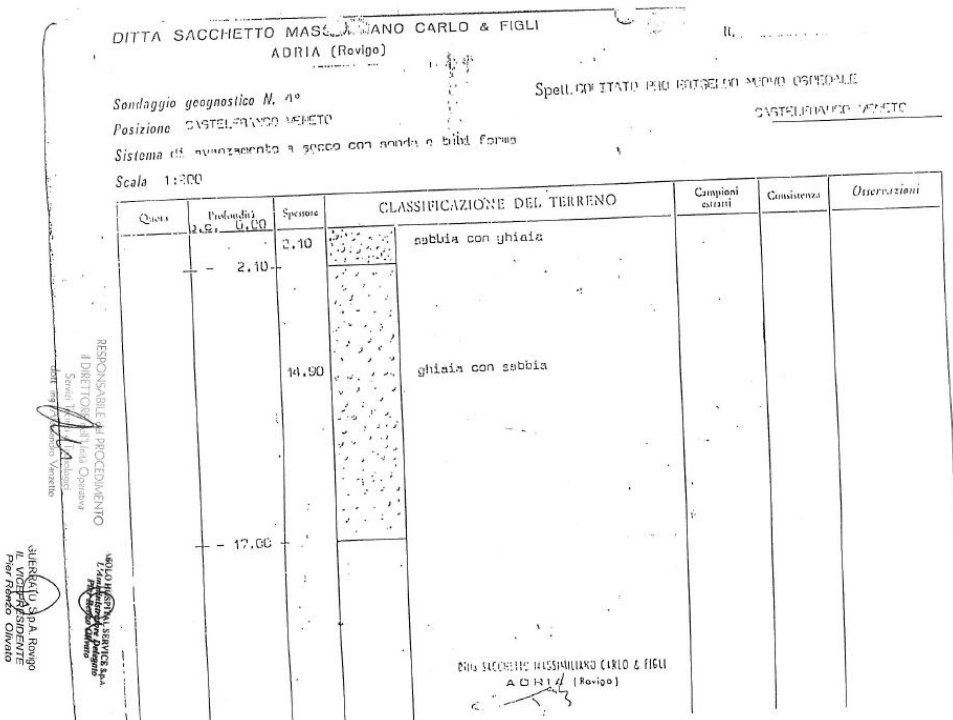
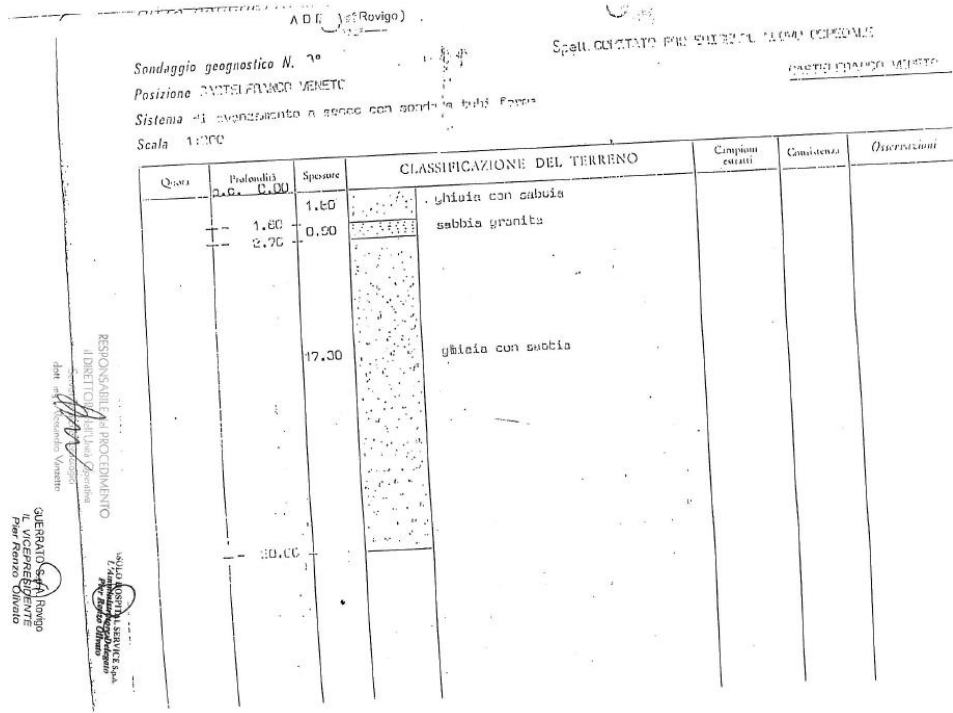
REGIONE DEL VENETO



ULSS2  
MARCA TREVIGIANA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>





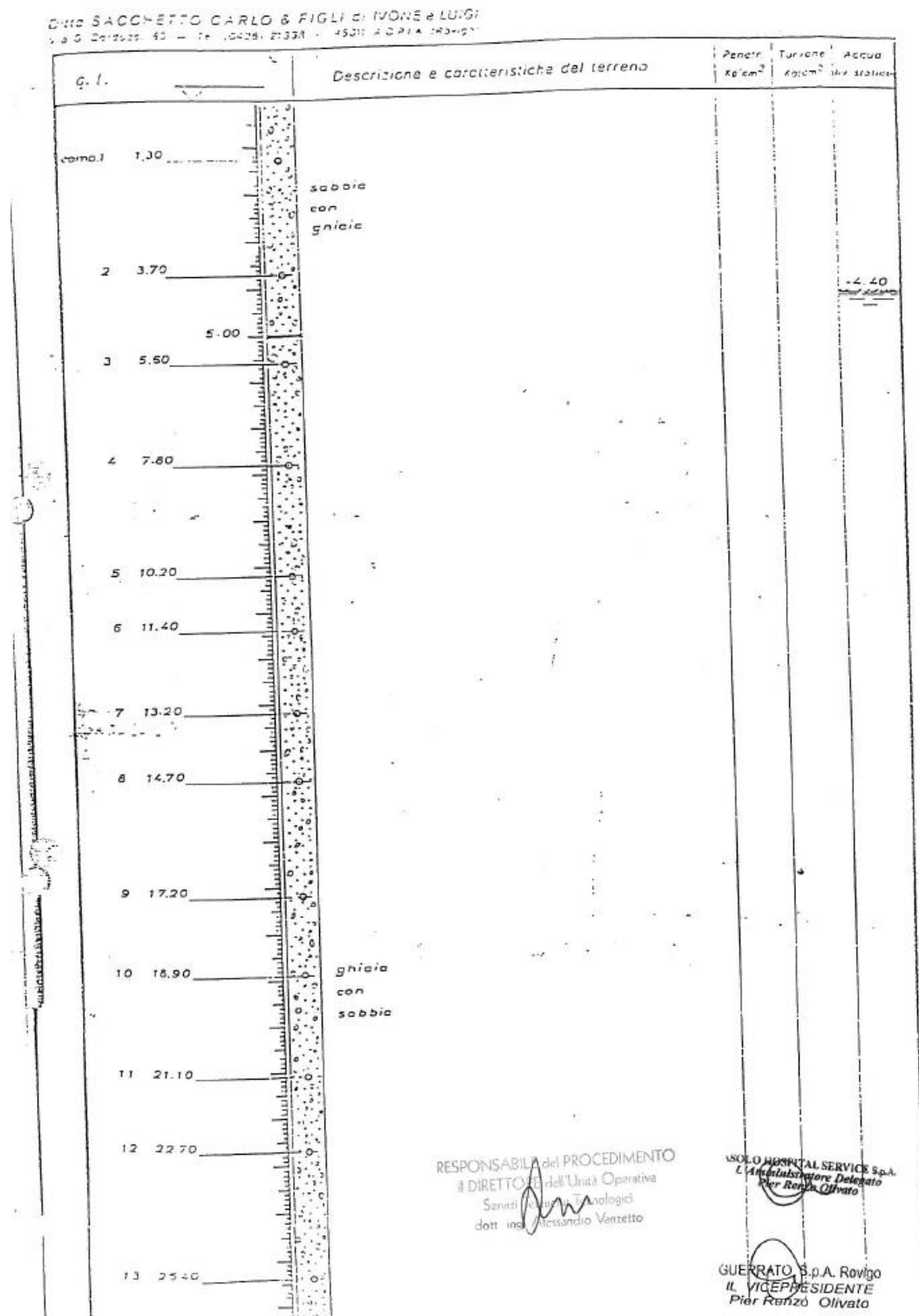
PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

**PROGETTO DEFINITIVO**

**D-SD002**

**STRUTTURE**

**RELAZIONE GEOTECNICA**





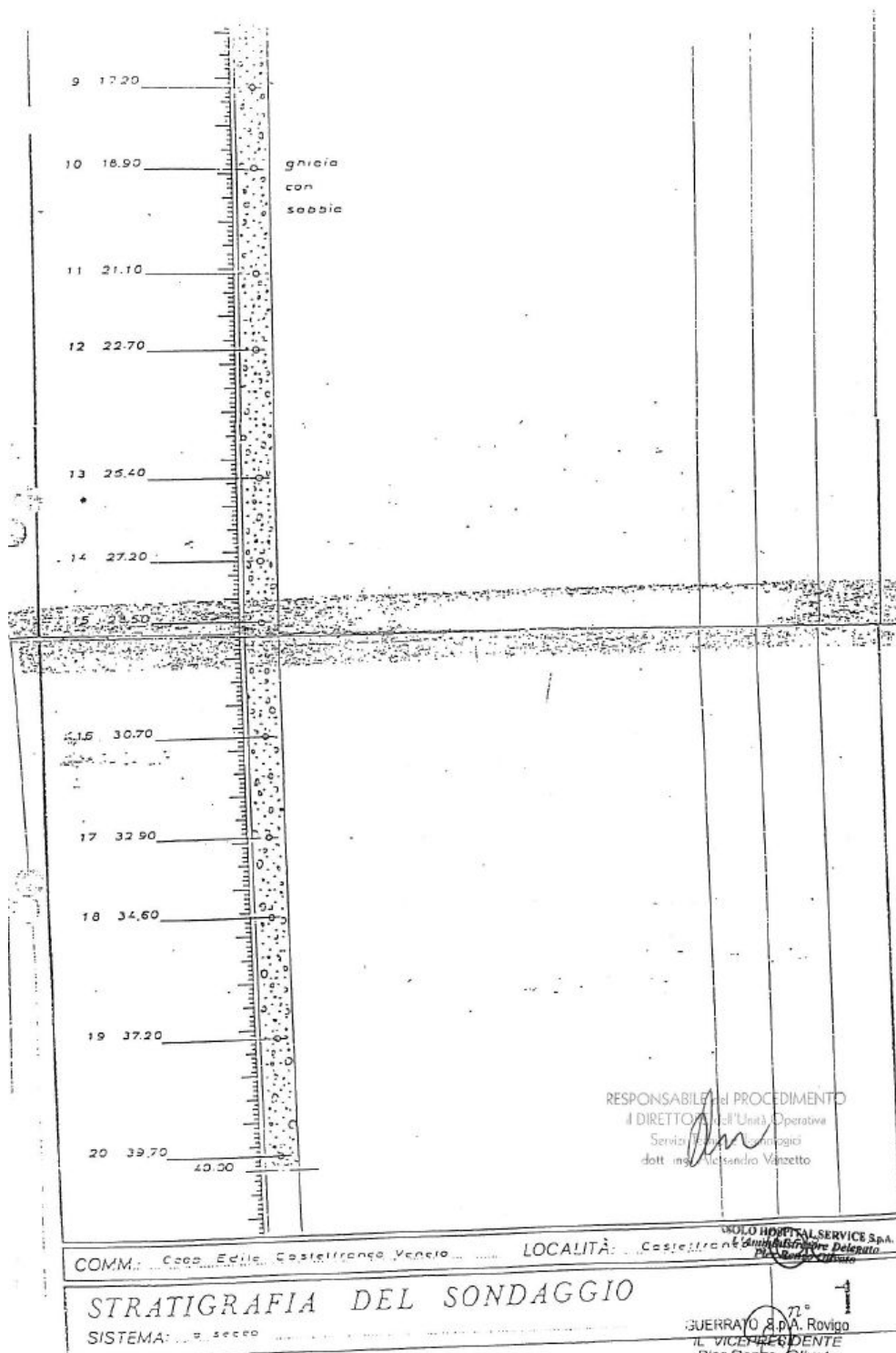
PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO

D-SD002

STRUTTURE

RELAZIONE GEOTECNICA

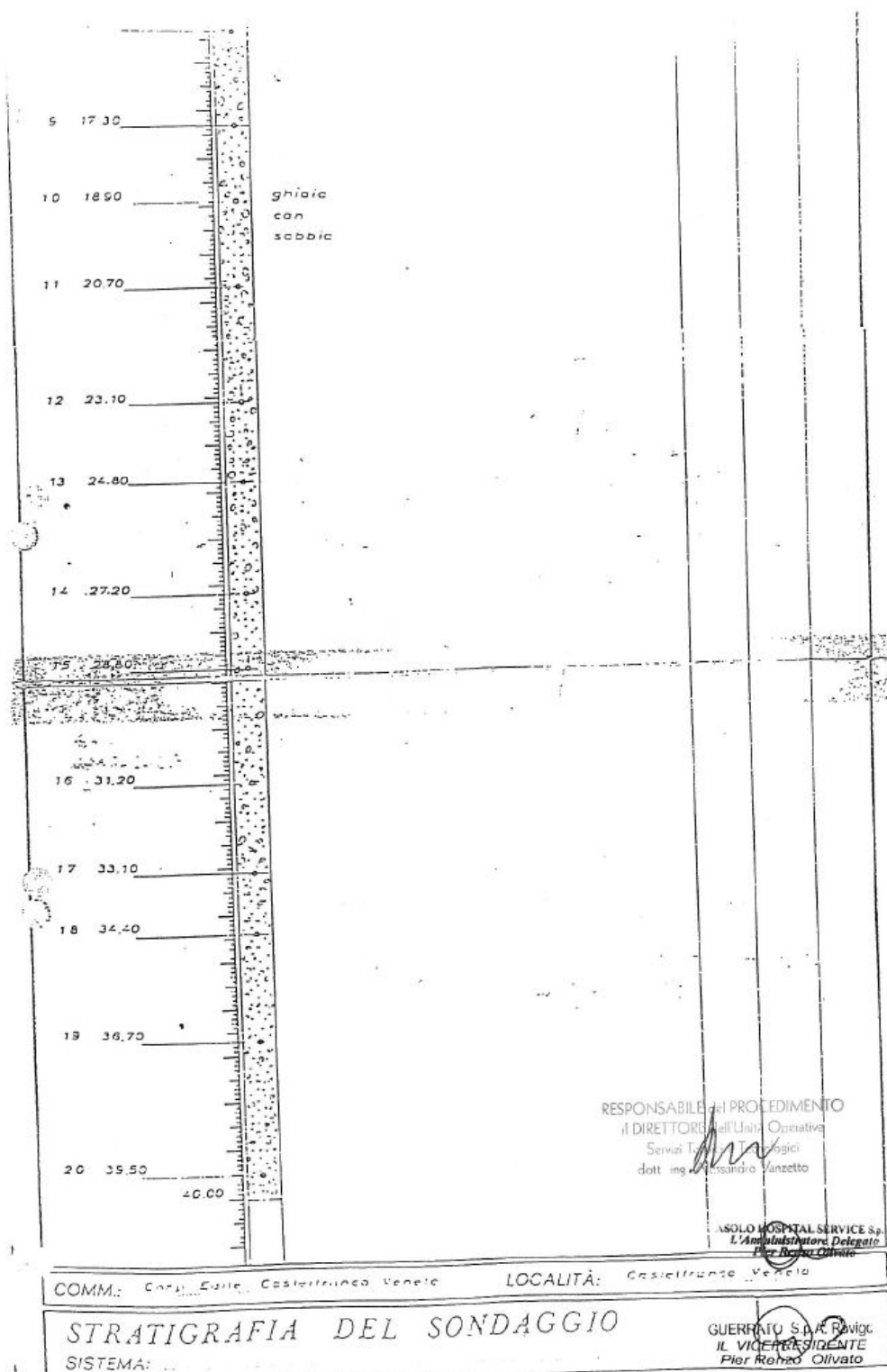






PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO	D-SD002
STRUTTURE	RELAZIONE GEOTECNICA

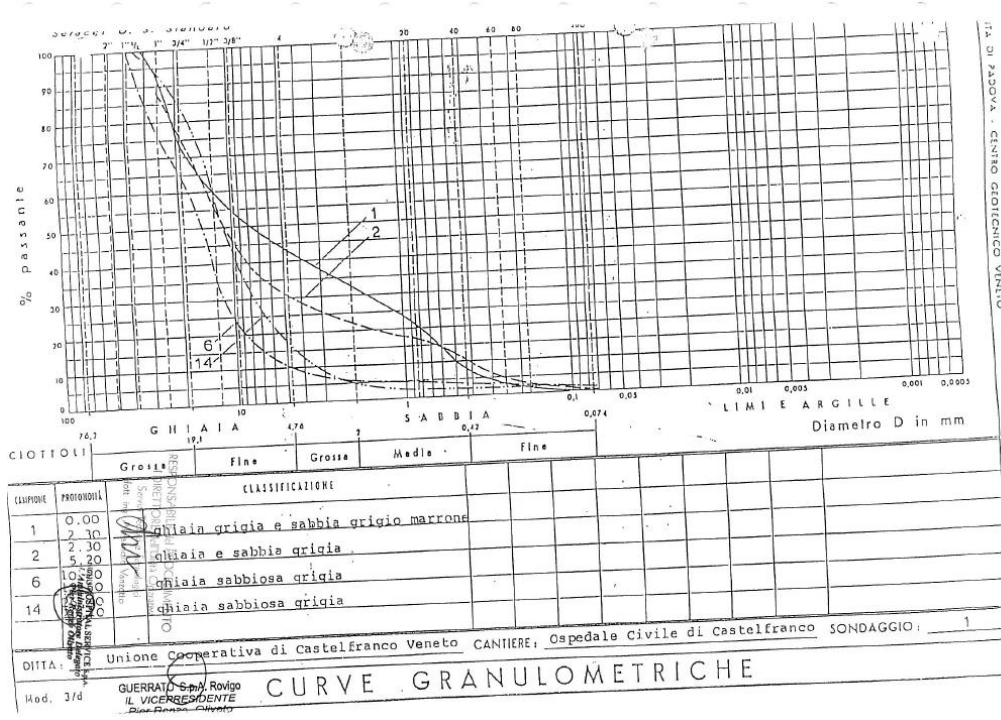
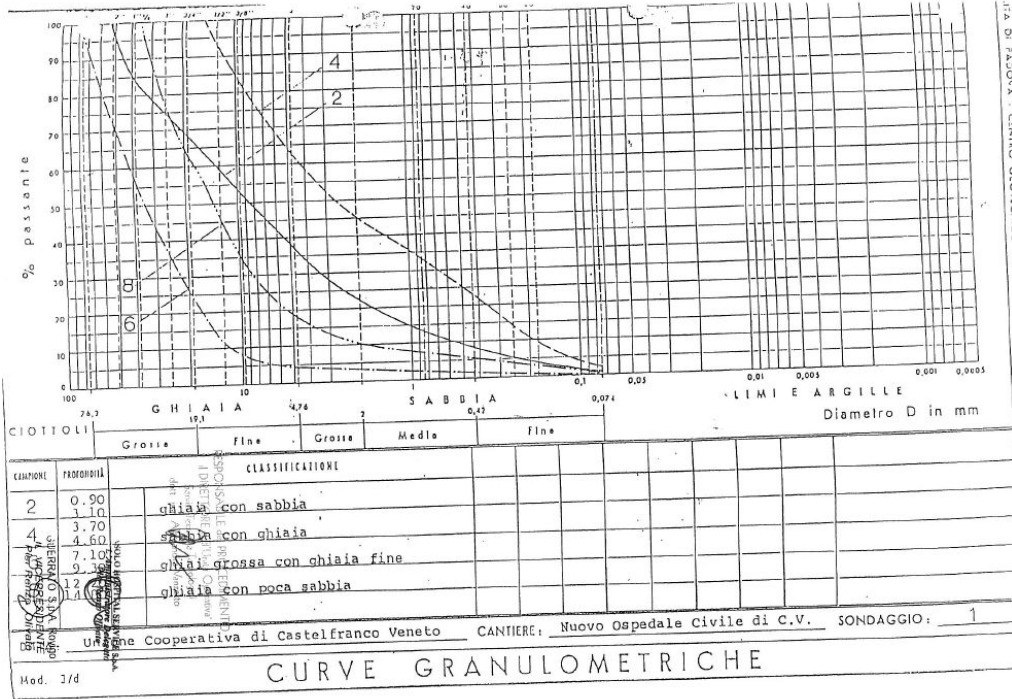






PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>



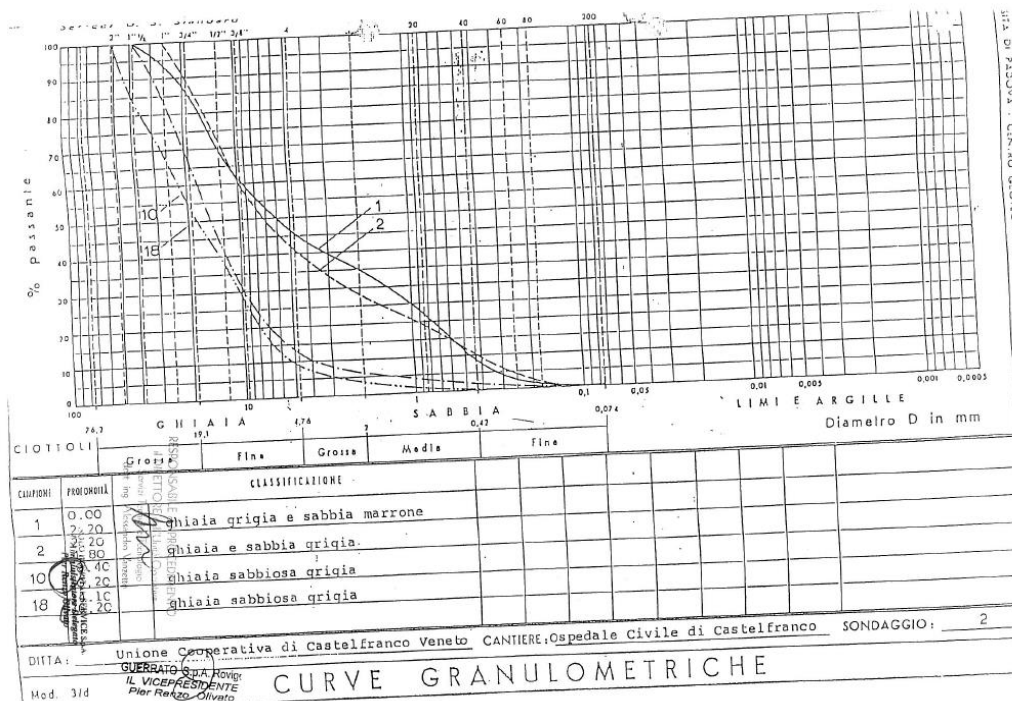
PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO

D-SD002

STRUTTURE

RELAZIONE GEOTECNICA



Dai risultati delle indagini sopra esposte si evince che il terreno sottostante è di tipo granulare, caratterizzato prevalentemente da sabbia e ghiaia. Sulla base di queste informazioni si è ipotizzato un terreno omogeneo con le seguenti caratteristiche meccaniche (in base ad esperienze pregresse) un peso specifico pari a 20 kN/mc, un angolo  $\phi=25^\circ$ .

In ottemperanza alla Normativa vigente (Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Testo Unico – DM 17/01/2018 aggiornate con la Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP “Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni), nella presente relazione vengono riportate le principali verifiche di sicurezza della fondazione del manufatto in oggetto (analisi allo Stato Limite Ultimo). Condotte sulla base delle ipotesi sopra esposte e che dovranno essere validate dalle indagini geologiche.

Per l’inquadramento sismico si è ipotizzato un terreno di tipo D, in grado di fornire la forzante sismica massima. Ulteriori e più approfondite valutazioni potranno essere eseguite propedeuticamente nella fase di progettazione esecutiva.

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

## 6 VERIFICA FONDAZIONI SUPERFICIALI

Nel presente capitolo vengono svolte le verifiche geotecniche di sicurezza nei confronti di fenomeni di collasso per perdita di resistenza del complesso platea-terreno (analisi allo Stato Limite Ultimo).

### VERIFICHE DI SICUREZZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche di sicurezza della fondazione di tipo superficiale del nuovo edificio (platea sp 40 cm) sono state svolte nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU), che si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nelle verifiche di sicurezza deve essere  $E_d \leq R_d$ , dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e  $R_d$  il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Si è fatto riferimento all' "Approccio 2" che considera la seguente combinazione di riferimento:

$$A1 + M1 + R3.$$

Per tale combinazione i coefficienti parziali sui carichi (A1), tali valori dei coefficienti sono riportati nella "Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per gli effetti delle azioni" del citato D.M. 17/01/2018).

I coefficienti parziali  $\gamma_M$  da applicare ai parametri caratteristici del terreno (nel caso in esame angolo di resistenza al taglio  $\phi'$ ) sono pari ad 1, come da "Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno" del D.M. 17/01/2018).

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_Y$	$\gamma_Y$	1,0	1,0

Considerata la natura dei terreni di fondazione coinvolti nei potenziali meccanismi di rottura, la resistenza di progetto viene determinata in base al § 6.4.2 del DM18 con riferimento ai seguenti coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze dei terreni ("Tabella 6.4.I – Coefficienti parziali per gli SLU di fondazioni superficiali) sono indicati nella tabella 6.4.I estratta dal DM 17/01/2018").

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

## 6.1 VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE PLATEA

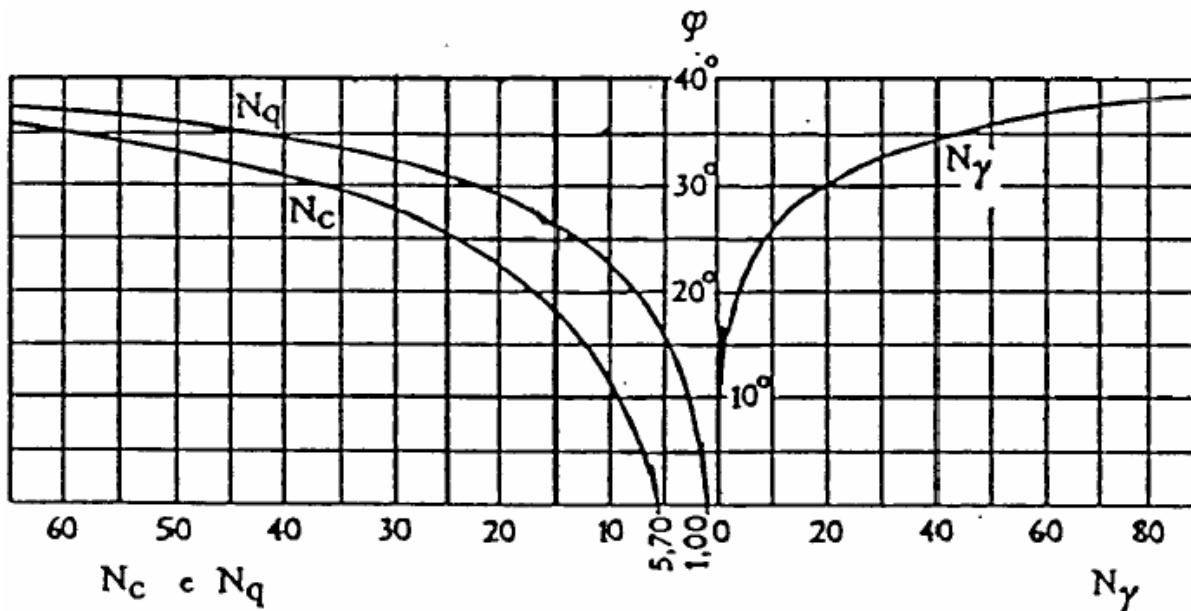
Il calcolo della resistenza di progetto  $R_d$  viene condotto con riferimento alla condizione drenata (cioè considerando il solo contributo della resistenza al taglio degli strati di terreno e trascurando la resistenza offerta dalla coesione  $c'$ ). Si ha pertanto:

$$R_d = q_{lim}/\gamma_R = N_c C + N_q q_0 + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

- dove:
- $q_{lim}$  resistenza a rottura unitaria;
  - $\gamma_R$  coefficiente parziale definito dalle NTC 18 pari a 2.3 per l'approccio 2 combinazione A1+M1+R3.
  - C coesione
  - $q_0$  sovraccarico agente al piano di imposta della fondazione
  - $\gamma$  peso di volume del terreno;
  - B larghezza della fondazione;
  - $N_c, N_q, N_\gamma$  fattori di capacità portante secondo la teoria di Terzaghi

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO	D-SD002
STRUTTURE	RELAZIONE GEOTECNICA



Il piano di imposta delle fondazioni esistenti si trova a circa 2.60 m di profondità dal piano campagna.

Si considera cautelativamente un campo tipo di area 3x3 m; i coefficienti di Terzaghi assumono rispettivamente i valori:

Condizioni drenate

$$N_c = 20.72$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_\gamma = 10.88$$

**i rimanenti parametri sono stati ipotizzati**  $\gamma = 20.0$  kN/mc,  $\phi = 25^\circ$ ,  $c' = 0$  KPa (ipotesi cautelativa) e  $q_0 = 20.0 \times 2.60 = 52.00$  kPa.

Considerando in via cautelativa un'impronta di 3x3 m, si ricava quindi un valore della resistenza unitaria di progetto

$$q_{lim} = 880.72 \text{ kPa in condizioni drenate}$$

Applicando ai valori sopra calcolati il fattore  $R_3 \gamma = 2.30$  si ricava:

$$q_{rd} = 383 \text{ kPa in condizioni drenate}$$

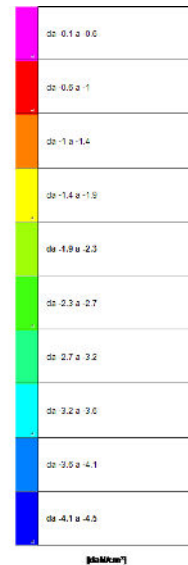
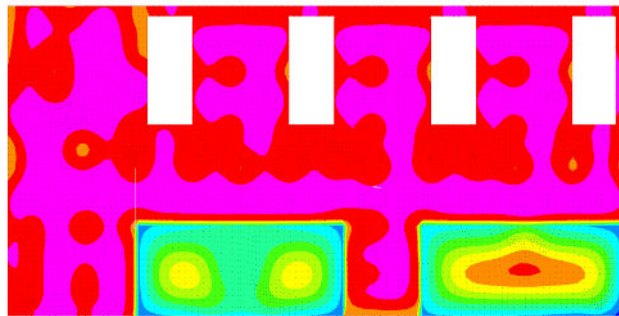
Le massime pressioni verticali calcolate per lo SLU e SLV risultano rispettivamente pari a:



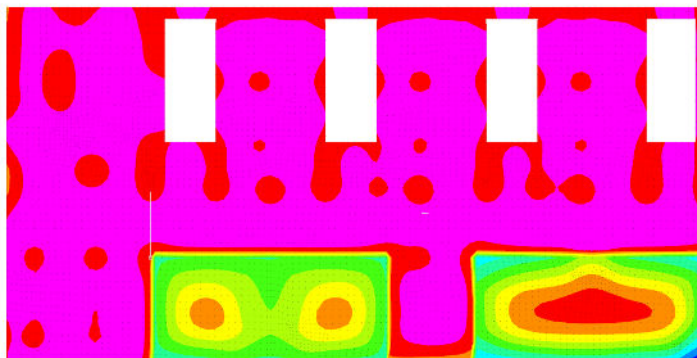
PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

*Inviluppo Pressioni terreno (combinazioni SLU)*



*Inviluppo Pressioni terreno (combinazioni SLV)*



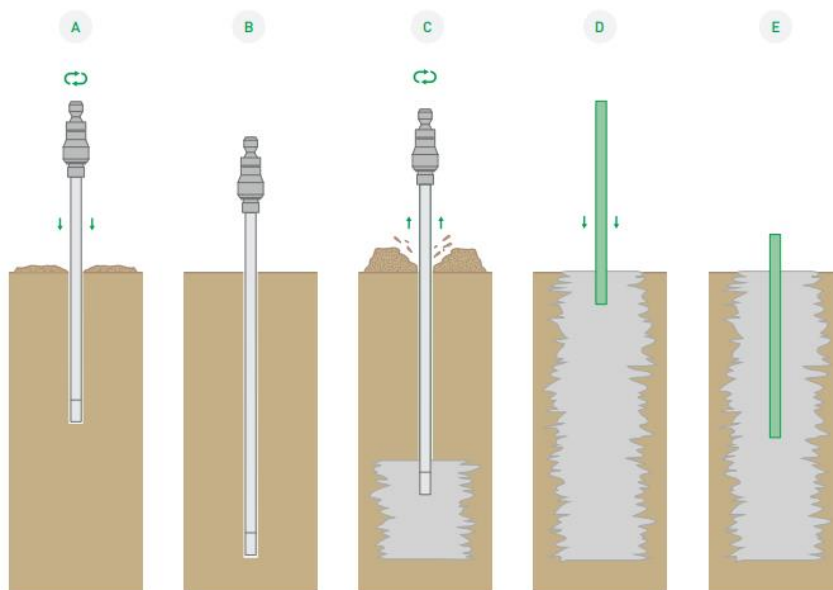
Si evidenzia come, in particolare allo SLV, alcune zone ubicate sono ai setti in c.a della zona bunker superino il valore limite, anche se di poco. Tali zone sono caratterizzate da pressioni doppie rispetto a quelle riscontrate nel resto della fondazione (zona ambulatorio). Alla luce di tale considerazione, con l'intento di aumentare la portanza del terreno sottostante i bunker e ridurre la differenza di cedimento tra le due porzioni di edificio è stata prevista l'esecuzione di un trattamento di consolidamento mediante jet grouting del diametro di 1000 mm, disposti ad interasse di circa 3.5 m e lunghezza pari a circa 15 m, in grado cioè di trasferire agli strati più profondi oltre che

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

ridurre la differenza di cedimento tra la zona ambulatorio e i bunker dove è evidente la pressione elevate del terreno.

Tali colonne avranno esclusivamente la funzione di consolidare il terreno e non lavoreranno quindi come vincoli reagenti a trazione per la platea.



#### FASI ESECUTIVE:

- Perforazione a rotazione o roto-percussione, senza uso di camicia di rivestimento;
- Raggiungimento della profondità di progetto;
- Estrazione dell'asta di perforazione a rotazione con jettinizzazione della miscela cementizia;
- Eventuale inserimento dell'armatura "a fresco" nella malta cementizia non indurita;
- Colonna completata.



PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

PROGETTO DEFINITIVO	D-SD002
STRUTTURE	RELAZIONE GEOTECNICA

## 6.2 VERIFICA COLONNE JET GROUTING

### 6.2.1 Verifiche di sicurezza nei confronti del collasso per carico limite dell'insieme fondazione-colonne di consolidamento

Considerando l'interasse delle colonne in calcestruzzo, il diametro degli stessi, il rapporto tra la dimensione della fondazione B e la profondità D del piano di imposta dei pali (17 m circa da p.c.), si ipotizza in prima ipotesi che il meccanismo di rottura che porta al collasso il blocco di fondazione platea-pali sia corrispondente ad una fondazione di tipo diretto con piano di imposta a circa 17 m di profondità.

Le verifiche di sicurezza nei confronti del collasso per carico limite sono state quindi svolte per l'insieme fondazione-pali impostato a circa 17 m di profondità da piano campagna.

Eseguendo il calcolo nelle ipotesi assunte, e considerando solo la portata di punta delle colonne si ricava:

Condizioni drenate

$$N_c = 20.72$$

$$N_q = 10.66$$

$$N_\gamma = 10.88$$

**i rimanenti parametri sono stati ipotizzati**  $\gamma = 20.0 \text{ kN/mc}$ ,  $\phi = 25^\circ$ ,  $c' = 0 \text{ KPa}$  (ipotesi cautelativa) e  $q_0 = 20.0 \times 17 = 340 \text{ kPa}$ .

In tale caso si ricava

$$q_{lim} = 3950 \text{ kPa in condizioni drenate}$$

E applicando ai valori sopra calcolati il fattore R3  $\gamma_r = 2.30$  si ricava cautelativamente:

$$q_{rd} > 1000 \text{ kPa in condizioni drenate}$$

### 6.2.2 Verifica capacità portante delle colonne (jet-grouting)

Come ulteriore ipotesi, si verifica la capacità portante verticale della singola colonna.

La resistenza di progetto a compressione della colonna è condotta seguendo l'Approccio2 (A1+M1+R3), tenendo conto della stratigrafia di calcolo e dei parametri geotecnici caratteristici riportati in precedenza ed ai coefficienti parziali previsti dal DM18

Il valore di progetto RD della resistenza è stato ottenuto considerando, in via cautelativa, solo il contributo di RB,K (resistenza alla punta caratteristica) applicando il coefficiente  $g_b$  del set R3 pari a 1.35 per pali trivellati.

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

$$R_D = R_{B,D}$$

$$R_{B,D} = \frac{R_{B,K}}{\gamma_B}$$

La resistenza caratteristica di punta  $R_{B,K}$  è stata a sua volta ricavata dal valor medio della resistenza di calcolo  $R_{B,C}$  applicando il coefficiente  $\xi_4$  (avendo utilizzato valori cautelativi) funzione del numero di verticali di indagine: nel presente caso, con solo 4 verticali di indagine spinte oltre 30 m si ha  $\xi_4=1.42$ .

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

La resistenza di calcolo di punta  $R_{B,C}$  è stata determinata con il metodo analitico in seguito esposto a partire dai valori di calcolo dei parametri geotecnici.

$$R_{B,C} = (p'_{v(base)} \cdot Nq \cdot A_{base})$$

- dove:
- $p'_{v(base)}$  il valore della tensione verticale efficace alla base delle colonne;
  - $A_{base}$  l'area di base delle colonne;
  - $Nq$  il fattore di capacità portante, funzione della geometria dell'elemento di fondazione e delle caratteristiche dello strato di terreno in cui si trova la base, assunto  $Nq=20$ .

Dal calcolo, la resistenza di progetto risulta:

$$p'_{v(base)} = 17.00 \times 20 = 340 \text{ kPa}$$

$$A_{base} = 0.785 \text{ mq}$$

$$Nq = 20$$

Da cui risulta

$$R_{ek} = (20 \times 340 \times 0.785) = 5338 \text{ kN}$$

$$R_{ed} = R_{ek} / (\gamma_b \xi_4) = 5338 / (1.35 \times 1.42) = 2784 \text{ kN}$$

Il contributo del singolo palo sull'area di pertinenza ( $A=10.7 \text{ mq}$ ) fornisce un incremento di capacità portante pari a circa:

$$\Delta q_{rd} = 2784/A = 260.18 \text{ kPa}$$

Portanto quindi la resistenza complessiva della fondazione a:

$$q_{rd, tot} = 383 + \Delta q_{rd} = 643.18 \text{ kPa}$$

PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

### 6.2.3 Verifica massima azione delle colonne (jet- grouting)

Il carico massimo agente sul palo  $E_D$  viene infine valutato con il metodo di Broms & Boman (1978):

$$E_D = Q^{col} = A^{col} \frac{q'}{a + \frac{E_s'}{E_c}(1-a)}$$

dove:

- $Q^{col}$  = carico agente sulla singola colonna;
- $A^{col}$  = area della singola colonna, pari a 0.785m<sup>2</sup> circa;
- $q'$  = pressione media agente sull'area su cui insiste la colonna più caricata. Nel caso in esame la pressione media agente agli SLV risulta pari a circa 300 kPa
- $a = nA^{col}/A$
- $A$  = area di impronta della fondazione;
- $n$  = numero di colonne al di sotto dell'area di impronta della fondazione;
- $E_s$  = modulo di Young del terreno assunto pari 5 MPa;
- $E_c$  = modulo di Young del palo pari a 25000 MPa,

Dal calcolo risulta  $E_D = 2694$  kN.

Tale azione risulta inferiore alla sola portata di punta stimata per il palo.

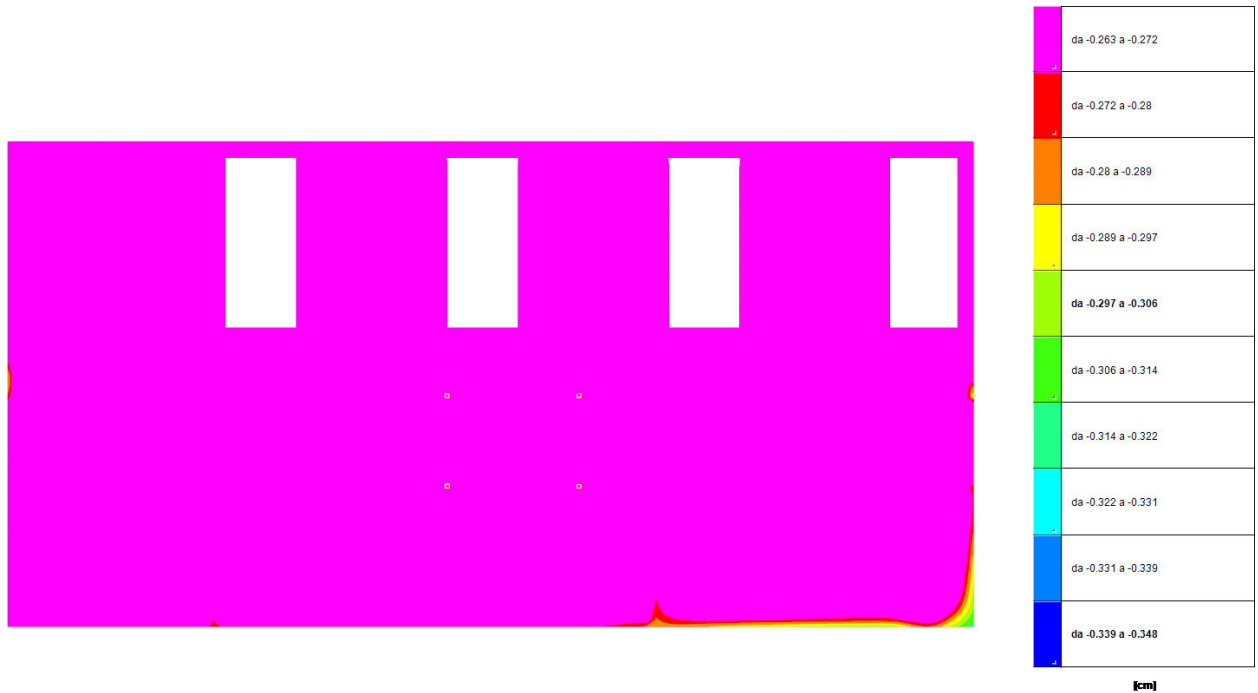


PROGETTAZIONE DEFINITIVA INERENTE I LAVORI DELLA NUOVA RADIOTERAPIA PRESSO L'OSPEDALE SAN GIACOMO DI CASTELFRANCO VENETO (TV) – IOV – IRCCS di Padova -COMM. IOV1220

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>D-SD002</b>
<b>STRUTTURE</b>	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>

## 6.2.4 Cedimenti SLE

Di seguito i cedimenti in combinazione SLE rara forniti dal programma di calcolo.



I cedimenti sono di fatto gli stessi tra la fondazione sotto il bunker e quella al di sotto dell'ambulatorio.

OSPEDALE DI CASTELFRANCO VENETO

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Premessa

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario, ai sensi del D.M. 14/07/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", la valutazione di procedere alla verifica della stabilità dell'opera in progetto nei confronti della liquefazione. Tale fenomeno viene definito come la trasformazione di un materiale granulare dallo stato solido allo stato liquefatto a causa dell'aumento della pressione dell'acqua interstiziale e della corrispondente diminuzione della tensione efficace (Marcuson, 1978). L'aumento della pressione neutrale è provocato dalla tendenza manifestata dai materiali granulari ad addensarsi a seguito di deformazioni di taglio ciclico. Questo fenomeno assume maggior risalto in terreni granulari di densità bassa e media, con basse caratteristiche di drenaggio (sabbie limose; sabbie e ghiaie limitate da strati di terreno poco permeabile). Non appena il fenomeno della liquefazione si manifesta, il terreno rammollisce, consentendo lo sviluppo di rilevanti deformazioni cicliche. Nei terreni sciolti il rammollimento è accompagnato da perdita di resistenza al taglio.

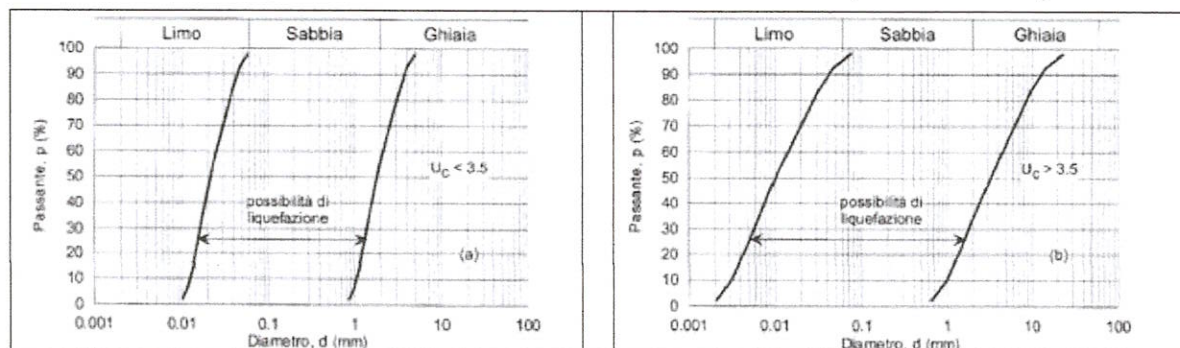
L'analisi di un problema di liquefazione consiste nella valutazione:

- della suscettibilità a liquefazione di un particolare deposito;
- dell'eventuale attivazione del fenomeno;
- degli effetti della liquefazione.

Nel caso in esame, basandoci sulla relazione geotecnica dell'Università di Padova Centro Geotecnico Veneto del 22.03.1974 allegata, si può affermare che la **verifica a liquefazione può essere omessa** in quanto:

il terreno di fondazione in esame è costituito per uno spessore di 20 m da alternanze di ghiaia con sabbia e sabbia con ghiaia di granulometria prevalentemente grossolana compresa tra 0.3 mm e 25 mm, per cui la distribuzione granulometrica dei campioni analizzati è esterna alle zone indicate nelle figure sottostanti

Esempi di distribuzione granulometrica in cui i materiali all'interno dei fusi sono potenzialmente liquefacibili.



# DOTT. GEOL. PAOLO CORNALE

e può ricondurre alla condizione n. 4 delle seguenti prescrizioni:

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; (agmax);
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
4. **distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure sottostanti nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .**

Vicenza, 15 novembre 2021

Allegati: Relazione geotecnica Castelfranco

