


PROGETTISTA ING. ALBERTO PERDOMI ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO N. A17290	DIRETTORE DEI LAVORI	COMMITTENTE	COORDINATORE DI PROGETTO
---	----------------------	-------------	--------------------------

 CENTRO DI ANALISI STRUTTURALE S.r.l.	V.le Giustiniano, 10 20129 MILANO TEL. + 39 02 20 20 221 FAX: + 39 02 2951 2533 E-MAIL: ceas@finzi-ceas.it	SISTEMA GESTIONE QUALITA'
		AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO n° K031 RILASCIATO DA ISTITUTO QUASER CERTIFICAZIONI S.R.L. Progettazione ed erogazione di servizi di ingegneria strutturale, infrastrutturale, geotecnica, calcolo specialistico strutturale e geotecnico, direzione lavori, collaudo statico e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e esecuzione (EA 34)

COMMITTENTE 	POLITECNICO DI MILANO Amministrazione Centrale – Dipartimento di Energia – Area Tecnico Edilizia Piazza Leonardo da Vinci 32 – 20133 Milano Responsabile Unico del Procedimento: Arch. R. Licari
---	--

OPERA DA ESEGUIRE Edificio Laboratorio per installazione di un calorimetro calibrato a due camere per il Dipartimento di Energia - Campus La Masa – Lambruschini PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO RELAZIONE GENERALE TECNICO DESCRITTIVA

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	R.C.
0	18/12/12	Prima emissione	Giuffredi	Perdomi	N.A.	Perdomi
Nome file	Codice commessa	Tipologia commessa	Tipologia elaborato	Fase progettuale	Parte d'impianto	Progressivo elaborato
PER-EG-002.pdf	12017	PE	R	E	G	002

INDICE

1. PREMESSA	4
2. STATO DI FATTO	4
3. RILIEVI	7
4. LINEE PROGETTUALI	9
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	11
3.1 L'area di intervento	11
4. STRUTTURA	11
4.1 Prescrizioni particolari per il montaggio dei tegoli	12
5. DESCRIZIONE DELLE FINITURE:	13
5.1 PIANO TERRA	13
5.1.1 Laboratorio e magazzino	13
5.1.2 Ingresso	13
5.1.3 Bagni – Spogliatoio	14
5.1.4 Locale a disposizione sottoscala	15
5.2 PIANO MEZZANINO	15
5.2.1 Corridoio	15
5.2.2 Bagno/Antibagno	16
5.3 PIANO PRIMO	17
5.3.1 Corridoio e vano scala	17
5.3.2 Uffici e locali	17
5.3.3 Terrazzo	18
5.4 PIANO COPERTURA	19
5.5 COLLEGAMENTI VERTICALI	20
5.5.1 Vano scala:	20
5.5.2 Ascensore:	20
5.6 FACCIATE E SERRAMENTI	20
5.6.1 Facciata in legno	20

5.6.2	Facciata metallica	21
5.6.3	Facciata con serramento	21
5.7	COLLEGAMENTI LATERALI AI CORPI C2 E C3	22
5.8	SISTEMAZIONI ESTERNE	22
6.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	23
7.	ALLEGATO 1: RELAZIONE GEOTECNICA	25

1. Premessa

Il progetto prevede la nuova costruzione di un edificio ad uso Laboratorio per l'installazione di un calorimetro calibrato a due camere finalizzato a testare climatizzatori, refrigeratori di liquido, pompe di calore e componenti idronici per il Dipartimento di Energia, presso il Campus La Masa – Lambruschini del Politecnico di Milano.

Il nuovo fabbricato, inserito in un contesto edificato a connotazione industriale (area ex PPG), si posiziona tra due capannoni esistenti denominati C2 e C3, in un'area che in parte coincide con la proiezione della volta di collegamento dei sopraccitati capannoni (denominata nelle tavole "tettoia C2.1").

La scelta di collocare parte del sedime dell'edificio al di sotto della volta esistente è sia di natura compositiva, in quanto la volta offre continuità morfologica e visiva tra gli edifici esistenti ed il nuovo intervento, sia di natura statica essendo questa strutturalmente collegata agli edifici attigui.

Il progetto prevede come disposizione funzionale che:

- al piano terra vi siano gli spazi destinati alla collocazione di camere di prova, sale controllo, magazzino di stoccaggio ed approntamento di macchinari da sottoporre a prova, i collegamenti verticali oltre agli spazi di servizio per un totale di circa 500mq, separatamente dall'edificio laboratorio vi sono due corridoi laterali al servizio degli edifici esistenti;
- al piano mezzanino (+3.00m) sono collocati i locali di servizio per una superficie di circa 60 mq;
- al primo piano, per una superficie pari a 200mq circa, sono posizionati i locali ad uso ufficio e la sala riunioni;

2. Stato di fatto

L'area su cui si colloca il nuovo intervento è, come anticipato, caratterizzata da un contesto edificato con tipologia industriale. Gli edifici adiacenti sono ex capannoni industriali strutturalmente collegati tra loro da ampie volte.

La struttura di copertura è realizzata da travi con andamento curvilineo in calcestruzzo armato, collegate agli edifici da catene in ferro. Tali catene risultano essere rivestite da carter metallico.

Le travi risultano avere un rivestimento di copertura in lamiera metallica ondulata.

L'altezza massima della volta, dal piano di calpestio all'intradosso della stessa risulta essere di circa mt. 10, la quota di intradosso delle catene è di circa mt. 5.95 dal piano di calpestio.

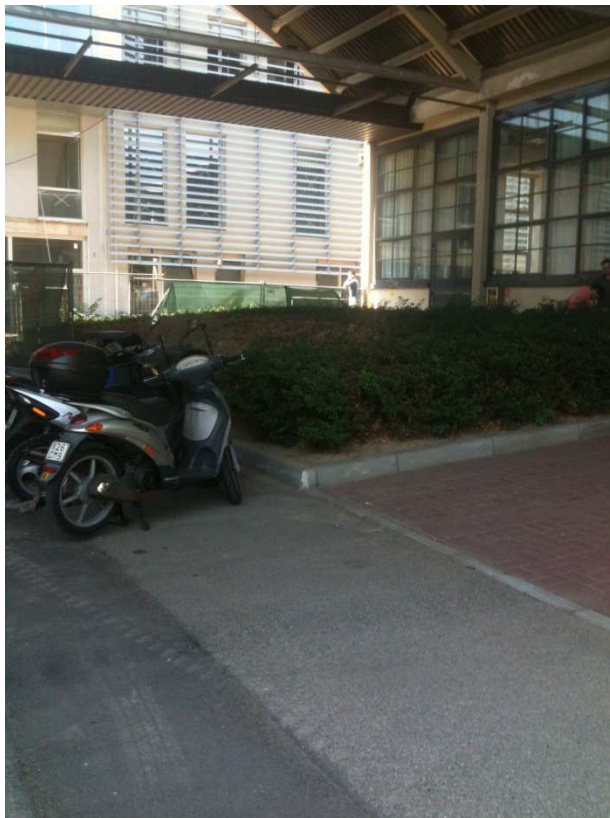
Parallele alle catene sono presenti, agli estremi della volta, due polifere aeree, rivestite da un carter metallico e strutturalmente collegate agli edifici ed alla volta con pendinatura e travatura metallica laterale. Sono poste ad una quota di circa 6.5 mt.

In corrispondenza di una parte del sedime del nuovo edificio è posizionata un'area verde piantumata, verrà quindi a rendersi necessario lo spostamento di alcuni alberi e delle panchine in pietra in essa contenute.

Lo spostamento ed il ricollocamento delle alberature e delle panchine avverrà a carico della Proprietà'.



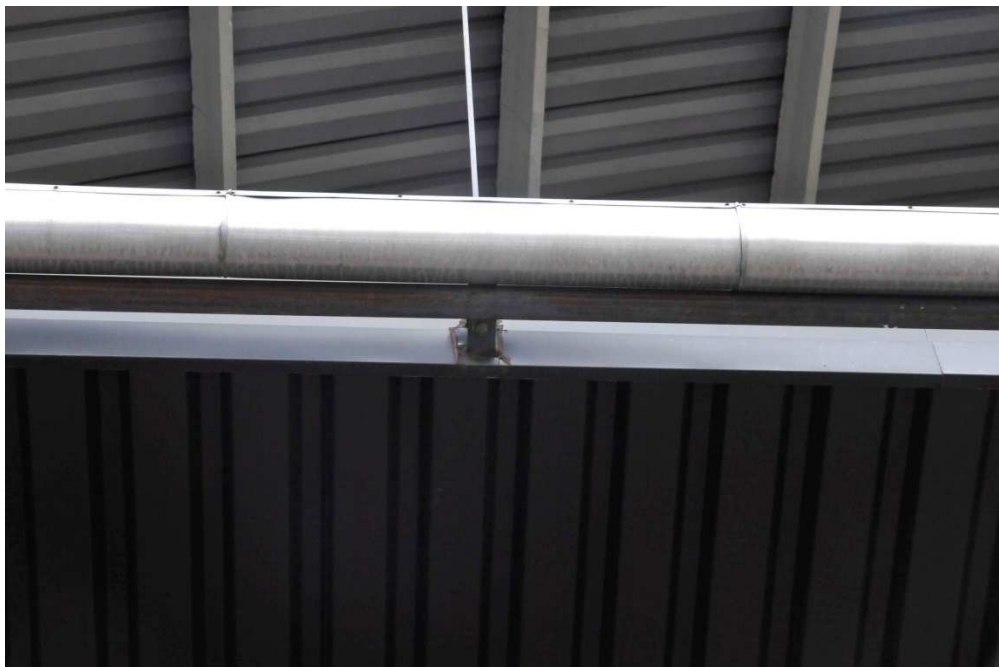
Vista della volta in corrispondenza dell'edificio C3



Vista della volta in corrispondenza dell'edificio C2



Vista della catena



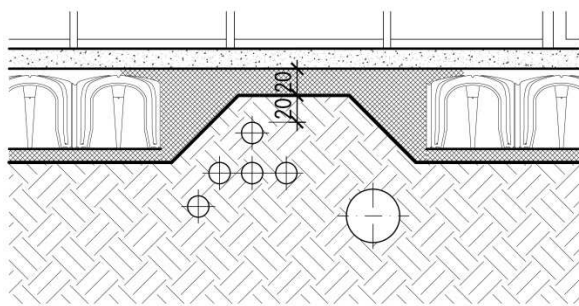
Vista della catena e del carter per il passaggio impianti.

Sull'area è presente anche una serie di sottoservizi, tubazioni acque bianche, acque nere, cavi di media tensione e di fibre ottiche.

3. Rilievi

E' stata verificata la presenza di sottoservizi attraverso un'ispezione visiva da cui emerge la necessità di deviare le tubazioni delle acque nere a causa della loro interferenza con le strutture di fondazione del vano ascensore, come meglio indicato nelle tavole di progetto allegate. Tale spostamento deve essere effettuato prima della realizzazione del jet-grouting. Tale lavorazione (jet-grouting) verrà effettuata successivamente al reinterro degli scavi sopra descritti.

I cavi della media tensione, della fibra ottica e le tubazioni delle acque bianche da rilievo risultano essere collocati ad una quota tale da poter essere mantenuti nella posizione esistente. In corrispondenza di dette tubazioni verrà effettuato uno scavo superficiale mantenendo un franco di 20 cm circa di terreno sulle tubazioni stesse su cui appoggiare il magrone e quindi la finitura(come da particolare allegato)

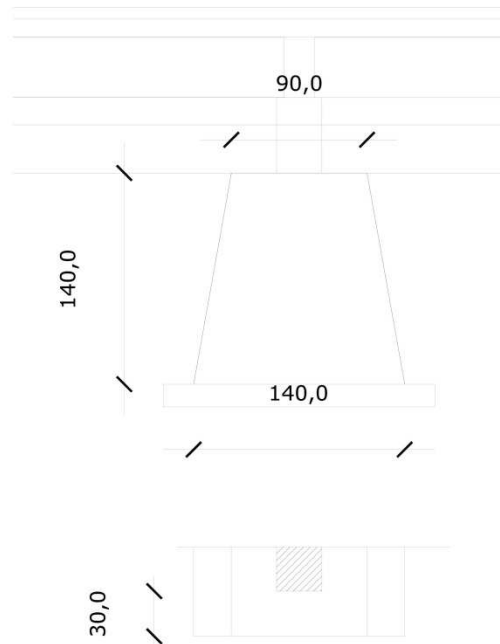


Particolare posizione tubazioni e cavi in corrispondenza del sedime del nuovo edificio

Sono stati effettuati dei sondaggi in corrispondenza delle fondazioni degli edifici attigui C2 e C3 da cui è emerso la dimensione dei plinti di fondazione.



Scavo in corrispondenza del plinto di fondazione



Rilievo dimensioni plinto

4. Linee progettuali

L'edificio è costituito da un corpo centrale con dimensione di circa 20 x 25 m, e due "corridoi" laterali con funzione di collegamento ai capannoni C2 e C3 esistenti e da un primo piano ad uffici di circa 20x10m.

L'edificio si "infiltra" al di sotto della tettoia C2.1 esistente per circa 2 campate (intendendo con campata la scansione definita dalla pilastratura dei capannoni esistenti), mantenendo sia la caratteristica architettonica che statica del costruito.

L'edificio deve mantenere inalterato lo stato di fatto del capannone C3 per quanto riguarda sia la possibilità di utilizzare le vie di fuga delle aule presenti al piano terra, sia di non compromettere le prese/mandate d'aria degli impianti posti nel locale tecnico collocato nel mezzanino. In tale senso il nuovo edificio è stato progettato realizzando dei corridoi REI 120 tali da rispettare gli spazi necessari per le uscite di sicurezza, separandoli dalle aree di ventilazione delle macchine poste al mezzanino dell'edificio C3

Il nuovo fabbricato con funzione di laboratorio in cui compiere test sulle macchine per la produzione di energia è progettato con l'intenzione di realizzare un manufatto che rispetti ed includa esigenze di risparmio energetico, di innovazione tecnologica e di rispetto dell'ambiente.

La trasposizione architettonica di questi obiettivi deve "dialogare" con la morfologia degli edifici attigui esistenti.

In tal senso sono stati mantenuti integri gli edifici esistenti, compreso la volta di collegamento tra gli edifici denominati C2 e C3, ed è stato inserito il nuovo volume parzialmente sotto alla suddetta volta, garantendo un minor impatto visivo ed una continuità tipologica della cortina di facciata.

La scelta di utilizzare due differenti finiture di facciata (nei laboratori posti a piano terra viene infatti impiegato il legno, quale materiale rinnovabile ed a basso impatto dal punto di vista della catena produttiva; al piano primo ad uso uffici viene utilizzato il metallo verniciato rosso (RAL 3002) permette di rendere la semplice forma geometrica visivamente incisiva e significativa.



Render del progetto

L'interno presenta una differenziazione dei materiali e delle finiture secondo la destinazione d'uso dei locali.

I locali ad uso laboratorio posti al piano terra verranno realizzati con finiture "grezze" come i blocchetti in cls con giunti stilati ed il piano di calpestio in cemento industriale. La zona dell'atrio e del mezzanino sovrastante sono caratterizzati dall'uso di cemento armato lasciato a vista e della pavimentazione in cemento industriale. Il blocco bagni, rientrando nell'ottica di un edificio industriale, verranno realizzati con finitura a smalto e pavimento in cemento industriale.

In quest'ottica di mantenere la connotazione degli ambienti con finiture tipiche dell'edilizia industriale, si è progettato il blocco dei collegamenti verticali, scale ed ascensore, con cemento armato lasciato a vista e parapetti in tubolare di acciaio a disegno semplice.

Al piano primo, destinato ad accogliere gli uffici, le finiture assumeranno una connotazione più consona alla destinazione d'uso dei locali; le pareti in cartongesso saranno rivestite con idropittura ed il pavimento sopraelevato per permettere il passaggio degli impianti avrà finitura in legno.

3. Descrizione dell'intervento

3.1 L'area di intervento

Il lotto sul quale insiste il progetto ha una forma rettangolare, con luce tra gli edifici esistenti di circa 25 metri, parzialmente coperti (per circa 15 metri) dalla tettoia C2.1 esistente.

Sono presenti dei sottoservizi che, come descritto nei capitoli precedenti, verranno mantenuti ad eccezione delle tubature delle acque nere che, in corrispondenza della fossa del vano ascensore, verranno deviate. Tutti i sottoservizi esistenti rilevati verranno intercettati a valle e a monte del sedime del nuovo edificio e realizzati pozzetti d'ispezione.

Come precedentemente descritto nell'area sono presenti all'intradosso della volta della tettoia, le catene e due polifere aeree collegate agli edifici attigui.

4. Struttura

La struttura del nuovo edificio ha fondazioni isolate composte da plinti e travi rovesce che poggiano sul terreno alla quota di -85 cm. Per migliorare le caratteristiche di resistenza del terreno verrà effettuato un trattamento con miscele cementizie (jet-grouting).

La struttura in elevazione, nella parte dei laboratori, per scelte progettuali di massima flessibilità degli ambienti, è composta da pilastri prefabbricati con camicia in acciaio e setti perimetrali in calcestruzzo armato, per un'altezza di mt 5.70 (4.80 sotto tegolo). La copertura del locale laboratorio è realizzata con un solaio a tegoli prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso e da travi prefabbricate, per coprire la notevole luce.

La parte in cui sono presenti i collegamenti verticali, il vano ascensore e la scala, saranno realizzati in cemento armato gettato lasciato a vista.

Tutte le strutture in cemento armato sono lasciate a vista, non solo la scala ed il vano ascensore, devono, quindi, essere realizzate a regola d'arte in nodo tale da non far affiorare armature e nodi di ghiaia. Inoltre non devono essere presenti nel getto corpi estranei. I casseri devono essere ben puliti prima della posa e posati in modo allineato e complanare tra loro. Gli spigoli esposti degli elementi in cls devono avere uno smusso di mm15. L'effetto estetico che si vuole ottenere è quello del cemento realizzato a regola d'arte e lasciato a vista. (Per le note generali e le prescrizioni esecutive riguardanti le strutture si faccia riferimento alla tav. PED-EH-006).

Il volume corrispondente all'ingresso e agli uffici verrà realizzato con pareti e pilastri in calcestruzzo armato. I solai saranno così realizzati: piano mezzanino e piano primo parte in getto pieno e parte in laterocemento. Per la realizzazione delle strutture in calcestruzzo armato valgono le note sopra descritte.

Il solaio di copertura dei locali ufficio al primo piano sarà realizzato con tegoli prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso e da travi prefabbricate.

Le ali laterali di collegamento con gli edifici esistenti avranno solaio con struttura metallica in lamiera grecata e getto di collegamento.

Tale struttura, equiparata ad un edificio scolastico, viene considerata edificio strategico, quindi si assume una vita nominale pari a 100 anni ed una classe d'uso IV.

4.1 Prescrizioni particolari per il montaggio dei tegoli

L'impresa appaltatrice deve predisporre un programma dettagliato di posa dei manufatti, che dovrà essere concordato e aggiornato con la Direzione Lavori.

Si deve prestare particolare attenzione alle operazioni di posa dei prefabbricati nella porzione tra i fili 1 e 4 per la presenza delle strutture esistenti della volta e dei tiranti.

Il montaggio deve essere effettuato con idonei sistemi in grado di posare i tegoli sopra le travi nella porzione priva di vincoli e di farli scorrere mediante sistemi idraulici e appoggi scorrevoli fino al raggiungimento della corretta posizione di montaggio.

Si dovranno seguire le seguenti fasi di montaggio:

Opere da preparare prima del sollevamento dei tegoli TT:

- Posa a secco degli elementi verticali (pilastri) ed orizzontali di piano (travi di bordo/travi guida)
- Getto dei pilastri e delle travi di bordo (travi guida)

Nota: le travi guida devono avere l'ala larga almeno 35-40 cm, per consentire l'utilizzo dei pattini (questi necessari per la traslazione degli elementi tegoli in esame)

Fasi operative:

- Posizionamento dei pattini in quota sulle ali delle travi guida. Questi saranno posizionati in modo da consentire alle gambette dei tegoli di poggiarsi sopra;
- Aggancio e sollevamento dei tegoli, dal mezzo che li trasporta alla posizione in quota (sui pattini precedentemente predisposti) mediante idonea autogrù;
- Sgancio dell'elemento dal tiro dell'autogrù;
- Aggancio del tegolo ai tirfort;
- Azionare il tiro al tegolo Mediante centralina idraulica (i tirforce in questa fase devono essere debitamente ancorati ad una massa di contrasto) fino a trascinare l'elemento nella sede desiderata.
- Sollevare il tegolo, mediante ausilio di martinetti, al fine di rimuovere i pattini e posizionare le gomme di ripartizione.
- Abbassare il tegolo fino alla posizione finale e rimuovere i martinetti.

5. Descrizione delle finiture:

5.1 PIANO TERRA

5.1.1 Laboratorio e magazzino

A) Murature e tavolati:

Parte delle strutture verranno realizzate in conglomerato cementizio mediante getto, la struttura rimarrà a vista. Le casseforme verranno realizzate con l'impiego di tavole precedentemente pulite. A protezione delle strutture a vista sarà posto uno strato anticarbonatazione, a due riprese di pittura, con copolimeri acrilici e resine insaponificabili.

Le rimanenti parti strutturali verranno realizzate con blocchi cavi facciavista, in conglomerato cementizio vibrocompresso idrorepellente, colore grigio. E' compresa la stilatura a vista su uno o entrambi i paramenti. La muratura sarà realizzata con giunti verticali sfalsati e la stilatura dei giunti verrà eseguita a regola d'arte con ferro tondo (fughino).

B) Pavimenti:

Saranno realizzati con pavimento a spolvero con incorporo superficiale di 2 kg/m² di quarzo e 2 kg/m² di cemento, posato su massetto, compresa lisciatura e formazione di giunti.

C) Soffitti:

La copertura dei locali laboratorio e magazzino, realizzata in elementi di calcestruzzo prefabbricati, verrà lasciata a vista.

D) Porte e portoni:

A separazione della zona magazzino con la zona laboratorio saranno collocati dei portoni di dimensione 300x300 con telaio composto da due montanti verticali in acciaio, sabbiati e verniciati a polveri. Guida superiore zincata avente spessore di 3 mm con ante coibentate, telaio interno perimetrale tubolare zincato, rivestito nelle due facce da lamiera di acciaio zincato, con successivo trattamento primer e cerniere di grosse dimensioni.

5.1.2 Ingresso

A) Pareti:

Le murature realizzate in conglomerato cementizio mediante getto, saranno lasciate a vista. Le casseforme verranno realizzate con l'impiego di tavole ben pulite e posizionate con particolare cura. A protezione delle strutture a vista sarà posta un trattamento anticarbonatazione, a due riprese di pittura, con copolimeri acrilici e resine insaponificabili.

Le parti realizzate in blocchetti di c.l.s. non saranno a vista come nel laboratorio ma, per offrire una finitura di maggior prestigio alla zona dell'ingresso, le superfici verranno rasate a gesso e tinteggiate con idropittura, colore RAL 9010 (bianco).

Per le strutture e le murature valgono le note precedentemente riportate al punto 4 e 5.1.1

B) Pavimento:

Il pavimento dell'ingresso sarà realizzato con resine epossipoliuretatiche, antipolvere ed antiusura, caricate con aggreganti silicei, l'applicazione sarà a rullo a tre mani su massetto in calcestruzzo.

zo. La pavimentazione deve avere caratteristiche antisdrucchiolo, abrasione e resistenza come da normativa.

C) Soffitto e controsoffitto:

Il soffitto sarà trattato con la sola protezione anticarbonatazione, realizzato a due riprese di pittura, con copolimeri acrilici e resine insaponificabili.

Una porzione dell'ingresso (a sinistra dell'accesso principale) verrà controsoffittata con pannelli di gesso di dimensione 60x60, con orditura a vista e cornice perimetrale di finitura a compensazione. I pannelli saranno tinteggiati con idropittura. L'uso del controsoffitto è necessario per permettere il passaggio impianti che, dal cavedio, arrivano al locale laboratorio.

D) Porte e portoni:

A separazione tra la zona laboratorio e l'atrio è prevista una vetrata realizzata con serramenti in alluminio a taglio termico per impennate, eseguiti con profilati estrusi in lega di alluminio, spessore 50-55 mm, anodizzazione e verniciatura spessore 50 micron, completi di ferramenta adeguata di movimento e chiusura, maniglie di alluminio, guarnizioni in EPDM o neoprene e fornitura dei controtelai.

La parte vetrata sarà isolante ad alte prestazioni termiche, acustiche e di sicurezza, composta da un cristallo di sicurezza stratificato di varie dimensioni antirumore ed anti-caduta nel vuoto (norme UNI EN 12600 1B1) e da un cristallo di sicurezza stratificato reso basso emissivo (low-e) mediante deposito, con procedimento magnetotermico, di metalli nobili basso emissivi.

Finitura interna ed esterna colore nero RAL 9011, provvista di due porte a doppia anta battente.

5.1.3 **Bagni – Spogliatoio**

A) Pareti:

Tutte le pareti dei locali antibagno, bagno e spogliatoio, indipendentemente dalla loro realizzazione (muratura in calcestruzzo armato, muratura in blocchetti di calcestruzzo, tramezzi in laterizio forato...) saranno rasate a civile per ricevere una finitura con smalto murale acrilico all'acqua, da realizzarsi a tutta altezza, con colore RAL 9010 (bianco).

B) Pavimenti:

Saranno realizzati con resine epossipoliuretaniche, antipolvere ed antiusura, caricate con aggreganti silicei, l'applicazione sarà a rullo a tre mani su massetto in calcestruzzo. La pavimentazione deve avere caratteristiche antisdrucchiolo, abrasione e resistenza come da normativa.

C) Soffitti e controsoffitti:

I soffitti dei locali bagni, antibagno e spogliatoio saranno realizzati con intonaco e tinteggiatura con idropittura.

D) Porte interne:

Le porte interne a separazione dei locali saranno a battente ad un'anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, rivestite su entrambe le facce in medium density laccato, colore RAL 9010. Le porte dei bagni, antibagno e spogliatoio devono essere realizzate con una fessura minima di circa 3 cm di altezza per 10 cm di lunghezza, posta nella parte inferiore dell'anta, tale da permettere il regolare deflusso dell'aria.

E) Sanitari:

Il bagno a norma disabili verrà realizzato con l'uso di un wc sospeso standard (ovvero la stessa tipologia di quelli utilizzati negli altri bagni), con l'accortezza di rispettare tutte le prescrizioni imposte dalla normativa. Il wc sarà posto ad un'altezza dal pavimento tale per cui il piano superiore deve essere posto ad una distanza di 50cm dal piano di calpestio.

L'asse del wc deve essere posto ad una distanza di 40 cm dalla parete laterale ed il bordo anteriore ad una distanza di 80 cm dalla parete posteriore. A tal proposito è stata prevista la compensazione della distanza tra il wc e la parete posteriore tramite un controtavolato di altezza 50 cm. I lavabi saranno del tipo a norma disabili, con il piano superiore posto ad una quota di 80 cm dal piano di calpestio, senza colonna, con sifone incassato a parete. In prossimità della tazza wc deve essere posto il campanello d'allarme e i maniglioni o corrimani.

La rubinetteria sarà in acciaio a leva come da normativa.

I bagni disabili saranno provvisti di maniglioni o corrimani, campanelli di allarme e di ogni altro accessorio per la fruizione e sicurezza richiesto dalla normativa.

I bagni "non accessibili" hanno anch'essi un wc di tipo sospeso con cassetta incassata.

I lavandini, sia nei locali bagno che nel locale antibagno sono da sospensione, con sifone incassato, con rubinetteria a leva in acciaio.

E' stato previsto il posizionamento dell'idroscopino in prossimità del wc.

Nel locale spogliatoio è previsto un piatto doccia con dimensioni minime 70x90 e gruppo doccia con asta e soffione.

5.1.4 Locale a disposizione sottoscala

A) Pareti:

Le superfici verranno rasate a gesso e tinteggiate con idropittura, colore RAL 9010 (bianco).

B) Pavimento:

Il pavimento sarà realizzato con resine epossipoliuretaniche, antipolvere ed antiusura, caricate con aggreganti silicei, l'applicazione sarà a rullo a tre mani su massetto in calcestruzzo. La pavimentazione deve avere caratteristiche antisdrucciolo, abrasione e resistenza come da normativa.

C) Soffitto:

Il soffitto sarà trattato con la sola protezione anticarbonatazione, realizzato a due riprese di pittura, con copolimeri acrilici e resine insaponificabili.

D) Porte interne:

Le porte interne a separazione dei locali saranno a battente ad un'anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, rivestite su entrambe le facce in medium density laccato, colore bianco RAL 9010.

5.2 PIANO MEZZANINO

5.2.1 Corridoio

A) Murature, pareti, divisori:

Viene ripreso al piano mezzanino il concetto di mantenere a vista tutto ciò che è in c.a con la sola protezione anticarbonatazione e di intonacare a gesso con l'aggiunta di idropittura le altre partizioni. Per le strutture e le murature valgono le note precedentemente riportate al punto 4 e 5.1.1

Serramenti interni sul locale laboratorio, a tutta altezza in alluminio a taglio termico non apribile, verniciati colore nero RAL 9011 con vetrata isolante ad alte prestazioni termiche con cristallo di sicurezza stratificato antirumore ed anticaduta che permette la visione dei sottostanti locali ad uso laboratorio.

La partizione della vetrata è indicata nell'abaco dei serramenti.

B) Pavimento:

Il pavimento sarà realizzato con resine epossipoliuretaniche, antipolvere ed antiusura, caricate con aggreganti silicei, l'applicazione sarà a rullo a tre mani su massetto in calcestruzzo. La pavimentazione deve avere caratteristiche antisdrucchiolo, abrasione e resistenza come da normativa.

Il parapetto, di altezza 110 cm, in acciaio a disegno semplice (vedi tavola particolari parapetto e scale), sarà realizzato con bacchette verticali poste ad una distanza massima tra loro di cm. 10, e nel rispetto della vigente normativa.

C) Soffitti e controsoffitti:

I soffitti del corridoio, come tutti i soffitti a questo piano mezzanino hanno una finitura con intonaco e idropittura.

La zona in prossimità della vetrata sul laboratorio sarà controsoffittata con pannelli di gesso per nascondere una trave ribassata. (vedi tavola pianta piano mezzanino).

5.2.2 Bagno/Antibagno

A) Pareti:

Tutte le pareti dei locali antibagno, bagno e spogliatoio, indipendentemente dalla loro realizzazione (muratura in calcestruzzo armato, muratura in blocchetti di calcestruzzo, tramezzi in laterizio forato...) saranno rasate a civile per ricevere una finitura con smalto murale acrilico all'acqua, da realizzarsi a tutta altezza, con colore RAL 9010 (bianco).

B) Pavimenti:

Saranno realizzati con resine epossipoliuretaniche, antipolvere ed antiusura, caricate con aggreganti silicei, l'applicazione sarà a rullo a tre mani su massetto in calcestruzzo. La pavimentazione deve avere caratteristiche antisdrucchiolo, abrasione e resistenza come da normativa.

C) Soffitti e controsoffitti:

I soffitti dei locali bagni e antibagno saranno realizzati con intonaco e tinteggiatura con idropittura.

E) Sanitari:

Il bagno a norma disabili verrà realizzato con l'uso di un wc sospeso standard (ovvero la stessa tipologia di quelli utilizzati negli altri bagni), con l'accortezza di rispettare tutte le prescrizioni imposte dalla normativa. Il wc sarà posto ad un'altezza dal pavimento tale per cui il piano superiore deve essere posto ad una distanza di 50cm dal piano di calpestio.

L'asse del wc deve essere posto ad una distanza di 40 cm dalla parete laterale ed il bordo anteriore ad una distanza di 80 cm dalla parete posteriore. A tal proposito è stata prevista la compensazione della distanza tra il wc e la parete posteriore tramite un controtavolato di altezza 50 cm.

I lavabi saranno del tipo a norma disabili, con il piano superiore posto ad una quota di 80 cm dal piano di calpestio, senza colonna, con sifone incassato a parete. In prossimità della tazza wc deve essere posto il campanello d'allarme e i maniglioni o corrimani.

La rubinetteria sarà in acciaio a leva come da normativa.

I bagni disabili saranno provvisti di maniglioni o corrimani, campanelli di allarme e di ogni altro accessorio per la fruizione e sicurezza richiesto dalla normativa.

I bagni "non accessibili" hanno anch'essi un wc di tipo sospeso con cassetta incassata.

I lavandini, sia nei locali bagno che nel locale antibagno sono da sospensione, con sifone incassato, con rubinetteria a leva in acciaio.

E' stato previsto il posizionamento dell'idroscopino in prossimità del wc.

E) Porte interne:

Le porte interne a separazione dei locali saranno a battente ad un'anta, in legno di abete tannato, con struttura interna cellulare a nido d'ape, rivestite su entrambe le facce in medium density laccato, colore RAL 9010. Le porte dei bagni, antibagno e spogliatoio devono essere realizzate con una fessura di circa 3 cm per 10 cm di lunghezza, posta nella parte inferiore dell'anta, tale da permettere il regolare deflusso dell'aria.

5.3 PIANO PRIMO

5.3.1 Corridoio e vano scala

A) Murature:

Tutte le murature in calcestruzzo armato prospicienti il vano scala saranno a vista con protezione anticarbonatazione, per tali strutture valgono le note precedentemente riportate al punto 4 e 5.1.1.

Le partizioni degli uffici saranno realizzate con pareti in cartongesso, con idropittura

B) Pavimenti:

per garantire la massima flessibilità degli ambienti, soprattutto dal punto di vista impiantistico, si è previsto il posizionamento di un pavimento sopraelevato ispezionabile dimensione 600x600mm, con struttura e piedini in acciaio ziancati con finitura in laminato.

La porzione di pavimento insistente sul vuoto della scala sarà messa in sicurezza da un parapetto in acciaio a disegno semplice (vedi particolare parapetto) posto a filo dell'intradosso della soletta del piano di calpestio per un'altezza pari a 110 cm calcolata dal piano di calpestio.

C) Soffitti e controsoffitti:

Il corridoio e l'area del vano scala sarà completamente controsoffittato con pannelli di gesso di dimensione 60x60, con orditura a vista e cornice perimetrale di finitura e compensazione. I pannelli saranno tinteggiati con idropittura.

5.3.2 Uffici e locali

A) Murature:

Le partizioni interne degli uffici sono realizzate con lastre in cartongesso tinteggiato per garantire la massima flessibilità dei locali (vedi abaco murature).

B) Pavimenti:

per garantire la massima flessibilità degli ambienti, soprattutto dal punto di vista impiantistico, si è previsto il posizionamento di un pavimento sopraelevato ispezionabile composto da struttura di sostegno formata da piedini, in acciaio zincato, pannello modulare 600 x 600 mm, in laminato.

C) Soffitti e Controsoffitti:

Realizzati in tegoli che saranno lasciati a vista.

D) Porte interne:

Le porte interne a separazione dei locali saranno a battente ad un anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, rivestite su entrambe le facce in medium density laccato, colore RAL 9010.

E) Serramenti:

Per finestre e portefinestre saranno in alluminio a taglio termico ad uno o due battenti (vedi abaco serramenti), eseguiti con profilati estrusi in lega di alluminio, spessore 50-55 mm, anodizzazione e verniciatura spessore 50 micron, completi di ferramenta adeguata di movimento e chiusura, maniglie di alluminio, guarnizioni. Compresa la vetrata isolante ad alte prestazioni termiche, acustiche e di sicurezza, composta da un cristallo di sicurezza stratificato di varie dimensioni antirumore ad anticaduta nel vuoto (norme UNI EN 12600 1B1) e da un cristallo di sicurezza stratificato reso basso emissivo (low-e), colore nero RAL 9011

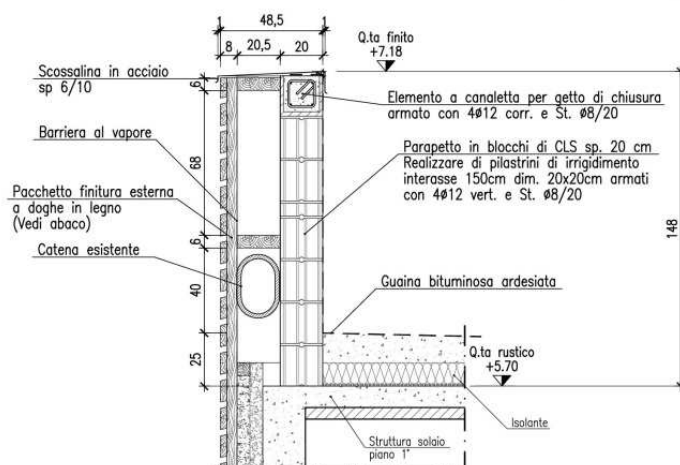
5.3.3 Terrazzo

A) Parapetti:

I parapetti del terrazzo posto a piano primo saranno realizzati in blocchetti di c.l.s., rivestiti esternamente con le doghe in legno a continuazione della facciata, internamente con il risvolto della membrana bituminosa. Le scossaline a protezione dei parapetti saranno realizzate con lattonerie in lastre di acciaio inox. L'altezza del parapetto è di 128 cm. Tale misura è data dalla necessità compositiva di trapiantare la fascia metallica che delimita le due finiture di facciata (quella in legno da quella in lamiera).

Particolare attenzione dovrà essere posta nel punto in cui la catena intercetta il parapetto. Questo punto critico è stato risolto inglobando la catena all'interno del parapetto in modo tale che il rivestimento esterno in doghe di legno mascheri il passaggio della catena (vedi tav. PED-EC-011 e PED-EC-026)

DETTAGLIO PARAPETTO TERRAZZO PIANO 1° (Sc. 1:20)



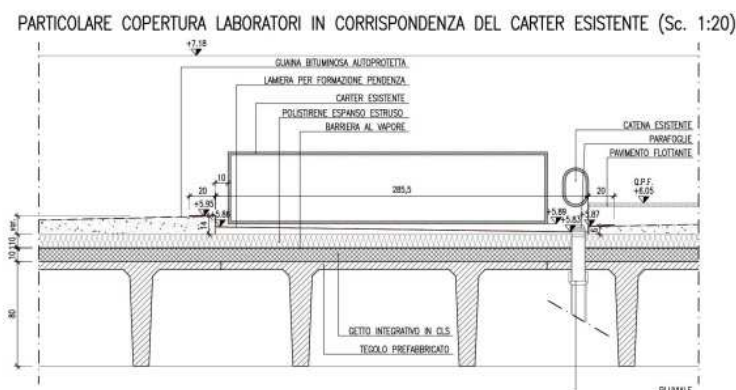
Particolare catena in corrispondenza del parapetto Tav. PED-EC-011

B) Pavimenti:

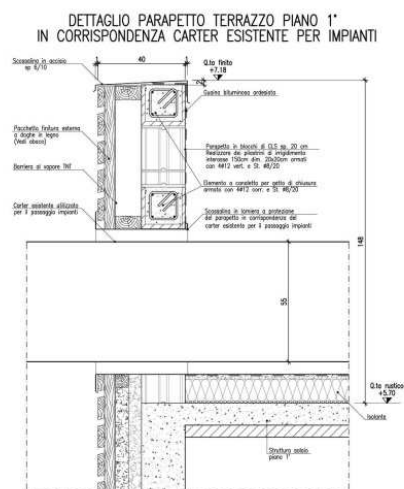
La porzione agibile di terrazzo sarà realizzata con listoni IPE, flottanti, posati su infrastruttura del medesimo materiale. La parte superiore del pavimento dovrà avere una superficie antiscivolo (zigrinata).

La parte non praticabile verrà finita con uno strato di doppia membrana bituminosa elastoplastomerica, granigliata.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta all'interferenza della polifera e della catena con il piano di copertura. A tal proposito si faccia riferimento alle tavole di dettaglio allegate



Particolare polifera Tav.PED-EC-011



Particolare polifera in corrispondenza del parapetto Tav.PED-EC-026

5.4 PIANO COPERTURA

La copertura del volume a destinazione uffici avrà come finitura una membrana bituminosa elastoplastomerica granigliata. In copertura è previsto l'alloggiamento di tutte gli impianti a servizio dell'edificio, le macchine saranno posizionate su muretti per evitare di danneggiare lo strato impermeabilizzante.

Il terrazzo è accessibile da una botola passo d'uomo posta nel locale fotocopie.

I parapetti del terrazzo saranno realizzati in blocchetti di c.l.s., rivestiti esternamente con lamiera a continuazione della facciata. Internamente viene risvoltata la membrana bituminosa. Le scossaline a protezione dei parapetti saranno realizzate con lattennerie in lastre di acciaio inox.

5.5 COLLEGAMENTI VERTICALI

5.5.1 Vano scala:

La struttura della scala è in conglomerato cementizio, realizzato mediante getto, la struttura sarà lasciata a vista. Particolare attenzione dovrà essere posta al posizionamento e qualità delle casseforme per il getto che devono essere in tavole ben pulite. Per tali strutture valgono le note precedentemente riportate al punto 4 e 5.1.1.

A protezione delle strutture a vista sarà posta una protezione anticarbonatazione, a due riprese di pittura, con copolimeri acrilici e resine insaponificabili.

Il rivestimento della sola pedata in beola grigia fiammata e spazzolata posata a colla (vedi tavola di dettaglio). La finitura della pietra deve avere caratteristiche antisdrucchiolo e anti-abrasione come da normativa vigente

Parapetto sarà in acciaio, a disegno semplice con bacchette verticali poste ad una distanza massima tra loro di cm 10, realizzato a regola d'arte.

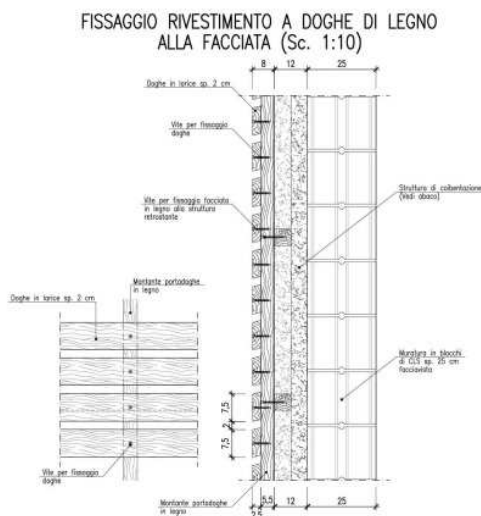
5.5.2 Ascensore:

Il vano ascensore viene realizzato in conglomerato cementizio mediante getto, con struttura lasciata a vista. Particolare attenzione dovrà essere posta al posizionamento e qualità delle casseforme per il getto che devono essere in tavole ben pulite. Per tali strutture valgono le note precedentemente riportate al punto 4 e 5.1.1. A protezione delle strutture a vista sarà posta una protezione anticarbonatazione, a due riprese di pittura, con copolimeri acrilici e resine insaponificabili. L'ascensore è ad azionamento elettrico, per disabili, portata 630 kg, 8 persone, 3 fermate. Cabina in lamiera di acciaio rivestita, pavimento con rivestimento di gomma, porte di cabina e di piano automatiche, scorrevoli orizzontalmente in acciaio.

5.6 FACCIATE E SERRAMENTI

5.6.1 Facciata in legno

La parte inferiore della facciata, fino ad una quota di m. 7.10, viene rivestita in doghe di legno di larice siberiano, costituita da pannelli di dimensione di circa 100 x 400 cm o a correre, costituiti da un'orditura con listelli a sezione rettangolare da cm 7 x 2,5, sui quali vengono avvitati, con ferramenta in acciaio inox, dei listelli a sezione romboidale cm 7 x 2,5, interspaziati tra loro (spaziatura come da disegno o a scelta della D.L.). Il pannello viene ancorato alla parete con tasselli meccanici/chimici.



Particolare facciata in legno Tav.PED-EC-026

5.6.2 Facciata metallica

La parte superiore della facciata, corrispondente al piano primo ad uffici, viene realizzata con rivestimento per esterni costituito da doghe verticali e profili portanti in alluminio preverniciato. Le doghe sono post-verniciare con vernice poliesteri per esterno, spessore minimo 50 micron e primer trasparente o bianco 4 micron sul retro. Gli elementi che compongono il sistema sono: - profilo portante realizzato in alluminio spessore 8/10 costituito da elementi tranciati passo 200 mm con sezione ad U e lunghezza tagliata a misura in cantiere, opportunamente fissato ogni 800 mm, posizionato in orizzontale ad interasse di 1000 mm circa. - doga di rivestimento in alluminio spessore 8/10 costituita da elementi sagomati, passo 200 mm con speciale sezione ad incastro maschio-femmina antiganciamento, dimensione mm 25 x 200 per lunghezza a misura già pretagliata, agganciate in verticale ad incastro sulle tranciture del profilo portante.

Le doghe avranno un andamento verticale. Il sistema sarà fissato direttamente alle murature o alle sottostrutture in legno mediante tasselli filettati od altro sistema garantito per esterni. Le doghe saranno rifilate in cantiere per scontornare le finestre. La facciata sarà rifinita perimetralmente con appositi profili presso-piegati con sezione a C od altra sezione necessaria. Compreso quindi di tutti i profili di finitura e, più specificatamente: scossalina superiore in alluminio spessore 20/10 con accoppiato bordo a vista da mm 75 in alluminio come le doghe, angolari verticali di finitura sui quattro angoli dell'edificio da mm 75x75 in alluminio come le doghe, imbotti di raccordo e finitura laterale delle finestre, realizzati in alluminio preverniciato come le doghe, colore rosso carminio RAL 3002

Uno scuretto in lamiera preverniciata colore nero RAL 9011 separa le due finiture di facciata, legno e metallo.

5.6.3 Facciata con serramento

Facciata realizzata con serramenti in alluminio a taglio termico per serramenti fissi (impennate), eseguiti con profilati estrusi in lega di alluminio, spessore 50-55 mm, anodizzazione e verniciatura spess. 50 micron, completi di ferramenta adeguata di movimento e chiusura, maniglie di alluminio, guarnizioni in EPDM o neoprene e fornitura dei controtelai.

La parte vetrata sarà isolante ad alte prestazioni termiche, acustiche e di sicurezza, composta da un cristallo di sicurezza stratificato di varie dimensioni antirumore ad anticaduta nel vuoto (norme UNI EN 12600 1B1) e da un cristallo di sicurezza stratificato reso basso emissivo (low-e) mediante deposito, con procedimento magnetotermico, di metalli nobili basso emissivi.

I serramenti saranno di colore nero, RAL 9011.

5.7 COLLEGAMENTI LATERALI AI CORPI C2 E C3

A) Murature e tavolati:

Le nuove murature saranno rivestite internamente con intonaco e idropittura.

Per oscurare i serramenti esistenti che si trovano nella porzione di nuovo corridoio verrà applicata una pellicola oscurante adatta per la protezione della privacy, lavabile, antigraffio, opaca.

B) Pavimenti:

Saranno realizzati con pavimento a spolvero con incorporo superficiale di 2 kg/m² di quarzo e 2 kg/m² di cemento, posato su massetto, compresa lisciatura e formazione di giunti.

C) Soffitti e controsoffitti:

La copertura dei locali sarà realizzata con controsoffitto in pannelli di lana di roccia vulcanica, 600 x 600 mm, spessore 25 mm. L'orditura di sostegno è costituita da una pendinatura con profili portanti ed intermedi in acciaio zincato preverniciato, dimensionati in modo da assicurare, assieme ai pannelli, una resistenza al fuoco certificata non inferiore a REI 180.

I pannelli avranno una cornice perimetrale a compensazione.

D) Porte e portoni:

I portoni di primo ingresso in alluminio a taglio termico, eseguiti con profilati estrusi in lega di alluminio anodizzato a giunto aperto, spessore 50 ÷ 55 mm, completi di ferramenta adeguata di movimento e chiusura, maniglie di alluminio, serratura di sicurezza con chiavi, guarnizioni in EPDM o neoprene e maniglione antipanico ove indicato.

La specchiatura sarà con vetrata isolante ad alte prestazioni termiche, acustiche e di sicurezza, composta da un cristallo di sicurezza stratificato di varie dimensioni antirumore ad anticaduta nel vuoto e da un cristallo di sicurezza stratificato reso basso emissivo colore RAL 9011 (nero),

La dogatura della facciata in legno sarà posta anche in corrispondenza dei serramenti, anche di quelli apribili, per offrire una maggior continuità all'edificio.

E) Facciata:

Le facciate dei due corpi laterali saranno realizzate della tipologia a cappotto, con intonaco per esterni e tinteggiatura colore nero RAL 9011.

5.8 SISTEMAZIONI ESTERNE

F) Pavimentazioni

In corrispondenza della zona di primo ingresso verrà ripristinata ove necessario o realizzata ex la pavimentazione come da esistente in conglomerato bituminoso

In corrispondenza degli accessi alle aule (rampe comprese) verrà realizzata una pavimentazione in autobloccanti (in parte recuperati dagli elementi esistenti smontati) su sabbia e cemento.

Verranno, inoltre risagomate le aiuole esistenti, così come da progetto allegato, per armonizzarsi con la nuova costruzione.

6. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Vengono riportate a titolo esemplificativo e non riduttivo le leggi le norme ed i regolamenti inerenti l'edilizia, di riferimento per la costruzione dell'opera.

Edilizia

Regolamento edilizio del Comune di Milano

Regolamento locale di Igiene, Milano

Barriere architettoniche

Decreto Ministeriale 14 giugno 1989 n. 236 "Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adottabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche"

Legge Regionale 20 febbraio 1989 n. 6 "Norme sull'eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione"

Legge 09 gennaio 1989 n. 13: "Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione della barriere architettoniche negli edifici privati"

Sicurezza e igiene ambientale

- D.P.R. 27.4.1955, n. 547. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- DPR 19.3.1956 n. 303. Norme generali per l'igiene del lavoro.
- Decreto Legge 19 settembre 1994 n° 626 Art. 6 riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro (e successive modifiche ed integrazioni)
- Legge 494/1996 riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sui cantieri temporanei e mobili.

D.L: 03-08-2009 n106 Testo coordinato

Prevenzione incendi

- D.M. 30.11.1983. Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi.
- D.M. 26.06.1984 e successive circolari di integrazione. Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi.
- D.M. 26.08.1992. Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica.
- Le prescrizioni del comando provinciale dei Vigili del fuoco.
- D.M. 22002-2006 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici.

Opere strutturali

Legge 5-11-1971 n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica;

D.P.R. 06-06-2001, n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (testo A)";

Decreto Ministeriale del 14.01.2008 del Ministero dei LL.PP. “Norme tecniche per le costruzioni”;

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”;

UNI 206-1:2006: Calcestruzzo - Prestazioni, posa in opera e criteri di conformità;

UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1. Marzo 2004.

Norme e prescrizioni diverse

- Le leggi regionali, le normative comunali, i regolamenti edilizi.
- Le norme UNI relative ai materiali ed ai componenti impiegati, alle modalità di posa ed ai collaudi.
- Le prescrizioni dell'ISPESL.

Impianti elettrici e meccanici

Vedi relazione impianti elettrici e meccanici PER-EP-002

7. Allegato 1: Relazione geotecnica



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI S.R.L.

CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.

VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 **MILANO** TEL. 02.5393977 - FAX 02.5392262

e-mail: studiocelotti@tiscalinet.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE - RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI
STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE

C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE - COD. FISC. - PART. IVA 05092310969

Milano **15/03/2006**

Prot. N. **5150/055/06**

Spett.le

POLITECNICO DI MILANO

D.S.T.A. BOVISA SUD EST

Via Durando n° 10/18

20100 Milano

**OGGETTO: Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno
di fondazione di un edificio di prossima costruzione in
Comune di MILANO - Via LA MASA.**

RELAZIONE GEOTECNICA

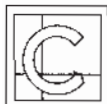
Premessa

Nel presente rapporto sono trattate le problematiche geotecniche legate alla progettazione di un edificio universitario - AULA MAGNA - del POLITECNICO DI MILANO in progetto nel Comune di MILANO, LOC. BOVISA, in Via LA MASA.

I terreni in esame sono stati oggetto di un'indagine geotecnica consistita nell'esecuzione di un sondaggio geotecnico con prove *SPT* e di prove penetrometriche dinamiche continue.

L'utilizzo dei risultati dell'indagine, unitamente alla conoscenza della zona maturata dagli scriventi, ha permesso di esaminare e definire i seguenti argomenti:

- caratterizzazione litostratigrafica e meccanica dei terreni dell'area in esame,
- indicazioni sull'idrologia della zona,
- definizione della tipologia di fondazione più idonea per le strutture in progetto,
- verifiche d'interesse geotecnico delle soluzioni fondazionali previste,
- raccomandazioni progettuali ed esecutive.



Riferimento altimetrico

Il riferimento delle profondità assunto nel seguito coincide con lo zero dell'indagine geotecnica ed è posto alla +1 m dal piano del chiusino fognario in prossimità dell'area in esame (*cf.* figura 1.2).

Normative di riferimento

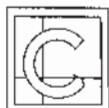
- DECRETO MINISTERO LL.PP. del 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, ecc."
- CIRCOLARE MINISTERO LL.PP. n° 30483 del 24/09/88.
- CIRCOLARE MINISTERO LL.PP. n° 218/24/3 del 9/01/96.
- O.P.C.M. del 20/03/03 n° 3274.
- TESTO UNICO - "Norme tecniche per la costruzione". Agg. Aprile 2005.

Raccomandazioni e specifiche

- A.G.I. - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle Indagini geotecniche" (1977).
- A.S.T.M. D 1586-67 - "Standard Method for penetration Test and Split Barrel Sampling at Soils" (1974).
- DEPARTMENT of the NAVY - NAV-FAC DM-7 - "Soil Mechanics, Foundations, and earth structures" (1971).

Riferimenti bibliografici

- A.R.S.S. BAZARAA - "Use of the Standard Penetration Test for Estimating Settlement of Shallow Foundations on Sand" - Ph. D. Thesis. Illinois (1967).
- J. E. BOWLES - "Foundation Analysis and Design" - (1982 e 1988).
- H. J. GIBBS, W. G. HOLTZ "Research on Determining the Density of Sand by Spoon Penetration Testing". Proc. IV ICSMFE (1957).
- M. JAMIOLKOWSKI, E. PASQUALINI - "Previsioni dei cedimenti delle fondazioni superficiali poggianti su terreni sabbiosi utilizzando ..." - V Ciclo annuale di conferenze dedicate ai problemi di ingegneria delle fondazioni - TORINO (1974).
- T. W. LAMBE; R. V. WHITMAN - "Soil Mechanics" - (1969).
- G. G. MEYERHOF - "The bearing Capacity of Foundations under Ec-



centric and inclined loads" – Proc. III ICSMFE (1953).

- E. SCHULTZE, J. MEZEMBACH – "SPT and Compressibility of Solis" – V ICSMFE (1961).
- K. TERZAGHI – "Theoretical Soil Mechanics" – (1943).
- A. S. VESIC – "Bearing Capacity of Shallow Foundations" – FOUNDATIONS ENGINEERING HANDBOOK ed. H.F. Winterkorn, H.I. Fang (1975).



Capitolo 1 **INDAGINE GEOTECNICA**

La dotazione dell'indagine geotecnica è riassunta nella tabella 1.1 seguente.

TABELLA 1.1 – DOTAZIONE DELL'INDAGINE

Tipo	N°
Sondaggio	1
Prova penetrometrica S.P.T	13
Prova penetr. continua	2

Nelle tabelle 1.2, 1.3 e nella figura 1.1 sono riassunti i risultati più significativi delle prove penetrometriche dinamiche continue e *SPT*.

TABELLA 1.2 - RIASSUNTO PROVE PENETROMETRICHE CONTINUE¹

PROVA N°	Q _{pc} m	Q ₁₀ m	Q ₂₀ m	Q _M m
1	-1.3	-5.7	-6.9	-9.5
2	-.9	-5.9	-7.1	-9.9

TABELLA 1.3 – RIASSUNTO PROVE PENETROMETRICHE *SPT*

PROVA N°	Q _{SPT} m	N _{SPT}
1	-2.6	20
2	-4.1	14
3	-5.6	50
4	-7.1	R
5	-8.6	77
6	-10.1	48
7	-11.6	48
8	-13.1	88
9	-14.6	R
10	-16.1	R
11	-17.6	R
12	-19.1	R
13	-20.6	69

¹ Nelle tabelle si è indicato con:

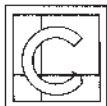
Q_{pc} la quota del piano campagna,

Q_{10/20} la quota in cui N ≥ 10/20 (N = resistenza penetrometrica continua),

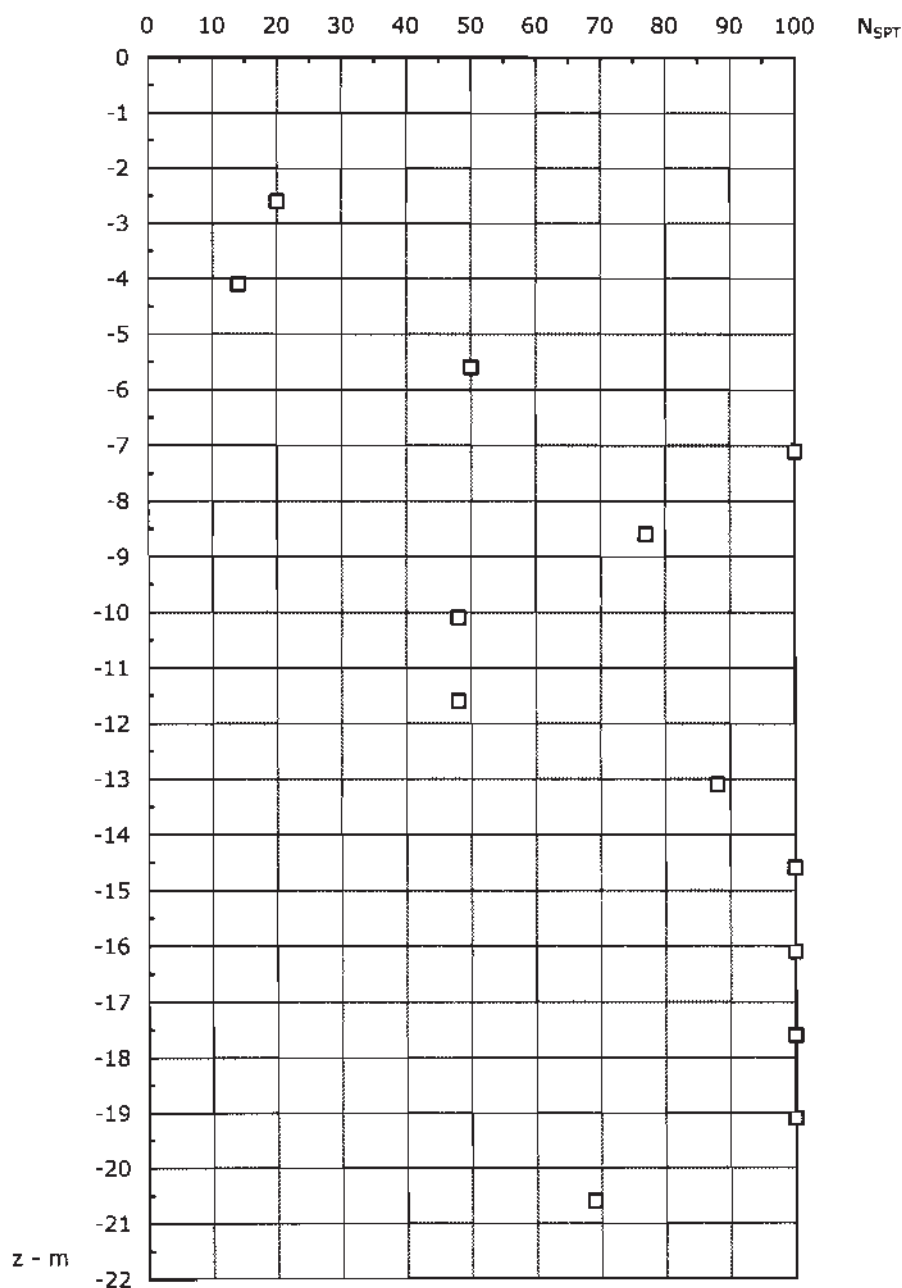
Q_M la quota di fine prova,

Q_{SPT} la quota corrente della prova SPT,

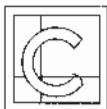
N_{SPT} la resistenza penetrometrica SPT.



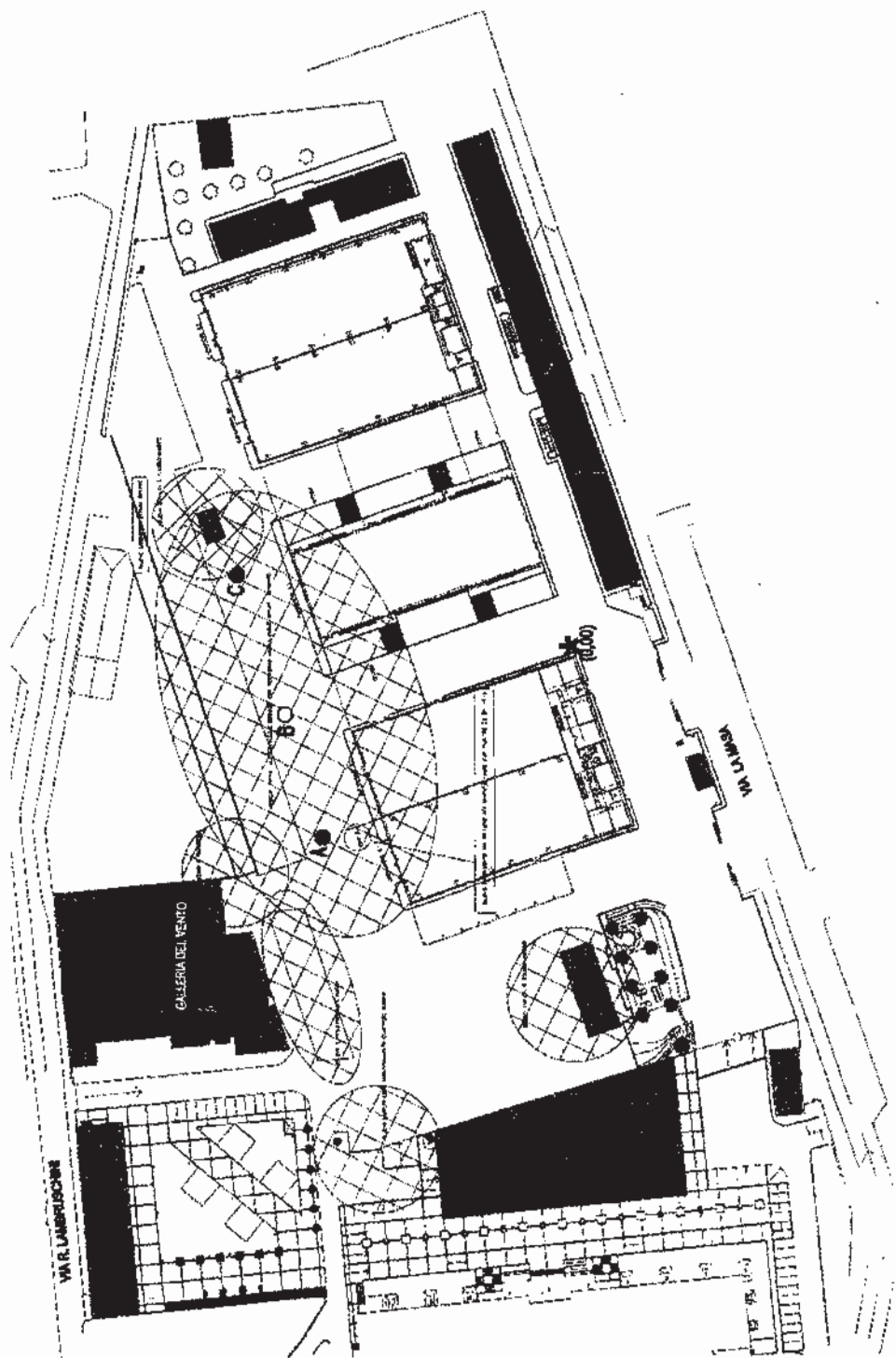
**FIGURA 1.1 – ANDAMENTO CON LA PROFONDITÀ
DELLA RESISTENZA PENETROMETRICA *SPT***

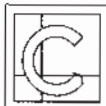


Nella figura 1.2 sono riportate la planimetria dell'area d'intervento e l'ubicazione delle verticali d'indagine.



**FIGURA 1.2 – PLANIMETRIA AREA D'INTERVENTO
E UBICAZIONE VERTICALI D'INDAGINE**





Capitolo 2 CARATTERIZZAZIONE GEO-TECNICA

2.1 – Cenni di geologia

I terreni dell'area in esame appartengono al complesso alluvionale che costituisce il livello fondamentale della pianura padana, formatosi nel corso della fase fluvioglaciale e fluviale seguita all'ultima glaciazione.

Sono costituiti da depositi alluvionali freschi di natura ghiaioso-sabbiosa intercalati a varie profondità da livelli in cui prevale la frazione sabbio-limosa.

A ricoprimento è risultato presente uno strato di riporto di deposizione antropica su terreno sabbioso ghiaioso sciolto, di spessore dell'ordine dei 5 m.

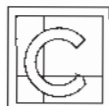
2.2 – Litologia

Gli andamenti delle prove penetrometriche e la litologia del sondaggio confermano in tutta l'area la presenza dei terreni a prevalente frazione grossolana: sabbia e ghiaia in matrice limosa, che si alternano in maniera caotica senza alcuna correlazione planoaltimetrica fino alla massima profondità raggiunta dall'indagine.

I terreni dell'area in esame sono schematizzati come illustrato nella tabella 2.1 seguente.

Le caratteristiche geotecniche medie dei terreni riportate nella tabella sono valutate anche con l'ausilio delle correlazioni indicate nelle note in calce alla tabella, utilizzando i risultati complessivi dell'indagine.

A tali parametri potrà essere fatto riferimento nelle calcolazioni di carattere geotecnico.

**TABELLA 2.1 – CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO²**

LIVELLO	LITOLOGIA TIPICA	Q_i m	N_c /	γ kN/m ³	ϕ gradi	D_r %	m	n	v
Primo	Sabbia media ghiaiosa con presenza di frammenti di laterizio e cemento e sottostante sabbia fine ghiaiosa con tracce di limo. Presumibile riporto.	-5.6÷ -6	7	19	25	35	240	.6	.4
Secondo p.a.	Ghiaia e sabbia in situ con ciottoli e limo subordinati.	-7	20	19	32	60	670	.5	.35
Secondo p.b.	Sabbia media e fine limosa ghiaiosa	/	30	19.5	35	75	1000	.5	.35

2.3 - Idrologia

Nel corso dell'indagine non è stata rinvenuta l'acqua di falda. Questa si ritiene presente nella zona a profondità tali da non interferire in modo significativo con le fondazioni nel seguito trattate.

2.4 - Sismicità dell'area

Secondo l'OPCM n° 3274, la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore v_{s30} , definito come media della velocità delle onde di taglio entro i primi 30 m dal piano di fondazione.

Si ricorda che l'ordinanza suddivide i terreni secondo quanto esposto nella tabella 2.2 seguente.

²Nella tabella si è indicato con:

Q_i la quota del letto dello strato,

N_c la resistenza penetrometrica rappresentativa dello strato calcolata utilizzando il valore medio significativo, modificato con il fattore di correzione $C_N = (98.1/\sigma'_{v0})^{.5}$ - σ'_{v0} = tensione verticale efficace - LIAO & WHITMANN - 1986),

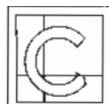
γ il peso di volume del terreno naturale,

ϕ l'angolo d'attrito calcolato secondo la correlazione del ROAD BRIDGE SPECIFICATION ($\phi = (15 * N)^{.5} + 15^\circ$),

D_r la densità relativa = $(e_n - e_m)/(e_M - e_m)$; e = indice dei vuoti; e_n in situ, e_m minimo; e_M massimo, calcolata secondo l'espressione $D_r = (N_c/60)^{.5}$,

m il gradiente del modulo di JOUNG E nella formulazione $E = m (\sigma_c/\sigma_r)^n \sigma_r$ (JANBU), calcolato secondo la correlazione di JAMIOLKOWSKI-PASQUALINI (1975) utilizzando la D_r , σ_c ; σ_r rispettivamente la pressione di contenimento efficace e la pressione di riferimento, quest'ultima pari a 100 per E e σ_c in kPa,

v il rapporto di POISSON.



**TABELLA 2.2 – CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO SECONDO
L'OPCM n° 3274³**

CATEGORIA DI SUOLO	LITOLOGIA	V_{s30} m/s	N_{SPT} /	c_u kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore ≤ 5 m.	>800	/	/
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessore di diverse decine di metri.	$360 \div 800$	>50	>250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine di metri fino a centinaia di metri.	$180 \div 360$	$15 \div 50$	$70 \div 250$
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti.	<180	<15	<70
E	Prontoli di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $v_{s30} > 800$ m/s.	come C o D	/	/

Dai risultati delle prove eseguite si deduce che i terreni dell'area in esame fanno parte della **CATEGORIA DI SUOLO C_e**.

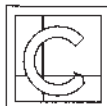
Si ricorda inoltre che il Comune di MILANO è inserito nell'OPCM n° 3274 del 20/03/03 nella **ZONA 4**.

³ Nella tabella si è indicato con:

V_{s30} velocità onde di taglio,

N_{SPT} resistenza SPT,

c_u la coesione non drenata.



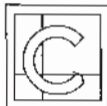
Capitolo 3 CARATTERISTICHE SOMMARIE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la costruzione di un edificio destinato ad aula magna, del quale non sono note le caratteristiche geometriche e di carico di dettaglio.

Questo presenta una struttura puntiforme in calcestruzzo armato con carichi in fondazione molto frazionati: nelle zone meno sollecitate si prevedono carichi compresi significativamente tra 250 e 800 kN, nella zona centrale i carichi sono compresi tra 1000 e 2500 kN.

In assenza di cantinato, la quota d'imposta Q_f delle fondazioni è prevista superficiale, ad una quota pari a:

$$Q_f = -2 \div -2.5 \text{ m.}$$



Capitolo 4 **FONDAZIONI**

4.1 – Definizione della tipologia di fondazione da adottare per le strutture in progetto

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche dei terreni in esame ed in considerazione delle caratteristiche strutturali e di carico di quanto in progetto, non si ritiene ammissibile in prima istanza l'adozione di fondazioni dirette impostate alla prevista quota Q_f . A tale quota sono infatti ovunque presenti i terreni sciolti del primo livello, non idonei a costituire il sedime delle fondazioni. Queste dovranno interessare, direttamente o tramite bonifica, i terreni del secondo livello.

In tal caso, prefissando una quota d'imposta Q_f delle fondazioni pari alla -2.5 m, occorrerà prevedere lo spessore ΔH di bonifica indicato nella tabella 4.1 seguente.

TABELLA 4.1 – SPESSORE ΔH DEL BONIFICO AL DISOTTO DELLE FONDAZIONI⁴

VERTICALE	Q_{II} m	ΔH m
A	-5.7	3.2
C	-5.9	3.4
B	~ -5	2.5

Ritenendo non proponibile l'esecuzione del riporto mediante asportazione del terreno e sostituzione con inerte compattato o con calcestruzzo magro, la bonifica potrà essere eseguita mediante stabilizzazione del terreno con tecnica *jet-grouting* spinta fino ad addentrarsi per almeno 1 m nei terreni del secondo livello ad una quota che qui si prefissa pari alla -7 m.

Le indicazioni progettuali ed esecutive sul trattamento *jetting* sono riportate nel capitolo 5.

In alternativa al trattamento *jetting* si potranno prevedere fonda-

⁴ Nella tabella si è indicato con:

Q_{II} la quota del tetto del secondo livello (cfr. Q_{10} di tabella 1.1),

ΔH lo spessore della bonifica per fondazioni impostate alla $Q_f = -2.5$ m.



zioni su pali. Considerando:

- la condizione geotecnica del sito,
- le condizioni di carico,
- la presenza in prossimità del cantiere di edifici,

si sconsiglia l'adozione di pali eseguiti senza asportazione di terreno per il temuto disturbo che la loro esecuzione potrà arrecare alle preesistenze.

I pali che si ritengono convenienti allo scopo sono quelli eseguiti tramite elica cava continua tipo CFA, TRELICON, ecc..

4.2 – Analisi bonifica jetting

4.2.1 - Ipotesi e modalità di calcolo

I calcoli sono condotti adottando le ipotesi e le modalità di seguito elencate.

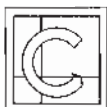
CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

- Come accennato in 4.1, il terreno consolidato con la tecnica colonnare *jet-grouting* viene ipotizzato come masso di terreno di rigidezza tale da riportare il carico dalla fondazione al sottostante terreno d'imposta (secondo livello). In tal caso, considerate le limitate profondità, l'insieme fondazione+bonifica *jetting* viene considerato come fondazione fittizia, della quale nel seguito viene analizzato il comportamento. Per semplicità ed a favore di sicurezza, non viene considerato il contributo della adesione laterale bonifica-terreno.

Il metodo classico adottato considera il terreno incompressibile ed in condizioni di rottura generale e permette di ottenere la CAPACITÀ PORTANTE LIMITE q_l relativa a fondazioni superficiali. Per tenere in conto della compressibilità del suolo viene introdotto l'indice di rigidezza secondo VESIC (1975) che rapportato all'indice critico permette di ottenere un coefficiente di riduzione della q_l variabile al variare della rigidezza dei terreni interessati dalle fondazioni.

La CAPACITÀ PORTANTE AMMISSIBILE q_a viene dedotta dalla q_l introducendo un opportuno coefficiente di sicurezza alla rottura, in linea con la normativa vigente.

- Sono adottate nell'analisi le espressioni indicate da MEYERHOF, HANSEN e VESIC. La capacità portante proposta è il risultato della media aritmetica dei valori ottenuti con i tre metodi.
- Come già indicato, nei calcoli il trattamento *jetting* viene considerato



impostato alla -7 m, immersato quindi per 1 m nei terreni del secondo livello.

- I parametri geotecnici utilizzati nella valutazione della q_d , principalmente la resistenza al taglio e la deformabilità sono dedotti dalla caratterizzazione del suolo esposta nel capitolo 2. In particolare si sono adottati, a favore di sicurezza, i valori caratteristici della parte alta del secondo livello.

Nei calcoli la resistenza al taglio ϕ presenta differenti valori a seconda della condizione di sollecitazione:

- alle tensioni ammissibili (T.A.) si è adottato il valore "vero" sopra indicato;
- in riferimento ai carichi in fondazione derivati dalle analisi agli stati limiti ultimi (S.L.U. - secondo l'OPCM n° 3274), si è considerato un valore di ϕ_r ridotto secondo il coefficiente parziale γ_m assunto pari a 1.25 (TESTO UNICO):

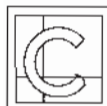
$$\phi_r = \arctg (1/1.25 * \tg \phi).$$

CALCOLO CEDIMENTI

- Per il calcolo dei cedimenti si sono utilizzati due metodi di differente impostazione teorica.
In uno il terreno viene considerato come semispazio elastico omogeneo ed isotropo caratterizzato da un modulo elastico equivalente derivato da quanto esposto nel capitolo 2, nell'altro i cedimenti sono valutati mediante l'introduzione diretta della resistenza penetrometrica, assunta nel valore medio ponderale entro lo spessore significativamente interessato dalla fondazione.
- I cedimenti calcolati sono da considerare come cedimenti immediati, sviluppantisi quindi al momento dell'applicazione dei carichi.

4.2.2 - Risultati dei calcoli

Con le modalità e le ipotesi sopra illustrate, nell'appendice di calcolo alle pagg. 1÷9 sono riportati i parametri ed i risultati dei calcoli di capacità portante e di cedimento. Nelle medesime pagine sono altresì esposte sinteticamente le equazioni relative ai metodi di calcolo sopra descritti. I risultati sono riassunti nelle tabelle 4.2 e 4.3.

**TABELLA 4.2 – RIASSUNTO DEI CALCOLI DI CAPACITÀ PORTANTE E DI CEDIMENTO⁵**

CALCOLO	B m	q_l kPa	q_a kPa	w cm
T.A.	1.0	3370.5	963.0	1.1
	1.5	3465.2	990.0	1.5
	2.0	3559.8	1017.1	1.9
	2.5	3654.5	887.8	2.0
	3.0	3749.2	771.6	2.0
S.L.U.	1.0	1694.9	/	/
	1.5	1733.9	/	/
	2.0	1772.9	/	/
	2.5	1811.8	/	/
	3.0	1850.8	/	/

TABELLA 4.3 – CARATTERISTICHE ELASTICHE EQUIVALENTI

B m	E kPa	k_{vm} kN/m ³	k_{sl} kN/m ³
1.0	57429	101276	126979
1.5	59313	71759	92435
2.0	61144	56491	73871
2.5	62929	47079	62146
3.0	64670	40658	54011

4.2.3 - Considerazioni sulla esecuzione del trattamento jetting

Non vengono fornite indicazioni sulle caratteristiche del trattamento previsto potendo questo essere costituito da colonne *jetting* compenetrante, di diametro e disposizione differente in funzione della tecnica costruttiva.

Potranno quindi essere adottate colonne con differente diametro eseguite con tecnica monofluido o bifluido la cui disposizione in pianta sarà definita in funzione del diametro e della pressione fondazione-terreno prescritta dal progetto. Sarà a carico dell'Impresa esecutrice del trat-

⁵ Nelle tabelle si è indicato con:

B la larghezza della fondazione,

q_l la portata limite nei confronti della rottura del terreno,

q_a la portata ammissibile nei confronti della rottura del terreno con associato un cedimento w inferiore a 2 cm,

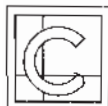
w il cedimento medio sotto la pressione q_a ,

E il modulo di elasticità verticale riferito a terreno alla BOUSSINESQ,

k_{vm} il coefficiente medio di sottofondo verticale per terreno alla WINKLER = (q_a/w) ,

k_{sl} il coefficiente di sottofondo verticale tangente iniziale riferito alla funzione di tipo iperbolico:

$$q_t = q_l * k_{sl} * w_t / (q_l + k_{sl} * w_t).$$



tamento garantire la prestazione richiesta.

4.2.4 - Indicazioni progettuali per il dimensionamento delle fondazioni

- La PRESSIONE DI CONTATTO FONDAZIONE-TERRENO q_t potrà essere calcolata nel rispetto della seguente espressione (MEYERHOF - 1953):

$$q_t = N / [(B_1 - 2 * e_1) * (B_2 - 2 * e_2)] \leq q_a$$

dove:

$$e = M/N,$$

N = risultante forze verticali in fondazione,

M = coppia in fondazione.

- I cedimenti calcolati sono da considerare sviluppantisi entro breve tempo dall'applicazione dei carichi.

Nei calcoli per il progetto delle fondazioni si consiglia di assumere i valori del coefficiente di sottofondo verticale per terreno ipotizzato alla WINKLER ovvero i valori del modulo elastico verticale equivalente per terreno alla BOUSSINESQ riportati nella tabella 4.3.

- I cedimenti indicati sono da considerare relativi a fondazioni non interagenti. Qualora il progetto prevedesse fondazioni poste ad interassi i inferiori a:

$$i_f = \alpha * (B_1 + B_2) / 2$$

dove α è il coefficiente d'influenza pari a 1.5 per fondazioni isolate contigue con lati pari a B_1 e B_2 , i cedimenti delle fondazioni saranno superiori a quelli esposti nella tabella 4.2 e saranno valutati in relazione alla geometria di progetto.

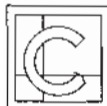
4.3 – Analisi pali di fondazione

4.3.1 – Caratteristiche dimensionali e di carico

- Come accennato, i pali proposti sono del tipo trivellato ad elica continua gettati in opera con calcestruzzo pompato a pressione attraverso l'asse cavo della clochea durante la sua risalita.

Si analizzano pali del diametro di 350 e 450 mm, diametri che si ritengono i più convenienti allo scopo.

La scelta del diametro del palo sarà effettuata in relazione



all'entità del carico da affidare al singolo palo ed al frazionamento dei carichi sui vari ritti. Saranno ovviamente ammissibili pali di diametro differente da quelli previsti, dei quali sarà svolta un'analisi su richiesta.

- La PORTATE NOMINALI P_{es} saranno definite dal Progettista in relazione ai materiali che si definirà di adottare (classe del calcestruzzo e quantitativo d'armatura).

Nell'ipotesi di:

- armatura minima da Normativa,
- calcestruzzo $R_{ck} = 25$ MPa,
- sezione palo \Rightarrow sezione teorica coclea,

le portate nominali P_{es} , per i pali nei diametri proposti, sono espresse nella tabella 4.4 seguente.

TABELLA 4.4 – PORTATE NOMINALI PALI E CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE⁶

D mm	Ω_{cls} m²	Armatura proposta	P_{es} kN
350	960 ⁻⁴	6ϕ12	510
450	1590 ⁻⁴	9ϕ12	840

4.3.2 – Calcolo capacità portante del palo nei confronti della rottura del terreno

- La capacità portante P_{lt} dei pali viene considerata come sommatoria della portata laterale P_{ll} e della portata di base P_{lb} .

Per la valutazione della P_{lb} il terreno è ipotizzato incompressibile ed in condizioni di rottura generale. La P_{ll} viene calcolata nell'ipotesi di terreno in equilibrio limite superiore, ipotesi motivata dalla modalità costruttiva prescelta.

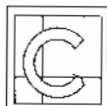
La CAPACITÀ PORTANTE AMMISSIBILE P_a viene dedotta dalla P_{lt} introducendo un opportuno coefficiente di sicurezza alla rottura, in linea con la normativa vigente.

⁶ Nella tabella si è indicato con:

D il diametro teorico del palo assunto pari al diametro esterno del tubo-forma,

Ω_{cls} la sezione del teorica del palo,

P_{es} il carico nominale del palo valutato assumendo la tensione ammissibile a compressione relativa ad un calcestruzzo di classe inferiore a quella nominale (20 anziché 25 MPa) per tenere in conto di possibili riduzioni della qualità del calcestruzzo causati da anomalie nell'approvvigionamento del calcestruzzo e nell'esecuzione del palo.



- La P_{lb} è calcolata adottando il metodo di BEREZANTZEV (1961). Per la valutazione della P_{ll} si è utilizzato il metodo di BENABENQ (1973).
- I parametri geotecnici adottati nei calcoli sono dedotti dalla caratterizzazione del suolo esposta nel capitolo 2.
L'analisi è eseguita alle tensioni ammissibili (T.A.) ed agli stati limiti ultimi (S.L.U.) utilizzando due differenti valori della resistenza al taglio ϕ secondo quanto già esposto in riferimento alla capacità portante del trattamento *jetting* (cfr. paragrafo 4.2.1).

4.3.3 - Risultati dei calcoli

Con le modalità e le ipotesi sopra riportate, nell'appendice di calcolo alle pagine 10+21 sono riportati i parametri ed i risultati dei calcoli di capacità portante e di cedimento. Nelle medesime pagine sono altresì esposte sinteticamente le equazioni relative ai metodi di calcolo sopra descritti.

I risultati sono riassunti nella tabella 4.5 seguente.

TABELLA 4.5 – RIASSUNTO DEI CALCOLI DI CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI PALI⁷

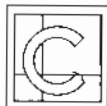
CALCOLO	D mm	Q_b m	P_{ll} KN	P_{lb} KN	P_{lt} KN	P_a KN
T.A.	350	-9.5	694.8	865.8	1560.7	514.6
	450	-10.0	1042.9	1531.8	2574.7	848.3
S.L.U.	350	-9.5	458.4	282.5	740.9	724.0
	450	-10.0	687.1	499.9	1187.0	1157.2

4.4 – Indicazioni progettuali

- La disposizione dei pali al disotto delle fondazioni sarà tale da considerare un interasse minimo tra pali contigui pari a 3 diametri.

I pali saranno preferibilmente disposti appaiati o alternati a se-

⁷ Nella tabella si è indicato con:
D il diametro nominale del palo,
 Q_b la quota di base del palo,
 P_{ll} la portata limite laterale,
 P_{lb} la portata limite di base,
 P_{lt} la portata limite totale = $(P_{ll} + P_{lb})$,
 P_a la portata ammissibile = $(P_{lt} - P_p)/F_s$,
 P_p il peso proprio del palo,
 F_s il coefficiente di sicurezza alla rottura del terreno.



conda dei carichi; si eviterà di disporli su un unico allineamento. Qualora si adottasse la soluzione di plinti su due pali, si dovrà prevedere una trave interplinto con la funzione di assorbire i momenti trasversali.

- Nel calcolo delle forze agenti sui singoli pali al disotto della fondazione si dovrà a parere degli scriventi assumere un scostamento del palo rispetto alla posizione di progetto.

Tale "eccentricità" e_p è dovuta ad errori di posizionamento dell'attrezzatura d'infissione ed in subordine ad errori di tracciamento. Per i pali in esame si potrà assumere:

$$e_p = 3\div 4 \text{ cm.}$$

Il valore di e_p potrà essere ritenuto indipendente dal diametro del palo.

- La portata calcolata nel paragrafo precedente è da intendere relativa ad un palo isolato.

Per i pali in gruppo la portata subisce in generale una diminuzione per effetto dell'interazione dei pali adiacenti.

Considerato il tipo di palo (eseguito per parziale asportazione di terreno) si potrà non considerare l'effetto gruppo in quanto si ritiene che la diminuzione della portata è compensata dall'aumento della densità del terreno per effetto dell'azione di costipamento prodotta nel corso dell'inserimento dell'elica nel terreno.

A tale criterio si potrà fare riferimento:

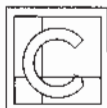
- per pali disposti agli interassi minimi sopra raccomandati,
- per palificate non estese, ovvero composte da un numero di pali inferiore a 9.

Qualora le condizioni sopra esposte non fossero rispettate occorrerà condurre un'analisi delle varie palificate per valutarne l'efficienza.

- La scelta della classe del calcestruzzo R_{ck} e del quantitativo d'armatura da prevedere per i pali in esame potrà tenere in conto quanto di seguito indicato.



- Il valore di R_{ck} cui fare riferimento per il calcolo della portata nominale del palo dovrà essere inferiore di circa il 20% rispetto a quella prescritta nel progetto. Come peraltro già accennato nella nota in calce alla tabella 4.4, tale raccomandazione è motivata dalle possibili riduzioni della qualità del calcestruzzo dovute ad anomalie nell'approvvigionamento del calcestruzzo medesimo ed all'esecuzione del palo.
- Per quanto riguarda l'armatura si ricorda che questa sarà limitata in lunghezza a causa dei limiti tecnologici del palo per i quali si prevedono gabbie d'armatura di lunghezza massima dell'ordine dei 7÷8 m. Non si esclude peraltro la messa in opera di gabbie di lunghezza inferiore; nel qual caso ciò dovrà essere approvato dalla D.LL. e dall'Impresa specializzata.

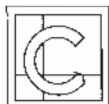


Capitolo 5 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE

5.1 - Consolidamento terreno con tecnica jet-grouting

- **a)** La tecnica *jet-grouting*, come è noto, consiste nello stabilizzare il terreno in posto con cemento, secondo le fasi operative seguenti:
 - raggiungimento della quota di base del trattamento mediante una batteria di aste fornite di uno o due ugelli posti in prossimità della base (monitor); in tale fase l'avanzamento delle aste è facilitato dalla iniezione di acqua in modesta pressione,
 - esecuzione, in risalita, dell'iniezione di una miscela cementizia con rapporto acqua/cemento A/C generalmente pari a $.8 \div 1.1/1$ (*jetting* monofluido) fuoriuscente a una pressione dell'ordine dei 400÷500 bar attraverso i medesimi ugelli utilizzati per la perforazione; l'iniezione, viene condotta stazionando con il monitor in rotazione a quote via via crescenti poste a un intervallo generalmente dell'ordine dei 4÷5 cm.
- **b)** Per colonne fino a 1000÷1200 mm nei terreni granulari come quelli in esame l'iniezione si limita a utilizzare la miscela cementizia sopra indicata. Per diametri superiori l'iniezione viene integrata con aria compressa che veicolando il cemento, aumenta il diametro della colonna (*jetting* bifluido).

Il prodotto finale è una colonna di conglomerato cementizio le cui caratteristiche di resistenza e i tempi di presa e maturazione sono commisurate con la granulometria del terreno e con il quantitativo di cemento iniettato.
- **c)** I parametri di iniezione: numero e diametro degli ugelli, intervallo di risalita, numero di giri in corrispondenza del singolo intervallo, pressione d'aria, rapporto A/C, dovranno essere definiti dall'Appaltatore il quale dovrà garantire la resistenza del materiale e il diametro di progetto.
- **d)** Con lo scopo di progettare le modalità di iniezione e quindi i parametri d'iniezione l'Appaltatore, prima dell'esecuzione delle colonne di produzione, dovrà eseguire in un'area posta nelle



immediate vicinanze delle zone da trattare alcune colonne prova con differenti parametri d'iniezione. Queste prove permetteranno di definire i parametri ottimali che saranno adottati nelle successive lavorazioni.

I criteri d'accettazione delle prove e dei controlli eseguiti secondo le linee guida sopra esposte saranno concordati tra il direttore tecnico dell'Appaltatore e la D.LL., eventualmente assistita dal Consulente geotecnico.

Non si precederà all'esecuzione delle colonne di produzione senza l'approvazione scritta di tali prescrizioni che saranno depositate presso il cantiere e che, accanto alle presenti specifiche, costituiranno le modalità esecutive di riferimento da seguire per i lavori.

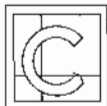
- **e)** A fine lavori e prima di procedere al getto delle fondazioni occorrerà eseguire i necessari controlli per l'accettazione delle colonne. I controlli consisteranno essenzialmente in prove di rottura *E.L.L.* su provini estratti mediante carotaggio dalle colonne di produzione e in controlli *N.D.* con metodologia vibrazionale⁸ su un campione significativo di colonne prodotte.

5.2 – Pali di fondazione

- **a)** La lunghezza dei pali indicata nel capitolo 4 e la sua variazione areale necessitano di essere controllate con idonee prove esecutive da eseguire preliminarmente ai lavori di palificazione. I dati emersi dalle prove permetteranno di programmare i lavori di palificazione.
- **b)** In ogni caso si consiglia in corso d'opera il rilievo dei parametri dell'avanzamento dell'elica (pressione olio, velocità d'avanzamento, ecc.) ed i quantitativi di calcestruzzo utilizzati per il singolo palo. Ciò potrà essere condotto compilando un idoneo rapporto di cantiere.

⁸ Tale principio è basato sulla risposta della colonna ad una sollecitazione dinamica impressa alla testa della colonna medesima da una vibrodina elettrodinamica. Tale forzante presenta ampiezza costante e frequenza variabile nel campo in cui sono comprese la frequenza fondamentale del sistema colonna-terreno e alcune sue armoniche.

Lo spettro di vibrazione rilevato da un accelerometro posto sulla testa della colonna permette di risalire alle caratteristiche geometriche della colonna stessa, alle caratteristiche meccaniche del terreno stabilizzato e ai vincoli esterni (aderenza laterale, vincolo di base).



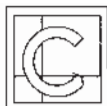
- **c)** Per ultimo si ricorda quanto esposto nella Normativa vigente relativamente all'accettazione dei pali di fondazione⁹, ovvero la necessità di eseguire prove di collaudo sui pali della palificata da scegliere senza alcun preavviso da parte della D.LL..

L'esecuzione delle prove sarà preceduta dalla stesura di Specifiche Tecniche relative alla conduzione e dotazione delle prove di carico che saranno formulate dalla D.LL.. In sostituzione delle prove di carico di cui sopra o a loro integrazione, si potranno eseguire le prove N.D. già sopra proposte per le colonne jetting, che potranno fornire indicazioni sull'integrità del fusto e la relativa regolarità oltre che sull'interazione sotto carico del palo con il terreno.



⁹ " Il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre alle prove di carico devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo. Per opere di notevole importanza tale numero deve essere pari ad almeno l'1 per cento del numero totale dei pali, con un minimo di due. ...". (D.M. del 11/03/1988 - *cfr.* introduzione).

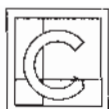
"... Prove di collaudo - Queste prove vengono effettuate su pali della palificata durante ed al termine della sua costruzione, al fine di verificare se il comportamento dei pali corrisponde a quello previsto dal progetto. ...". (C.M. del 24/09/1988 - *cfr.* introduzione).



APPENDICE DI CALCOLO

- ANALISI FONDAZIONI DIRETTE
- Calcolo capacità portante
 - Calcolo cedimenti

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE
PALI DI FONDAZIONE



ANALISI FONDAZIONI DIRETTE

FONDAZIONI SU BONIFICA JETTING - T.A.

Unità di misura: kN; kPa; gradi sessagesimali.

1kN = 1 t; 1 kPa = .1 t/mq

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Cal. N.	Gs	Gi	FI	c	m	n	v	Nm
1	18.0	19.0	32.0	0.0	700	0.50	0.35	25.0
2	18.0	19.0	32.0	0.0	700	0.50	0.35	25.0
3	18.0	19.0	32.0	0.0	700	0.50	0.35	25.0
4	18.0	19.0	32.0	0.0	700	0.50	0.35	25.0
5	18.0	19.0	32.0	0.0	700	0.50	0.35	25.0

FI = angolo d' attrito
c = coesione media
m = grad. mod. elast.
sotto la fondaz.
v = rapp. di Poisson
Gs; Gi = peso di volume
terreno sopra e
sotto la fondaz.
Nm = num. medio colpi
del penetrometro

COEFF. DI SICUREZZA ALLA ROTTURA DEL TERRENO $F_s = 3.5$

SPESSORE TERRENO DEFORMABILE SOTTO LA FONDAZIONE $D_h = 30.0$

ANDAMENTO RESISTENZA PENETR. TERRENO SOTTO FONDAZIONE: CRESCENTE.

TERRENO INTERESSATO DALLA FONDAZIONE: GHIAIA E SABBIA.

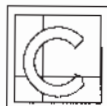
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Cal. N.	Tipo Fond.	B	L	Qpc	Qcf	Qf	Qw
1	ISOL	1.00	1.00	0.0	2.0	7.0	n.p.
2	ISOL	1.50	1.50	0.0	2.0	7.0	n.p.
3	ISOL	2.00	2.00	0.0	2.0	7.0	n.p.
4	ISOL	2.50	2.50	0.0	2.0	7.0	n.p.
5	ISOL	3.00	3.00	0.0	2.0	7.0	n.p.

B = lato minore
L = lato maggiore
QUOTE :
Qpc = campagna in eser.
Qcf = calpestio infer.
Qf = imposta fondaz.
Qw = livello acqua

ESPRESSIONE UTILIZZATA PER IL CALCOLO DELLA PORTATA LIMITE q_l

$q_l = c N_c s_c d_c i_c g_c f_c + q_s N_q s_q d_q i_q g_q f_q + 1.5 G_i B N_g s_g d_g i_g g_g f_g$
(per significato dei simboli e sviluppo dei calcoli cfr. pag. seguente).



CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

Calc.	1	2	3	4	5	METODO DI VESIC
Nc	35.49	35.49	35.49	35.49	35.49	FATTORI di
Nq	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	capacita' portante
Ng	30.21	30.21	30.21	30.21	30.21	del terreno
sc	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	FATTORI di
sq	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	forma della
sg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	fondazione
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	compressibilita'
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del terreno
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	profondita'
IR	285.2	278.6	272.5	266.7	261.3	INDICE di RIGIDEZZA
IC	85.49	85.49	85.49	85.49	85.49	INDICE CRITICO
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	inclin. ed eccentric.
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del carico
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	Gi medio signific.
qs	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	(Qf - Qcf) * Gs
ql	3561.55	3647.66	3733.78	3819.89	3906.00	
qa=ql/Fs	1017.59	1042.19	1066.79	1091.40	1116.00	
Nc	35.49	35.49	35.49	35.49	35.49	METODO DI
Nq	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	HANSEN
Ng	20.79	20.79	20.79	20.79	20.79	
sc	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	
sq	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	
sg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
IR	285.2	278.6	272.5	266.7	261.3	
IC	85.49	85.49	85.49	85.49	85.49	
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	
qs	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
ql	3507.81	3567.05	3626.29	3685.54	3744.78	
qa=ql/Fs	1002.23	1019.16	1036.08	1053.01	1069.94	



Calc.	1	2	3	4	5	
Nc	35.49	35.49	35.49	35.49	35.49	METODO DI MEYERHOF
Nq	23.18	23.18	23.18	23.18	23.18	
Ng	22.02	22.02	22.02	22.02	22.02	
sc	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	
sq	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	
sg	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
IR	285.2	278.6	272.5	266.7	261.3	
IC	85.49	85.49	85.49	85.49	85.49	
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	
qs	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
ql	3042.09	3180.74	3319.40	3458.05	3596.70	
qa=ql/Fs	869.17	908.78	948.40	988.01	1027.63	

PORTATA MEDIA
(VESIC, HANSEN e MEYERHOF)

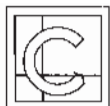
Calc.	1	2	3	4	5
ql	3370.49	3465.15	3559.82	3654.49	3749.16
qa=ql/Fs	963.00	990.04	1017.09	1044.14	1071.19

CALCOLO DEI CEDIMENTI

$$w1 = ar \cdot af \cdot ad \cdot B \cdot (1-v^2) \cdot [(qa-q)/E + q/Es]$$

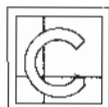
$$w2 = ff \cdot fh \cdot ft \cdot [q \cdot B^{-1} \cdot Icc/3 + (qa - q) \cdot B^{-1} \cdot Icc]$$

Calc.	1	2	3	4	5	
ar	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	FATTORE di RIGIDEZ.
af	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	FATTORE di FORMA
ad	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	FATTORE di PROFOND.
qa	963.00	990.04	1017.09	1044.14	1071.19	PRESSIONE TERRENO
q	126.00	126.00	126.00	126.00	126.00	(Qf - Qpc) * Gs
E	57429	59313	61144	62929	64670	MODULO PRIMO CARICO
Es	155435	160612	165634	170514	175264	MODULO RICOMPRESS.
w1	0.72	1.08	1.43	1.79	2.15	CEDIM.cm-BOWLES 1982
kv1	134004	92042	71000	58330	49850	COEFF. SOTTOF. VERT
ff	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORE di FORMA
fh	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORE di COMPRES.
ft	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	FATTORE di VISCOS.
Icc	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	IND. di COMPRESS.
zi	1.085	1.366	1.644	1.917	2.185	PROFOND. SIGNIFIC.
w2	1.40	1.92	2.42	2.91	3.40	CEDIM.cm-BURLAND 984
kv2	68547	51475	41982	35828	31465	COEFF. SOTTOF. VERT
wm	1.06	1.50	1.93	2.35	2.78	CEDIMENTO MEDIO cm
kvm	101276	71759	56491	47079	40658	COEFF.SOTTOF. MEDIO



ANALISI FONDAZIONI DIRETTE

FONDAZIONI SU BONIFICA JETTING- SLU

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Cal. N.	Gs	Gi	FI	c	m	n	v	Nm
1	18.0	19.0	26.6	0.0	700	0.50	0.35	25.0
2	18.0	19.0	26.6	0.0	700	0.50	0.35	25.0
3	18.0	19.0	26.6	0.0	700	0.50	0.35	25.0
4	18.0	19.0	26.6	0.0	700	0.50	0.35	25.0
5	18.0	19.0	26.6	0.0	700	0.50	0.35	25.0

FI = angolo d' attrito
c = coesione media
m = grad. mod. elast.
sotto la fondaz.
v = rapp. di Poisson
Gs; Gi = peso di volume
terreno sopra e
sotto la fondaz.
Nm = num. medio colpi
del penetrometro

COEFF. DI SICUREZZA ALLA ROTTURA DEL TERRENO $F_s = 1.0$
SPESSORE TERRENO DEFORMABILE SOTTO LA FONDAZIONE $D_h = 30.0$
ANDAMENTO RESISTENZA PENETR. TERRENO SOTTO FONDAZIONE: CRESCENTE.
TERRENO INTERESSATO DALLA FONDAZIONE: GHIAIA E SABBIA.

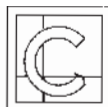
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Cal. N.	Tipo Fond.	B	L	Qpc	Qcf	Qf	Qw
1	ISOL	1.00	1.00	0.0	2.0	7.0	n.p.
2	ISOL	1.50	1.50	0.0	2.0	7.0	n.p.
3	ISOL	2.00	2.00	0.0	2.0	7.0	n.p.
4	ISOL	2.50	2.50	0.0	2.0	7.0	n.p.
5	ISOL	3.00	3.00	0.0	2.0	7.0	n.p.

B = lato minore
L = lato maggiore
QUOTE :
Qpc = campagna in eser.
Qcf = calpestio infer.
Qf = imposta fondaz.
Qw = livello acqua

ESPRESSIONE UTILIZZATA PER IL CALCOLO DELLA PORTATA LIMITE q_l

$q_l = c N_c s_c d_c i_c g_c f_c + q_s N_q s_q d_q i_q g_q f_q + 1.5 G_i B N_g s_g d_g i_g g_g f_g$
(per significato dei simboli e sviluppo dei calcoli cfr. pag. seguente).



CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

**METODO DI
VESIC**

Calc.	1	2	3	4	5	
Nc	23.25	23.25	23.25	23.25	23.25	FATTORI di
Nq	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	capacita' portante
Ng	13.66	13.66	13.66	13.66	13.66	del terreno
sc	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	FATTORI di
sq	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	forma della
sg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	fondazione
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	compressibilita'
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del terreno
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	profondita'
IR	385.7	376.8	368.5	360.7	353.4	INDICE di RIGIDEZZA
IC	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47	INDICE CRITICO
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	FATTORI di
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	inclin. ed eccentric.
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	del carico
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	Gi medio signific.
qs	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	(Qf - Qcf) * Gs
ql	1785.34	1824.27	1863.21	1902.15	1941.09	

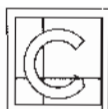
**METODO DI
HANSEN**

Nc	23.25	23.25	23.25	23.25	23.25	
Nq	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	
Ng	8.74	8.74	8.74	8.74	8.74	
sc	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	
sq	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
sg	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
IR	385.7	376.8	368.5	360.7	353.4	
IC	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47	
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	
qs	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
ql	1757.31	1782.23	1807.15	1832.07	1856.99	



Calc.	1	2	3	4	5
Nc	23.25	23.25	23.25	23.25	23.25
Nq	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64
Ng	8.85	8.85	8.85	8.85	8.85
sc	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
sq	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
sg	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
cg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IR	385.7	376.8	368.5	360.7	353.4
IC	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47
ic	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
iq	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gi	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
qs	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
ql	1542.10	1595.16	1648.21	1701.26	1754.31

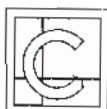
**METODO DI
MEYERHOF**



CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE
PALI DI FONDAZIONE

METODO STATICO

PALO CFA - D = 350 mm - T.A.



D A T I D I I N P U T

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE

IL PALO IN ESAME E' DEL TIPO INFISSO GETTATO IN OPERA
D I A M E T R O D E L P A L O D = 0.35
Q U O T A D E L L A T E S T A D E L P A L O Q_t = 2.5
Q U O T A D E L P I A N O D I C A L P E S T I O P I U ' D E P R E S S O Q_u = 2.0

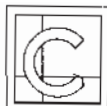
PARAMETRI GEOTECNICI

Ns	Qs	G	Fi*/cu**
/	m	KN/m ³	gr./ KPa
1	6.00	18.0	25.0*
2	7.00	19.0	32.0*
3	/	19.0	34.0*

ANGOLO D' ATTRITO DEL TERRENO DI BASE F_{ib} = 34.0

Il significato dei simboli e' il seguente:

Ns numero strato di suddivisione;
Qs quota letto strato di suddivisione;
G peso di volume;
Fi/cu angolo d'attrito/coesione.

QUOTA BASE PALO = - 9.5 mPARAMETRI e RISULTATI dei CALCOLI**CALCOLO PORTATA LATERALE P_{l1}**

$$P_{l1} = \pi * \Sigma (D_{si} * f_{si} + D_i)$$

$f_{si} = p_{vi} * k$ = adesione laterale;

p_{vi} = pressione vert. efficace media relativa allo strato i-esimo
crescente fino alla profondità critica del palo = - 11.00

$k = \text{tg}^2(45 + FI/2) * \text{tg}(2/3 * FI)$ - (BENABENQ - 1973).

Ns /	Ds m	FI/cu gr./KPa	D m	k /	p _v KPa	f _s KPa
1	3.50	25.0	0.35	0.74	40.50	29.37
2	1.00	32.0	0.35	1.27	81.50	103.59
3	2.50	34.0	0.35	1.48	114.75	169.51

Dai calcoli risulta: ~~P_{l1}~~ = ~~694.88~~

CALCOLO PORTATA DI BASE P_{lb}

$$P_{lb} = A_b * \alpha * (N_q * \text{PSI}_q * p_{vb} + N_g * \text{PSI}_g * G_I * D) \quad (\text{BEREZANTZEV 1961})$$

$A_b = \pi * D^2 / 4 = 0.096$ = area di base;

$\alpha = 1.0$ = coefficiente moltiplicativo dell' area di base;

$N_q = 64.5$ = fattore di capacita' portante - BEREZANTZEV (1961);

$N_g = 33.2$ = fattore di capacita' portante;

$\text{PSI}_q, \text{PSI}_g = 1.0, 0.3$ = fattori di forma;

$p_{vb} = 138.5$ = pressione vert. efficace alla base crescente
fino alla profondità critica del palo = - 11.00

$G_I = 19.0$ = peso di volume medio ponderale del terreno
sottostante la base.

Dai calcoli risulta: ~~P_{lb}~~ = ~~885.88~~

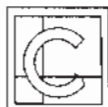
CALCOLO PORTATA AMMISSIBILE P_a

$$P_a = (P_{lb} - P_p) / F_{sb} + P_{l1} / F_{sl}$$

$P_p = 16.8$ = peso del palo;

$F_{sb}, F_{sl} = 3.0, 3.0$ = fattori di sicurezza.

Dai calcoli risulta: ~~P_a~~ = ~~514.6~~



CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE
PALI DI FONDAZIONE
METODO STATICO

PALO CFA - D = 450 mm - T.A.



D A T I D I I N P U T

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE

IL PALO IN ESAME E' DEL TIPO INFISSO GETTATO IN OPERA
D I A M E T R O D E L P A L O D = 0.45
Q U O T A D E L L A T E S T A D E L P A L O Q_t = 2.5
Q U O T A D E L P I A N O D I C A L P E S T I O P I U ' D E P R E S S O Q_u = 2.0

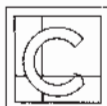
PARAMETRI GEOTECNICI

Ns	Qs	G	Fi*/cu**
/	m	KN/m ³	gr./ KPa
1	6.00	18.0	25.0*
2	7.00	19.0	32.0*
3	/	19.0	34.0*

ANGOLO D' ATTRITO DEL TERRENO DI BASE F_{ib} = 34.0

Il significato dei simboli e' il seguente:

Ns numero strato di suddivisione;
Qs quota letto strato di suddivisione;
G peso di volume;
Fi/cu angolo d'attrito/coesione.

QUOTA BASE PALO = - 10 mPARAMETRI e RISULTATI dei CALCOLI**CALCOLO PORTATA LATERALE P_{l1}**

$$P_{l1} = \pi * \Sigma (D_{si} * f_{si} * D_i)$$

$f_{si} = p_{vi} * k$ = adesione laterale;

p_{vi} = pressione vert. efficace media relativa allo strato i-esimo
crescente fino alla profondità critica del palo = - 13.00

$k = \text{tg}^2(45 + FI/2) * \text{tg}(2/3 * FI)$ - (BENABENQ - 1973).

Ns /	Ds m	FI/cu gr./KPa	D m	k /	p _v KPa	f _s KPa
1	3.50	25.0	0.45	0.74	40.50	29.87
2	1.00	32.0	0.45	1.27	81.50	103.59
3	3.00	34.0	0.45	1.48	119.50	176.52

Dai calcoli risulta: $P_{l1} = 1042.9$

CALCOLO PORTATA DI BASE P_{l2}

$$P_{l2} = A_b * \alpha * (N_q * \psi_{sq} * p_{vb} + N_g * \psi_{sg} * G * D) \quad (\text{BEREZANTZEV 1961})$$

$A_b = \pi * D^2 / 4 = 0.159$ = area di base;

$\alpha = 1.0$ = coefficiente moltiplicativo dell' area di base;

$N_q = 64.5$ = fattore di capacita' portante - BERZANTZEV (1961);

$N_g = 33.2$ = fattore di capacita' portante;

$\psi_{sq}, \psi_{sg} = 1.0, 0.3$ = fattori di forma;

$p_{vb} = 148.0$ = pressione vert. efficace alla base crescente
fino alla profondità critica del palo = - 13.00

$G = 19.0$ = peso di volume medio ponderale del terreno
sottostante la base.

Dai calcoli risulta: $P_{l2} = 1531.8$

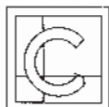
CALCOLO PORTATA AMMISSIBILE P_a

$$P_a = (P_{l2} - P_p) / F_{sb} + P_{l1} / F_{sl}$$

$P_p = 29.8$ = peso del palo;

$F_{sb}, F_{sl} = 3.0, 3.0$ = fattori di sicurezza.

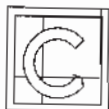
Dai calcoli risulta: $P_a = 848.3$



CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE
PALI DI FONDAZIONE

- METODO STATICO -

PALO CFA - D = 350 mm - SLU



D A T I D I I N P U T

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE

IL PALO IN ESAME E' DEL TIPO INFISSO GETTATO IN OPERA
D I A M E T R O D E L P A L O $\phi = 0,35$
Q U O T A D E L L A T E S T A D E L P A L O $Q_t = 2,5$
Q U O T A D E L P I A N O D I C A L P E S T I O P I U ' D E P R E S S O $Q_u = 2,0$

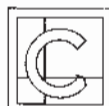
PARAMETRI GEOTECNICI

Ns	Qs	G	FI*/cu**
/	m	KN/m ³	gr./ kPa
1	6.00	18.0	20.5*
2	7.00	19.0	26.6*
3	/	19.0	28.4*

ANGOLO D' ATTRITO DEL TERRENO DI BASE $F_{1b} = 28.0$

Il significato dei simboli e' il seguente:

Ns numero strato di suddivisione;
Qs quota letto strato di suddivisione;
G peso di volume;
Fi/cu angolo d'attrito/coesione.



QUOTA BASE PALO = - 9.5 m

PARAMETRI e RISULTATI dei CALCOLI

CALCOLO PORTATA LATERALE P11

$$P11 = \pi * \Sigma (D_{si} * f_{si} * D_i)$$

$f_{si} = p_{vi} * k$ = adesione laterale;

p_{vi} = pressione vert. efficace media relativa allo strato i-esimo
crescente fino alla profondità critica del palo = - 11.00

$k = \text{tg}^2(45 + FI/2) * \text{tg}(2/3 * FI)$ - (BENABENQ - 1973).

Ns /	Ds m	FI/cu gr./KPa	D m	k /	pv KPa	fs KPa
1	3.50	20.5	0.35	0.51	40.50	20.46
2	1.00	26.6	0.35	0.84	81.50	68.32
3	2.50	28.4	0.35	0.97	114.75	110.77

Dai calcoli risulta: $P11 = 458.4$

CALCOLO PORTATA DI BASE P1b

$$P1b = A_b * \alpha * (N_q * P_{SIq} * p_{vb} + N_g * P_{SIg} * G_I * D)$$
 (BEREZANTZEV 1961)

$A_b = \pi * D^2 / 4 = 0.096$ = area di base;

$\alpha = 1.0$ = coefficiente moltiplicativo dell' area di base;

$N_q = 21.0$ = fattore di capacita' portante - BEREZANTZEV (1961);

$N_g = 13.8$ = fattore di capacita' portante;

$P_{SIq}, P_{SIg} = 1.0, 0.3$ = fattori di forma;

$p_{vb} = 138.5$ = pressione vert. efficace alla base crescente
fino alla profondita' critica del palo = - 11.00

$G_I = 19.0$ = peso di volume medio ponderale del terreno
sottostante la base.

Dai calcoli risulta: $P1b = 2182.5$

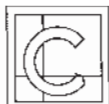
CALCOLO PORTATA AMMISSIBILE Pa

$$P_a = (P1b - P_p) / F_{sb} + P11 / F_{s1}$$

$P_p = 16.8$ = peso del palo;

$F_{sb}, F_{s1} = 1.0, 1.0$ = fattori di sicurezza.

Dai calcoli risulta: $P_a = 7724.0$



CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE
PALI DI FONDAZIONE

- METODO STATICO -

PALO CFA - D = 450 mm - SLU



D A T I D I I N P U T

CARATTERISTICHE DI GEOMETRIA GENERALE

IL PALO IN ESAME E' DEL TIPO INFISSE GETTATO IN OPERA
D I A M E T R O D E L P A L O D = 0.45
Q U O T A D E L L A T E S T A D E L P A L O Q_t = 2.5
Q U O T A D E L P I A N O D I C A L P E S T I O P I U ' D E P R E S S O Q_u = 2.0

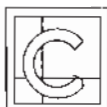
PARAMETRI GEOTECNICI

Ns	Qs	G	Fi*/cu**
/	m	KN/m ³	gr./ kPa
1	6.00	18.0	20.5*
2	7.00	19.0	26.6*
3	/	19.0	28.4*

ANGOLO D' ATTRITO DEL TERRENO DI BASE F_{ib} = 28.0

Il significato dei simboli e' il seguente:

Ns numero strato di suddivisione;
Qs quota letto strato di suddivisione;
G peso di volume;
Fi/cu angolo d'attrito/coesione.

QUOTA BASE PALO = - 10 mPARAMETRI e RISULTATI dei CALCOLI**CALCOLO PORTATA LATERALE P_{l1}**

$$P_{l1} = \pi * \sum (D_{si} * f_{si} * D_i)$$

f_{si} = p_{vi} * k = adesione laterale;p_{vi} = pressione vert. efficace media relativa allo strato i-esimo
crescente fino alla profondità critica del palo = - 13.00k = $\text{tg}^2(45 + FI/2) * \text{tg}(2/3 * FI)$ - (BENABENQ - 1973).

Ns /	Ds m	FI/cu gr./KPa	D m	k /	pv KPa	fs KPa
1	3.50	20.5	0.45	0.51	40.50	20.46
2	1.00	26.6	0.45	0.84	81.50	68.32
3	3.00	28.4	0.45	0.97	119.50	115.35

Dai calcoli risulta: P_{l1} = 687.1**CALCOLO PORTATA DI BASE P_{lb}**

$$P_{lb} = A_b * \alpha * (N_q * \psi_{sq} * p_{vb} + N_g * \psi_{sg} * G_I * D) \quad (\text{BEREZANTZEV 1961})$$

A_b = $\pi * D^2 / 4 = 0.159$ = area di base; α = 1.0 = coefficiente moltiplicativo dell' area di base;N_q = 21.0 = fattore di capacita' portante - BERZANTZEV (1961);N_g = 13.8 = fattore di capacita' portante; ψ_{sq}, ψ_{sg} = 1.0, 0.3 = fattori di forma;p_{vb} = 148.0 = pressione vert. efficace alla base crescente
fino alla profondita' critica del palo = - 13.00G_I = 19.0 = peso di volume medio ponderale del terreno
sottostante la base.Dai calcoli risulta: ~~P_{lb}~~ = ~~4999.9~~**CALCOLO PORTATA AMMISSIBILE P_a**

$$P_a = (P_{lb} - P_p) / F_{sb} + P_{l1} / F_{sl}$$

P_p = 29.8 = peso del palo;F_{sb}, F_{sl} = 1.0, 1.0 = fattori di sicurezza.Dai calcoli risulta: ~~P_a~~ = 11157.2