

CV Soil

Part I CV Soil	1
1 Introduzione	1
2 Dati Studio Tecnico	3
3 Zona	4
4 Sondaggio	5
5 Stratigrafia	7
6 Sondaggio di riepilogo	10
7 Database	10
8 Come impostare un nuovo progetto	11
9 Cenni teorici	12
Parametri geotecnici caratteristici	12
Circolare 21-01-2019	13
Richiami di statistica e calcolo delle probabilità	16
Campioni	24
Part II GIT	26
Part III Geoapp	27
1 Sezione Geoapp	27
Part IV Libri consigliati	28
Part V Bibliografia	29
Part VI Contatti	30
Index	0

1 CV Soil

1.1 Introduzione

Il software **CVSoil** consente di calcolare i parametri geotecnici caratteristici secondo un approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove.

Con l'introduzione del concetto di *stato limite* è stato sviluppato parallelamente anche quello di valore caratteristico.

L'Eurocodice 7, riguardante la progettazione geotecnica, introduce per la prima volta i valori caratteristici dei parametri geotecnici e attualmente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC2018) adottano tale concetto.

✚ [C6.2.2.4 "VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI" della Circolare 21.01.2019.](#)

"Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato."

Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica: le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni, e per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

"Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata".

Si parla di Stato limite ultimo quando lo stato limite è associato al valore estremo della capacità portante della struttura, il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Si parla invece di Stato limite di esercizio quando è legato al raggiungimento di un particolare stato dell'opera che pur non generando il collasso compromette aspetti funzionali importanti che limitano le prestazioni in condizione d'esercizio.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

Ai valori caratteristici trovati si applicano dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DI CV SOIL

- Il software permette di calcolare i valori caratteristici del terreno analizzando i parametri ricavati da sondaggi. I parametri geotecnici vengono trattati come variabili casuali, e l'insieme dei valori assunti dai parametri come una popolazione statistica.
- Con CVSoil è possibile importare dati da più sondaggi all'interno di una stessa zona.
- L'area di indagine può essere visualizzata su Google Maps.
- I parametri che possono essere analizzati statisticamente sono:
 - Angolo di resistenza al taglio,
 - Coesione drenata,
 - Coesione non drenata,
 - Densità relativa,
 - Indice di consistenza,

- Modulo di compressibilità edometrica,
 - Modulo di taglio,
 - Modulo di Young,
 - Nspt,
 - Peso di volume naturale,
 - Peso di volume saturo,
 - Pocket penetrometer,
 - Modulo di Poisson,
 - Resistenza a compressione uniassiale,
 - Resistenza punta statico,
 - Umidità naturale,
 - Velocità onde di taglio,
 - Parametro personalizzato.
- CVSoil permette di inserire e/o cercare sul web dati relativi a sondaggi effettuati.
 - CVSoil oltre ad interfacciarsi con gli altri software della GeoStru permette di importare ed esportare i dati in qualsiasi altro programma che richieda file .xml
 - Il software crea una relazione che può essere esportata in formato RTF, DOC, DOCX, PDF, HTM, JPEG ecc..

1.2 Dati Studio Tecnico

La scheda **Dati Studio Tecnico** consente di impostare i dati, relativi allo studio tecnico, che saranno riportati in relazione:

Dati intestazione

Via

Comune

Provincia

CAP

Telefono fisso

Fax

Telefono mobile

E.mail

Codice fiscale
P.IVA
WEB
Logo

1.3 Zona

Per inserire una nuova zona basta premere il pulsante Aggiungi Zona, dal menù Zona (oppure utilizzare il menù contestuale che compare con un click del tasto destro del mouse, sul nodo zona nella finestra principale), e specificare il Nome.

Per ogni zona è possibile compilare dei campi con le informazioni generali:

Nome: Nome assegnato alla zona.

Descrizione: Descrizione generale della zona.

Committente: Nome e Cognome del committente.

Cantiere: Dati generali del cantiere di lavoro.

Località: Indirizzo del cantiere di lavoro (es. via xxxx, città, provincia).

Nazione: Nazione in cui si trova il cantiere di lavoro.

Operatore: Nome e Cognome dell'operatore che esegue la prova.

E.mail: Indirizzo e.mail dell'operatore che esegue la prova.

Responsabile: Nome e cognome del responsabile della prova.

Note: Note aggiuntive.

Visualizza sulla mappa: Visualizza la zona su Google Maps. Selezionando l'immagine mediante il pulsante "cattura vista corrente" viene offerta la possibilità di personalizzare la rappresentazione che sarà poi riportata nella relazione finale. Nell'immagine possono essere inseriti gli oggetti linea, rettangolo ed

ellisse personalizzando la trasparenza della forma e i colori di linee e sfondo.

Anteprima di stampa: Crea un'anteprima di stampa dell'immagine.

Copia: Crea una copia dell'immagine.

Salva: Salva l'immagine in una cartella selezionata dall'utente.



Nota bene: Affinchè possa essere visualizzata la zona sulla mappa è necessario compilare i campi **Località** e **Nazione**.

1.4 Sondaggio

Per inserire un nuovo sondaggio basta premere il pulsante Aggiungi Sondaggio, dal Menù Sondaggio (oppure utilizzare il menù contestuale che compare con un click del tasto destro del mouse, sul nodo zona o sul nodo sondaggio, nella finestra principale), e specificare il Nome.

Per ogni sondaggio si inseriscono i dati generali e si esegue il calcolo dei parametri caratteristici.

Dati generali

Per ogni sondaggio è possibile compilare dei campi con le informazioni generali:

Nome: Nome della prova eseguita.

Data della prova: Data della prova.

Latitudine: Latitudine del punto in cui viene eseguita la prova.

Longitudine: Longitudine del punto in cui viene eseguita la prova.

Altitudine: Altitudine del punto in cui viene eseguita la prova.

Descrizione: Descrizione generale della prova.

Tipo di prova: E' possibile selezionare il tipo di prova tra dinamica continua, dinamica in foro, sismica, statica, MASW, HVSR, altro.

Profondità prova: Profondità alla quale viene eseguita la prova in metri.

Falda: Falda non presente / presente.

Categoria del suolo: Categoria alla quale appartiene il suolo oggetto del sondaggio.

Note: Eventuali note aggiuntive.

Parametri da analizzare per il sondaggio: E' possibile scegliere i parametri da analizzare spuntando la casella corrispondente:

- Angolo di resistenza al taglio,
- Coesione drenata,
- Coesione non drenata,
- Densità relativa,
- Indice di consistenza,
- Modulo di compressibilità edometrica,
- Modulo di taglio,
- Modulo di Young,
- Nspt,
- Peso di volume naturale,
- Peso di volume saturo,
- Pocket penetrometer,
- Modulo di Poisson,
- Resistenza a compressione uniassiale,
- Resistenza punta statico,
- Umidità naturale,
- Velocità onde di taglio,
- Aggiungi Parametro personalizzato.

Visualizza sulla mappa: Visualizza l'area di indagine su Google Maps.

Anteprima di stampa: Crea un'anteprima di stampa dell'immagine.

Copia: Crea una copia dell'immagine.

Salva: Salva l'immagine.

Salva immagine nel file: Salva l'immagine nel file corrente.



Nota bene: Affinchè possa essere visualizzata la zona sulla mappa è necessario inserire correttamente le coordinate.

1.5 Stratigrafia

All'interno della sezione Stratigrafia viene eseguita l'analisi dei parametri geotecnici.

Per ogni strato di terreno considerato si ricavano i valori caratteristici dei parametri selezionati in [Dati generali](#). Per iniziare l'elaborazione dei parametri in un determinato strato è necessario assegnarne lo spessore. Cliccando sul pulsante che compare nella cella corrispondente ad un parametro per uno strato è possibile inserire i dati ed effettuare il calcolo del valore caratteristico.

- I dati della Stratigrafia sono:

n.: Numero dello strato di terreno sottoposto a sondaggio.

Spessore: Spessore dello strato di terreno sottoposto a sondaggio.

(Nome parametro): Valore del parametro caratteristico ricavato dall'elaborazione statistica.

Descrizione: Descrizione dello strato.

Colore/Texture: Permette di selezionare il colore o la texture da assegnare allo strato di terreno.

- Per ogni parametro selezionato sarà possibile scegliere:

Valore da considerare: Selezionare Resistenze non compensate se si vuole ricavare il valore minimo rappresentativo del campione, selezionare Resistenze compensate se si vuole ricavare un parametro rappresentativo della media dei valori (Ved. [Circolare 02-02-2009](#)).

Tipo di Elaborazione: Selezionare il tipo di elaborazione che si vuole effettuare (Ved. [Campioni](#)) tra Distribuzione normale, Distribuzione di Student, Distribuzione del logaritmo, Metodo 3 - sigma.

Percentile: E' possibile considerare il 5° percentile o il 95° percentile della distribuzione statistica.

Opzioni: Selezionare l'opzione Distribuzione della tangente se si vuole eseguire l'elaborazione con distribuzione della tangente del parametro oppure C.O.V. manuale se si vuole inserire il coefficiente di variazione manualmente.

- Elaborazione statistica:

Numero di misure: Numero di misure a disposizione per lo strato di terreno considerato.

n.: Numero della misura.

Valore: Valore della misura.



Nota bene: E' possibile importare i valori delle misure da un foglio di calcolo elettronico con una semplice operazione di copia e incolla.

Visualizza: Visualizza Curve standardizzate o Distribuzione di probabilità.

Anteprima di stampa: Crea un'anteprima di stampa dell'immagine.

Copia: Crea una copia dell'immagine.

Salva con nome: Salva l'immagine.

Calcola: Esegue il calcolo del parametro caratteristico e riporta nella tabella accanto i risultati di:

Massimo: Massimo dei valori.

Minimo: Minimo dei valori.

Media: Media dei valori.

Deviazione Standard: Deviazione Standard dei valori.

Deviazione Standard Med.: Deviazione Standard riferita alla media dei valori.

Varianza: Varianza dei valori.

5° o 95° Percentile: Valore corrispondente al 5° o al 95° Percentile.

5° o 95° Percentile Med.: Valore corrispondente al 5° o al 95° Percentile riferito alla media dei valori.

C.O.V.: Covarianza dei valori.



Nota bene: I risultati in tabella possono essere selezionati e copiati tramite il tasto destro del mouse.

(Ved. [Cenni teorici](#), [Richiami di statistica e calcolo delle probabilità](#))

1.6 Sondaggio di riepilogo

Il sondaggio di riepilogo serve ad integrare i risultati di più sondaggi per una determinata zona. E' possibile inserire un sondaggio di riepilogo solo se per una zona sono stati definiti almeno due sondaggi. Formalmente, l'utilizzo di un sondaggio di riepilogo è equivalente ad un sondaggio usuale. Tuttavia, per un sondaggio di riepilogo non è possibile scegliere i parametri di cui si vogliono calcolare i valori caratteristici. Infatti, i parametri elaborabili sono automaticamente determinati in funzione di quelli scelti nei sondaggi a cui il riepilogo è riferito. In particolare è possibile determinare il valore caratteristico di un parametro se tutti i sondaggi della zona di indagine comprendono lo studio dello stesso parametro.

Per inserire un sondaggio di riepilogo è sufficiente premere il pulsante Aggiungi Sondaggio di riepilogo, dal Menù Sondaggio (oppure utilizzare il menù contestuale che compare con un click del tasto destro del mouse, sul nodo zona o sul nodo sondaggio, nella finestra principale), e specificare il Nome.

Stratigrafia sondaggio di riepilogo

Per importare i dati dai sondaggi già inseriti nella zona è necessario impostare uno spessore nella griglia e selezionare il tipo di parametro da elaborare cliccando sulla casella corrispondente.

Sotto la griglia vengono visualizzate le informazioni e le misure per il parametro selezionato.

Cliccando il pulsante per l'importazione dei dati, poi, viene visualizzata una finestra che consente di selezionare quali misure si vogliono importare dai sondaggi presenti nella zona.

Ultimate le operazioni di importazione, è possibile procedere all'elaborazione dei parametri caratteristici utilizzando tutte le misure selezionate (ved. [Stratigrafia](#)).

1.7 Database

Attiva condivisione sondaggi: Attiva la condivisione dei sondaggi sul database GeoStru. Abilitando questa funzione, gli utenti GeoStru hanno la possibilità di condividere tra loro i sondaggi e le elaborazioni.

Contatti: Permette di impostare la stringa dei contatti che identifica l'esecutore della prova condivisa. Tale informazione fornita agli utenti che vogliono consultare un sondaggio condiviso.

Cerca sondaggio condiviso: Cerca nell'archivio online i sondaggi condivisi nelle vicinanze della zona di interesse. Questa può essere specificata in maniera descrittiva o attraverso la definizione delle coordinate geografiche WGS84.

E' possibile cercare un sondaggio inserendo le coordinate della zona di interesse oppure una descrizione letterale. Verrà visualizzato l'elenco dei sondaggi che sono compresi all'interno della raggio di ricerca, impostato dall'utente. Per ciascuno dei sondaggi scaricati, quindi, sono elencati i risultati delle prove oltre all'insieme delle informazioni di riepilogo.

Condividi sondaggio sul web: Inserisce il sondaggio selezionato nell'albero di riepilogo, in un database di GeoStru. La condivisione sul web consente di condividere con altri professionisti i risultati ottenuti.

1.8 Come impostare un nuovo progetto

- 1 Compilare i dati riguardanti lo [studio tecnico](#).
- 2 Inserire la [zona](#) e le informazioni generali.
- 3 Aggiungere uno o più [sondaggi](#) inserendo i relativi [dati generali](#).
- 4 Cliccare su [Stratigrafia](#) (per ogni parametro selezionato in Dati generali sarà possibile ricavare il valore caratteristico).
- 5 Inserire lo spessore dello strato e cliccare sul pulsante che compare nella cella corrispondente ad un parametro.
- 6 Scegliere il valore da considerare (Resistenze non compensate, Resistenze compensate, Valore medio), il tipo di elaborazione e le ulteriori opzioni.

- 7 Inserire il numero ed il valore delle misure.
- 8 Cliccare su Calcola. Verranno così riportati i risultati nella tabella accanto e verrà riportato il valore caratteristico del parametro nella cella corrispondente (ved. punto 5).
- 9 Selezionare le opzioni di stampa e cliccare su Stampa relazione.



Nota bene: Se per una zona sono stati inseriti almeno due sondaggi è possibile inserire anche un sondaggio di riepilogo.

E' possibile importare un sondaggio da un file di estensione .xml cliccando sul pulsante **Importa Sondaggio da xml**.

Il file di importazione può essere scritto utilizzando un editor xml o un semplice editor di testo, o può essere generato da altri software GeoStru come Dynamic o Static Probing. Importando un sondaggio da xml, in automatico verranno ricavati i parametri caratteristici relativi a quel sondaggio nella finestra Stratigrafia.

E' possibile esportare un sondaggio in un file di estensione .xml al fine di inserire i parametri caratteristici ricavati con CV Soil in altri software cliccando sul pulsante **Esporta sondaggio in xml**.

1.9 Cenni teorici

1.9.1 Parametri geotecnici caratteristici

Il software CV Soil consente di calcolare i parametri geotecnici caratteristici secondo un approccio probabilistico.

I parametri geotecnici vengono trattati come variabili casuali, e l'insieme dei valori assunti dai parametri come una popolazione statistica.

Si assume che le grandezze indagate (f , c_u , ecc.) varino in modo casuale all'interno del volume di terreno significativo, del volume di terreno, cioè, che risente della realizzazione dell'opera in progetto.

La derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%.

Si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale ci garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico ci cautela.

Esistono indicazioni in letteratura sul fatto che l'angolo di resistenza al taglio f non segua una distribuzione normale, ma la sua tangente sì, quindi la variabile da inserire nelle formule non è f ma $\tan(f)$. Inoltre, la coesione non drenata c_u sembra che segua una distribuzione lognormale, perciò la variabile da utilizzare per le stime non dovrà essere direttamente la c_u , ma il suo logaritmo naturale $\ln(c_u)$.

Il f e il c_u caratteristici si otterranno calcolando rispettivamente l'arcotangente e l'esponenziale della variabile x_k ottenuta come risultato.

I criteri in base ai quali scegliere la procedura di calcolo dei parametri caratteristici all'interno di uno strato omogeneo di terreno sono due:

- 1) In base al numero di [misure effettuate](#). Con l'aumentare delle dimensioni del campione migliora la stima della media e della deviazione standard della popolazione che servono per costruire la curva della densità di probabilità e quindi stimare il valore corrispondente alla probabilità di non superamento del 5%.
- 2) In base alla presenza o meno di compensazione delle resistenze del terreno ([Circolare del 02.02.2009](#)).

Ved. [Richiami di statistica e calcolo delle probabilità](#).

1.9.2 Circolare 21-01-2019

Il **valore caratteristico**, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione,

dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica: le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni, e per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

"Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata".

Si parla di *Stato limite ultimo* quando lo stato limite è associato al valore estremo della capacità portante della struttura, il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Si parla invece di Stato limite di esercizio quando è legato al raggiungimento di un particolare stato dell'opera che pur non generando il collasso compromette aspetti funzionali importanti che limitano le prestazioni in condizione d'esercizio.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

Ai valori caratteristici trovati si applicano dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato.

Per quanto riguarda il calcolo geotecnico esistono due linee di pensiero seguite per la determinazione dei parametri caratteristici:

- Una prima linea si basa su un approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove;
- Una seconda linea di pensiero invece porta avanti l'idea che l'approccio probabilistico non sia adatto a modellare il reale comportamento del terreno. In particolare questo secondo approccio si basa su procedimenti più razionali, ritenendo che i valori caratteristici delle proprietà del terreno vadano valutati in funzione del livello di deformazione previsto per lo stato limite considerato.

Con la [Circolare del 21.01.2019](#) viene specificato come la scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici deve avvenire in due fasi.

La prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali. Tale scelta richiede una valutazione specifica

da parte del progettista, per il necessario riferimento ai diversi tipi di verifica.

Identificati i parametri geotecnici appropriati, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri.

Viene inoltre precisato come "Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato".

In particolare, le opere che *coinvolgono* grandi volumi di terreno sono quelle che portano a variazioni tensionali, all'interno di una porzione abbastanza elevata di sottosuolo, tali da dare origine a una compensazione delle resistenze.

Si parla in questo caso di **resistenze compensate**: le zone di terreno a resistenza minima e massima vengono sollecitate contemporaneamente e quello che emerge è un comportamento meccanico intermedio fra i due estremi. Per questo motivo, per ogni verticale d'indagine eseguita all'interno del volume significativo si effettua una stima cautelativa del valore medio dei parametri geotecnici.

Nel caso di opere che coinvolgono modesti volumi di terreno a essere sollecitate sono piccole porzioni di terreno in cui prevalgono le resistenze locali.

Nel caso vengano eseguite misure dirette all'esterno del volume significativo si parla di **resistenze non compensate da misure estrapolate** e il valore caratteristico andrà selezionato prendendo come riferimento un valore prossimo al minimo misurato, a vantaggio di sicurezza.

Nel caso invece in cui vengano eseguite misure dirette all'interno del volume significativo si parla di **resistenze non compensate da misure dirette**: in tal caso i valori caratteristici del terreno si stimano effettuando una valutazione cautelativa dei valori medi misurati.

1.9.3 Richiami di statistica e calcolo delle probabilità

La probabilità

La teoria della probabilità è lo studio matematico della probabilità.

I matematici si riferiscono alle probabilità come a numeri nell'intervallo da 0 a 1, assegnati ad "eventi" la cui ricorrenza è casuale.

La probabilità è un numero associato ad un evento (risultante dall'osservazione di un esperimento) che può o meno verificarsi.

Probabilità a priori o classica

Se N è il numero totale di casi dello spazio campionario di una variabile aleatoria ed n il numero di casi favorevoli per i quali si realizza l'evento A , la probabilità a priori di A è data da:

$$P(A) = \frac{n}{N}$$

La probabilità a priori può assumere un valore compreso tra 0 e 1. Una probabilità pari a 0 indica che l'evento è impossibile, una probabilità pari ad 1 indica che l'evento è certo.

Probabilità frequentista

Se m è il numero di prove in cui si è verificato l'evento A su un totale di M prove, la probabilità di A è data da:

$$P(A) = \lim_{M \rightarrow \infty} \frac{m}{M}$$

Il limite che compare in questa definizione non va inteso in senso matematico, ma in senso sperimentale: il valore vero della probabilità si trova solo effettuando un numero infinito di prove.

Indicatori di una distribuzione statistica

La descrizione dei dati di un campione statistico viene fatta determinando la distribuzione delle frequenze relative, che contiene implicitamente tutte le informazioni che dal campione possiamo trarre.

Gli indicatori sono dei parametri che descrivono quantitativamente gli aspetti generali della distribuzione statistica.

- Nella teoria della probabilità la funzione di probabilità o funzione di distribuzione, di una variabile casuale discreta x è una funzione di variabile reale che assegna ad ogni valore possibile di x la probabilità dell'evento.
- Il valore atteso m (chiamato anche media o speranza) di una variabile casuale reale x , è un numero che formalizza l'idea euristica di valore medio di un fenomeno aleatorio ed è definito come:

$$\mu(x) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- La varianza di una variabile aleatoria x è un numero $\text{Var}(x)$ che fornisce una misura di quanto siano vari i valori assunti dalla variabile, ovvero di quanto si discostino dalla media m . La varianza di x è definita come il valore atteso del quadrato della variabile aleatoria centrata. In statistica viene spesso preferita la

radice quadrata della varianza di x , lo scarto quadratico medio (o deviazione standard) indicato con la lettera σ . Per questo motivo la varianza viene indicata con σ^2 . In statistica si utilizzano solitamente due stimatori per la varianza su un campione di cardinalità n :

$$\sigma_n^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \mu(x)]^2}{n} \quad \text{e} \quad \sigma_{n-1}^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \mu(x)]^2}{n-1}$$

Lo stimatore σ_{n-1} ha un valore atteso uguale proprio alla varianza, al contrario, lo stimatore σ_n ha un valore atteso diverso dalla varianza. Una giustificazione del termine $n-1$ è data dalla necessità di stimare anche la media. Se la media μ è nota, lo stimatore σ_n diventa corretto.

- A partire dallo scarto quadratico medio si definisce anche il coefficiente di variazione o la deviazione standard relativa come il rapporto tra lo scarto tipo e la media aritmetica dei valori:

$$C.O.V. = \frac{\sigma(x)}{\mu(x)}$$

Questo nuovo parametro (spesso usato in forma percentuale) consente di effettuare confronti tra dispersioni di dati di tipo diverso, indipendentemente dalle loro quantità assolute.

Il modo in cui si distribuisce la probabilità di una variabile aleatoria dipende da molti fattori, e, come vi sono infiniti possibili grafici di funzioni, così si possono avere infinite modalità diverse per le distribuzioni di probabilità.

Le più significative distribuzioni di probabilità sono:

- 1) Distribuzione normale;
- 2) Distribuzione lognormale;
- 3) Distribuzione t di Student.

La distribuzione normale

La variabile casuale Normale (detta anche variabile casuale Gaussiana o curva di Gauss) è una variabile casuale continua con due parametri, indicata tradizionalmente con:

$$N(\mu; \sigma^2)$$

Si tratta di una delle più importanti variabili casuali, soprattutto continue, in quanto è, la base di partenza per le altre variabili casuali (Chi Quadrato, t di Student, F di Snedecor ecc..).

La variabile casuale gaussiana è caratterizzata dalla seguente funzione di densità di probabilità, cui spesso si fa riferimento con la dizione curva di Gauss o gaussiana:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

dove x rappresenta la grandezza di cui si deve calcolare la probabilità

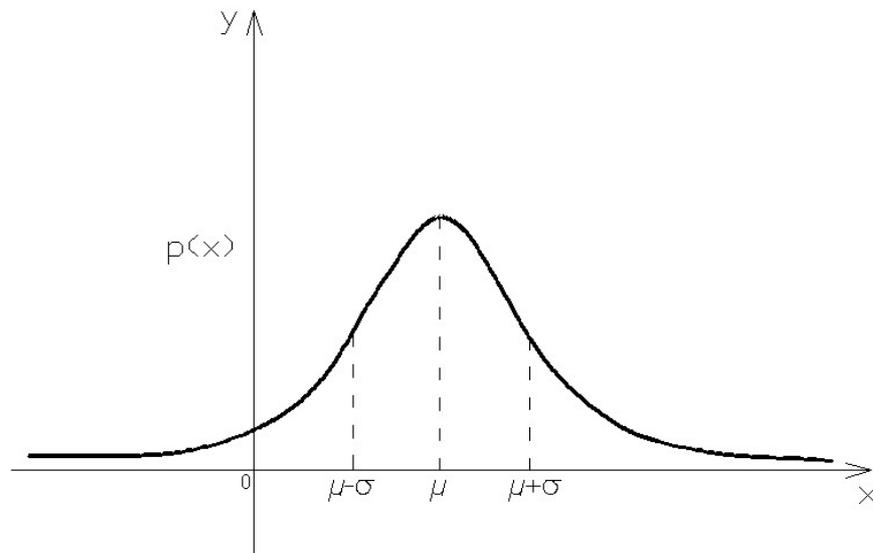
$$-\infty < x < \infty$$

e dove μ e σ rappresentano la popolazione media e lo scarto quadratico medio (o deviazione standard). L'equazione della funzione di densità è costruita in modo tale che l'area sottesa alla curva rappresenti la probabilità. Perciò, l'area totale è uguale a 1.

La curva che descrive l'andamento della probabilità è simmetrica ed è centrata intorno al valore medio.

Nella terminologia statistica il punto in cui la curva assume il suo valore massimo viene chiamato moda, il valore invece per il quale alla grandezza x è associata una probabilità del 50% viene definito mediana.

Nella distribuzione normale, media, moda e mediana coincidono.



Ricorrendo alla standardizzazione (statistica) della variabile casuale, cioè alla trasformazione tale per cui risulta:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

dove la variabile risultante

$$-\infty < Z < \infty$$

ha anch'essa distribuzione normale con parametri $\mu = 0$ e $\sigma = 1$, la curva di gauss può essere scritta come:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Il valore caratteristico potrà essere valutato tramite l'espressione:

$$x = \mu + Z\sigma$$

Con una probabilità del 5% Z (da tabella) è pari a -1.645 , perciò l'espressione precedente si può riscrivere come:

$$x = \mu - 1.645\sigma$$

Dividendo ambo i membri per la media μ la relazione diventa:

$$x = \mu [1 - 1.645 C.O.V.]$$

La distribuzione lognormale

Una variabile casuale x ha distribuzione lognormale, con parametri μ e s , se $\ln(x)$ ha distribuzione normale con media μ e deviazione standard s . Equivalentemente:

$$x = \exp(y)$$

e

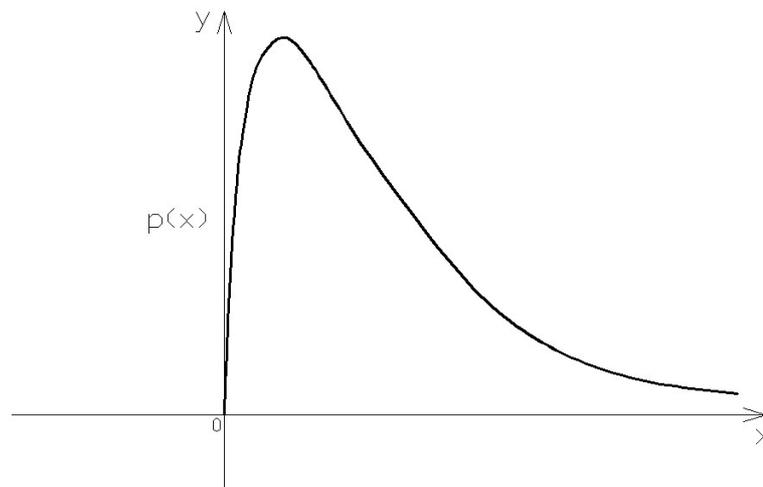
$$y = \ln(x)$$

dove y è distribuita normalmente con media μ e deviazione standard s . Il parametro μ può essere un qualsiasi reale, mentre s dev'essere positivo.

La curva di distribuzione della probabilità assume la seguente forma:

$$p(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

A causa dell'asimmetria della curva, i valori di media, moda e mediana non coincidono, a differenza di quanto accade invece nella distribuzione normale. Il punto di massimo della curva si trova, infatti, spostato verso sinistra rispetto al valore medio.



La distribuzione di Student

La distribuzione t di Student considera le relazioni tra media e varianza in campioni di piccole dimensioni, estratti da una popolazione normalmente distribuita, utilizzando la varianza del campione.

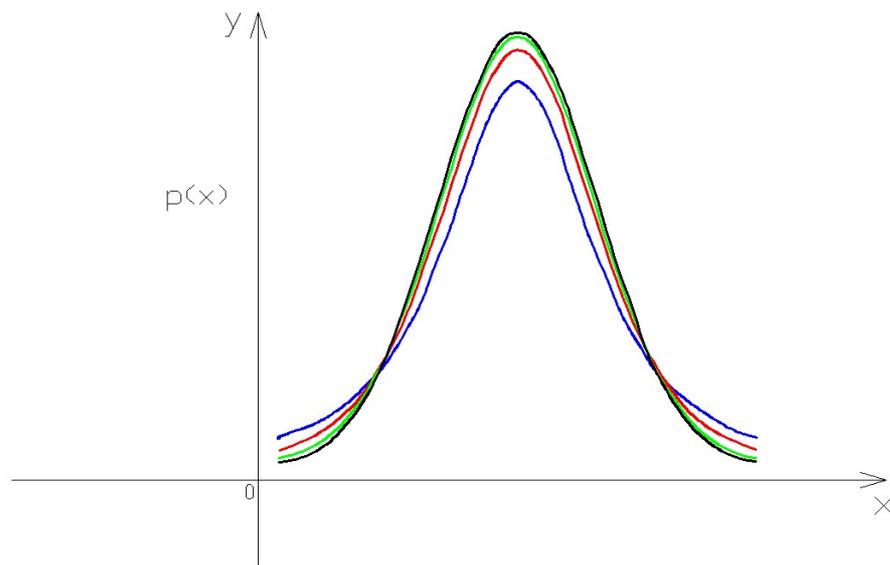
Data una popolazione distribuita normalmente, si estrae un campione casuale di n osservazioni e si calcola la variabile aleatoria t, definita dalla seguente equazione:

$$t = \frac{x - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

dove s è la varianza campionaria.

t segue una legge t di Student con n-1 gradi di libertà. La quantità al numeratore si chiama errore standard campionario.

La forma della distribuzione dipende dai gradi di libertà, cioè dalla numerosità del campione. Per n grande (>30) t tende ad una normale.



Regola del tre-sigma

In una distribuzione normale il 99,73% delle misure ricadono a una distanza dal valore medio di tre volte la deviazione standard, cioè c'è una probabilità del 99,73% che una misura estratta a caso dalla popolazione giaccia nell'intervallo $\pm 3s$ rispetto alla media m .

Una volta noto il valore più elevato misurato nella popolazione dato da:

$$HCV = \mu + 6\sigma$$

e quello più basso:

$$LCV = \mu - 6\sigma$$

la deviazione standard della popolazione può essere calcolata come:

$$\sigma = \frac{HCV - LCV}{6}$$

Teorema di Bayes

Il teorema di Bayes, proposto da Thomas Bayes, deriva da due teoremi fondamentali delle probabilità: il teorema della probabilità composta e il teorema della probabilità assoluta. Viene spesso usato per calcolare le probabilità a posteriori (posterior probabilities) date delle osservazioni. Questo teorema può essere espresso dalla forma seguente:

$$P(A \setminus B) = \frac{P(B \setminus A) \cdot P(A)}{P(B \setminus A) \cdot P(A) + P(B \setminus A') \cdot P(A')}$$

Dove:

$P(A \setminus B)$ è la probabilità che si verifichi l'evento A se si verifica l'evento B;

$P(B \setminus A)$ è la probabilità che si verifichi l'evento B se si verifica l'evento A;

$P(A)$ è la probabilità a priori che si verifichi l'evento A;

$P(B \setminus A')$ è la probabilità che si verifichi l'evento B se non si verifica l'evento A;
 $A = 1 - P(B \setminus A)$;

$P(A')$ è la probabilità che non si verifichi l'evento A = $1 - P(A)$.

1.9.4 Campioni

Campioni numerosi

Nel caso n sia maggiore o uguale a 30 valgono le espressioni della distribuzione normale e di quella lognormale.

Se si parla di resistenze compensate o non compensate da misure dirette e nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (ad esempio in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è molto grande) si esegue una stima cautelativa del valore medio dei parametri geotecnici.

Nel caso di modesti volumi di terreno, quando vengono eseguite misure dirette all'esterno del volume significativo e si parla quindi di resistenze non compensate da misure estrapolate nel calcolo del valore caratteristico si stima un valore prossimo a quello minimo misurato.

In geotecnica è circostanza decisamente frequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati. Ciò accade generalmente in progetti di modesto rilievo, quando si eseguono sondaggi con SPT o prove di laboratorio su campioni estratti, dei quali solo pochi interessano

lo strato omogeneo o lo spessore di influenza dello SL. Una obiezione frequente al trattamento statistico è che questo non può essere eseguito con pochi dati. Al contrario, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza a priori regionale e locale, un trattamento statistico è possibile anche nel caso estremo di un solo dato a disposizione (o, al limite, di nessun dato disponibile, in questo caso facendo affidamento esclusivamente sulla conoscenza pregressa).

Campioni poco numerosi

Nel caso n sia compreso tra 5 e 30 valgono le espressioni della distribuzione t di Student.

Per resistenze non compensate da misure estrapolate è possibile utilizzare la regola del tre-sigma sostituendo, nel calcolo della deviazione standard della popolazione, al valore 6 del denominatore una variabile funzione del numero di misure eseguite (Burlington e May, 1970).

Campioni estremamente poco numerosi

Nel caso n sia compreso tra 1 e 5 si utilizza sempre la distribuzione t di Student.

Per resistenze non compensate da misure estrapolate si stima il coefficiente di variazione (C.O.V.). I valori dei coefficienti di variazione si possono ottenere dalla letteratura scientifica. Più alto è il valore del C.O.V. maggiore sarà la dispersione dei dati, e minore sarà di conseguenza il valore minimo del parametro stimato.

Campione unitario

Nel caso di campione unitario si ipotizza che la singola misura rappresenti il valore medio avendo un'idea approssimativa della variabilità del parametro nel terreno considerato.

Si applica in tal caso il teorema di Bayes.

Campione nullo

In questo caso si fa riferimento a misure disponibili in aree prossime a quella indagata, considerando terreni con caratteristiche geotecniche simili.

Per la stima di m e di C.O.V. si ricorre alle indicazioni fornite da Cherubini e Orr (1999):

$$\mu = \frac{a + 4b + c}{6}$$

$$C.O.V. = \frac{c - a}{a + 4b + c}$$

con a valore minimo stimato di x , b valore più probabile stimato di x , c valore massimo stimato di x .

Valori anomali

In presenza di valori molto più bassi o molto più alti rispetto alla maggior parte dei dati, la determinazione dei parametri caratteristici può essere alterata notevolmente. E' necessario, quindi eliminare questi valori estremi (outlier) prima di calcolare i valori caratteristici.

2 GIT

Stima del volume geotecnico significativo secondo: Lancellotta e Calavera, Sollecitazioni indotte, Eurocodice 7.

Il volume significativo da indagare è costituito dalla massa di terreno entro il quale si risentono gli effetti dell'intervento.

Essi possono essere:

- 1) modifiche dello stato tensionale per aumenti di pressione (es. fondazioni) o scarichi tensionali (scavi);
- 2) variazioni nel regime delle acque sotterranee per drenaggi o impermeabilizzazioni indotti dalle opere;
- 3) inquinamento diretto o indotto dagli interventi;
- 4) modifiche delle condizioni di stabilità dei versanti per variazioni planoaltimetriche o modifiche del regime delle acque;

5) modifiche ambientali per apertura di cave di prestito o accumuli di materiali provenienti da scavi.

3 Geoapp

Geoapp: la più grande suite del web per calcoli

online

Gli applicativi presenti in [Geostru Geoapp](#) sono stati realizzati a supporto del professionista per la soluzione di molteplici casi professionali. Geoapp comprende oltre 40 [applicazioni](#) per: Ingegneria, Geologia, Geofisica, Idrologia e Idraulica.

La maggior parte delle applicazioni sono gratuite, altre necessitano di una sottoscrizione (subscription) mensile o annuale.

Perchè si consiglia la subscription?

Perchè una subscription consente di:

- usare applicazioni professionali ovunque e su qualunque dispositivo;
- salvare i file in cloud e sul proprio PC;
- riaprire i file per elaborazioni successive;
- servizi di stampa delle relazioni ed elaborati grafici;
- notifica sull'uscita di nuove applicazioni ed inclusione automatica nel proprio abbonamento;
- disponibilità di versioni sempre aggiornate;
- servizio di assistenza tramite Ticket.

3.1 Sezione Geoapp

Generale ed Ingegneria, Geotecnica e Geologia

Tra le applicazioni presenti, una vasta gamma può essere utilizzata per **Cv Soil**. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

➤ [Formulario NSPT](#)

- [Parametri Sismici PRO](#)
- [Stabilità del terreno - pendio indefinito](#)
- [Carico limite e cedimenti](#)
- [Classificazione suoli NTC2018](#)
- [Classificazione delle terre SMC](#)
- [Liquefazione](#)
- [Intensità - durata critica precipitazione innesco frana](#)
- [Prove di carico su pali](#)
- [Altezza critica scavo](#)

4 Libri consigliati

Libri per ingegneria geotecnica e geologia

Portale libri: [consulta la libreria on-line](#)

• **Methods for estimating the geotechnical properties of the soil**

[Methods for estimating the geotechnical properties of the soil](#): semi-empirical correlations of geotechnical parameters based on in-situ soil tests.

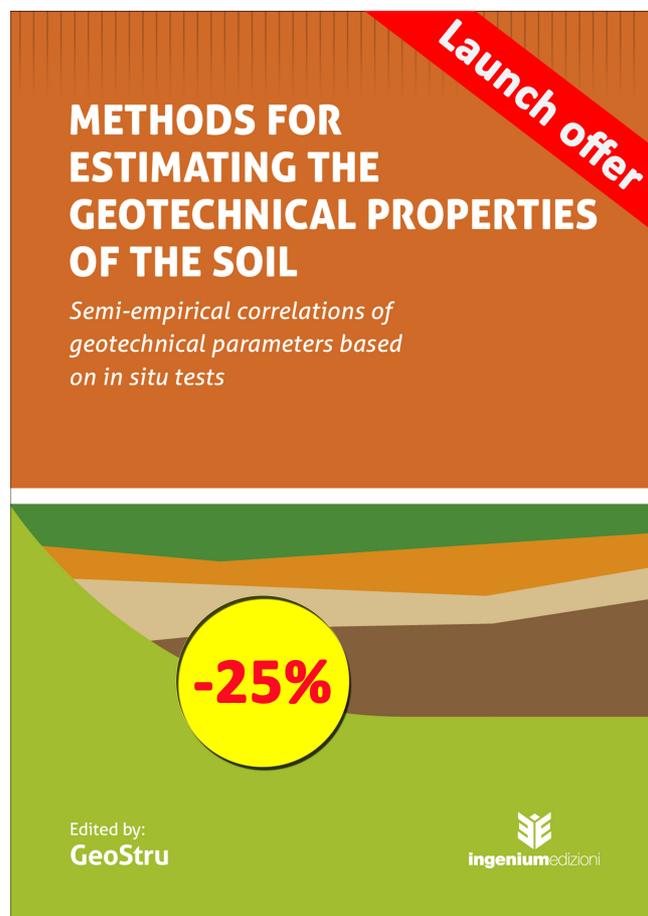
This text is designed for all professionals who operate in the geotechnical subsurface investigation. The purpose of this text is to provide an easy reference tool relatively to the means available today.

Theoretical insights have been avoided, for which please refer to the bibliography attached, except in cases where these were considered essential for the understanding of the formulation. The reason for this is obvious: make the text as easy to read as possible.

After a brief introduction about volumetric and density relationships with the most common definitions used for soils, in the following chapters we briefly described some of the most widespread in situ geotechnical testing and correlations to derive empirically geotechnical parameters and a number of useful formulations available today in the field of Geology.

The text concludes with the inclusion of formulas used in Technical Geology, considered of daily use to those working in the sector.

The topics are intended to provide a basic understanding of the in situ geotechnical testing and evaluation of geotechnical parameters necessary to define the geotechnical model.



5 Bibliografia

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S. LL. PP, ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di

cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (19A00855) (GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5).

UNI EN 1997-1:2013. Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

UNI EN 1997-2:2007. Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.

NTC2018. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Decreto 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

6 Contatti



Consultare la pagina dei contatti del Sito Web per avere maggiori informazioni sui nostri contatti e sugli indirizzi delle sedi operative in Italia e all'Estero.