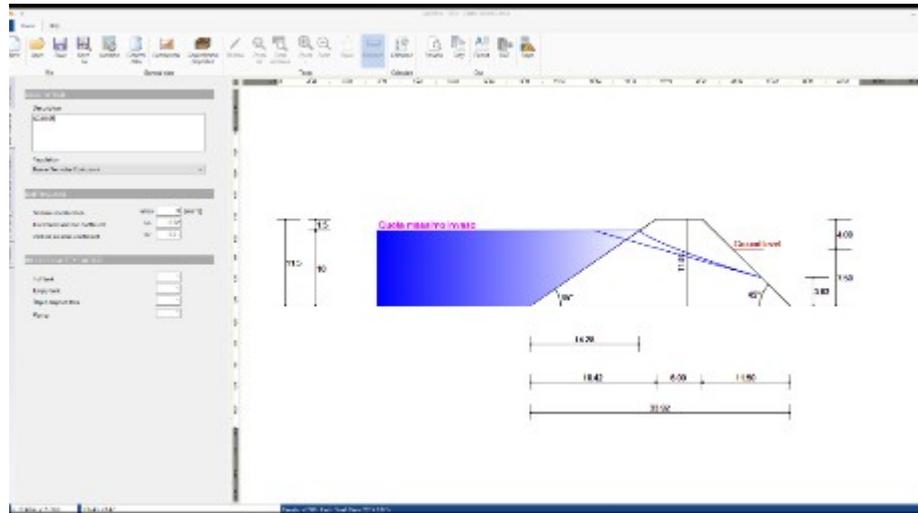


ESD

Part I Verifica di argini in terra-ESD	1
1 Verifiche	2
2 Stabilità globale	6
3 Analisi della filtrazione (FEM)	7
Part II NORMATIVA	7
1 NTC 2018-DM 2014	7
Part III Geoapp	11
1 Sezione Geoapp	12
Part IV Impostazioni iniziali	12
Part V Libri consigliati	15
Part VI Contatti	17
Index	0

1 Verifica di argini in terra-ESD

Software per la verifica degli argini in terra di invasi, o piccole dighe sia in condizioni statiche che sismiche.



Verifiche in condizioni di:

- serbatoio pieno;
- serbatoio vuoto;
- serbatoio rapidamente svuotato;
- verifica idraulica a sifonamento;
- determinazione della portata di filtrazione attraverso l'opera;
- lunghezza di filtrazione;
- andamento della linea di saturazione.

Inoltre:

- localizzazione su mappa dell'opera d'intervento;
- rappresentazione della sezione del rilevato e della linea di saturazione;
- report di calcolo con cenni teorici;
- esportazione in dxf e in formato immagine;
- esportazione per Slope per analisi di stabilità globale;
- esportazione per GFAS per analisi della filtrazione ad elementi finiti.

NORMATIVE

Nuove norme tecniche per le costruzioni (DM 2018), Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (DM 26 giugno 2014).

1.1 Verifiche

Il criterio di verifica delle opere di sbarramento di dighe artificiali descritto di seguito è valido per tutte quelle opere con altezza di ritenuta inferiore a 15 metri.

Da un punto di vista statico, un giudizio globale sulle condizioni di stabilità dell'opera può dedursi da un procedimento approssimato che suddivide la diga in due parti, l'una di monte e l'altra di valle, da esaminare separatamente. La suddivisione è indicata nello schema della Figura 1: la parte **RMN** è divisa dalla parte posteriore **MNS** da un piano verticale avente per traccia la retta **MN**.

Il problema resta così diviso in due problemi parziali, che verranno risolti facendo riferimento all'unità di spessore della diga.

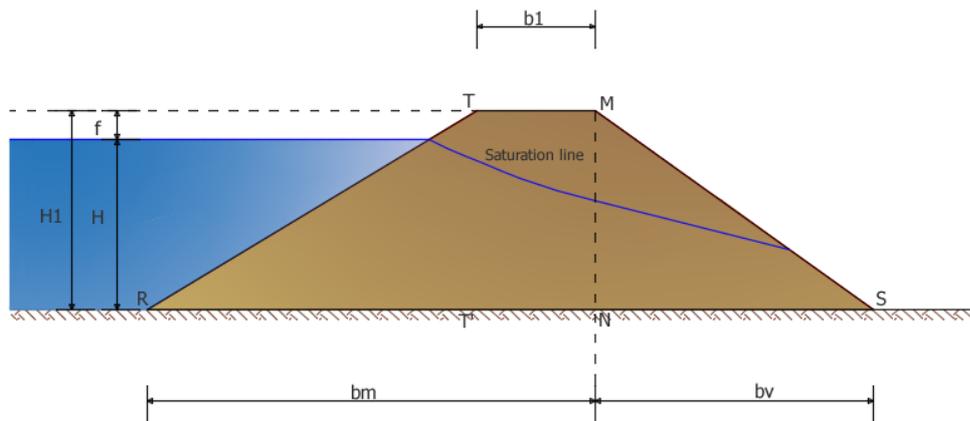


Figura 1

La parte a valle **MNS** agisce da sostegno della parte a monte premea dall'acqua: la forza resistente che si oppone alla spinta trasmessa dalla parte a monte si manifesta, in corrispondenza di

ogni quota, come uno sforzo di taglio agente lungo la sezione orizzontale di base (sezione maggiormente sollecitata).

Le condizioni di verifica dovranno essere soddisfatte a: serbatoio pieno, serbatoio vuoto, serbatoio rapidamente svuotato.

SERBATOIO PIENO

La condizione di verifica viene espressa dalla disuguaglianza:

$$T_v \leq R_v$$

$T_v = S + F_o + F_v + F_s + F_T$ rappresenta lo sforzo totale di taglio agente sulla base NS e risulta costituito dalle seguenti azioni:

S spinta idrostatica dell'acqua invasata

F_o azione sismica orizzontale della massa strutturale

F_v azione sismica verticale della massa strutturale

F_s azione inerziale dell'acqua invasata (si rimanda al DM 26 giugno 2014-Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta)

F_T spinta del terreno a monte della sezione MN

R_v rappresenta invece la resistenza che il materiale è capace di sviluppare, si compone di una componente attrittiva e di una coesiva:

$$R_v = P_v (\gamma_s) \cdot \tan\varphi + c' \cdot b_v$$

P_v risultante delle azioni verticali funzione di γ_s

c' coesione

SERBATOIO VUOTO

Lo sforzo di taglio totale T_m agente sulla sezione di base è dato dalla relazione:

$$T_m = F_o + F_v + F_T$$

La resistenza è espressa dalla:

$$R_m = P_m (\gamma_a) \cdot \tan\varphi + c' \cdot b_v$$

P_m rappresenta la risultante delle azioni verticali funzione di γ_a

SERBATOIO RAPIDAMENTE SVUOTATO

In questa condizione viene a mancare improvvisamente l'azione di sostegno esercitata dalla spinta idrostatica contro il paramento a monte, mentre il corpo arginale che non ha avuto il tempo di svuotarsi per filtrazione, resta imbevuto d'acqua. Lo sforzo di taglio totale T_m agente sulla sezione di base della porzione di monte è definito come:

$$T_m = [0.5 \cdot \gamma_s \cdot H^2 \cdot K_A + 0.5 \cdot \gamma_w \cdot (2/3 \cdot H)^2 + k_h \cdot A_{(RTMSR)} \cdot \gamma_g]$$

La resistenza R_m si esprime con la formula:

$$R_m = P_m (\gamma_g) \cdot \tan\varphi$$

P_m rappresenta la risultante delle azioni verticali funzione di γ_g

Il calcolo idraulico di una diga in terra riguarda tre problemi: individuazione della cosiddetta "linea di saturazione", calcolo della portata di filtrazione, verifica a sifonamento.

La linea di saturazione rappresenta la più alta linea di flusso del moto filtrante, al di sotto di tutti i punti della linea di saturazione il materiale è saturo d'acqua e in condizioni idrostatiche mentre al di sopra la pressione manca.

E' una curva convessa verso l'alto, può essere determinata graficamente come indicato in Figura 2.

Per stimare la portata di filtrazione per unità di spessore d'argine occorre conoscere il valore della lunghezza media del percorso di

filtrazione, per tale scopo si rimanda alle relazioni empiriche disponibili in letteratura tecnica.

Attraverso tale grandezza è possibile quantificare la portata con la seguente relazione:

$$Q = \frac{4}{9} \cdot (k \cdot H^2 / L)$$

dove:

k è la media geometrica dei due coefficienti k_o k_v , coefficiente di permeabilità ideale costante in tutte le direzioni

L è la lunghezza media del percorso di filtrazione

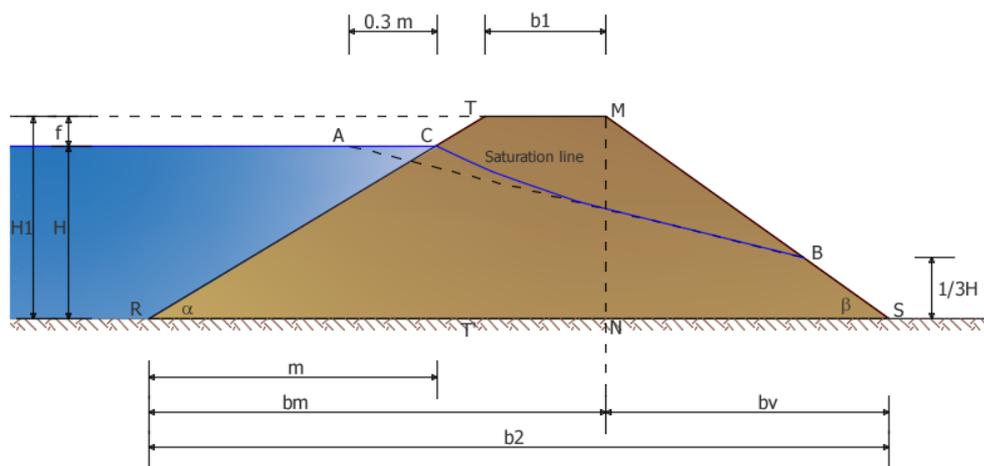


Figura 2

La verifica a sifonamento viene effettuata utilizzando la relazione empirica di Bligh nella forma:

$$L_a > c_m \cdot H$$

dove:

L_a sviluppo perimetrale del profilo di fondazione

c_m rapporto critico di trascinamento, dipende dalla natura del terreno, può assumere valori compresi fra un massimo di 20 per

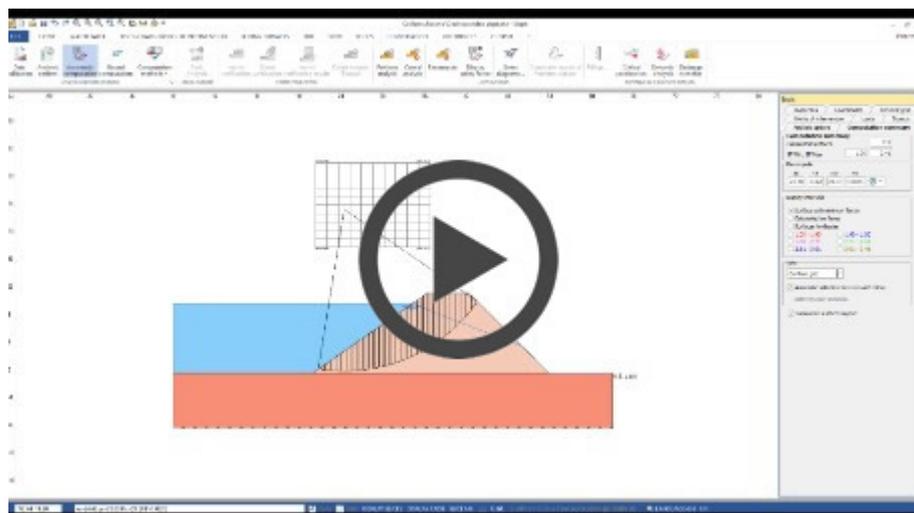
materiale incoerente finissimo e un minimo di 4 per le argille molto dure e compatte.

1.2 Stabilità globale

Come previsto dal **DM 26 giugno 2014** e le **NTC 2018** rispettivamente al **paragrafo E.5.1** e ai **capitoli 6 e 7**, occorre eseguire delle verifiche per individuare le superfici di potenziale scorrimento più prossime all'instabilità, sia all'interno, sia nell'insieme costituito dal rilevato e dai terreni di fondazione.

Il software ESD (*Earth Small Dams*), dalla sezione Home, dispone di un comando per l'esportazione in Slope della sezione geotecnica dell'argine. L'analisi dovrà essere condotta ad invaso pieno, invaso vuoto e a rapido svaso.

Il seguente video mostra il dettaglio delle verifiche in slope (invaso pieno, rapido svaso, invaso vuoto) :



1.3 Analisi della filtrazione (FEM)

Attraverso il comando...il programma ESD (*Earth Small Dams*) crea un file di interfaccia per l'esportazione in GFAS del modello di calcolo ad elementi finiti.

Dopo aver creato la mesh, per eseguire l'analisi alla filtrazione occorre definire le caratteristiche geotecniche ed idrauliche (permeabilità verticali ed orizzontali) dei materiali che sono stati assegnati alle regioni del modello di analisi.

Si andranno ad assegnare così i vincoli idraulici sui contorni che definiscono le linee equipotenziali; trattandosi di un moto non confinato, si ipotizza che la linea di saturazione, già nota, sia una linea equipotenziale con carico totale nullo.

Il seguente video mostra le fasi di analisi.



2 NORMATIVA

2.1 NTC 2018-DM 2014

Per le verifiche degli argini in terra si applicano le disposizioni contenute nelle *Norme tecniche per la progettazione e la costruzione*

degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse), le NTC 2018 (Norme tecniche per le costruzioni) a cui il DM 26 giugno 2014 si riferisce.

C.1. – Portata di progetto e dispositivi di scarico

....(franco netto)

Gli scarichi di superficie della diga dovranno essere dimensionati in modo tale che il franco netto non sia inferiore a 1,0 m per le dighe di calcestruzzo e ai seguenti valori per le dighe di materiali sciolti:

altezza della diga: fino a [m]	15	90 o più
franco netto [m]	1.5	3.5

Per i valori intermedi dell'altezza della diga, il franco netto è determinato per interpolazione.

Ai valori sopra indicati sono da aggiungere, per le dighe di materiali sciolti, i previsti abbassamenti del coronamento derivanti dai cedimenti del terreno e del rilevato dopo il termine della costruzione, nonché quelli derivanti dalle azioni sismiche, da calcolarsi con adeguati modelli; questi ultimi non dovranno comunque essere assunti inferiori a 0,5 cm per metro di altezza della diga.

C.7.7.3 - Azioni inerziali dell'acqua contenuta nel serbatoio

In mancanza di più accurate valutazioni, le azioni di inerzia dell'acqua, da aggiungere a quelli di inerzia della massa muraria, possono essere assimilate ad una distribuzione di pressione sul paramento a monte della diga che, nel caso di corpo diga sufficientemente rigido, vale:

$$p = a \rho c y_0$$

a = accelerazione orizzontale massima al sito

ρ = massa per unità di volume dell'acqua

y_0 = differenza tra la quota dell'acqua presente nella combinazione

sismica e la quota del punto più depresso dell'alveo naturale al piede del paramento

$$c = \frac{c_m}{2} \left[\frac{y}{y_0} \left(2 - \frac{y}{y_0} \right) + \sqrt{\frac{y}{y_0} \left(2 - \frac{y}{y_0} \right)} \right]$$

y = differenza tra la quota dell'acqua presente nella combinazione sismica e la quota del punto generico del paramento a cui è associata la pressione p ; $c_m = -0,0073 \alpha + 0,7412$ in cui α è l'angolo di inclinazione del paramento rispetto alla verticale espresso in gradi sessagesimali.

Per $\alpha \geq 60^\circ$ si assumerà $c_m = 0,3$. Se il paramento a monte ha inclinazione non costante si introdurrà per c_m il valore medio pesato in base all'estensione dei singoli tratti di diversa inclinazione fra i valori sopra indicati con riferimento alla sezione maestra; per le eventuali zone con inclinazione negativa (a strapiombo) si introdurrà per c_m il valore 0,74.

DIGHE DI MATERIALI SCIOLTI

E.5.1. - Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

L'analisi deve proporsi di **individuare le superfici di potenziale scorrimento più prossime all'instabilità**, sia all'interno del rilevato, sia nell'insieme costituito dal rilevato e dai terreni di fondazione.

Le relative verifiche possono essere svolte con il solo **Approccio 1**, con riferimento alla **combinazione 2** dei coefficienti di sicurezza parziali previsti dalle NTC 2018; nelle verifiche, si deve porre $\gamma_R = 1.1$ nelle fasi costruttive e nelle **condizioni di svaso rapido**, e $\gamma_R = 1.2$ nelle **condizioni di serbatoio pieno**.

Le verifiche nei confronti del **sifonamento** si eseguono conformemente a quanto previsto al § 6.2.4.2 delle NTC 2018.

Possono comunque essere assunti valori dei coefficienti parziali più cautelativi di quelli previsti dalle NTC 2018, da giustificare tenendo conto della pericolosità del fenomeno in relazione ai possibili effetti della condizione di instabilità.

*La verifica allo scorrimento lungo la sezione orizzontale di base, sezione di fondazione, si esegue in condizioni statiche con l'Approccio 1, con riferimento alla combinazione 2 ponendo $\gamma_R = 1.1$ nelle **condizioni di svaso rapido** e nelle **condizioni di serbatoio vuoto**, assumendo $\gamma_R = 1.2$ nelle **condizioni di serbatoio pieno**. In condizioni sismiche i fattori di combinazione delle azioni verranno assunti unitari, i coefficienti parziali γ_R verranno posti pari a $\gamma_R = 1.1$ nelle **condizioni di svaso rapido** e a **serbatoio vuoto** e $\gamma_R = 1.2$ nelle **condizioni di serbatoio pieno**.*

E.6 - Analisi sismiche In presenza di azioni sismiche

Le verifiche agli stati limite ultimi possono essere eseguite mediante analisi semplificate e mediante analisi dinamiche. Nelle analisi è necessario portare in conto la risposta sismica dei terreni di fondazione e di quelli costituenti il corpo diga.

Effettuando analisi con il metodo degli spostamenti (*Newmark*), *il modulo di analisi dinamica è implementato in SLOPE*, o analisi più complete con metodi dinamici, l'azione sismica deve essere rappresentata da accelerogrammi registrati, rappresentativi della sismicità del sito, o, in subordine, da accelerogrammi sintetici che tengano conto dei possibili meccanismi di sorgente e dei fenomeni di propagazione, giustificando le scelte effettuate, purché siano giustificate le scelte sulle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e sul mezzo di propagazione.

In queste analisi, devono essere impiegati almeno cinque accelerogrammi che soddisfino i requisiti indicati.

Nella scelta dei valori dei parametri geotecnici che caratterizzano il corpo diga e i terreni di fondazione, si deve tener conto dei comportamenti di tipo fragile, con riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni.

Nella scelta dei modelli di analisi e/o dei valori dei parametri geotecnici, si deve inoltre tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti nei terreni saturi in condizioni sismiche e dei loro effetti meccanici.

Le analisi devono comprendere la valutazione degli spostamenti, in particolare dei cedimenti, anche al fine di verificare l' idoneità dei franchi idraulici.

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 **ESD**. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

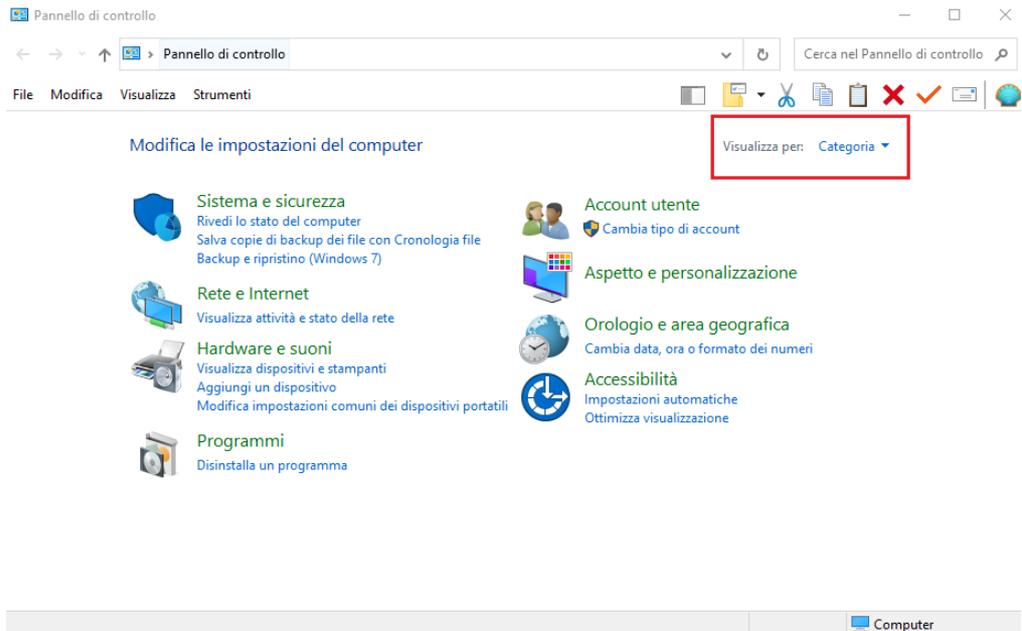
- > [Classificazione suoli NTC 2018](#)
- > [Converter](#)
- > [Geostru MAPS](#)
- > [Invarianza idraulica](#)
- > [Prova di Haefeli](#)

4 Impostazioni iniziali

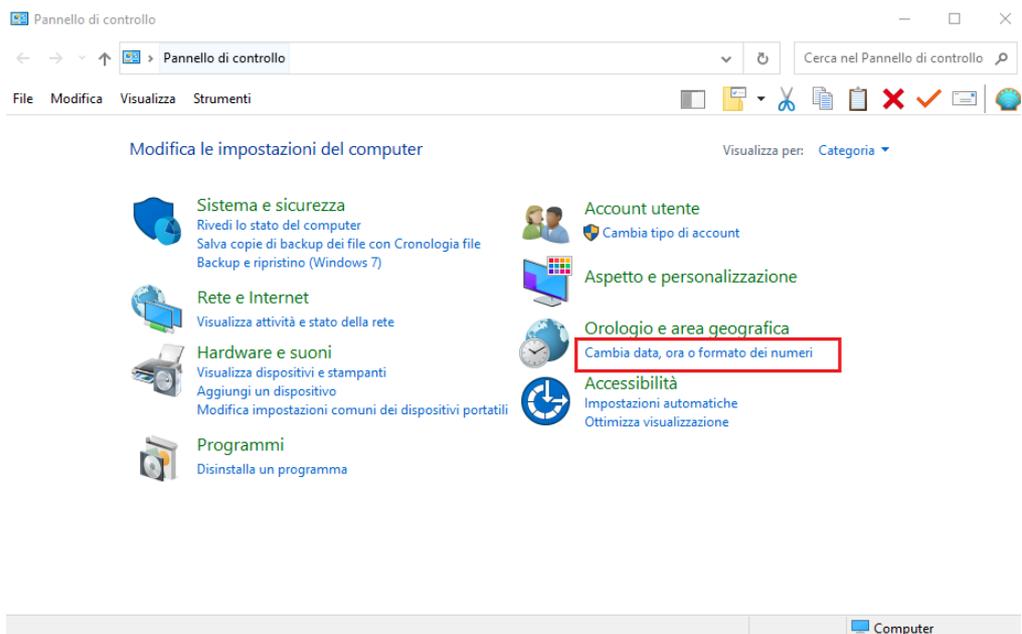
Il programma richiede, per un corretto funzionamento, come separatore decimale il "punto" e simbolo raggruppamento cifre la "virgola".

• Come effettuare le impostazioni

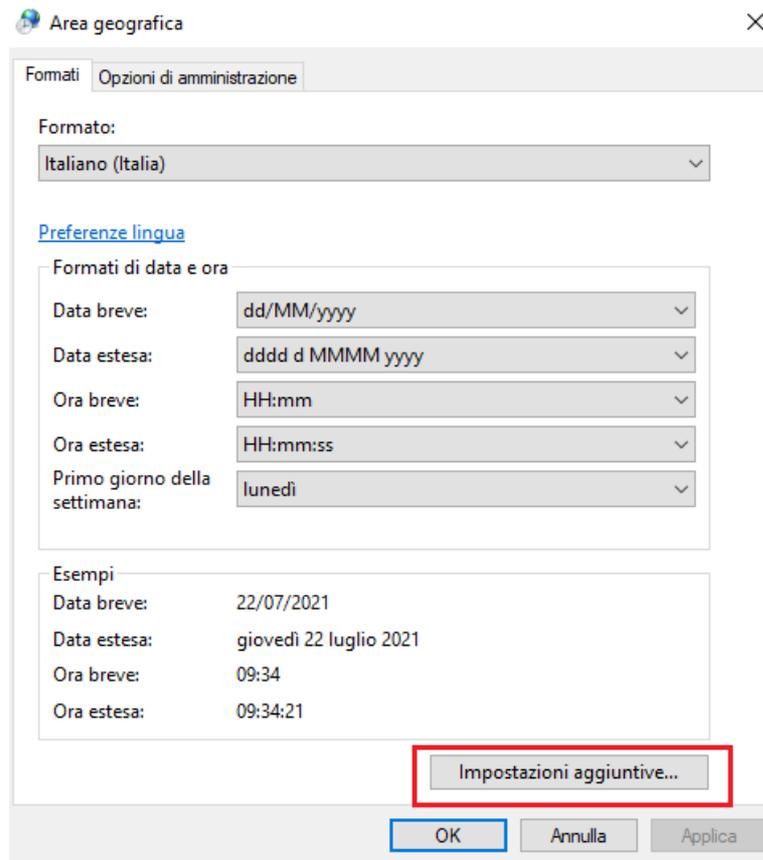
Accedere al pannello di controllo e selezionare la **visualizzazione per categoria**



Scegliere l'opzione **Cambia data, ora o formato dei numeri**.



Selezionare **Impostazioni aggiuntive**



Impostare il "punto" come separatore decimale e la "virgola" come simbolo raggruppamento cifre.

Personalizza formato

Numeri Valuta Ora Data

Esempio
Positivo: 123,456,789.00 Negativo: -123,456,789.00

Separatore decimale: .

Cifre decimali: 2

Simbolo raggruppamento cifre: ,

Raggruppamento cifre: 123,456,789

Simbolo numeri negativi: -

Formato numeri negativi: -1.1

Zeri iniziali: 0.7

Separatore di elenco: ;

Sistema di misura: Metrico decimale

Cifre standard: 0123456789

Utilizza cifre native: Mai

Scegliere Reimposta per ripristinare le impostazioni predefinite del sistema riguardanti numeri, valuta, data e ora. Reimposta

OK Annulla Applica

Confermare con il pulsante **Applica** e **Ok**.

5 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.

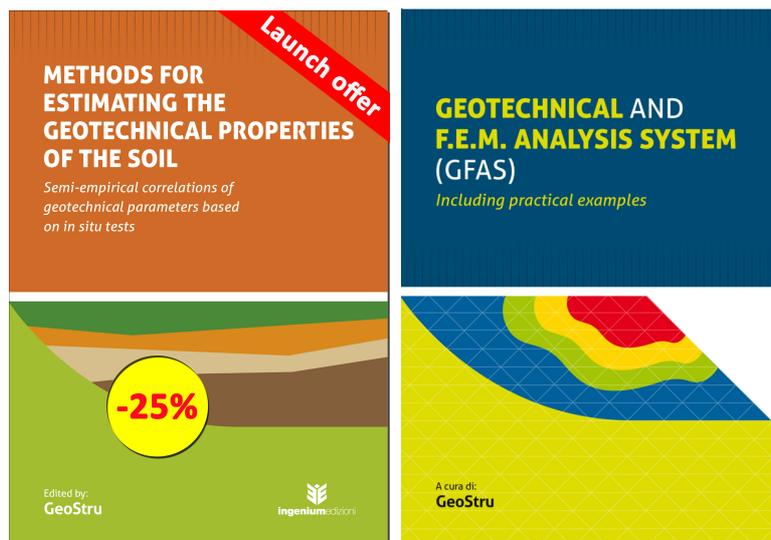
After a brief introduction about volumetric and density relationships with the most common definitions used for soils, in the following chapters we briefly described some of the most widespread in situ geotechnical testing and correlations to derive empirically geotechnical parameters and a number of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

• **Analisi ad Elementi Finiti in Geotecnica**

[Analisi ad elementi finiti in geotecnica Geotechnical and F.E.M. analysis System \(GFAS\)](#): Analisi ad Elementi Finiti in Geotecnica ha lo scopo di introdurre gli utenti al corretto e consapevole uso delle tecniche FEM: nel volume, pertanto, si è cercato di coniugare le nozioni teoriche con gli aspetti pratici con cui quotidianamente un professionista si trova a doversi confrontare.



6 Contatti

Entra nell'area [Contattaci](#), per le tue richieste di supporto e ottenere maggiori informazioni sui nostri servizi.

	Telefono:	0690289085
	Whatsapp:	0040 737 28 38 54
	Email:	info@geostru.eu office@geostru.eu
	Orari:	Lunedì – Venerdì Ore 9-17
	Supporto:	Assistenza: Per il servizio di assistenza usare preferibilmente l'area dedicata di supporto (Ticket). Da inizio 2016 l'assistenza per i clienti ITALIANI è affidata alla SOEG & C. Per informazioni si prega di visitare il sito www.soeg