

# CARL

## Carico Limite e Cedimenti

Il programma **CARL** è dedicato al calcolo del carico limite, dei cedimenti e delle tensioni di fondazioni superficiali e profonde.

### Fondazioni superficiali

Le fondazioni superficiali per le quali è possibile eseguire l'analisi sono:

- fondazione nastriforme;
- fondazione circolare;
- fondazione rettangolare.

E' inoltre possibile analizzare il rilevato stradale.

Sulla fondazione possono agire carichi verticali, momenti flettenti e carichi orizzontali. I carichi agenti sono definiti per condizioni, in modo da permettere successivamente di definire le combinazioni di carico.

L'interazione con il terreno della fondazione superficiale viene espressa attraverso i seguenti parametri: angolo di attrito terreno-fondazione e adesione terreno-fondazione.

La stratigrafia del terreno viene descritta per colonne stratigrafiche. Gli strati possono presentare giacitura orizzontale o anche inclinata, ma non possono intersecarsi al di sotto delle fondazioni.

Può essere messa in conto la falda definendone la quota rispetto al piano campagna.

I terreni costituenti i vari strati sono definiti attraverso le caratteristiche fisiche e meccaniche (angolo di attrito, coesione, peso dell'unità di volume naturale e saturo) e le caratteristiche di deformabilità (coefficiente di Poisson, modulo edometrico, modulo elastico, modulo elastico in condizioni non drenate, modulo di Taglio, Rapporto di Ricomprensione (RR), Rapporto di Compressione (CR), Rapporto di sovraconsolidazione (OCR)).

**CARL** presenta diverse opzioni di analisi con le quali si possono confrontare i risultati ottenuti con i diversi metodi a disposizione.

L'analisi può essere condotta in condizioni drenate e non drenate.

Per il calcolo della capacità portante, nel caso di fondazioni superficiali, sono disponibili i seguenti metodi: Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic, Brinch-Hansen e EC7.

Il calcolo delle tensioni per le fondazioni superficiali può essere effettuato secondo uno dei seguenti metodi: Boussinesq, Westergaard e Diffusione imposta (definendo il valore dell'angolo di diffusione).

Per il calcolo dei cedimenti può essere utilizzato uno dei seguenti metodi: Edometrico, Elastico, Skempton, Schmertmann e Burland-Burbidge.

Se la scelta ricade sugli ultimi due metodi, si possono inserire i dati ottenuti dalla prova SPT (Standard Penetration Test) per il metodo di Burland o della prova CPT (Cone Penetration Test) per il metodo di Schmertmann.

Il calcolo dei cedimenti può essere fatto al centro della fondazione, sui vertici (se la fondazione è quadrata) o sui bordi se la fondazione è nastriforme.

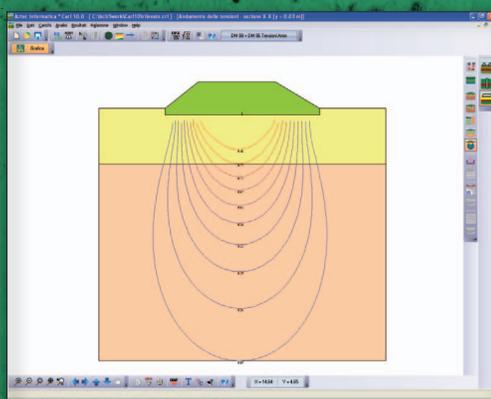
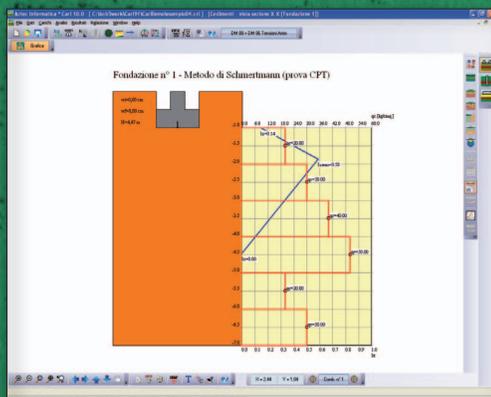
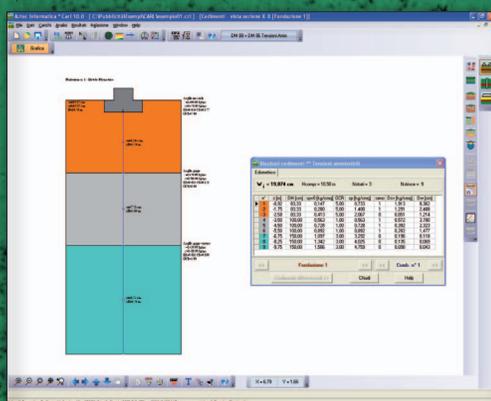
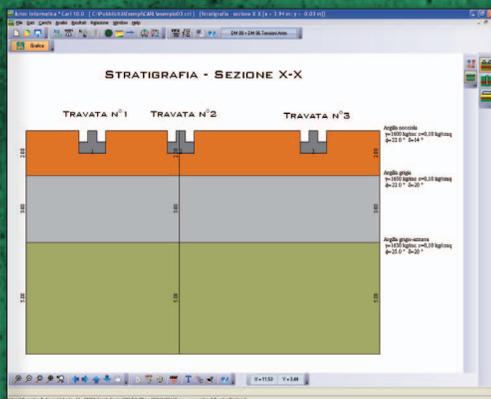
All'avvio dell'analisi **CARL** esegue un check completo dei dati forniti ed eventualmente segnala, con opportuna messaggistica, le incongruenze riscontrate.

A conclusione dell'analisi, nell'ambiente grafico integrato, è possibile visualizzare tutti i risultati.

Per il calcolo della portanza verticale dei cedimenti e delle tensioni possono essere visualizzati:

- coefficienti di capacità portante e coefficienti correttivi secondo il metodo scelto;
- carico limite in termini di pressione e carico con relativo coefficiente di sicurezza;
- i risultati intermedi in forma tabellare e grafica con rappresentazione dei volumi significativi per il calcolo dei cedimenti;
- i risultati in forma grafica delle tensioni nel semispazio elastico secondo curve di livello e mappature di colore con la possibilità di effettuare sezioni lungo la direzione X ed Y;
- i cedimenti differenziali quando sono definite più fondazioni.

Il programma consente l'analisi secondo la Normativa di cui al D.M. 88 + D.M. 96 (tensioni ammissibili e stati limiti), secondo la NTC 2008 (D.M. 14/01/08 + Circ. 617/09) e secondo la NTC 2018 (D.M. 17/01/18).



## Fondazioni profonde

Per le fondazioni profonde il programma analizza un palo in c.a. armato con tondi e staffe oppure un micropalo armato con tubolare. Il palo può essere a sezione costante o a sezione tronco conica (rastremato), infisso o trivellato. E' possibile prevedere eventuali sbulbamenti alla punta e lungo il fusto del palo.

In testa al palo di fondazione possono agire carico verticale, momento flettente e carico orizzontale.

Per il palo di fondazione il programma consente di calcolare la portanza per carichi verticali e la portanza per carichi orizzontali. Il calcolo della capacità portante verticale è diviso tra aliquota di base e aliquota per attrito laterale.

Il calcolo della capacità portante verticale alla base del palo può essere effettuato con uno dei seguenti metodi: Terzaghi, Berezantsev, Meyerhof, Hansen, Vesic, Berezantsev ridotto, Wright-Reese e Bustamante-Gianeselli (da una prova CPT). La capacità portante per i micropali può essere calcolata secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix.

Il calcolo della capacità portante verticale per attrito laterale viene determinata attraverso i seguenti parametri di interazione: angolo di attrito terreno-palo, adesione terreno-palo e coefficiente di spinta laterale ( $K_s$ ).

Per la determinazione della portanza per carichi orizzontali (carico trasversale ultimo), il terreno viene considerato come un solido elastico perfettamente plastico e viene effettuata un'analisi agli elementi finiti. La rottura del terreno per l'analisi elasto-plastica può avvenire per il raggiungimento di uno spostamento limite e/o per il raggiungimento della pressione limite. L'andamento della pressione limite può essere scelto tra: pressione limite costante con la profondità, pressione limite passiva affetta da un moltiplicatore, legge di variazione binomia funzione della profondità e criterio di Brinch-Hansen.

Il calcolo dei cedimenti del palo, per effetto dei carichi verticali, può essere effettuato con il metodo degli elementi finiti o con il metodo di Meyerhof. Nel primo caso, viene effettuata l'analisi elastoplastica del palo, immerso in un letto di molle tangenziali calcolate dal programma in funzione delle caratteristiche del terreno e del diametro del palo.

Il progetto e la verifica dell'armatura del palo può essere effettuato con il metodo delle Tensioni ammissibili o con il metodo degli Stati limite ultimi.

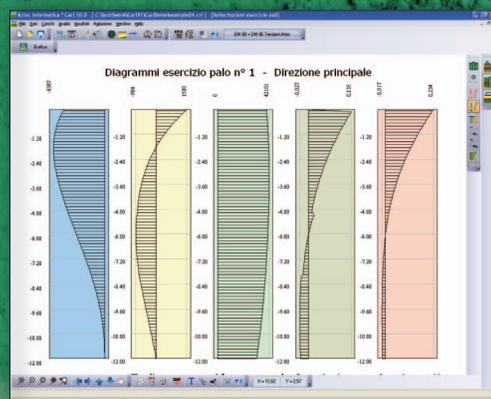
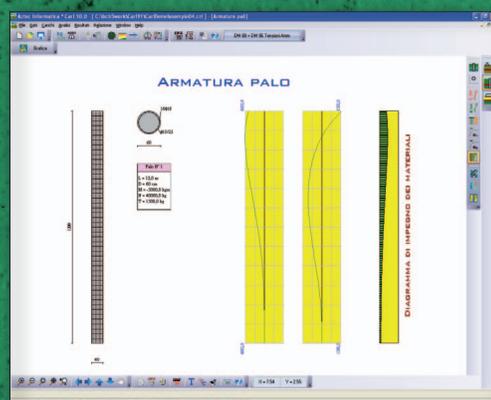
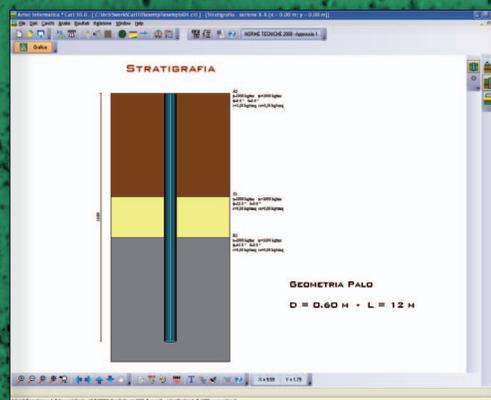
A conclusione dell'analisi, nell'ambiente grafico integrato, è possibile visualizzare tutti i risultati. Per i pali possono essere visualizzati i diagrammi delle sollecitazioni limiti e di esercizio (Momento, Taglio, Sforzo normale, Pressioni sul terreno e Spostamenti), i diagrammi carico-cedimento, anche in scala logaritmica e le armature e relativi diagrammi di tensione nei materiali.

L'eventuale modifica delle armature è un'operazione molto agevole in quanto è gestita numericamente. E' possibile cambiare il numero ed il diametro dei ferri longitudinali, il passo e il diametro delle staffe. E' possibile differenziare l'armatura in due tratti. Ad ogni modifica apportata, **CARL** riesegue in tempo reale le verifiche delle sezioni e segnala immediatamente eventuali superamenti dei limiti normativi o delle tensioni nei materiali.

**CARL** consente di generare una completa relazione di calcolo in formato RTF direttamente nell'editore che si ha a disposizione. I moduli selezionati verranno riportati in relazione così come le impostazioni generali (caratteri, allineamento del testo e dei titoli, etc.) in modo da ottenere una relazione pressoché definitiva.

Ogni disegno visualizzato può essere stampato su qualsiasi dispositivo gestito da Windows®, previa impostazione di scala, caratteri, didascalie, etc. È anche possibile l'esportazione in formato DXF, WMF, BMP e JPEG.

**CARL** è dotato di un potente Help sensibile al contesto e viene fornito con un manuale d'uso completo, in formato elettronico, che oltre a soffermarsi sull'uso del programma, riporta un'ampia discussione sulla problematica del calcolo delle fondazioni.



**Aztec Informatica S.r.l.**

Il Software per l'Ingegneria Geotecnica e Strutturale

Corso Umberto I, 43

87059 Casali del Manco (CS) - loc. Casole Bruzio

Tel. +39.0984.432617 - 438325

Fax +39.0984.432617

web: [www.aztec.it](http://www.aztec.it)

e-mail: [aztec@aztec.it](mailto:aztec@aztec.it)