



Collana **MultiCompact**

Strutture, impianti e geotecnica

Newsoft

ASPEN

**Analisi della stabilità dei pendii
con i metodi dell'equilibrio limite**


GRAFILL

Newsoft

ASPEN

Analisi della stabilità dei pendii
con i metodi dell'equilibrio limite

ISBN 88-8207-166-9

EAN 9 788882 071660

MultiCompact: Strutture, impianti e geotecnica, 2

Prima edizione: settembre 2005

Newsoft

ASPEN 2000 / Newsoft. – Palermo : Grafill, 2005.

(Software ; 15)

ISBN 88-8207-166-9.

1. Pendici montane.

624.151 CDD-20

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di settembre 2005

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

INDICE

1. GUIDA ALL'INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE ASPEN	p.	7
1.1. Introduzione	"	7
1.2. Requisiti per l'installazione del software	"	7
1.3. Richiesta della password utente	"	8
1.4. Procedura per l'installazione del software	"	8
1.5. Registrazione del software	"	9
2. INTRODUZIONE AL SOFTWARE ASPEN	"	11
2.1. Riferimenti normativi.....	"	12
2.2. Campi di impiego.....	"	12
2.3. Elementi di definizione	"	14
2.4. Le viste grafiche.....	"	15
2.5. L'input	"	16
2.6. La costruzione del modello	"	18
2.7. Caratteristiche di analisi	"	20
2.8. Le stampe	"	24
2.9. Fasi operative	"	25
3. IL MENU "FILE"	"	27
3.1. Comando Nuovo	"	27
3.2. Comando Apri	"	27
3.3. Comando Salva e Salva come	"	28
■ Selezione del formato del file	"	28
3.4. Comando Trasferisci installazione	"	28
3.5. Comando Esci	"	28
4. IL MENU "DATI"	"	29
4.1. Griglia dati	"	30
4.2. Breve panoramica dei dati.....	"	32
4.3. Griglia Intestazioni.....	"	35
4.4. Griglia Materiali.....	"	35
4.5. Griglia Nodi	"	35
4.6. Griglia Strati.....	"	36
4.7. Griglia Falde.....	"	37

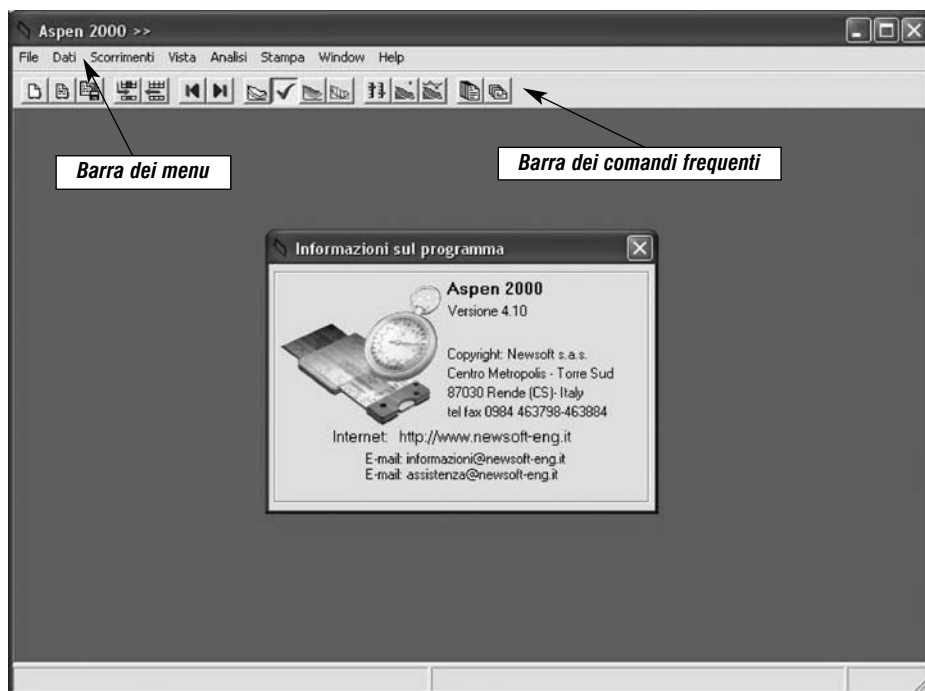
4.8.	Griglia Sbancamenti.....	p.	37
4.9.	Griglia Rinterri.....	"	38
4.10.	Griglia Bacini.....	"	38
4.11.	Griglia Carichi.....	"	39
4.12.	Griglia Geogriglie.....	"	39
4.13.	Griglia Muri.....	"	41
4.14.	Griglia Paratie.....	"	43
4.15.	Griglia Tiranti.....	"	44
5.	IL MENU “SCORRIMENTI”.....	"	46
5.1.	Griglia Superfici circolari.....	"	46
5.2.	Griglia Superfici generiche.....	"	49
5.3.	Griglia Maglie di centri.....	"	50
6.	IL MENU “VISTA”.....	"	52
	■ Sincronismo.....	"	53
6.1.	Barra dei comandi di disegno.....	"	54
	■ Anteprima di stampa.....	"	55
	■ Importazione di uno sfondo in formato .DXF.....	"	56
	■ Opzioni del disegno.....	"	58
6.2.	Vista Editing.....	"	61
	■ Azione Inserisci/Modifica.....	"	63
	■ Azione Elimina.....	"	66
	■ Azione Sposta.....	"	66
	■ Azione Quota.....	"	66
6.3.	Vista Modello.....	"	66
6.4.	Vista Strisce.....	"	68
7.	IL MENU “ANALISI”.....	"	71
7.1.	Finalità dell'analisi.....	"	71
	■ Operazioni preliminari all'analisi.....	"	72
	■ La stima della sicurezza.....	"	72
7.2.	Approcci di analisi.....	"	72
	■ Il metodo degli elementi finiti.....	"	72
	■ Il metodo dell'equilibrio limite.....	"	73
	■ Ipotesi di base dei metodi dell'equilibrio limite.....	"	73
	■ Il metodo delle strisce.....	"	74
	■ Le assunzioni dei vari metodi.....	"	76
	■ Metodo di Fellenius.....	"	77
	■ Metodo di Bishop.....	"	78
	■ Metodo di Janbu generalizzato.....	"	78
	■ Metodo di Morgenstern-Price.....	"	79

	■ Metodo di Bell.....	p.	79
7.3.	Contributo stabilizzante di muri e paratie	"	79
	■ Contributo di spinta per i muri	"	80
	■ Contributo di spinta per le paratie	"	82
	■ Riferimenti	"	84
7.4.	Foglio Opzioni di analisi	"	85
	■ Definizione dell'azione sismica	"	86
	■ Impostazioni per l'analisi automatica	"	89
7.5.	Analisi delle superfici assegnate	"	90
7.6.	Analisi a ricerca automatica	"	90
	■ Barra dei comandi	"	91
	■ Esecuzione dell'analisi automatica	"	91
8.	IL MENU "STAMPA"	"	93
8.1.	Opzioni di impaginazione tabulato	"	93
8.2.	Opzioni di impaginazione disegni.....	"	94
8.3.	Opzioni di disegno	"	94
8.4.	Comando Impagina Tabulato	"	94
	■ Anteprima del tabulato	"	96
	■ Esportazione in formato .RTF del tabulato	"	97
8.5.	Descrizione del tabulato	"	97
	■ Sezione Introduzione.....	"	97
	■ Sezione Dati	"	98
	■ Sezione Risultati globali.....	"	99
	■ Sezione Risultati per singole superfici di rottura	"	99
8.6.	Comando Impagina disegni.....	"	100
	■ Esportazione dei disegni in formato .DXF	"	101
	■ Stampa diretta dei disegni	"	101
	■ Anteprima dei disegni.....	"	101
8.7.	Comando Imposta Stampante	"	102
↵	LICENZA D'USO DEL SOFTWARE	"	103
↵	SCHEDA DI REGISTRAZIONE PER LA RICHIESTA DELLA PASSWORD UTENTE	"	104

Capitolo 2

Introduzione al software ASPEN

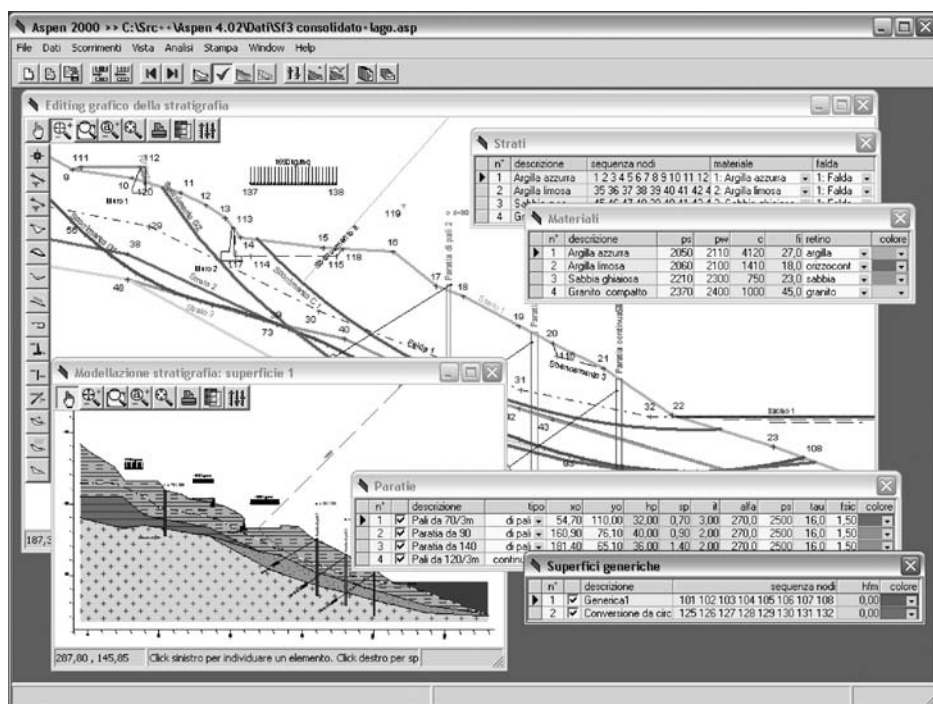
ASPEN di Newssoft è un software Windows finalizzato alla l'analisi di stabilità di pendii secondo i metodi classici dell'equilibrio limite. Consente una definizione accurata del profilo campagna, della stratigrafia interna e del regime idrostatico prodotto da falde freatiche o in pressione. Sbancamenti, rinterri e bacini idrici superficiali, possono essere inseriti o rimossi dalla modellazione in maniera semplice, così come pure i carichi distribuiti e gli interventi strutturali di consolidamento, quali i muri, le paratie, le geogriglie e i tiranti.



In questo modo si creano agevolmente configurazioni variate del pendio, corrispondenti a diverse situazioni in situ o a vari scenari di intervento.

L'utente può inoltre definire superfici di scorrimento generiche o circolari, assegnandole singolarmente o per maglia di centri ed effettuare l'analisi simultanea. Se desidera uno screening di maggiore accuratezza, può attivare l'analisi a ricerca automatica che, partendo da una superficie di scorrimento iniziale, ricerca configurazioni di equilibrio a sicurezza minore fino al raggiungimento del minimo locale, seguendo graficamente l'evoluzione del processo di ricerca.

La seguente figura mostra una fase di lavoro col software, in cui sono visibili la vista *Editing*, con l'editore grafico del pendio, la vista *Modello* e alcune griglie dati.



Il software è dotato di tutte le funzioni necessarie per seguire l'intero iter progettuale, dall' inserimento dei dati, al controllo grafico del modello, dall'esecuzione dell'analisi, alla stampa dei risultati e dei disegni. È interfacciabile con ambienti Cad tramite il formato .DXF e verso applicativi di Word Processing col formato .RTF.

2.1. Riferimenti normativi

La versione di ASPEN è aggiornata con i disposti delle più recenti norme tecniche:

- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64** – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”, G.U.R.I. 21-03-1974, n.76.
- **DM LL.PP. 11 marzo 1988** – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”, G.U.R.I. 1-06-1988, n.127 – s.o..
- **Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274** – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.” Allegato 4: “Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni”, G.U.R.I. 8-05-2003, n. 105 – s.o. n. 72.

2.2. Campi di impiego

Le caratteristiche del software lo rendono adatto per la verifica di stabilità di pendii naturali o artificiali e per il dimensionamento di massima degli eventuali interventi di consolidamento.

I professionisti maggiormente interessati ad **ASPEN** sono i geologi o gli ingegneri operanti nel campo geotecnico, coinvolti nel recupero e consolidamento di pendii storicamente instabili o nella progettazione di opere ricadenti su pendii, per i quali sia importante effettuare l'analisi di stabilità sotto carichi variati.

■ *La barra dei menu*

La barra dei menu è posta in alto sulla schermata principale e comprende le seguenti voci:

- menu “File”: per le azioni relative alla gestione dei file;
- menu “Dati”: per aprire i fogli dei dati per la definizione del pendio;
- menu “Scorrimenti”: per definire le superfici di scorrimento da analizzare;
- menu “Vista”: per aprire le viste grafiche del pendio;
- menu “Analisi”: per l'impostazione e avviare l'analisi;
- menu “Stampa”: per impaginare, stampare, esportare tabulati e disegni;
- menu “Window”: per riorganizzazione le finestre aperte a video;
- menu “Help”: per accedere all'help in linea.

■ *Help in linea*

In ogni situazione sarà possibile richiamare l'*Help in linea*, col tasto **[F1]**, al fine di ottenere informazioni sulle quantità correntemente attive.

■ *Suggerimento*

Il *suggerimento* è un messaggio di aiuto che può comparire quando il mouse sosta per qualche istante all'interno di una casella o di altri componenti.

■ *Barra dei comandi frequenti*

Nella finestra principale del software, proprio sotto alla barra dei menu, è posto un pannello di pulsanti per attivare i comandi di uso più frequente.



Crea una nuovo file dati



Apri un file dati esistente



Salva il file dati corrente



Inserisci una riga nella griglia corrente












Elimina una riga nella griglia corrente



Passa al precedente



Passa al successivo

-  *Apri la vista Editing*
-  *Genera il modello o Azzera il modello (se costruito)*
-  *Apri la vista Modello*
-  *Apri la vista Strisce*
-  *Opzioni di analisi*
-  *Esegui l'analisi delle superfici assegnate*
-  *Esegui l'analisi a ricerca automatica*
-  *Componi il tabulato*
-  *Componi i disegni*

↪ 2.3. Elementi di definizione

Sono gli elementi che intervengono nella definizione del pendio, previsti da software:

- *Materiali;*
- *Nodi;*
- *Strati;*
- *Falde;*
- *Sbancamenti;*
- *Rinterri;*
- *Bacini;*
- *Carichi;*
- *Muri o blocchi;*
- *Paratie;*
- *Tiranti;*
- *Geogriglie;*
- *Superfici di rottura circolari;*
- *Superfici di rottura generiche;*
- *Superfici di rottura a maglia di centri.*

■ *Elementi essenziali ed opzionali*

Elementi essenziali sono i primi tre: *Materiali*, *Nodi* e *Strati*, che necessariamente devono essere presenti anche sul pendio più semplice, unitamente alla definizione di almeno una superficie di rottura.

Elementi opzionali sono tutti gli altri. Questi elementi sono caratterizzati dal fatto che la loro definizione non implica necessariamente l'applicazione nel modello. Ad esempio, si può definire un pendio senza la definizione di falde, oppure definire una o più falde, ma senza applicarle. Il ri-

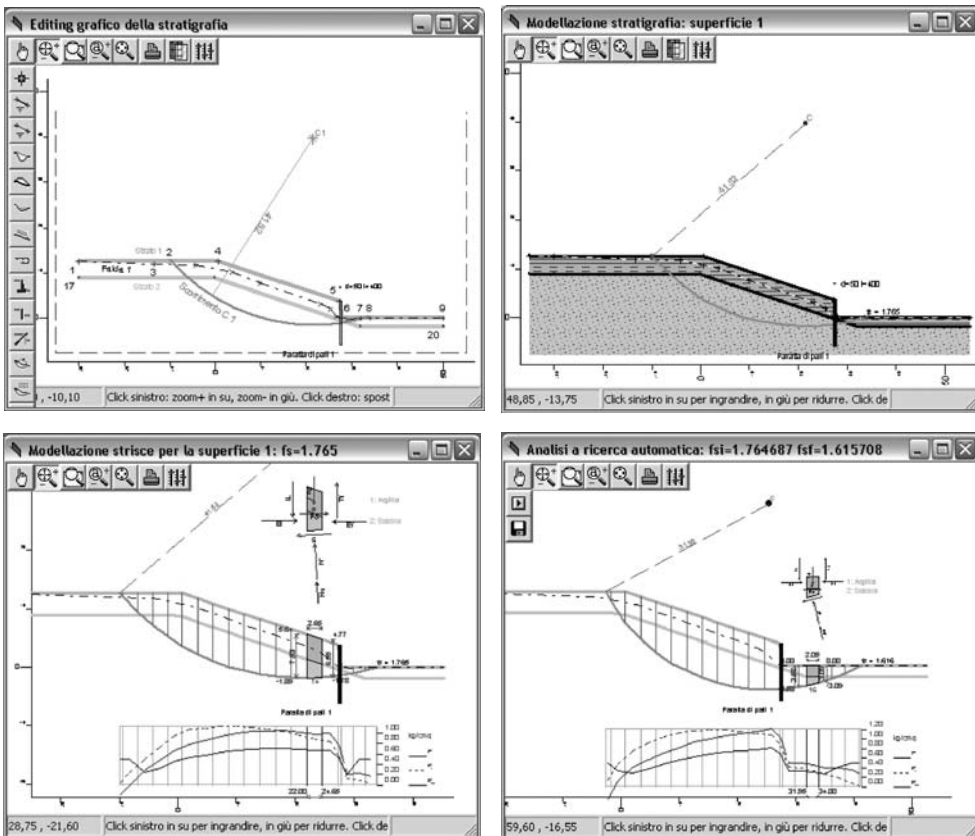
sultato è identico. Questa caratteristica torna utile per semplificare la creazione di configurazioni variate del pendio, che possono verificarsi nel tempo o utili a valutare possibili scenari di intervento. Si possono, ad esempio, definire vari interventi di consolidamento, ma applicarli uno alla volta per valutarne separatamente il contributo ai fini di una decisione progettuale.

2.4. Le viste grafiche

Il software prevede quattro diversi ambienti grafici:

- vista *Editing*;
- vista *Modello*;
- vista *Strisce*;
- vista *Ricerca automatica*,

riportate alle figure seguenti per un semplice pendio con una paratia applicata.



■ La vista *Editing*

Nella vista *Editing* sono attive le funzioni di input grafico per tutti gli elementi che concorrono alla definizione del pendio, dalla stratigrafia, agli interventi di consolidamento e alle superfici di scivolamento. Sono visibili tutti gli interventi definiti, quelli applicati sono disegnati nel colore assegnato, quelli non applicati in grigio.

■ La vista *Modello*

La vista *Modello* riporta la vista del pendio dopo la costruzione del modello, quindi con i profili modificati dall'applicazione di eventuali sbancamenti e rinterri e con i soli interventi effettivamente applicati. Se sono state definite più superfici di scivolamento, esiste una vista *Modello* per ognuna di queste.

■ La vista *Strisce*

La vista *Strisce* riporta la suddivisione in strisce per ogni superficie di scivolamento definita ed è disponibile dopo la costruzione del modello. Altri particolari, sono disponibili a valle dell'analisi, come i diagrammi delle tensioni mobilitate sulla superficie di scivolamento.

■ La vista *Ricerca automatica*

A queste si aggiunge la vista *Ricerca automatica*, che consente di avviare e seguire graficamente l'evoluzione dell'analisi automatica. Questa è una caratteristica di analisi peculiare del software, che, partendo da una superficie iniziale assegnata, ricerca configurazioni di equilibrio a sicurezza minore, fino a raggiungere un punto di minimo del coefficiente di sicurezza.

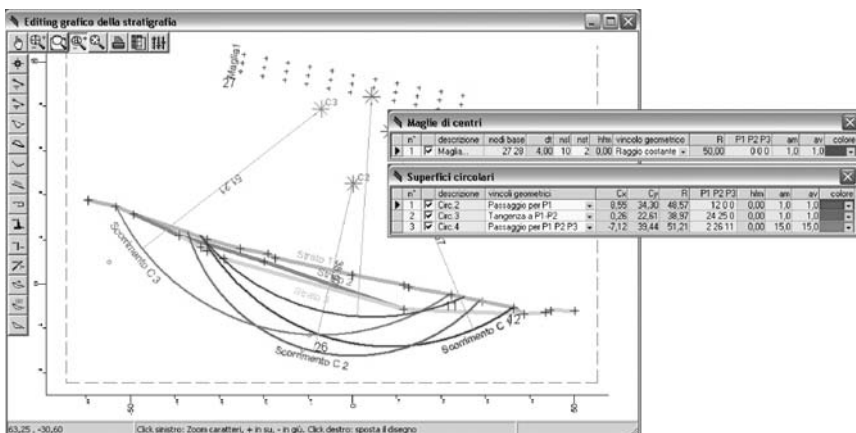
Ogni finestra grafica ha le sue barre strumenti che implementano funzioni specifiche, come l'input grafico nella vista *Editing*. In tutte sono presenti le funzioni comuni di gestione del disegno, come zoom, spostamento, riconoscimento elementi per il sincronismo con le griglie dati, preview di stampa e assegnazione preferenze.

↳ 2.5. L'input

Il pendio si costruisce nell'ambiente grafico della vista *Editing*, eventualmente su sfondo importato in formato .DXF, col supporto dei comandi di inserimento, modifica, cancellazione, disponibili per ogni elemento di modellazione. In maniera equivalente, è possibile l'assegnazione numerica dei dati, in griglie sincronizzate con l'ambiente grafico, sia per operazioni di inserimento di un nuovo elemento, sia per la modifica di uno già esistente.

■ Esempi di inserimento di superfici circolari

Nell'esempio seguente si definiscono da griglia tre superfici circolari e una maglia di centri.



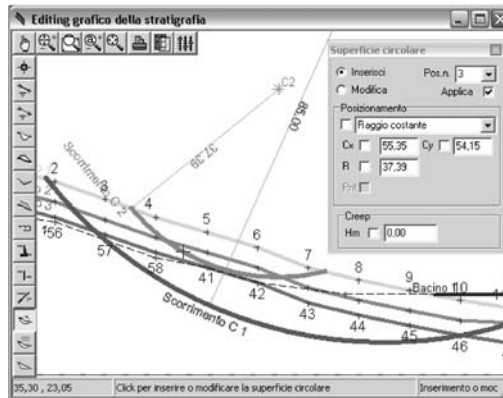
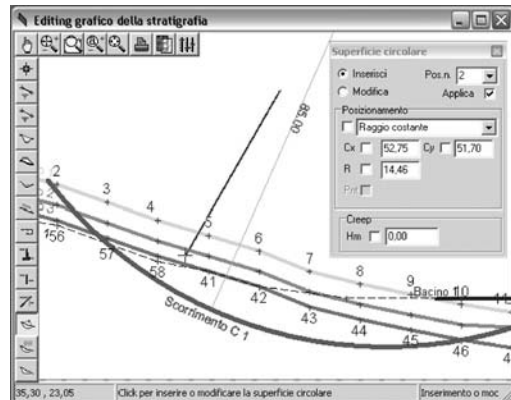
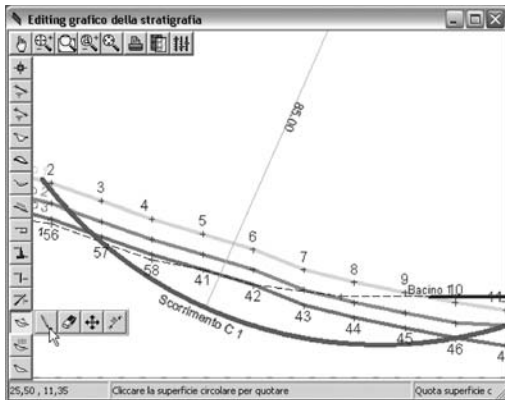
Per l'inserimento da griglia si possono seguire le seguenti istruzioni:

- aggiungere la riga, cliccando sul pulsante **[Inserisci riga]** della barra;
- assegnare i dati di definizione dell'elemento;
- ripetere l'operazione per tutti gli elementi da inserire.

In figura, gli effetti finali degli inserimenti nelle griglie *Superfici circolari* e *Maglie di centri*.

Nell'esempio seguente vediamo alcune fasi operative per l'inserimento di una superficie circolare nella vista *Editing*, utilizzando l'input grafico. Le operazioni sono le seguenti:

- selezione del comando *Circolare* → *Inserisci*;
- tracciamento del centro e del raggio col mouse;
- risultato finale dell'operazione di inserimento.



I dati dell'inserimento si ritrovano nella griglia *Superfici circolari*, riportata di seguito.

n°	descrizione	vincoli geometrici	Cx	Cy	R	P1	P2	P3	hfm	am	av	colore
1	✓ Circolare1	Raggio costante	75,00	90,00	85,00	11	0	0	0,00	1,0	1,0	
2	✓ Circolare...	Raggio costante	55,35	54,15	37,39	0	0	0	0,00	1,0	1,0	

■ Impostazione di alcuni dati tipici

Per i terreni che compongono la stratigrafia sono richieste le caratteristiche meccaniche essenziali e la scelta del retino grafico di visualizzazione, che si assegnano nella griglia *Materiali* riportata in basso.

n°	nome	ps	pw	c	fi	retino	colore
1	Argilla azzurra	2050	2110	4120	27,0	argilla	
2	Argilla limosa	2060	2100	1410	18,0	orizzocorit	
3	Sabbia ghiaiosa	2210	2300	750	23,0	sabbia	
4	Granito compatto	2370	2400	1000	45,0	granito	

I profili della stratigrafia, delle falde, degli sbancamenti e dei rinterri si definiscono come poligonali. Riportiamo di seguito la griglia *Strati*, in cui la poligonale è riportata nella colonna *sequenza nodi*.

n°	descrizione estesa	sequenza nodi	materiale	falda
1	Argilla azzurra	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	1: Argilla azzurra	2: Falda
2	Argilla limosa	35 36 37 38 39 40 41 42 44 24	2: Argilla limosa	2: Falda
3	Sabbia g.sa	45 46 47 48 39 40 41 42 43 44 24	3: Sabbia ghiaiosa	2: Falda
4	Granito	45 46 47 48 49 50 51 34	3: Sabbia ghiaiosa	2: Falda

La definizione degli interventi di consolidamento è articolata per tipologia e, in linea generale, prevede la descrizione di dettaglio in termini geometrici e meccanici.

■ Le superfici di scivolamento

Il software accetta superfici di scivolamento di forma circolare o generica.

Le superfici generiche sono definite tramite poligonali. Per quelle circolari si assegna il centro e il raggio o altre condizioni di vincolo, come il passaggio per punti assegnati o condizioni di tangenza. Per le circolari, inoltre, i tratti terminali di riaffioramento possono essere definiti con raccordi rettilinei di assegnata pendenza.

L'utente può comporre una lista di superfici da sottoporre a verifica o anche definire famiglie di superfici circolari utilizzando le maglie di centri.

↳ 2.6. La costruzione del modello

Partendo dalla configurazione originaria e applicando tutti gli elementi opzionali selezionati, il software costruisce il modello del pendio e ne esegue la scomposizione in strisce per ogni superficie di scivolamento definita ed applicata.

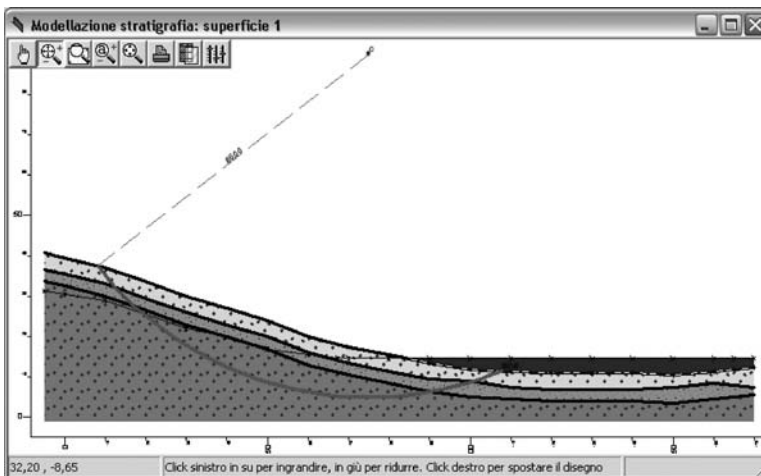
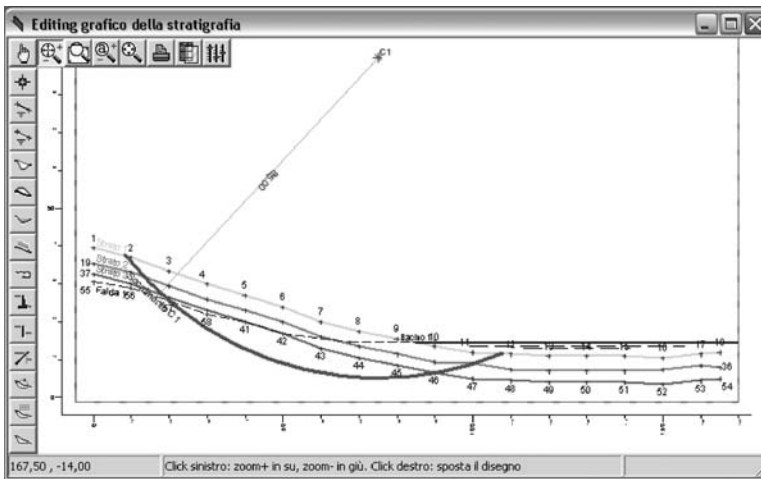
L'operazione si esegue cliccando sul pulsante **[Genera il modello]** posto nella *Barra dei comandi frequenti*. Il pulsante ha anche la funzione di azzerare il modello, se questo è stato già costruito.

La modellazione eseguita è visibile nella vista stratigrafica del modello e nella vista della modellazione in strisce, entrambe caratterizzate da un elevato livello di dettaglio.

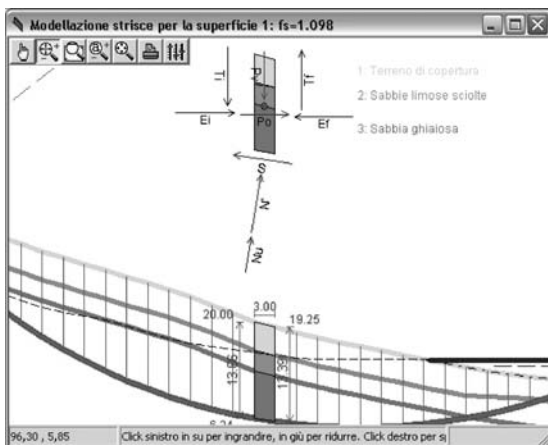
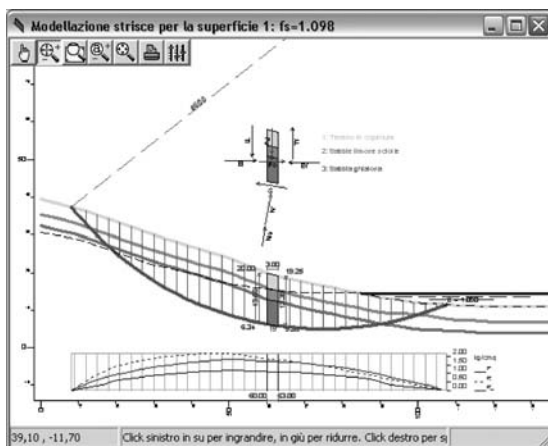
■ Il controllo di congruenza

Nel corso della costruzione del modello, il software esegue un approfondito controllo dei dati e nel caso dovesse riscontrare delle incongruenze, rilascia in un apposito pannello, messaggi di avviso. I messaggi preceduti da punto esclamativo si riferiscono a incongruenze gravi che non consentono la generazione del modello. In questi casi è necessario modificare o integrare la definizione per risolvere la situazione d'incongruenza segnalata. I messaggi non preceduti da punto esclamativo si limitano a richiamare l'attenzione su aspetti particolari o segnalano situazioni di incongruenza che il software può risolvere temporaneamente disapplicando d'autorità un particolare elemento e continuando con la costruzione del modello. L'utente presterà attenzione alle situazioni segnalate e interverrà per correggerle.

Vediamo nelle figure seguenti la vista *Editing* e la vista *Modello* per un pendio semplice.



Le figure successive si riferiscono invece alla discretizzazione in strisce e ai dettagli grafici presenti sul disegno, come i diagrammi delle tensioni sulla superficie di rottura e l'indicazione della forze agenti sulla singola striscia.



2.7. Caratteristiche di analisi

L'analisi è eseguita con il metodo dell'equilibrio limite, di cui sono disponibili le formulazioni date da *Morgenstern-Price*, *Bell*, *Jambu*, *Bishop*, *Fellenius*, implementate nel software in forma particolarmente ottimizzata, per migliorare il processo di convergenza e ampliare il campo di applicabilità. Il pendio è analizzato sotto l'azione dei pesi propri, dei carichi assegnati, della spinta idrostatica sulla frattura di distacco e dell'accelerazione sismica orizzontale e verticale, definite queste ultime in base alla recente normativa sismica 2003 o assegnate in modo autonomo. L'azione sismica orizzontale è applicata in direzione dello scorrimento, mentre per quella verticale si considerano entrambi i versi, corrispondenti all'incremento e al decremento dei pesi agenti, e valutando i coefficienti di sicurezza per entrambi i casi.

■ Contributo alla stabilità offerto dagli interventi

Il contributo alla stabilità offerto dagli interventi varia in funzione della loro tipologia, ma in linea generale tiene conto sia delle caratteristiche meccaniche dell'intervento, sia della situazione geotecnica locale. Per i tiranti e le geogriglie, ad esempio, si considerano gli effetti dovuti all'incompleto sviluppo dell'ancoraggio. Per i muri e le paratie si valuta la spinta stabilizzante massima,


compatibile con diversi possibili meccanismi di crisi, come lo scorrimento o il ribaltamento dell'opera, la rottura del fronte spingente o del terreno compreso fra pali distanziati, la crisi strutturale dell'opera stessa.

Una volta eseguita l'analisi è possibile conoscere il contributo offerto dall'intervento, sia con una interrogazione immediata da mouse, sia nel report di stampa.

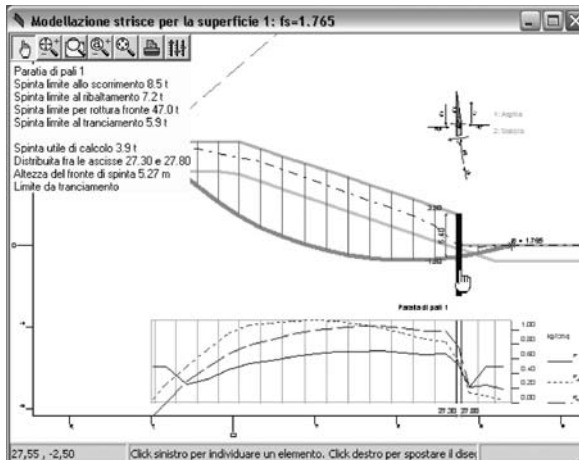
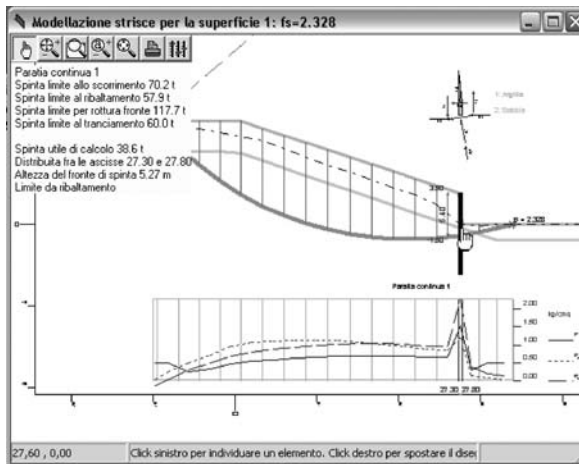
■ Informazioni sul contributo offerto dagli interventi

Nella vista *Modello* e nella vista *Strisce*, si possono ottenere informazioni sul contributo alla stabilità offerto dagli interventi con lo strumento *Individua*.

La procedura in dettaglio è la seguente:

- selezionare lo strumento *Individua*  dalla barra strumenti;
- cliccare sul muro, paratia, tirante o geogriglia di cui si vuole conoscere il contributo e tenere premuto;
- l'informazione compare in alto a sinistra e scompare non appena si rilascia il mouse.

Nelle due figure seguenti si mostra il confronto fra i contributi di una paratia continua e una paratia di pali distanziati.

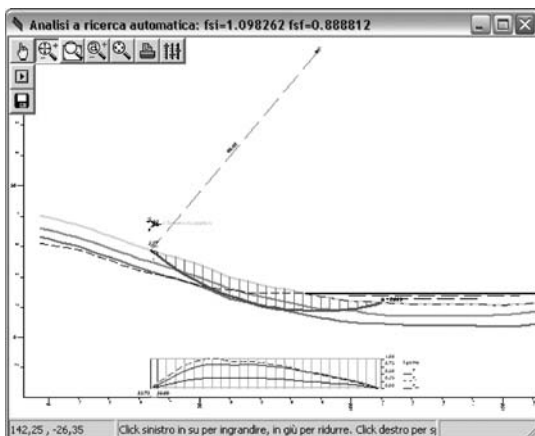
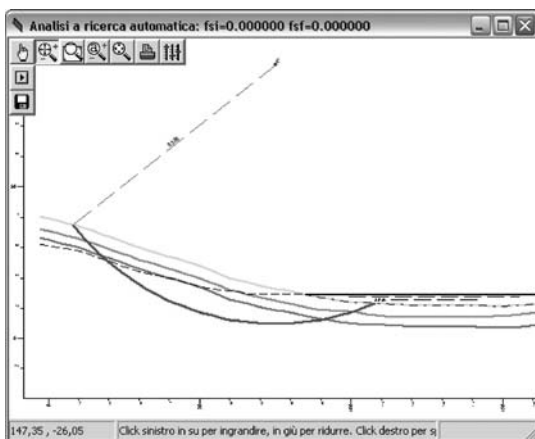


■ *Analisi di superfici assegnate*

Il software prevede l'analisi simultanea di tutte le superfici assegnate dall'utente, definite come singole superfici o tramite maglie di centri. Ad analisi conclusa, compare immediatamente una tabella sintetica con i fattori di sicurezza registrati. Nella vista delle strisce è invece disponibile il diagramma delle tensioni mobilitate sulla superficie di scivolamento e, nel caso delle maglie di centri, anche le curve di livello per i centri ad uguale sicurezza, visualizzate con codice colore.

■ *Analisi a ricerca automatica*

Una delle caratteristiche di eccellenza del software è l'analisi automatica, basata su una strategia numerica iterativa che, a partire da una superficie d'innescio iniziale, evolve in maniera automatica verso configurazioni di scivolamento a coefficiente minore, fino a pervenire ad una soluzione di minimo. Il processo viene attuato ricercando il punto di minimo della funzione coefficiente di sicurezza, in termini di opportuni parametri descrittivi della superficie di scivolamento. L'evoluzione grafica della superficie e l'andamento decrescente del coefficiente di sicurezza possono essere seguiti a video in animazione grafica, fino al raggiungimento della configurazione critica. Nel processo si tiene conto di tutte le influenze prodotte dalla condizione stratigrafica e idrostatica del pendio, dei carichi e dei contributi offerti dagli interventi di consolidamento.

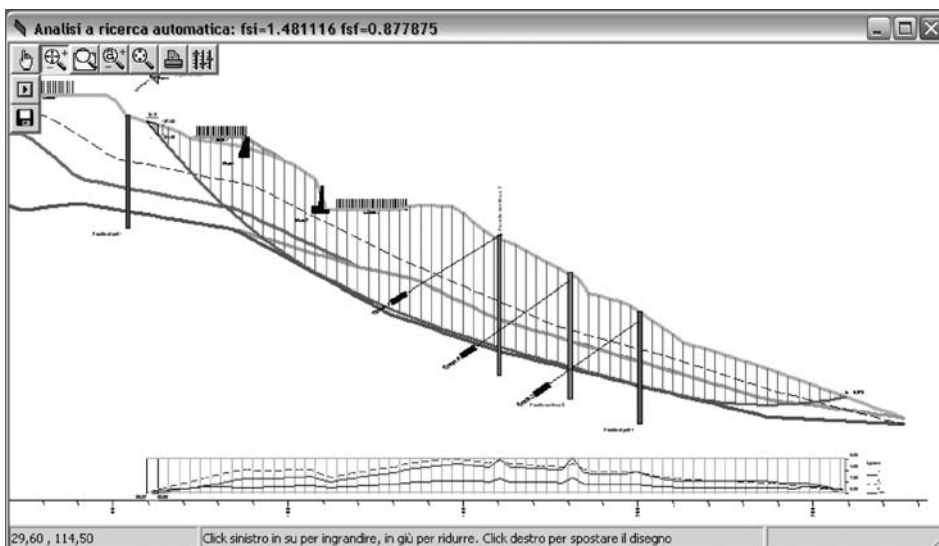
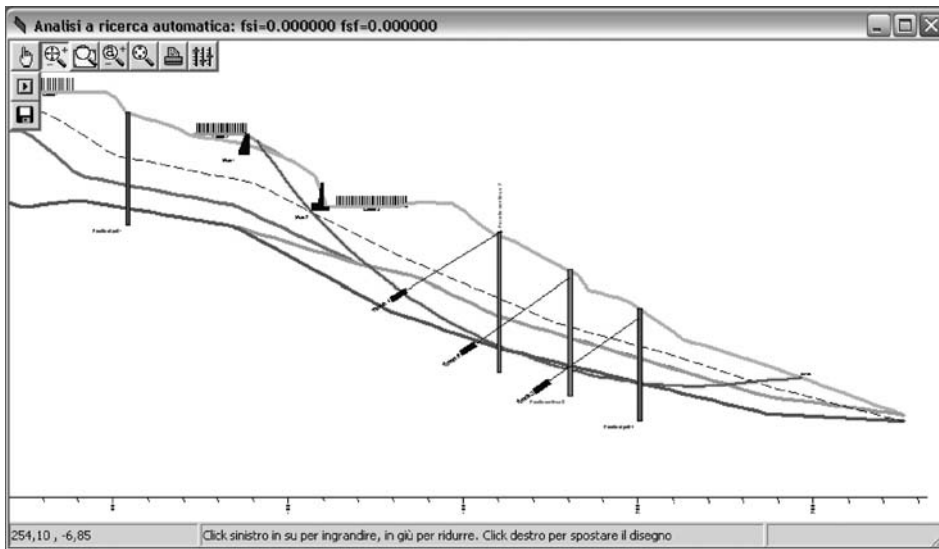


Nelle figure riportate alla pagina precedente si vede il risultato dell'analisi automatica condotta su superficie circolare.

La prima figura si riferisce allo stato iniziale del processo e mostra la superficie iniziale da cui parte il processo di ricerca. La seconda si riferisce, invece, allo stato finale ad analisi conclusa e mostra la superficie ottenuta dal processo di minimizzazione.

I coefficienti di sicurezza iniziale e finale sono riportati nel titolo e consentono di valutare la differenza di sicurezza fra le due configurazioni.

Le due figure seguenti si riferiscono ad una analisi automatica condotta su superficie generica e, come le precedenti, mostrano la configurazione di partenza e quella finale.



2.8. Le stampe

Le opzioni di stampa del software, consentono di impaginare un elaborato di calcolo finale completo di dati, risultati e disegni.

■ Il tabulato

Il tabulato di calcolo viene impaginato in base alla selezione degli argomenti effettuata dall'utente. La composizione predefinita include la relazione introduttiva, con i riferimenti legislativi e i criteri teorici di analisi, le legende esplicative e tutte le tabelle dei dati di definizione e dei risultati numerici dell'analisi.

Le funzioni di *Preview* consentono una agevole lettura anche a video, la stampa diretta e l'esportazione come file documento in formato .RTF.

Relazione di calcolo

La seguente relazione riporta i risultati dei calcoli di stabilità eseguiti sul pendio WSF3 sito nel comune di San Pietro, composto da 4 metri. Nella esecuzione dei calcoli, l'utente responsabile ing. Rossi ha utilizzato il programma Aspen 2000, prodotto dalla Newsoft s.a.s. di Cosenza. Il programma Aspen di Newsoft è diffuso su tutto il territorio nazionale ed è assistito dalla ditta produttrice. Il responsabile dei calcoli ing. Rossi ne è licenziatario registrato.

Riferimenti legislativi

L'analisi del pendio è stata condotta in accordo alle vigenti disposizioni legislative ed in particolare delle seguenti norme:

Legge 02/02/74 n.04 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", G.U. 21/03/74, n.76.

DM LL.PP. 11/03/68 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01/06/68, n.127 Suppl.

Ordinanza P.C.M. n. 3274/20/03/03 "Piani elementari in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica." Allegato 4: "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", G.U. 08/05/03, S.G.n. 105 Suppl. ord.n.72

Modellazione del pendio

Il programma utilizzato per l'analisi ha consentito di descrivere in maniera accurata la situazione stratigrafica del pendio, il profilo di falda, di assegnare i carichi esterni agenti su di esso e le opere di consolidamento presenti. Il pendio è stato quindi analizzato sotto l'azione dei carichi da peso proprio, di quelli dei manufatti presenti, dell'eventuale spinta dell'acqua sulla frattura di monte e dell'accelerazione sismica assegnata, tenendo conto del contributo alla stabilità offerto dagli interventi strutturali disposti sul pendio.

L'analisi di stabilità è stata condotta utilizzando il metodo dell'equilibrio limite, nell'ipotesi di stato di deformazione piano.

L'ipotesi di stato di deformazione piano ha consentito di descrivere il pendio assegnando le caratteristiche geometriche e meccaniche della striscia di larghezza unitaria, parallela alla direzione di scorrimento. La suddetta

Risultati di analisi

Metodo utilizzato: Morgenstern-Price

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza

N.	Nome	geometria	val. mc	esito	Syst	pic ck
1	1: Circolare	C: 018 40 181 751 R:140 00 [m]	1421,1	eseguita	0	1 072 si
2	2: Generali	Mod: 82 53 54 65 66 57 58 59 60 61 82 83	3536,6	eseguita	0	0 029 no
		54 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77				
		78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91				
		92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103				
		104 105 106 107 108				
3	3: Conversione	Mod: 121 122 123 124 125 126 127 128 129	2881,7	eseguita	0	1 467 si
		da circolare	130 131 132			

Colonne stratigrafiche da -3,00 a 21,00

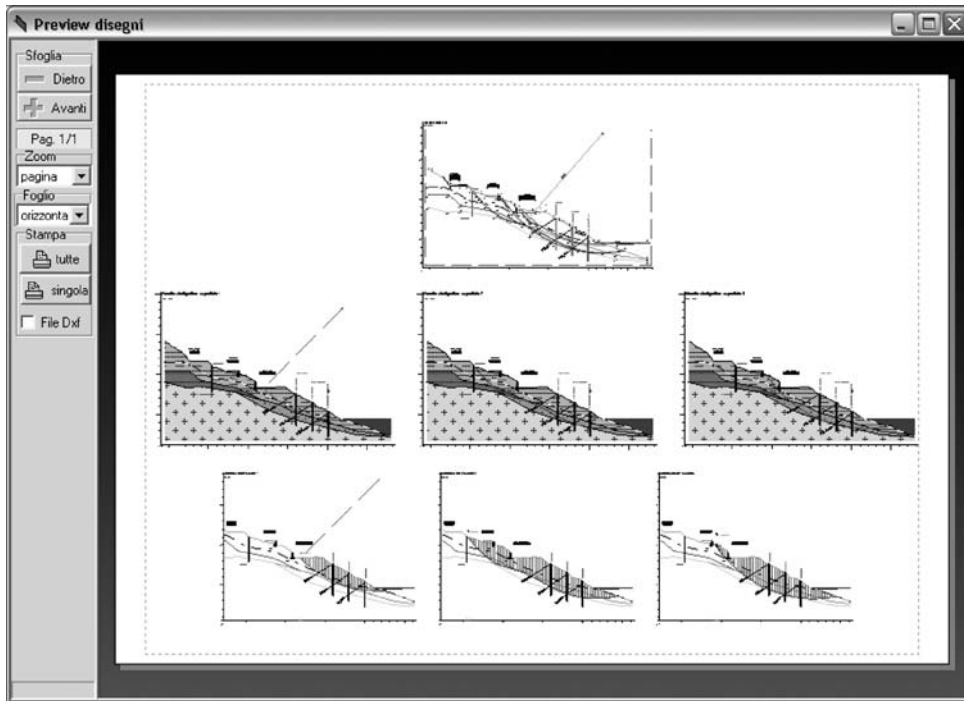
Profilo	Quote V [m] sulle interfacce										
analisi:	-3,00	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00	21,00		
Ritorno 1	140,25	138,20	135,75	132,80	132,00	130,20	128,40	126,00	123,20		
Argilla azzurra	140,25	138,00	135,75	132,80	132,00	130,20	128,40	126,00	123,20		
Argilla limosa	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00		
Sabbia g.s.a	89,74	89,02	88,20	87,57	86,85	86,12	85,40	84,68	83,96		
Granto	89,74	89,02	88,20	87,57	86,85	86,12	85,40	84,68	83,96		
Falda (sup.)	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00		
Falda (mez.)	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00		

Colonne stratigrafiche da 27,00 a 51,00

Profilo	Quote V [m] sulle interfacce										
analisi:	27,00	30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	48,00	51,00		
Ritorno 1	118,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	114,20		
Argilla azzurra	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	114,20		
Argilla limosa	103,32	100,00	98,29	95,76	93,25	91,71	91,13	90,56	89,99		
Sabbia g.s.a	83,25	83,64	84,02	84,41	84,80	84,74	84,74	84,74	84,74		
Granto	83,25	83,64	84,02	84,41	84,80	84,74	84,74	84,74	84,74		
Falda (sup.)	111,29	110,05	108,82	107,23	105,72	103,32	101,32	99,23	97,63		
Falda (mez.)	111,29	110,05	108,82	107,23	105,72	103,32	101,32	99,23	97,63		

■ I disegni

I disegni prodotti dal software possono essere impaginati, come per il tabulato, in base ad una selezione delle tavole e delle scale assegnata dall'utente. I disegni sono organizzati in tavole secondo il formato del foglio correntemente selezionato nella stampante attiva e nel rispetto delle preferenze di impaginazione impostati. Le tavole così formate sono visibili in anteprima e possono quindi essere stampate o esportate in formato .DXF.



↳ 2.9. Fasi operative

Si è posta una cura particolare nel progettare l'ambiente di lavoro del software, di modo che risultasse facile l'apprendimento e semplice l'uso. **ASPEN** si aggancia perfettamente all'ambiente applicativo di Windows; di conseguenza, chi già possiede familiarità con Windows, non troverà alcuna difficoltà nel far funzionare correttamente il software. Se invece si è nella fase di apprendimento di Windows, seguendo attentamente i suggerimenti forniti in questo manuale, non sarà difficile apprendere le caratteristiche di funzionamento di **ASPEN**.

Tutte le fasi di lavoro sono opportunamente distinte, si fa ampio uso della grafica sia per l'input che per i risultati e per la digitazione da tastiera un posto di rilievo è assegnato alle griglie, che consentono una visione molto compatta dei dati e operazioni di modifica molto veloci. Il codice di analisi è stato ottimizzato con lo scopo di ottenere risultati affidabili nel minor tempo possibile e per aumentare la produttività del software. Le fasi di output sono state particolarmente curate per raggiungere la migliore resa grafica, sia nelle fasi di preview che di stampa su carta. Inoltre, la relazione di calcolo e i disegni possono essere esportati verso altri ambienti, utilizzando i formati .RTF per il testo e il .DXF per i disegni.

■ Tipica sessione di lavoro

Analizzando la tipica sessione di lavoro di **ASPEN**, possono individuarsi alcune fasi operative caratteristiche:

- 1) definizione del pendio con l'assegnazione dei dati riguardanti i materiali, i profili stratigrafici, i profili delle falde, i carichi e gli interventi strutturali disposti su di esso;
- 2) definizione delle superficie di scorrimento da analizzare o da ottimizzare con l'analisi automatica;
- 3) controllo grafico dei dati introdotti attraverso i disegni proposti dal software, con visioni sia globali che di dettaglio, individuazione di eventuali errori di input e loro correzione;
- 4) scelta del metodo di verifica ed esecuzione dell'analisi per le superfici assegnate o dell'analisi a ricerca automatica;
- 5) valutazione dei risultati ed eventuali riesecuzioni dell'analisi, con altro metodo, omettendo o inserendo nuovi carichi, prevedendo interventi di consolidamento, modificando il tracciato di falda o altro ancora;
- 6) composizione, preview e stampa della relazione di calcolo, comprensivo dei dati di definizione e dei risultati dell'analisi;
- 7) composizione, preview e stampa in scala dei disegni, sezioni stratigrafiche e modellazione in strisce per le varie superfici di rottura, secondo le preferenze e i dettagli correntemente selezionati.