PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

RegioneEmiliaRomagna

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009,n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 3

Allegato 5 – Verifiche di stabilità di versante in condizioni sismiche

Regione Emilia-Romagna

Comune di Monzuno



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA		
Studio realizzato con il contributo di cui all'OCPDC 532/2018 recepita con DGR 2047/2018	Dott. geologo Samuel Sangiorgi	Giugno 2023

Indice generale

1. Introduzione....2
2. Cenni teorici e metodologici....3
2.2 Il metodo di Janbu (1967)....3
2.3 Valutazione dell’azione sismica....4
2.4 Ricerca della superficie di scorrimento critica....4
3. Risultati delle verifiche....5
3.1 Zona di attenzione per instabilità di versante nel Capoluogo (sezioni 1-2)....5
Verifica 1 → zona di prevalente distacco (sezione 1)....5
Verifica 2 → zona di prevalente distacco (sezione 2)....5
Verifica 3 → zona di accumulo (sezione 1)....5
Verifica 4 → zona di accumulo a valle (sezione 2)....5
3.2 Zona di attenzione per instabilità di versante nel Capoluogo (sezione 3)....20
Verifica 1 → zona di prevalente distacco....20
Verifica 2 → zona di accumulo....20
3.3 Zona di attenzione per instabilità di versante nel Capoluogo (sezione 4)....28
3.4 Zona di attenzione per instabilità di versante a Vado (sezione 5)....33
Verifica 1 → zona di prevalente distacco....33
Verifica 2 → zona di prevalente distacco....33
3.5 Zona di attenzione per instabilità di versante a Vado (sezione 6)....41

1. Introduzione

Di seguito si riportano i risultati delle analisi di stabilità effettuate per la MS3 del Comune di Monzuno. Le elaborazioni sono state eseguite con il supporto dei seguenti software:

SLOPE Stabilità dei pendii (GeoStru)

QSIM Analisi di stabilità in condizioni sismiche (spostamenti ammissibili)

Le verifiche di stabilità in condizioni dinamiche sono state svolte secondo il metodo di Newmark. Secondo tale approccio il pendio viene schematizzato come un blocco rigido che scorre su un piano inclinato; il movimento si innesca quando l'accelerazione orizzontale supera il valore critico (kc) calcolato tramite analisi pseudo-statiche. Al contrario, quando l'accelerazione del terreno torna al di sotto del valore critico il moto prosegue con accelerazione nulla.

Le analisi della stabilità pseudo-statiche sono state eseguite considerando il "metodo di Jambu" (1967), utilizzando il noto software Slope (Geostru). Per l'analisi in condizioni dinamiche si è utilizzato il modulo aggiuntivo "Qsim" in grado di ricavare l'andamento degli spostamenti e delle velocità durante la fase sismica. Lo spostamento massimo permanente è stato inoltre calcolato considerando gli accelerogrammi rappresentativi derivati dalla RSL numerica sito specifica.

Le analisi sono state effettuate considerando "pendio in terra" con superfici di scivolamento generate in modalità "random" all'interno dello spessore di frana e/o degli spessori di sedimenti con caratteristiche meccaniche più scadenti. Si sono dunque escluse superfici interne al sottostante bedrock (roccia). La geometria della maglia dei centri considerata nell'analisi ha inoltre permesso di generare superfici di scivolamento in grado di valutare, sull'intero sviluppo del versante considerato, il comportamento di un possibile scivolamento verso valle di una massa il più possibile estesa.

I risultati delle analisi descritte si riferiscono alle seguenti verifiche:

- su pendio rappresentato nella "sezione 1" e "sezione 2" in corrispondenza di un corpo di frana quiescente complessa, situato nel Capoluogo. Vista l'estensione e la morfologia del movimento franoso, sono state eseguite più verifiche per determinare la stabilità e l'entità degli spostamenti nei differenti settori di prevalente distacco e prevalente accumulo;
- su pendio rappresentato nella "sezione 3" in corrispondenza del corpo di frana quiescente complessa, situato nel Capoluogo. Anche in questo caso, vista la morfologia del movimento franoso, sono state eseguite più verifiche per determinare la stabilità e l'entità degli spostamenti nei differenti settori di prevalente distacco e prevalente accumulo;
- su pendio rappresentato nella "sezione 4" in corrispondenza del corpo di frana quiescente complessa, situato nel Capoluogo;
- su pendio rappresentato nella "sezione 5" in corrispondenza del corpo di frana quiescente complessa, situato nella frazione Vado. Anche in questo caso, vista l'estensione e la morfologia del movimento franoso, sono state eseguite più verifiche per determinare la stabilità e l'entità degli spostamenti nei differenti settori di prevalente distacco e prevalente accumulo;
- su pendio rappresentato nella "sezione 6" in corrispondenza del corpo di frana quiescente complessa, situato nella frazione Vado.

2. Cenni teorici e metodologici

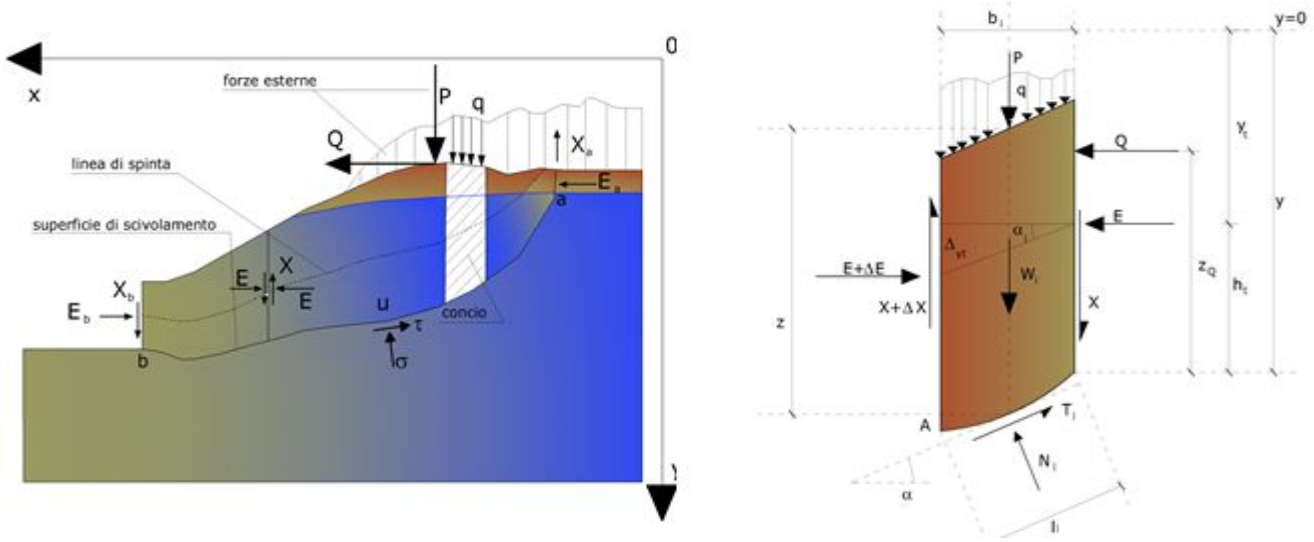
Si riportano alcuni cenni teorici in merito al metodo di calcolo utilizzato ai fini delle valutazioni espletate.

2.2 Il metodo di Janbu (1967)

Il metodo di Janbu risulta applicabile a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

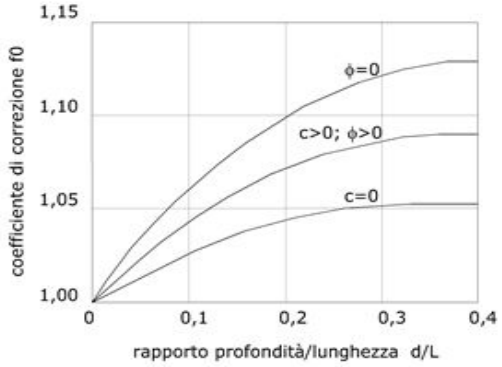


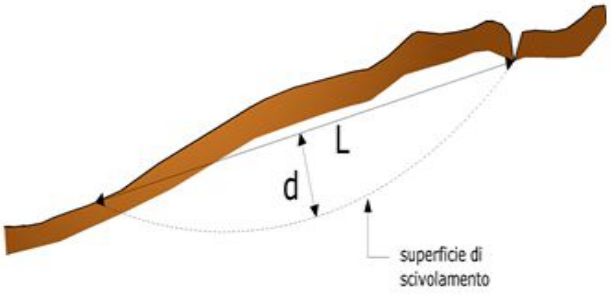
Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo DXi = 0 si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{corretto} = f_0 \cdot F$$

dove f0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.





2.3 Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

Essendo:

FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W peso concio;

Kx coefficiente sismico orizzontale;

Ky coefficiente sismico verticale.

2.4 Ricerca della superficie di scorrimento critica

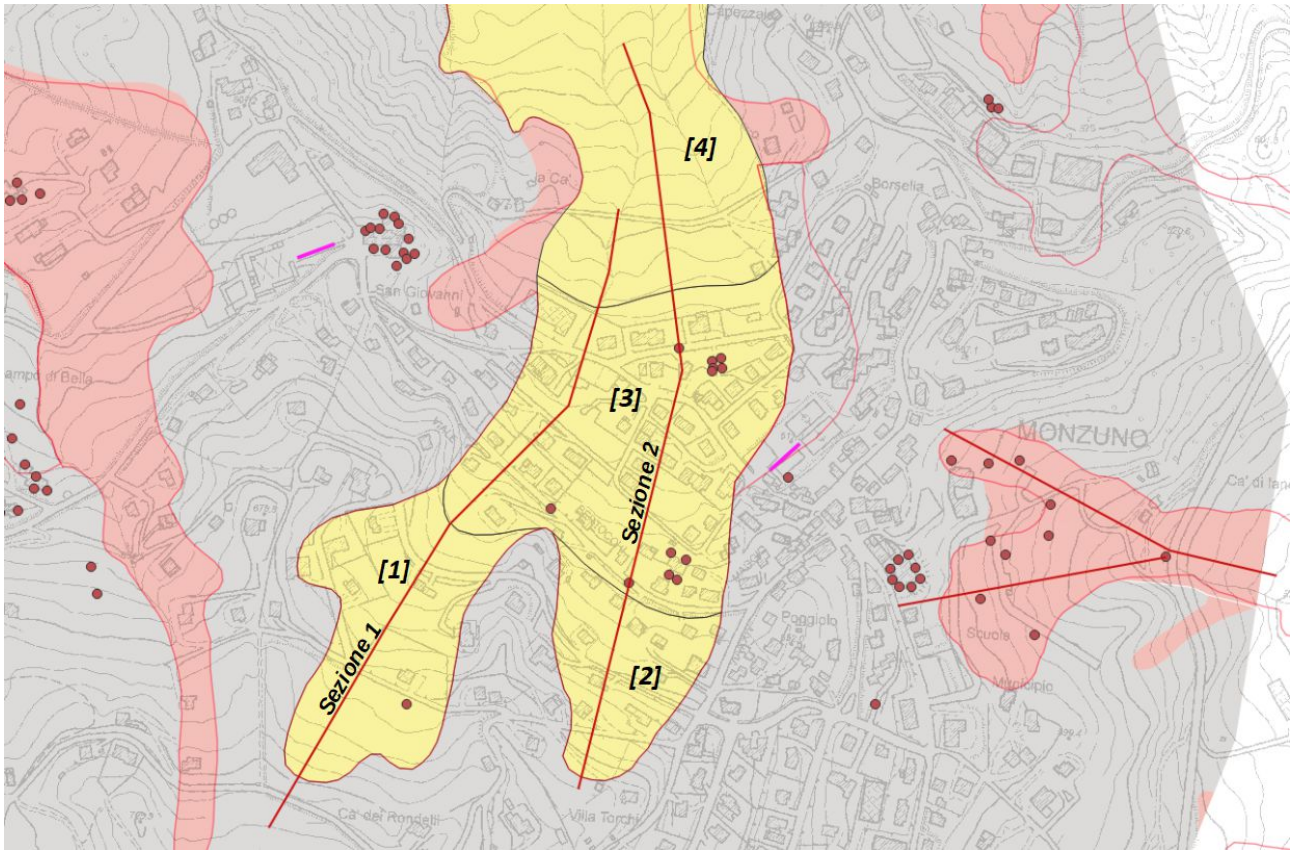
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m x n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

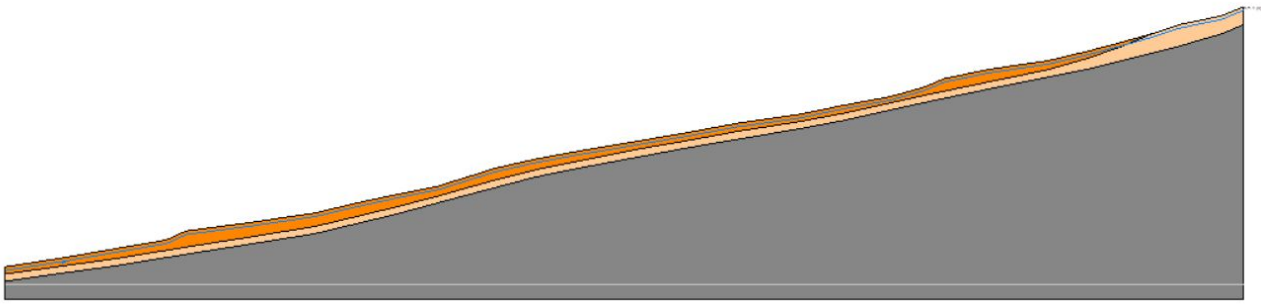
3. Risultati delle verifiche

3.1 Zona di attenzione per instabilità di versante nel Capoluogo (sezioni 1-2)

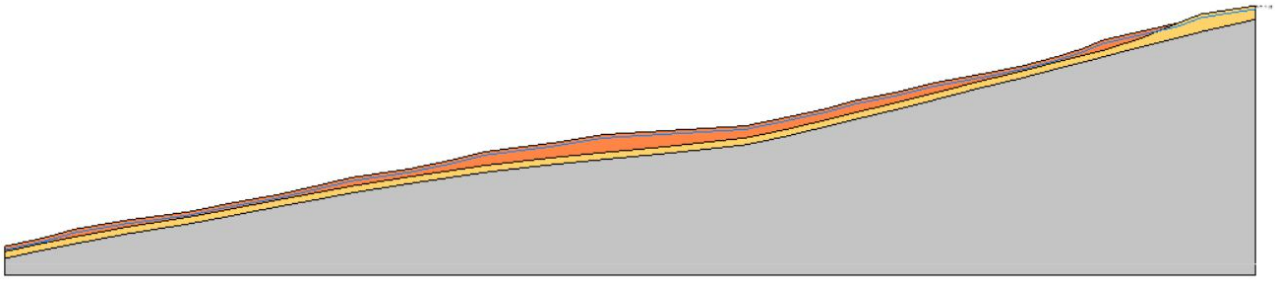
Verifica 1 → zona di prevalente distacco (sezione 1)
Verifica 2 → zona di prevalente distacco (sezione 2)
Verifica 3 → zona di accumulo (sezione 1)
Verifica 4 → zona di accumulo a valle (sezione 2)



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 1



Sezione 2

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.08	0.70	22.00	1700.00	1900.00	Limi e argille debolm. sabbiose	
2	0.00	0.00	32.00	1900.00	2200.00	Sabbioso limoso ghiaioso	
3	1.00	10.00	45.00	2100.00	2300.00	Bedrock	

Falda: assunta a -2.00 m dal p.c.

RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 1 – SEZIONE 1)

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	342.29 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1240.85 m
Ascissa vertice destro superiore xs	697.8 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1298.82 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0192

Coefficiente azione sismica verticale 0.0096

==========

Risultati analisi pendio

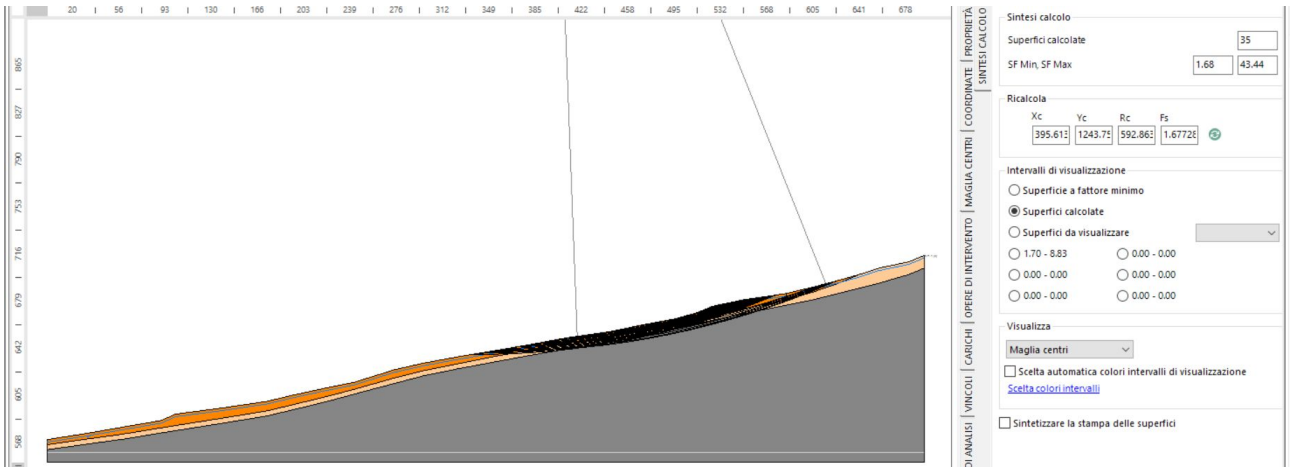
==========

Fs minimo individuato	1.68
Ascissa centro superficie	395.61 m
Ordinata centro superficie	1243.75 m
Raggio superficie	592.86 m

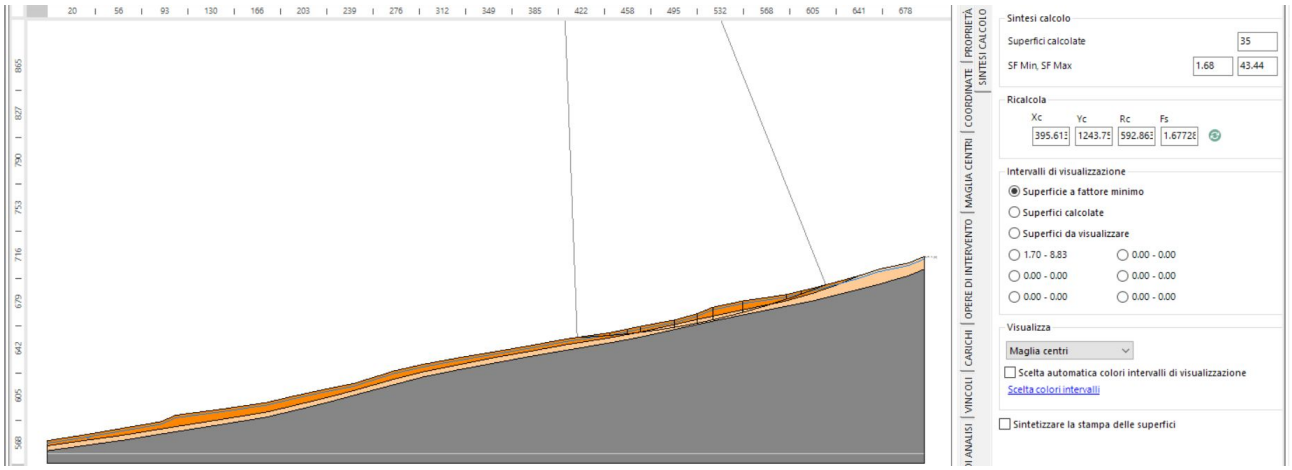
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 395.613 yc = 1243.752 Rc = 592.864 Fs MINIMO =1.677

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	25.76	3.4	25.8	52871.7	1015.14	507.57	0.08	22.0	0.0	51484.4	24745.2
2	13.48	5.3	13.5	70062.54	1345.2	672.6	0.08	22.0	12696.1	55759.3	19968.0
3	10.52	6.5	10.6	79794.84	1532.06	766.03	0.08	22.0	23039.6	55036.7	18421.4
4	27.0	8.3	27.3	275010.7	5280.21	2640.1	0.0	32.0	90533.4	176801.9	66549.2
5	18.0	10.5	18.3	233328.7	4479.91	2239.96	0.0	32.0	83077.5	142927.8	54143.8
6	12.0	12.0	12.3	202316.8	3884.48	1942.24	0.0	32.0	79505.1	116341.2	44299.4
7	24.0	13.8	24.7	441881.8	8484.13	4242.07	0.0	32.0	180032.2	247034.4	94738.5
8	34.0	16.7	35.5	418830.0	8041.54	4020.77	0.0	32.0	156241.5	246595.2	95889.2
9	11.8	19.0	12.5	65276.36	1253.31	626.65	0.08	22.0	13191.5	48976.1	18768.8
10	19.62	20.6	21.0	40460.54	776.84	388.42	0.08	22.0	0.0	36187.9	19993.5



Superfici di scivolamento generate

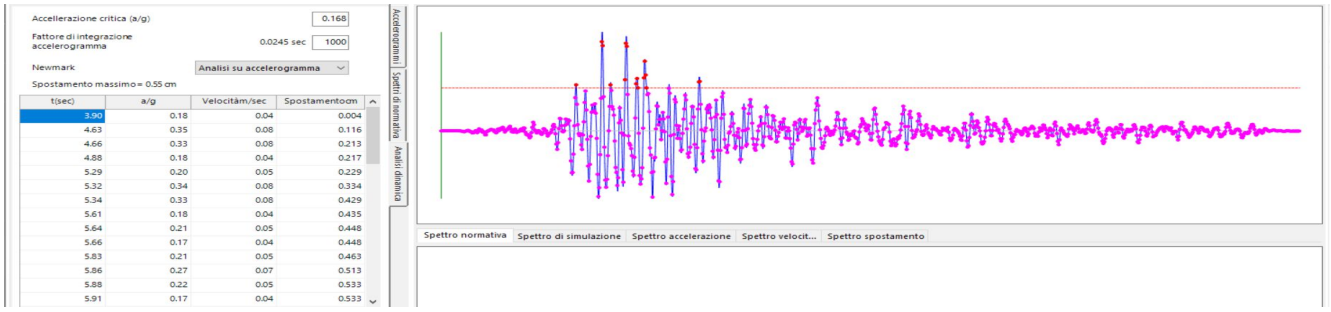


Superficie di scivolamento con FS minimo

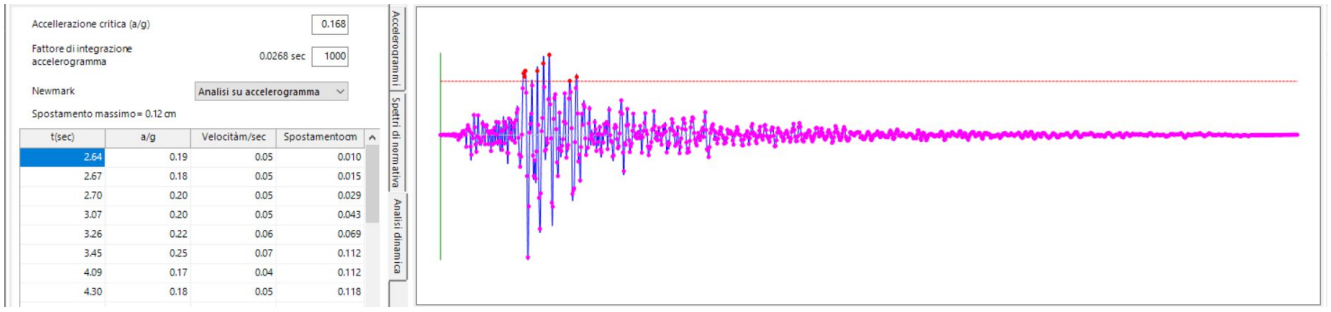
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.168
Spostamento massimo (cm)	1.20

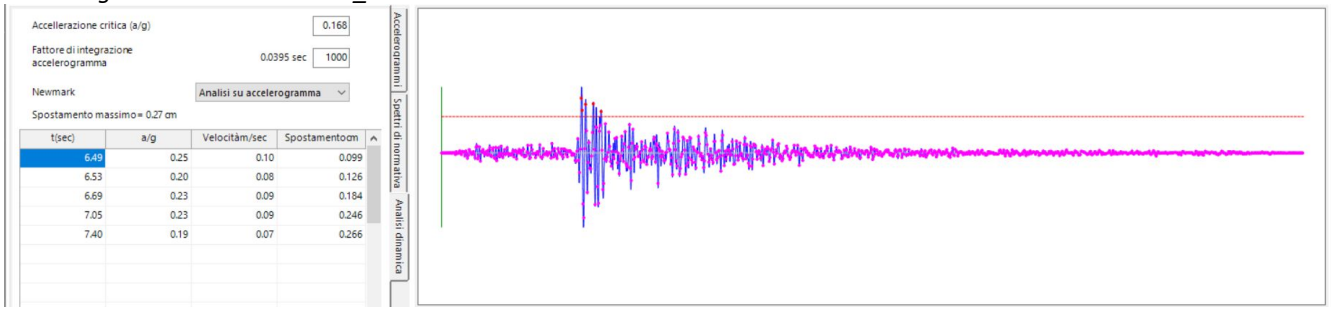
Accelerogramma: MonzunoO01_1.txt



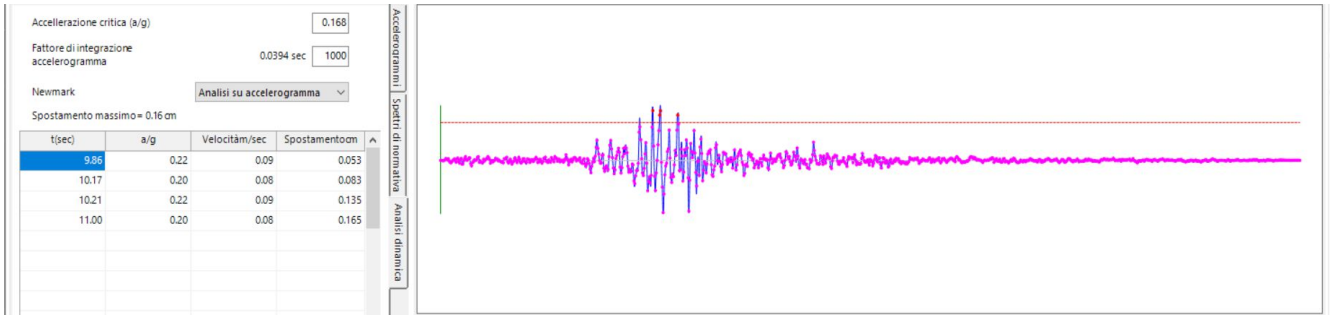
Accelerogramma: MonzunoO01_2.txt



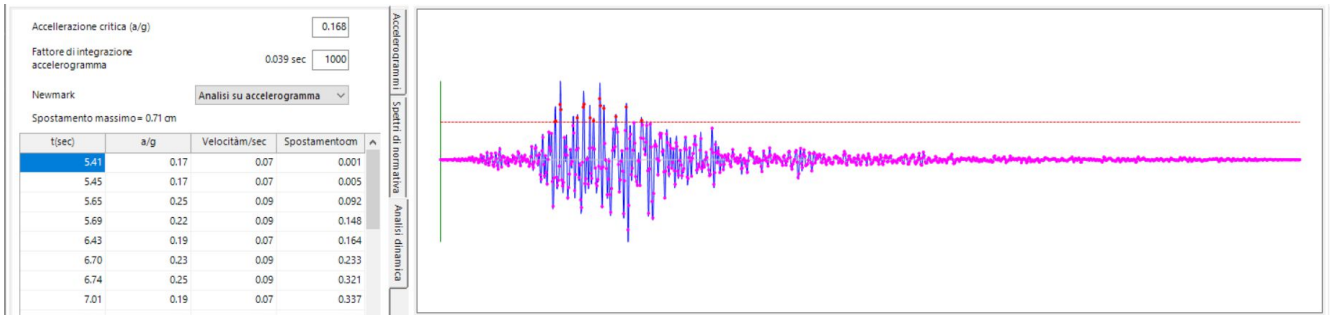
Accelerogramma: MonzunoO01_3.txt



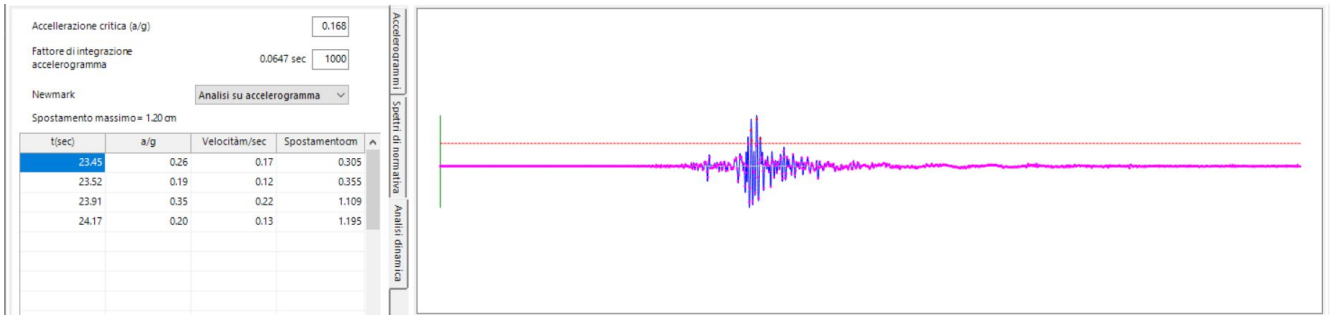
Accelerogramma: MonzunoO01_4.txt



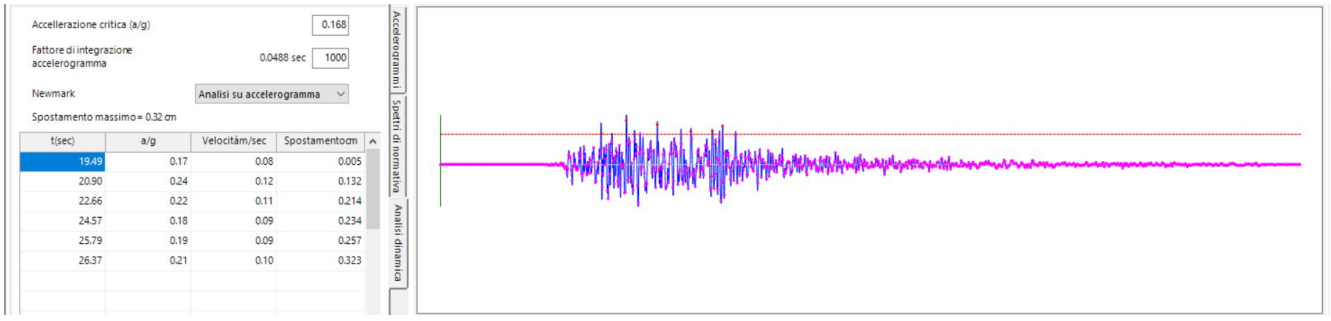
Accelerogramma: MonzunoO01_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO01_6.txt



Accelerogramma: MonzunoO01_7.txt



RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 2 – SEZIONE 2)

<u>Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza</u>

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0

Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	415.38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	982.1 m
Ascissa vertice destro superiore xs	741.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1032.36 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0612
Coefficiente azione sismica verticale	0.0306

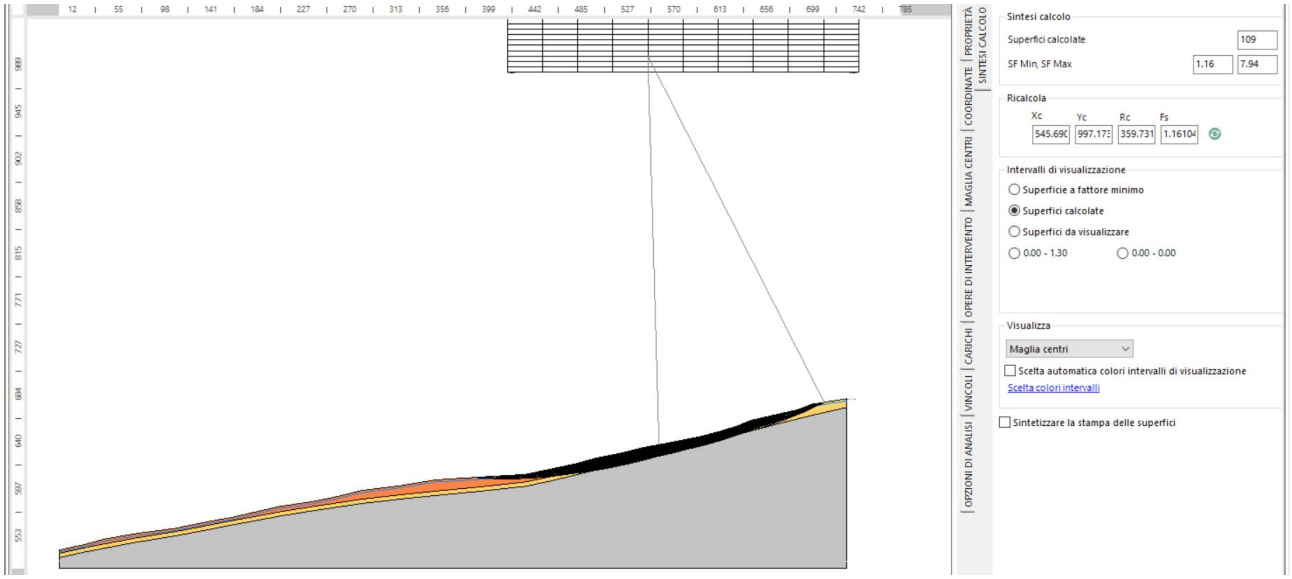
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.16
Ascissa centro superficie	545.69 m
Ordinata centro superficie	997.17 m
Raggio superficie	359.73 m

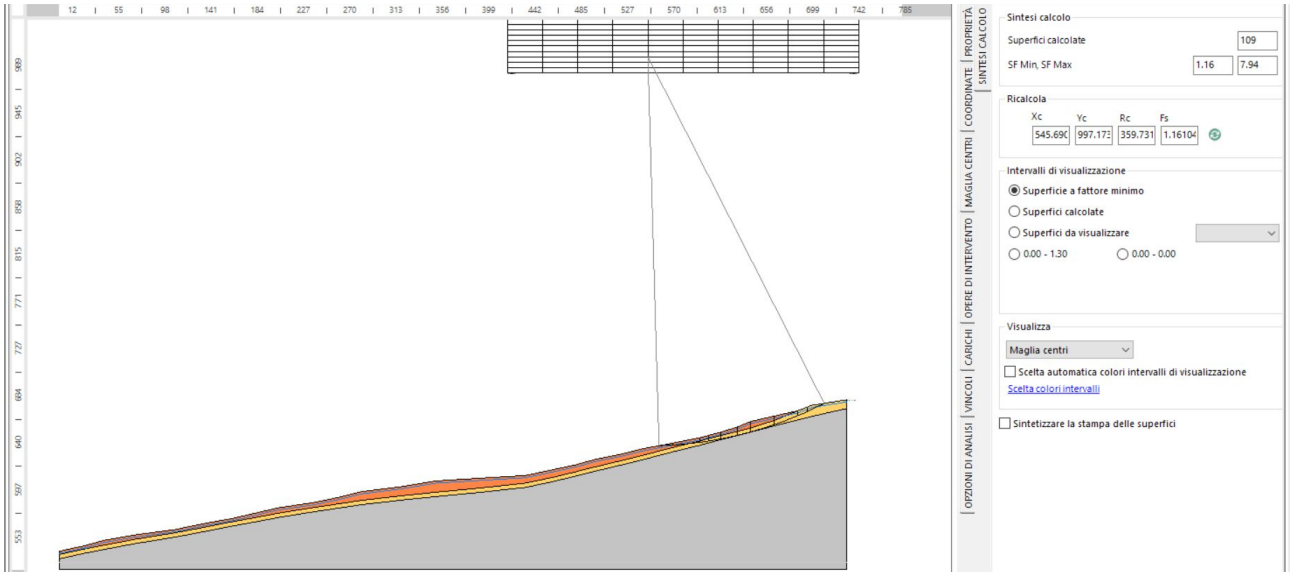
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 545.69 yc = 997.174 Rc = 359.731 Fs MINIMO =1.161

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	13.01	2.7	13.0	21238.09	1299.77	649.89	0.08	22.0	0.0	20507.8	16113.9
2	25.0	5.7	25.1	145341.6	8894.91	4447.45	0.08	22.0	31660.5	108728.8	55147.8
3	7.95	8.4	8.0	73318.15	4487.07	2243.54	0.0	32.0	22091.3	47982.8	25824.1
4	11.05	9.9	11.2	125593.0	7686.29	3843.15	0.0	32.0	41383.1	78147.1	42058.3
5	16.0	12.1	16.4	226219.5	13844.63	6922.32	0.0	32.0	81308.6	132881.3	71515.9
6	12.0	14.4	12.4	209375.4	12813.77	6406.89	0.0	32.0	81486.3	116018.2	62440.3
7	22.0	17.2	23.0	393302.1	24070.09	12035.04	0.0	32.0	153685.8	215014.5	115719.5
8	22.0	20.9	23.6	287560.8	17598.72	8799.36	0.0	32.0	96626.0	169536.0	91243.3
9	8.88	23.6	9.7	78538.75	4806.57	2403.29	0.0	32.0	20286.5	51470.7	27701.2
10	15.32	25.7	17.0	78330.22	4793.81	2396.91	0.0	32.0	8977.4	61133.3	32901.6



Superfici di scivolamento generate

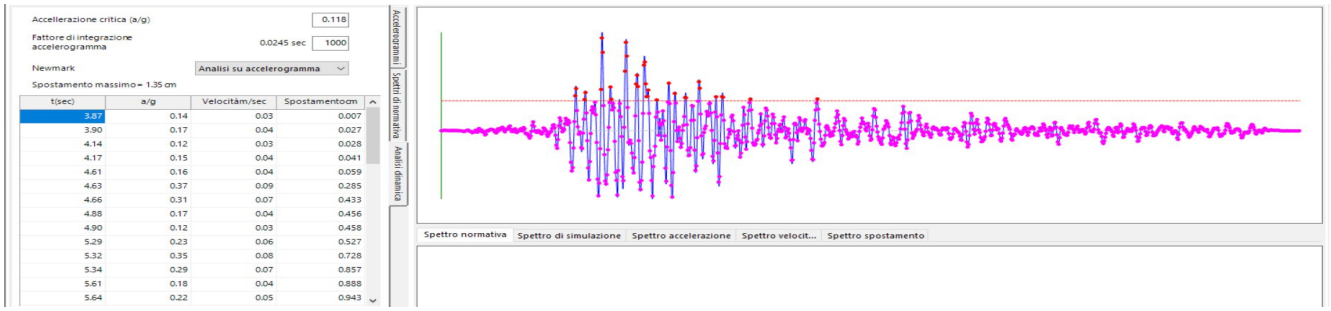


Superficie di scivolamento con FS minimo

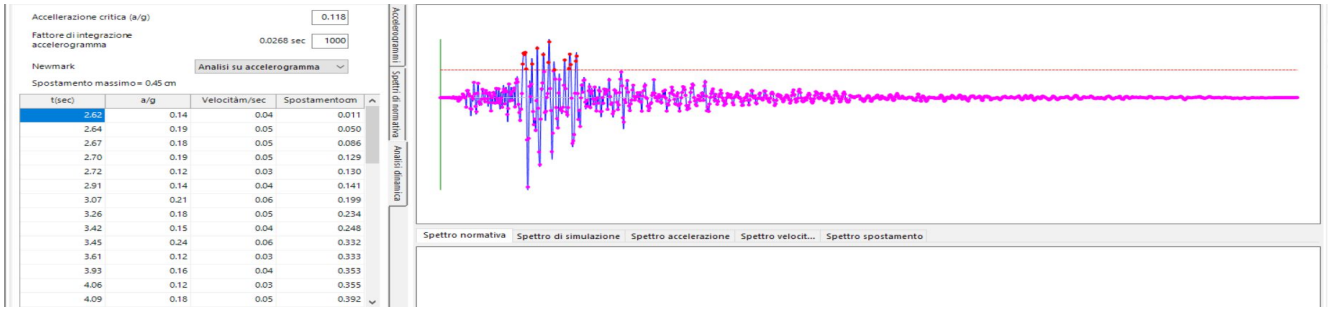
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.118
Spostamento massimo (cm)	2.26

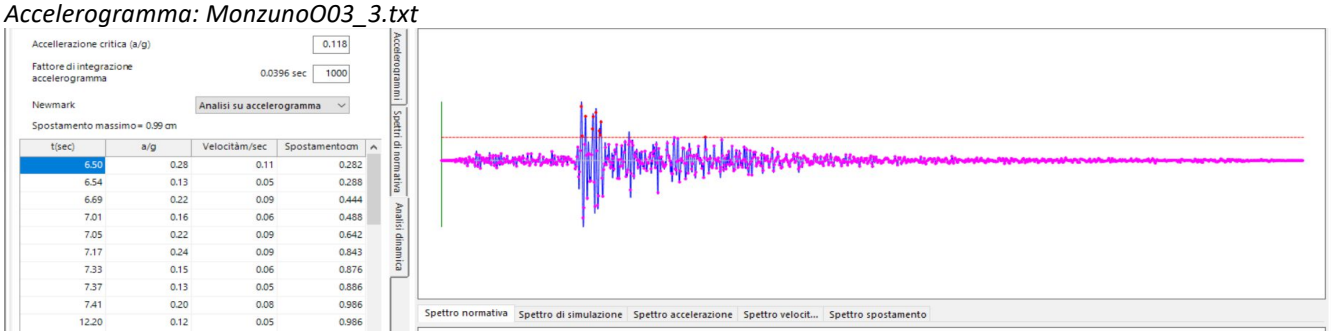
Accelerogramma: MonzunoO03_1.txt



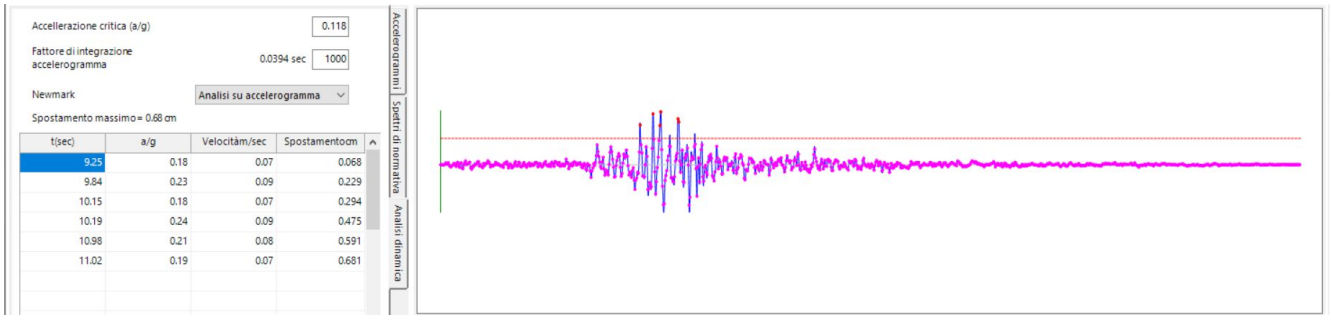
Accelerogramma: MonzunoO03_2.txt



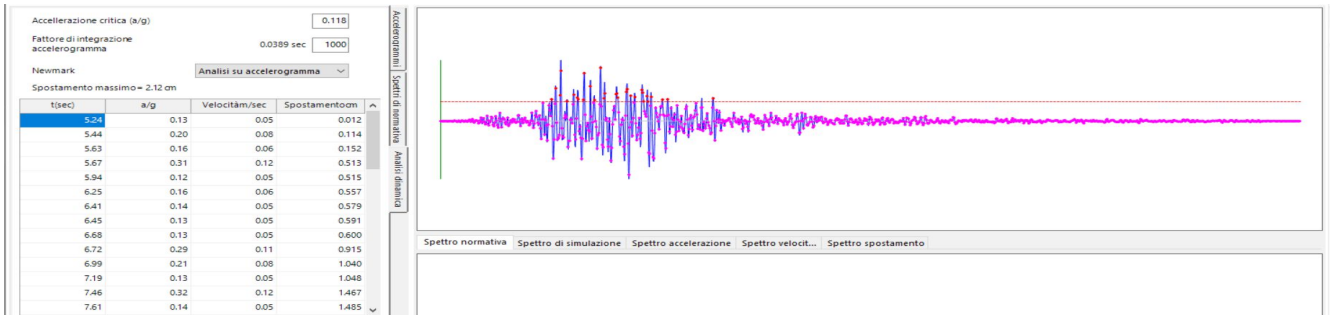
Accelerogramma: MonzunoO03_3.txt



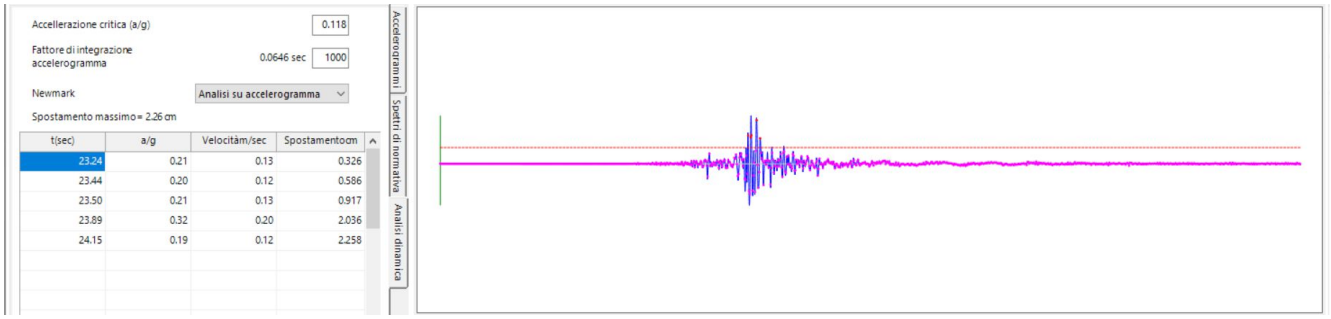
Accelerogramma: MonzunoO03_4.txt



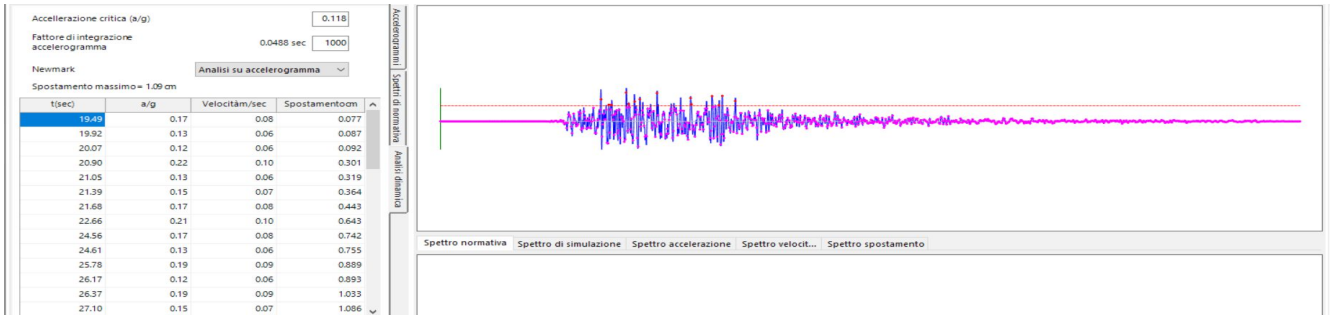
Accelerogramma: MonzunoO03_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO03_6.txt



Accelerogramma: MonzunoO03_7.txt



RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 3 – SEZIONE 1)

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-193.51 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1184.89 m
Ascissa vertice destro superiore xs	168.04 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1223.87 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0192
Coefficiente azione sismica verticale	0.0096

==========

Risultati analisi pendio

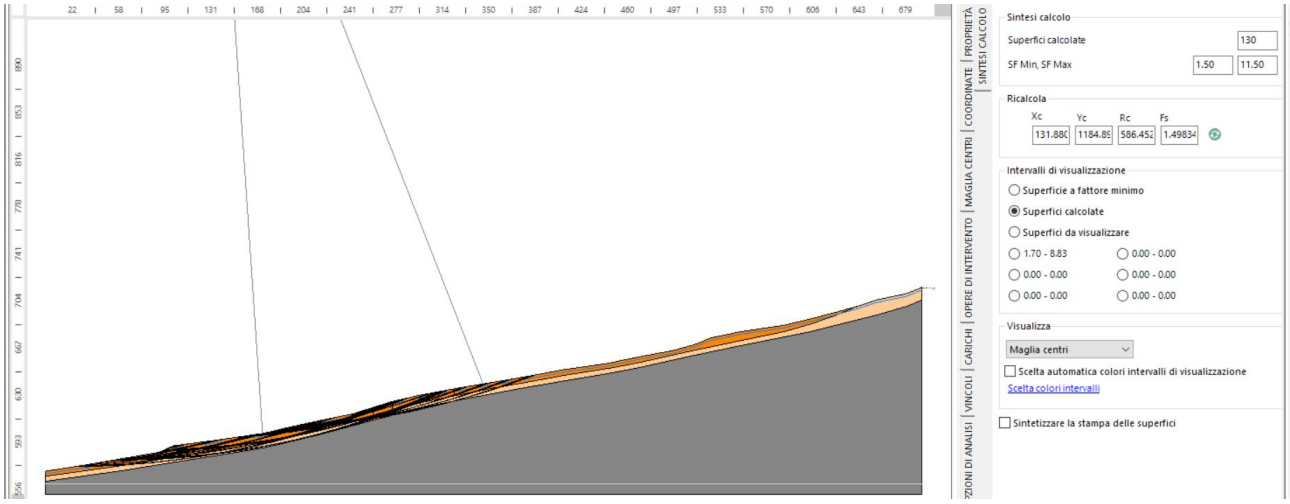
==========

Fs minimo individuato	1.5
Ascissa centro superficie	131.88 m
Ordinata centro superficie	1184.89 m
Raggio superficie	586.45 m

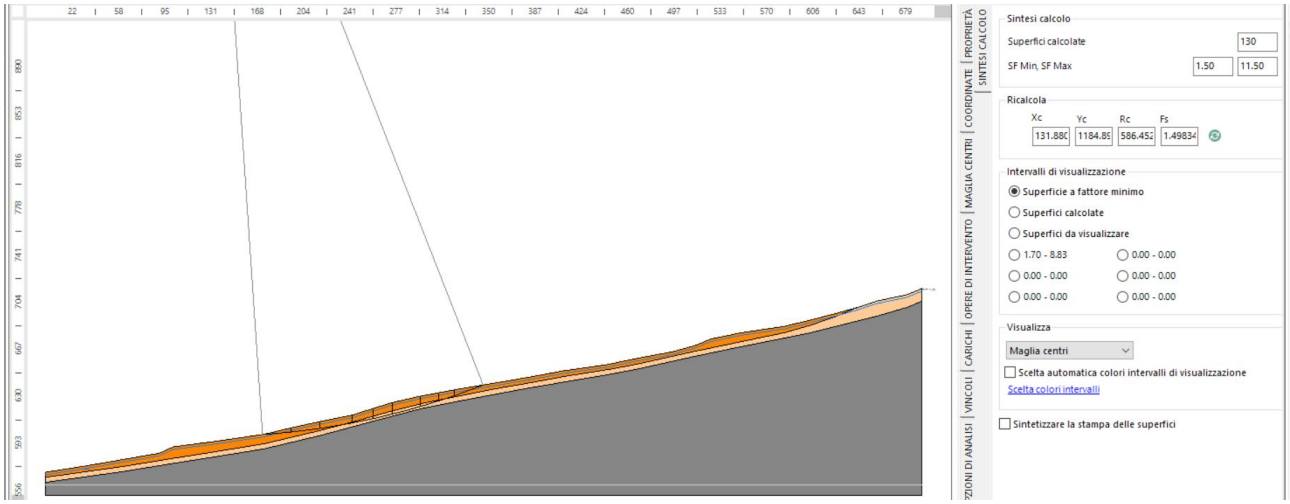
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 131.881 yc = 1184.893 Rc = 586.453 Fs=1.498

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.49	4.0	1.5	148.9	2.86	1.43	0.08	22.0	0.0	92.4	825.7
2	21.0	5.1	21.1	63675.6	1222.57	611.29	0.08	22.0	0.0	61465.3	27927.2
3	23.0	7.2	23.2	183962.4	3532.08	1766.04	0.08	22.0	55574.0	123629.3	46060.5
4	25.0	9.6	25.4	269182.6	5168.31	2584.15	0.08	22.0	96839.9	164988.5	58823.3
5	16.55	11.6	16.9	222164.9	4265.57	2132.78	0.0	32.0	83794.6	130099.5	55375.0
6	15.45	13.2	15.9	255069.5	4897.34	2448.67	0.0	32.0	100941.9	144189.6	61752.0
7	22.0	15.1	22.8	371867.9	7139.87	3569.93	0.0	32.0	147693.0	208697.4	90127.0
8	14.77	17.0	15.4	204974.7	3935.52	1967.76	0.0	32.0	78061.1	117709.3	51313.0
9	12.23	18.4	12.9	122438.0	2350.81	1175.41	0.08	22.0	42414.4	75296.3	28635.2
10	22.59	20.2	24.1	94085.55	1806.44	903.22	0.08	22.0	8964.0	78217.8	36150.1



Superfici di scivolamento generate

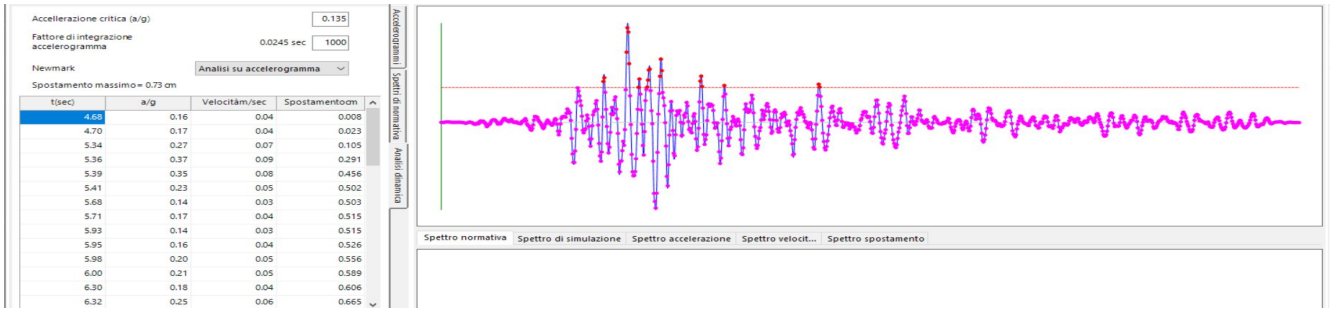


Superficie di scivolamento con FS minimo

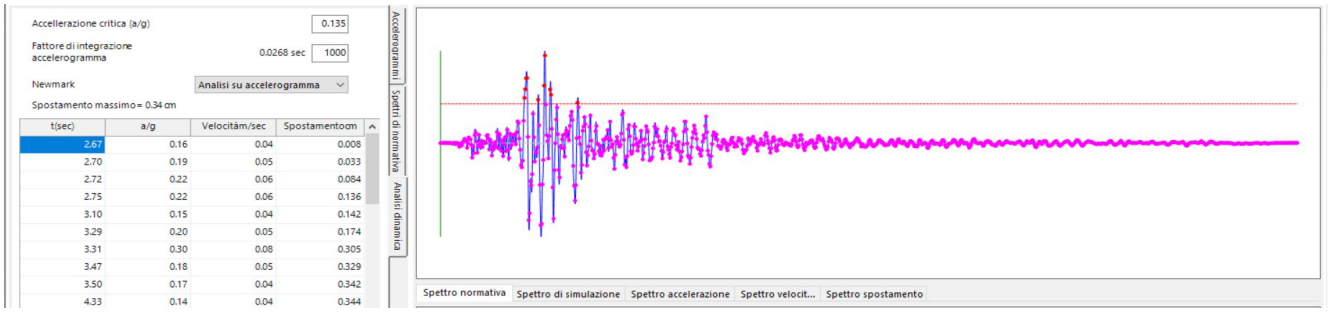
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.135
Spostamento massimo (cm)	3.20

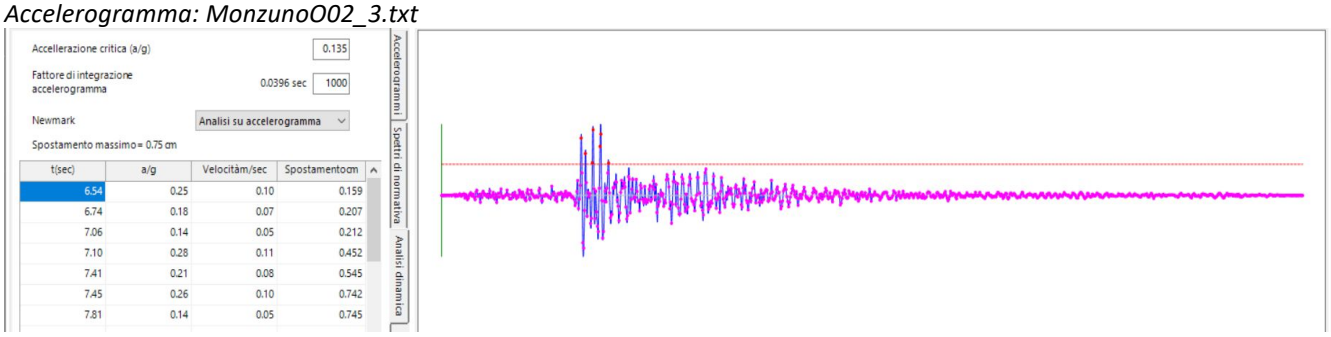
Accelerogramma: MonzunoO02_1.txt



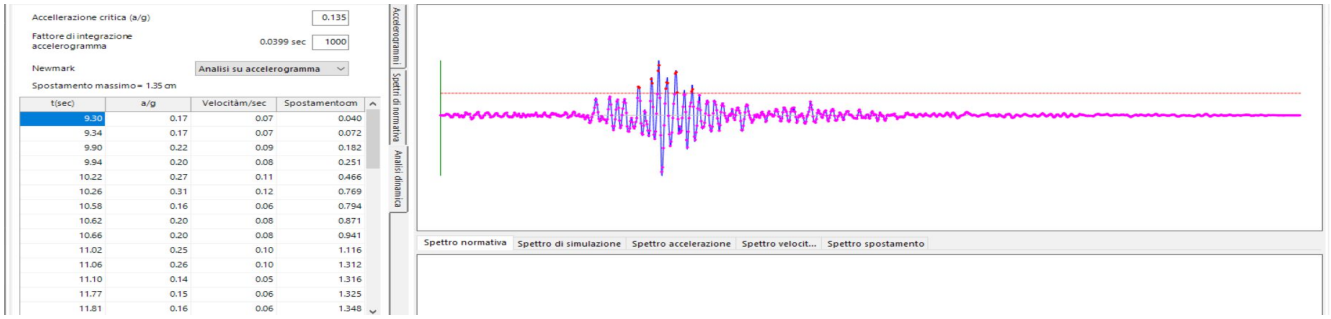
Accelerogramma: MonzunoO02_2.txt



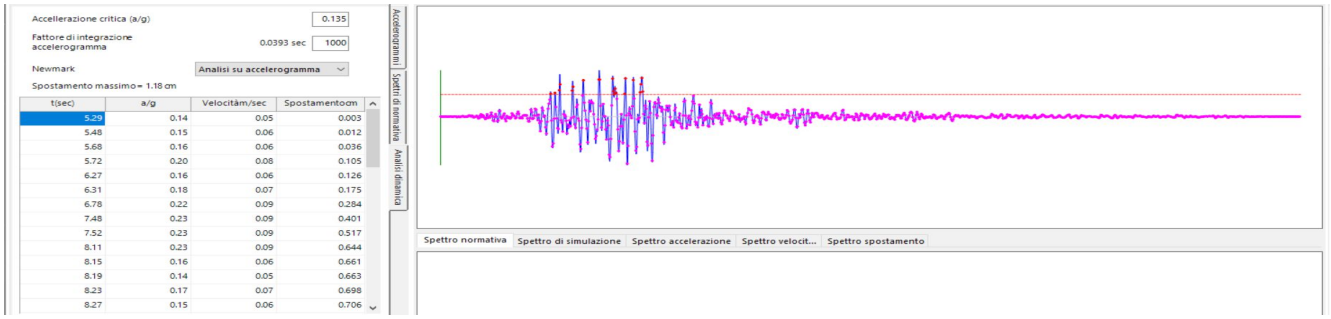
Accelerogramma: MonzunoO02_3.txt



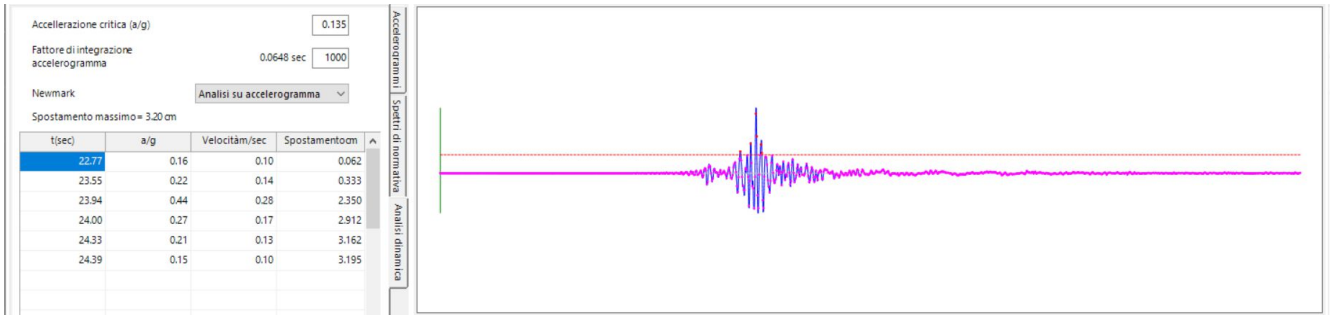
Accelerogramma: MonzunoO02_4.txt



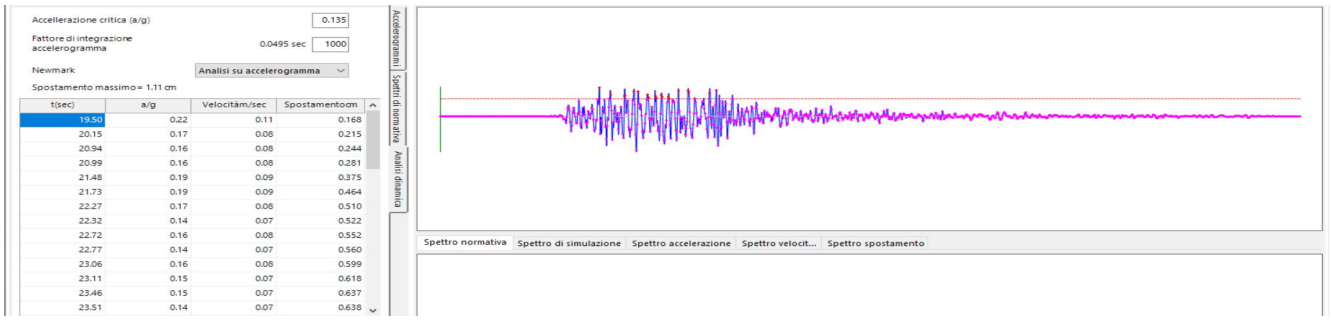
Accelerogramma: MonzunoO02_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO02_6.txt



Accelerogramma: MonzunoO02_7.txt



RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 4 – SEZIONE 2)

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-38.44 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	903.75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	122.43 m

Ordinata vertice destro superiore ys	922.18 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0612
Coefficiente azione sismica verticale	0.0306

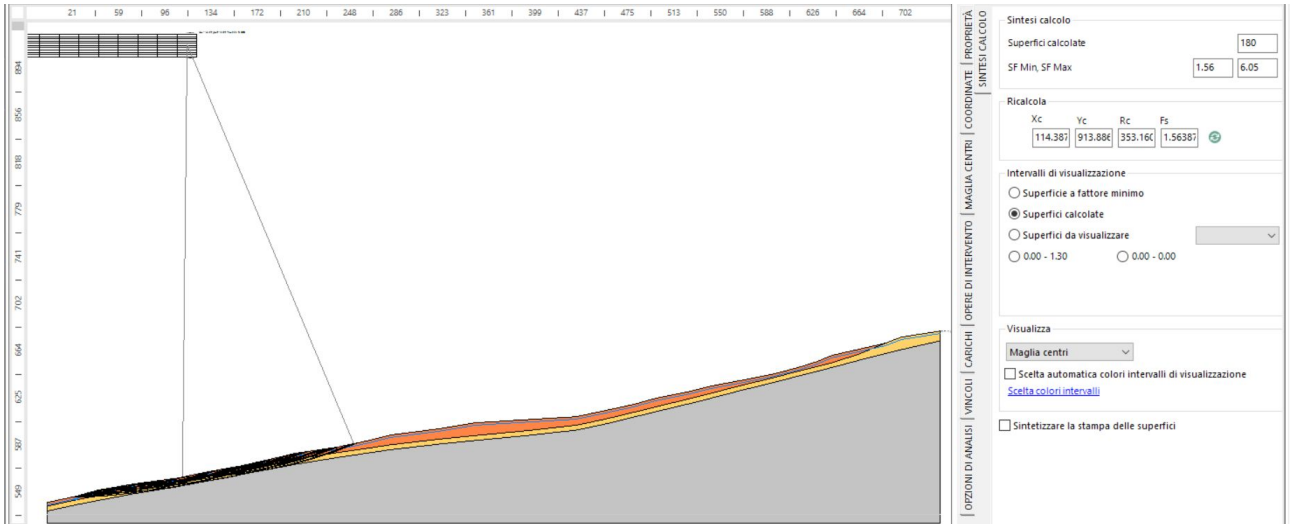
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.56
Ascissa centro superficie	114.39 m
Ordinata centro superficie	913.89 m
Raggio superficie	353.16 m

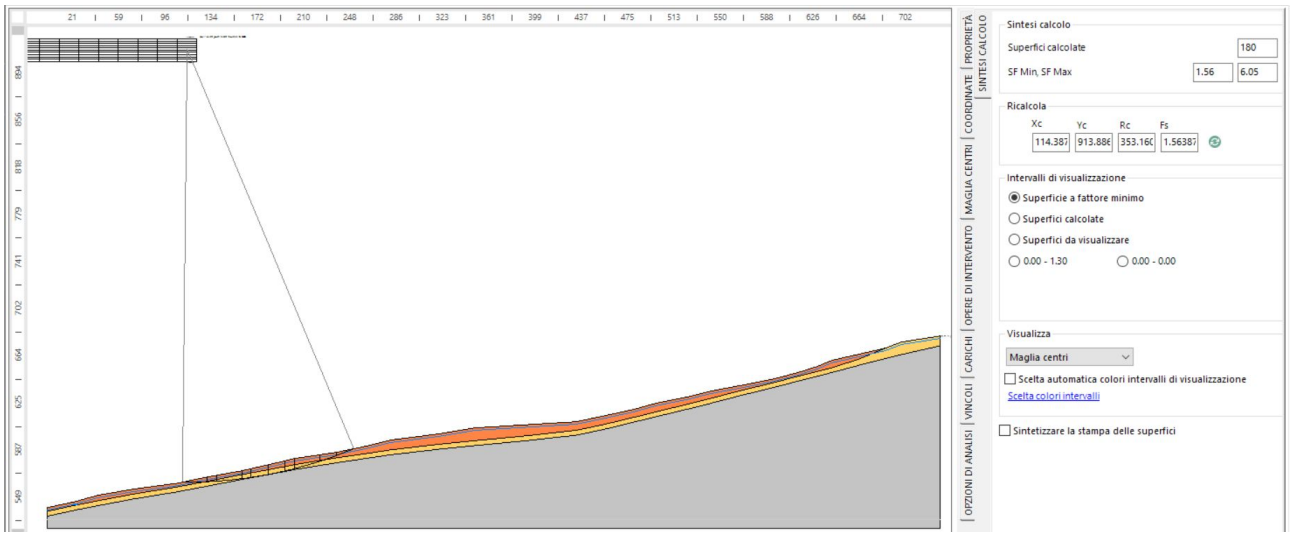
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 114.388 yc = 913.887 Rc = 353.161 Fs=1.564

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	20.42	1.0	20.4	72859.52	4459.0	2229.5	0.08	22.0	1663.7	70686.6	28708.7
2	7.58	3.3	7.6	61852.78	3785.39	1892.7	0.0	32.0	17852.9	43077.6	17212.3
3	20.42	5.6	20.5	231601.8	14174.03	7087.02	0.0	32.0	76755.5	149728.9	59826.5
4	7.57	7.9	7.6	103066.0	6307.64	3153.82	0.0	32.0	36288.7	63882.0	25525.0
5	14.43	9.7	14.6	219687.0	13444.84	6722.42	0.0	32.0	80763.2	131935.7	52717.0
6	13.57	12.0	13.9	221040.7	13527.69	6763.85	0.0	32.0	83637.4	129477.6	51734.8
7	7.43	13.7	7.7	121666.8	7446.01	3723.0	0.0	32.0	46607.8	70392.3	28126.4
8	20.56	16.1	21.4	276119.8	16898.53	8449.27	0.0	32.0	101613.8	162848.4	65068.6
9	13.44	19.0	14.2	98634.9	6036.46	3018.23	0.08	22.0	27693.7	66601.1	24476.7
10	14.56	21.4	15.6	35399.38	2166.44	1083.22	0.08	22.0	0.0	31678.2	16182.3



Superfici di scivolamento generate

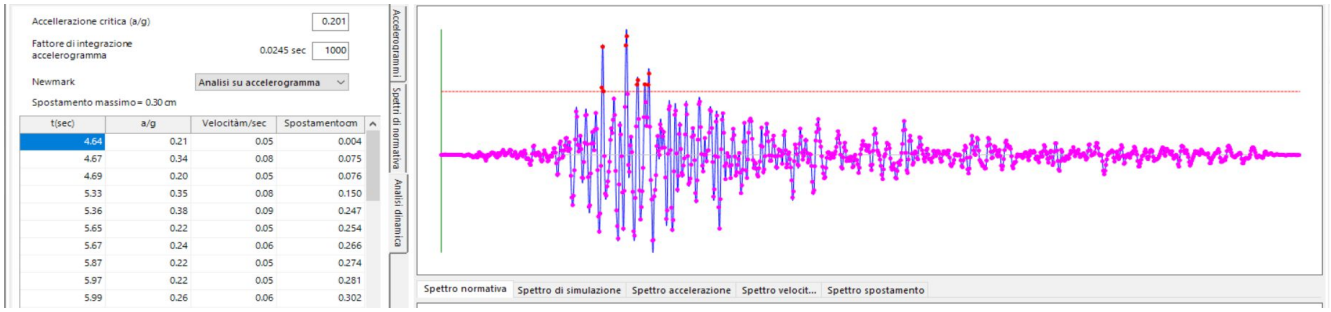


Superficie di scivolamento con FS minimo

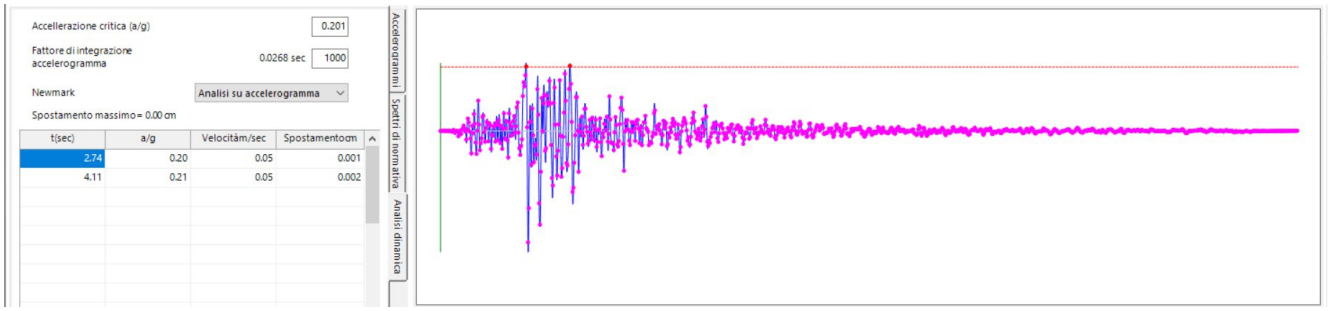
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.201
Spostamento massimo (cm)	0.41

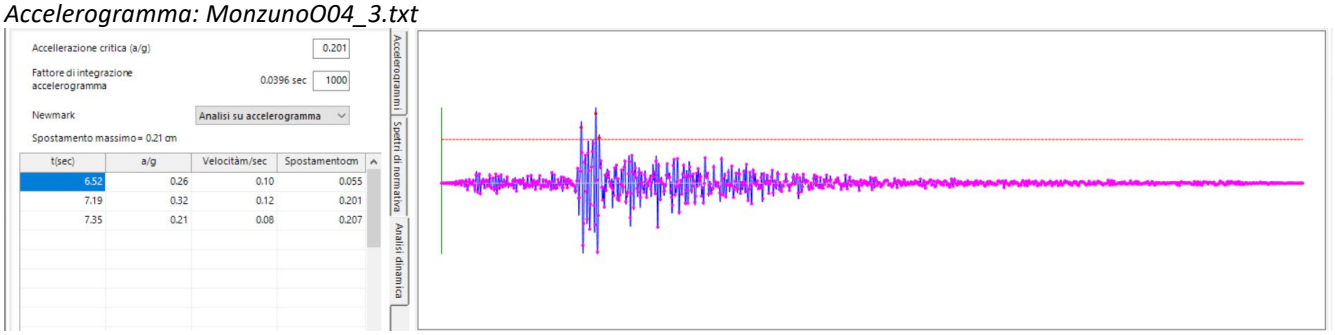
Accelerogramma: MonzunoO04_1.txt



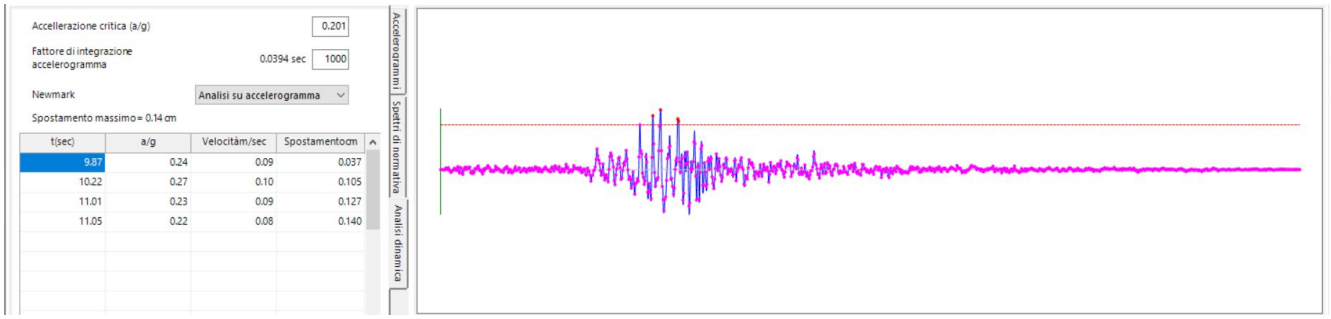
Accelerogramma: MonzunoO04_2.txt



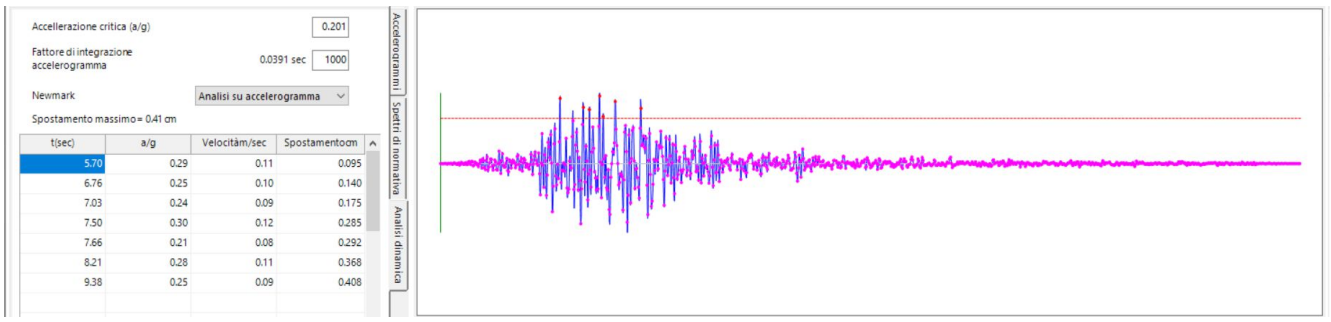
Accelerogramma: MonzunoO04_3.txt



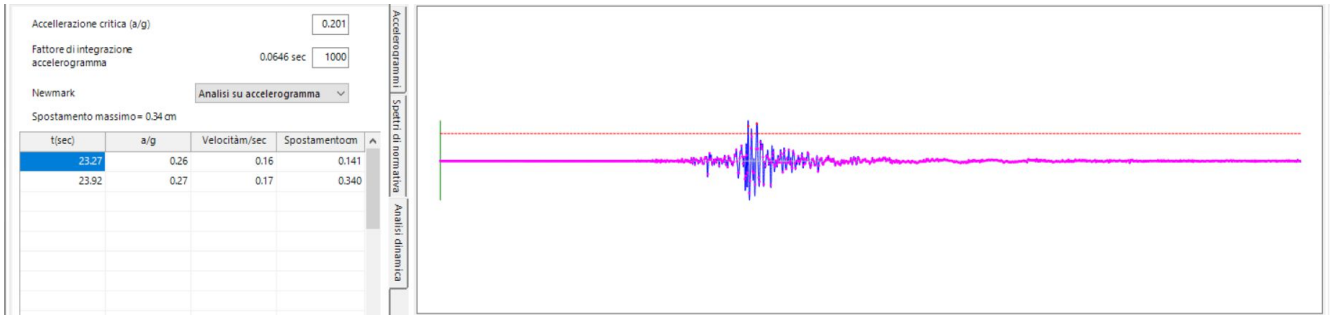
Accelerogramma: MonzunoO04_4.txt



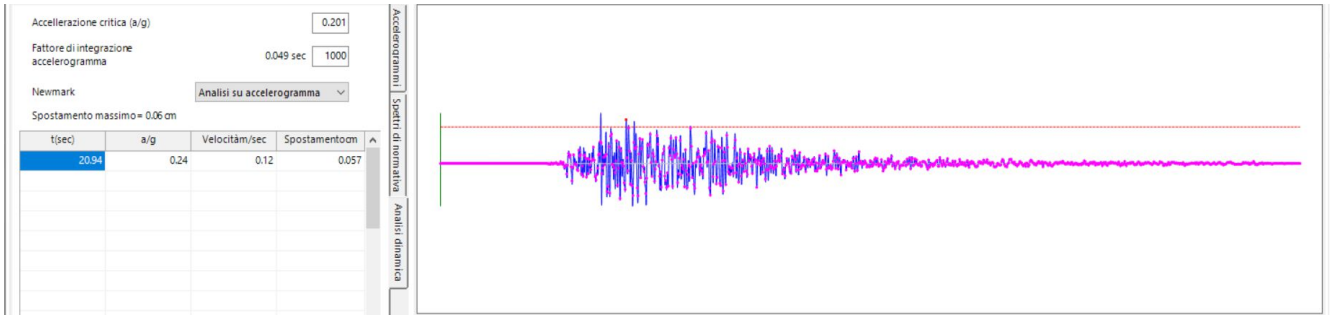
Accelerogramma: MonzunoO04_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO04_6.txt



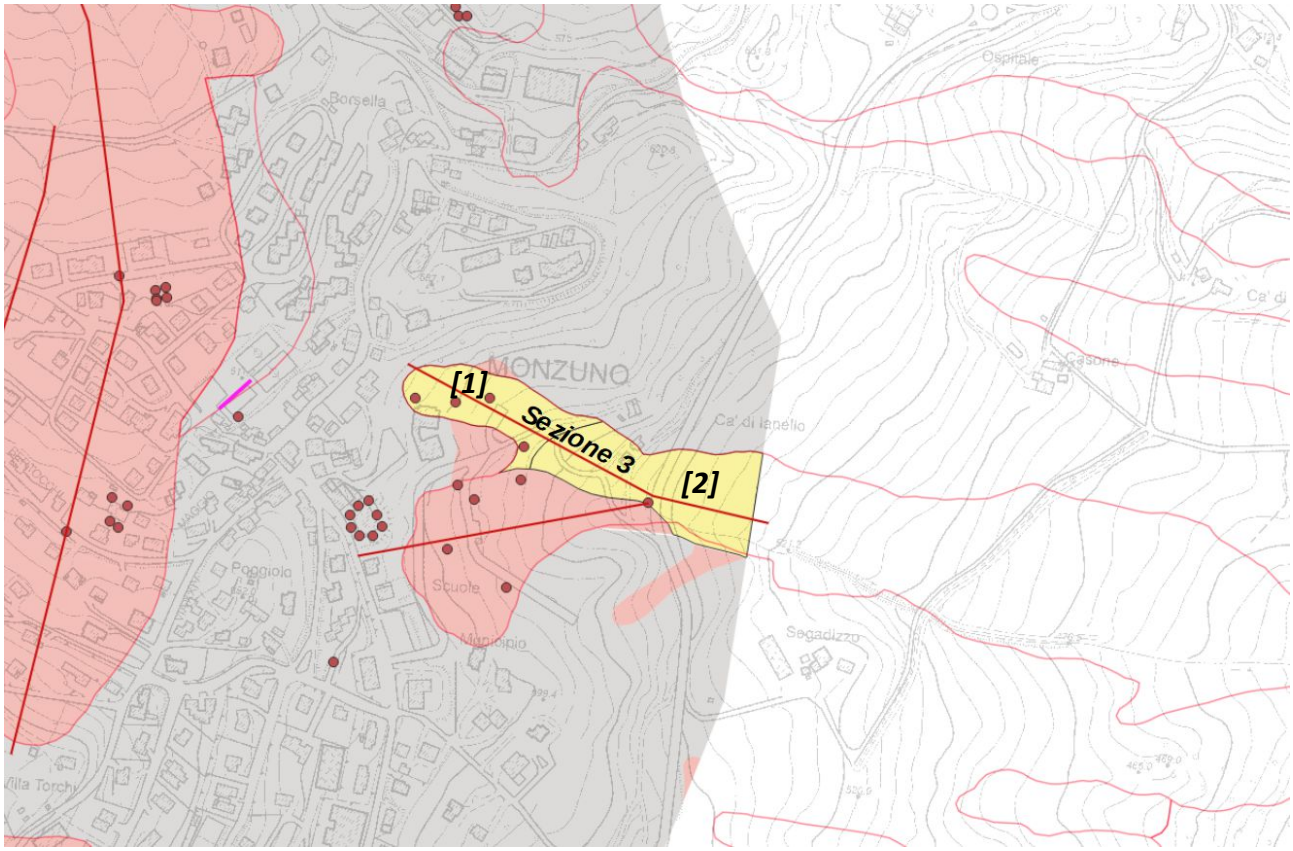
Accelerogramma: MonzunoO04_7.txt



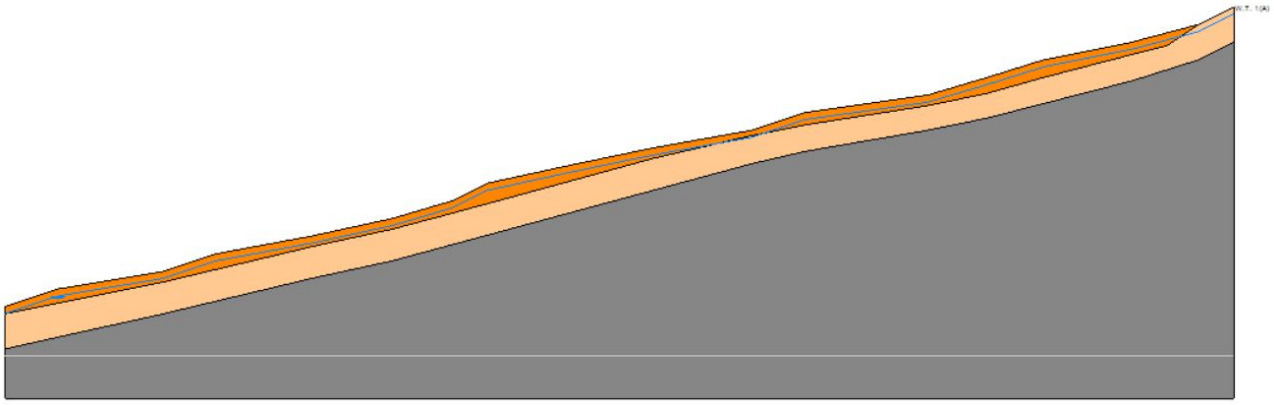
3.2 Zona di attenzione per instabilità di versante nel Capoluogo (sezione 3)

Verifica 1 → zona di prevalente distacco

Verifica 2 → zona di accumulo



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.04	0.30	21.00	1700.00	2100.00	Argille e limi prevalenti	
2	0.11	0.90	29.00	1900.00	2200.00	Limi e argille sabbioso ghiaiose	
3	1.00	10.00	45,00	2100.00	2400.00	Bedrock alterato	

Falda: assunta a -2.00 m dal p.c.

RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 1)

<u>Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza</u>

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	153.8 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	893.9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	332.9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	910.13 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0612
Coefficiente azione sismica verticale	0.0306

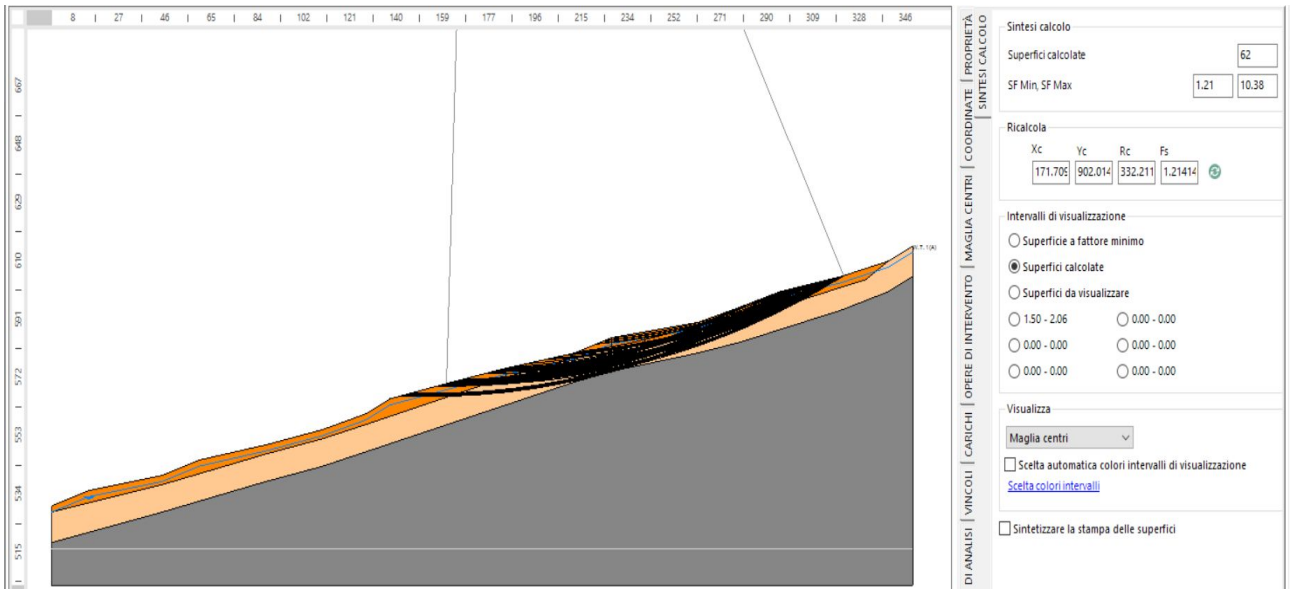
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.21
Ascissa centro superficie	171.71 m
Ordinata centro superficie	902.01 m
Raggio superficie	332.21 m

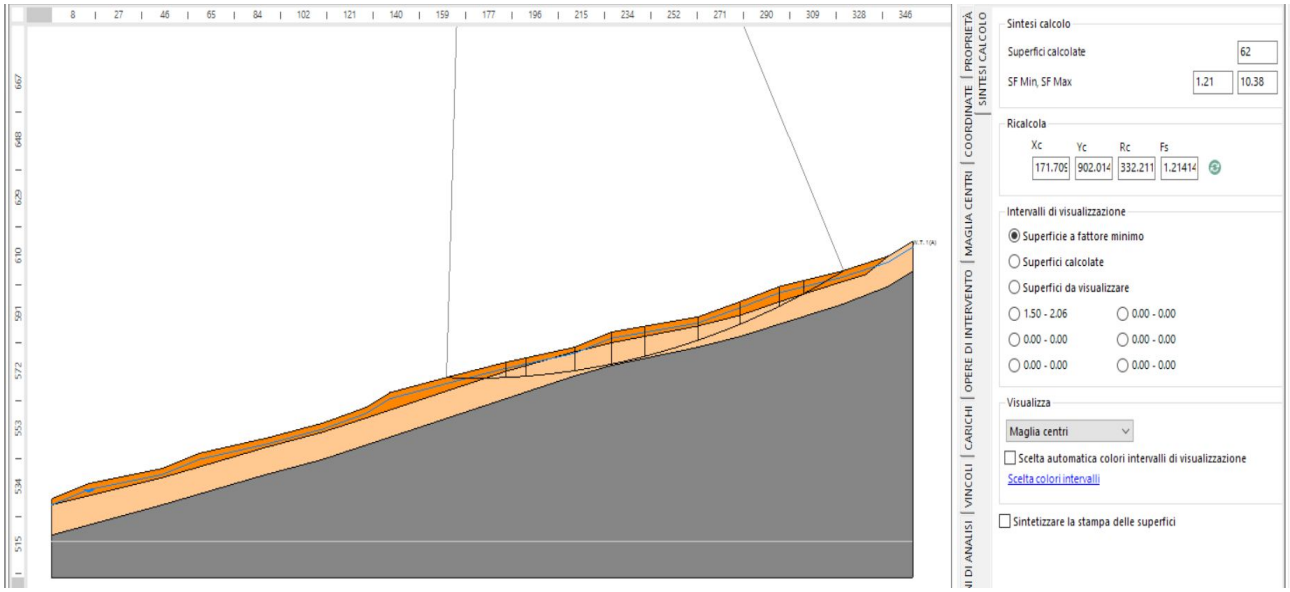
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 171.71 yc = 902.015 Rc = 332.212 Fs MINIMO =1.214

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	
1	23.96	0.1	24.0	116668.5	7140.11	3570.06	0.04	21.0	16598.7	100033.1	39497.7	
2	8.25	2.8	8.3	91446.94	5596.55	2798.28	0.0	29.0	29068.5	61075.8	27901.4	
3	19.75	5.3	19.8	285885.6	17496.2	8748.1	0.0	29.0	99227.4	179896.1	82428.4	
4	15.0	8.3	15.2	289203.7	17699.27	8849.63	0.0	29.0	108561.4	171184.5	78928.5	
5	13.57	10.8	13.8	292498.8	17900.93	8950.46	0.0	29.0	112711.2	168395.0	78212.3	
6	21.43	13.9	22.1	400040.3	24482.46	12241.23	0.0	29.0	149699.7	231751.7	108916.9	
7	17.0	17.3	17.8	266800.0	16328.16	8164.08	0.0	29.0	96291.1	156364.1	74727.9	
8	16.0	20.3	17.1	227750.8	13938.35	6969.17	0.0	29.0	80738.3	134110.4	65249.0	
9	10.0	22.7	10.8	106685.5	6529.15	3264.58	0.0	29.0	34206.4	65972.3	32633.8	



Superfici di scivolamento generate

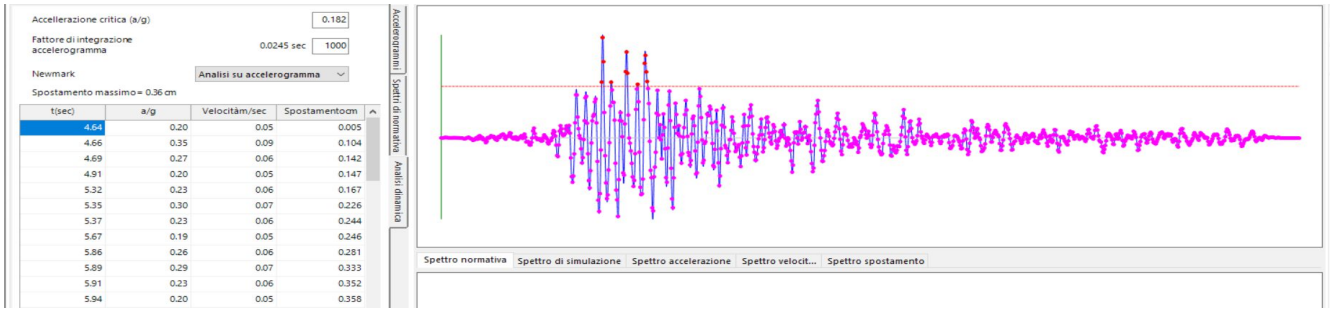


Superficie di scivolamento con FS minimo

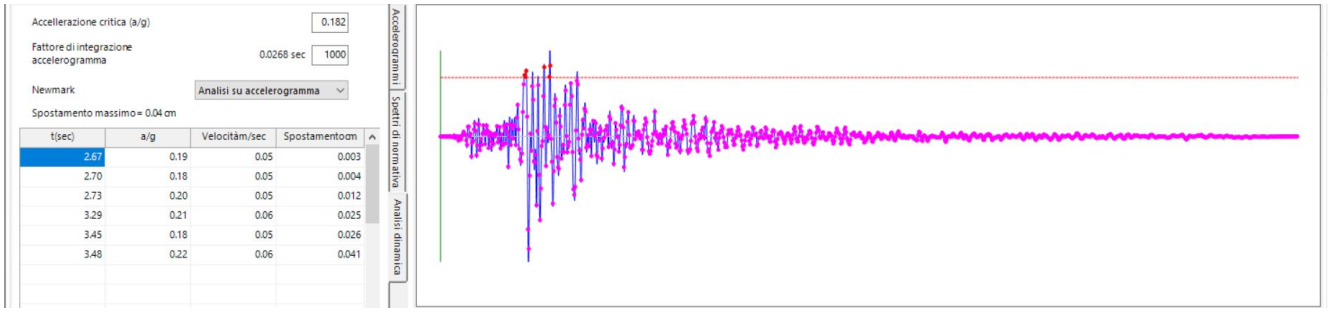
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.182
Spostamento massimo (cm)	0.64

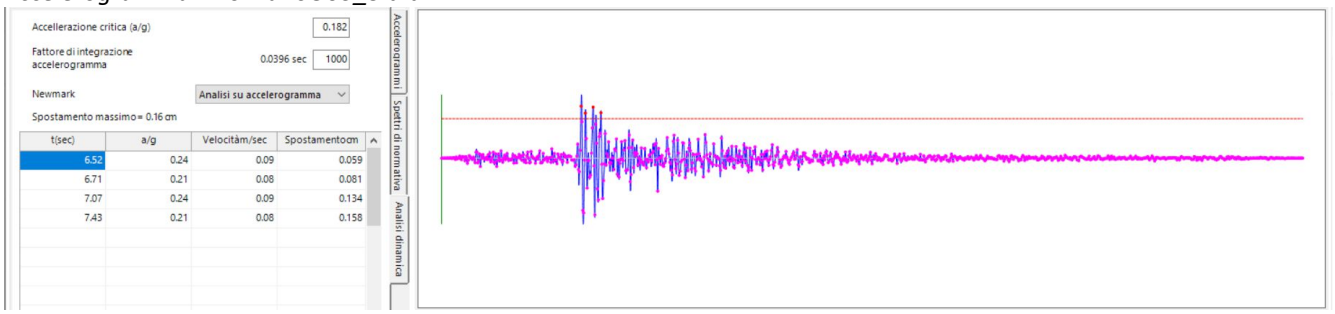
Accelerogramma: MonzunoO05_1.txt



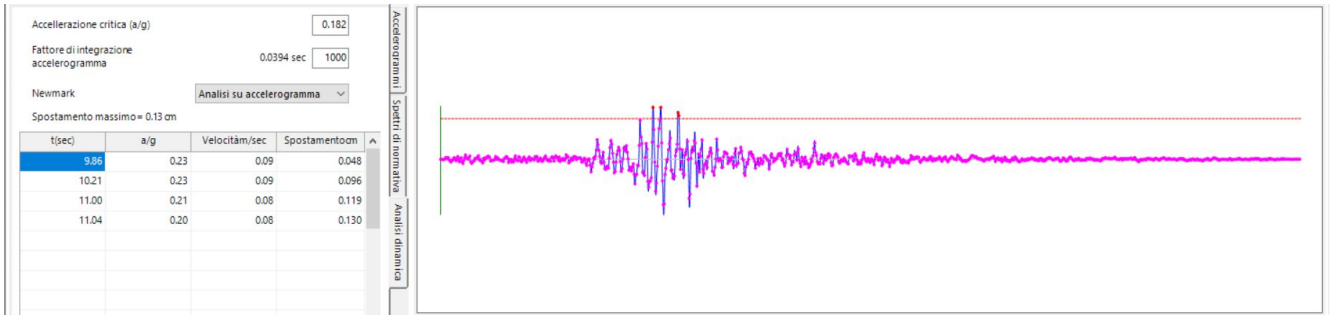
Accelerogramma: MonzunoO05_2.txt



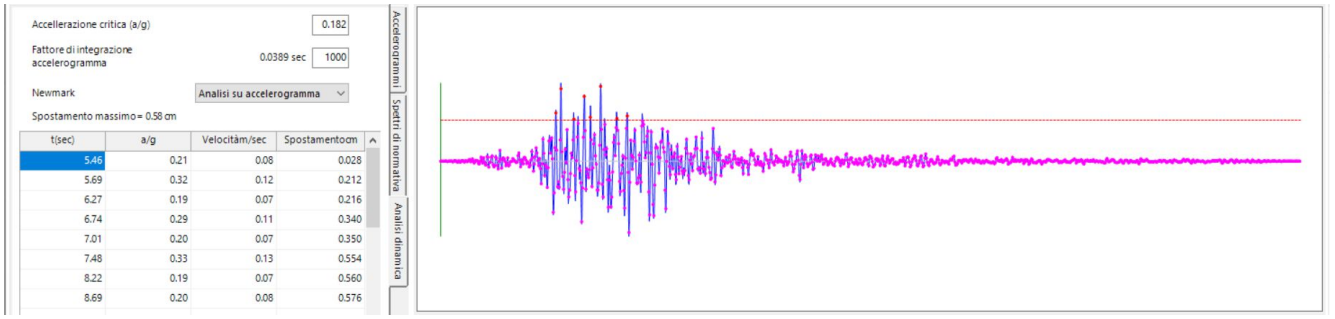
Accelerogramma: MonzunoO05_3.txt



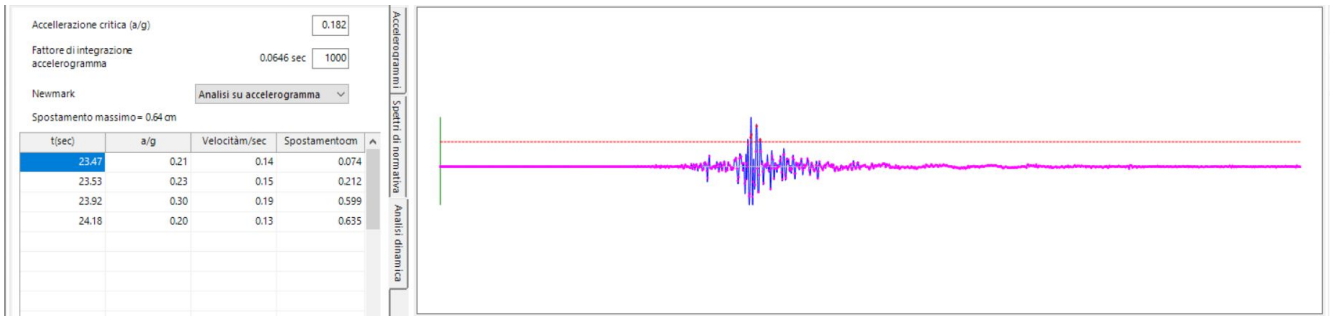
Accelerogramma: MonzunoO05_4.txt



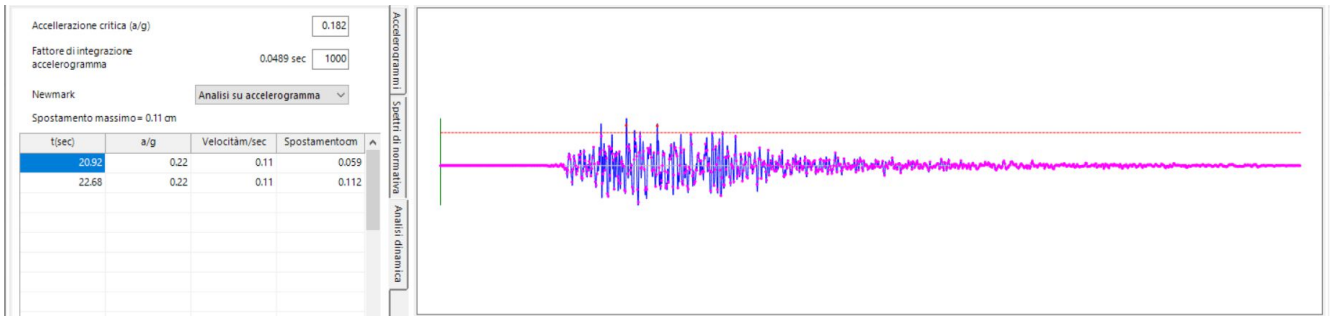
Accelerogramma: MonzunoO05_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO05_6.txt



Accelerogramma: MonzunoO05_7.txt



RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 2)

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-71.36	m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	899.23	m
Ascissa vertice destro superiore xs	145.17	m
Ordinata vertice destro superiore ys	917.27	m
Passo di ricerca	10.0	
Numero di celle lungo x	10.0	
Numero di celle lungo y	10.0	

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0612
Coefficiente azione sismica verticale	0.0306

Risultati analisi pendio

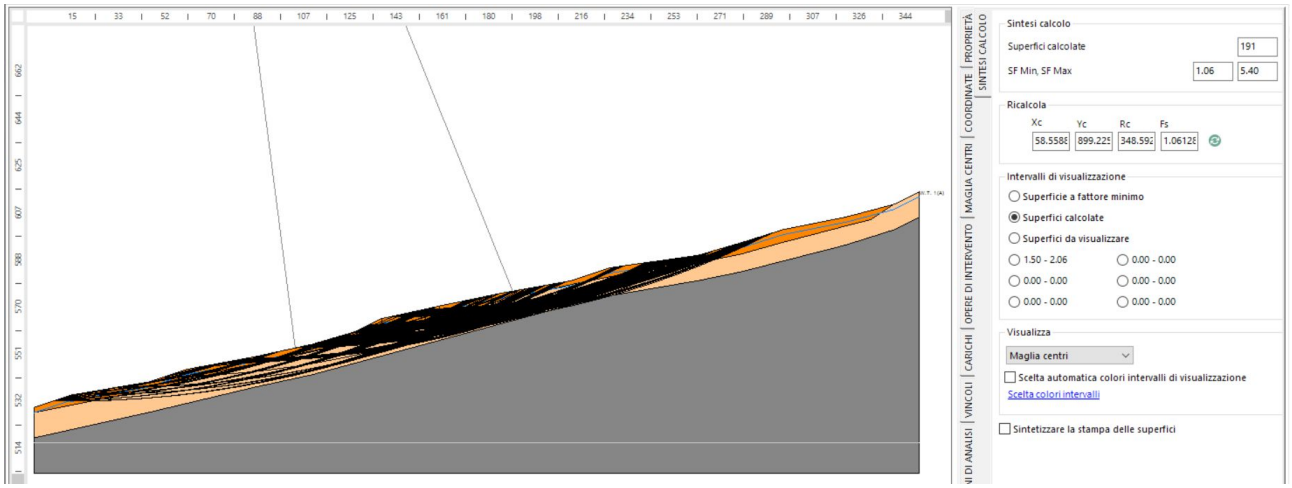
Fs minimo individuato	1.06	
Ascissa centro superficie	58.56	m
Ordinata centro superficie	899.23	m
Raggio superficie	348.59	m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

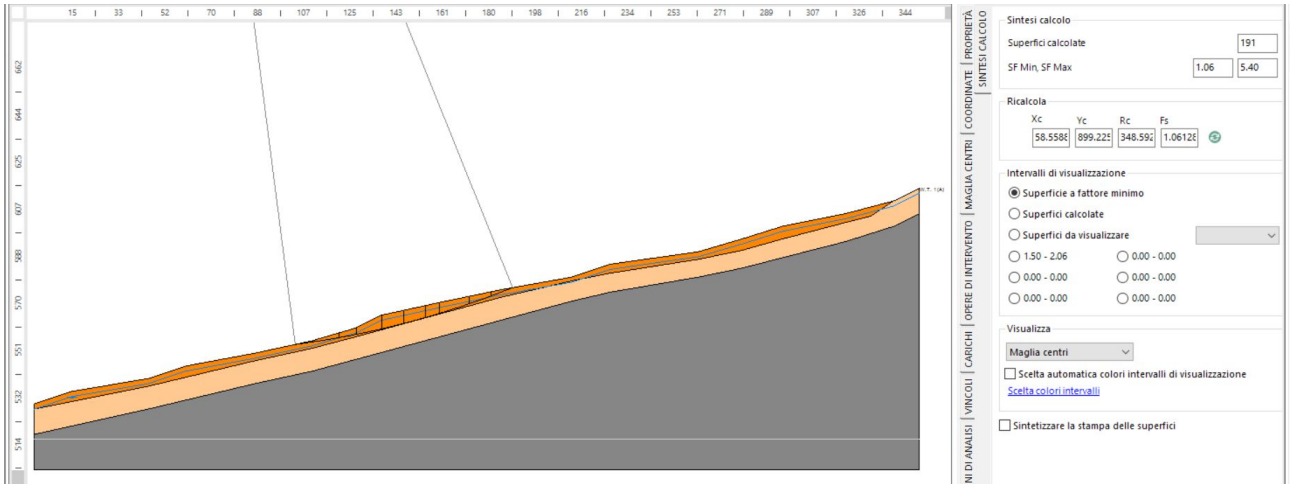
xc = 58.559 yc = 899.226 Rc = 348.592 Fs MINIMO =1.061

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	
1	7.01	7.9	7.1	3492.63	213.75	106.87	0.04	21.0	0.0	3005.4	3786.4	
2	10.14	9.3	10.3	21481.77	1314.68	657.34	0.04	21.0	0.0	19949.3	11229.5	
3	6.86	10.7	7.0	26805.27	1640.48	820.24	0.04	21.0	1625.2	23516.5	11330.8	
4	10.0	12.2	10.2	76877.07	4704.88	2352.44	0.04	21.0	20382.1	52844.6	23482.8	

5	8.85	13.8	9.1	92087.12	5635.73	2817.87	0.04	21.0	29489.4	58435.3	25280.6
6	8.57	15.2	8.9	82700.88	5061.29	2530.65	0.04	21.0	25403.2	53233.0	23411.4
7	5.58	16.4	5.8	48325.69	2957.53	1478.77	0.04	21.0	13915.7	31834.8	14282.0
8	11.57	17.9	12.2	79869.35	4888.0	2444.0	0.04	21.0	19229.0	55736.7	25986.4
9	8.57	19.7	9.1	35299.2	2160.31	1080.16	0.04	21.0	2876.3	29407.1	14929.3
10	8.57	21.2	9.2	13503.12	826.39	413.2	0.04	21.0	0.0	11526.1	8180.6



Superfici di scivolamento generate

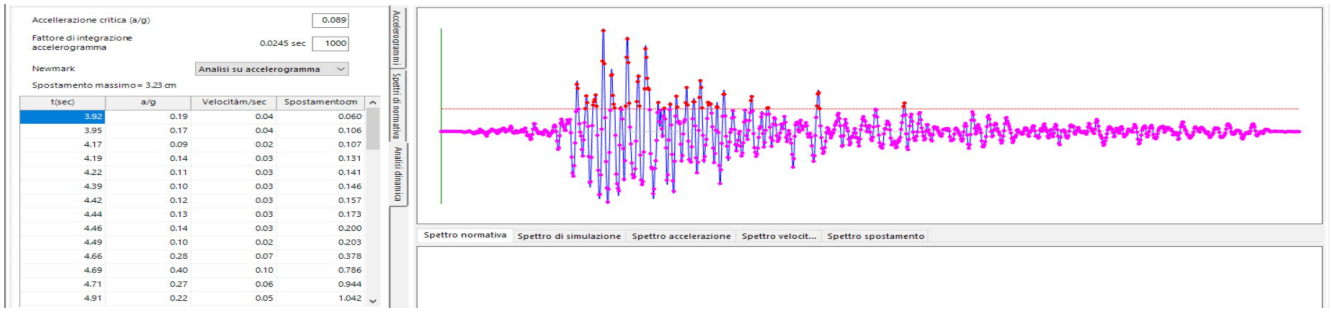


Superficie di scivolamento con FS minimo

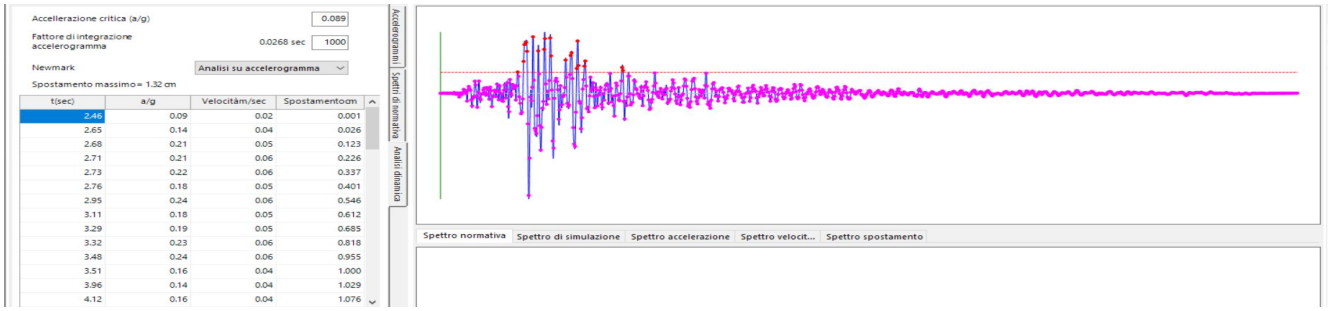
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.089
Spostamento massimo (cm)	5.95

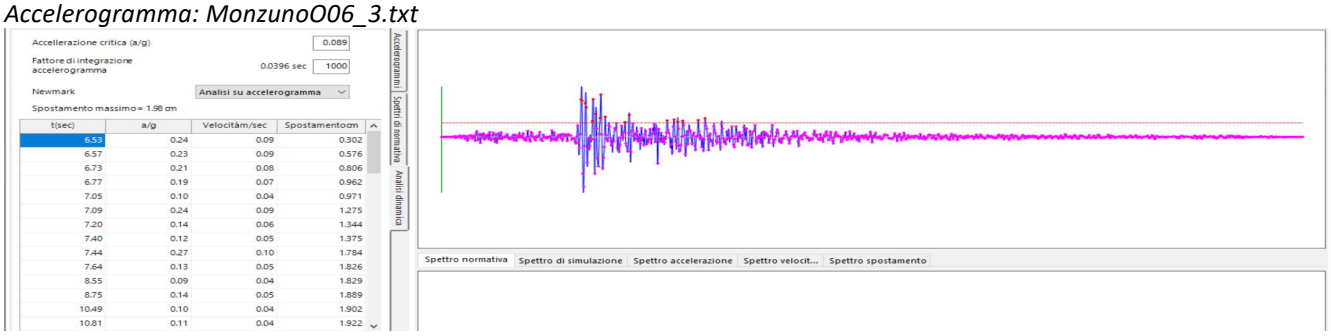
Accelerogramma: MonzunoO06_1.txt



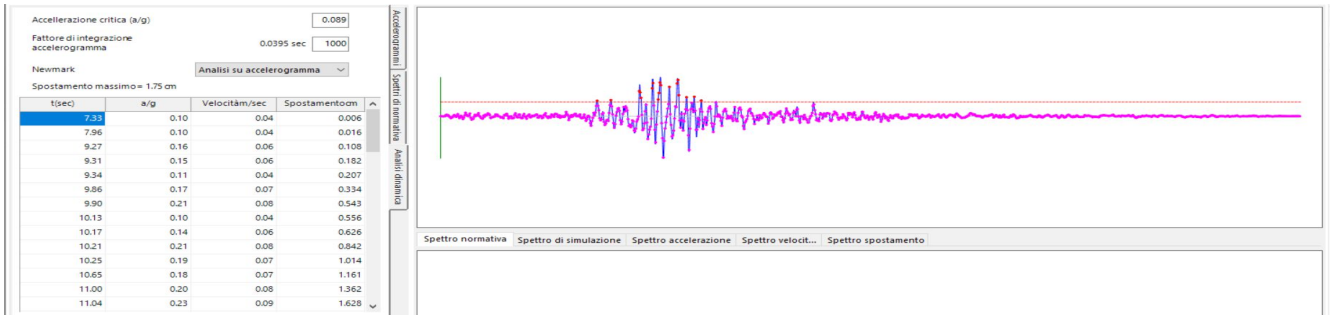
Accelerogramma: MonzunoO06_2.txt



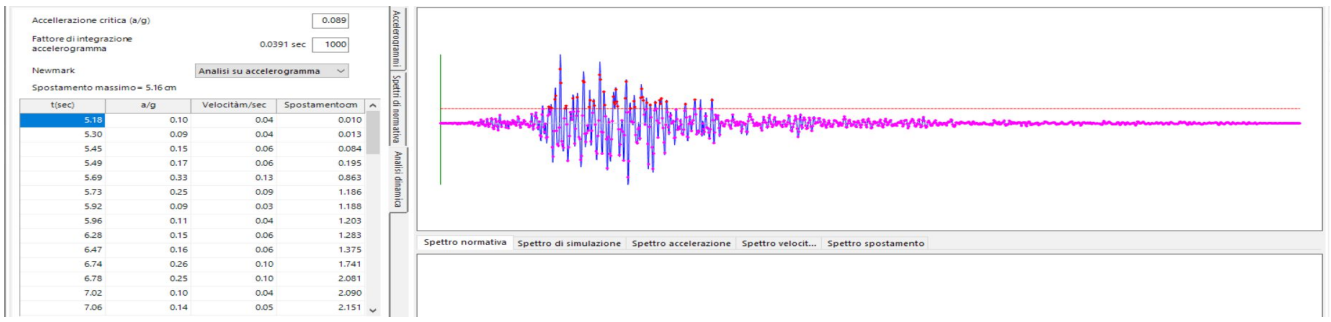
Accelerogramma: MonzunoO06_3.txt



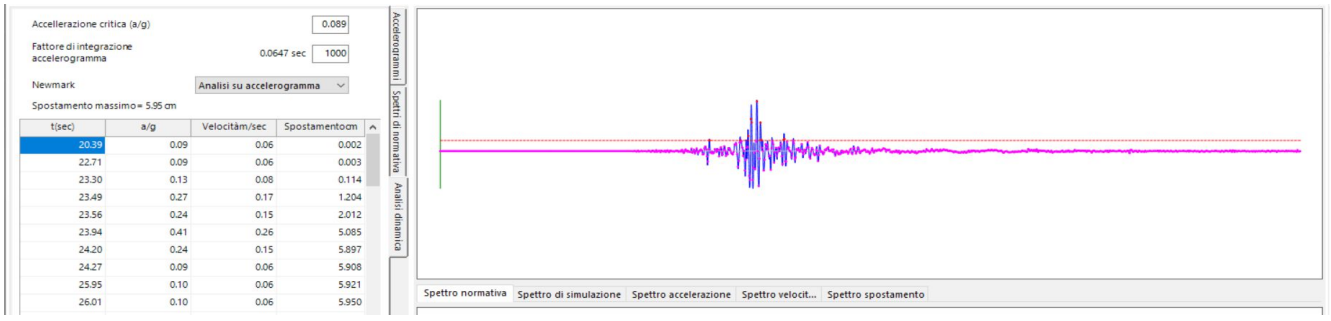
Accelerogramma: MonzunoO06_4.txt



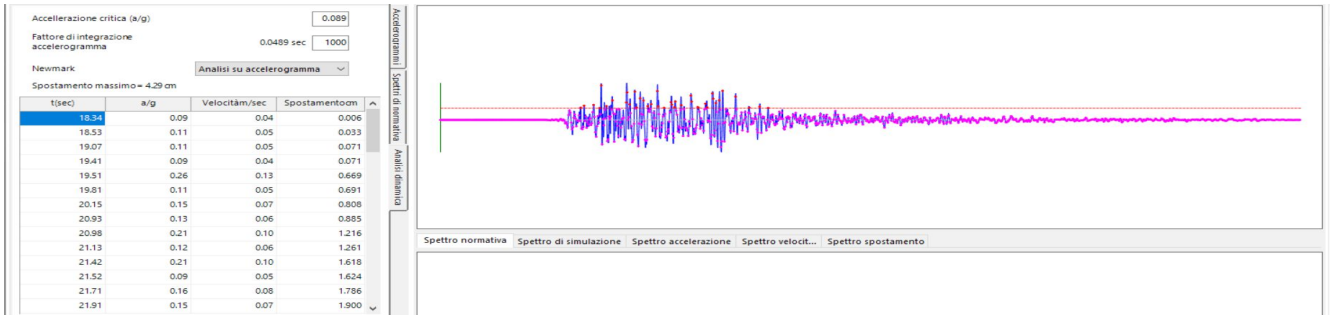
Accelerogramma: MonzunoO06_5.txt



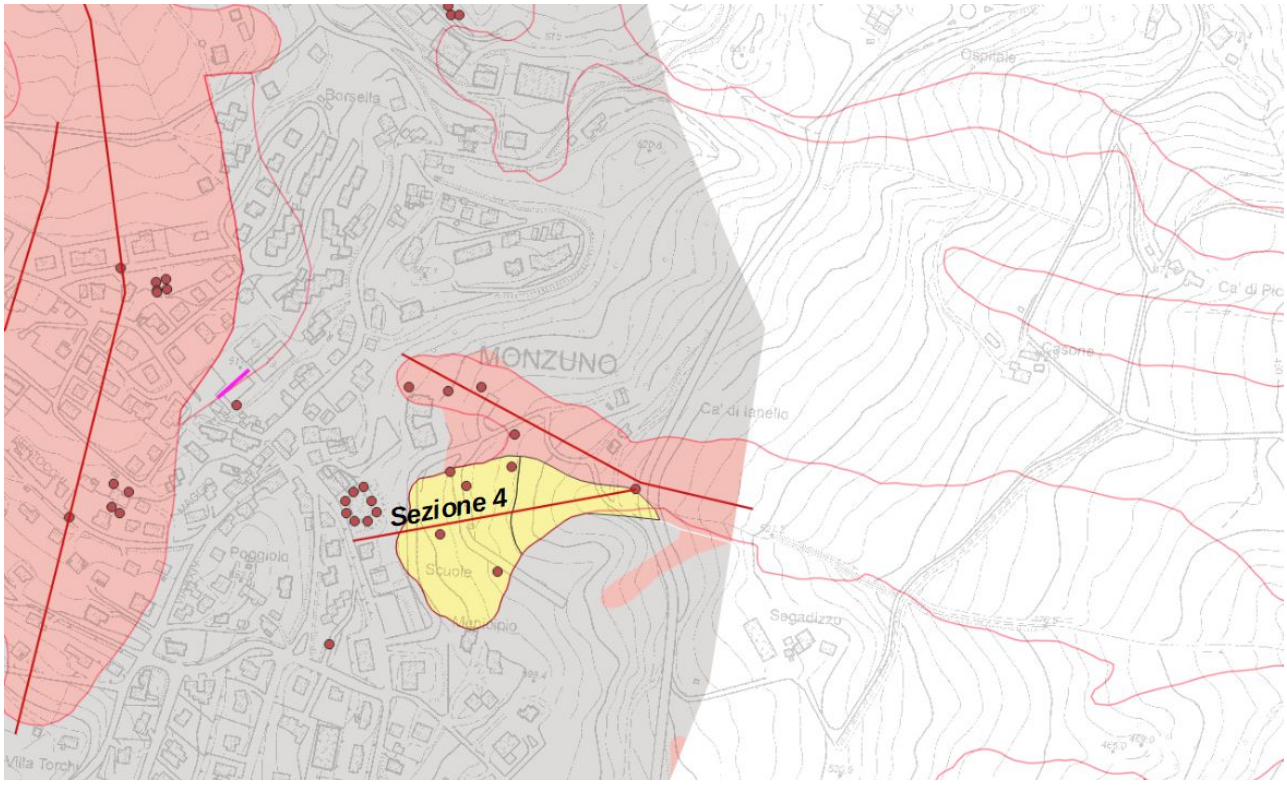
Accelerogramma: MonzunoO06_6.txt



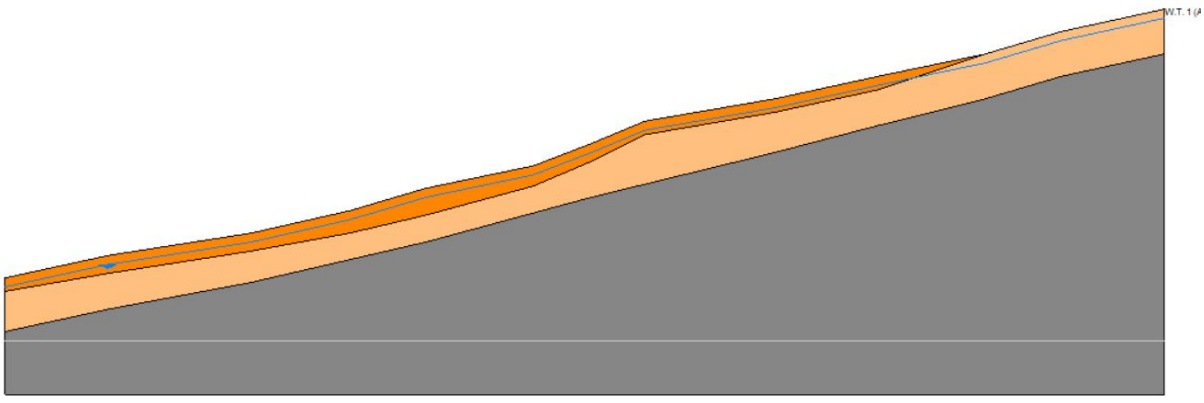
Accelerogramma: MonzunoO06_7.txt



3.3 Zona di attenzione per instabilità di versante nel Capoluogo (sezione 4)



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 4

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.04	0.30	21.00	1700.00	2100.00	Argille e limi prevalenti	
2	0.11	0.90	29.00	1900.00	2200.00	Limi e argille sabbiose	
3	1.00	10.00	45,00	2100.00	2400.00	Bedrock alterato	

Falda: assunta a -2.00 m dal p.c.

RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0	
Numero dei conci	10.0	
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2	
Analisi	Condizione drenata	
Superficie di forma circolare		

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-19.33	m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	805.36	m
Ascissa vertice destro superiore xs	134.51	m
Ordinata vertice destro superiore ys	813.57	m
Passo di ricerca	10.0	
Numero di celle lungo x	10.0	
Numero di celle lungo y	10.0	

Sisma

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0612
Coefficiente azione sismica verticale	0.0306

==========

Risultati analisi pendio

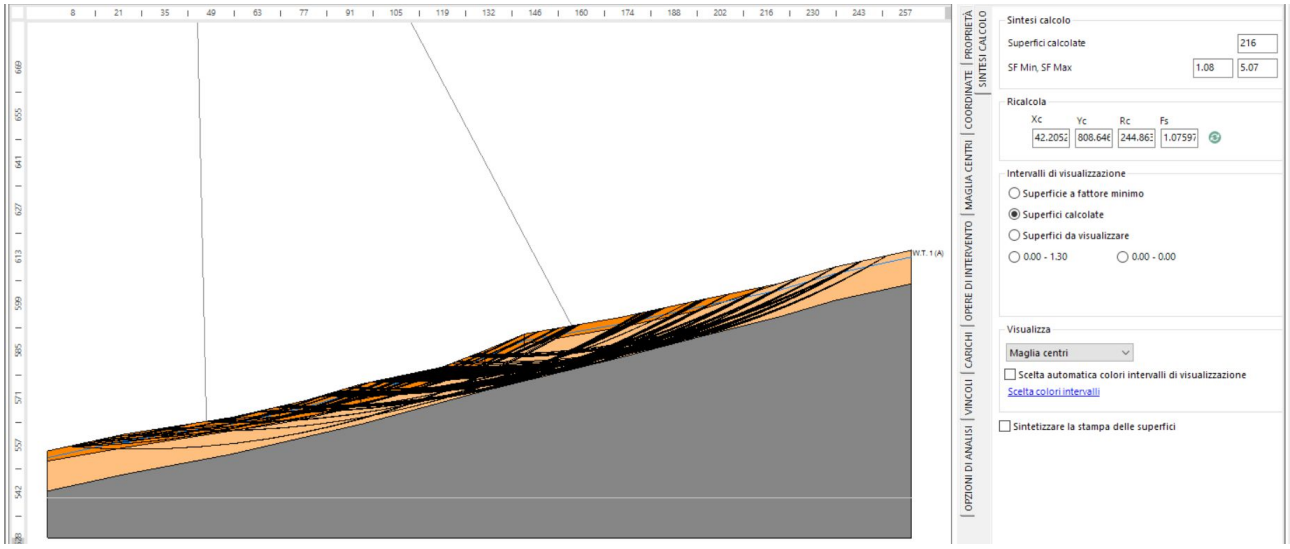
==========

Fs minimo individuato	1.08	
Ascissa centro superficie	42.21	m
Ordinata centro superficie	808.65	m
Raggio superficie	244.86	m

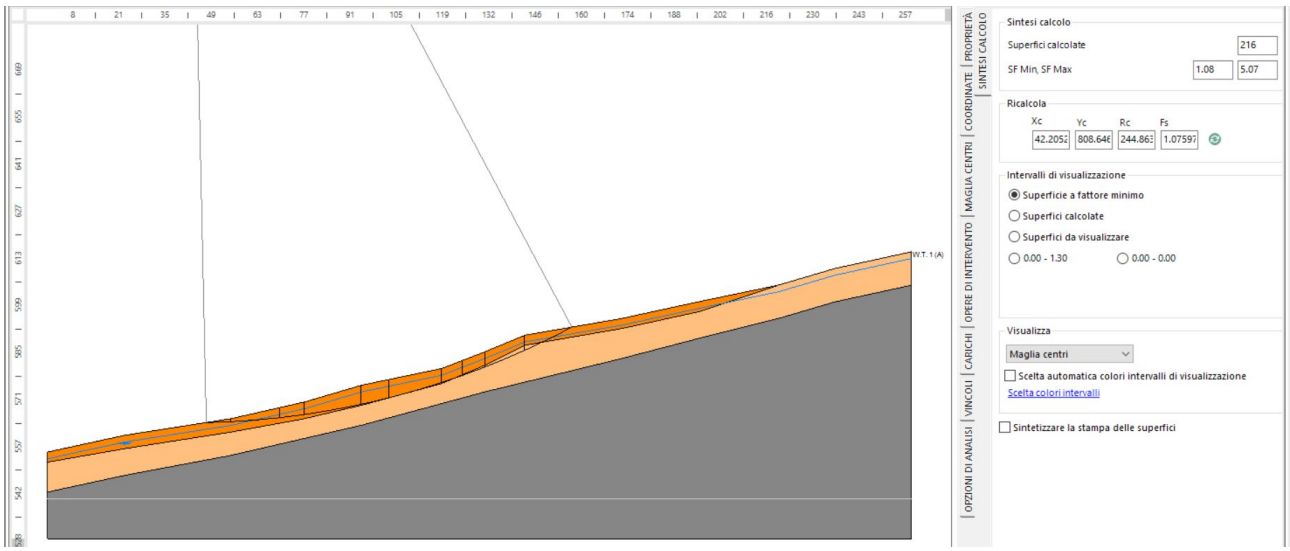
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 42.205 yc = 808.646 Rc = 244.863 Fs=1.076

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7.41	2.1	7.4	5911.71	360.61	183.26	0.04	21.0	0.0	5737.3	4806.2
2	14.5	4.7	14.6	50556.96	3083.98	1567.27	0.04	21.0	468.3	48394.4	22748.7
3	7.5	7.3	7.6	47336.16	2887.51	1467.42	0.04	21.0	10357.9	35309.9	15530.7
4	17.0	10.2	17.3	159838.9	9750.18	4955.01	0.04	21.0	48529.5	105193.8	44649.7
5	8.37	13.2	8.6	91788.34	5599.09	2845.44	0.04	21.0	30090.2	57784.9	24457.4
6	15.63	16.1	16.3	150351.0	9171.41	4660.88	0.04	21.0	46213.5	96682.5	42196.7
7	6.28	18.8	6.6	52385.3	3195.5	1623.94	0.04	21.0	14709.4	34740.0	15698.3
8	6.72	20.4	7.2	58862.74	3590.63	1824.75	0.11	29.0	16977.7	35212.6	27172.5
9	12.0	22.8	13.0	108237.0	6602.46	3355.35	0.11	29.0	31428.2	63895.8	50130.3
10	14.15	26.2	15.8	59824.07	3649.27	1854.55	0.04	21.0	5436.8	49110.2	26045.9



Superfici di scivolamento generate

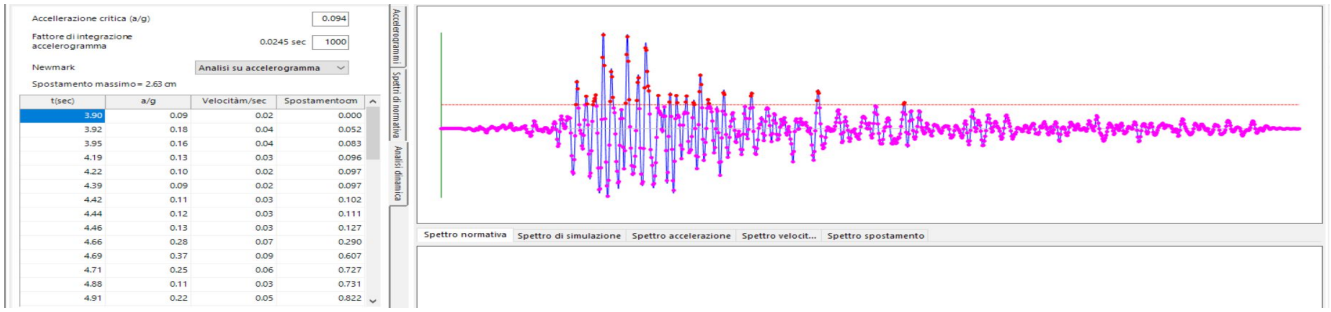


Superficie di scivolamento con FS minimo

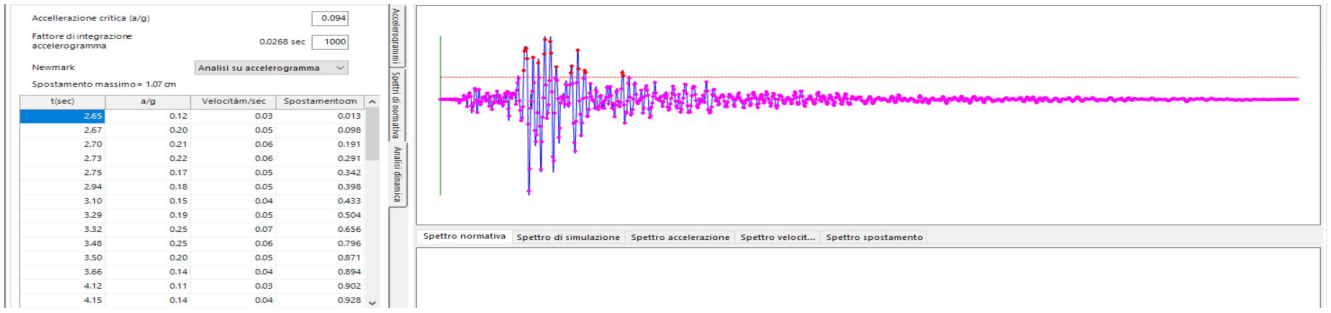
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.094
Spostamento massimo (cm)	6.67

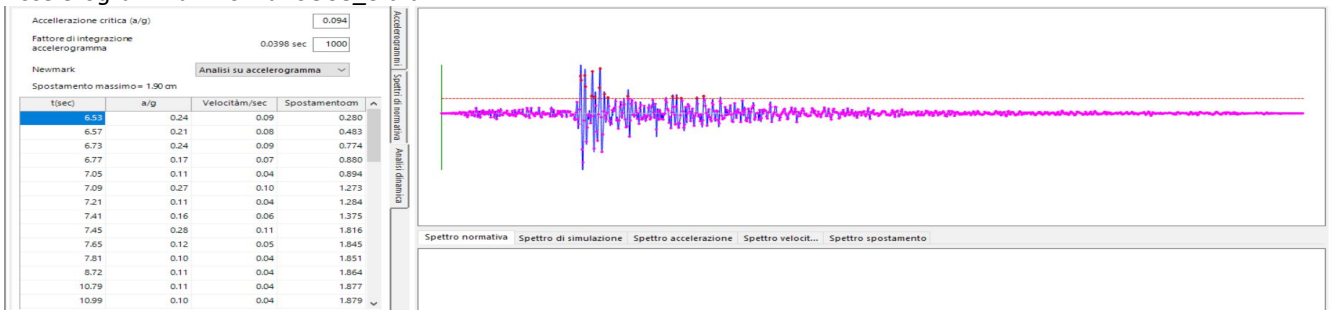
Accelerogramma: MonzunoO08_1.txt



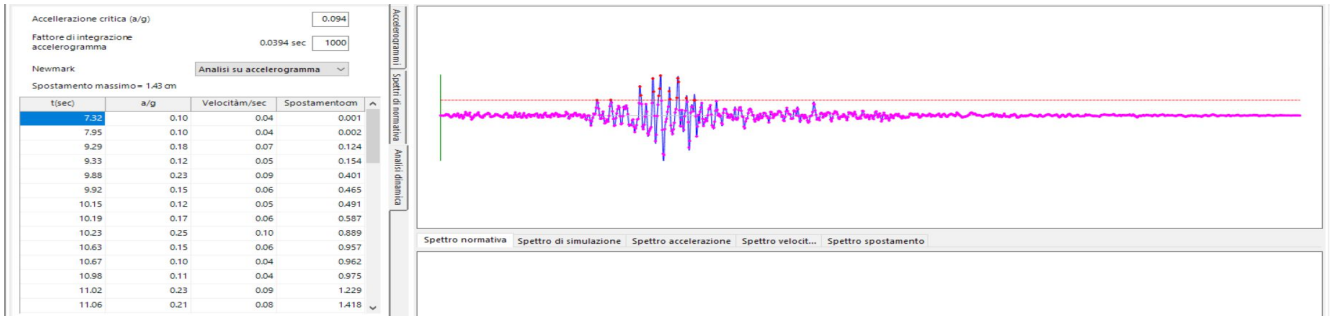
Accelerogramma: MonzunoO08_2.txt



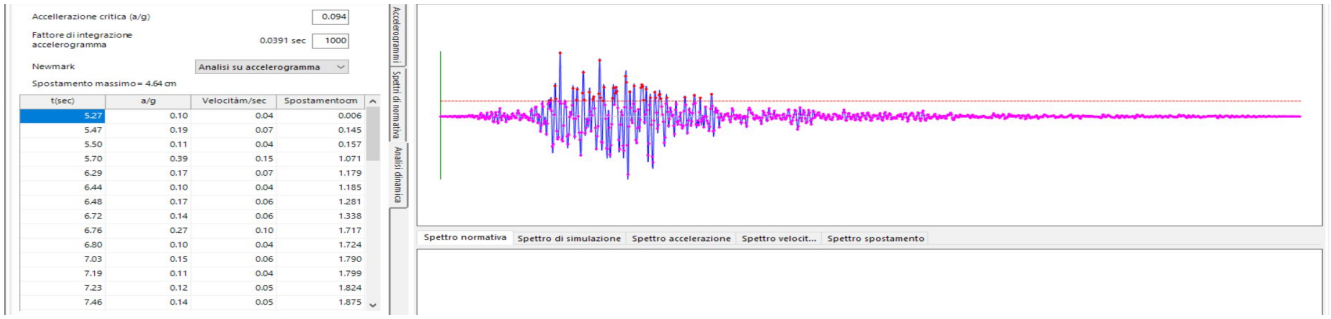
Accelerogramma: MonzunoO08_3.txt



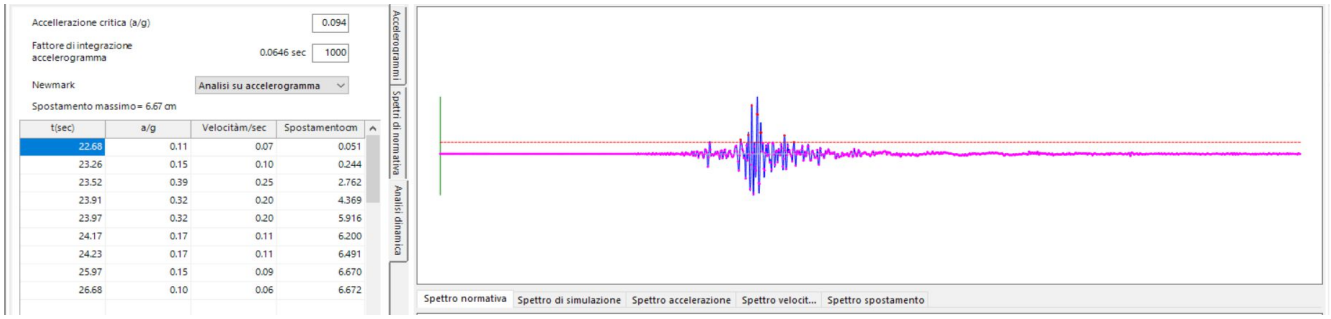
Accelerogramma: MonzunoO08_4.txt



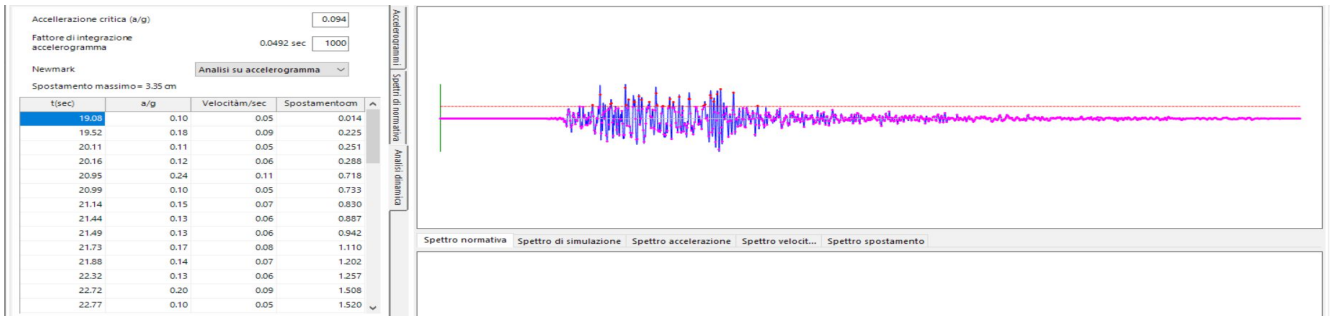
Accelerogramma: MonzunoO08_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO08_6.txt



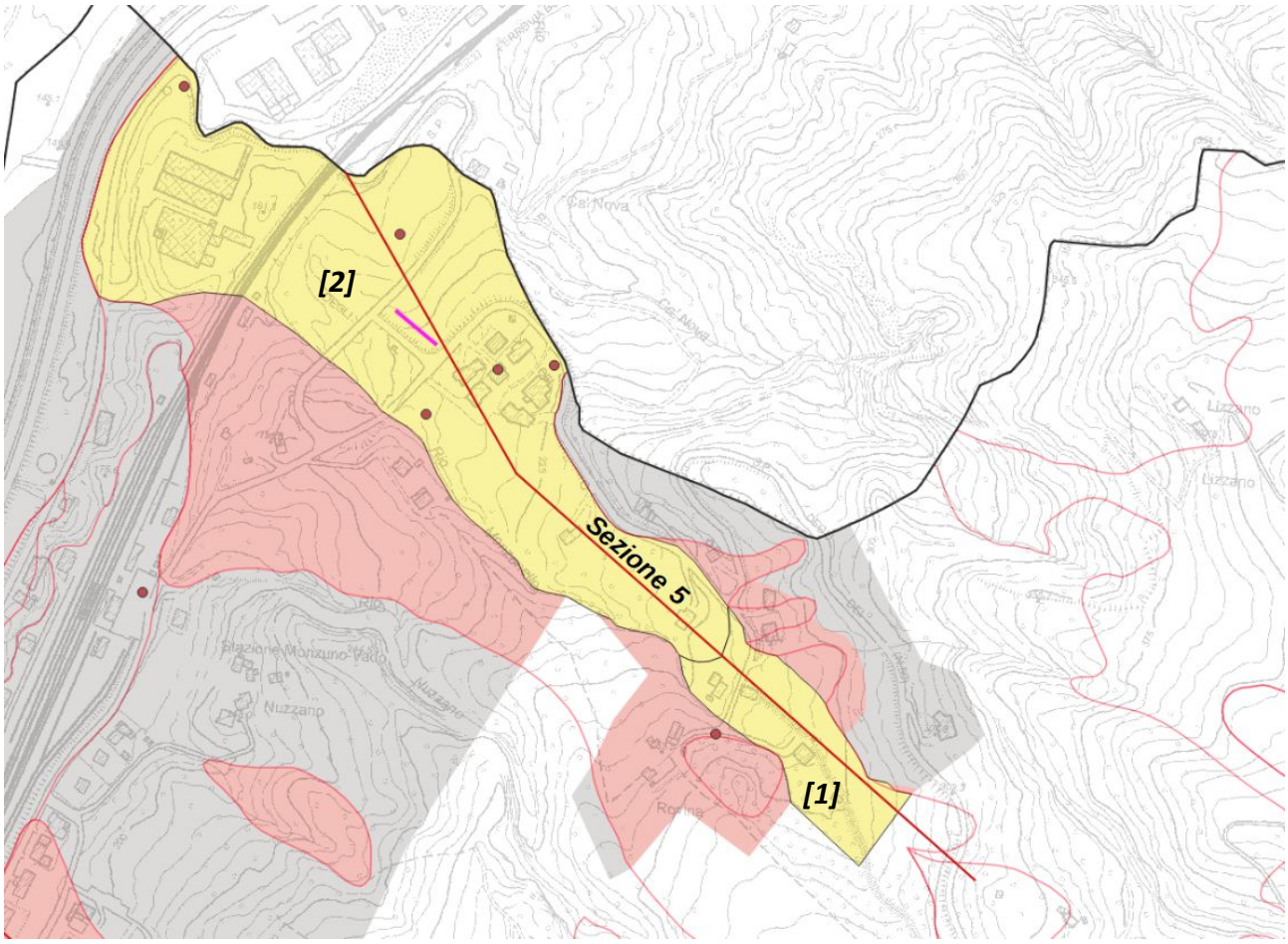
Accelerogramma: MonzunoO08_7.txt



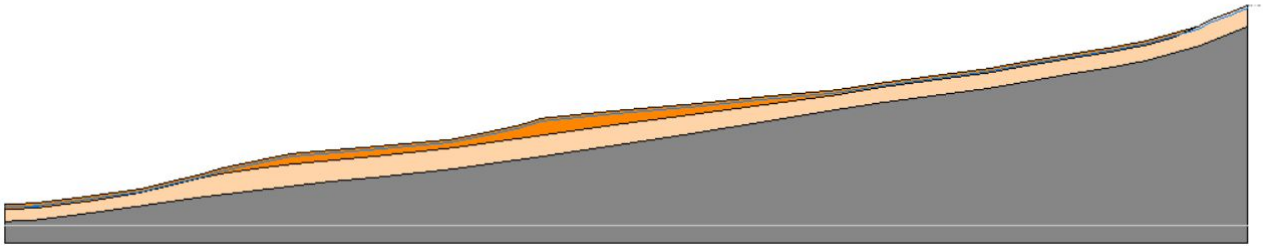
3.4 Zona di attenzione per instabilità di versante a Vado (sezione 5)

Verifica 1 → zona di prevalente distacco

Verifica 2 → zona di prevalente distacco



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 5

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.04	0.35	21.00	1750.00	1900.00	Limi e argille prevalenti	

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
2	0.15	1.20	25.00	2000.00	2100.00	Bedrock molto alterato (argilloso sabbioso)	
3	1.00	10.00	45.00	2100.00	2300.00	Bedrock	

Falda: assunta a -2.00 m dal p.c.

RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 1)

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	497.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	854.8 m
Ascissa vertice destro superiore xs	897.1 m
Ordinata vertice destro superiore ys	882.02 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.061
Coefficiente azione sismica verticale	0.03

==========

Risultati analisi pendio

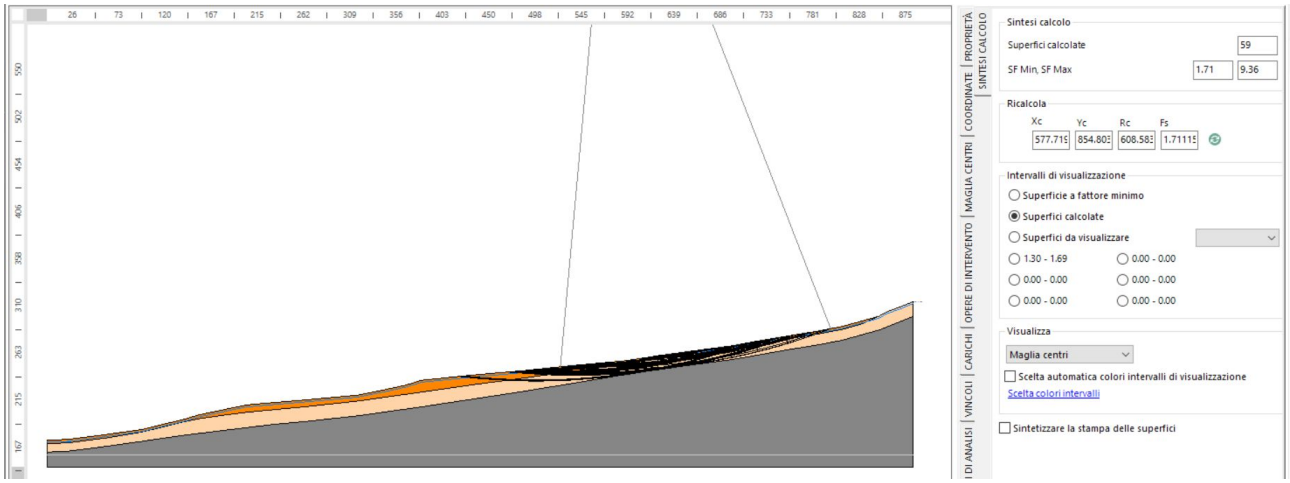
==========

Fs minimo individuato	1.71
Ascissa centro superficie	577.72 m
Ordinata centro superficie	854.8 m
Raggio superficie	608.58 m

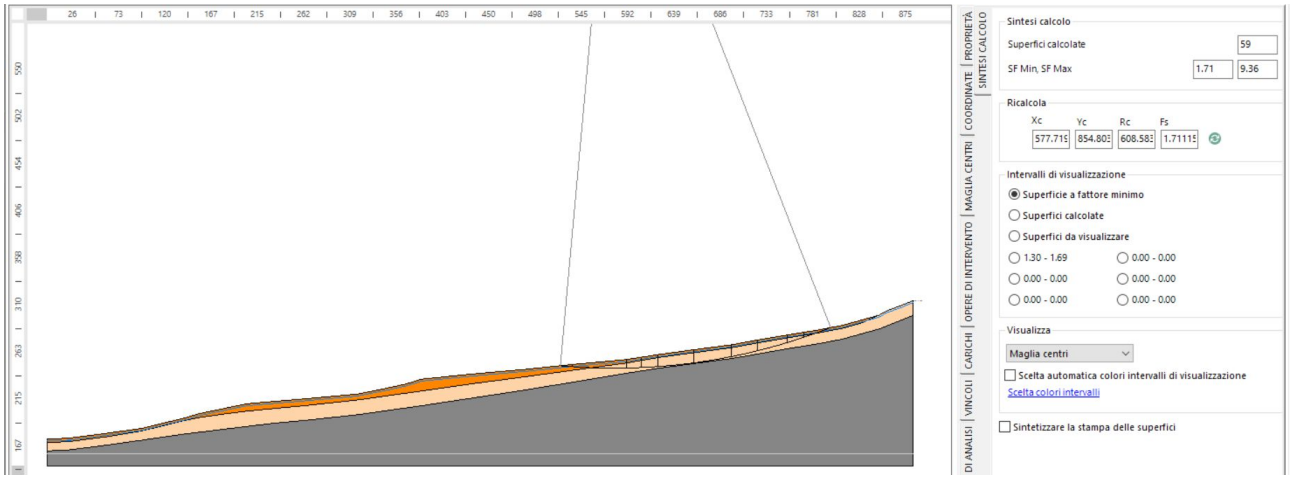
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 577.719 yc = 854.804 Rc = 608.583 Fs MINIMO =1.711

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	12.33	-4.6	12.4	25262.91	1541.04	757.89	0.04	21.0	0.0	26048.7	8763.4
2	55.0	-1.4	55.0	634505.9	38704.86	19035.18	0.15	25.0	224657.7	414009.3	161094.0
3	15.29	1.9	15.3	294828.4	17984.53	8844.85	0.15	25.0	116776.2	176135.9	61439.7
4	16.71	3.4	16.7	384991.2	23484.46	11549.73	0.15	25.0	157172.1	223743.7	75775.2
5	37.0	5.9	37.2	979307.9	59737.79	29379.24	0.15	25.0	408042.2	555249.6	184899.6
6	38.0	9.5	38.5	1000028.0	61001.73	30000.85	0.15	25.0	416333.5	560613.1	189126.1
7	27.0	12.6	27.7	634407.8	38698.88	19032.23	0.15	25.0	259559.4	356932.6	124517.2
8	30.0	15.4	31.1	572733.6	34936.75	17182.01	0.15	25.0	225464.2	328077.7	121002.9
9	16.53	17.7	17.3	209279.6	12766.06	6278.39	0.15	25.0	73586.6	126581.5	52157.8
10	27.54	19.8	29.3	124186.7	7575.39	3725.6	0.04	21.0	14432.5	105659.8	32475.4



Superfici di scivolamento generate

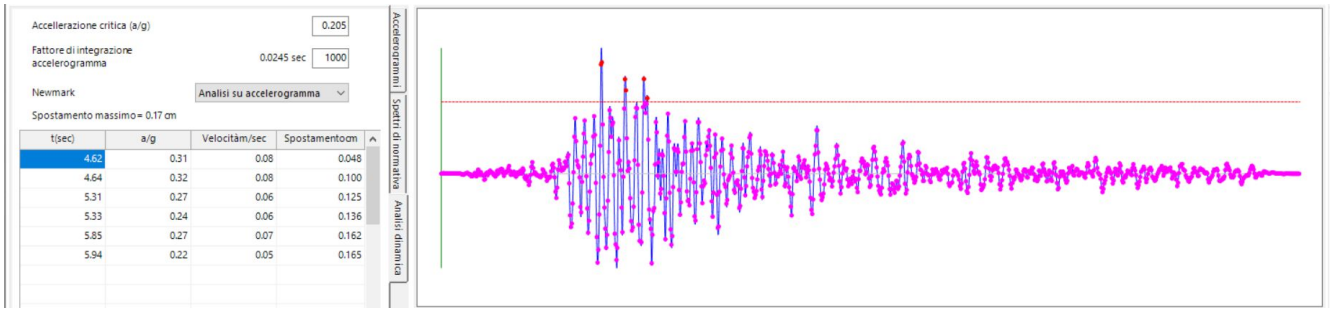


Superficie di scivolamento con FS minimo

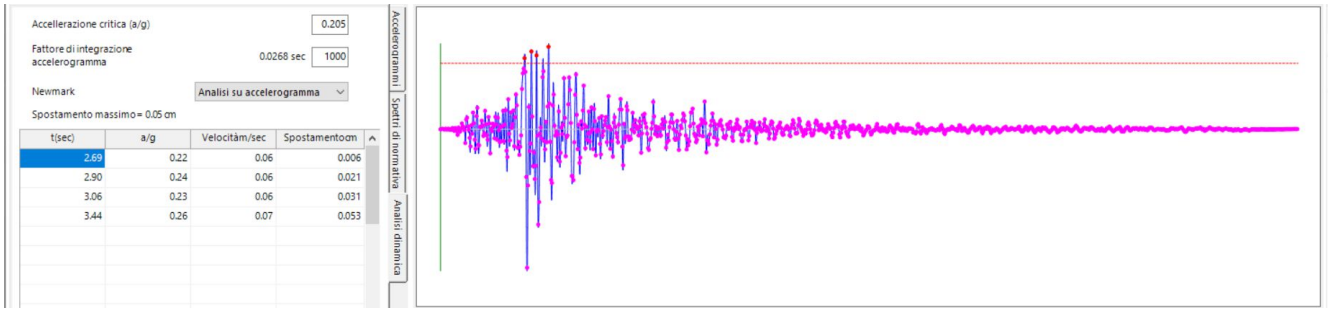
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.205
Spostamento massimo (cm)	0.55

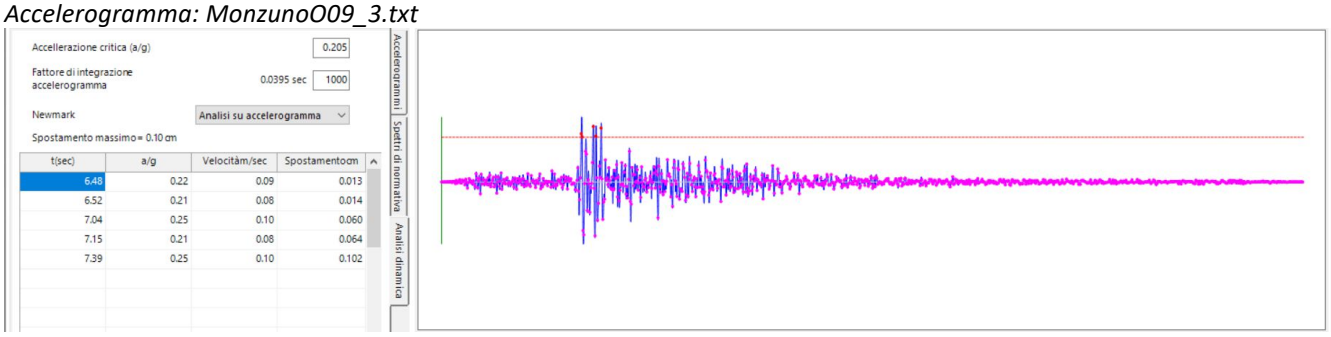
Accelerogramma: MonzunoO09_1.txt



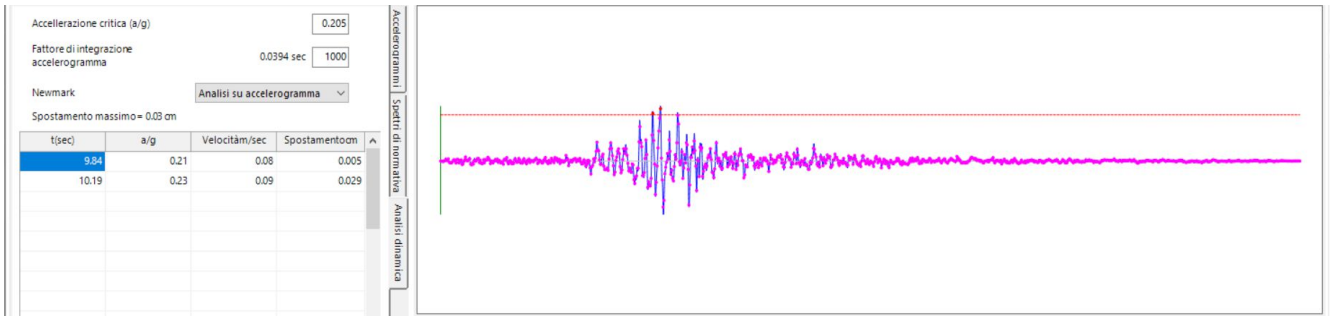
Accelerogramma: MonzunoO09_2.txt



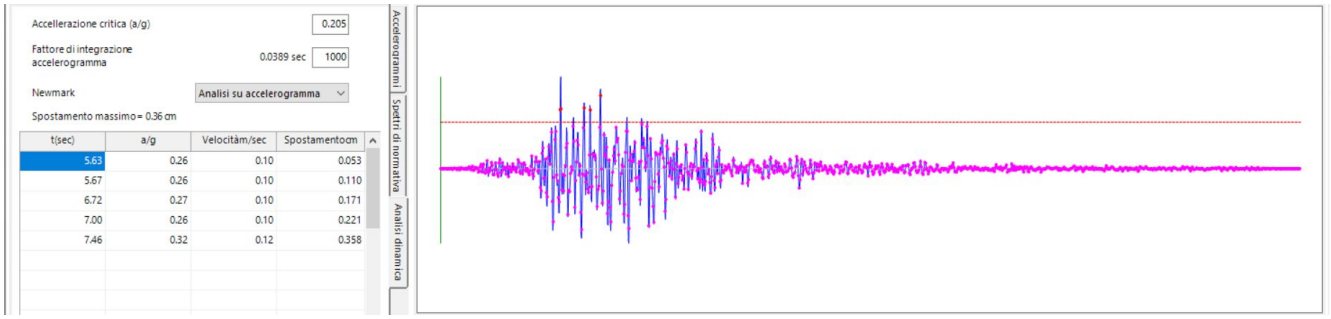
Accelerogramma: MonzunoO09_3.txt



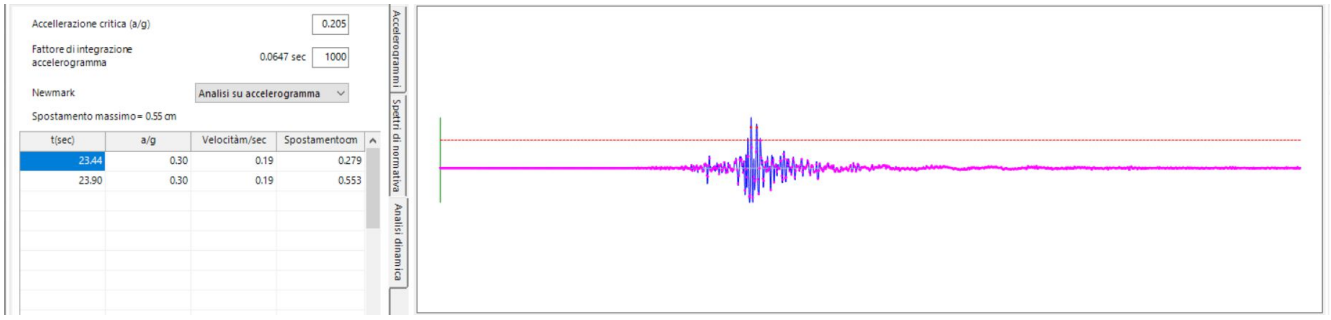
Accelerogramma: MonzunoO09_4.txt



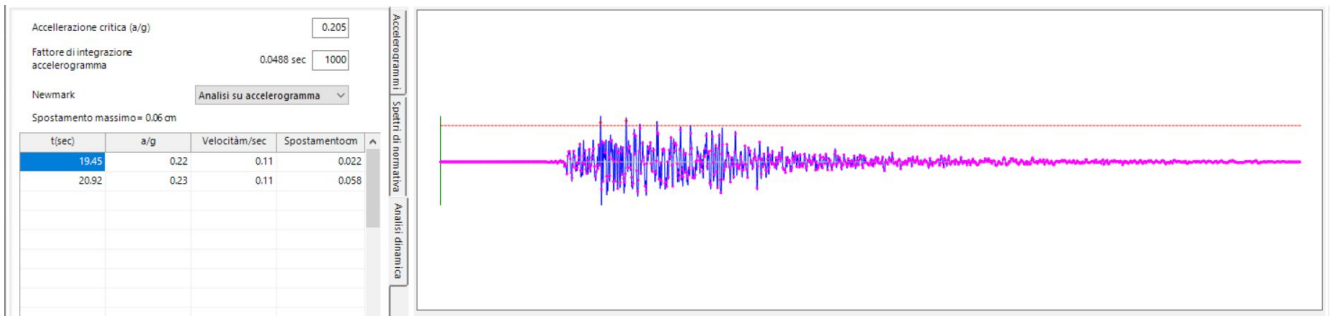
Accelerogramma: MonzunoO09_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO09_6.txt



Accelerogramma: MonzunoO09_7.txt



RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE (VERIFICA 2)

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

==========

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	87.02 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	811.54 m
Ascissa vertice destro superiore xs	569.25 m
Ordinata vertice destro superiore ys	849.29 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

==========

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.061
Coefficiente azione sismica verticale	0.03

==========

Risultati analisi pendio

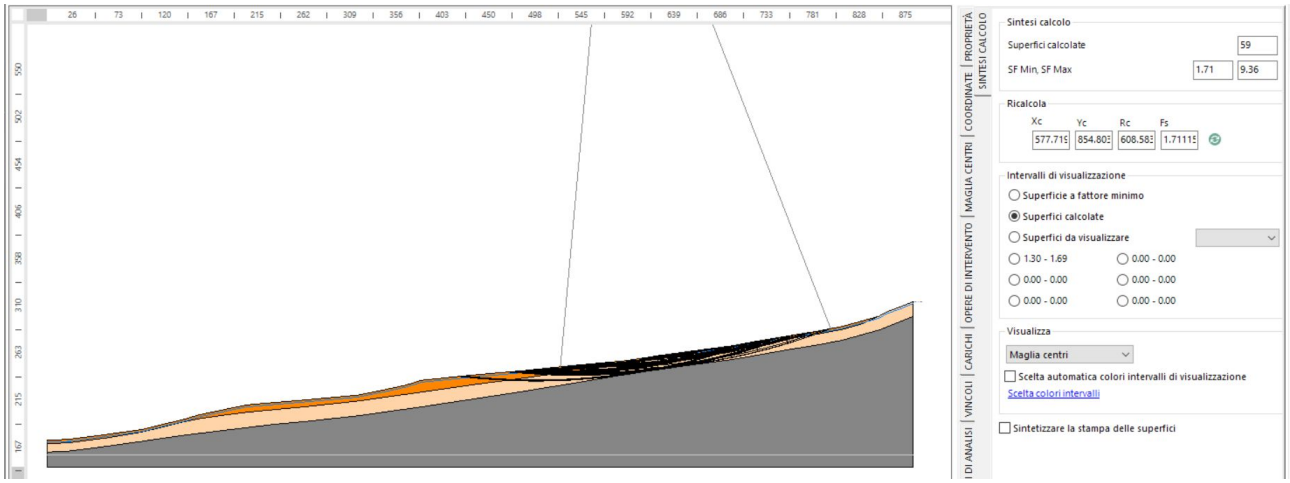
==========

Fs minimo individuato	1.31
Ascissa centro superficie	159.35 m
Ordinata centro superficie	847.41 m
Raggio superficie	660.99 m

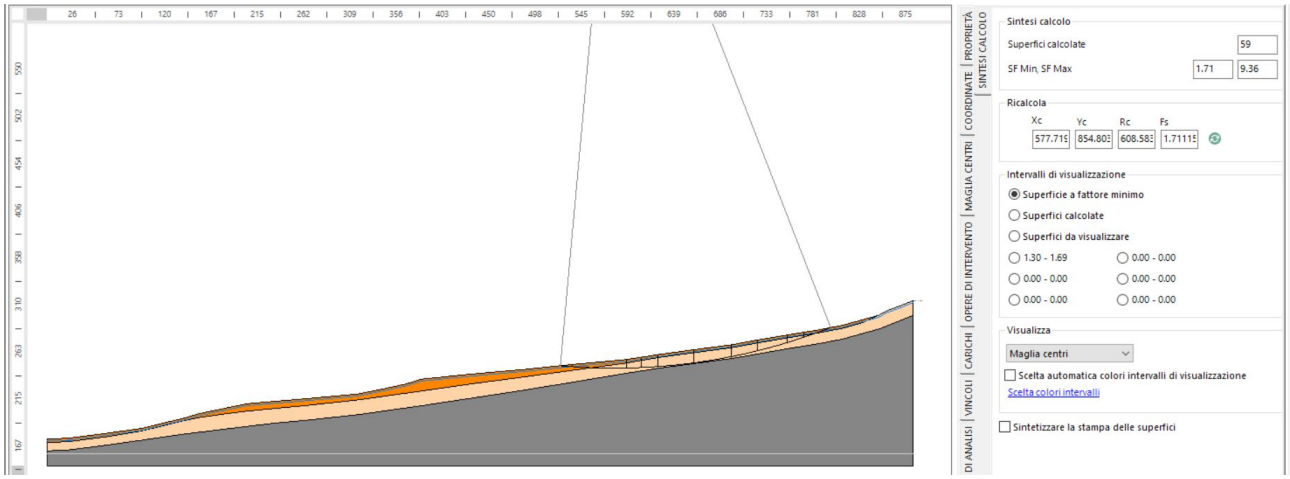
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 159.354 yc = 847.407 Rc = 660.993 Fs MINIMO =1.313

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6.97	-4.0	7.0	13700.78	835.75	411.02	0.04	21.0	0.0	14169.7	6284.0
2	21.0	-2.8	21.0	217448.1	13264.33	6523.44	0.15	25.0	69582.4	151796.4	77986.5
3	17.0	-1.1	17.0	375142.0	22883.66	11254.26	0.15	25.0	152259.7	224854.9	99258.1
4	24.0	0.7	24.0	778482.0	47487.4	23354.46	0.15	25.0	336892.8	439496.3	183440.3
5	24.0	2.7	24.0	986109.3	60152.66	29583.28	0.15	25.0	439762.9	536527.9	218153.8
6	25.8	4.9	25.9	1160441.0	70786.88	34813.22	0.15	25.0	522494.7	618886.8	250190.7
7	33.2	7.5	33.5	1446063.0	88209.86	43381.9	0.15	25.0	649243.0	763064.1	311777.7
8	55.0	11.4	56.1	2007911.0	122482.5	60237.32	0.15	25.0	887826.6	1054373.0	447130.3
9	25.0	14.9	25.9	683899.9	41717.89	20517.0	0.15	25.0	295188.1	360319.8	162949.9
10	74.93	19.5	79.5	1455371.0	88777.63	43661.13	0.04	21.0	627227.8	788373.3	270064.8



Superfici di scivolamento generate

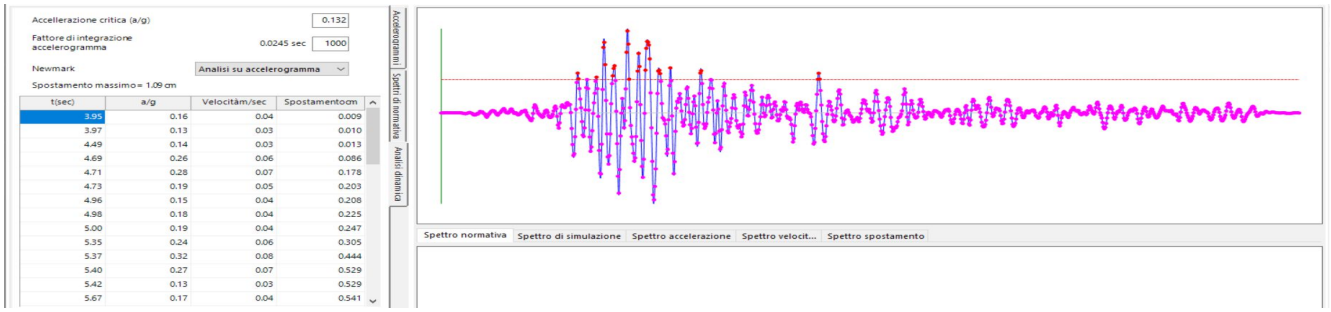


Superficie di scivolamento con FS minimo

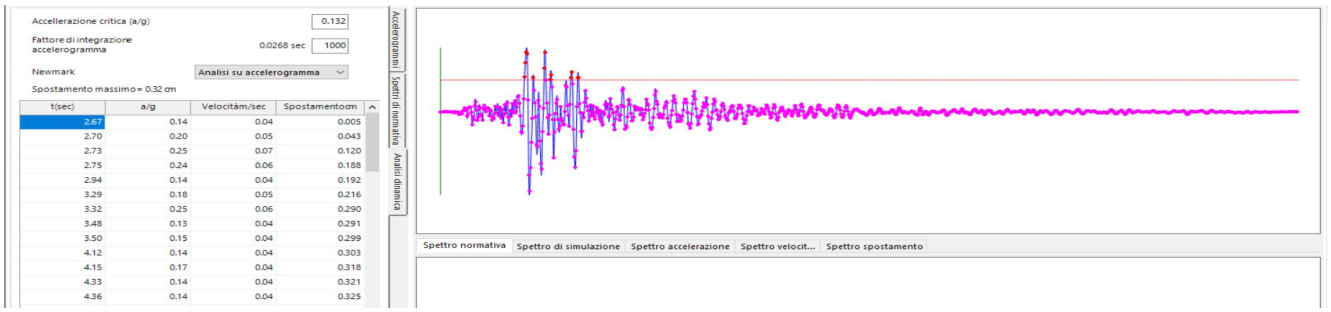
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.132
Spostamento massimo (cm)	3.25

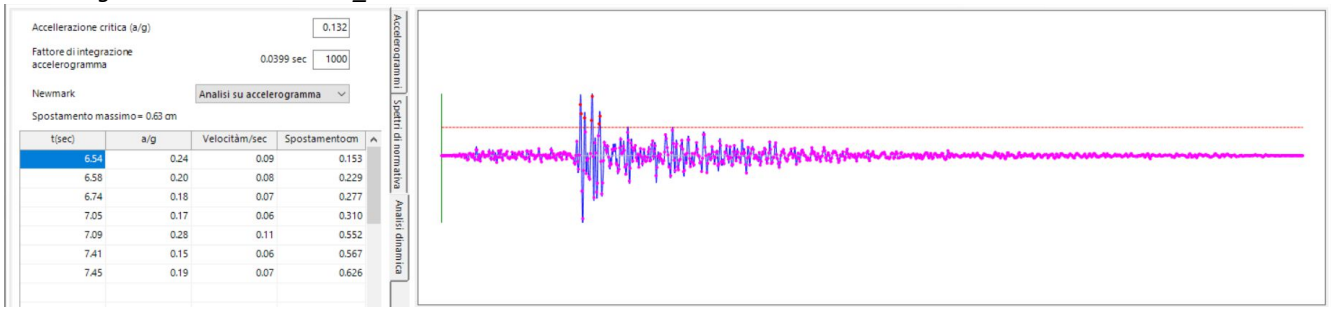
Accelerogramma: MonzunoO10_1.txt



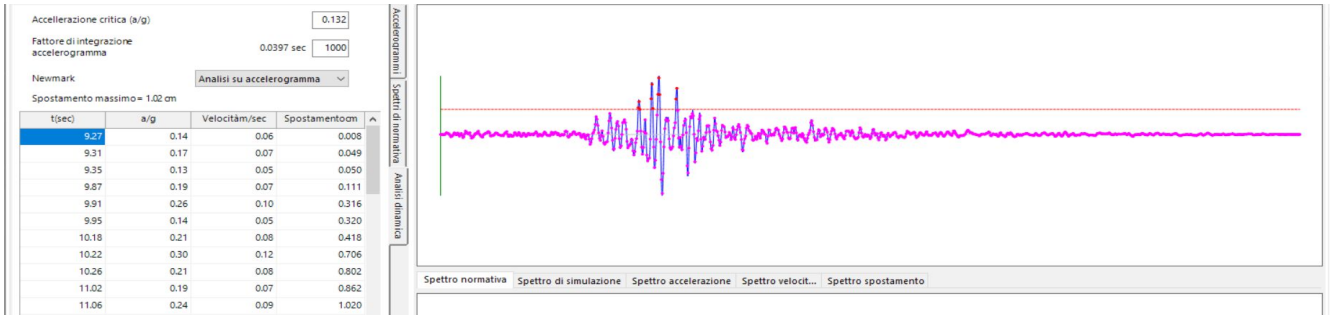
Accelerogramma: MonzunoO10_2.txt



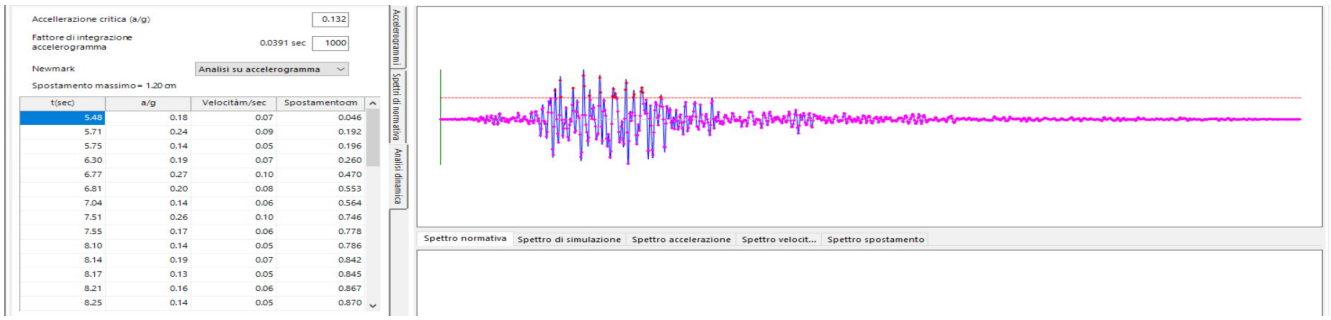
Accelerogramma: MonzunoO10_3.txt



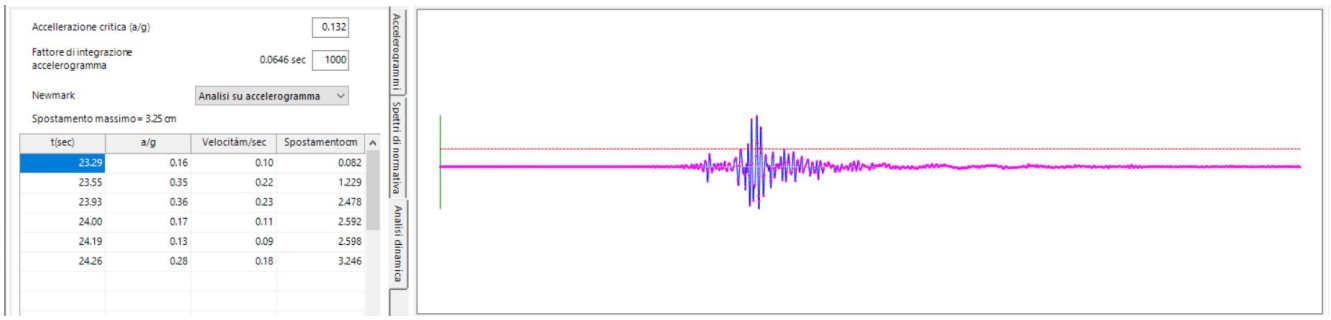
Accelerogramma: MonzunoO10_4.txt



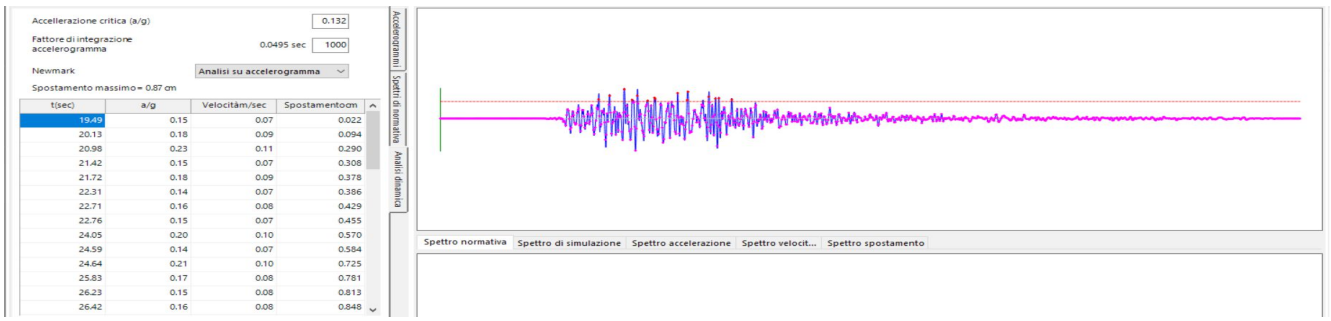
Accelerogramma: MonzunoO10_5.txt



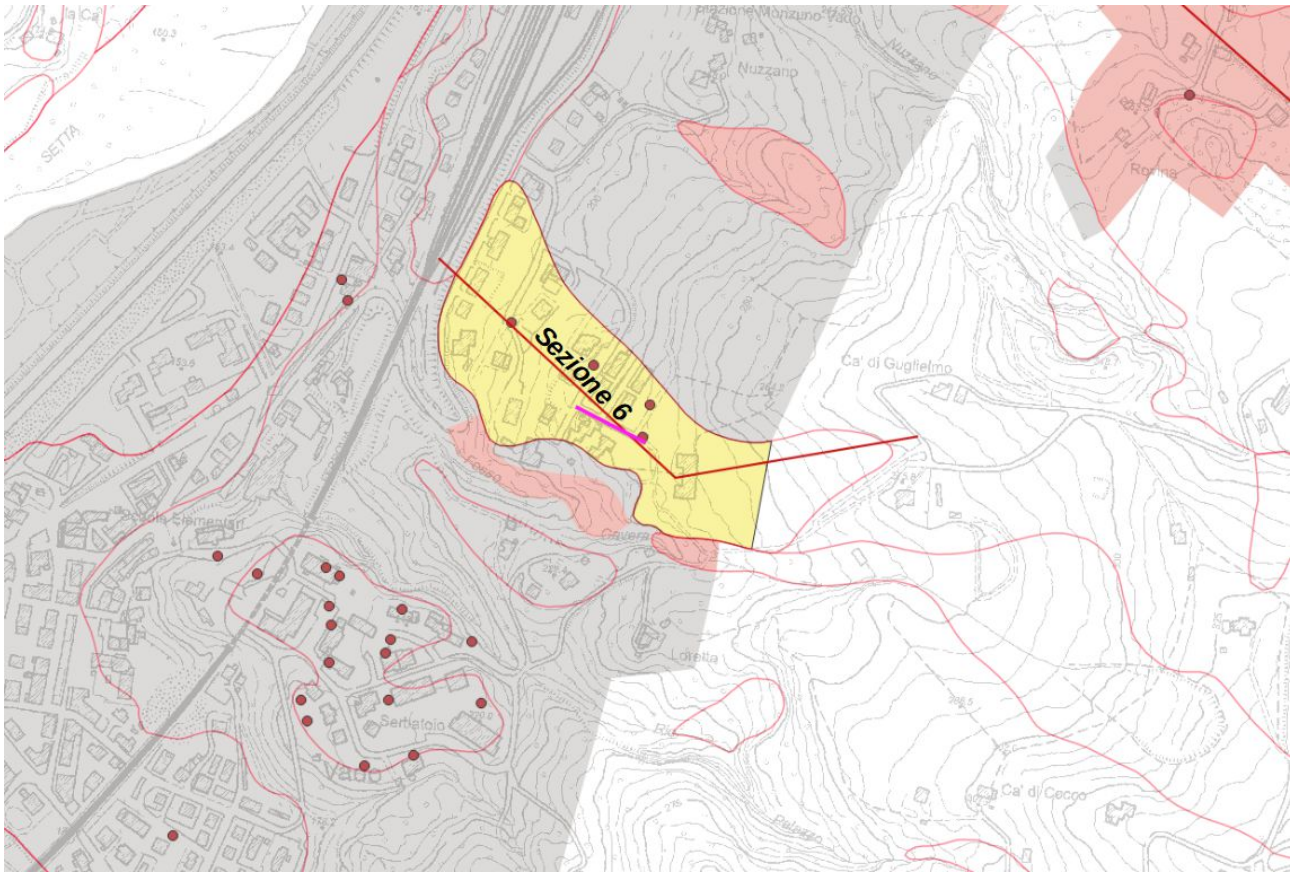
Accelerogramma: MonzunoO10_6.txt



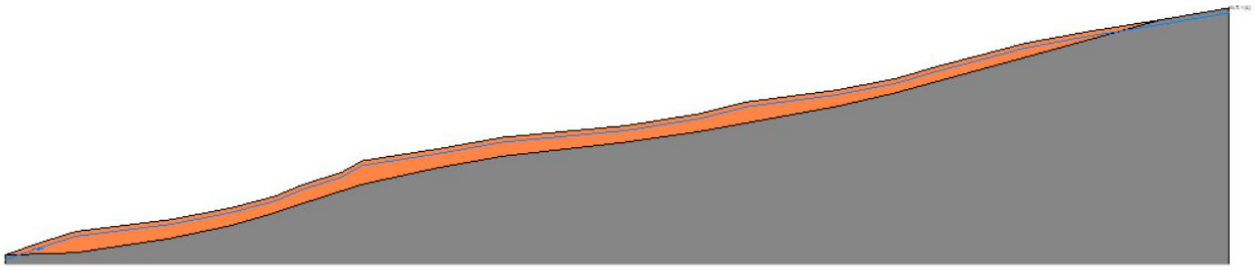
Accelerogramma: MonzunoO10_7.txt



3.5 Zona di attenzione per instabilità di versante a Vado (sezione 6)



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 6

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.12	1.00	23	1850.00	2000.00	Limi e argille prevalenti	
2	1.00	10.00	45	2100.00	2300.00	Bedrock	

Falda: assunta a -2.00 m dal p.c.

RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE

Superfici di scivolamento e fattori di sicurezza

Analisi di stabilità dei pendii con: JAMBU (1967)

Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.2
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-133.63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	651.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19.68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	664.94 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0605
Coefficiente azione sismica verticale	0.0303

Risultati analisi pendio

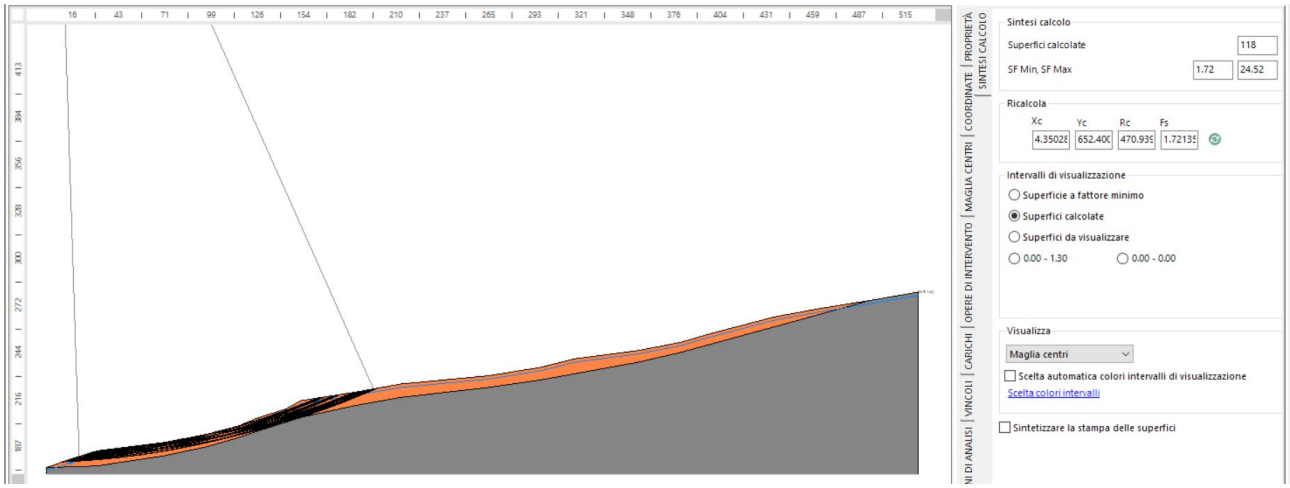
Fs minimo individuato	1.72
Ascissa centro superficie	4.35 m
Ordinata centro superficie	652.4 m
Raggio superficie	470.94 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

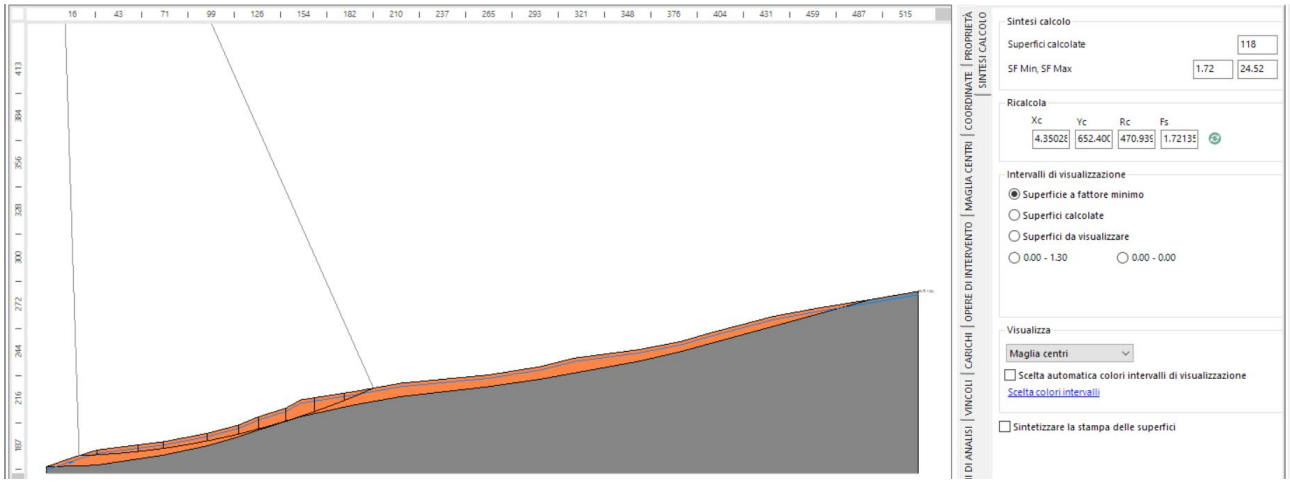
xc = 4.35 yc = 652.401 Rc = 470.939 Fs MINIMO =1.721

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti

	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	10.55	2.5	10.6	28283.3	1711.14	856.98	0.12	23.0	0.0	27695.4	14200.8
2	24.7	4.6	24.8	167763.2	10149.67	5083.23	0.12	23.0	0.0	163646.0	57809.9
3	15.3	7.1	15.4	117677.7	7119.5	3565.64	0.12	23.0	0.0	113765.7	39091.2
4	26.0	9.6	26.4	222261.5	13446.82	6734.52	0.12	23.0	0.0	213399.7	72006.7
5	19.0	12.4	19.5	186097.6	11258.91	5638.76	0.12	23.0	0.0	177915.1	58797.8
6	12.0	14.3	12.4	149104.9	9020.85	4517.88	0.12	23.0	0.0	142698.6	45225.3
7	16.0	16.1	16.7	236887.6	14331.7	7177.7	0.12	23.0	0.0	227049.4	70349.6
8	17.45	18.2	18.4	334505.9	20237.61	10135.53	0.12	23.0	0.0	321831.7	97033.3
9	17.63	20.5	18.8	220869.8	13362.62	6692.36	0.12	23.0	0.0	211411.3	69651.8
10	17.63	22.8	19.1	73574.88	4451.28	2229.32	0.12	23.0	0.0	67239.7	32442.8



Superfici di scivolamento generate

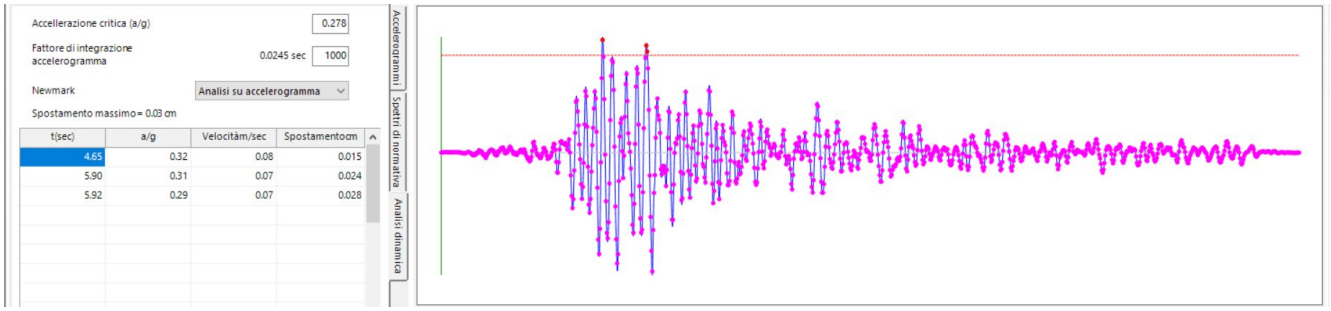


Superficie di scivolamento con FS minimo

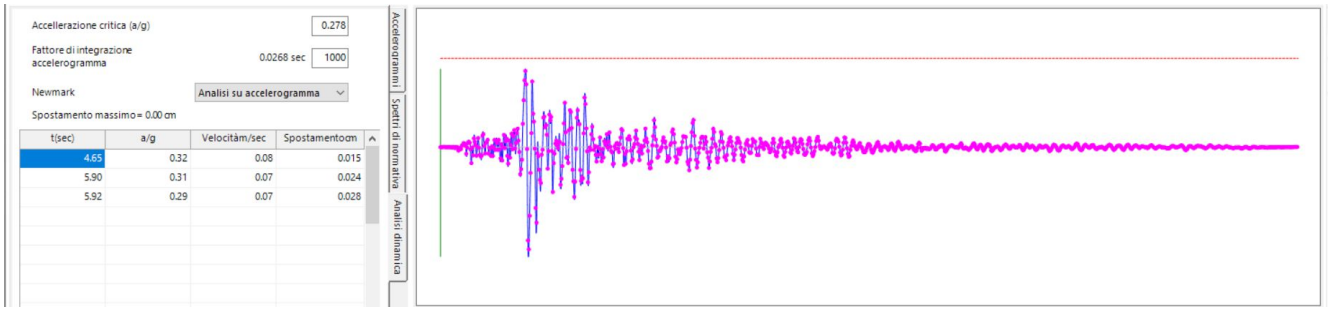
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.278
Spostamento massimo (cm)	0.14

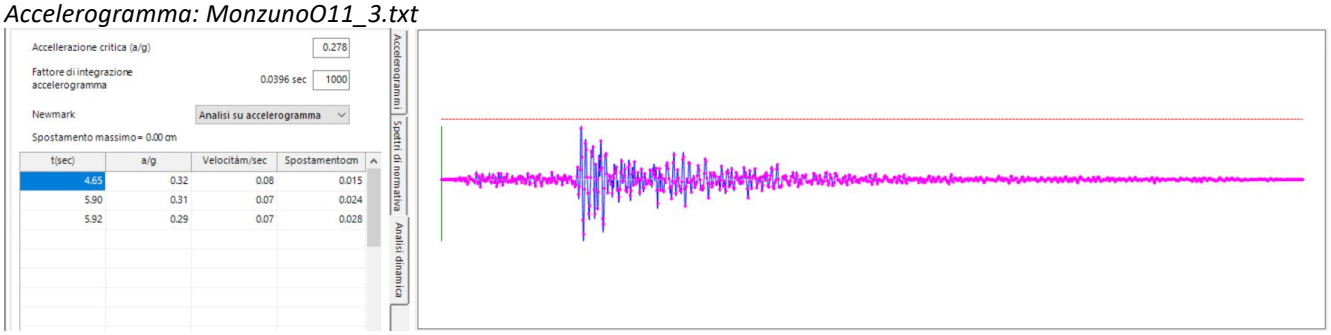
Accelerogramma: MonzunoO11_1.txt



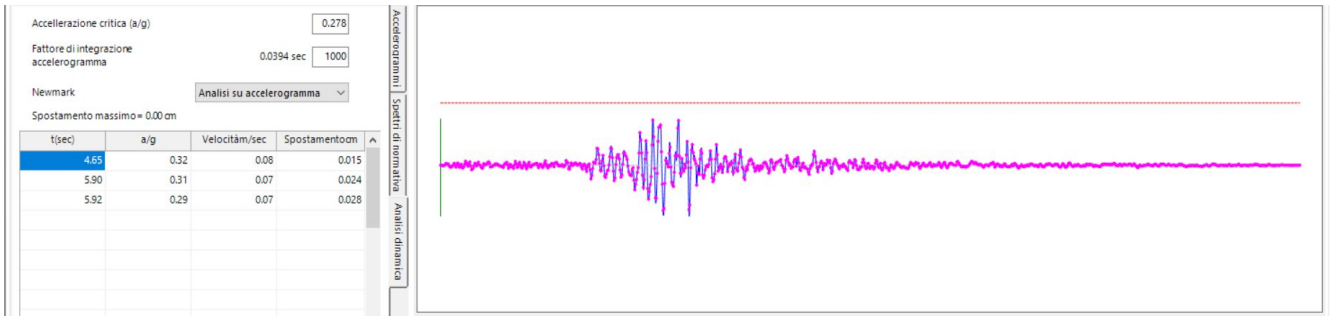
Accelerogramma: MonzunoO11_2.txt



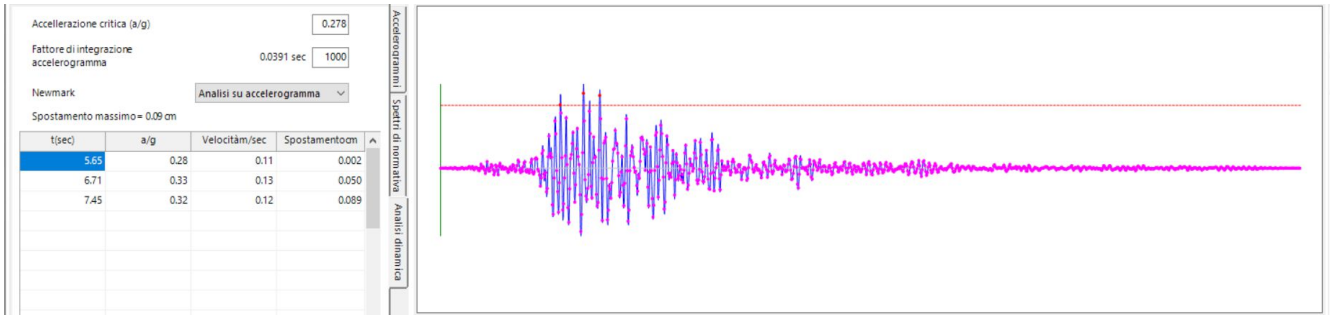
Accelerogramma: MonzunoO11_3.txt



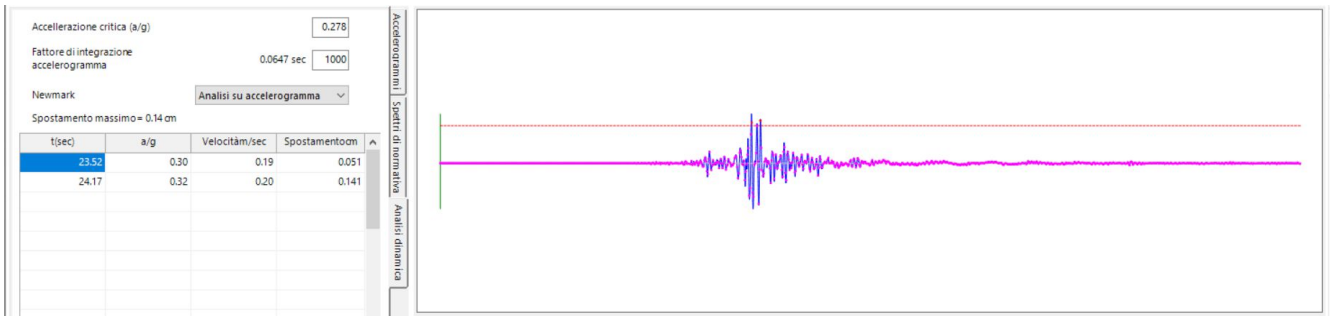
Accelerogramma: MonzunoO11_4.txt



Accelerogramma: MonzunoO11_5.txt



Accelerogramma: MonzunoO11_6.txt



Accelerogramma: MonzunoO11_7.txt

