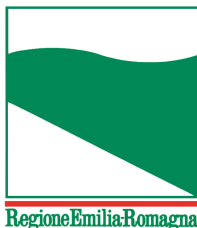




PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



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 San Benedetto Val di Sambro



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 (sezione 1).....	5
3.2 Zona di attenzione per instabilità di versante a Ripoli (sezione 2).....	10
Verifica 1 → zona di accumulo a monte.....	10
Verifica 2 → zona di accumulo a valle.....	10
3.3 Zona di attenzione per instabilità di versante a S. M. Maddalena (sezione 3).....	18
3.4 Zona di attenzione per instabilità di versante a Pian del Voglio (sezione 4).....	22

1. Introduzione

Di seguito si riportano i risultati delle analisi di stabilità effettuate per la MS3 del Comune di San Benedetto Val di Sambro. 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 (k_c) 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” in corrispondenza di un corpo di frana quiescente per scivolamento, situato nel Capoluogo;
- su pendio rappresentato nella “sezione 2” in corrispondenza del corpo di frana quiescente complessa, situato nella frazione Ripoli;
- su pendio rappresentato nella “sezione 3” in corrispondenza del corpo di frana per scivolamento in blocchi o DGPV, situato nella località Santa Maria Maddalena. Le verifiche hanno considerato la stabilità dei depositi di frana più superficiali (verifiche su “pendio in terra”);
- su pendio rappresentato nella “sezione 4” in corrispondenza del corpo di frana quiescente, situato in località Pian del Voglio.

2. Cenni teorici e metodologici

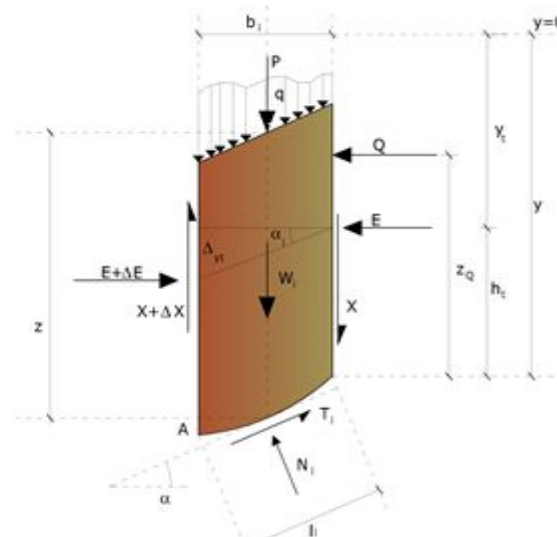
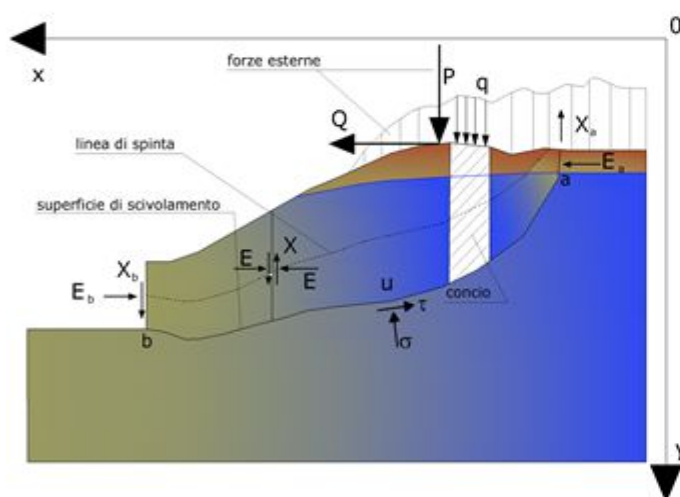
Si riportano alcuni cenni teorici in merito al metodo di calcolo utilizzato ai fini delle valutazioni espletate.

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.

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

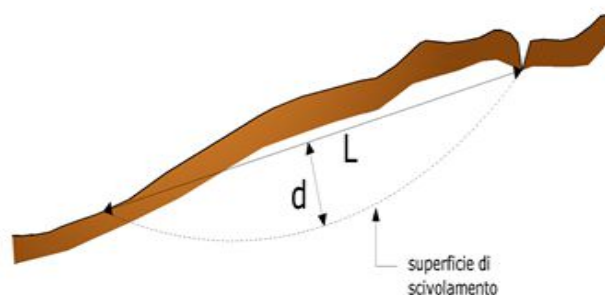
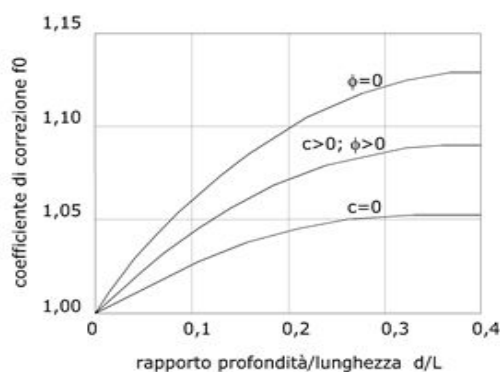


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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

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

dove f_0 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:

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

W peso concio;

K_x coefficiente sismico orizzontale;

K_y coefficiente sismico verticale.

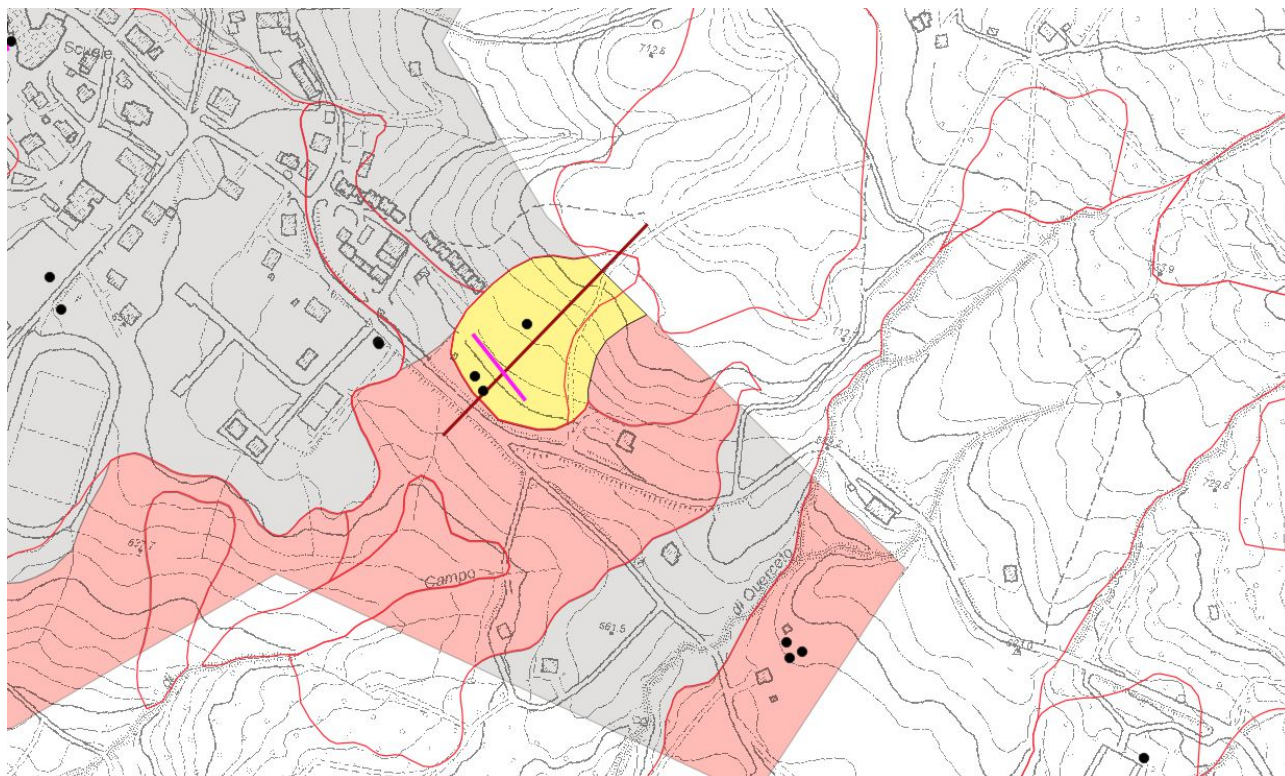
2.4 Ricerca della superficie di scorrimento critica

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.

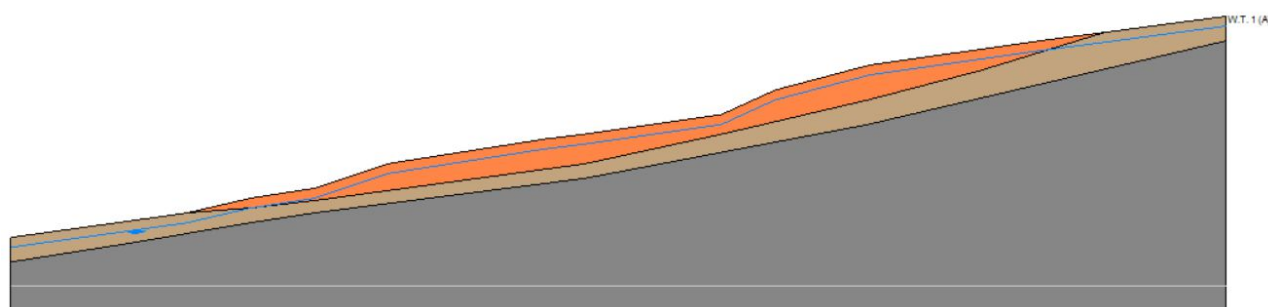
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un 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 (sezione 1)



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 1

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.11	0.90	23.00	1800.00	2100.00	Limi e argille prevalenti	
2	0.25	2.00	28.00	1900.00	2200.00	Limi/limi sabbiosi molto consistenti	
3	1.00	8.00	45.00	2100.00	2300.00	Bedrock	

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

*RISULTATI DELL'ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI SISMICHE**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	19.18 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	930.19 m
Ascissa vertice destro superiore xs	231.66 m
Ordinata vertice destro superiore ys	960.77 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	0.0631
Coefficiente azione sismica verticale	0.0316

Risultati analisi pendio

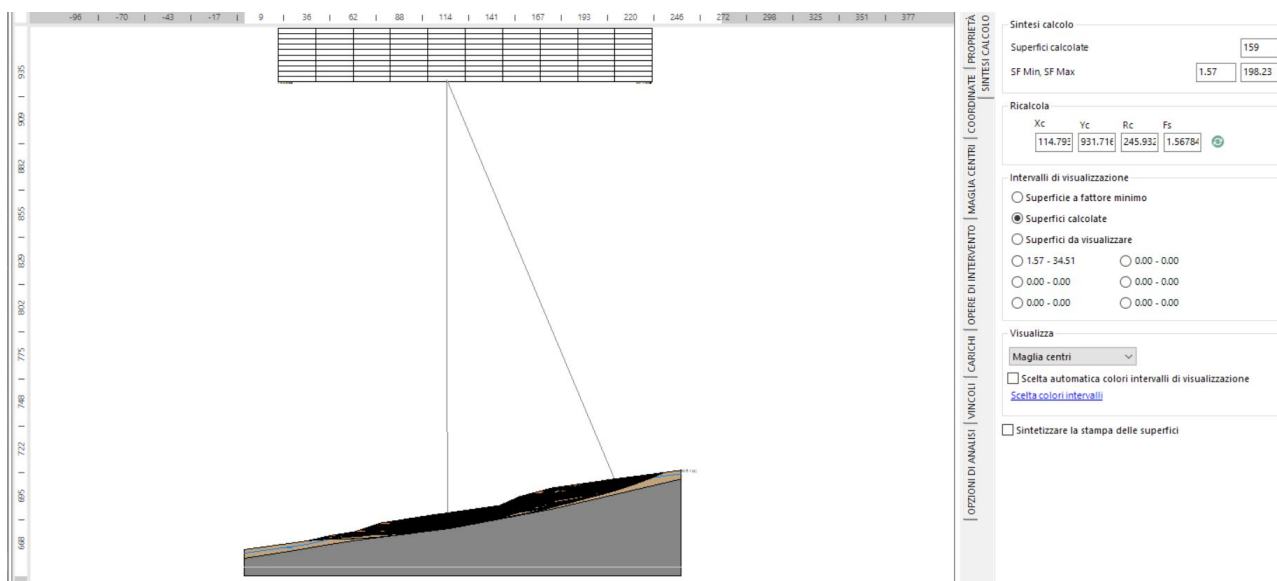
Fs minimo individuato	1.57
Ascissa centro superficie	114.79 m
Ordinata centro superficie	931.72 m
Raggio superficie	245.93 m

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.

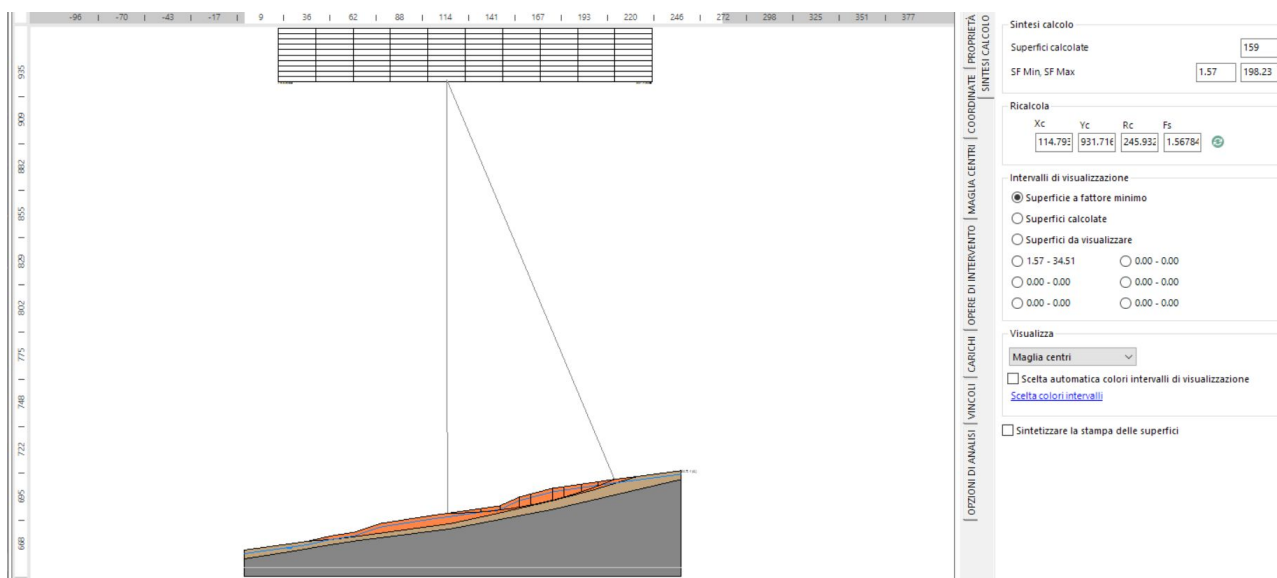
MS3 SAN BEBEDETTO VAL DI SAMBRO - REPORT VERIFICHE DI STABILITA' DI VERSANTE IN CONDIZIONI SISMICHE

$x_c = 114.793$ $y_c = 931.717$ $R_c = 245.932$ F_s MINIMO=1.568

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.72	0.3	1.7	323.35	20.4	10.22	0.11	23.0	0.0	316.3	1292.4
2	17.25	2.5	17.3	37542.79	2368.95	1186.35	0.11	23.0	0.0	36607.7	22044.3
3	10.75	5.8	10.8	42974.75	2711.71	1358.0	0.11	23.0	1950.5	39383.3	18334.0
4	11.0	8.3	11.1	88317.7	5572.85	2790.84	0.11	23.0	23157.5	62240.8	24911.6
5	6.71	10.4	6.8	80860.16	5102.28	2555.18	0.11	23.0	26958.9	51365.0	19003.5
6	12.29	12.7	12.6	162536.0	10256.02	5136.14	0.11	23.0	56274.4	100785.5	37028.2
7	6.68	15.0	6.9	84908.27	5357.71	2683.1	0.11	23.0	28937.4	52816.8	19820.4
8	9.49	16.9	9.9	97575.38	6157.01	3083.38	0.11	23.0	30152.9	63155.1	25142.2
9	9.49	19.3	10.0	62804.96	3962.99	1984.64	0.11	23.0	13530.1	45435.7	20495.3
10	9.49	21.6	10.2	21532.12	1358.68	680.41	0.11	23.0	0.0	18355.3	13044.3



Superfici di scivolamento generate

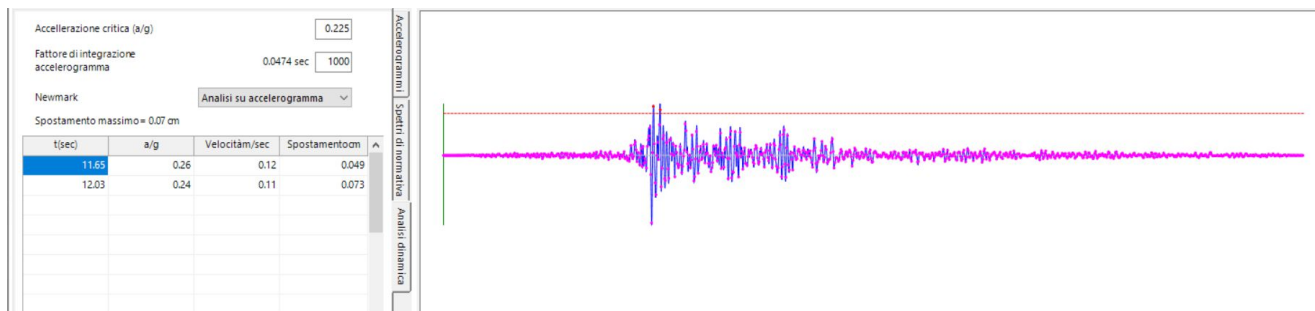
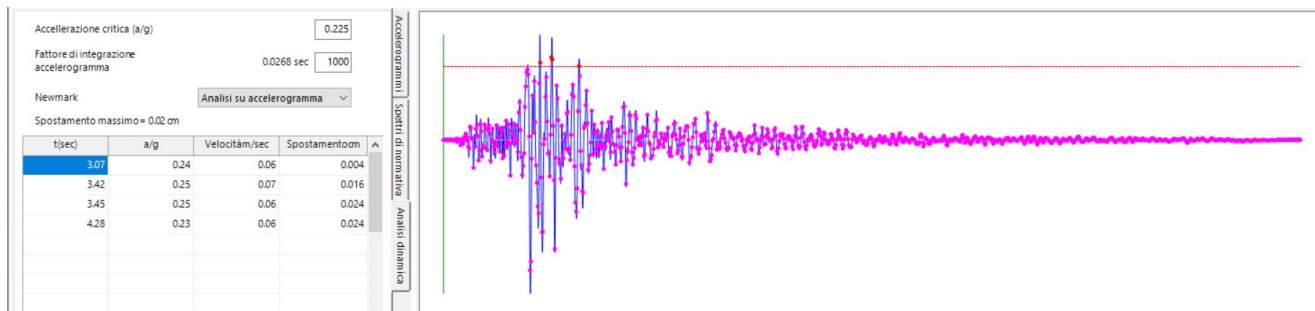
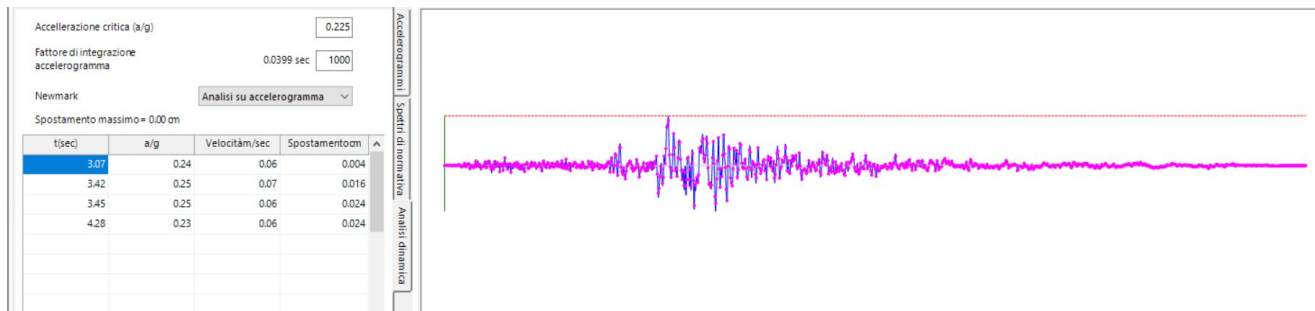
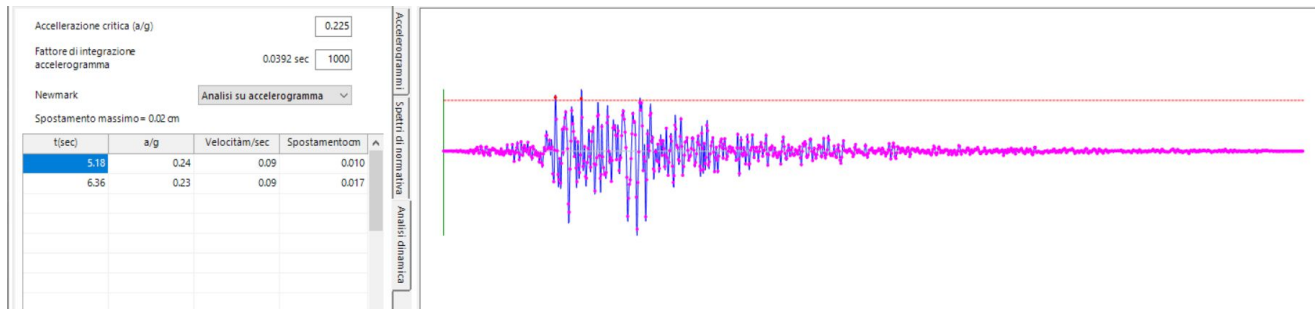


Superficie di scivolamento con FS minimo

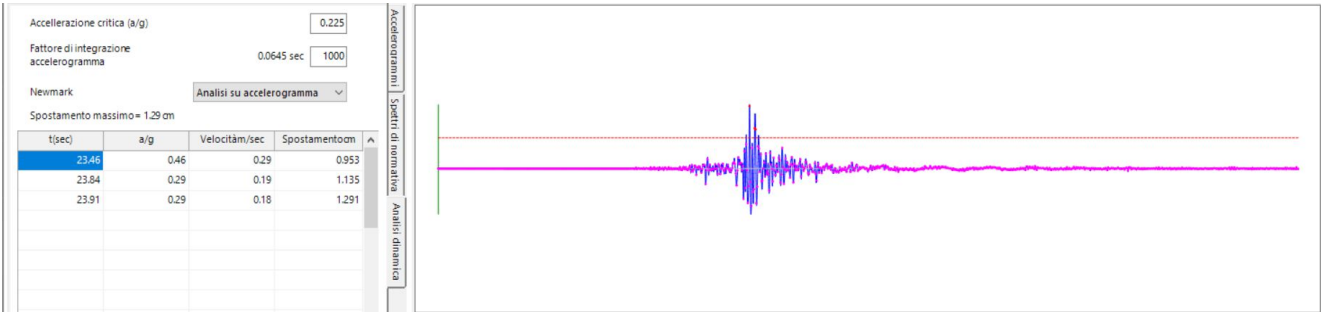
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g) 0.225

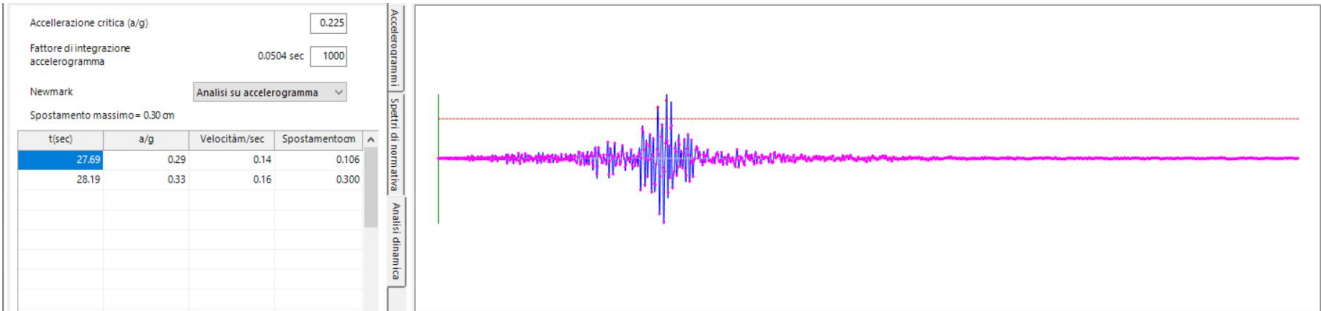
Spostamento massimo (cm) 1.29

Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_1.txt*Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_2.txt**Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_3.txt**Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_4.txt*

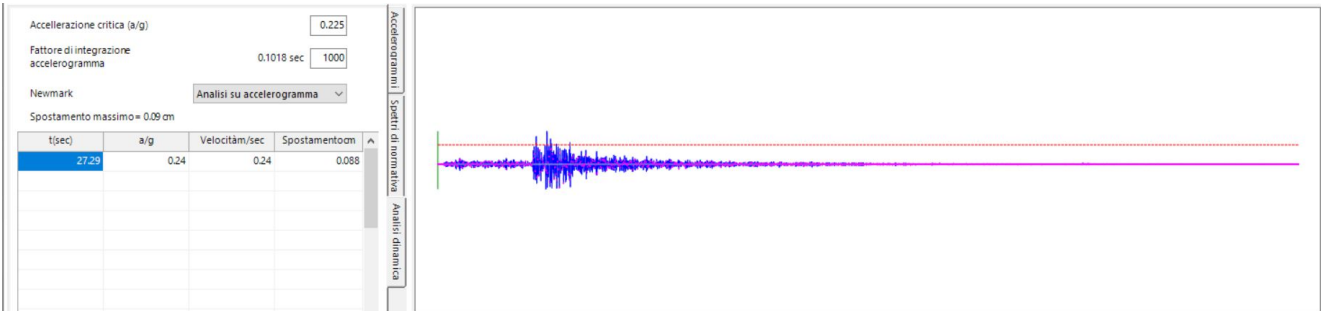
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_5.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_6.txt



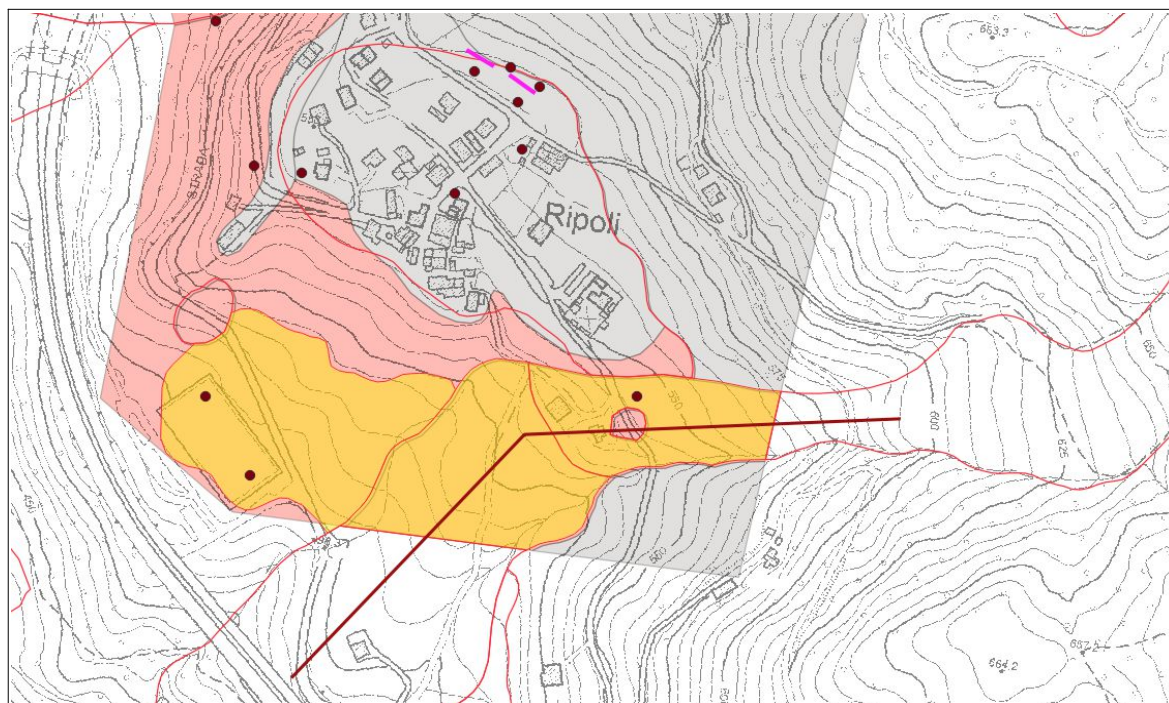
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO01_7.txt



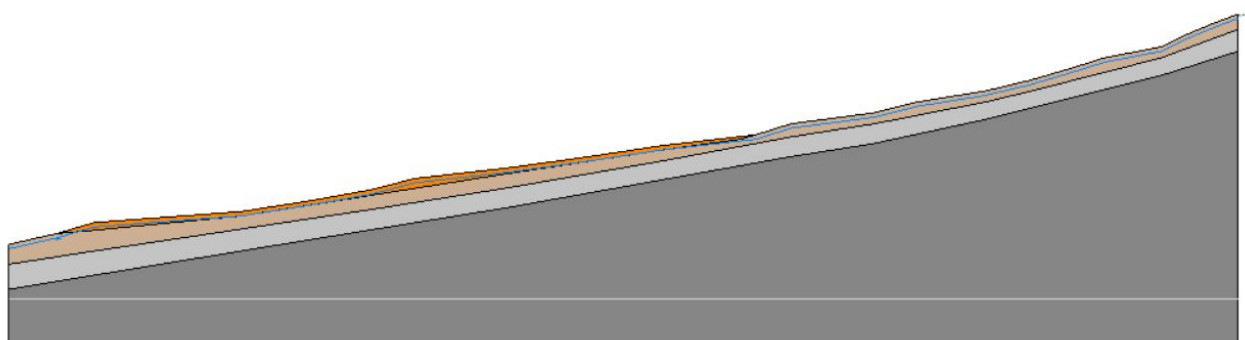
3.2 Zona di attenzione per instabilità di versante a Ripoli (sezione 2)

Verifica 1 → zona di accumulo “a monte”

Verifica 2 → zona di accumulo “a valle”



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 2

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.05	0.40	21	1700	1850	Limi e argille prevalenti	
2	0.11	0.85	24	1800	2000	Limi/limi sabbiosi consistenti	
3	0.75	6.00	36	2100	2400	Bedrock alterato	
4	1.00	10.00	36	2200	2500	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	4.0
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	198.98	m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1192.73	m
Ascissa vertice destro superiore xs	714.71	m
Ordinata vertice destro superiore ys	1286.27	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	0.0615
Coefficiente azione sismica verticale	0.0307

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2.09
Ascissa centro superficie	198.98 m
Ordinata centro superficie	1230.15 m
Raggio superficie	708.35 m

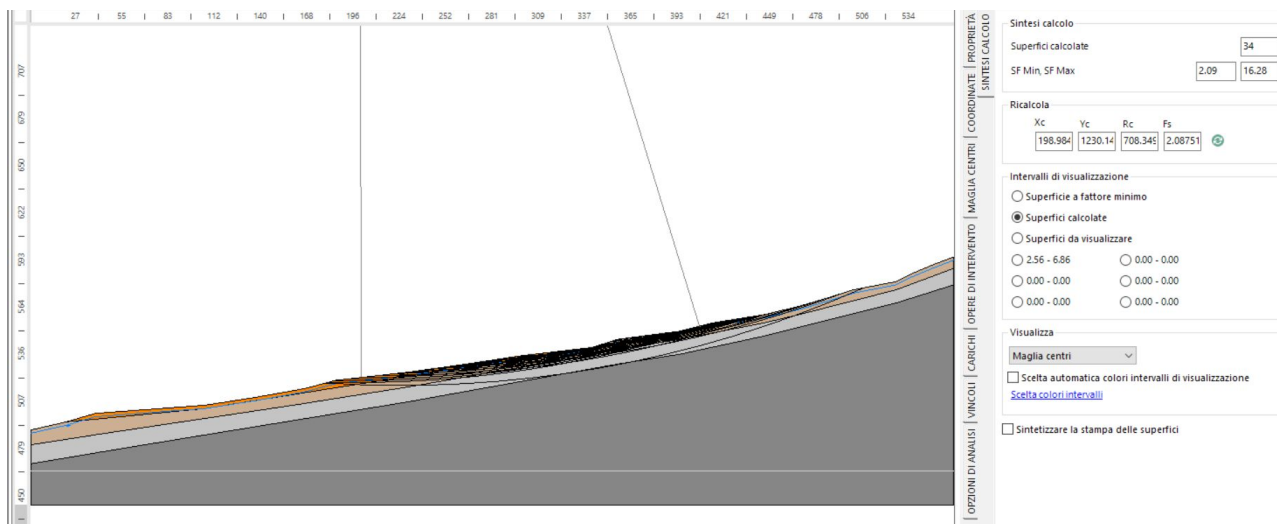
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

xc = 198.985 yc = 1230.145 Rc = 708.35 Fs MINIMO = 2.088

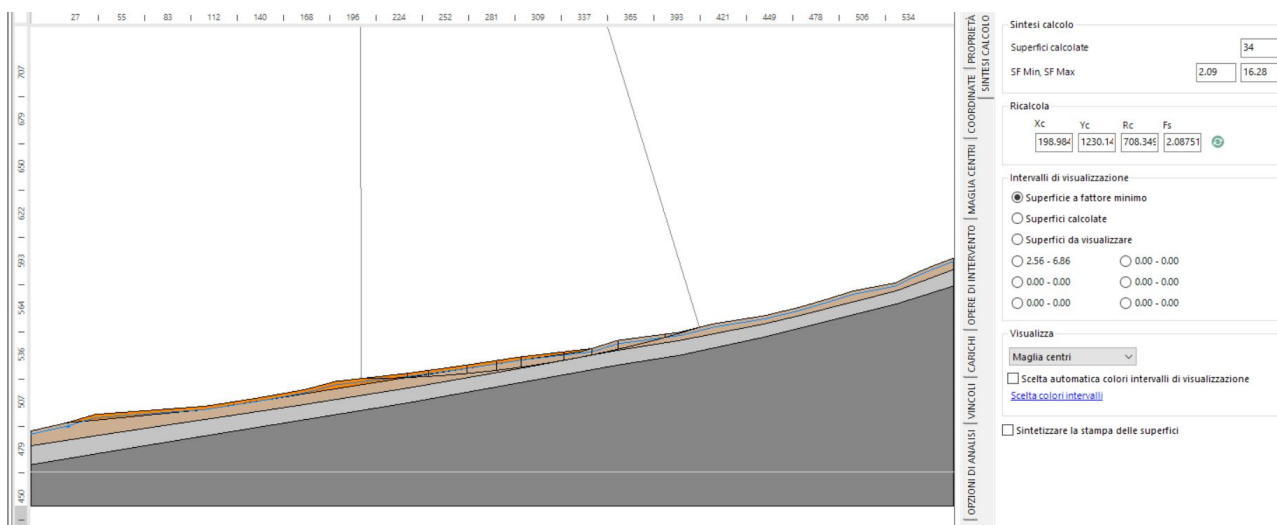
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	
1	28.18	1.3	28.2	68243.23	4196.96	2095.07	0.05	21.0	0.0	67828.2	19228.4	
2	12.96	3.0	13.0	73409.14	4514.66	2253.66	0.11	24.0	14907.6	57592.8	19147.1	

MS3 SAN BEBEDETTO VAL DI SAMBRO - REPORT VERIFICHE DI STABILITA' DI VERSANTE IN CONDIZIONI SISMICHE

3	23.04	4.4	23.1	193139.8	11878.1	5929.39	0.11	24.0	57482.8	132932.7	40648.0
4	18.1	6.1	18.2	191357.7	11768.5	5874.68	0.11	24.0	64788.9	123457.0	36126.3
5	14.9	7.4	15.0	173774.7	10687.15	5334.88	0.11	24.0	61499.8	109157.9	31461.4
6	26.24	9.1	26.6	289313.8	17792.8	8881.93	0.11	24.0	99472.5	183737.0	53871.2
7	16.76	10.9	17.1	142400.0	8757.6	4371.68	0.11	24.0	41993.2	96559.1	30125.9
8	16.0	12.2	16.4	141978.5	8731.68	4358.74	0.11	24.0	42126.0	95869.8	29748.1
9	28.96	14.1	29.9	207663.6	12771.31	6375.27	0.11	24.0	51572.7	149006.4	48985.7
10	20.57	16.2	21.4	18348.58	1128.44	563.3	0.11	24.0	0.0	14909.7	15061.6



Superfici di scivolamento generate



Superficie di scivolamento con FS minimo

Accelerazione critica e analisi per spostamenti

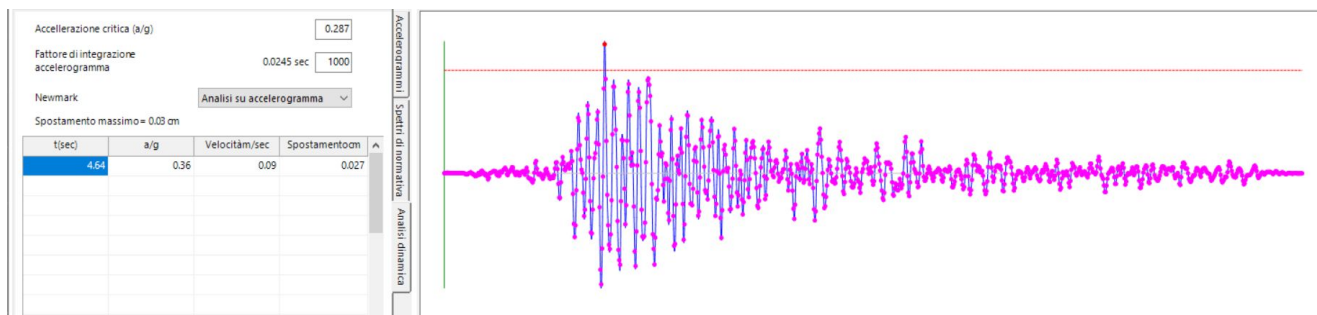
Accelerazione critica (a/g)

0.287

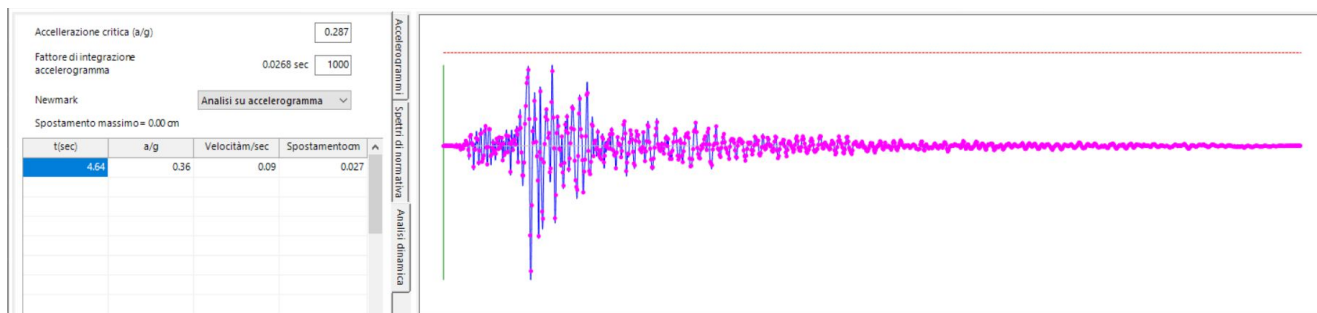
Spostamento massimo (cm)

0.29

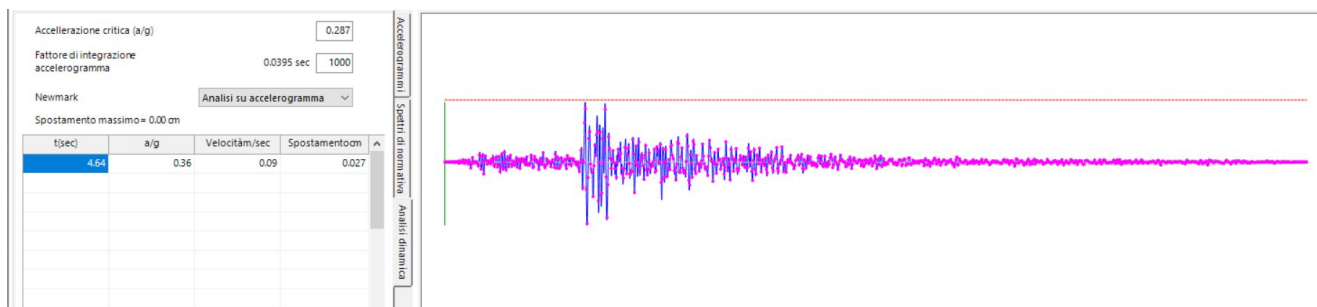
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO02_1.txt



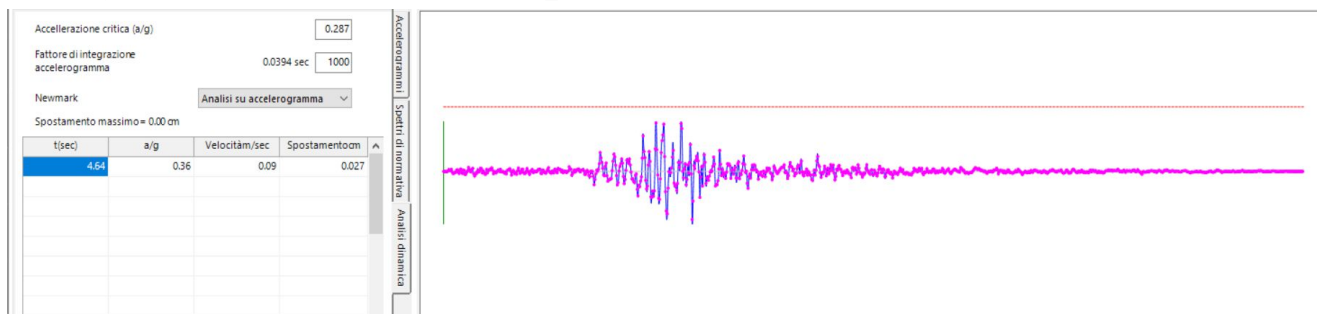
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO02_2.txt



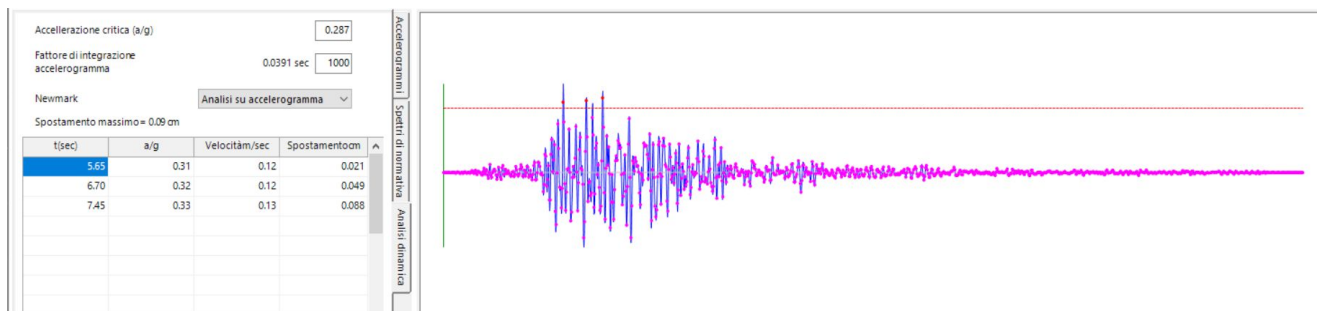
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO02_3.txt

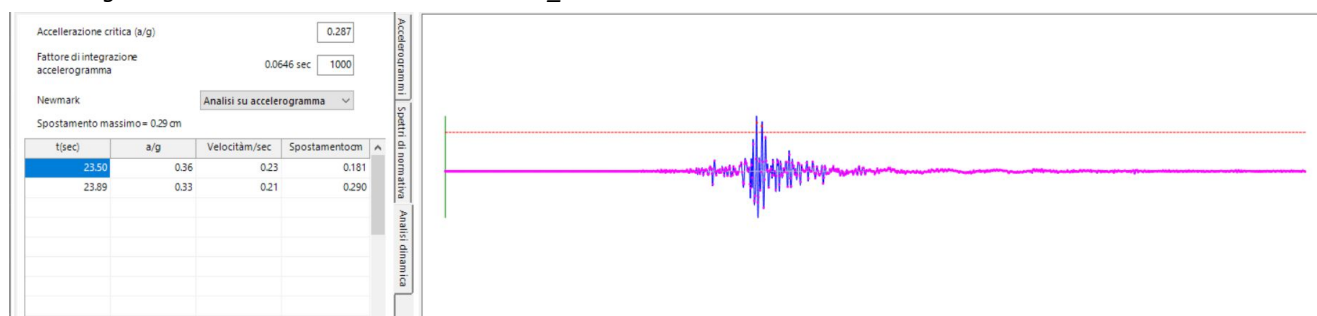
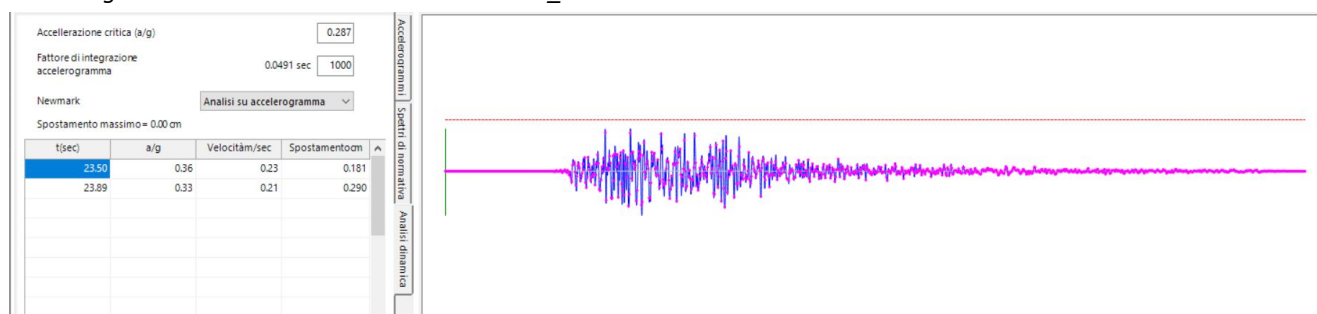


Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO02_4.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO02_5.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro002_6.txt*Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro002_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	4.0
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	-159.28	m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1220.58	m
Ascissa vertice destro superiore xs	100.41	m
Ordinata vertice destro superiore ys	1312.11	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	0.0615
Coefficiente azione sismica verticale	0.0307

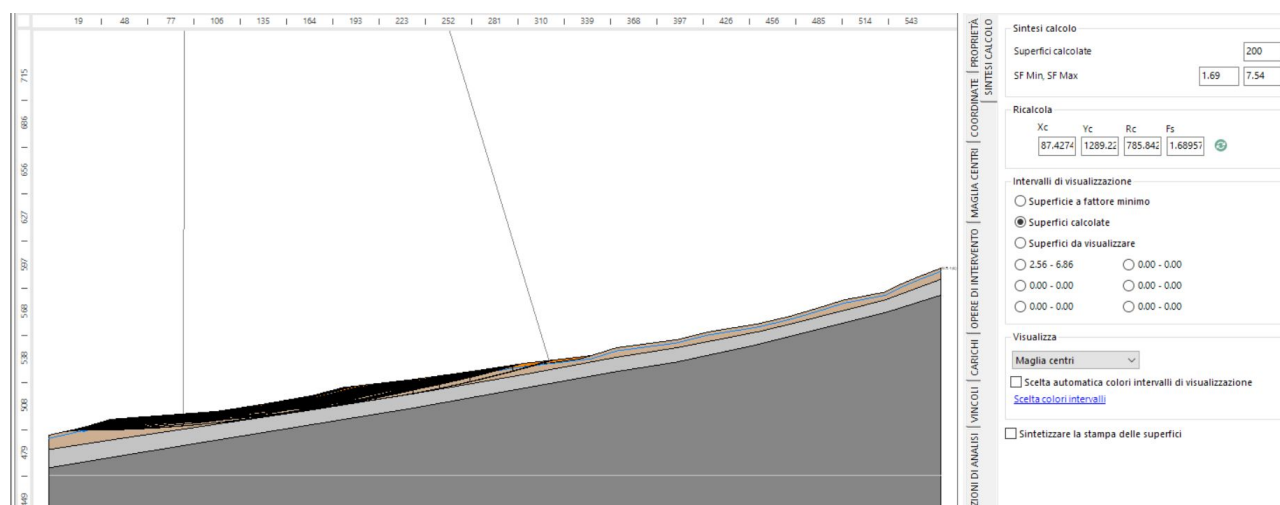
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.69
Ascissa centro superficie	87.43 m
Ordinata centro superficie	1289.23 m
Raggio superficie	785.84 m

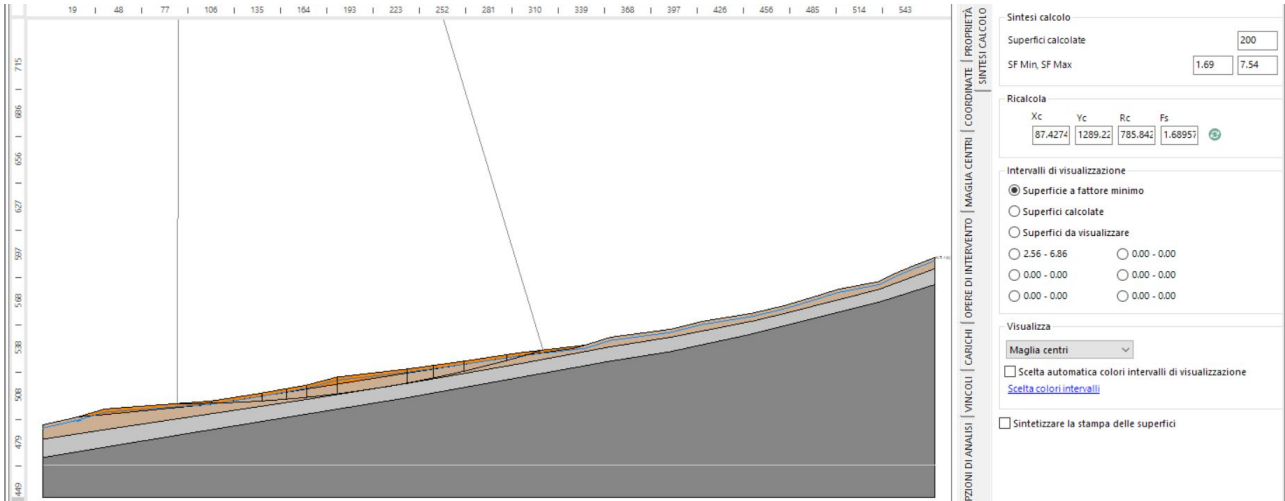
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

$x_c = 87.427$ $y_c = 1289.226$ $R_c = 785.843$ $F_s \text{ MINIMO} = 1.69$

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	21.59	0.6	21.6	28373.13	1744.95	871.06	0.05	21.0	0.0	28247.8	12808.0
2	32.0	2.5	32.0	195683.1	12034.51	6007.47	0.11	24.0	43260.7	149911.7	60413.2
3	15.46	4.3	15.5	170796.1	10503.96	5243.44	0.11	24.0	59150.0	109065.6	38937.4
4	12.54	5.3	12.6	171457.2	10544.62	5263.74	0.11	24.0	64598.9	104023.1	35761.8
5	19.0	6.4	19.1	332652.9	20458.16	10212.45	0.11	24.0	136075.4	190750.7	63108.4
6	44.0	8.8	44.5	840812.1	51709.95	25812.93	0.11	24.0	350351.1	472600.8	155323.3
7	16.53	11.0	16.8	264998.9	16297.43	8135.47	0.11	24.0	104722.2	153297.3	52313.1
8	19.47	12.3	19.9	265677.9	16339.19	8156.31	0.11	24.0	99816.3	157848.3	55860.2
9	26.56	14.1	27.4	254976.8	15681.08	7827.79	0.11	24.0	82236.6	162864.4	62614.3
10	23.02	15.9	23.9	80349.49	4941.49	2466.73	0.11	24.0	646.2	72952.3	36195.4



Superfici di scivolamento generate

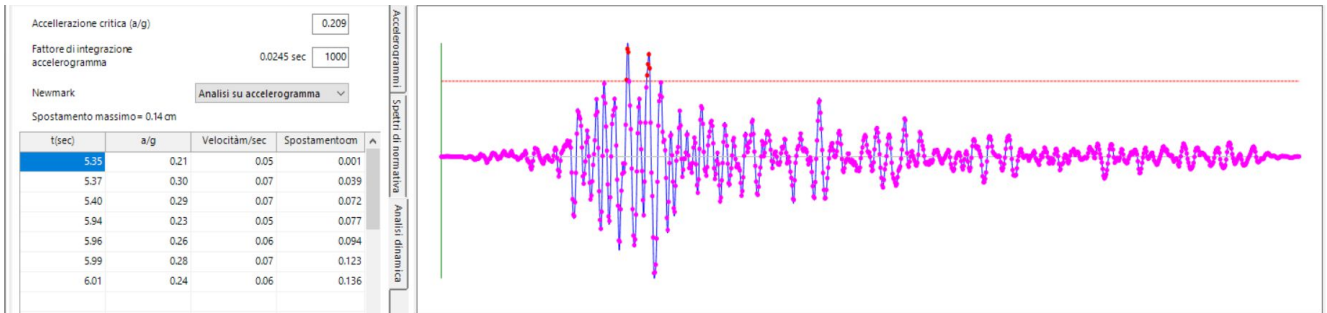


Superficie di scivolamento con FS minimo

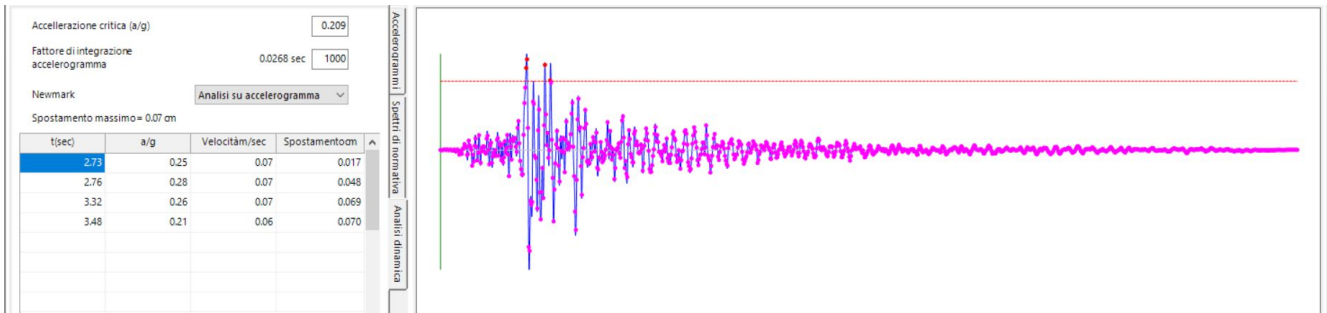
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.209
Spostamento massimo (cm)	0.99

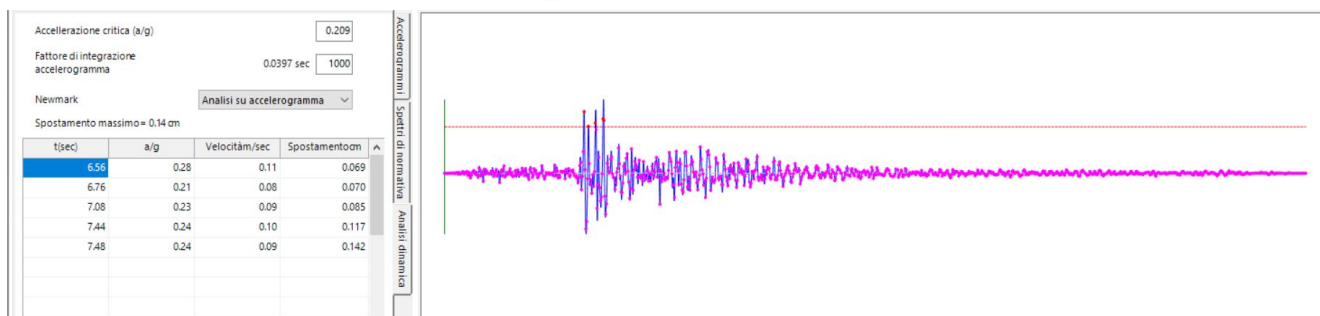
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_1.txt



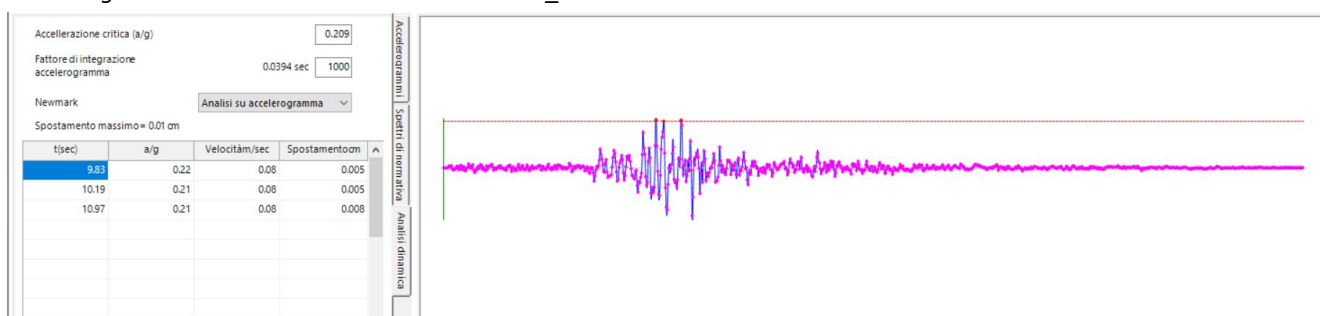
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_2.txt



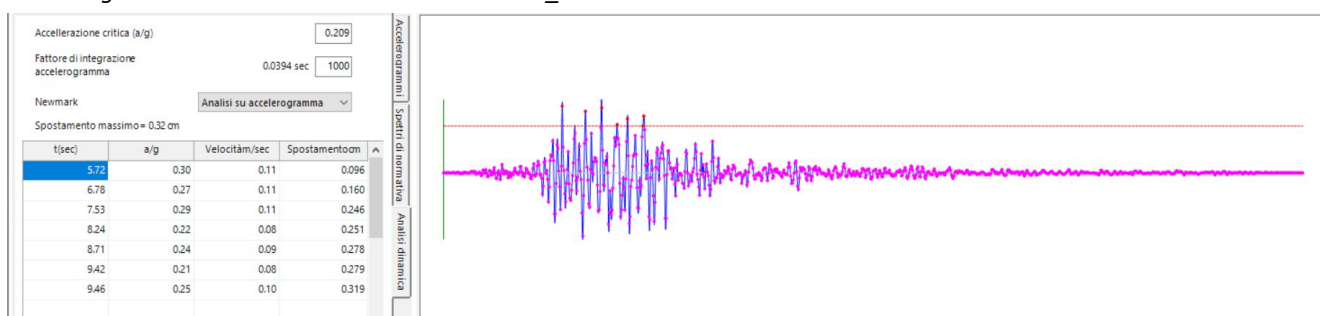
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_3.txt



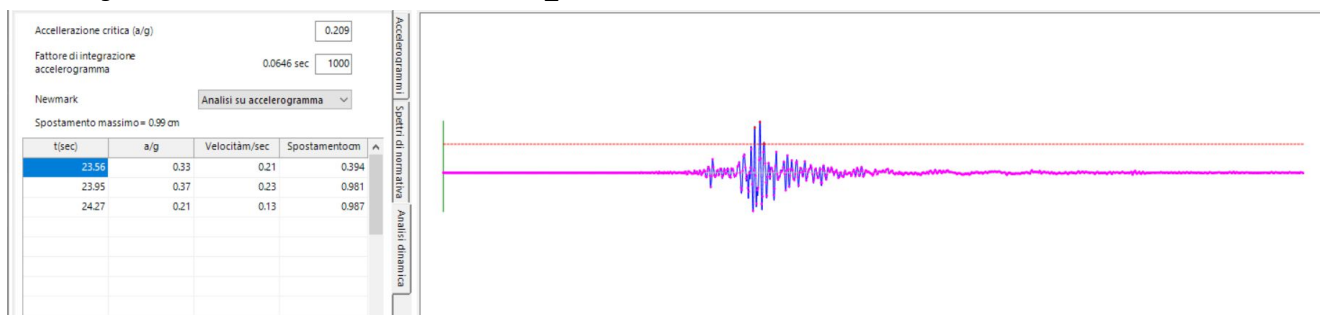
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_4.txt



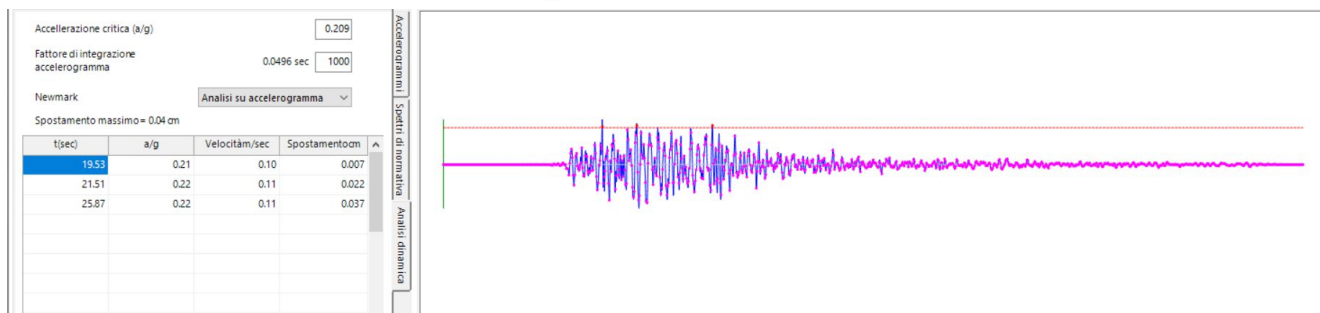
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_5.txt



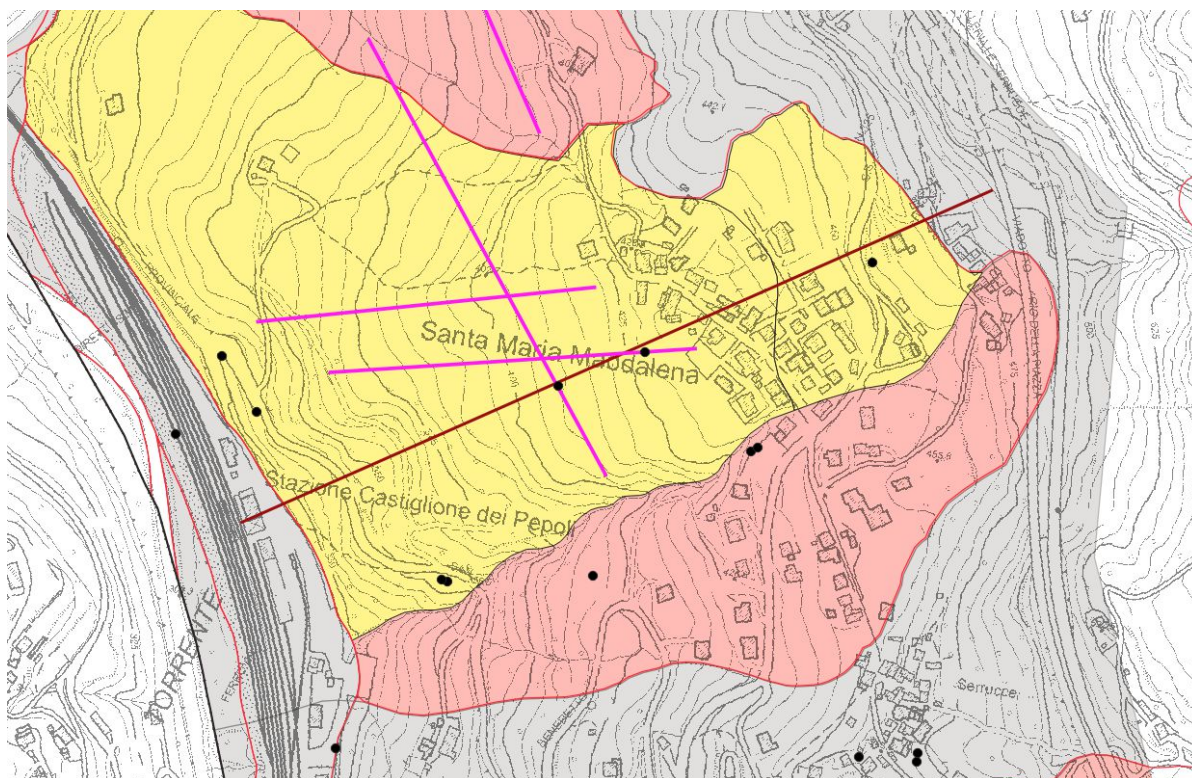
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_6.txt



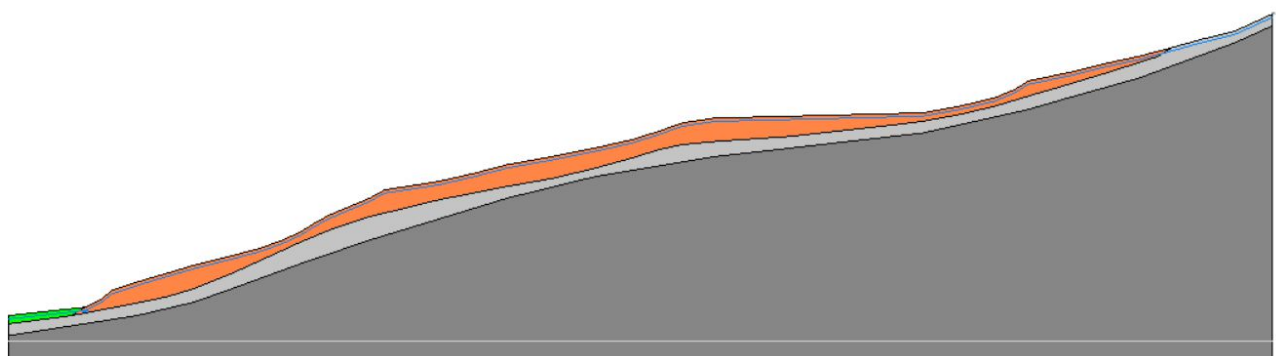
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro003_7.txt



3.3 Zona di attenzione per instabilità di versante a S. M. Maddalena (sezione 3)



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 3

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.10	0.80	23.00	1800.00	2000.00	Limi e argille sabbiose	
2	0.10	0.80	23.00	1800.00	2000.00	Limi e argille sabbiose	
3	0.40	3.50	45.00	2100.00	2300.00	Coperture detritiche e/o bedrock molto alterato	
4	1.00	10.00	45.00	2200.00	2400.00	Bedrock fratturato	

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	4.0
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	-659.68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2279.34 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1746.17 m
Ordinata vertice destro superiore ys	2493.88 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	0.0618
Coefficiente azione sismica verticale	0.0309

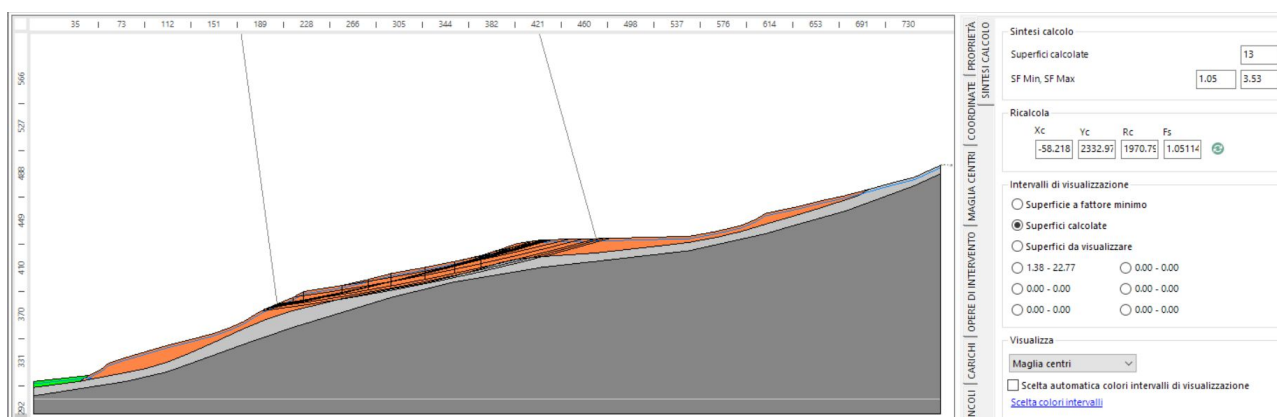
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.05
Ascissa centro superficie	-58.22 m
Ordinata centro superficie	2332.97 m
Raggio superficie	1970.79 m

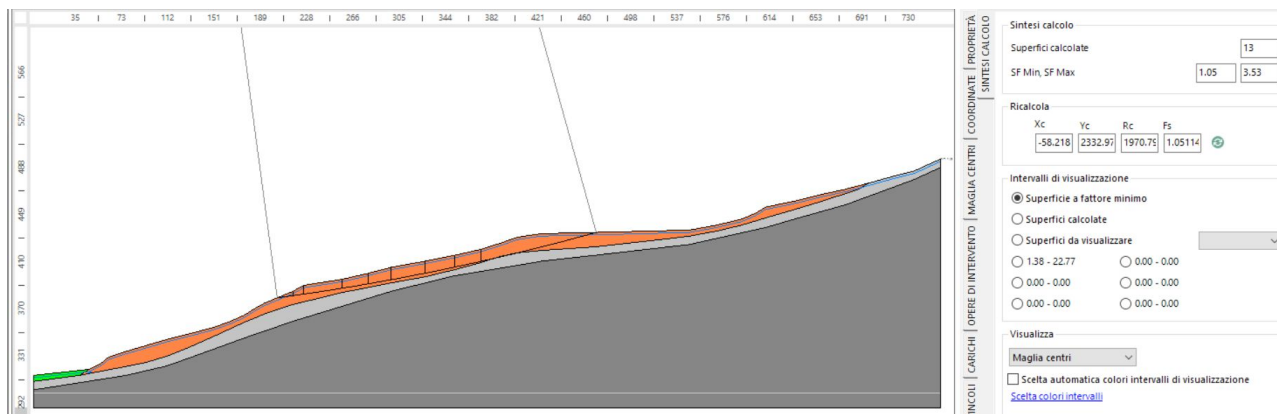
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

$x_c = -58.218$ $y_c = 2332.974$ $R_c = 1970.792$ $F_s \text{ MINIMO} = 1.051$

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	1.05	7.6	1.1	279.83	17.29	8.65	0.1	23.0	0.0	140.0	1071.9
2	12.0	7.8	12.1	42799.22	2644.99	1322.5	0.1	23.0	0.0	39432.2	27693.0
3	9.0	8.1	9.1	95576.59	5906.63	2953.32	0.1	23.0	31552.5	59980.2	33190.0
4	32.0	8.7	32.4	465351.3	28758.71	14379.36	0.1	23.0	174948.2	272202.2	142311.5
5	22.0	9.5	22.3	348997.4	21568.04	10784.02	0.1	23.0	134811.1	200067.0	103396.9
6	19.0	10.1	19.3	356426.1	22027.13	11013.57	0.1	23.0	143937.4	198272.1	99945.7
7	28.0	10.8	28.5	561825.1	34720.79	17360.39	0.1	23.0	230401.0	308434.5	154356.8
8	25.0	11.6	25.5	488787.7	30207.08	15103.54	0.1	23.0	199294.3	268299.3	135340.0
9	22.0	12.3	22.5	431062.3	26639.65	13319.83	0.1	23.0	175843.6	235781.5	119330.9
10	96.06	14.1	99.0	2144791.0	132548.0	66274.02	0.1	23.0	898939.6	1144914.0	573549.6



Superfici di scivolamento generate



Superficie di scivolamento con FS minimo

Accelerazione critica e analisi per spostamenti

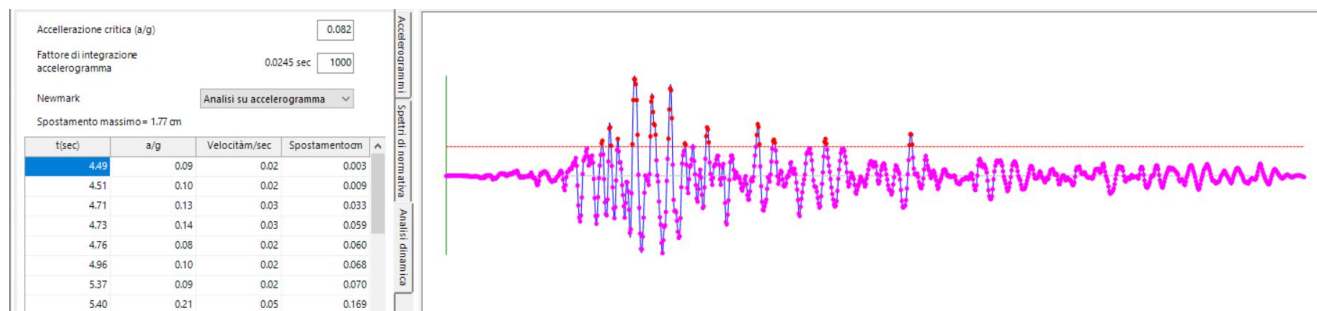
Accelerazione critica (a/g)

0.082

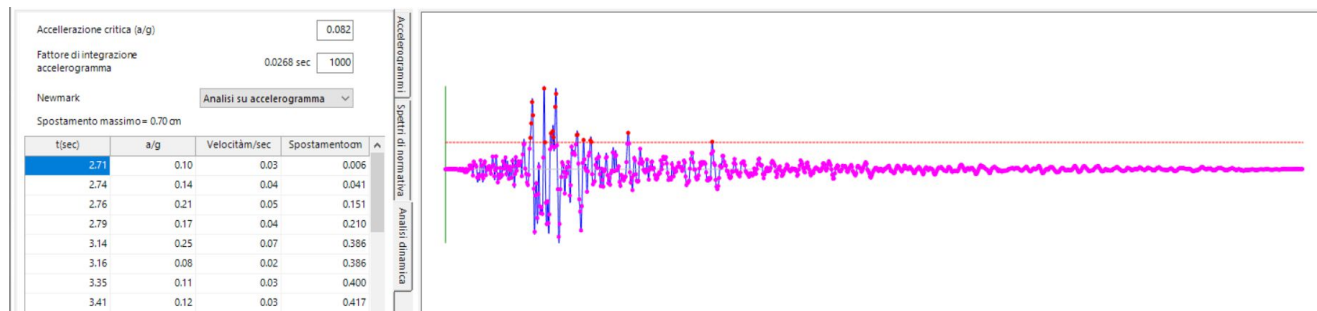
Spostamento massimo (cm)

6.37

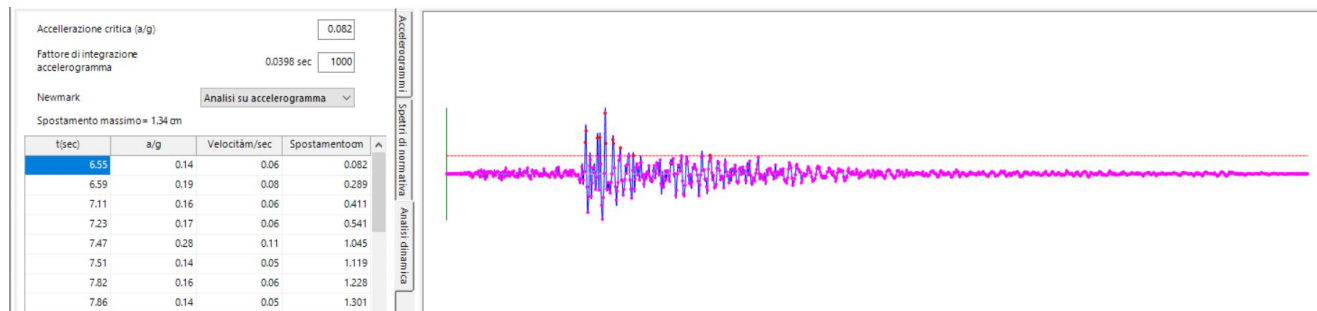
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_1.txt



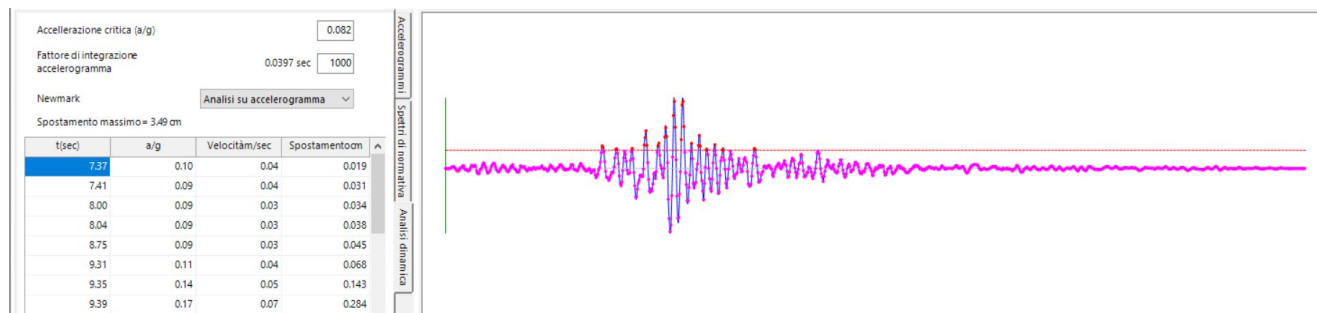
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_2.txt



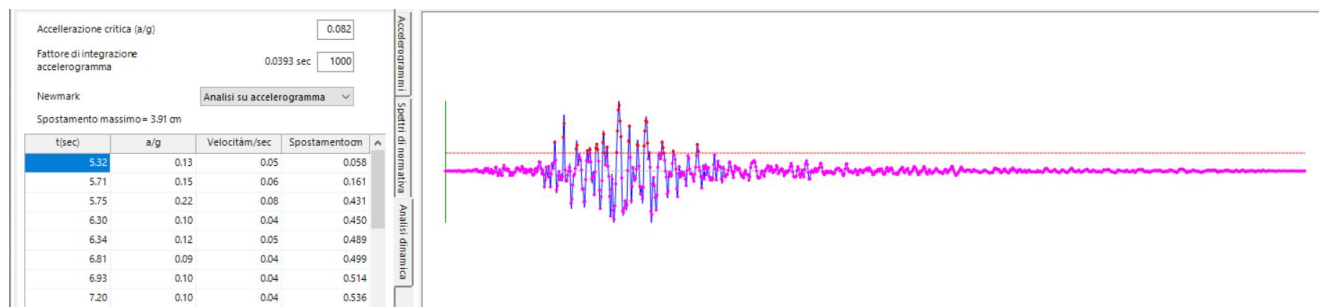
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_3.txt



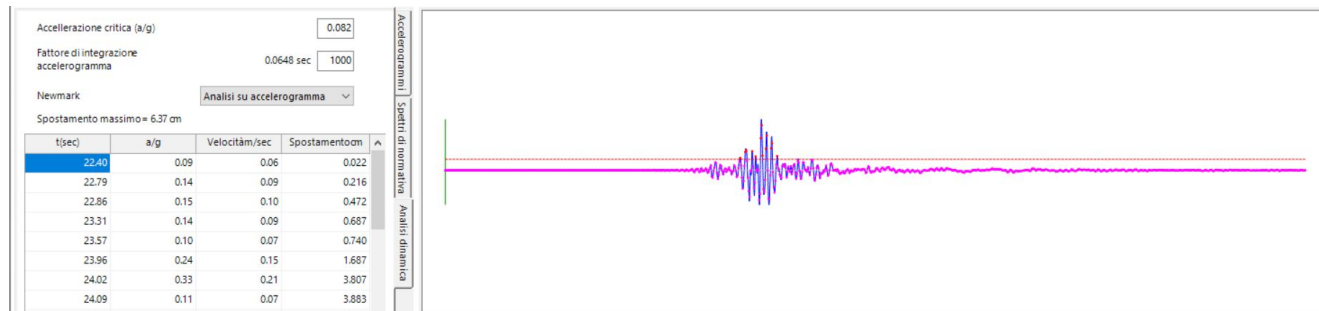
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_4.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_5.txt

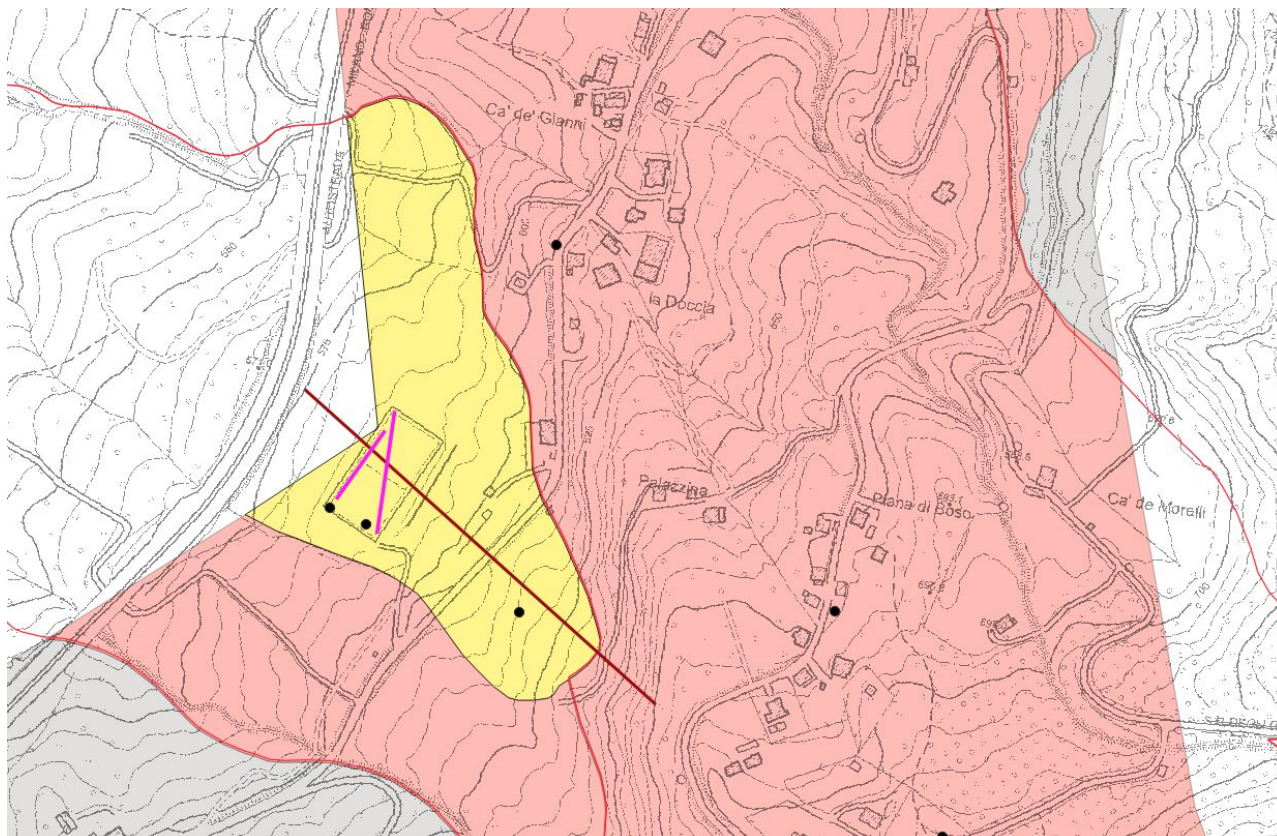


Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_6.txt

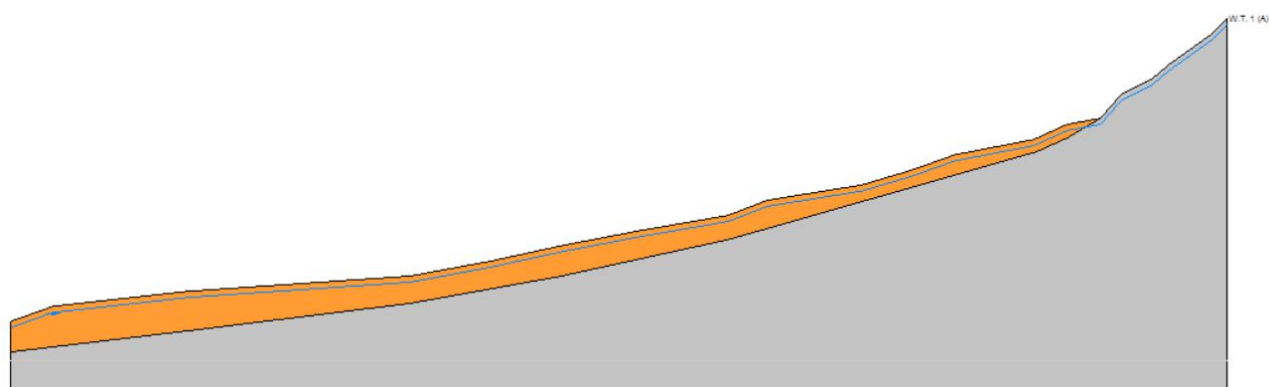


Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambroO05_7.txt

3.4 Zona di attenzione per instabilità di versante a Pian del Voglio (sezione 4)



Localizzazione dell'areale studiato (in evidenziato giallo)



Sezione 4

MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso unità di volume saturato (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.12	1.00	23.00	1800.00	2000.00	Limi e argille sabbiose	
2	1.00	10.00	45.00	2200.00	2500.00	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)

Lat./Long.	44.160238/11.210931 °
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	-168.07 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1112.17 m
Ascissa vertice destro superiore xs	389.77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1281.95 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	0.067
Coefficiente azione sismica verticale	0.033

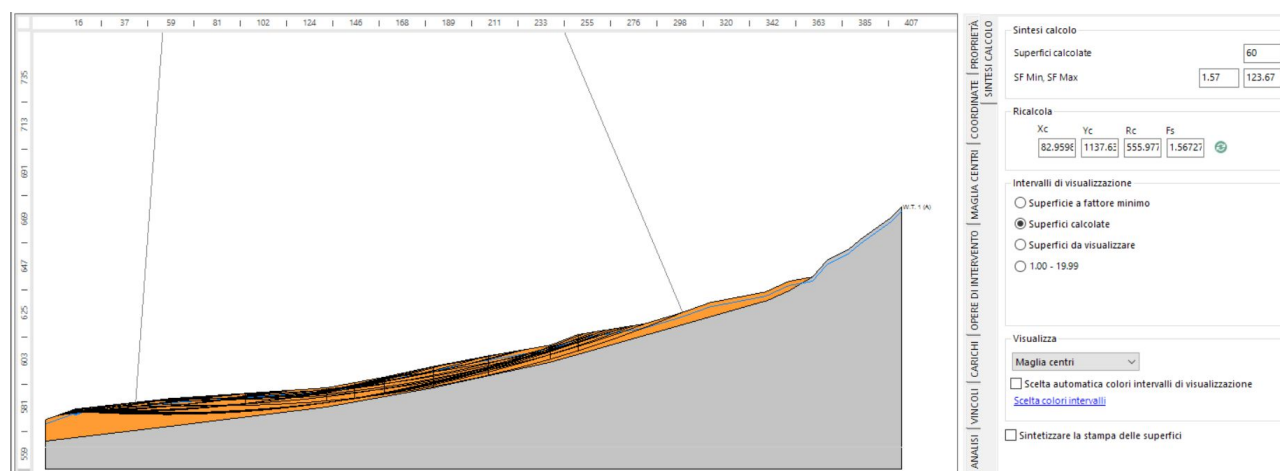
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.57
Ascissa centro superficie	82.96 m
Ordinata centro superficie	1137.64 m
Raggio superficie	555.98 m

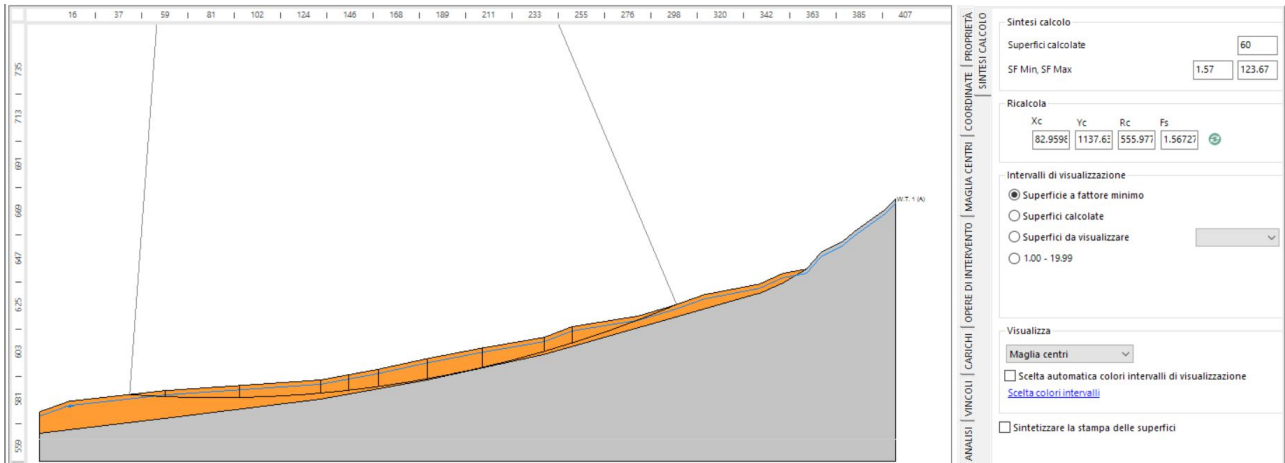
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

$x_c = 82.96$ $y_c = 1137.639$ $R_c = 555.977$ $F_s \text{ MINIMO} = 1.567$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	16.67	-3.3	16.7	44221.45	2962.84	1459.31	0.12	23.0	0.0	45761.3	25219.2
2	34.68	-0.7	34.7	297229.8	19914.4	9808.59	0.12	23.0	85713.1	212533.9	84116.7
3	38.32	3.1	38.4	461496.9	30920.29	15229.4	0.12	23.0	161361.6	294689.9	109345.9
4	13.03	5.7	13.1	170976.6	11455.44	5642.23	0.12	23.0	61917.5	105725.5	38851.9
5	13.97	7.1	14.1	210661.6	14114.33	6951.83	0.12	23.0	80097.6	125963.1	45243.2
6	23.0	9.1	23.3	400346.5	26823.22	13211.44	0.12	23.0	158682.3	231860.5	81642.0
7	26.0	11.6	26.5	480066.9	32164.48	15842.21	0.12	23.0	193130.6	273522.6	96375.8
8	29.0	14.5	30.0	454856.1	30475.36	15010.25	0.12	23.0	175113.3	264472.5	97690.2
9	13.0	16.8	13.6	180843.1	12116.49	5967.82	0.12	23.0	66970.2	107059.4	41142.0
10	49.08	20.2	52.3	298970.4	20031.02	9866.02	0.12	23.0	60803.1	217393.6	105372.1



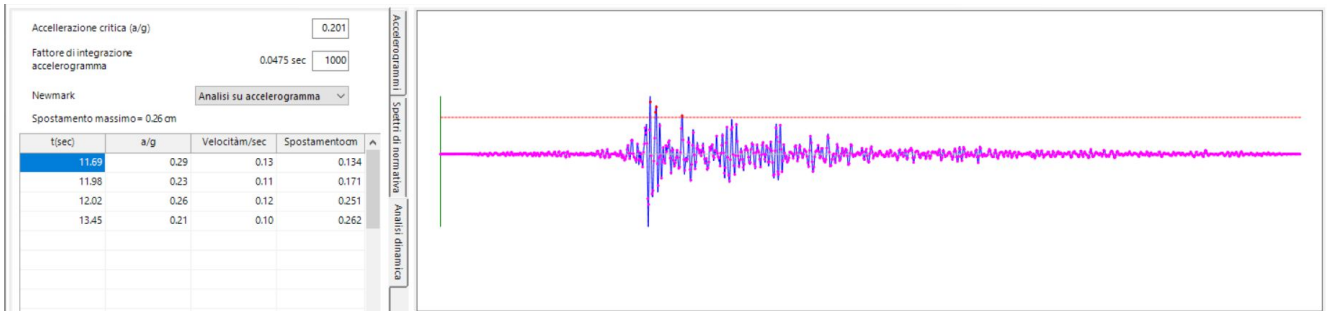
Superfici di scivolamento generate



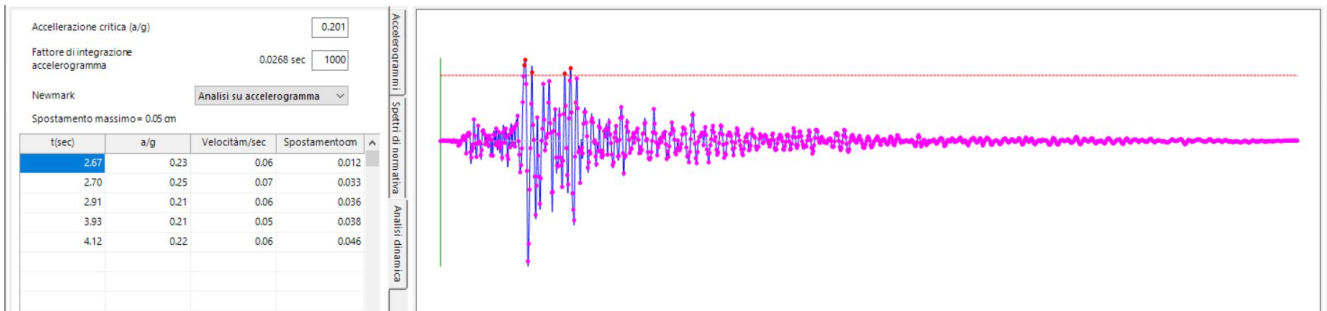
Accelerazione critica e analisi per spostamenti

Accelerazione critica (a/g)	0.201
Spostamento massimo (cm)	3.86

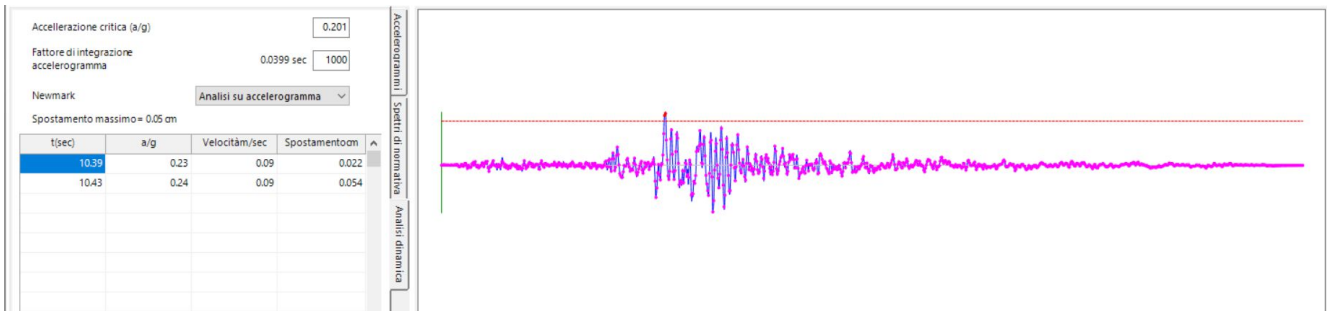
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_1.txt



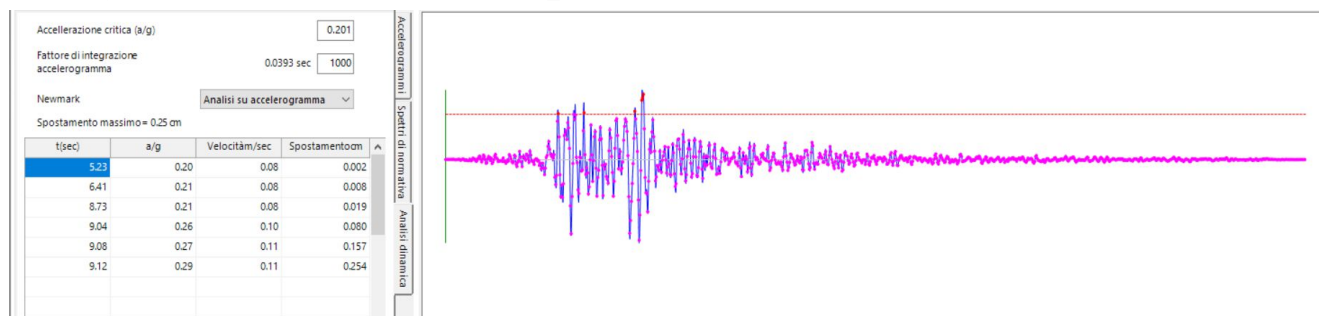
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_2.txt



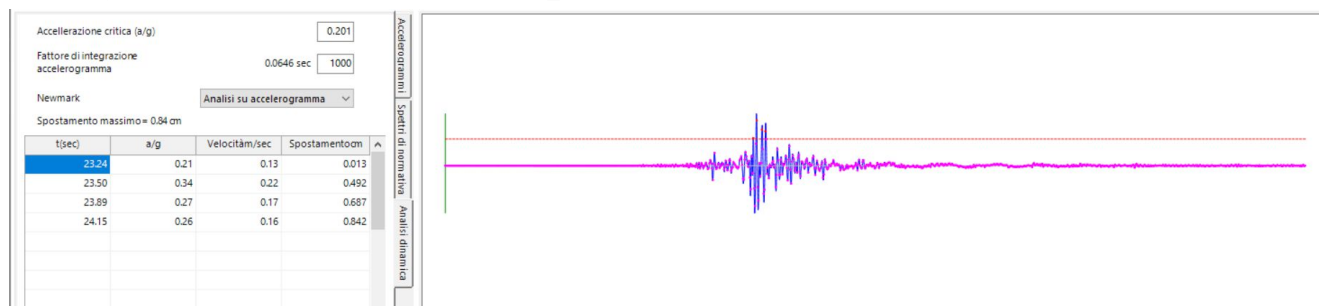
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_3.txt



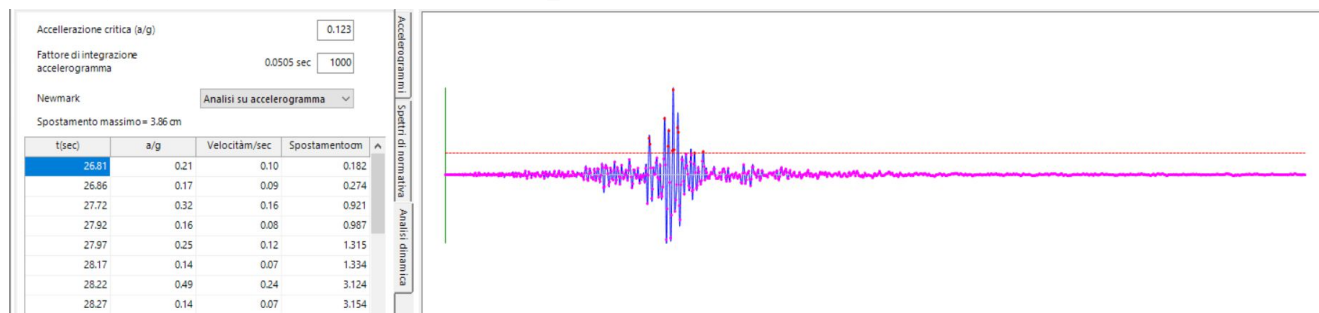
Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_4.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_5.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_6.txt



Accelerogramma: SanBenedettoValdiSambro006_7.txt

