

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA

Idraulica

Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura ai flussi detritici - Relazione

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3U 40 D 09 RG ID0002 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Apr-2020	A.Cappelli 	Apr-2020	A.Barreca 	Apr-2020	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783

File: RS3U.4.0.D.09.RG.ID.00.0.2.002.A

n. Elab.: 09_224

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 2 di 18

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. METODOLOGIA GENERALE.....	5
3. ASSETTO DEI VERSANTI E PROPENSIONE AL DISSESTO	6
4. STIMA DEI VOLUMI POTENZIALMENTE MOBILITABILI.....	13
5. VERIFICA DELLE OPERE IN PROGETTO.....	14
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	15
7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	16

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 3 di 18

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Corografia dell’area di studio con individuazione della tratta ferroviaria in progetto (rosso).....	5
Figura 2 - Vulnerabilità a fenomeni di flussi detritici - Flow chart.....	6
Figura 3 – Sistemi bacino-conoide 1 e 2, individuati tra la pk 0+400 e la pk 1+130.....	7
Figura 4 – Sistemi bacino-conoide 3, 4, 5, 6 e 7, individuati tra la pk 11+500 e la pk 13+350.....	8
Figura 5 – Pericolosità geomorfologica P.A.I. su estratto di foto aerea (fonte: Google Earth): bacini 1 e 2, non interessati da perimetrazioni PAI.	9
Figura 6 – Pericolosità geomorfologica P.A.I. su estratto di foto aerea (fonte: Google Earth): bacini 3, 4, 5, 6 e 7.....	10
Figura 7 – Pendenza conoide vs indice di Melton.....	13

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Principali “dissesti” e valori dei parametri morfometrici dei sistemi bacino-conoide di interesse.....	11
Tabella 2 – Valori dell’indice di Melton dei sistemi bacino-conoide di interesse.	12
Tabella 5: Lotto 4 : Grado di riempimento dei tombini	15

1. PREMESSA

Il presente elaborato è parte integrante del Progetto Definitivo della Tratta “*Caltanissetta Xirbi - Dittaino*” (Lotto 4a “*Caltanissetta Xirbi - Enna*”) della linea ferroviaria “*Nuovo Collegamento Palermo - Catania*”, nell’ambito dell’itinerario “*Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo*”.

L’area di studio si colloca nella porzione centrale della regione Sicilia, tra le province di Caltanissetta ed Enna. In particolare, il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa tra la stazione di Caltanissetta Xirbi e la nuova stazione di Enna, situata a Est del nucleo urbano. I comuni attraversati dall’opera sono essenzialmente quelli dei due capoluoghi, anche se il tracciato lambisce, senza attraversarli, i territori comunali di S. Caterina Villarmosa e Villarosa (cfr. Figura 1).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 4 di 18

La lunghezza complessiva del tracciato in progetto è di circa 27.5 km, dei quali circa 19.3 in sotterraneo; è infatti prevista la realizzazione di tre gallerie naturali, in particolare GN01 (circa 2260 m), GN02 (circa 3730 m) e GN03 (circa 13400 m).

La linea in progetto interferisce con una serie di corsi d'acqua rappresentati, da ovest verso est, dai torrenti Arenella e Anghillà e dai fiumi Salso e Morello. Il reticolo idrografico secondario è costituito da una fitta rete di corsi d'acqua a carattere generalmente stagionale e/o torrentizio, che intersecano in diversi punti il tracciato ferroviario.

L'analisi dell'assetto geomorfologico dei bacini di tali corsi d'acqua ha evidenziato che, per alcuni di essi, i dissesti presenti sui versanti potrebbero essere associati a fenomeni caratterizzati da flussi detritici e/o *debris flow*, che potrebbero a loro volta interessare le opere ferroviarie o la viabilità in progetto.

Si è proceduto dunque alla valutazione della possibile interferenza tra il tracciato in progetto ed eventuali fenomeni, sulla base di approcci speditivi disponibili nella letteratura tecnica che prevedono l'applicazione di opportune relazioni tra parametri morfometrici e quantitativi (i.e. volumi, portate).

Le analisi sono state condotte in conformità a quanto previsto nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I., 2004) della Regione Siciliana, nonché del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., 2015).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40 D 09	RG	ID0002 002	A	5 di 18

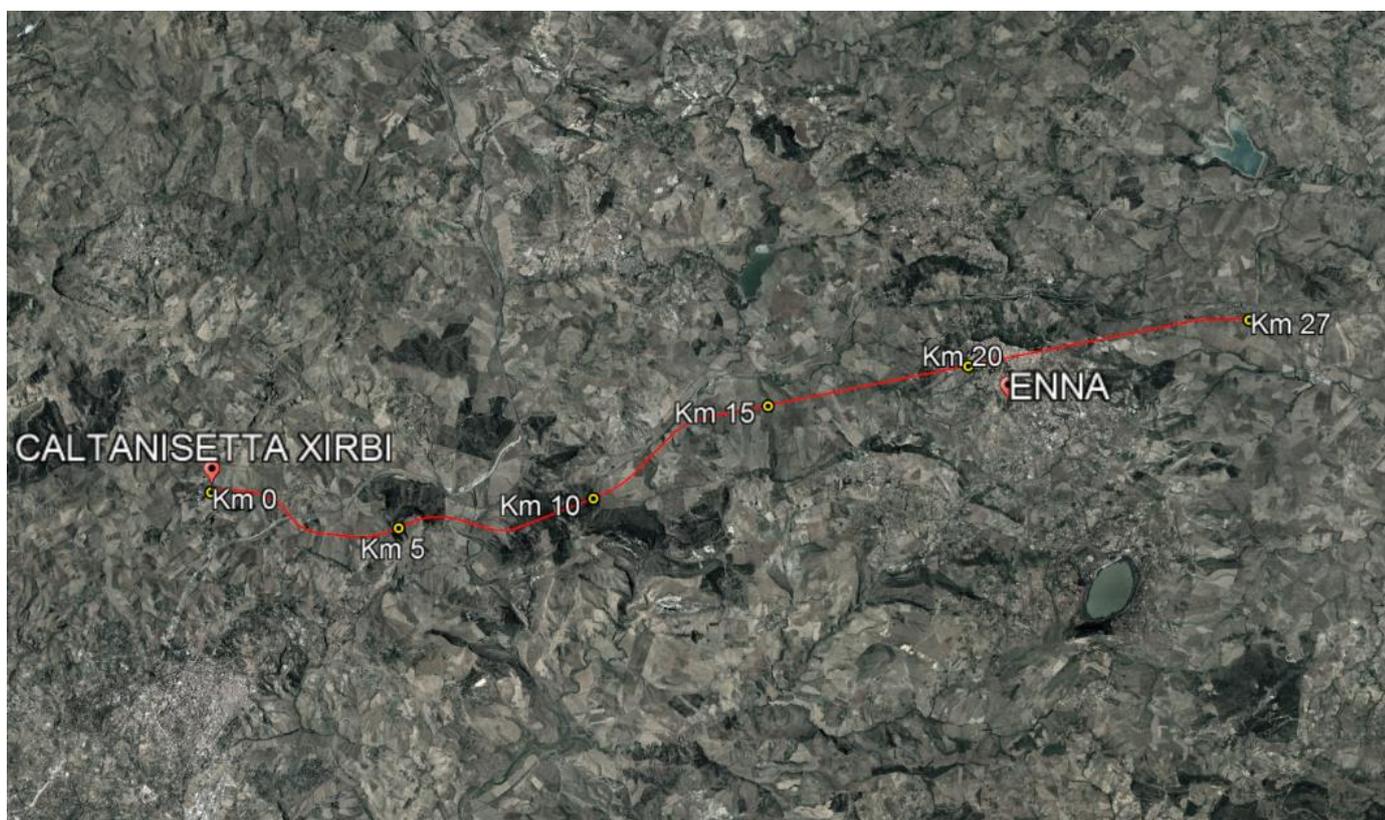


Figura 1 – Corografia dell’area di studio con individuazione della tratta ferroviaria in progetto (rosso).

2. METODOLOGIA GENERALE

L’analisi della vulnerabilità delle opere in progetto a potenziali fenomeni di flussi detritici è stata condotta rivolgendo particolare attenzione ai cosiddetti sistemi bacino-conoide interferenti con l’infrastruttura ferroviaria. La metodologia adottata per individuare le zone verosimilmente più suscettibili alla formazione di tali fenomeni si è sviluppata nelle seguenti fasi:

- Consultazione delle mappe di pericolosità geomorfologica e dei dissesti, sviluppate nell’ambito della redazione di Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) e durante le varie fasi progettuali (Carta geologico-geomorfologica);
- Analisi delle caratteristiche morfometriche dei sistemi bacino-conoide interferenti con le opere in progetto, sulla base di formulazioni ed abachi riportati in letteratura;
- Sopralluoghi, indagini in sito;

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 6 di 18

- Individuazione dei sistemi bacino-conoide potenzialmente suscettibili a fenomeni di flussi detritici;



Figura 2 - Vulnerabilità a fenomeni di flussi detritici - Flow chart.

3. ASSETTO DEI VERSANTI E PROPENSIONE AL DISSESTO

L'analisi dell'assetto geomorfologico dei bacini dei corsi d'acqua minori interferenti con la linea ferroviaria (per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specialistici - Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica e Carta geologico-geomorfologica) ha evidenziato all'interno di alcuni di essi, sottesi soprattutto da *conoide di deiezione alluvionale*, la presenza di aree a pericolosità geomorfologica, corrispondenti a frane e/o fenomeni d'instabilità progressivi, così come individuati nell'ambito del P.A.I. della Regione Siciliana, nonché riportati nella Banca dati IFFI (*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*) e nella cartografia allegata alla

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40 D 09	RG	ID0002 002	A	7 di 18

documentazione progettuale. La presenza di conoidi indica il manifestarsi di attività di trasporto (ad es. *fluvial* o *debris flow*) e la deposizione di materiale solido derivante dal normale trasporto di materiale da parte del corso d'acqua e dal possibile innesco di un singolo o di più movimenti franosi, che si sono susseguiti nel tempo sui versanti di un bacino. In generale, anche laddove non si siano già verificati in passato fenomeni di flussi detritici, la valutazione del loro possibile innesco può essere condotta, in via speditiva, sulla base ad approcci disponibili nella letteratura tecnica, che prevedono l'applicazione di opportune relazioni tra alcuni parametri morfometrici che caratterizzano i sistemi bacino-conoide interferenti con il tracciato in progetto.

A partire dalle informazioni riportate nelle mappe di pericolosità geomorfologica del P.A.I., negli elaborati specialistici di geologia sopra citati, nonché riscontrate durante i sopralluoghi, sono state individuate alcune aree in cui è risultato necessario procedere con approfondimenti ed analisi per la loro propensione al dissesto. In particolare, sono stati presi in esame 7 bacini idrografici, così come individuati nelle figure seguenti.

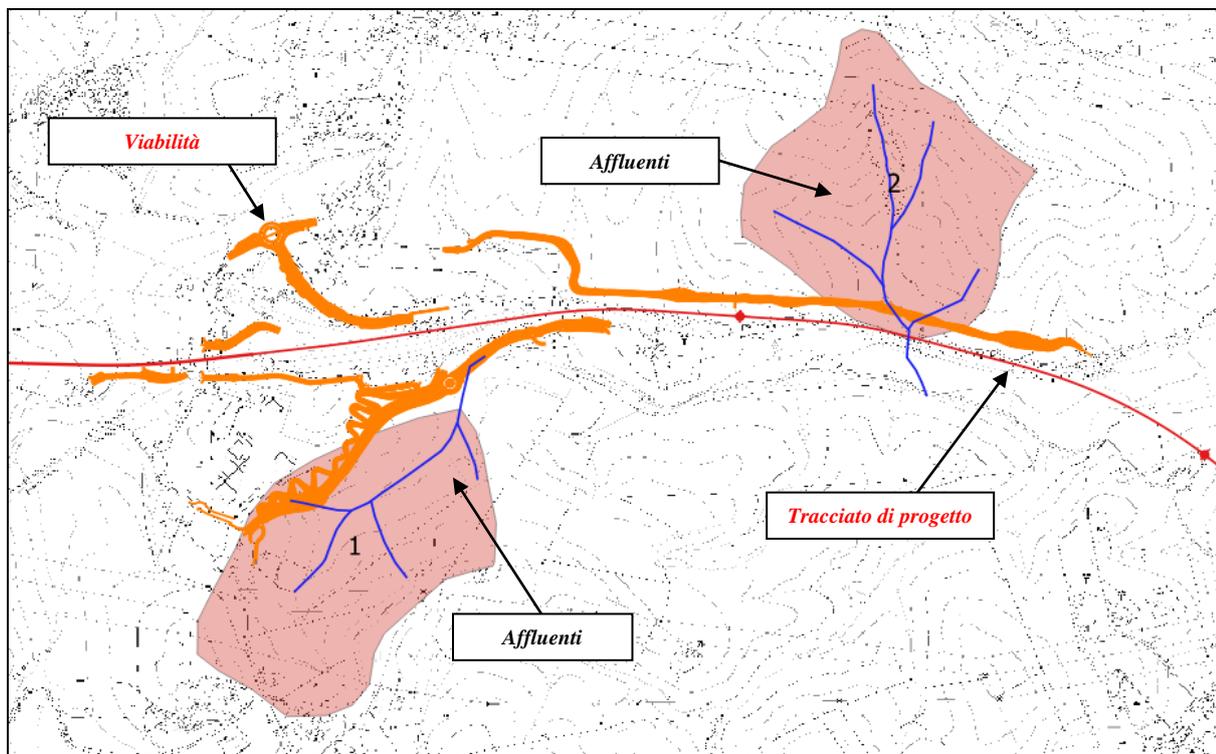


Figura 3 – Sistemi bacino-conoide 1 e 2, individuati tra la pk 0+400 e la pk 1+130.

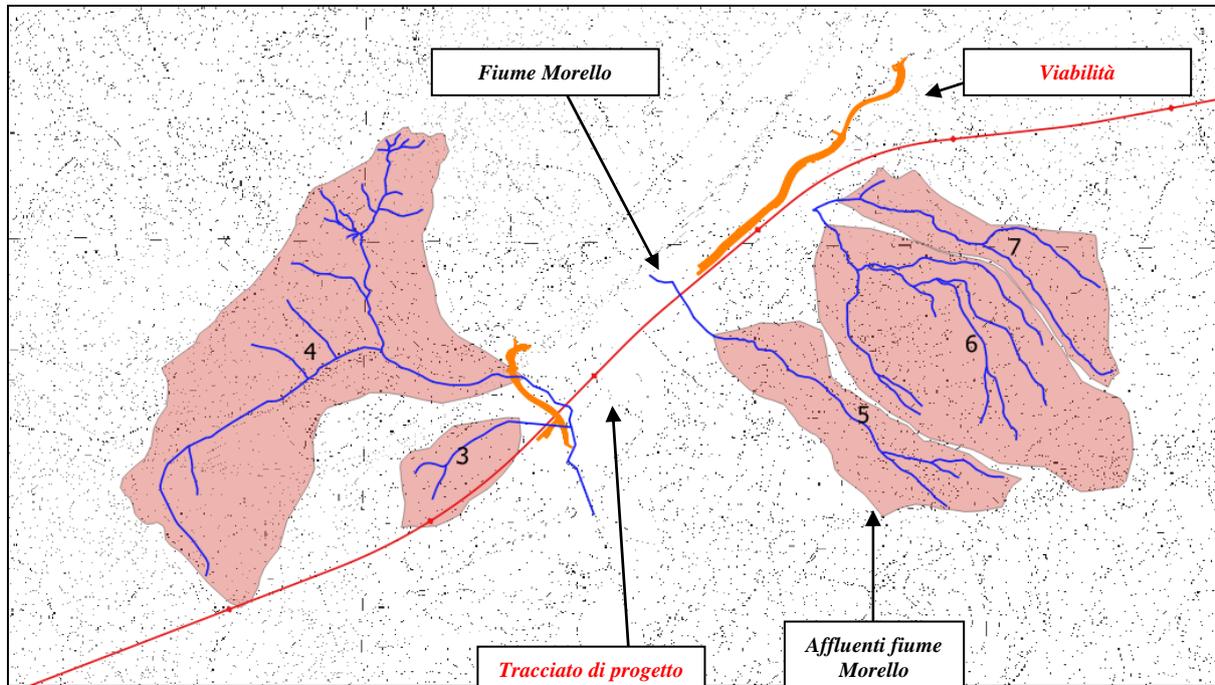


Figura 4 – Sistemi bacino-conoide 3, 4, 5, 6 e 7, individuati tra la pk 11+500 e la pk 13+350.

Di seguito sono individuate le aree di pericolosità geomorfologica, nonché i dissesti individuati nell'ambito della redazione del P.A.I. – Regione Siciliana, nonché nella Banca Dati IFFI, all'interno dei sistemi “bacino – conoide” in esame.

Pericolosità geomorfologica	
Classe di pericolosità	
	P0 - bassa
	P1 – moderata
	P2 – media
	P3 - elevata
	P4 – molto elevata

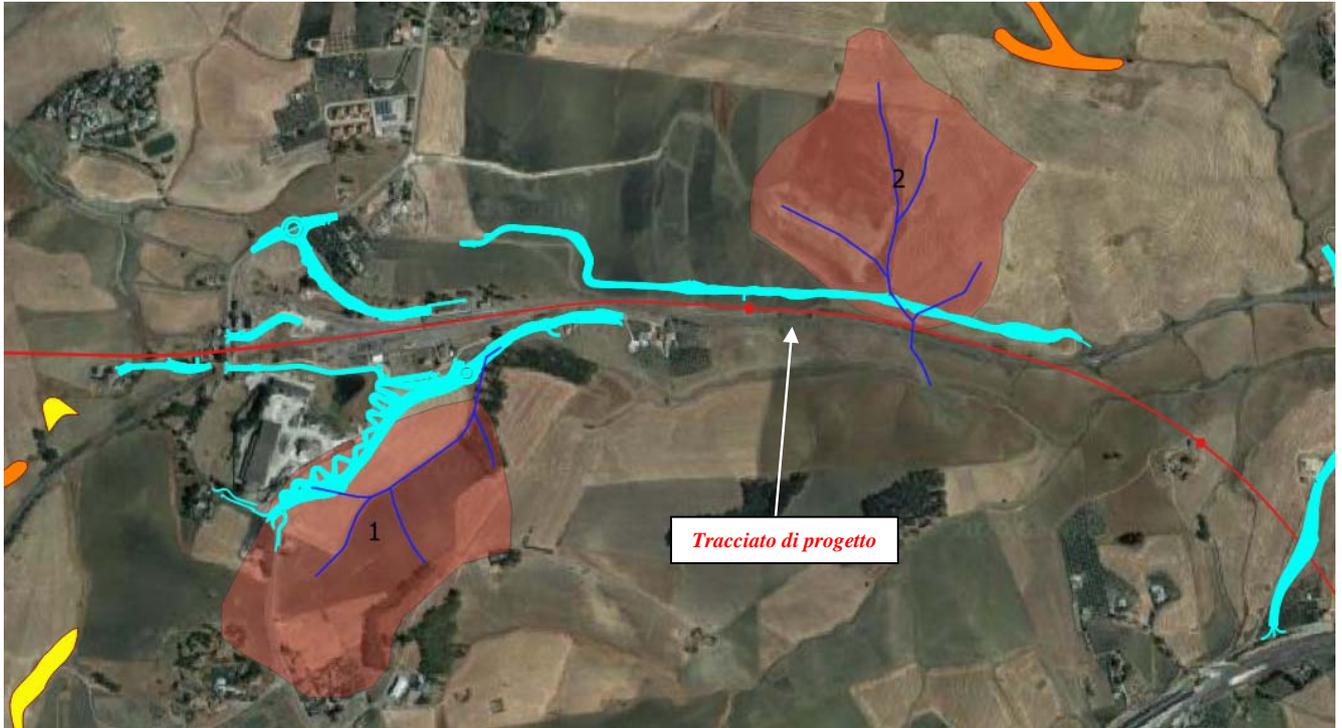


Figura 5 – Pericolosità geomorfologica P.A.I. su estratto di foto aerea (fonte: Google Earth): bacini 1 e 2, non interessati da perimetrazioni PAI.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 10 di 18

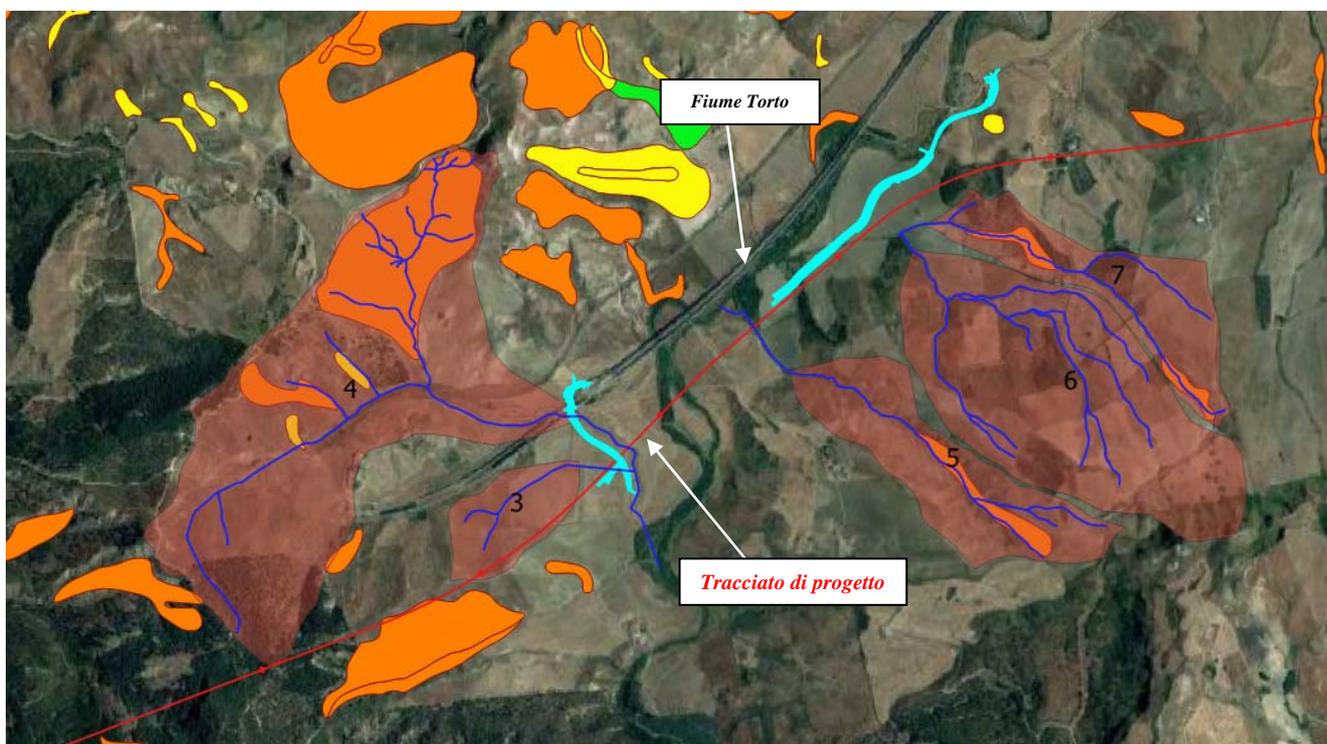


Figura 6 – Pericolosità geomorfologica P.A.I. su estratto di foto aerea (fonte: Google Earth): bacini 3, 4, 5, 6 e 7.

I sistemi bacino-conoide presi in esame sono caratterizzati da aree a **pericolosità geomorfologica P1 (moderata)** o **P2 (media)**.

I principali dissesti (P.A.I.) sono classificati come “*erosione concentrata o diffusa*”, “*franosità diffusa*” (soltanto nel sistema bacino-conoide 4, con pericolosità geomorfologica P1) e “*calanco*” (soltanto nel sistema bacino-conoide 5, con pericolosità geomorfologica P1).

Analizzati questi aspetti, si è proceduto alla determinazione dei parametri morfometrici (ad es. area del bacino; quota massima H_{max} , quota minima H_{min} , quota media H_{med}) dei sistemi bacino-conoide individuati, valutati mediante elaborazioni geostatistiche in ambiente GIS della cartografia DTM del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (risoluzione spaziale 2x2 m) fornito dalla Regione Sicilia (fonte: http://map.sitr.regione.sicilia.it/ArcGIS/services/DTM_2m/MapServer/WCSServer).

Nella tabella seguente sono riepilogati e descritti i principali “*dissesti*” individuati nei sistemi bacino-conoide di interesse nell’ambito delle analisi ed attività svolte nel presente progetto (e.g. sopralluoghi, fotointerpretazione, ...) e nel Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I., 2004), nonché nella Banca Dati IFFI, e i dati individuati per ciascun bacino dei parametri morfometrici.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A) IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
	Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A

Corso d'acqua	ID Bacino	Opera presente nell'area	Dissesti (PAI-IFFI)	Dissesti Carta geologico-geomorfologica	Area Bacino (m ²)	Hmax	Hmin	Hmed	Coordinate chiusura bacino
Affluente	1	Viabilità	NO	Colamento lento	233023.18	468.2	403.52	435.9	2436755.9, 4154609.0
Affluenti	2	Viabilità	NO	Colamento lento/ area a franosità diffusa/ movimenti complessi/soliflusso	227885.4	486.2	390	438.1	2437667.2, 4154751.7
Affluente Torrente Morello	3	Viabilità	NO	Soliflusso/ colamenti lenti	177804.75	421.3	332.43	376.9	2447031.3, 4155271.2
Affluente Torrente Morello	4	Viabilità	Erosione concentrata o diffusa/ franosità diffusa	Soliflusso	1596062.14	544	331.09	437.5	2447056.2, 4155454.0
Affluente Torrente Morello	5	Viadotto	Calanchi	Movimenti complessi/soliflusso	449453.17	637.9	341.35	489.6	2447914.2, 4155654.0
Affluente Torrente Morello	6	Viabilità	NO	Movimenti complessi/soliflusso	1007671.58	566.5	345.98	456.2	2448427.6, 4156162.3
Affluente Torrente Morello	7	Viabilità	erosione concentrata o diffusa	Area a franosità diffusa/ movimenti complessi/soliflusso	373734.67	766.2	347.1	556.7	2448470.5, 4156274.5

Tabella 1 – Principali “dissesti” e valori dei parametri morfometrici dei sistemi bacino-conoide di interesse.

Per definire la tipologia o il meccanismo di trasporto che caratterizza un sistema *bacino-conoide*, è stato calcolato per ciascun bacino individuato l'indice di Melton, determinabile tramite la seguente formulazione (Melton, 1965):

$$R = Ab^{-0.5} \cdot (Q_{b,max} - Q_{b,min})$$

in cui $Q_{b,max}$ e $Q_{b,min}$, rappresentano rispettivamente la quota massima e la quota minima del bacino idrografico considerato.

Tale indice viene correlato alla pendenza S_f del conoide tramite la relazione:

$$S = q \cdot R^n$$

dove q e n sono parametri dimensionali determinati sperimentalmente.

In letteratura (Marchi *et al.*, 1993; De Scally&Owens, 2004; Santangelo, 2006) sono disponibili anche grafici/abacchi che mettono in relazione l'indice di Melton con la pendenza del conoide al fine di determinare i valori soglia delle due variabili per le diverse tipologie di trasporto.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 12 di 18

Secondo l'abaco proposto da DeScally&Owens (2004) riportato in Figura 7, elaborato sulla base dell'analisi di un numeroso *dataset* relativo a conoidi alluvionali e/o legati a fenomeni di flussi detritici (*debris flow*) possiamo notare come siano stati evidenziati diversi settori, di cui il primo, caratterizzato da pendenze medie del conoide minori di 7.5° e valori dell'indice di Melton minori di 0.75, è costituito solo da sistemi con trasporto prevalente da "*fluvialflows*"; il secondo presenta invece un trasporto caratteristico da "*debris flow*", con valori della pendenza del conoide maggiori di 7.5° e dell'indice di Melton maggiori di 0.75. Per pendenze inferiori a 7.5° ed indici di Melton maggiori di 0.75 si rinviene invece una zona di coesistenza tra le due tipologie ("*fluvial and debris flow*"), all'interno del quale risulta abbastanza incerta la definizione del tipo di trasporto.

In particolare, analizzando i dati desunti dai calcoli sopra citati si può notare, come riportato nella successiva Tabella 2, che in generale per i bacini in studio non si siano registrati valori dell'indice di Melton $R > 0.75$. Il calcolo della pendenza di ciascun conoide ha portato a definire un valore inferiore a 7.5° per tutti i bacini analizzati, risultando così fuori dal limite di rischio di innesco di eventuali fenomeni di *debris flow*.

I valori dell'indice di Melton (R) dei sistemi bacino-conoide in esame sono riportati nella tabella seguente.

<i>ID Bacino</i>	<i>Indice di Melton</i>	<i>Pendenza conoide (°)</i>
1	0.134	0.76
2	0.202	2.23
3	0.211	1.49
4	0.168	1.17
5	0.442	2.18
6	0.220	1.92
7	0.686	2.45

Tabella 2 – Valori dell'indice di Melton dei sistemi bacino-conoide di interesse.

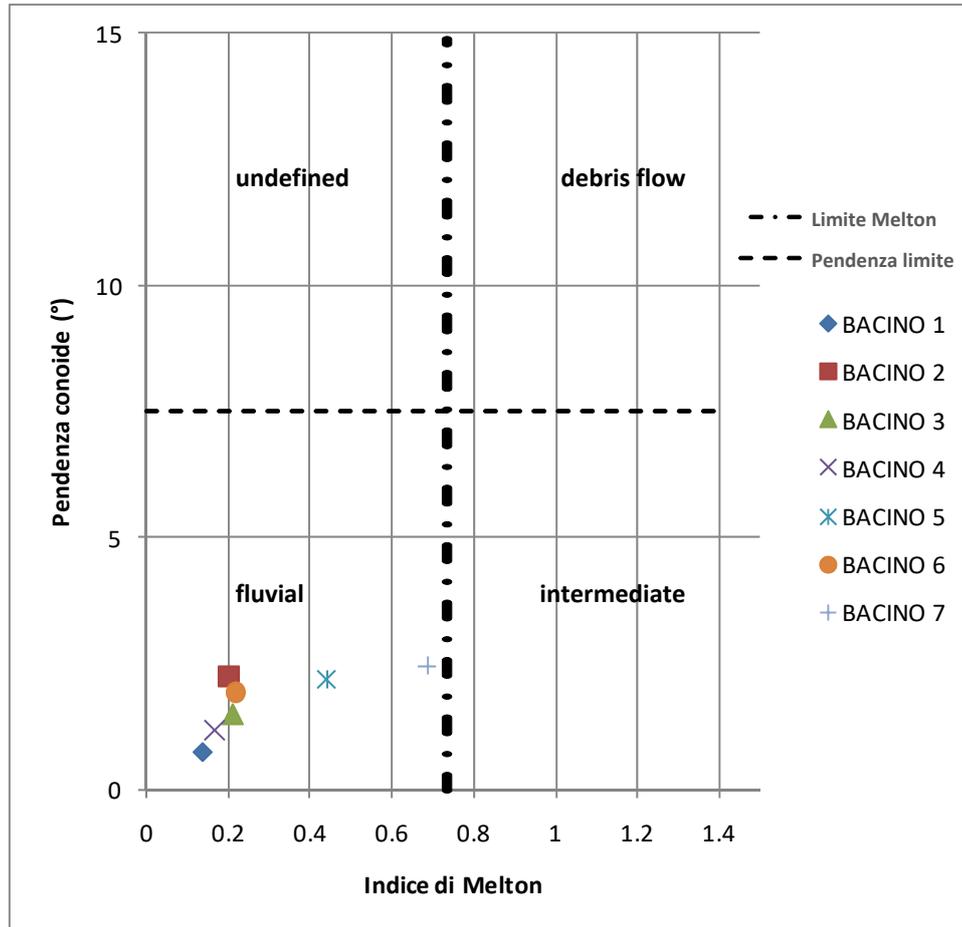


Figura 7 – Pendenza conoide vs indice di Melton.

4. STIMA DEI VOLUMI POTENZIALMENTE MOBILITABILI

In assenza di evidenze pregresse di fenomeni di flussi detritici, e soprattutto in assenza di sistemi bacino-conoide suscettibili a fenomeni di *debris flow*, il volume di materiale potenzialmente mobilitabile non è stato stimato in quanto i bacini analizzati non necessitano di tale calcolo.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 14 di 18

5. VERIFICA DELLE OPERE IN PROGETTO

Sulla base delle osservazioni effettuate in campo, nell'intera area esaminata i bacini sono caratterizzati dalla presenza di dissesti, la cui natura contribuisce all'apporto di materiale solido in alveo. La principale componente osservata è quella terrosa-vegetativa.

La deposizione del materiale d'alveo, trasportato dalla corrente idrica, viene presa in considerazione per il dimensionamento delle nuove opere di attraversamento, in quanto la luce libera di sottotrave può ridursi appunto a causa dell'interrimento.

Nell'ambito del presente studio, la progettazione delle opere di attraversamento minori, è stata sviluppata in modo da garantire un grado di riempimento minore del massimo richiesto dalla Normativa (NTC2018).

Si riportano nelle seguenti tabelle i gradi di riempimento massimi dedotti dalle verifiche idrauliche.

Lotto4

WBS			Interferenza	GR	Vincoli	50%<GR < 56%	40%<GR < 50%	GR < 40%
IN02		0.638	TR01 / NV04B	53%	Tombino di altezza vincolata alla livelletta stradale	x		
IN03		0+905	RI01	54%		x		
IN51		1+898	RI53	40%				x
IN52		2+062	TR52	22%				x
IN53		2+202	RI54	34%				x
IN54		2+310	RI54	27%				x
IN04		3+744	RI09	48%			x	
IN05		3+921	RI09	33%				x
IN06		3+976	RI09	50%			x	
IN07		6+505	RI10	15%				x
	NI10	11+742	NV02 0+334	44%			x	
	NI11	11+752	NV02 0+262	56%	Tombino di altezza vincolata alla livelletta stradale	x		
IN40		12+532	VI07					

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A) IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
	Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A

WBS		Interferenza	GR	Vincoli	50% < GR < 56%	40% < GR < 50%	GR < 40%
IN08	12+973	RI13 NV98	15%				X
	NI07 4+170	NV90	24%				X
	NI14 24+108	NV03	28%				X
	NI15 24+406	NV03	20%				X
	NI16 25+206	NV03	12%				X

Tabella 3: Lotto 4 : Grado di riempimento dei tombini

I tombini in progetto presentano un grado di riempimento inferiore al 56% mentre la normativa (NTC2018) impone un valore massimo del 67%.

Per i tombini IN02 e NI11, il GR maggiore del 50% è dovuto ai vincoli imposti nelle dimensioni delle opere.

Vista la criticità dell'area e il possibile innesco di trasporto solido, saranno da raccomandare ispezioni manutentive periodiche per la rimozione del materiale depositato/accumulato. Le azioni sono necessarie al fine del mantenimento del franco idraulico di progetto. Si suggerisce una frequenza di 6-9 mesi e alla fine di ogni evento di piena. Si prevede inoltre la predisposizione di griglie all'ingresso dei tombini o a monte degli scotolari di salto, al fine di trattenere eventuale trasporto vegetativo

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di analisi morfometriche speditive, sopralluoghi, indagini in sito e consultazione dei Piani di Assetto Idrogeologici attualmente in vigore, sono stati individuati i sistemi bacino-conoide interferenti con la linea ferroviaria in progetto, potenzialmente suscettibili a fenomeni di flussi detritici.

Si precisa che le analisi svolte sono estremamente cautelative, viste le ipotesi alla base della metodologia applicata; nello specifico:

- si assume che si verifichino le condizioni favorevoli all'innesco di un flusso detritico (la fase di innesco non è studiata in dettaglio);
- si assume che il flusso detritico si propaghi fino all'opera in progetto.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 16 di 18

In realtà, l'innescò di un flusso detritico dipende da numerosi fattori; in particolare, per l'innescò di un flusso detritico sono necessarie tre condizioni:

- 1) presenza di materiale detritico prontamente mobilizzabile;
- 2) acclività dell'incisione adeguata;
- 3) apporto di una quantità sufficiente di acqua per mobilizzare il materiale.

Per quanto riguarda la propagazione verso valle, la cinematica di un flusso detritico è fortemente influenzata dalla concentrazione solida, da possibili fenomeni di erosione/deposizione, dalle caratteristiche del percorso (ad es. curve, contropendenze,...), per cui il flusso potrebbe arrestarsi prima di giungere all'opera in progetto.

Nell'ambito del presente studio, la progettazione delle opere di attraversamento minori, è stata sviluppata in modo da garantire un grado di riempimento minore del massimo richiesto dalla Normativa (NTC2018).

I tombini in progetto presentano un grado di riempimento inferiori al 56% mentre la normativa (NTC2018) impone un valore massimo del 67%. Per i tombini IN02 e NI11, il GR maggiore del 50% è dovuto ai vincoli imposti nelle dimensioni delle opere.

Vista la criticità dell'area saranno da raccomandare ispezioni manutentive periodiche per la rimozione del materiale depositato/accumulato e la predisposizione di griglie all' ingresso dei tombini, o a monte degli scatolari di salto, al fine di trattenere eventuale trasporto vegetativo.

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Armanini A. – *Sistemazione dei bacini idrografici*, Università degli Studi di Trento

Armanini A. – *Principi di Idraulica fluviale*, ed.BIOS

ARPA Piemonte – F.Marco, F.Forlati - Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica

Branca S., Coltelli M., Groppelli G. & Pasquarè G. (2009) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 625 Acireale*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Bull W.B. (1964a). *Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno County, California*. United States Geological Professional Paper 352E, 128.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 17 di 18

Carbone S., Messina A. & Lentini F. (2007) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 601 Messina–Reggio Calabria*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Castiglioni G. B. – *Geomorfologia*, ed. UTET

Catalano S. (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 613 Taormina*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Catalano S., De Guidi G. (2003) – *Late Quaternary uplift of northeastern Sicily: relation with the active normal faulting deformation*. *Journal of Geodynamics*, **36**, 445-467.

De Scally F.A. & Owens I.F. (2004). *Morphometric controls and Geomorphic responses on fans in the Southern Alps, New Zealand*. *Earth Surface Processes and Landforms*, **29**, 311– 322.

Drew F. (1873). *Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the Upper Indus Basin*: *Geologica Society of London Quarterly Journal*, **29**, 441-471.

Garde R. J. – Ranga Raju K. G. – *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*, ed. WILEY EASTERN LTD

Graf W. H. – *Fluvial Hydraulics* – LRH Lausanne

Graf W. H. – *Hydraulics of Sediment Transport*, ed. MCGRAW-HILL

Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P. (1999). *Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy*. *Geomorphology* **31**, 181-216.

Harvey AM. (1997). *The role of alluvial fans in arid zone fluvial-systems*. In: Thomas D.S.G. (ed), *Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands*. Wiley & Sons: Chichester, 231–259.

Hooke R. LeB. (1968). *Steady-state relationships of arid-region alluvial fans in closed basins*. *American Journal of Science*, **266**, 609-629.

Regione Sicilia (2005) – *Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana* Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente.

Ricci Lucchi F. – *Sedimentologia*, ed. CLUEB

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)					
	IDROLOGIA E IDRAULICA SPECIALISTICA					
Studio della vulnerabilità dell'infrastruttura a fenomeni di flussi detritici - Relazione	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA RG	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 18 di 18

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2016): IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua– ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma

Marchi E. – Rubatta A. – *Meccanica dei fluidi*, ed.UTET

Marchi L., Pasuto A., Tecca P.R. (1993). *Flow processes on alluvial fans in the Eastern Italian Alps*. Z. Geomorph. **4**, 447-458.

Melton M.A.(1965). *The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona*. *Journal of Geology*, **73**,1-38.

Mergili, M., Schratz, K., Ostermann, A., and Fellin,W. (2012). *Physically based modelling of granular flows with Open Source GIS*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 187–200, doi:10.5194/nhess-12-187-2012, 2012.

Moisello U. – *Idrologia tecnica*, ed. LA GOLIARDICA PAVESE

Natale L., Ghilardi P. (1999). *Il rischio idraulico nelle aree di conoide*. Quaderni regionali di ricerca della Regione Lombardia n°34.

Takahasci T. (1991). *Debris flow*. Published for the Int. Ass. Hydr. Res. by A.A. Balkema/Rotterdam.

Varnes D.J. (1978) – *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.