



Comune di Messina



**Università degli Studi di Messina
Dipartimento di Ingegneria Civile**

ACCORDO DI PROGRAMMA TRA
COMUNE DI MESSINA - STAFF PROTEZIONE CIVILE

E

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

**Valutazione della pericolosità idraulica dei
torrenti: Galati, Mili, Larderia, Zafferia, San
Filippo, Cumia-Bordonaro, Bisconte-Cataratti e
Papardo nel territorio Comunale di Messina**

ALLEGATO 1
(BACINO DEL TORRENTE GALATI)

REDAZIONE

Prof. Ing. Giuseppe Tito ARONICA

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Brunella Bonaccorso per gli studi idrologici

Dott. Ing. Giusina Brigandì per gli studi idrologici

Dott. Ing. Susanna Naso per gli studi idraulici

Il Responsabile Scientifico
Prof. Ing Giuseppe Tito ARONICA

Il Direttore del Dipartimento
Prof. Ing. Antonino D'ANDREA

1

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

DESCRIZIONE E FINALITÀ DELLA RICERCA

Il bacino del Torrente Galati si snoda tra gli abitati di Galati S. Lucia (o Galati Superiore), Galati S. Anna (o Galati Inferiore) e Galati Marina (Figura 1), localizzati nella Circostrizione I del Comune di Messina.

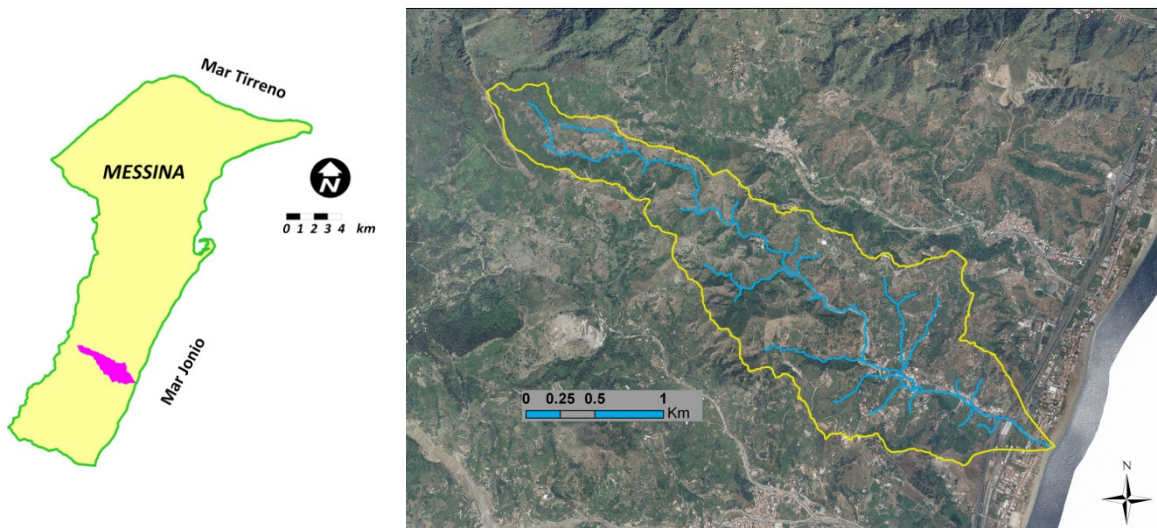


Figura 1 – Provincia di Messina e localizzazione del bacino del Torrente Galati

Particolarmente esposti al rischio idraulico sono l'abitato di Galati S. Lucia, in particolare laddove l'alveo è pensile su entrambe le sponde ed il ponte che collega le due parti del

villaggio è stimato di sezione insufficiente e quello di Galati S. Anna, nel tratto del torrente, in destra idraulica, in cui mancano completamente degli argini (Figura 2).

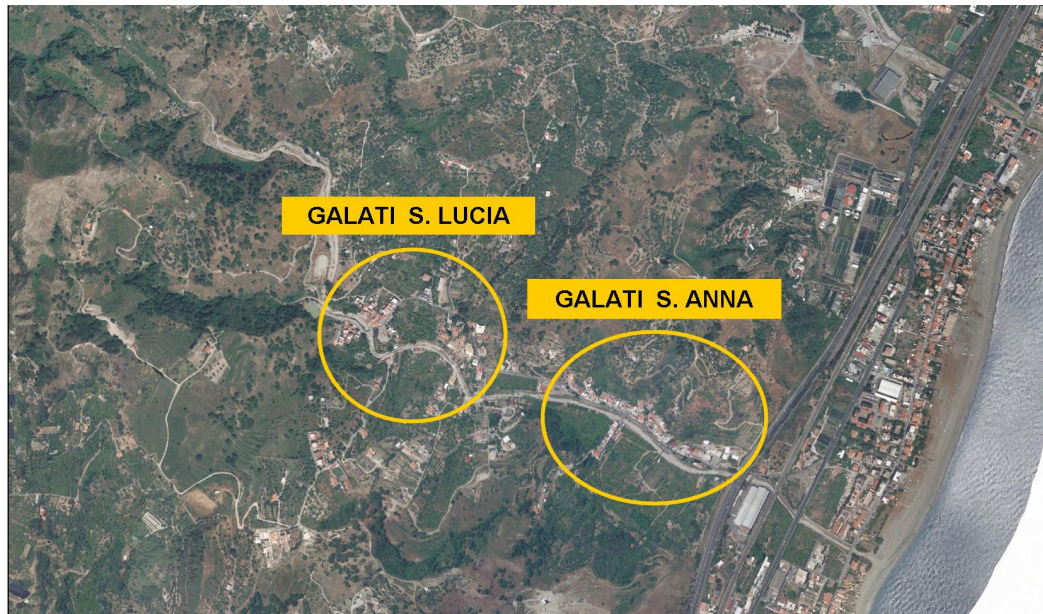


Figura 2 - Torrente Galati con localizzazione degli abitati di Galati S. Lucia e Galati S. Anna

Il bacino del Torrente Galati si estende per una superficie di circa 3.60 Km². La lunghezza dell'asta principale del bacino è pari a poco più di 6 Km, con una pendenza media del 11.4 %. La pendenza media e altitudine media del bacino risultano pari rispettivamente al 53 % e 222.73 m.

Per la caratterizzazione altimetrica e topografica del bacino è stato utilizzato il Modello Digitale del Terreno ATA0708 con risoluzione orizzontale di 2 metri realizzato per l'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente della Regione Sicilia e messo a disposizione dall'Amministrazione Comunale (Figure 3 e 4).

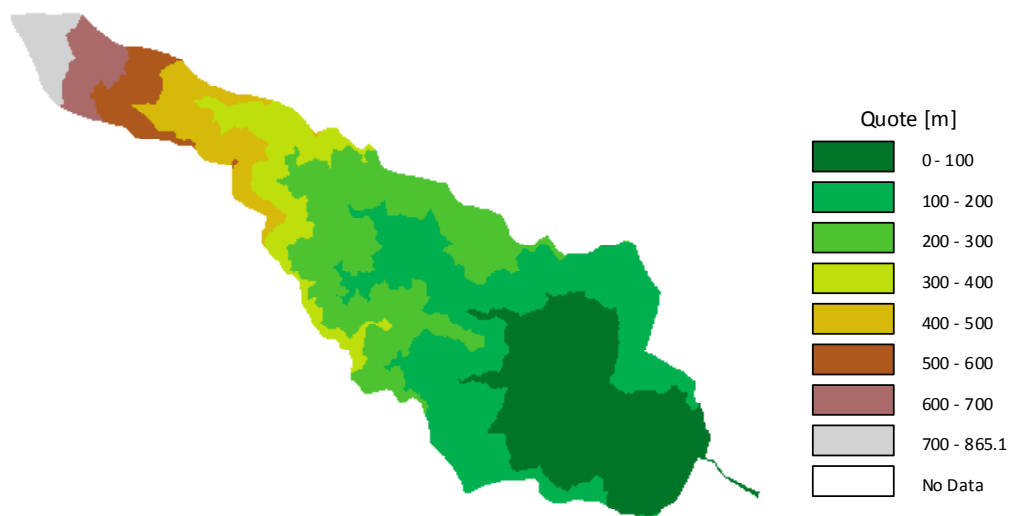


Figura 3 - Modello digitale del terreno per il bacino del torrente Galati (2 m ris.).

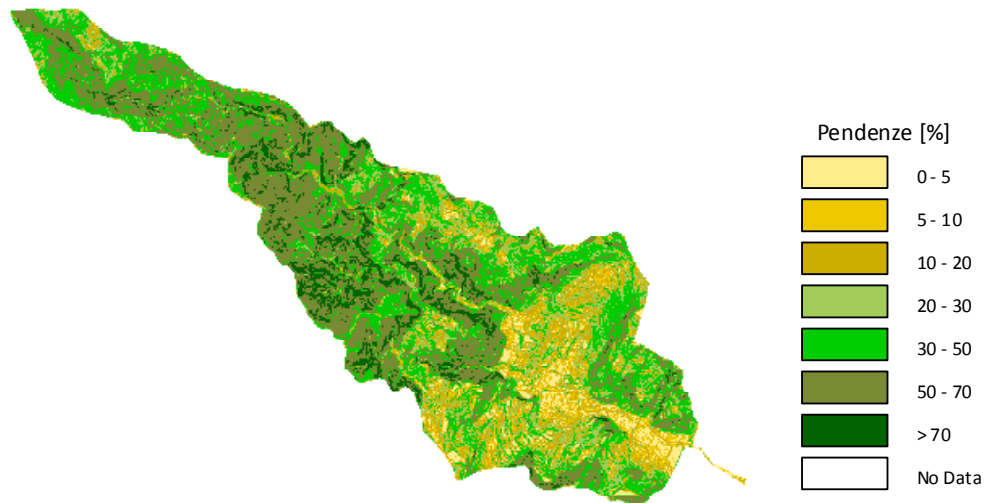


Figura 4 - Mappa delle pendenze del bacino del torrente Galati.

CRITICITÀ IDRAULICHE

Procedendo da monte verso valle, una prima evidente criticità idraulica del torrente Galati è rappresentata dal tratto di alveo in curva che attraversa l'abitato di Galati S. Lucia (Figura 5). In questo tratto, infatti, il letto del torrente risulta poco più basso rispetto al piano stradale in seguito al trasporto e deposito di detriti alluvionali; in particolare a monte del ponte che collega le due sponde del villaggio, la luce libera è di appena 1.40 m (Figura 6). Questa criticità ha determinato in più occasioni, l'ultima delle quali risale all'1 marzo 2011, l'esondazione del torrente per effetto di piogge torrenziali, con conseguente allagamento di strade e abitazioni, mettendo seriamente a rischio l'incolumità degli abitanti del luogo (Figura 7).



Figura 5 - Tratto in curva dell'alveo del Torrente Galati in corrispondenza dell'abitato di Galati S. Lucia



Figura 6 – Vista da monte del ponte di Galati S.Lucia



Figura 7 – Tracce di una recente esondazione del Torrente Galati sul muro di cinta di un'abitazione a Galati S. Lucia

Seguendo il corso del torrente verso valle, a poca distanza da Galati S. Lucia, sorge l'abitato di Galati S. Anna che si sviluppa prevalentemente lungo la sponda sinistra del torrente (Figura 8).



Figura 8 – Vista da valle verso monte del Torrente Galati dal ponte di Galati S. Anna

Le criticità idrauliche in corrispondenza di Galati S. Anna sono riconducibili al fatto che l'abitato sorge lungo impluvi, i cui versanti, fortemente scoscesi, sono attualmente sottoposti a lavori di stabilizzazione per impedire l'innesco di frane superficiali (Figura 9). Da tali impluvi, nel corso di eventi di pioggia particolarmente intensi, si riversa nelle piccole strade dell'abitato una notevole quantità di acqua e fango che difficilmente riesce a defluire attraverso i tombini sottodimensionati che collegano i piccoli impluvi al torrente Galati (Figura 10), finendo il più delle volte per accumularsi, ostruendo così i vicoli del paese, nonché gli accessi ai piani terra delle abitazioni limitrofe.



Figura 9 – A sinistra, lavori di sistemazione dei versanti a monte di Galati S. Anna. A destra, sezione di sbocco di uno degli impluvi in corrispondenza alle vie di accesso ad alcune abitazioni



Figura 10 – Tombino scatolare a valle dell'impluvio di Figura 9

2**RISULTATI**

SOTTOBACINI ANALIZZATI

Con riferimento al torrente Galati sono state individuate tre sezioni critiche (in aggiunta alla sezione di chiusura alla foce) e sono stati delimitati i corrispondenti sottobacini lungo dell'afflusso e del successivo deflusso delle portate liquide che contribuiscono alla formazione degli idrogrammi in ingresso al dominio di calcolo (Figura 11).

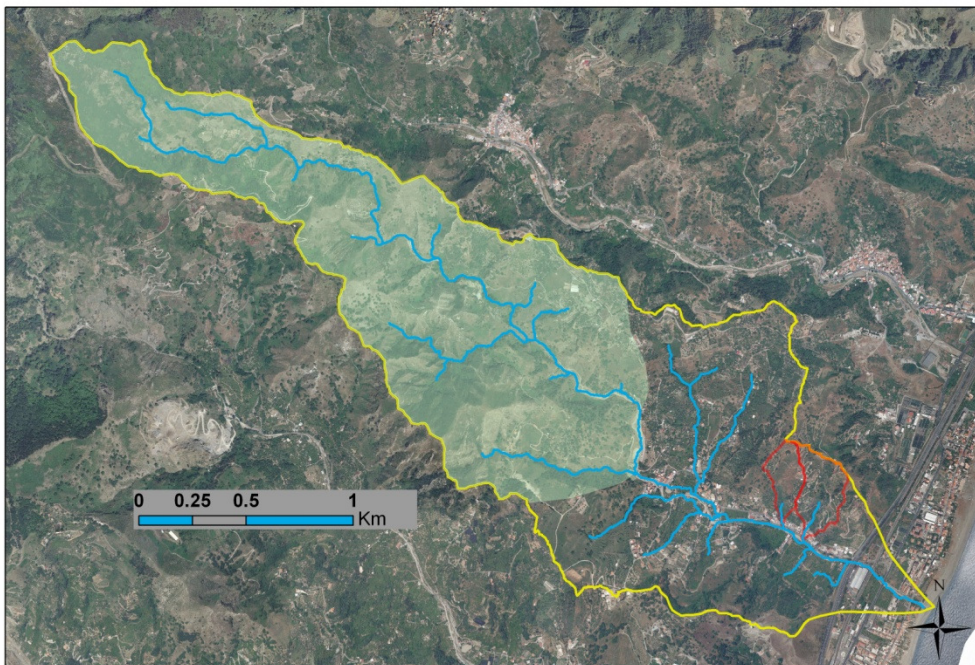


Figura 11 - Sottobacini del torrente Galati analizzati nell'ambito dello studio idrologico

Il sottobacino con sezione di chiusura a monte di Galati S. Lucia lungo l'asta principale (campito in verde in Figura 11), ha un'estensione di 2.12 Km². Sono stati, inoltre, identificati

due piccoli sottobacini in sinistra idraulica in corrispondenza di Galati S. Anna (delimitati in rosso in Figura 11): quello più a monte, di seguito denominato “impluvio di monte”, ha superficie di 0.0422 Km², l’altro più a valle, definito “impluvio di valle”, ha una superficie di 0.0687 Km². Malgrado la loro piccola estensione, questi bacini rivestono particolare importanza con riferimento al rischio di colate detritiche in seguito ad eventi alluvionali severi.

IETOGRAMMI DI PROGETTO E PORTATE DI PIENA

Per quanto riguarda i tempi di corrivazione stimati con la formula di Wooding, nella tabella di seguito riportata sono indicati i tempi relativi ai quattro sottobacini per i diversi tempi di ritorno T considerati.

Tabella 1: Tempi di corrivazione relativi ai quattro sottobacini del torrente Galati analizzati.

Bacini	Tempi di corrivazione (minuti)		
	(T= 50 anni)	(T= 100 anni)	(T= 300 anni)
Galati S. Lucia	42.8	39.0	34.0
Galati S. Anna (impluvio monte)	4.1	3.7	3.2
Galati S. Anna (impluvio valle)	5.2	4.7	4.1
Galati foce	62.8	57.3	49.9

Per il calcolo delle altezze di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione, al variare del tempo di ritorno T, essendo i tempi di corrivazione sempre inferiori all’ora, è stata utilizzata la formula di Ferreri e Ferro.

Si osservi che i valore di a e di n , ottenuti per interpolazione spaziale dei valori locali di a e di n calcolati per le singole stazioni pluviometriche prese in considerazione, risultano rispettivamente pari a 35.545 e 0.265.

La tabella 2 illustra i valori di pioggia totale e pioggia nette ottenuti per i tre sottobacini con riferimento ad i tre tempi di ritorno considerati. Sono, altresì, riportati i valori di CN utilizzati.

Noti i valori delle precipitazioni nette e le durate critiche degli eventi di pioggia, poste pari ai tempi di corrivazione precedentemente calcolati, risultano definite anche le intensità di pioggia nette.

In particolare per i tre sottobacini analizzati si è ipotizzato che l’intensità di pioggia si mantenga costante durante tutta la durata dell’evento (ietogrammi di progetto di tipo rettangolare).

Tabella 2: Precipitazioni totali e nette (in mm) corrispondenti ai quattro sottobacini del torrente Galati analizzati e valori di Curve Number utilizzati per la stima delle perdite idrologiche.

Bacini	Precipitazioni totali (mm)			CN	Precipitazioni nette (mm)		
	T=50	T=100	T=300		T=50	T=100	T=300
Galati S. Lucia	76.07	86.41	104.62	79	35.31	43.33	58.17
Galati S. Anna (impluvio monte)	30.69	34.86	42.21	79	6.33	8.34	12.31
Galati S. Anna (impluvio valle)	33.63	38.20	46.25	79	7.73	10.08	14.69
Galati foce	62.8	57.3	49.9	79	43.67	54.51	72.38

Con riferimento al sottobacino a monte di Galati S.Lucia, le portate di piena al colmo, per i diversi tempi di ritorno considerati, sono state calcolate con il metodo di corrivazione, mentre quelle dei due impluvi minori, sono state valutate applicando la formula razionale.

Nella tabella 3 sono riportati i valori delle intensità nette e le portate di piena al colmo per i diversi tempi di ritorno considerati.

Tabella 3: Portate di piena al colmo e volumi di piena relativi ai sottobacini considerati

Bacini	Portate al colmo (m ³ /s)			Volumi piena (10 ³ m ³)		
	T = 50	T = 100	T = 300	T = 50	T = 100	T = 300
Galati S. Lucia	19.97	26.77	41.21	51.54	63.37	84.71
Galati S. Anna (impluvio di monte)	1.09	1.58	2.68	0.27	0.35	0.52
Galati S. Anna (impluvio di valle)	1.71	2.45	4.10	0.53	0.69	1.01
Galati foce	48.00	62.29	95.53	159.74	193.07	246.91

Per completezza si riportano, gli idrogrammi di piena relativi al bacino del torrente Galati chiuso alla foce (Figura 12).

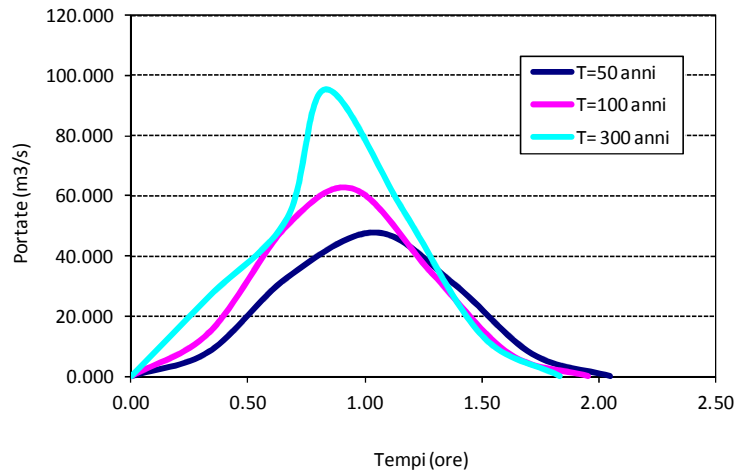


Figura 12 – Idrogrammi di piena relativi al bacino del torrente Galati con sezione di chiusura alla foce

ANALISI IDRAULICHE

Il torrente Galati, come si è detto, presenta una serie di criticità per modellare le quali è stato necessario, vista la presenza degli impluvi laterali (Galati S.Anna) e della parte urbanizzata, (Galati S.Lucia) ricorrere a schemi bidimensionali. In particolare la zona in corrispondenza dell’abitato di Galati S.Anna è potenzialmente soggetta a colate detritiche (provenienti dagli impluvi laterali), mentre la zona in corrispondenza dell’abitato di Galati S. Lucia e dell’asta principale del torrente, presenta argini discontinui e attraversamenti che possono causare, in caso di passaggio di onde di piena, l’allagamento delle abitazioni e degli insediamenti urbani limitrofi.

L’applicazione del modello bidimensionale (cfr. Relazione Generale) ha richiesto la generazione di una griglia (mesh) a elementi triangolari che comprendesse l’area potenzialmente allagabile e descrivesse correttamente la topografia e la morfologia dell’area in studio.

Con l’analisi ed il rilievo dei luoghi, è stato possibile definire i contorni dell’area potenzialmente inondabile, indicata in figura 13. In particolare, si è scelto come contorno del dominio di calcolo l’involuppo delle quote che eventuali volumi esondati non possono raggiungere e i muri d’argine del torrente nel tratto vallivo.

Diversi studi hanno messo in evidenza che errori nella definizione delle quote topografiche dei nodi di calcolo possono portare a inaffidabilità e incertezza nelle risposte del modello. La mesh è stata costruita con l’ausilio del software ArgusOne. Infine, nel posizionare i nodi si è considerata prioritaria la corretta riproduzione del corso d’acqua principale, delle sponde e dei muri d’argine e di tutte le infrastrutture presenti in alveo (tombini, attraversamenti). L’area è stata discretizzata con una mesh costituita da 56396 elementi

triangolari sulla base di 29441 nodi con una dimensione media dell'elemento pari a circa 3.6 m². In tabella 4 si sintetizzano le caratteristiche del dominio di calcolo e della mesh.

Tabella 4 – Riepilogo delle caratteristiche della mesh di calcolo.

Area totale (ha)	Elementi	Numero di nodi	Area media degli elementi (m ²)
20.3	56396	29441	3.6



Figura 13 - Dominio di calcolo utilizzato per il modello bidimensionale, con indicazione delle punti di immissione delle portate.

Per la caratterizzazione altimetrica del dominio di calcolo è stato sempre utilizzato il Modello Digitale del Terreno ATA0708 con risoluzione orizzontale di 2 metri.

Sono stati inoltre inseriti nel modello i muri arginali e gli edifici e, considerate le pendenze degli impluvi, sono state implementate le leggi di resistenza relative alla propagazione di colate detritiche sia immatura sia mature (cfr. Relazione Generale).

Le condizioni al contorno riguardano i valori delle portate entranti nel dominio di calcolo e la conseguente forma degli idrogrammi di piena. Nelle simulazioni effettuate è stata considerata una condizione di moto permanente, condizione per la quale l'idrogramma di piena risulta a portata costante nel tempo. Le portate utilizzate sono quelle calcolate per valori del tempo di ritorno di 50, 100, e 300 anni per i deflussi solidi (Tabella 5).

Per la valutazione delle portate solide (Tabella 5) sono stati utilizzati fattori di amplificazione delle portate liquide differenti per i diversi sottobacini in funzione delle pendenze degli alvei (cfr. Relazione Generale).

Tabella 5 – Sintesi delle portate utilizzate nelle simulazioni ai diversi tempi di ritorno, per le simulazioni con il modello bidimensionale, con indicazione della legge di resistenza implementata.

Portate utilizzate nelle simulazioni							
	T = 50 anni		T = 100 anni		T = 300 anni		
	Q_l (m^3/s)	Q_s (m^3/s)	Q_l (m^3/s)	Q_s (m^3/s)	Q_l (m^3/s)	Q_s (m^3/s)	
Galati S. Lucia	13.24	18.00	17.09	23.25	24.94	33.92	} 1.36 Debris flow immaturo
Galati intermedio	31.96	43.47	41.16	55.98	63.81	86.78	
Galati S. Anna (impluvio di monte)	1.09	2.62	1.58	3.79	2.68	6.43	} 2.40 Debris flow maturo
Galati S. Anna (impluvio di valle)	1.71	4.11	2.45	5.88	4.10	9.85	

REDAZIONE DELLE MAPPE

I risultati delle diverse simulazioni condotte hanno permesso di redigere delle mappe che riportano la distribuzione spaziale di tutte le informazioni idrodinamiche relative al passaggio dell'onda di piena, per fornire una completa informazione sulla pericolosità idraulica sotto le diverse condizioni per l'area oggetto di studio.

Di seguito sono riportati nelle figure 14-19 i risultati relativi alle simulazioni effettuate per i tempi di ritorno di 50, 100, e 300 anni, ovvero le mappe che riportano l'involuppo delle massime altezze d'acqua e dei massimi prodotti altezza idrica-velocità media della corrente che si manifestano nei nodi e negli elementi del dominio d'integrazione durante l'intero svolgersi della simulazione.

In accordo con la metodologia indicata nel P.A.I., la definizione dei livelli di pericolosità presenti sull'area oggetto di studio, con riferimento all'entità delle inondazioni valutate, è stata effettuata in base al valore dei tiranti idrici e del tempo di ritorno (Figura 20).

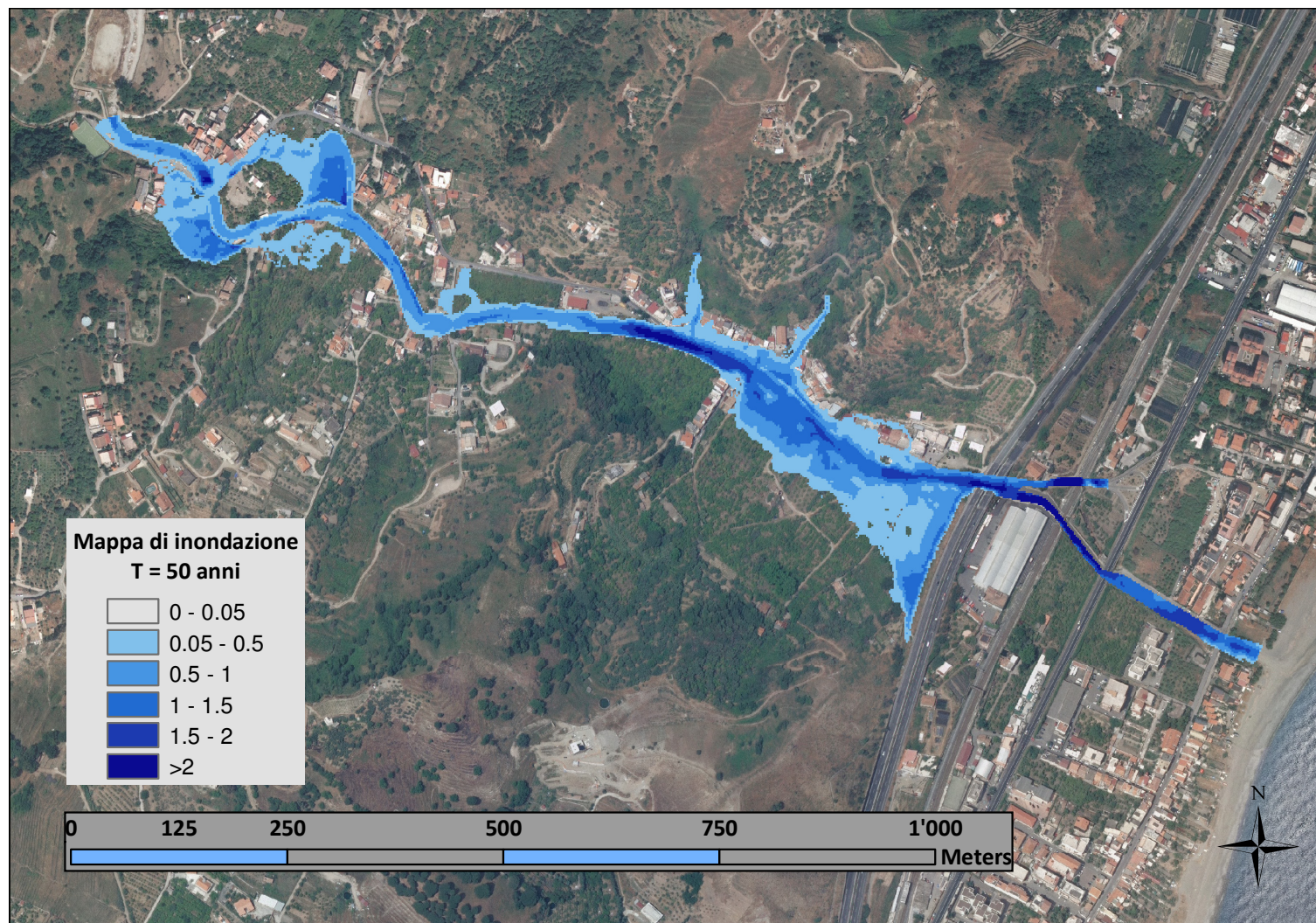


Figura 14 – Mapa di inondazione (T= 50 anni)

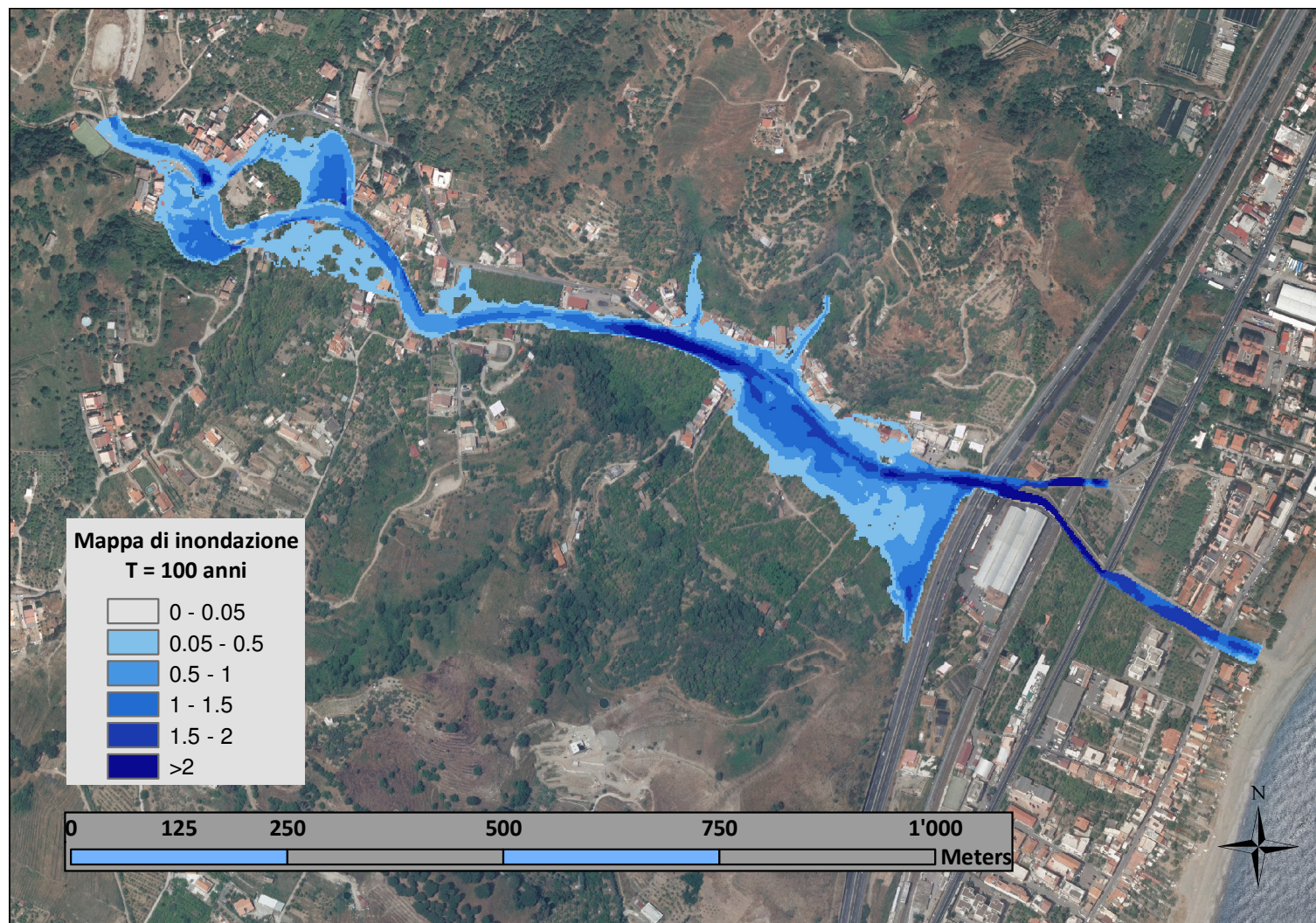


Figura 15 – Mapa di inondazione (T = 100 anni).

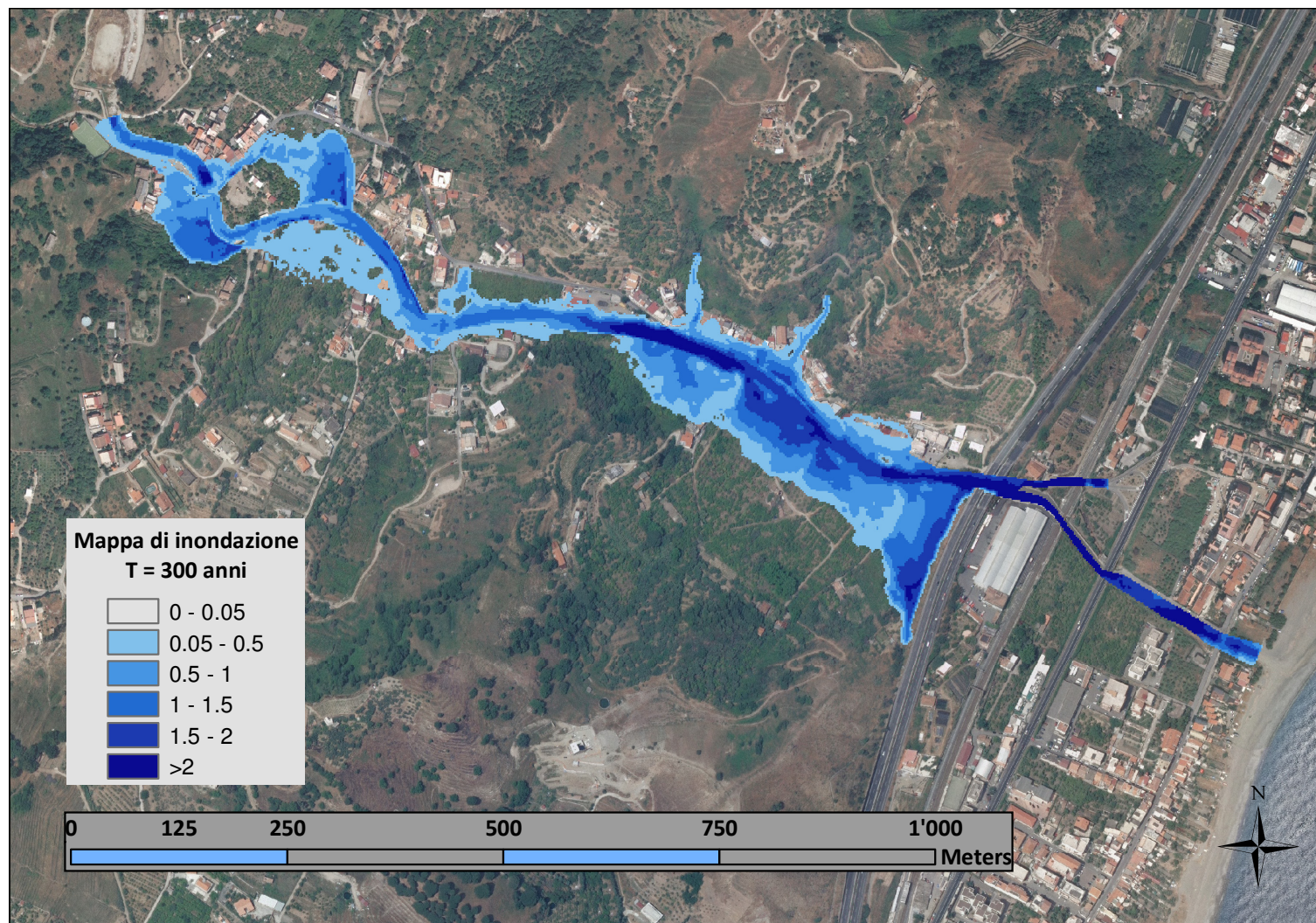


Figura 16 – Mapa di inondazione (T = 300 anni).



Figura 17 – Mappa dell'indice di intensità (T = 50 anni).



Figura 18 – Mapa dell'indice di intensità (T = 100 anni).

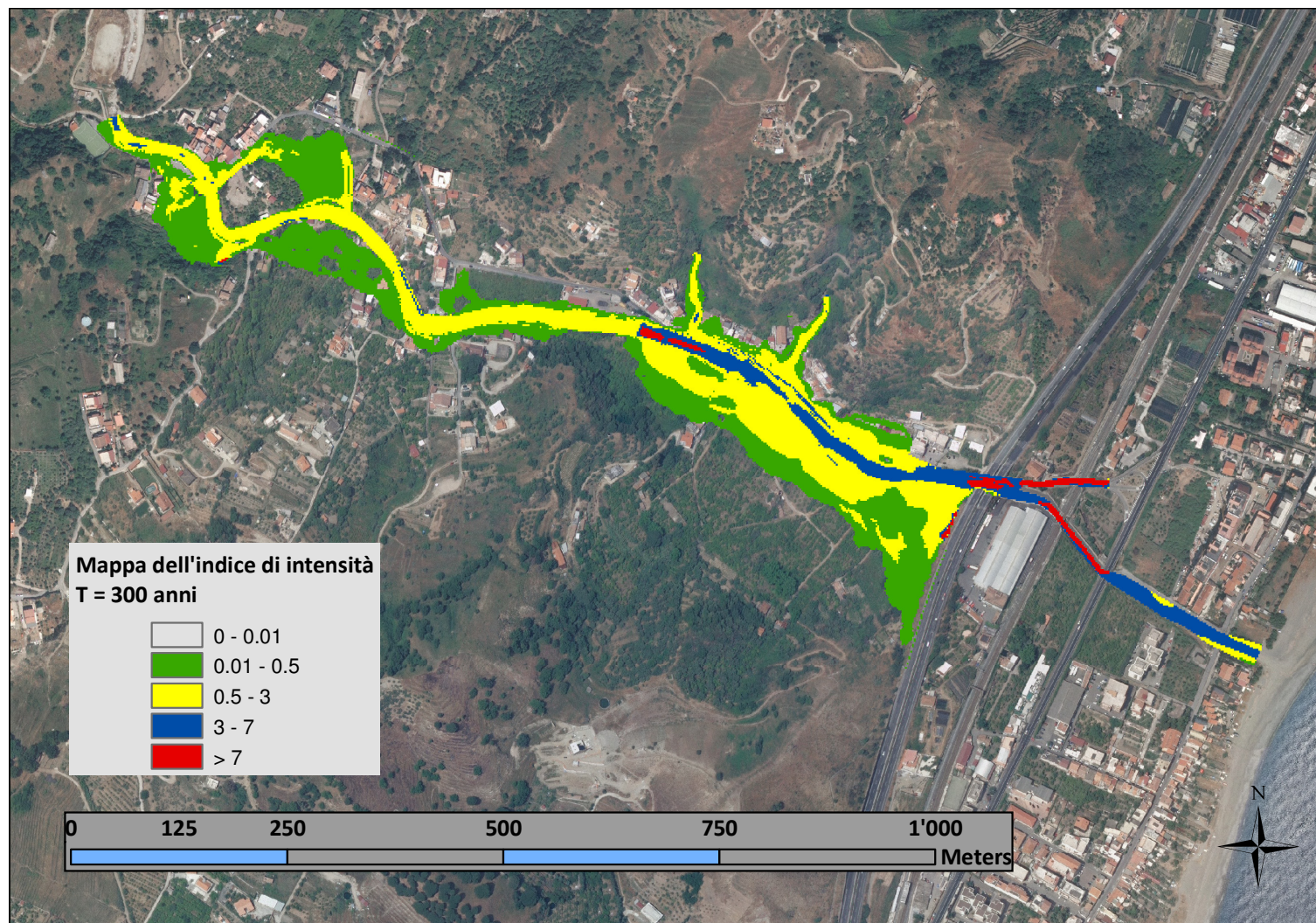


Figura 19 – Mapa dell'indice di intensità (T = 300 anni).

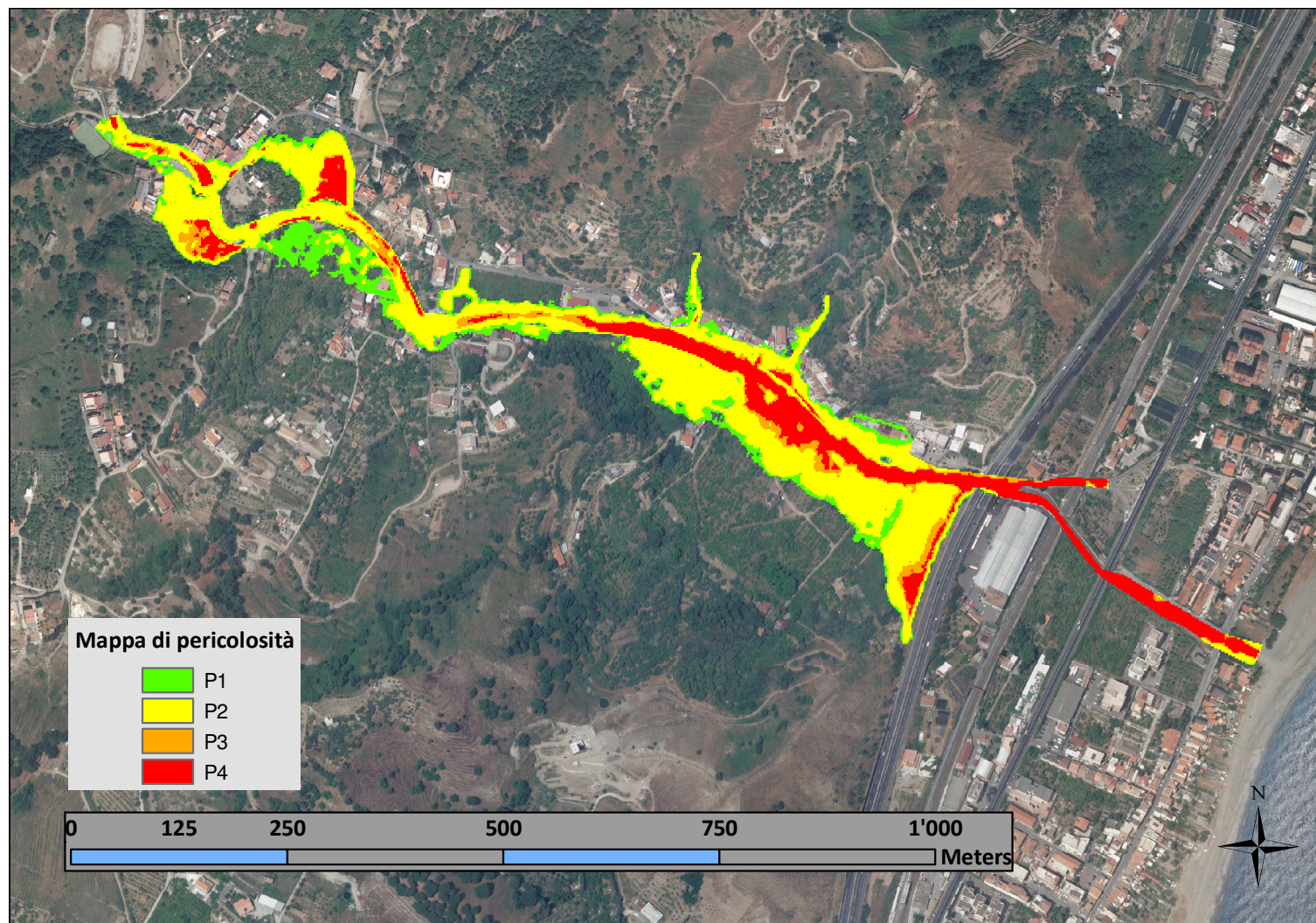


Figura 20 – Mapa di pericolosità.