

# COMUNE DI TORRENOVA

Citta Metropolitana di Messina

DITTA: Campanella S.r.l. di Nunziata Mangano e C

OGGETTO: Piano Particolareggiato attuativo di iniziativa privata in località Pietra di Roma del Comune di Torrenova

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

IL GEOLOGO  
DR DOMENICO PONTILLO  
O.R.G. DI SICILIA N° 1601



geologo

*Domenico Pontillo*

Piazza Gramsci 3/A  
98066 - Patti (Me)  
Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia n° 1601  
P.I.: 02020770836 - C.F.: PNTDNC69E13F395A

Codice Destinatario: KRRH6B9  
Tel. 0941337398 - Cell. 3388979993  
E-Mail: geologodomenicopontillo@gmail.com  
PEC: dopo69@pec.epap.it

# COMUNE DI TORRENOVA

## (Città Metropolitana di Messina)

DITTA: Campanella S.r.l. di Nunziata Mangano e C

OGGETTO: Piano Particolareggiato attuativo di iniziativa privata in località Pietra di Roma del Comune di Torrenova.

### SOMMARIO

<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>ASSETTO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>7</b>
Ubicazione geografica	7
Caratteristiche geomorfologiche generali	8
Vallone Fragale	11
<b>ASSETTO GEOLOGICO</b>	<b>13</b>
Caratteri Generali	13
Litotipi affioranti nel sito	17
Depositi di Spiaggia (g <sub>2</sub> )	18
Depositi alluvionali attuali (b <sub>a</sub> )	19
Depositi alluvionali recenti e depositi di piana litorale (b <sub>b</sub> )	19
Depositi alluvionali terrazzati (b <sub>n</sub> )	20
Ghiaie e sabbie di Messina (MSS)	22
Metamorfiti di Fondachelli (FND)	23
Rosso di San Marco (RMA)	24
Verrucano peloritano (VEP)	25
Flysch di Frazzanò (FRZ)	25
Scaglia (SCA)	26
Maiolica (MAI)	27
Gruppo del Medolo (MD)	27
Calcari neri e calcari massivi di Longi (LOG)	28
Epimetamorfiti di Longi-Taormina (TAM)	29
“Argille Scagliose Superiori” (ASF)	29
<b>IDROGEOLOGIA - CLIMATOLOGIA</b>	<b>31</b>
<b>Permeabilità</b>	<b>31</b>
Terreni a permeabilità primaria	31
Terreni a permeabilità secondaria	32
Terreni a permeabilità orientata	33
Terreni a permeabilità mista	33
Terreni a permeabilità bassa	34
Terreni impermeabili	35

<b>Idrologia e climatologia</b>	<b>36</b>
Stazioni	36
Regime termico	36
Regime pluviometrico	38
Clima	39
Aggressività della pioggia	40
<b>STUDIO IDRAULICO</b>	<b>42</b>
Generalità	42
Valutazione parametri per la verifica idraulica	42
Metodologia applicata per la stima delle altezze massime regolarizzate e critiche di pioggia con il METODO DI GUMBEL	44
STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	46
<b>MODELLO PROBABILISTICO PER L'ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI CON IL METODO TCEV</b>	<b>48</b>
Calcolo delle Curve di Probabilità Pluviometrica C.P.P.	53
Calcolo altezza di pioggia di breve durata	53
Parametri adimensionali di forma del bacino idrografico	53
Tempi di corrivazione	56
<b>CALCOLO PORTATA DI PIENA</b>	<b>59</b>
Dati morfometrici del dell'area in studio	61
Calcolo del Tempo di corrivazione	61
<b>STIMA DELLE PORTATE AL COLMO</b>	<b>62</b>
<b>INVARIANZA IDRAULICA</b>	<b>64</b>
Definizione	64
Sistemi e criteri per mantenere principio dell'invarianza idraulica	64
Calcolo dei volumi di acqua mediante i requisiti minimi	65
<b>METODO DELLE SOLE PIOGGE</b>	<b>67</b>
<b>RELAZIONE TECNICA INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA</b>	<b>71</b>
Definizioni aree	71
<b>RISULTATI</b>	<b>71</b>
<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>73</b>

## CARTOGRAFIA ALLEGATA ALLA PRESENTE:

- Carta corografica	scala 1:25.000;
- Carta corografica	scala 1:10.000;
- Carta catastale	scala 1:10.000;
- Carta catastale	scala 1:2.000;
- Carta geologica	scala 1:10.000;
- Carta geologica	scala 1:2.000;
- Carta geomorfologica	scala 1:10.000;
- Carta geomorfologica	scala 1:2.000;
- Carta Idrogeologica	scala 1:10.000;
- Carta Idrogeologica	scala 1:2.000;
- Carta della pericolosità Geologica	scala 1:10.000;
- Carta della pericolosità Sismica	scala 1:10.000;
- Carta della suscettività all'edificazione	scala 1:10.000;
- Carta dei dissesti	scala 1:10.000;
- Carta della pericolosità e del rischio geomorf.	scala 1:10.000;
- Carta della pericolosità idraulica	scala 1:10.000;
- Carta del rischio idraulico	scala 1:10.000;
- Carta delle pendenze	scala 1:10.000;
- Carta delle fasce altimetriche	scala 1:10.000;
- Carta dell'uso del suolo	scala 1:10.000;
- Carta del vincolo idrogeologico	scala 1:10.000;

## **PREMESSA**

Su incarico della ditta committente, *Campanella S.r.l. di Nunziata Mangano e C.*, è stata redatta la presente relazione geologica, a corredo del *“Piano Particolareggiato attuativo di iniziativa privata in località Pietra di Roma del Comune di Torrenova”*.

Lo studio è stato condotto in osservanza delle norme tecniche dettate dalla L. n. 64 del 2 Febbraio 1974, dal D. M. dei LL. PP. del 11 Marzo 1988, dalla Circolare del D. M. dei LL. PP. del 24 Settembre 1988, dalla “normativa antisismica” O.P.C.M. 3274 e s.m.i, dal D.M. 14.09.2005, D.M. 14.01.2008 e NTC 2018, e in particolare in osservanza alle norme tecniche stabilite dall’art. 22, comma 6, lett. b della legge regionale 13 agosto 2020, n.19, e dal D.A. 120/Gab del 14/07/2021 STUDI GEOLOGICI PER LA REDAZIONE DI STRUMENTI URBANISTICI (Regione Siciliana Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente).

In base al D.A. 120/Gab. negli studi geologici a supporto degli strumenti di pianificazione si prevedono due procedure differenti in relazione al fatto che si tratti di strumenti di pianificazione generale (Procedura A) o di quelli attuativi (**Procedura B**).

Entrambe le procedure sono ulteriormente suddivise in due fasi conseguenti di lavoro, di cui una propedeutica all’altra, distinte per il livello di approfondimento necessario da fornire in conseguenza di scale di rappresentazione cartografica e di obiettivi differenti (1:10.000 e 1:2.000).

Lo studio in oggetto di cui all’art 30 della legge regionale 13 agosto 2020, n.19 rientra nella fase “**preliminare**” della **Procedura B** che riguarda, appunto, i piani particolareggiati attuativi. Pertanto, tale studio è stato finalizzato alla definizione dell’ambito geologico di riferimento a scala 1:10.000 e 2.000 con la redazione delle carte di analisi (Geologica, Geomorfologica e Idrogeologica) e la raccolta dati contenuti nei precedenti studi.

Questo studio si è concluso con l’individuazione delle indagini integrative da eseguire, rispetto al quadro di conoscenza fin qui acquisito.

La seconda fase “di dettaglio” dovrà essere condotta nelle aree oggetto degli strumenti urbanistici attuativi, con rappresentazione cartografica, almeno a scala 1:2.000. Essa sarà conclusa da una dettagliata Carta delle prescrizioni e indicazioni geologiche esecutive.

Riassumendo avremo il seguente prospetto indicativo delle fasi e contenuti degli studi geologici per i piani particolareggiati.

		Cartografie	
<b>(B) Strumenti Urbanistici Attuativi (P.P.A.)</b>	<b>Fase Preliminare (B1)</b>	- raccolta dati (B1a)	- indagini
		- cartografia(B1b)	- geologica - geomorfologica - idrogeologica
	<b>Fase di dettaglio (B1)</b>	- indagini integrative (B2a)	- indagini
		- cartografie di analisi (B2b)	- geologica - litotecnica - geomorfologica - eventuale idrogeologica
		- cartografie di sintesi (B2c)	- delle prescrizioni ed indicazioni esecutive

Come base cartografica, così come previsto dalla circolare, è stata utilizzata la CTR redatta dall’A.R.T.A. - Dipartimento Urbanistica.

Pertanto, l’indagine è stata articolata nei seguenti punti:

- Consultazione della Relazione Geologica a supporto del PRG (REVISIONE - RIELABORAZIONE DELLO STUDIO GEOLOGICO - TECNICO ALLA CIRCOLARE DELL'ASSESSORATO DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE N° 3 DEL 20 GIUGNO 2014 E PRESCRIZIONI ESECUTIVE A SUPPORTO DEL PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI TORRENOVA) redatta dal Geologo Salvatore Armeli.
- Consultazione dello studio di Microzonazione sismica di primo livello del Comune di Torrenova redatto da “Rete Contratto MZS

Sicilia”, mandataria in raggruppamento temporaneo con altri operatori economici (Consorzio LR, Geologis, Ingeam, Geologica Toscana, Technoside e Cascone Engineering).

- Consultazione delle “*Carte dei Dissesti*”, delle “*Carte della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico*”, delle “*Carte della Pericolosità Idraulica per fenomeni di Esondazione*” e delle “*Carte del Rischio Idraulico per fenomeni di Esondazione*” allegate al Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del “**Area Territoriale tra Fiumara Zappulla e Fiumara Rosmarino (016)**”.
- Consultazione della Carta Geologica d’Italia del Progetto CARG in scala 1:50.000 Foglio 599 “Patti” – in scala 1:25.000 Sezione III “Tortorici”.
- Rilievo di terreno, su supporto topografico in scala 1:10.000, con lo scopo di cartografare le litologie affioranti e i vari rapporti tettono - stratigrafici.
- Analisi geomorfologica del territorio, eseguita attraverso il rilievo e l’esame delle foto aeree, al fine di individuare la presenza di dissesti in atto o potenziali e l’interferenza che essi hanno con l’opera in oggetto.
- Studio delle caratteristiche idrografiche e idrogeologiche del territorio, per individuare possibili interferenze con le opere di progetto.

## ASSETTO GEOMORFOLOGICO

### Ubicazione geografica

Il sito oggetto di studio ricade nel territorio Comunale di Torrenova, lungo la fascia costiera tirrenica della catena settentrionale Peloritana, ad una distanza minima dalla linea di costa di 910 mt ed è situato esattamente a sud ovest del centro abitato, in località Pietra di Roma tra le quote 7 e 10 metri circa s.l.m..

Il punto medio ricade nelle seguenti coordinate geografiche:

Sistema coordinate	Geografiche WGS84 GMS	Rappresentazione conforme di Gauss – Boaga (Fuso Est)
Latitudine	38° 05' 59,08" N	4.216.927,99 N
Longitudine	14° 41' 36,89" E	2.493.139,68 E

Il settore in studio è rintracciabile nelle seguenti carte topografiche:

- Tavoletta "Torrenova" foglio 252 Quadrante III Orientamento N.E., della Carta d'Italia in scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M;
- Sezione n° 599090 "San Marco d'Alunzio", e n° 599050 "Rocca di Capri Leone" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.



Figura 1: Immagine da Google Earth Pro

### Caratteristiche geomorfologiche generali

L'assetto orografico del sito si inserisce in un contesto di tipo da pianeggiante ad altocollinare, tipico del settore costiero dell'area nebroidea, caratterizzato da diffuse strutture neotettoniche, che controllano le forme del paesaggio ed i processi morfologici, in stretta relazione con gli agenti atmosferici e la reologia dei terreni affioranti.

I lineamenti, analizzati attraverso le foto aeree, possiedono degli andamenti raggruppabili in tre picchi di frequenza compresi nelle direzioni NNE-SSW, NNW-SSE e W-E. Nel picco di frequenza diretto W-E si riconoscono inoltre lineamenti dispersi tra le direzioni WNW-ESE e ENE-WSW.

Il confronto di tali lineamenti con le strutture riconosciute sul terreno indica che spesso essi coincidono con fasci di faglie recenti (plio-pleistoceniche), con tipologie dei rigetti strike- e subordinatamente net- e dip-slip.

Le caratteristiche morfotettoniche dell'area sono spesso rappresentati da varie tipologie di discontinuità dei crinali, da allineamenti di vette e dal decorso rettilineo di talune incisioni costituenti il locale reticolato idrografico. Alle discontinuità delle creste dei rilievi si accompagnano anche adiacenti scarpate morfologiche, che a tratti possono coincidere con superfici di singole faglie o con fasci. Queste scarpate, ad elevata inclinazione, limitano e controllano lo sviluppo della locale rete idrografica e le geometrie dei versanti delle valli e delle incisioni di ordine minore.

L'asimmetria dei versanti è stata riconosciuta soprattutto lungo i sistemi drenanti secondari, dei quali alcuni possiedono uno sbocco diretto a mare. Sulle strutture neotettoniche si impostano spesso anche le forre ed i fossi di ruscellamento, presenti nei settori settentrionali dell'area più prossimi alla costa.

Nel complesso nel territorio comunale di Torrenova sono distinguibili tre caratteri morfologici ben differenti sia nella forma che nella distribuzione plano-altimetrica:

- a) la fascia costiera,
- b) la pianura,
- c) la zona collinare.

### **LA FASCIA COSTIERA**

Si sviluppa lungo l'attuale costa tirrenica e risulta variamente modellata dall'azione del mare, si presenta bassa e rettilinea e in fase di arretramento, specie nel settore orientale, opere di ripascimento sono state effettuate recentemente per ridurre gli effetti erosivi sulla costa.

### **LA PIANURA**

Alla fascia costiera fa subito seguito la porzione pianeggiante che caratterizza la morfologia di gran parte del territorio con una altimetria avente massimi sui 30 metri s.l.m. e minimi intorno ai 2 metri s.l.m., questo carattere morfologico è delimitato, nella parte centrale del territorio, da una serie di alluvioni terrazzate, dove inizia il tratto collinare che caratterizza la morfologia del restante territorio.

### **LA ZONA COLLINARE**

Il terzo carattere morfologico è segnato dalla porzione di territorio altimetricamente compreso fra 326,30 m s.l.m. e 30 m s.l.m..

Esso risulta modellato, per un primo tratto, in un tavolato alluvionale terrazzato, che si estende dal Fiume Rosmarino al Vallone Barbuzza, separato da incisioni torrentizie che rappresentano i principali corsi d'acqua che caratterizzano il reticolo idrografico del territorio; il secondo tratto collinare è rappresentato dagli affioramenti calcarei presenti ancora più a sud che si estendono con

continuità da C/da Bicurca a C/da S. Leo, separati dai Torrenti Favara e Platanà.

Il settore in studio, che come detto ricade nella pianura alluvionale, è ubicato in un'area il cui gradiente topografico risulta estremamente basso, al punto da consentire l'insediamento abitativo. Non si osservano, tra l'altro, lesioni e/o crepe nei fabbricati limitrofi, che possono far supporre a cedimenti del substrato.

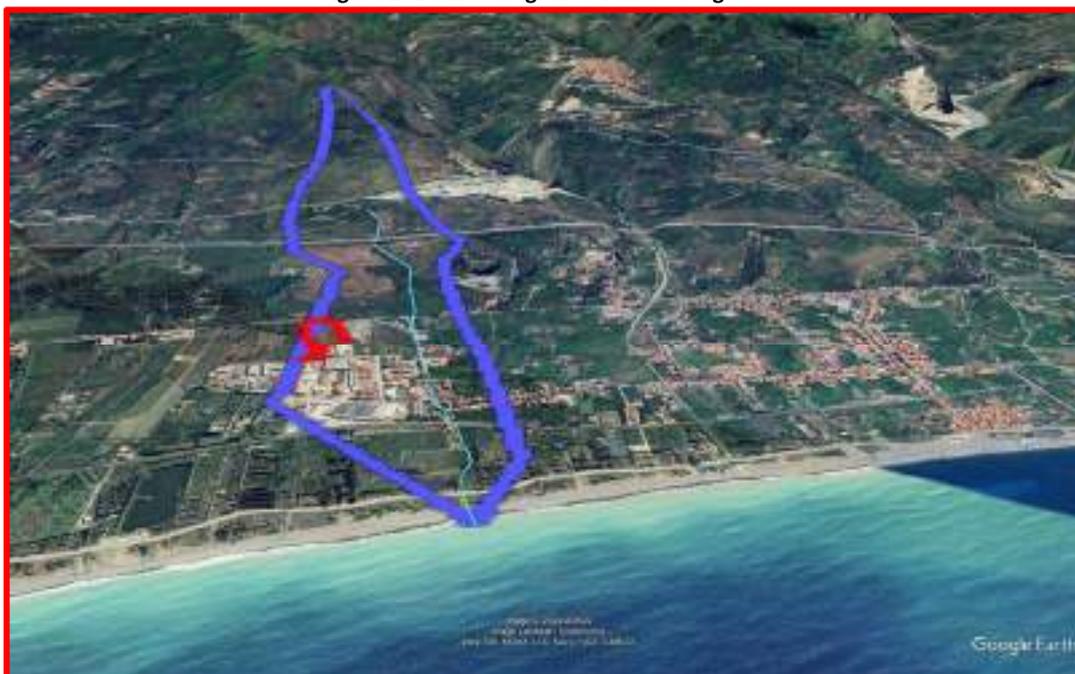
Inoltre dall'esame delle "*Carte dei Dissesti*", delle "*Carte della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico*", delle "*Carte della Pericolosità Idraulica per fenomeni di Esondazione*" e delle "*Carte del Rischio Idraulico per fenomeni di Esondazione*" allegate al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) "**Area Territoriale tra Fiumara Zapulla e Fiumara Rosmarino (016)**", emerge, che il sito in studio e le aree limitrofe **non ricadono** in aree a pericolosità e/o rischio idrogeologico.

## Vallone Fragale

Il sito oggetto di studio ricade nel bacino idrografico del Vallone Fragale, che ha origine sul versante sud ovest di Rocca dello Sciammo (537.7 metri s.l.m.); il gradiente topografico si mantiene elevato solo per un breve tratto iniziale dopo, la pendenza si riduce notevolmente.



**Figura 2: Bacino idrografico Vallone Fragale**



**Figura 3: Vista 3D del Bacino idrografico Vallone Fragale**

<b>CODICE BACINO</b>	<b>165061</b>
<b>TIPO</b>	<b>PRINCIPALE</b>
<b>NOME</b>	<b>VALLONE FRAGALE</b>
<b>CODICE</b>	<b>016-A067-000-1</b>
<b>ZONA DI ALLERTA</b>	<b>A</b>
<b>QUOTA MAX (mt)</b>	<b>509</b>
<b>QUOTA MIN (mt)</b>	<b>0</b>
<b>QUOTA MEDIA (mt)</b>	<b>64</b>
<b>ALTEZZA MEDIA (mt)</b>	<b>64</b>
<b>SUPERFICIE (km)</b>	<b>1,12</b>
<b>SUPERFICIE BACINO (mt)</b>	<b>1.123.292,55</b>
<b>PERIMETRO (km)</b>	<b>6</b>
<b>PERIMETRO (ml)</b>	<b>6.387,44</b>
<b>ACURVA IPSOGRAFICA</b>	<b>0,19</b>
<b>STADIO EVOLUTIVO</b>	<b>SENILE</b>
<b>LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (km)</b>	<b>2,10</b>
<b>PENDENZA ASTA PERCENTUALE (%)</b>	<b>1,80</b>
<b>PENDENZA ASTA Gradi (°)</b>	<b>1,00</b>
<b>Ordinamento del reticolo STRAHLER (°)</b>	<b>1</b>
<b>LUNGHEZZA RETE (Km)</b>	<b>2,10</b>
<b>DENSITÀ DI DRENAGGIO</b>	<b>1,90</b>
<b>RAPPORTO CIRCOLARE</b>	<b>0,30</b>
<b>RAPPORTO DI ALLUNGAMENTO</b>	<b>1,79</b>
<b>COMPATEZZA DI GRAVELIUS</b>	<b>1,69</b>
<b>CORRIVAZIONE GIANDOTTI (Ore)</b>	<b>1,10</b>
<b>CORRIVAZIONE KIRPIC (ore)</b>	<b>0,60</b>
<b>CORRIVAZIONE D'ASARO (ore)</b>	<b>0,70</b>
<b>PENDENZA MEDIA BACINO (Gradi)</b>	<b>16,90</b>

**Tabella 1: Tabella riassuntiva dei principali parametri morfometrici e idrologici del Vallone Fragale**

## ASSETTO GEOLOGICO

### Caratteri Generali

La zona di indagine si colloca nel settore peloritano dell’Arco Calabro, la quale è separata rispetto all’area dei Monti Nebrodi da un lineamento tettonico noto come “Linea di Taormina”, questa probabilmente rappresenta una paleostruttura crostale attiva durante il Mesozoico che avrebbe funzionato come cerniera tra un “dominio peloritano” e un “dominio nebrodico”, dove affiorano le successioni “sicilidi”.

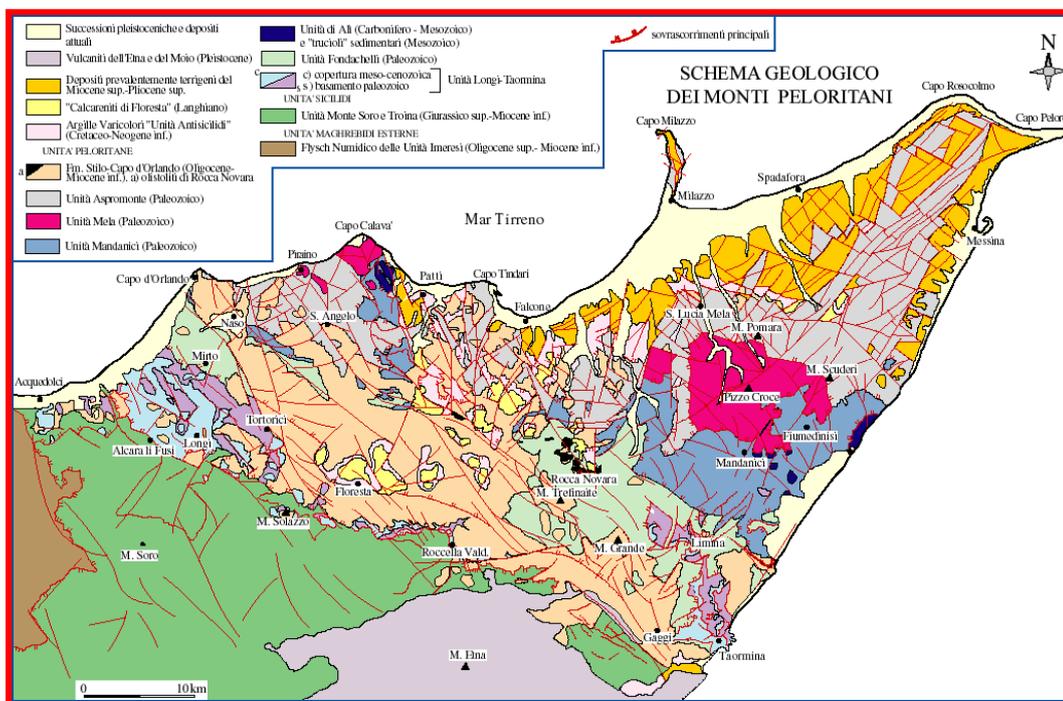


Figura 4: Schema geologico dei Monti Peloritani

Il settore peloritano, secondo le ricostruzioni più recenti (Giunta et al., 1998), corrisponde nel suo insieme ad una depressione della catena appennino-maghrebide, nella quale sono rappresentate le unità tettono-stratigrafiche più elevate a vergenza meridionale (dal basso verso l’alto si distinguono):

Unità di Longi-Taormina: affiora nei settori frontali dell’elemento peloritano secondo un andamento NW-SE da S. Agata di

Militello fino a Taormina; è costituita da un basamento epimetamorfico ricoperto da una successione sedimentaria meso-cenozoica, che mostra marcate differenze di facies correlabili con differenti storie tettono-sedimentarie;

Unità Fondachelli: costituita da un basamento epimetamorfico pre-alpino dato da filladi, metareniti e rare metabasiti e metacalari;

Unità Mandanici: costituita da un basamento pre-alpino composto da filladi, quarziti, metabasiti, marmi e porfiroidi;

Unità Mela: costituita da un basamento pre-alpino polimetamorfico, rappresentato da paragneiss passanti a micascisti, con intercalazioni di metabasiti e marmi (unità di recente istituzione);

Unità Aspromonte: formata da un basamento varisco metamorfico di medio-alto grado, costituito da paragneiss e micascisti, gneiss occhiadini e metagraniti, anfiboliti, ultramafiti e marmi, intrusi da plutonici tardo-varisiche, e riequilibrato in età alpina.

In discordanza su queste unità tettoniche affiora estesamente la Formazione Stilo-Capo d'Orlando, ridefinito come Formazione di Stilo-Capo d'Orlando, di età Oligocene sup. (?)–Miocene inf., costituita essenzialmente da torbiditi silico-clastiche, il cui significato paleo-tettonico è di controversa interpretazione. La sedimentazione di questa formazione si interrompe durante il Langhiano, a seguito del ricoprimento tettonico da parte di una coltre di argille variegata (Unità Antisicilidi), di dubbia provenienza. In discordanza sulle Unità Antisicilidi e sui terreni sottostanti, giace la formazione miocenica delle Calcareni di Floresta, costituita da arkosi a cemento carbonatico, ricche di briozoi.

“Piano Particolareggiato attuativo di iniziativa privata in località Pietra di Roma del Comune di Torrenova”

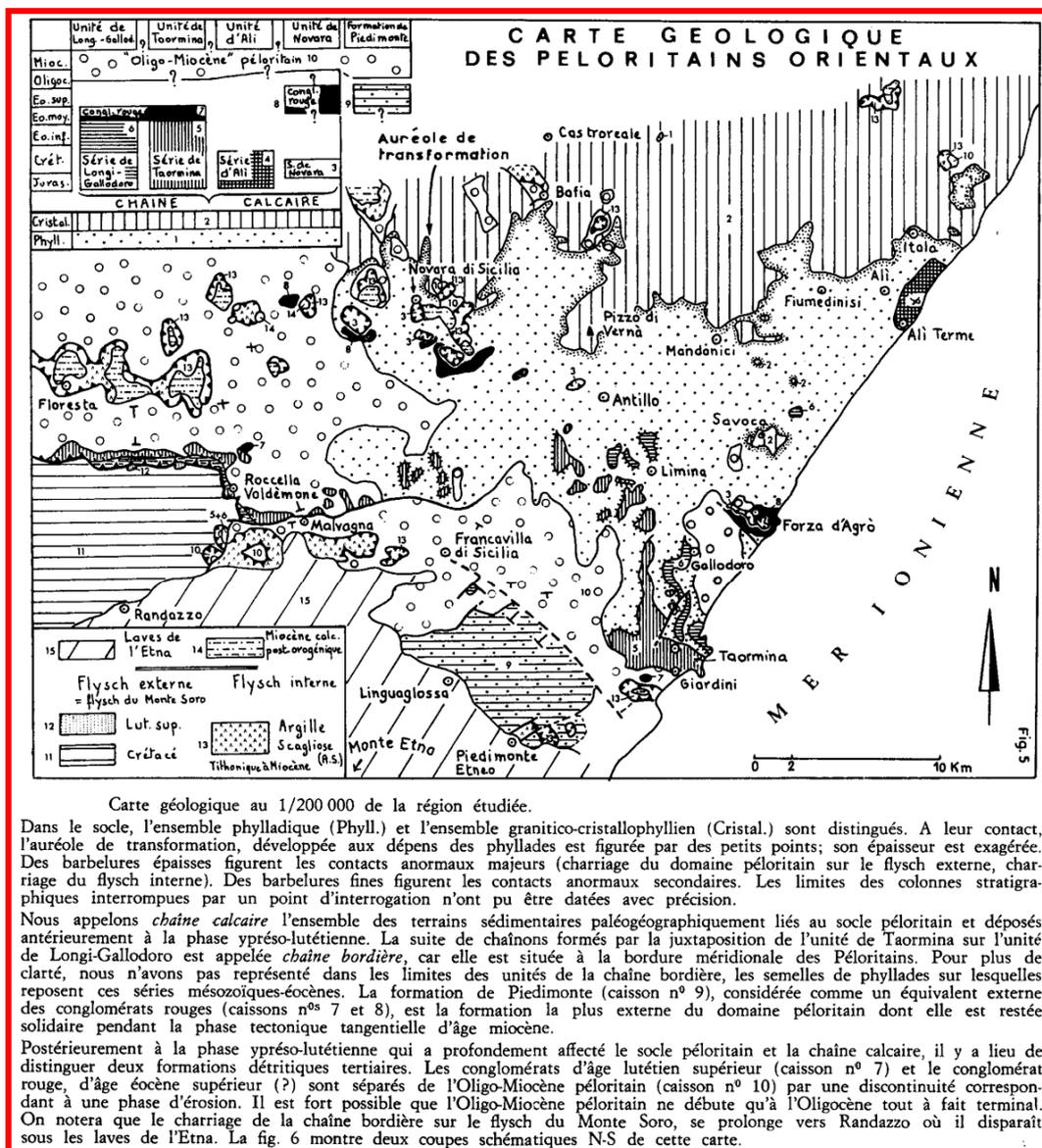


Figura 5: Schema geologico semplificato dell'edificio peloritano orientale, da Truillet (1969b)

I depositi tortoniano-messiniani sono presenti prevalentemente nella parte settentrionale dei Monti Peloritani e poggiano in discordanza su tutti i terreni più antichi. Le successioni plioceniche affiorano in modo discontinuo e realmente molto limitato nei settori settentrionali dei Monti Peloritani, mentre le successioni plio-pleistoceniche occupano le depressioni costiere a pronunciato controllo neotettonico.

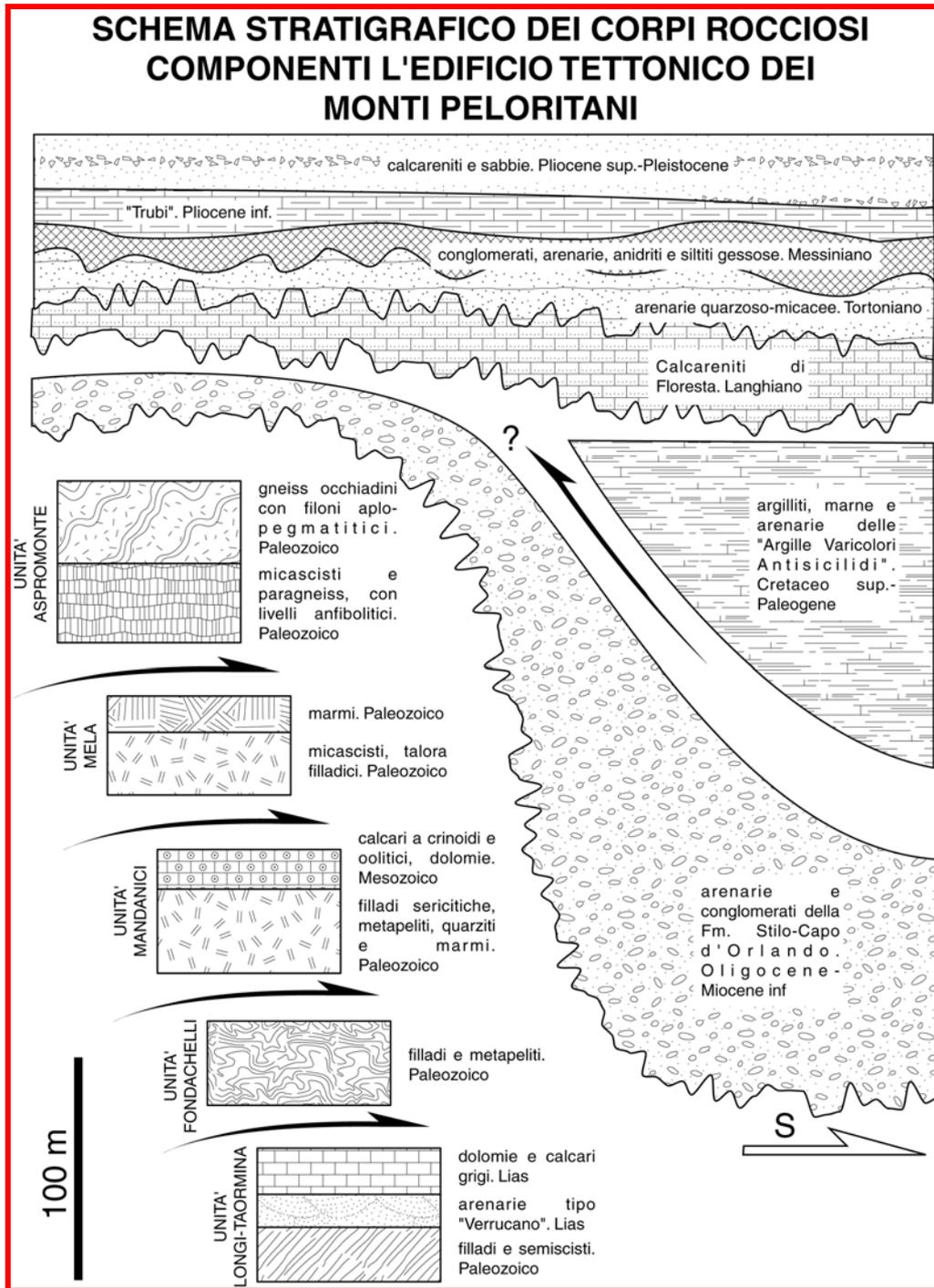


Figura 6: schema stratigrafico dei Monti Peloritani

### Litotipi affioranti nel sito

Nei dintorni dell'abitato di Torrenova affiorano corpi litodermici appartenenti alle unità metamorfiche dell'Unità Calabride

In particolare, questi corpi rocciosi sono riferibili alle seguenti formazioni (dalle più elevate fino alle più profonde):

### DEPOSITI QUATERNARI

#### DEPOSITI MARINI E TRANSIZIONALI

Depositi di spiaggia (g<sub>2</sub>)

Depositi alluvionali attuali (b<sub>a</sub>)

Depositi alluvionali recenti e depositi di piana litorale (b<sub>b</sub>)

#### DEPOSITI CONTINENTALI E TRANSIZIONALI

Depositi alluvionali terrazzati (b<sub>n</sub>)

Ghiaie e sabbie di Messina (MSS)

### *CATENA CABILO KALABRIDE (SETTORE PELORITANO)*

#### *UNITÀ TETTONICA DI FONDACHELLI*

#### BASAMENTO VARISICO

Metamorfiti di Fondachelli (FND)

#### *UNITÀ TETTONICA DI LONGI TAORMINA*

#### SUCCESSIONI MESOZOICHE

#### SOTTOUNITÀ DI SAN MARCO D'ALUNZIO

Rosso di San Marco (RMA)

Verrucano peloritano (VEP)

#### SOTTOUNITÀ DI LONGI

Flysch di Frazzanò (FRZ)

Scaglia (SCA)

Maiolica (MAI)

Gruppo del Medolo (MD)

Calcari neri e calcari massivi di Longi (LOG)

BASAMENTO VARISICO

Epimetamorfiti di Longi Taormina (TAM)

*CATENA MAGHREBIDE (SETTORE NEBRODICO)*

Argille scagliose superiori (ASF)

#### Depositi di Spiaggia (g<sub>2</sub>)

##### (Olocene)

La spiaggia è sottesa da fiumare di breve lunghezza, con apporti solidi a granulometria ruditico-arenitica, dati prevalentemente dai terreni metamorfici e da quelli del Flysch di Capo d'Orlando. In funzione di tali apporti l'ampiezza della spiaggia varia da luogo a luogo, e può subire modificazioni nell'arco di una sola stagione. Generalmente è più ampia sul lato di ponente, soprattutto in prossimità della piana costiera tra le foci del F. di Zappulla e il F. Rosmarino.

Il deposito è rappresentato da ghiaie a clasti di quarzo, da litici metamorfici di medio-alto grado e da sabbie a grana da media a grossolana. Il diametro dei clasti varia da 1 a 10 cm; l'azione delle correnti lungo costa e del moto ondoso impedisce la permanenza della frazione sabbiosa e/o limosa eventualmente trasportata dai fiumi in fase di piena.

## Depositi alluvionali attuali (b<sub>a</sub>)

### **(Olocene)**

Costituisce il materiale degli alvei attuali delle fiumare, in continua elaborazione da parte dei corsi d'acqua, in particolare durante gli eventi alluvionali più intensi.

È separato dai depositi recenti da una balza di altezza variabile da qualche decina di cm fino ad alcuni metri. In certi tratti delle valli alluvionali, i limiti tra tali depositi e le alluvioni recenti (b<sub>b</sub>) non sono chiaramente identificabili.

Trattasi di ghiaie e sabbie limose, la cui frazione grossolana è eterometrica e poligenica, essendo costituita da prevalenti clasti cristallini di vario grado metamorfico e sedimentari, bene appiattiti ed arrotondati o a spigoli vivi. La caratteristica deposizionale principale è data da una spiccata eteropia e graduali interdigitazioni dei sedimenti.

Lo spessore va da pochi metri a parecchie decine di metri; nelle porzioni sovralluvionate degli alvei può superare frequentemente anche il centinaio di metri.

## Depositi alluvionali recenti e depositi di piana litorale (b<sub>b</sub>)

### **(Olocene)**

Affiora lungo gli alvei attuali, generalmente ad un'altezza media di 3 m (tra una massima di 6 m e una minima di 1 m), è fissato da vegetazione ad arbusti e localmente coltivato ad agrumeti; eccezionalmente può essere rielaborato da piene torrentizie.

Il deposito riferito a quest'unità litostratigrafica è costituito da ghiaie con clasti eterometrici e poligenici, prevalentemente cristallini di vario grado, e da sabbie grossolane a supporto di matrice limoso-argillosa di colore grigio-bruna (deposito di piana inondabile), passanti lateralmente a ghiaie in assetto stratoide, ubicate lungo le fasce pedemontane (deposito di conoide alluvionale).

Nelle conoidi alluvionali il litotipo prevalente è rappresentato da ghiaie poligeniche ed eterometriche in abbondante matrice sabbiosa con blocchi angolosi e con intercalazioni sabbioso-ghiaiose.

La componente ruditica è rappresentata da ciottoli arrotondati e bene elaborati con diametro medio di 4-5 cm e valore massimo di 30 cm. Talvolta i clasti dei livelli ghiaiosi hanno disposizione embriciata, mentre la stratificazione nei livelli limoso-sabbiosi è poco evidente.

Questi depositi sovente si interdigitano ai corpi detritici posti alla base delle pareti rocciose; in altri casi si sovrappongono ai sedimenti che costituiscono le alluvioni dei corsi tributari minori, da questi reincise e ormai sospese rispetto all'alveo attuale. Nel tratto terminale delle valli questi depositi si collegano direttamente a quelli presenti lungo la costa, che costituiscono le piane litorali attuali. L'ampiezza della fascia litorale presenta notevoli variazioni. Essa è mal definibile in corrispondenza dei centri urbani, a causa dell'intensa antropizzazione. È larga mediamente 1 km tra Torrenova e Capo D'Orlando.

Queste fasce litorali oltre ad essere sede di espansione urbanistica o di insediamenti industriali, rappresentano delle aree di interesse idrogeologico.

Lo spessore dei depositi  $b_b$  varia da pochi metri fino a 20 m.

### Depositi alluvionali terrazzati ( $b_n$ )

#### **(Pleistocene Medio Superiore)**

Trattasi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, brune o giallastre a prevalenti clasti arrotondati di diametro da 2 a 20 cm, con scarsa matrice argillo-sabbiosa alternate a sottili livelli di sabbie e limi argillosi rossastri.

Ubicati ad altezze diverse rispetto agli alvei attuali e disposti in più ordini, localmente danno luogo a superfici debolmente inclinate verso valle, specie lungo i settori di confluenza delle aste tributarie con i corsi d'acqua principali. Elementi riconducibili a diverse generazioni di paleopaesaggi fluvio-denudazionali sospesi si riscontrano tra le quote 625-600 m e 550-525 m rispettivamente sulle sponde sinistra e destra della F.ra di Longi, modellati sui terreni carbonatici (DOA) della Sottounità di Longi. Ulteriori lembi si rinvengono nell'area di Patti, in sinistra del T. Timeto, dislocati a varie quote, da 220 a 110 m, lungo il bordo occidentale dell'omonima depressione.

In sinistra della F.ra di Sinagra, si riconoscono due ordini di terrazzi, caratterizzati da superfici subpianeggianti debolmente immergenti verso nord-ovest. Il più alto di questi affiora a SE di Castell'Umberto tra quota 760 m e 750 m e il più basso, tra quota 525 m e 500 m, costituisce l'ampia superficie pianeggiante a nord della stessa località.

Inoltre, per vasti tratti alla sommità del rilievo che va da Capo d'Orlando a Sinagra, sono riconoscibili limitate superfici disposte a varie quote (875, 825-800 e 750-700). Tali superfici, riconoscibili lungo la F.ra di Sinagra potrebbero interpretarsi come superfici di spianamento sub-aereo. Relitti di probabili paleosuperfici d'erosione sono anche riconoscibili a nord dell'abitato di Naso (DI STEFANO & CALIRI, 1996).

Lo spessore, non facilmente definibile data la natura clastica del deposito, costituito prevalentemente dalla rielaborazione degli stessi terreni del substrato, è generalmente esiguo.

## Ghiaie e sabbie di Messina (MSS)

### (Pleistocene Medio)

Lungo la fascia costiera dei Monti Peloritani, sia sul versante ionico che su quello tirrenico, affiorano notevoli volumi di sedimenti conglomeratico-sabbiosi poggianti in discordanza sui depositi plio-pleistocenici e su diversi termini del substrato più antico. Si tratta generalmente di ghiaie e sabbie grigio-giallastre o rossastre scarsamente cementate e fortemente clinostratificate. I ciottoli, di diametro compreso tra pochi centimetri ed il metro, sono generalmente arrotondati e in prevalenza cristallini.

Questi depositi clastici sono stati attribuiti in letteratura alle “Ghiaie e sabbie di Messina” ed interpretati come il prodotto di antichi apparati fluvio-deltizi alimentati dalla dorsale peloritana, sviluppatasi durante le fasi di surrezione di questa. Sono riferibili a sistemi fluviali indipendenti, a volte coalescenti, con rapporti di letto e sviluppo verticale differenti a seconda delle diverse condizioni locali in cui essi si sono accresciuti. Apparati analoghi con l’originaria geometria ancora perfettamente conservata sono riconoscibili anche nelle aree sommerse e sono stati messi in evidenza sia da linee sismiche che da dati di perforazione. I dati fin qui raccolti non sono sufficienti a stabilire se gli apparati sommersi siano dovuti all’attività di faglie normali, o piuttosto si tratti di sistemi deposizionali più recenti incastrati a quota inferiore.

I depositi in oggetto, generalmente tagliati verso mare dalle faglie normali che controllano sia la costa tirrenica che quella ionica, da Capo Peloro a Capo Tindari (cfr. Fogli “Villa S. Giovanni” e “Barcellona P.G.”), poggiano con contatto netto e discordante sui depositi pleistocenici rialzati lungo gradinate di faglia, mentre si estendono al tetto delle argille medio-pleistoceniche conservate nelle depressioni strutturali. Nell’area del Foglio “Patti” l’appoggio

della formazione avviene su vari termini di sequenze meso-cenozoiche fino al basamento epimetamorfico.

Nell'area del Foglio la formazione affiora tra il F. Rosmarino e il F. di Zappulla, e immerge generalmente verso O e NO con valori medi di clinostratificazione di 25°. È presente solo la facies continentale, caratterizzata da ghiaie, sabbie e conglomerati di colore grigio-giallastro in matrice rossastra. Il deposito è scarsamente diagenizzato.

L'età dell'intervallo inferiore della formazione, in facies marina, è riferibile a circa 650 ka (Pleistocene medio).

La porzione sommitale di ambiente continentale (BONFIGLIO, 1983) sutura parte delle faglie della terminazione nord-orientale della dorsale peloritana. Le litofacies continentali contengono mammalofaune del Pleistocene medio finale riferibili ad un intervallo cronologico di  $200 \pm 40$  ka (BADA et alii, 1991) e comunque più recenti di 365 ka, come riproposto da BONFIGLIO (1991). Spessore fino a 75 m.

### Metamorfiti di Fondachelli (FND)

#### **(Paleozoico)**

Il basamento metamorfico dell'Unità di Fondachelli (BONARDI et alii, 1976, 1996; GIUNTA et alii, 1998) è caratterizzato da prevalenti filladi e metareniti (FND) in genere grafitose, grigio scure, o plumbee o più raramente verdastre, a grana minutissima e basso grado di cristallinità, con abbondante sericite, quarzo, e subordinate clorite, albite, piccole lamine di muscovite e cristalli di ilmenite e tormalina. Nelle filladi i rapporti percentuali tra quarzo e sericite sono alquanto variabili, pertanto si va da sericitoscisti a filladi via via più quarzose. Le metareniti presentano un rapporto clasti/matrice molto variabile, con matrice generalmente prevalente e clasti di solito monomineralici costituiti per lo più da quarzo

e feldspati. In questa formazione si rinvencono livelli o boudins di metabasiti, e rari livelli di metacalcari a grana minuta e struttura granoblastica costituiti da prevalente calcite con poche lamine di sericite e rari granuli di quarzo; ambedue queste litologie sono difficilmente cartografabili.

In varie località affiorano, con spessore di qualche decina di metri, quarziti (FND<sub>a</sub>) a grana minuta e struttura granoblastica con sottili letti di sericite e grafite, fortemente deformate in sistemi coniugati di pieghe chevron.

In tutta l'unità sono frequenti mineralizzazioni ad ossidi e solfuri di ferro, a luoghi con concentrazioni tali da averne consentito nel passato il limitato sfruttamento.

### Rosso di San Marco (RMA)

---

#### **(Pliensbachiano-Titonico inferiore)**

La formazione giace in discordanza sul Verrucano peloritano, ove presente, ovvero più spesso scollata sui terreni di basamento.

Si tratta di calcari algali grigi, calcari dolarenitici e dolomie cristalline grigio-biancastre calcari a peloidi, passanti a calcari encrinetici rossi e a calcari con modelli di brachiopodi e di ammoniti non classificabili per l'alto grado di ricristallizzazione, intensamente venati e spatizzati, in strati e banchi di spessore variabile, separati da livelli discontinui di croste polimetalliche (*hard-ground*).

La deformazione che ha interessato tutta la copertura sedimentaria è data da due fasi duttili, che nei litotipi più competenti hanno determinato la formazione di boudins, anche di grosse dimensioni (Rocche Rosse), spesso paralleli agli assi delle pieghe di ambedue le fasi deformative. Lo spessore è massimo 60 m.

## Verrucano peloritano (VEP)

### **(Triassico superiore-Hettangiano)**

Sono stati assegnati a questa formazione sottili corpi lenticolari, spesso non cartografabili, caratterizzati da un’alternanza di quarzareniti rossastre in banchi metrici ed argilliti silicee rossastre in strati decimetrici. Lo spessore non supera i 10 m

## Flysch di Frazzanò (FRZ)

### **(Eocene medio superiore - Oligocene)**

Col termine di Flysch di Frazzanò OGNIBEN (1960) indica un deposito terrigeno soprastante la “Formazione calcescistosa di Militello” (equivalente alla Scaglia), che costituisce un deposito immediatamente precedente la messa in posto delle falde cristalline “calabridi”. La porzione inferiore della formazione poggia generalmente in continuità sulla sottostante Scaglia.

Si tratta di un’alternanza arenaceo-pelitico-conglomeratica caratterizzata da litofacies spesso eteropiche, arenitiche alla base, evolventi rapidamente a litofacies arenitico-conglomeratiche ed infine esclusivamente conglomeratiche nei livelli apicali.

La litofacies arenitica e arenitico-conglomeratica (FRZ<sub>a</sub>), affiora più estesamente e con continuità in destra della F.ra Rosmarino, da Torrenova alla F.ra di San Basilio, mentre la litofacies conglomeratico-arenitica (FRZ<sub>b</sub>) è presente esclusivamente ad est di Militello Rosmarino, tra C.da S. Leo e Portella Lampedusa, e a nord di Serra Zarià.

Nella Valle della F.ra di Rosmarino e lungo la strada che da Torrenova porta a S. Marco d’Alunzio è possibile osservare una graduale transizione dalle marne rosse eoceniche al flysch attraverso un incremento della frazione arenitica silicoclastica. Molto

spesso però la tettonica ha modificato i rapporti originari e ha ridotto la sequenza in ripetute scaglie subparallele alla stratificazione.

La composizione delle arenarie varia da litareniti feldspatiche nei livelli basali, ad arcose litiche fino ad arcose in quelli medio-alti; si presentano in strati da centimetrici a decimetrici a granulometria medio-grossolana, gradati e laminati, intercalati a sottili livelli pelitici. La geometria degli strati è lenticolare a base erosiva; per amalgamazione possono raggiungere spessori decametrici, con apparente gradazione inversa e/o scarsa classazione. La litofacies conglomeratica è costituita da grossi banchi lenticolari con base fortemente erosiva; la composizione dei ciottoli è data da elementi cristallini prevalenti (rocce metamorfiche di grado intermedio ed alto e rocce granitoidi) e subordinatamente da clasti carbonatici e/o arenitici.

Le litologie e i caratteri tessiturali della formazione sono riferibili a torbiditi le cui facies ed associazioni di facies sono relative ad ambiente di base di scarpata con carattere regressivo marcato da sequenze di facies negative (*coarsening-upward*).

Gli spessori delle due litofacies variano notevolmente; la prima raggiunge i 200 m, la seconda non eccede i 70m.

## Scaglia (SCA)

---

### (Cretacico superiore-Eocene)

Spesso, lungo un contatto meccanico, sul Gruppo del Medolo o sui calcari liassici poggiano calcari e calcari marnosi e marne, rossi, verdi e giallastri, e subordinate calcareniti e calcisiltiti.

I calcari sono biomicriti più o meno marnose ricche di foraminiferi planctonici con tessitura fluidale, talora con sottili intercalazioni silicoclastiche, o calcareniti fini intraclastiche. Verso l'alto le marne si arricchiscono gradualmente in livelli di spessore da 5 a

50 cm di siltiti giallastre e arenarie gradate, fino a dare luogo ad un’alternanza arenaceo-argillosa ritmica che prelude al successivo Flysch di Frazzanò. I vari litotipi presentano laminazione parallela o obliqua, che intersecandosi con un clivaggio di frattura ne determina una caratteristica suddivisione in scagliette. La successione descritta corrisponde alla Formazione calcescistosa di Militello (OGNIBEN, 1960). Lo spessore, difficilmente valutabile a causa di numerosi scollamenti e ripetizioni tettoniche, non dovrebbe eccedere i 200 m.

### Maiolica (MAI)

---

#### (Titonico Aptiano)

In paraconformità, generalmente scollata sul Gruppo del Medolo, sono stati cartografati lembi di calcilutiti grigio-biancastre e calcari marnosi bianchi a frattura concoide, con noduli e lenti di selce nera, in livelli centimetrici, alternati a sottili livelli di argille nerastre, contenenti aptici, belemniti e rari resti di ammoniti. Queste ultime hanno permesso a MAUGERI PATANÈ (1932) di attribuire la formazione all’Hauteriviano-Barremiano. Le associazioni a tintinnidi (*Tintinnopsella carpathica* MURGEANU & FILIPESCU e *Remaniella cadischiana* COLOM) assegnano un’età Berriasiano-Valanginiano, confermando sostanzialmente il Cretacico inferiore di LENTINI (1975).

### Gruppo del Medolo (MD)

---

#### (Pliensbachiano)

In contatto netto, talora paraconforme sui “Calcari massicci”, a luoghi in graduale continuità sui “Calcari neri”, poggia un’alternanza di calcari marnosi e marne di colore grigio, grigio-verde al taglio, grigio chiaro o avana all’alterazione, a frattura concoide, con lenti di selce; sono frequenti noduli limonitici ed è presente

anche una modesta frazione detritica a granuli di quarzo poco arrotondato; la stratificazione è netta con spessore di 10-20 cm. Corrisponde al Medolo domeriano di FUCINI (1920 - 1935).

### Calcari neri e calcari massivi di Longi (LOG)

---

#### **(LIAS inferiore)**

Il Verrucano peloritano, gradualmente e con continuità fa transizione ad una sequenza in facies di piattaforma carbonatica in progressivo annegamento, costituita da due litofacies principali: calcari nerastri con rare liste di selce nera, alternati talora a marne calcaree grigie a patina giallastra (LOG<sub>a</sub>) (cfr. Calcari neri sensu LENTINI, 1973a), passanti lateralmente e superiormente a calcari bianco-grigiastri massivi o stratificati in grossi banchi, e a luoghi a dolomie saccaroidi avana (LOG<sub>b</sub>) (cfr. Calcare massiccio sensu LENTINI, 1973a).

Litofacies LOG<sub>a</sub>: “Calcari neri” caratterizzati alla base da encriniti grigie e superiormente da calcari marnosi nerastri o grigio-bluastri stratificati in livelli medio-sottili (10-30 cm), con rare lenti di selce scura e da marne calcaree grigie al taglio, e a patina giallastra all’alterazione.

Litofacies LOG<sub>b</sub>: Si tratta di calcari bianco-grigiastri massivi o mal stratificati, localmente oolitici, talora parzialmente dolomitizzati, costituiti da intrabiospariti con granuli micritici e bioclasti formati da alghe e molluschi, e di brecce carbonatiche cementate e spesso ricristallizzate.

## Epimetamorfiti di Longi-Taormina (TAM)

### **(Paleozoico)**

Il basamento dell'Unità tettonica di Longi-Taormina è rappresentato da una sequenza paleozoica con tracce di fossili devoniani, interessata da metamorfismo ercinico. Si tratta di metamorfiti in facies di scisti verdi di BP e BT.

I litotipi più comuni sono metapeliti e metareniti grigio verdastre (TAM) a prevalente sericite, clorite e quarzo, a tessitura scistosa con basso grado di cristallinità, cui si associano filladi e metareniti grafitose con grado di cristallinità più elevato rispetto ai litotipi sericitico/cloritici, oltre a metagrovac- che e/o metarose con evidenti relitti clastici (porfiroclasti) arenitici e in matrice ricristallizzata. A luoghi, il litotipo filladico è sostituito da prevalenti metareniti e quarziti (TAM<sub>a</sub>), non singolarmente individuabili.

A diverse altezze sono presenti metabasiti alcaline (TAM<sub>b</sub>) verdastre, a luoghi budinate, e calcescisti varicolori, affioranti in lembi di limitata estensione a S. Basilio e nell'area di Monte S. Pietro.

## “Argille Scagliose Superiori” (ASF)

### **(Paleozoico)**

Si tratta di una sequenza torbidityca a prevalente matrice argillosa di colore grigio piombo, con caratteristici livelli di calciluti marnose di colore avana, a frattura prismatica. La sequenza affiora spesso in assetto caotico, con i litotipi più tenaci immersi in quelli argillosi costituiti da quarzareniti talora argillose, analoghe a quelle attribuite al Flysch di Monte Soro, da cui si distinguono unicamente sulla base della loro posizione geometrica. La “sequenza” in esame infatti, è interpretabile come l'originario substrato sedimentario del Flysch di Monte Soro, oggi in posizione tettonica invertita, più elevata rispetto a quest'ultimo. La litofacies

principale è argilloso-marnoso-calcareo (ASF), con intercalazioni argilloso-arenacee (ASF<sub>a</sub>) verso l'alto.

La litofacies ASF è caratterizzata da argille marnose e marne argillose grigio-nerastre con livelli medio-sottili di torbiditi calcareo-marnose grigiastre, avana all'alterazione.

In questi livelli sono frequenti laminazioni ondulate e convolute e strati, da molto sottili a sottili, di torbiditi calcaree grigiastre, spesso a granulometria grossolana gradata (intervallo Ta della sequenza di Bouma); in alcuni livelli sono presenti brecciole a tintinidi.

La litofacies argilloso-arenacea (ASF<sub>a</sub>) è rappresentata da torbiditi silicoclastiche prevalenti al tetto della sequenza, caratterizzata da un estremo grado di tettonizzazione che difficilmente consente di ricostruire la stratigrafia.

Le arenarie sono subarcose in strati di spessore da decimetrico a metrico, con stratificazione piano parallela; la granulometria è medio-fine e la composizione piuttosto omogenea a quarzo prevalente e scarse percentuali di litici cristallini, per lo più ruditici, e rarissimi clasti carbonatici.

In presenza di addizionamenti litici, cristallini e carbonatici, si può avere qualche accenno di gradazione. Lo spessore complessivo della sequenza, difficilmente stimabile per la notevole caotizzazione, non dovrebbe superare i 400 m.

## **IDROGEOLOGIA - CLIMATOLOGIA**

### **Permeabilità**

La permeabilità è tra le proprietà dei terreni affioranti e del sottosuolo che maggiormente influenza il comportamento delle risorse idriche sotterranee. Il territorio comunale risulta caratterizzato da terreni che presentano condizioni di permeabilità molto diverse; qui di seguito vengono riassunti esaminati il tipo e le principali caratteristiche.

### **Terreni a permeabilità primaria**

Sono terreni caratterizzati da significativi fenomeni di circolazione idrica sotterranea; vi fanno parte i depositi alluvionali, di ogni ordine e grado, e gli accumuli detritici.

I depositi alluvionali presenti lungo la fascia costiera compresa tra Torrenova e capo d'Orlando rappresentano una naturale prosecuzione di quelli che formano il fondovalle del corso d'acqua principale e dei suoi affluenti più importanti, si caratterizzano per una permeabilità primaria per porosità elevata, in cui i valori variano, sia orizzontalmente che verticalmente, in base alla disposizione lenticolare dei sedimenti che li compongono, ma non sembra che al loro interno esistano lenti argilloso-limose tanto estese da originare acquiferi separati. Si viene a determinare lungo la fascia costiera un acquifero alluvionale di notevole spessore e potenzialità, che risulta alimentato sia dai deflussi idrici superficiali, sia dai deflussi sotterranei delle falde collinari e soprattutto dalle acque di subalveo dei corsi d'acqua principali. I coefficienti di infiltrazione potenziali sono in questo caso molto alti e l'infiltrazione è favorita anche dall'assetto morfologico sub-pianeggiante della pianura costiera. I depositi alluvionali costituiscono un unico sistema idrologico a tetto freatico, che defluisce verso Nord ed è

sostenuto dai terreni a bassa permeabilità del substrato metamorfico e/o argilloso, che assumono quindi il significato pratico di impermeabile relativo.

La falda freatica si suppone estesa e superficiale nelle vicinanze dei torrenti e si approfondisce man mano che si procede verso i rilievi interni; inoltre il livello freatico della falda subisce delle variazioni correlabili al regime pluviometrico dell'area, con valori massimi nel periodo autunno-inverno e valori minimi alla fine del periodo estivo, consentendo comunque delle portate di emungimento cospicue.

Lungo i depositi di fondovalle, la falda idrica si caratterizza per una potenzialità strettamente dipendente dallo spessore e dall'ampiezza che tali depositi assumono lungo le valli, oltre che per un rapido deflusso delle acque di subalveo verso valle, legata all'elevata permeabilità sia di questi depositi alluvionali recenti che delle fasce alluvionali quaternari ai margini.

Un discorso a parte va fatto per la copertura detritica, laddove maschera in modo continuo il substrato roccioso, con spessori variabili da punto a punto; in essa si ha una permeabilità, per porosità, variabile in base alla maggiore presenza della frazione grossolana; il coefficiente di permeabilità “k” risulta comunque basso soprattutto laddove si ha un elevato contenuto di particelle fini; in occasione di eventi pluviometrici intensi sono possibili condizioni prossime alla saturazione dei terreni.

#### Terreni a permeabilità secondaria

Si tratta di rocce calcaree, arenitiche, conglomeratiche e marnoso-arenacee in cui è sempre presente un sistema di discontinuità variamente orientato e di intensità molto variabile. Laddove, nell'ammasso roccioso, esistono delle fessurazioni di tipo beante la permeabilità risulta elevata, mentre è più ridotta in corri-

spondenza delle porzioni meno fratturate o con fessure combacianti. In ogni caso, si tratta di una permeabilità di tipo secondario, dovuta cioè alla fratturazione della roccia. Gli acquiferi ubicati nelle rocce carbonati che rappresentano la maggior riserva d'acqua e danno luogo a varie emergenze idriche; la circolazione idrica all'interno di essi avviene prevalentemente per carsismo ed è strettamente legata alla permeabilità ed ai sistemi di fratturazione tettonica.

Ovviamente, la presenza dei livelli calcareo-marnosi negli ammassi rocciosi riduce notevolmente la trasmissività. Laddove sui termini argillosi poggiano placche calcarenitiche con discreta permeabilità per porosità secondaria, queste ultime sono sede di acquiferi di potenza anche notevole con sorgenti localizzate lungo il contatto con la formazione sottostante.

#### Terreni a permeabilità orientata

Sono dati essenzialmente dall'alternanza arenaceo argillosa e dalle rocce arenitiche o arenitico-pelitiche delle formazioni post-orogene. In esse la permeabilità è variabile in funzione della litologia dello strato o livello cui si riferisce. Nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano quindi situazioni estreme, rappresentate dai livelli di argille impermeabili e dagli orizzonti arenitici o conglomeratici permeabili. Ne consegue che, parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza di livelli arenacei continui, si hanno buoni valori del coefficiente di permeabilità; in corrispondenza dei livelli prevalentemente argillosi non si hanno, invece, condizioni di permeabilità.

#### Terreni a permeabilità mista

Rappresentati principalmente dai depositi terrigeni, nel caso in cui tale complesso risulta molto fratturato, e dalle successioni terrigene post-orogene a prevalente composizione arenacea. In

questi terreni la permeabilità è variabile da strato a strato, ma la prevalenza dei litotipi arenacei ed i numerosi sistemi di fratture conferiscono a questo complesso una permeabilità media di tipo misto (per porosità e fratturazione). Le acque di infiltrazione sono altresì regolate dalla presenza delle intercalazioni dei livelli argillosi, che essendo impermeabili, riescono a limitare, anche se solo in parte, la permeabilità verticale del mezzo, condizionando così il deflusso sotterraneo. Nelle facies conglomeratiche e francamente arenacee la permeabilità è medio-elevata, di tipo primario (porosità dei conglomerati) e secondario (sistemi di fratturazione), determinando coefficienti di infiltrazione più elevati.

#### Terreni a permeabilità bassa

Sono terreni caratterizzati da impregnazioni idriche in corrispondenza dei livelli litologici più superficiali alterati. Sono state incluse, all'interno di questa classe, le coperture detritiche e le porzioni superficiali alterate delle rocce metamorfiche di basso, medio ed alto grado. I termini prevalentemente metamorfici delle unità tettoniche peloritane costituiscono un complesso impermeabile, dove la roccia risulta integra, con una circolazione idrica sotterranea discontinua e limitata alle fasce tettonicamente disturbate ed agli affioramenti gneissici e plutonitici fratturati in grande, con una permeabilità medio-bassa per fratturazione. Laddove le porzioni superficiali detritiche assumono uno spessore ed una permeabilità media per porosità, si instaurano delle falde acquifere di modesta entità, che talora danno luogo ad emergenze sorgentizie effimere e con regime strettamente correlabile al regime pluviometrico locale. Nell'ambito di questo complesso, dunque, i coefficienti di infiltrazione potenziale sono molto bassi ed in genere decrescenti con la profondità, cosicché nell'aliquota del deflusso

idrico globale prevale notevolmente il ruscellamento rispetto all'infiltrazione, anche in dipendenza delle condizioni di acclività dei versanti.

### Terreni impermeabili

Sono rappresentati principalmente dai terreni argillosi, diffusi nella fascia centro-settentrionale e nella fascia montuosa del bacino, e sono caratterizzati da una permeabilità molto bassa e limitata alle porzioni più superficiali, dove sono localizzate emergenze sorgentizie effimere e di limitata portata.

## Idrologia e climatologia

### Stazioni

I regimi termometrico e pluviometrico dell'area sono stati desunti utilizzando i dati registrati dalle stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate nelle aree più prossime al bacino idrografico, prendendo in considerazione il trentennio 1965-1994 sulla base dei dati pubblicati dall'Ufficio Idrografico della Regione Siciliana.

In Tabella seguente sono riportate le stazioni termopluviometriche e pluviometriche rappresentative del bacino in questione.

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
ALCARA LI FUSI	1965-1994	Pluviometro	400	4207776N	473666E
CAPO D'ORLANDO	1965-1994	Pluviometro	100	4222558N	478094E
FICARRA	1965-1994	Pluviometro	541	4216993N	485386E
FLORESTA	1965-1994	Termo-pluviometro	1250	4204039N	492682E
MILITELLO ROSMARINO	1965-1994	Pluviometro	422	4211485N	470753E
MONTALBANO ELICONA	1965-1994	Pluviometro	907	4207734N	500000E
ROCCELLA VALDEMONA	1965-1994	Pluviometro	655	4198488N	500000E
SAN FRATELLO	1967-1994	Termo-pluviometro	690	4207809N	464887E
SAN PIERO PATTI	1965-1989	Pluviometro	440	4211433N	497075E
TINDARI	1965-1984	Termo-pluviometro	280	4220680N	504382E
TORTORICI	1965-1994	Pluviometro	475	4209599N	483910E

**Tabella 2: Stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche**

### Regime termico

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni termo-pluviometriche di Tindari, San Fratello e Floresta.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
FLORESTA	3,9	4,0	5,7	8,3	13,3	17,3	20,3	20,4	17,1	12,3	8,2	4,9	11,3
SAN FRATELLO	9,2	9,4	10,9	12,9	17,1	20,5	23,6	24,1	22,0	18,2	13,8	10,6	16,0
TINDARI	10,6	10,8	11,9	13,9	17,7	21,4	24,0	24,5	22,1	18,5	14,8	12,0	16,9
<b>MEDIA</b>	<b>7,9</b>	<b>8,1</b>	<b>9,5</b>	<b>11,7</b>	<b>16,0</b>	<b>19,7</b>	<b>22,6</b>	<b>23,0</b>	<b>20,4</b>	<b>16,3</b>	<b>12,3</b>	<b>9,2</b>	<b>14,7</b>

**Tabella 3: Temperatura media mensile in gradi Celsius, per il periodo di osservazione 1965-1994**

Il regime termometrico nel versante tirrenico della Sicilia Nord-Orientale e, più in particolare, dell'area in esame è tale da determinare tre fasce corrispondenti a diversi valori della temperatura media annuale. In generale la distribuzione delle temperature è condizionata dall'altitudine, con valori estremamente bassi nelle zone più prossime al crinale della catena nebrodo-peloritana.

Si distingue, alle quote più basse, una fascia costiera con valori di  $T_m$  pari a 18-19 °C, una fascia intermedia di tipo collinare e di bassa montagna con  $T_m$  di 14-18 °C ed una fascia interna di alta montagna con  $T_m$  di 12-14 °C.

In base al range di valori assunti dalla temperatura media annuale, è quindi possibile distinguere il clima della fascia costiera come caldo arido nel periodo compreso tra i mesi di maggio e settembre, mentre nella fascia intermedia ed in quella più interna tale periodo caldo si riduce ai mesi di giugno, luglio ed agosto. I mesi più freddi risultano essere gennaio e febbraio, quelli più caldi sono luglio e agosto.

L'escursione termica media annua è di 17 °C nella fascia montana e si riduce a circa 14 °C nella fascia costiera, in seguito all'effetto di mitigazione climatica operato dal Mare Tirreno alle quote più basse. Tale effetto si ripercuote anche sui valori estremi e più precisamente: nelle fasce costiera ed alluvionale i valori medi delle temperature minime sono di circa 9 °C, nella fascia basso collinare sono di circa 7 °C, mentre a quote superiori a 450 metri s.l.m. sono di circa 5 °C con estremi di circa 1°C alle quote più elevate; i valori medi delle temperature massime nella zona di costa, come anche nella fascia altimetrica compresa tra i 450 metri ed i 1000 metri s.l.m., oscillano tra i 28° C ed i 30 °C, con temperature massime assolute di 40 °C; nella fascia altimetrica tra i 50 metri ed i 450 metri s.l.m. i valori medi subiscono un incremento

oscillando tra i 30° C ed i 32 °C, mentre alle quote più elevate raramente superano i 28 °C.

### Regime pluviometrico

Le precipitazioni della provincia di Messina assumono un valore medio annuo di circa 808 mm, più elevato di quello medio regionale (637 mm). In particolare, il versante tirrenico dei Monti Peloritani si caratterizza per valori medi annui delle precipitazioni di circa 770 mm nelle zone costiere e collinari, mentre nelle zone più prossime al crinale i valori raggiunti superano talora i 1300 mm. Questi valori della piovosità sono correlabili agli apporti di masse di aria umida da parte dei venti spiranti da nord-ovest.

Nell’area in esame si distingue una zona settentrionale dove le precipitazioni medie annue sono 700-800 mm, una zona intermedia compresa nel range 800-1000 mm ed una a quote più elevate con un range di 1200-1400 mm.

Per l’analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle 11 stazioni pluviometriche, di cui solo quelle Capo d’Orlando, Ficarra e Tortorici ricadono all’interno dell’area in esame

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
ALCARA LI FUSI	133,8	126,9	99,9	85,6	44,4	27,7	21,0	22,9	59,8	96,1	101,8	139,0	958,9
CAPO D'ORLANDO	83,1	75,1	58,9	54,9	32,0	13,1	8,9	16,0	46,1	81,5	78,4	86,2	634,2
FICARRA	121,1	104,4	94,7	83,8	43,0	25,7	18,9	24,0	66,8	111,2	93,1	119,6	906,3
FLORESTA	165,4	152,3	115,6	108,2	58,5	27,0	21,7	29,5	56,8	102,3	108,8	175,9	1122,0
MILITELLO ROSMARINO	127,6	118,6	100,0	84,3	42,8	30,0	21,6	27,6	64,2	105,8	101,2	115,7	939,4
MONTALBANO ELICONA	146,4	131,5	109,7	79,9	41,5	24,4	17,1	27,7	56,5	96,3	93,8	136,3	961,1
ROCCELLA VALDEMONE	122,8	116,1	112,1	74,4	47,1	17,3	13,3	24,3	36,5	80,5	85,8	133,2	863,4
SAN FRATELLO	111,1	109,6	86,0	83,9	41,2	27,2	14,8	24,6	54,8	106,1	100,4	115,7	875,4
SAN PIERO PATTI	159,0	137,3	119,9	87,3	42,8	23,9	17,1	26,3	64,3	89,1	97,3	152,3	1016,6
TINDARI	85,2	85,0	66,0	57,8	28,9	23,3	9,3	29,6	64,0	99,4	84,8	111,2	744,5
TORTORICI	138,4	133,2	107,4	102,1	52,1	25,9	24,4	27,1	62,4	101,1	106,5	154,2	1034,8
<b>MEDIA</b>	<b>126,72</b>	<b>117,27</b>	<b>97,29</b>	<b>82,02</b>	<b>43,12</b>	<b>24,14</b>	<b>17,10</b>	<b>25,42</b>	<b>57,47</b>	<b>97,22</b>	<b>95,63</b>	<b>130,85</b>	<b>914,24</b>

**Tabella 4: Piovosità media mensile in mm, per il periodo di osservazione 1965-1994**

Nell'arco dell'anno solare il periodo più piovoso risulta essere quello invernale, con i mesi di dicembre, gennaio e febbraio più piovosi; nei mesi di giugno, luglio e agosto le precipitazioni sono scarse.

Le precipitazioni di massima intensità si registrano soprattutto nel mese di dicembre.

## Clima

Per una caratterizzazione generale del clima nel settore nord-orientale della Sicilia nel quale ricade il bacino idrografico del Torrente Timeto, sono state considerate le informazioni ricavate dall' "Atlante Climatologico della Sicilia" (2000), redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia.

Le condizioni orografiche e morfologiche della catena montuosa nebrodo-peloritana della provincia di Messina, rispetto al restante territorio della Sicilia, influenzano notevolmente le caratteristiche climatiche dell'area in esame. La vicinanza della catena montuosa alla costa determina un effetto barriera nei confronti delle correnti aeree provenienti dal Tirreno e dallo Jonio ed allo stesso tempo il mare ha un'azione mitigatrice sulle aree costiere e più interne del territorio.

Per definire il microclima dell'intero settore in esame sono stati considerati gli elementi climatici Temperatura e Precipitazioni, registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate sia all'interno del distretto idrografico in esame che più prossime ad esso, ma hanno sicuramente una loro influenza anche altri fattori quali la copertura vegetale, l'esposizione dei versanti, la direzione prevalente dei venti e la distanza dal mare.

Tra i diversi metodi di classificazione climatica, quelli di De Martonne e Thornthwaite risultano essere i più adatti ad esprimere i caratteri climatici del territorio considerato.

In particolare secondo la classificazione di De Martonne il clima dell'area è temperato caldo nella parte settentrionale, temperato umido nelle porzioni centrale e umido nella parte più meridionale. Secondo la classificazione di Thornthwaite, invece, il clima è asciutto-subumido nella fascia altimetrica compresa tra il livello del mare e 400 metri s.l.m., subumido-umido tra 400 metri e circa 650 metri s.l.m., infine umido a quote più elevate.

### Aggressività della pioggia

La perdita di suolo in termini di aggressività della pioggia è stata analizzata da (D'Asaro e Santoro, 1983)<sup>1</sup>. Per quel che riguarda l'indice di aggressività della pioggia, i due autori, con riferimento alla stazione di Messina,  $R = 51.1$ , con valori annuali ( $R_a$ , per il periodo 1951-1970) compresi tra 86.0 e 20.2. Lo scarto quadratico medio dell'indice annuo di aggressività è pari a 15.9, il coefficiente di variazione (C.V.) è pari a 0.31 (settore di Terme Vigliatore pari a circa 0.8), il coefficiente di asimmetria ( $C_s$ ) è pari a 0.22 (settore di Terme Vigliatore pari a circa 1.2), mentre il coefficiente di curtosi ( $C_k$ ) è pari a 3.84 (settore di pari a circa 6.0).

Il valore di  $R$  per un assegnato tempo di ritorno  $T$  è: 66 (per  $T = 5$ ), 73 (per  $T = 10$ ), 79 (per  $T = 20$ ), 81 (per  $T = 30$ ), 85 (per  $T = 50$ ), 87 (per  $T = 70$ ) e 89 (per  $T = 100$ ). D'Asaro e Santoro (1983) hanno inoltre elaborato la distribuzione di probabilità degli indici di aggressività annua della pioggia sulla base di diverse leggi probabilistiche. Per quel che riguarda il territorio di Messina, il valore del coefficiente di autocorrelazione risulta pari a  $-0.024$  [con limiti di confidenza al 95% pari a  $-0.479$  (inferiore) e  $0.373$  (superiore)] e testimonia l'assenza di persistenza della variabile  $R_a$ . Le distribuzioni teoriche di probabilità, modificate con il test parame-

<sup>1</sup> D'ASARO F. E SANTORO M. (1983) - *Aggressività della pioggia nello studio dell'erosione idrica del territorio siciliano*. Pubbl. Ist. Idraul. Univ. Palermo, Arti Grafiche Siciliane, 164, 28 pp.

trico di Kolgomorov-Smirnov, forniscono i valori di 0.071 (attraverso la legge a due parametri di distribuzione normale), 0.018 (attraverso la legge log-normale a due parametri), 0.229 (attraverso la legge di distribuzione di Gumbel), 0.625 (attraverso la legge di Pearson),  $< 10^{-4}$  (attraverso la legge di Weibull) e 0.031 (attraverso la legge log-normale a tre parametri).

## STUDIO IDRAULICO

### Generalità

Il presente studio ha per oggetto il dimensionamento delle opere idrauliche relative allo smaltimento delle acque meteoriche, al fine del mantenimento del principio di invarianza idraulica, proveniente dalle aree oggetto della presente trasformazione urbanistica.

Si andrà dapprima ad elaborare uno studio idrologico con l'analisi delle piogge intense e successivamente si eseguiranno le verifiche idrauliche sulle opere previste.

Il presente studio si è articolato nel modo che segue:

- Calcolo della portata di massima piena;
- Dimensionamento opere idrauliche per invarianza idraulica.

### Valutazione parametri per la verifica idraulica

I fattori che determinano la portata di massima piena sono: la superficie del bacino idrografico (S), il coefficiente di deflusso (c), il tempo di corrivazione ( $t_c$ ) e la precipitazione critica ( $h_c$ ) riferita al ( $t_c$ ).

Il tempo di corrivazione ( $t_c$ ) è definito come il tempo impiegato da una particella d'acqua, originatasi per afflusso meteorico, a ruscellare dalle zone più lontane del bacino fino alla sezione di sbocco, presa in considerazione.

Sebbene in letteratura alcuni autori ritengano semplicistica l'affermazione che la condizione critica per un bacino a proposito della portata scaricata sia da correlare alla situazione  $t_{\text{pioggia}} = t_c$ , condizione per cui tutto il bacino, sia pure per un solo istante, contribuisce al deflusso con una pioggia di minima durata, e pertanto più intensa, è parere diffuso che l'assunzione di detta condizione

critica comporta un errore trascurabile, non discostandosi dalle situazioni reali.

Srazione di: Capo d'Orlando					
Quota (M s.l.m.)		100	Numero di osservazioni		43
ZONA ALLE RTA A	TORRENTE SAN GREGORIO	Provincia Messina	COMUNE CAPO D'ORLANDO	STAZIONE SAN GREGORIO	GESTORE OSSERVATORIO DELLE ACQUE
ANNO	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1959	27,6	34	34	43,2	64,6
1960	21,2	26,2	26,8	35,2	44,4
1962	11,8	28,2	28,2	45	58,6
1964	6,8	9,6	13,8	25,4	30,4
1965	24,6	29,8	39,4	41,2	41,8
1966	16	25,4	40,2	57,4	58,8
1967	24,4	34,4	34,8	40,2	59
1968	26,8	33,6	33,8	33,8	33,8
1969	14,6	28,2	39,2	44,6	55,4
1970	9,8	15,6	20,6	26,6	42,2
1971	18,2	19,8	22,4	30,6	36,8
1972	18	26,2	35,6	41,6	57
1973	21,4	34,2	36,8	37	42,8
1974	14,8	15,6	28,8	38,4	40,2
1976	26	35	37	46,2	48,8
1977	14,6	26	39,2	71,4	86,6
1978	41,6	66,2	66,8	69,6	69,6
1979	17,6	28,6	32,4	41	49,8
1980	26,2	27,4	36,6	36,2	41,8
1982	26,4	32	33	35	45,6
1983	20	29,6	54,6	65	72
1984	15	25	25	32,6	47
1985	24,6	31	31	36,2	77
1986	6	24,6	24,8	34,2	35,6
1990	33	52	52,4	52,4	61,4
1991	23,8	34,4	34,6	45,2	49,6
1991	30,8	34,4	34,6	45,2	49,6
1992	16,2	29,2	29,2	29,2	29,2
1993	27,8	29,8	30,8	37,4	43
1994	15,6	23,8	28,2	32,8	32,8
1995	21,2	41	64,6	73,6	83,6
1996	22,6	46	53,6	75,8	77,6
1997	47,8	49,8	47,2	68	75,2
1998	70,2	90,2	92	92,6	92,6
1999	28,2	34	55,4	56,8	58,8
2000	23	28,6	49,2	58	76,8
2002	36	48,6	49,2	49,2	65,2
2003	36,8	36,8	43	44,8	45,4
2004	23	27,2	28,6	45,6	54,6
<b>2005</b>	<b>46,8</b>	<b>90,6</b>	<b>121,8</b>	<b>126,8</b>	<b>126,8</b>
2006	20	21,8	27,6	44,8	68,8
2007	37	57,2	91,4	106	118,8
2008	41	56,6	56,8	80,2	93,4

**Tabella 5: Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive.**

Dal tempo di corrivazione si passa al calcolo della portata di massima piena al colmo  $Q_{max}$  dopo aver calcolato le altezze massime e critiche di pioggia per determinati tempi di ritorno (anni 10-30-50-100-200-300) attraverso procedure di elaborazione statistica dei dati pluviometrici con il metodo Gumbel. I dati pluviometrici presi a riferimento per i calcoli riguardano la stazione più vicina e rappresentativa per il territorio in esame, ovvero la Stazione Pluviometrica di Capo d'Orlando, e si riferiscono a 43 anni di osservazione, dal 1959 al 2008.

#### Metodologia applicata per la stima delle altezze massime regolarizzate e critiche di pioggia con il METODO DI GUMBEL

Per la definizione delle altezze massime critiche di pioggia ( $H_{max}$  e  $H_{crit}$ ) è stata applicata l'Analisi Statistica di Gumbel che si serve delle seguenti formule:

$$H_{max}(t, T) = m - \frac{\left(\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)\right)}{k}; H_{crit}(t, T) = a \times t^n$$

$$k = \frac{1}{0,78 \times s}; s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H}_i)^2}{n-1}}; m = \bar{H}_i - \frac{0,577}{k}$$

il coefficiente "a" e l'esponente "n" sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati, secondo le seguenti relazioni matematiche:

$$n = \frac{\sum(\log t - \overline{\log t}) \times \log H_{max}(t, T)}{\sum(\log t - \overline{\log t})^2}; a = 10^{(\overline{\log H_{max}(t, T)} - n \cdot \overline{\log t})}$$

I simboli adottati nelle seguenti formule si riferiscono a:

$H_{max}(t, T)$  = altezza massima di pioggia regolarizzata con tempi di ritorno;

$H_{crit}(t, T)$  = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno;

$\bar{H}_i$  = media aritmetica delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore negli anni considerati

**s** = deviazione standard;

**ln** = logaritmo naturale;

**t** = durata della pioggia di 1, 3, 6, 12, 24 ore;

**T** = tempi di ritorno di 10, 30, 50, 100 e 200 anni.

## STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso ( $\phi$ ) è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi in deflussi, ed è dato dal rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso.

Il coefficiente di deflusso viene valutato considerando le caratteristiche di permeabilità delle diverse superfici presenti nel bacino scolante e varia teoricamente da 0 a 1: il valore 0 idealmente caratterizza una superficie infinitamente permeabile che non permette il deflusso superficiale, il valore unitario rappresenta la situazione di superficie impermeabile in cui l'infiltrazione è nulla. Considerando che ci sono molti fattori che contribuiscono alla formazione della portata defluente, risulta alquanto incerto determinare con precisione il valore del coefficiente di afflusso.

Pertanto, nella realtà può assumere valori compresi tra 0,10 e 0,90, i valori più bassi corrispondenti, per esempio, a zone pianeggianti costituite da ammassi ghiaiosi altamente permeabili ed i più alti attribuibili a zone pendenti impermeabili con bassa densità di copertura vegetale e pavimentazioni asfaltate. Per la determinazione del coefficiente di deflusso  $\phi$ , che definisce la parte di precipitazione che giunge in rete, è necessario conoscere le caratteristiche del bacino scolante considerato.

In questo lavoro il coefficiente di deflusso è stato calcolato utilizzando i seguenti coefficienti  $\phi$  per tipologia di suolo:

<i>Superfici impermeabili</i>	<i>1,0</i>
<i>Pavimentazioni drenanti o semi permeabili</i>	<i>0,7</i>
<i>Aree Permeabili</i>	<i>0,3</i>
<i>Incolto o uso agricolo</i>	<i>0,0</i>

Nel, di nostro stretto interesse il coefficiente di deflusso ante operam ( $\phi$ ) è pari a **0,30**, in quanto tutta l'area è assimilabile a

incolto uso agricolo; mentre, Post operam, il coefficiente di deflusso ( $\phi$ ) è pari a **0,82**.

DESCRIZIONE	Metri quadri	Tipologia di suolo	Coefficiente di deflusso $\phi$
Capannone 1	5250	Superficie impermeabile	1,00
Capannone 2	4090	Superficie impermeabile	1,00
Nuova Viabilità	80	Superficie impermeabile	1,00
Tratti stradali da migliorare	260	Superficie impermeabile	1,00
Corte	3704	Pavimentazioni drenanti o semipermeabili	0,70
Strada	2185	Pavimentazioni drenanti o semipermeabili	0,70
Parcheggio 1	523	Pavimentazioni drenanti o semipermeabili	0,70
Parcheggio 2	655	Pavimentazioni drenanti o semipermeabili	0,70
Parcheggio 3	878	Pavimentazioni drenanti o semipermeabili	0,70
Verde 1	565	Aree permeabili	0,30
Verde 2	915	Aree permeabili	0,30
<b>SUPERFICIE TOTALE</b>	<b>19105</b>	<b>Coefficiente di deflusso medio ponderale</b>	<b>0,82</b>

Tabella 6: Stima del coefficiente di deflusso Post Operam

## **MODELLO PROBABILISTICO PER L'ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI CON IL METODO TCEV**

---

Lo scopo dell'analisi idrologica è la determinazione degli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno da impiegare come dati di input per la successiva analisi idraulica.

In particolare nel presente capitolo si è utilizzato un approccio a scala regionale (T-CEV).

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VA.PI. - Il Progetto VA.PI. (VALutazione Plene) sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del *Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche*, ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali e delle piogge intense secondo criteri omogenei.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo *Gumbel*. La prima, denominata *componente base*, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (*componente straordinaria*) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VA.PI. *Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993)* utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. A questo livello la Sicilia viene pertanto ritenuta una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri di forma della funzione di probabilità cumulata  $F_y(y)$ ,  $\theta^* = 2.24$  e  $\Lambda^* = 0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

$$F_y(y) = \exp \left[ \exp(-y) - \Lambda^* \exp \left( -\frac{y}{\theta^*} \right) \right] \text{ con } y \geq 0$$

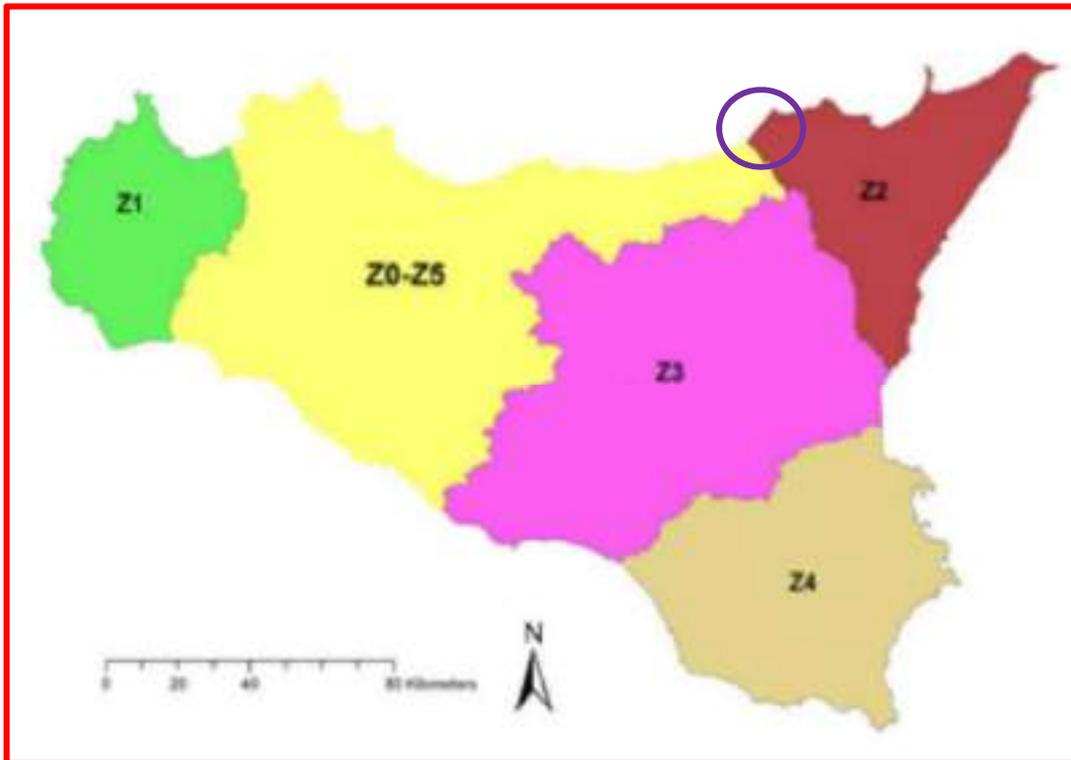
Il *secondo livello di regionalizzazione* riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee:  $Z_0$  -  $Z_5$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$ . A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di

eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$ , che risulta indipendente dalla durata.

Sottozona Parametro	Sottozona					
	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
$\Lambda_1$	24,429	19,579	17,669	14,517	15,397	24,402

**Tabella 7: Valore del parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007)**

Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere “unite” e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro  $\Lambda_1$ .



**Figura 7: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al.2007).**

In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h'_{t,T} = ht/\mu$  (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = ht/\mu = K_T = a \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti *a* e *b* sono definiti in funzione della sottozona di riferimento come da tabella.

Sottozona parametro	Sottozona				
	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
<i>a</i>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<i>b</i>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

**Tabella 8: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007)**

$K_T$  è definito *fattore di crescita* e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti *a* e *b*) e del tempo di ritorno *T* dell'evento meteorico

Il terzo *livello di regionalizzazione prevede*, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h'_{t,T} = K_T \mu (t)$$

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata *t* e fissato tempo di ritorno *T*. Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata *t*:

$$\mu(t) = at^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti *a* ed *n* sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti

a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso-a e delle iso-n (Cannarozzo et al, 1995). Nelle figure è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

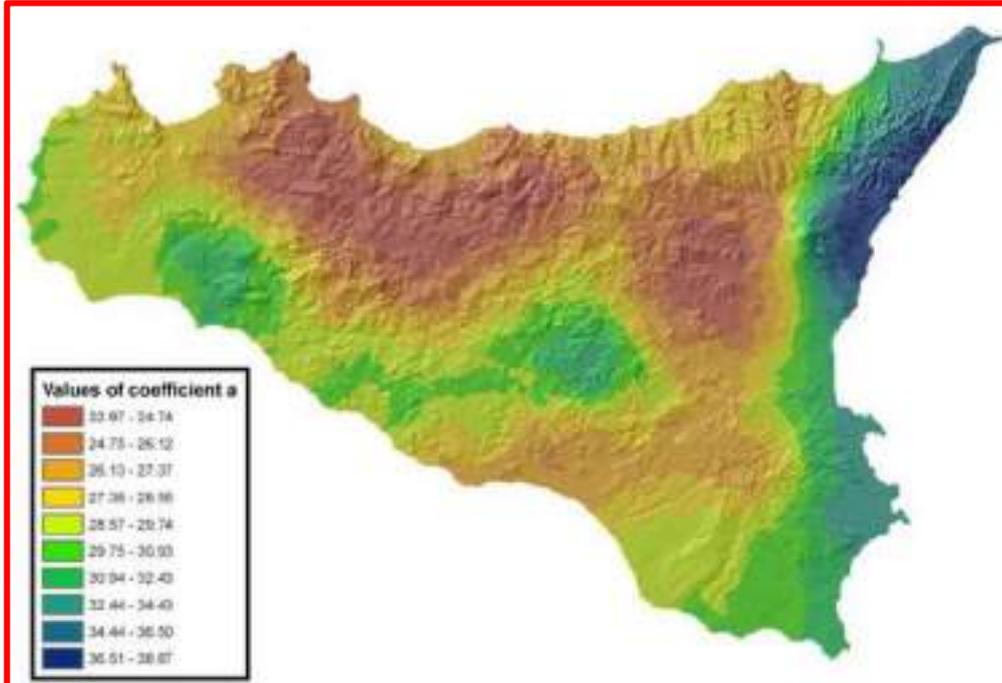


Figura 8: Carta di distribuzione spaziale del parametro “a” per la regione Sicilia (Lo Conti et al.2007)

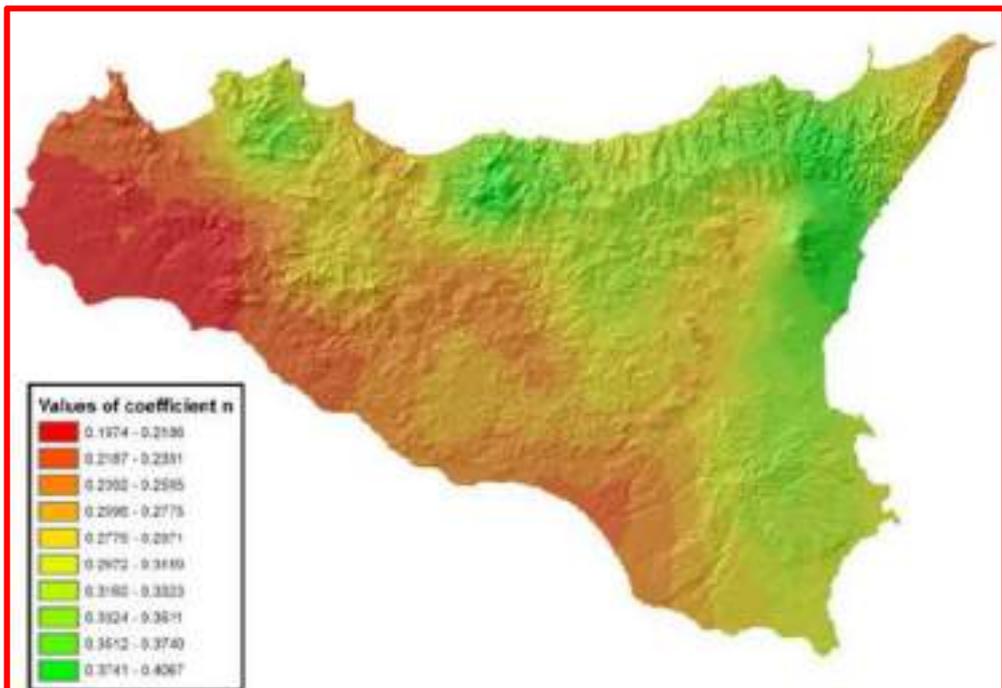


Figura 9: Carta di distribuzione spaziale del parametro “n” per la regione Sicilia (Lo Conti et al.2007)

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse ( $T = 2, 10, 30, 50, 100$  e  $300$  anni) i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{t,T}$  e la legge di probabilità pluviometrica.

### Calcolo delle Curve di Probabilità Pluviometrica C.P.P.

Il calcolo della C.P.P. è stato eseguito per tutti i sottobacini ricadenti nelle aree abitate di Castel di Iudica, in quanto necessarie per la progettazione delle opere idrauliche, legate alla verifica di compatibilità Idraulica.

Tutti i bacini oggetto di studio si trovano nella **sottozona pluviometrica omogenea Z2**, pertanto il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti **a** e **b**.

$$K_T = 0,4799 * \ln(T) + 0,4776$$

Mentre, i valori di “**a**” e di “**n**” variano da bacino a bacino.

### Calcolo altezza di pioggia di breve durata

Il procedimento finora descritto è idoneo per eventi di durata superiore all’ora, ma non per eventi di breve durata. Pertanto le curve di probabilità pluviometrica ottenute elaborando dati di pioggia orarie non danno valori affidabili. In particolare si è visto che per durate inferiori all’ora, la legge sovrastima le altezze di pioggia calcolate. Di seguito si riporta la formula durata inferiore ai sessanta minuti territorio siciliano è stata tarata una legge, a partire da quella di Bell, nota come formula di Ferreri – Ferro:

$$h_{t < 1 \text{ ora}, T} = h_{t=1, T} * (t/60)^{0,386}$$

### Parametri adimensionali di forma del bacino idrografico

L’altezza media dei bacini individuati è stata calcolata con la seguente formula

$$H_m = \frac{\sum H_i \cdot S_i}{S}$$

$H_i$  = altezza media dell'intervallo (altezza media tra due successive curve di livello)

$S_i$  = superficie dell'intervallo (superficie parziale compresa tra due isoipse consecutive)

$S$  = superficie del bacino

Altri importanti parametri morfometrici del bacino sono di seguito riportati:

**Fattore forma:**

$$Ff = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

dove  $P$  è il perimetro e  $S$  è la superficie del bacino (esprese rispettivamente in Km e Km<sup>2</sup>). Questo fattore definisce la forma a cui tende il bacino nel suo evolversi; valori prossimi all'unità indicano bacini raccolti, mentre valori superiori indicano bacini dalla forma via via più allungata.

**Rapporto di allungamento**

$$Rl = \frac{D}{L} = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (\text{Schumm '56})$$

È il rapporto tra il diametro del cerchio ( $D$ ) avente la stessa area del bacino e la massima dimensione di questo ( $L$ ) misurata parallelamente alla linea di drenaggio principale.

**Rapporto di circolarità**

$$Rc = \frac{A}{A^*} = \frac{A}{0,0796 p^2} \quad (\text{Strahler '58})$$

È il rapporto tra l'area del bacino considerato ( $A$ ) e quella del cerchio avente lo stesso perimetro ( $A^*$ ), con  $p$  s'indica il perimetro del cerchio.

Entrambi i parametri (RI-Rc) ci danno indicazioni sulla forma del bacino; nella fattispecie, valori di RI e di Rc prossimi a “1” indicano che il bacino si presenta poco allungato e “panciuto”, mentre valori di RI e di Rc prossimi ad “0” indicano che lo stesso si sviluppa con una forma allungata.

#### Densità di drenaggio

$$D = \frac{\sum Lu}{S}$$

#### Frequenza di drenaggio

$$F = \frac{\sum Nu}{S}$$

Dove S è la superficie del bacino in Km<sup>2</sup> e  $\sum Lu$  e  $\sum Nu$  sono, rispettivamente, la sommatoria delle lunghezze delle linee di im-  
pluvio e il numero totale delle stesse presenti nel bacino idrogra-  
fico. Tali parametri, legati al regime e all'intensità delle precipita-  
zioni, sono più elevati su terreni poco permeabili e facilmente ero-  
dibili.

I parametri su esposti rivestono grande importanza per la definizione delle caratteristiche di piena: un bacino che presenta elevati valori di densità e frequenza di drenaggio e con una forma poco allungata e “panciuta” raggiunge una consistente portata di massima piena più velocemente di un bacino con caratteristiche opposte e il suo idrogramma si presenta piuttosto stretto e appuntito. Nello specifico, a parità di altre condizioni, un bacino circolare rispetto a un bacino allungato, assume tempi di corrivazioni più bassi e pertanto piene più inasprite, con un idrogramma a forma ristretta e appuntita.

## Tempi di corrivazione

Il tempo impiegato da una goccia d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura prende il nome di **tempo di corrivazione**. A ogni punto del bacino corrisponde dunque un particolare valore del tempo di corrivazione. Un importante punto del bacino è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica. Il tempo di corrivazione di questo punto, che è il tempo impiegato da una goccia d'acqua per percorrere l'intera asta fluviale principale, dall'origine sullo spartiacque topografico alla sezione di chiusura, è il maggiore tra quelli di tutti i punti del bacino e prende il nome di tempo di corrivazione del bacino. Il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule empiriche derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione.

Per la determinazione dei tempi di corrivazione sono state applicate alcune delle formule più utilizzate per bacini di modesta estensione; nello specifico sono state adottate le seguenti:

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , espresso in ore, si determina essenzialmente con l'utilizzo di diverse formule empiriche, quelle utilizzate nella seguente applicazione sono:

Formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (Q_{med} - Q_{min})^{0.5}}$$

Formula di Kirpick

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

Formula di Johnstone Cross

$$t_c = \frac{3.258 \cdot \sqrt{\frac{D_{\max}}{i_b}}}{60}$$

Formula California Culvert Practice

$$t_c = \frac{2.855 \cdot L^3}{(3.28084 \cdot (Q_{\max} - Q_{\min}))^{0.385}}$$

Formula NRCS-SCS

$$t_c = \frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7} \cdot (1000 \cdot D_{\max})^{0.8}}{441 \cdot \sqrt{100 \cdot i_b}}$$

Formula Pezzoli

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

Formula di Puglisi

$$t_c = \frac{6 \cdot \sqrt[3]{L^2}}{\sqrt[3]{Q_{\max} - Q_{\min}}}$$

Formula di Ventura

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

Formula di Tournon

$$t_c = 0.396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{i_a}{i_b}}\right)^{0.72}$$

Formula di Pasini

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

Formula di Viparelli

$$t_c = \frac{L}{3.5 \cdot V}$$

S= Area bacino in km<sup>2</sup>, riferita alla sezione di sbocco;

$L$  = lunghezza asta in Km;

$H_m$  = Altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura in metri;

$P_m$  = Pendenza media del bacino in valore assoluto;

$P_{asta}$  = Pendenza media asta principale in valore assoluto definita come dislivello/lunghezza asta alla sezione di chiusura;

$h_{max}$  = Quota massima del bacino in Km.

## **CALCOLO PORTATA DI PIENA**

Per la determinazione del valore della portata di massima piena si utilizza il, cosiddetto, metodo razionale, che si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1 - la pioggia critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino;

2 - la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;

3 - il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La formula razionale fornisce il valore della portata di piena  $Q_{max}$  (mc/s) in funzione del tempo di ritorno  $T$  (anni), a partire dal volume specifico dei deflussi (pioggia netta o pioggia depurata)  $h$  [mm], in funzione dell'ampiezza dell'area scolante  $S$  (Kmq) e del tempo di percorrenza dei deflussi stessi, detto tempo di corrivazione  $t_c$  (ore).

In generale vale:

$$Q_{max} = \frac{\varphi h_{(t,T)} S}{3,6 t_c}$$

dove si intende:

$\varphi$  coefficiente di deflusso (rapporto tra gli afflussi meteorici e i deflussi superficiali);

$S$  superficie del bacino superficie del bacino sotteso dalla sezione considerata in kmq;

$h$  altezza di pioggia in mm;

$t_c$  tempo di corrivazione del bacino imbrifero preso in esame (ore).

Di seguito si riportano i valori di ht,T (mm) al variare della durata e del tempo di ritorno, da cui poi sono state tracciate le relative curve di probabilità pluviometriche, con a=23,35 e n=0,337.

Durata (ore)	h t (mm) x tempo di ritorno (T in anni)					
	2	10	30	50	100	300
0	0	0	0	0	0	0
1	18,91914	36,953957	49,26464	54,98878	62,75595	75,06664
3	27,39625	53,511955	71,3387	79,62766	90,87508	108,7018
6	34,60495	67,592409	90,10985	100,5799	114,7868	137,3042
12	43,71046	85,377814	113,8202	127,0452	144,9903	173,4327
24	55,21187	107,84304	143,7694	160,4742	183,1412	219,0676

Tabella 9: Valori delle piogge di durata 1,3,6,12 e 24 ore in funzione del tempo di ritorno – TCEV.

L'altezza di pioggia di durata < 1 ora (eventi brevi) e fissato tempo di ritorno è stata calcolata tramite la seguente relazione (FERRO, 2002):  $h_{t<1 \text{ ora}, T} = h_{t=1, T} \cdot (t/60)^{0,386}$ .

Tempi di ritorno (Anni)	<b>h t=1 ora</b>	h 10 minuti	h 20 minuti	h 30 minuti	h 40 minuti	h 50 minuti
2	<b>18,92</b>	9,474	12,380	14,478	16,178	17,633
10	<b>36,95</b>	18,505	24,182	28,279	31,600	34,443
30	<b>49,26</b>	24,670	32,238	37,700	42,127	45,917
50	<b>54,99</b>	27,536	35,984	42,080	47,022	51,252
100	<b>62,76</b>	31,426	41,066	48,024	53,664	58,491
300	<b>75,07</b>	37,591	49,122	57,445	64,191	69,965

Tabella 10: L'altezza di pioggia in mm di durata < 1 ora (eventi brevi) e fissato tempo di ritorno.

### Dati morfometrici del dell'area in studio

Il bacino Idrografico individuato presenta substrato da permeabile a molto permeabile con litologia omogenea, con i seguenti dati morfometrici.

#### Input dati:

Area bacino	0,02 Km <sup>2</sup>
Lunghezza asta	0,35 Km
Quota massima	12 m
Quota media	9,5 m
Quota minima	7 m
Curve number	80
Pendenza media bacino	0,02
Distanza massima tra lo spartiacque e sezione chiusura	0,30 Km
Pendenza media asta	0,02
Perimetro bacino	0,830Km
Rapporto di Circolarità	0,36
Coefficiente di Uniformità	1,66
Fattore di Forma	0,16
Rapporto di Allungamento	0,45

### Calcolo del Tempo di corrivazione

Dai parametri sopra riportati, si è passati al calcolo del tempo di corrivazione, Il calcolo di tale parametro è stato eseguito considerando le formule più utilizzate per bacini idrografici di modeste dimensioni.

TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)	
Giandotti	0,87
<b>Kirpick</b>	<b>0,13</b>
Johnstone & Cross	0,21
California Culvert Practice	0,15
NRCS SCS	0,37
Pezzoli	0,14
Puglisi	1,76
Ventura	0,13
Tournon	0,26
Pasini	0,15
Viparelli	0,07
<b>MEDIA</b>	<b>0,39</b>

Figura 10: Tempi di corrivazione

### STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

Come già ampiamente spiegato, il calcolo delle portate al colmo di dato tempo di ritorno è stato eseguito con il già citato metodo Razionale.

Di seguito si riportano i valori delle portate relativi ai vari autori.

Autori per il calcolo de tempi di corrivazione	Portate la colmo in Q= mq/sec in funzione dei vari tempi di ritorno (anni)					
	2	10	30	50	100	300
Giandotti	0,03624	0,0708	0,0944	0,1053	0,1202	0,1438
<b>Kirpick</b>	<b>0,24255</b>	<b>0,4738</b>	<b>0,6316</b>	<b>0,705</b>	<b>0,8046</b>	<b>0,9624</b>
Johnstone & Cross	0,15015	0,2933	0,391	0,4364	0,4981	0,5958
California Culvert Practice	0,21021	0,4106	0,5474	0,611	0,6973	0,8341
NRCS SCS	0,08522	0,1665	0,2219	0,2477	0,2827	0,3381
Pezzoli	0,22523	0,4399	0,5865	0,6546	0,7471	0,8937
Puglisi	0,01792	0,035	0,0467	0,0521	0,0594	0,0711
Ventura	0,24255	0,4738	0,6316	0,705	0,8046	0,9624
Pasini	0,21021	0,4106	0,5474	0,611	0,6973	0,8341
Viparelli	0,45046	0,8799	1,173	1,3093	1,4942	1,7873
<b>MEDIA</b>	<b>0,0818</b>	<b>0,1598</b>	<b>0,213</b>	<b>0,2378</b>	<b>0,2714</b>	<b>0,3246</b>

Tabella 11: Portate al colmo QMAX= m³/sec - calcolate secondo il metodo razionale Ante Operam

Autori per il calcolo de tempi di corrivazione	Portate la colmo in Q= mq/sec in funzione dei vari tempi di ritorno (anni)					
	2	10	30	50	100	300
Giandotti	0,09907	0,1935	0,258	0,2879	0,3286	0,3931
<b>Kirpick</b>	<b>0,66298</b>	<b>1,295</b>	<b>1,7264</b>	<b>1,927</b>	<b>2,1991</b>	<b>2,6305</b>
Johnstone & Cross	0,41042	0,8016	1,0687	1,1929	1,3614	1,6284
California Culvert Practice	0,57458	1,1223	1,4962	1,67	1,9059	2,2798
NRCS SCS	0,23294	0,455	0,6066	0,677	0,7727	0,9242
Pezzoli	0,61562	1,2025	1,6031	1,7893	2,0421	2,4426
Puglisi	0,04897	0,0957	0,1275	0,1423	0,1624	0,1943
Ventura	0,66298	1,295	1,7264	1,927	2,1991	2,6305
Pasini	0,57458	1,1223	1,4962	1,67	1,9059	2,2798
Viparelli	1,23125	2,4049	3,2061	3,5786	4,0841	4,8853
<b>MEDIA</b>	<b>0,2236</b>	<b>0,4367</b>	<b>0,5822</b>	<b>0,6499</b>	<b>0,7417</b>	<b>0,8872</b>

**Tabella 12: Portate al colmo QMAX= m<sup>3</sup>/sec - calcolate secondo il metodo razionale Post Operam**

Come si evince dai calcoli sopra riportati la variazione è molto limitata e quella in eccesso dovuta alla trasformazione urbanistica può essere smaltita attraverso sistemi di laminazione e/o disperdenti.

## **INVARIANZA IDRAULICA**

### **Definizione**

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi articolati, si spande in aree normalmente non interessate dal deflusso ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce un intervento antropico (artificializzazione) i deflussi vengono canalizzati e le superfici regolarizzate. Si ha quindi una accelerazione del deflusso stesso con conseguente aumento dei picchi di piena e delle condizioni di rischio idraulico. L'impermeabilizzazione dei suoli determina un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento della velocità di corrivazione deve essere associato ad azioni correttive volte a mitigarne gli effetti; tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere inalterati i colmi di piena prima e dopo la trasformazione, si parla di invarianza idraulica delle trasformazioni di uso del suolo.

### **Sistemi e criteri per mantenere principio dell'invarianza idraulica**

In termini molto pratici con l'adozione del Principio di Invarianza Idraulica si sancisce in maniera definitiva che le acque meteoriche, affluenti durante un evento di massima precipitazione in un terreno da urbanizzare, scaricate in un ricettore a valle, dopo l'avvenuta urbanizzazione non debbono dunque essere maggiori di quelle precedenti all'urbanizzazione.

“Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un’area che non provochi aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall’area stessa”.

### Calcolo dei volumi di acqua

Nel D.D.G. N. 102 del 23/06/2021 l’invarianza idraulica è definita. *“...principio di base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all’urbanizzazione. Tecnicamente l’invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione (Accumulo temporaneo) delle portate / volumi d’acqua...”*

L’aumento della consistenza edilizia, tra l’esistente e quella futura, progettata determina fattivamente il proporzionale aumento delle superfici impermeabili dovute alla realizzazione di tetti, strade, parcheggi e etc.

L’aumento della superficie impermeabile causa l’aumento del Coefficiente di Deflusso “c”, ovvero, l’aumento dell’aliquota di acqua meteorica all’interno del bacino, che si traduce nella inosservanza del principio dell’invarianza idraulica.

Per mantenere invariato il coefficiente di deflusso diventa opportuno adottare una serie di accorgimenti atti a limitare quanto più possibile l’impermeabilizzazione di un’area e far confluire le acque nel ricettore di valle in modo da limitare il deflusso stesso o limitare la velocità di scorrimento delle acque.

Tra i criteri stabiliti dal citato D.D.G. si riportano di seguito i contenuti dell’allegato 2 per gli interventi analoghi a quello in argomento:

*“A.2. Per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m<sup>2</sup> si dovrà elaborare la studio sull’invarianza idraulica e idrologica.*

*Nei calcoli idrologici, finalizzati alla determinazione degli idrogrammi netti, la valutazione delle perdite idrologiche può essere effettuata in via semplificata adottando i noti metodi di trasformazione afflussi-deflussi (metodo razionale, metodo SCS, metodo del CN, ecc,)...*

*A.4 Il calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche potrà essere sviluppato in via semplificata per aree impermeabilizzabili a basso coefficiente di deflusso medio ponderale adottando il metodo semplificato delle piogge ..."*

## **METODO DELLE SOLE PIOGGE**

Il «Metodo delle sole piogge» si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa  $Q_e(t)$  nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata  $D$  e portata costante  $Q_e$  pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^n$$

in cui  $S$  è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso,  $\phi$  è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo (quindi  $S \cdot \phi$  è la superficie scolante impermeabile dell'intervento),  $D$  è la durata di pioggia,  $a = a_1$ ,  $w_T$  e  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D$$

- l'onda uscente  $Q_u(t)$  è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante  $Q_{u,lim}$  (laminazione ottimale). La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata  $D$  dell'evento è pari a:

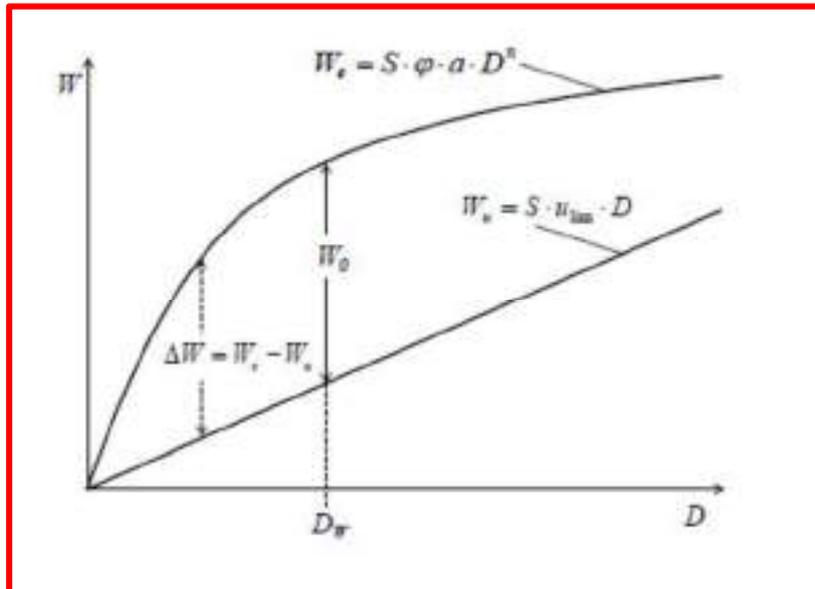
$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui  $u_{lim}$  è la portata specifica limite ammissibile allo scarico

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Quindi, il volume massimo  $\Delta W$  che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica  $D$  (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim}$$



**Figura 11 Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico  $DW$  e del corrispondente volume critico  $W_0$  di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato**

La figura mostra graficamente la curva  $We(D)$ , concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta  $Wu(D)$  e indica come la distanza verticale  $\Delta W$  tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata  $D_w$  critica per la laminazione.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata  $D$  la differenza  $\Delta W = We - Wu$ , si ricava la durata critica  $D_w$  per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione  $W_0$ :

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{umax}$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

$W_0$  in [ $m^3$ ]

$S$  in [ha]

$a$  in [mm/ora $^n$ ]

$\theta$  in [ore]

$D_w$  in [ore]

$Q_{u,lim}$  in [l/s]

le equazioni precedenti diventano:

$$= \left( \frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Introducendo in esse la portata specifica di scarico  $u_{lim} = Q_{u,lim}/S$  (in l/s per ettaro) e il volume specifico di invaso  $w_0 = W_0/S$  (in  $m^3/ha$ ) si ha:

$$D_w = \left( \frac{u_{lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$D_w = \left( \frac{u_{lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Si osservi che il parametro  $n$  (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti deve essere congruente con la durata  $D_w$  risultante dal calcolo, tenendo conto che il valore di  $n$  è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

## RELAZIONE TECNICA INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

### Definizioni aree

De- scrizione	Tipo area	Superfi- cie (S <sub>i</sub> ) [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Deflusso (φ <sub>i</sub> )
capannoni	Impermeabile	9340	1
nuova viabilità	Impermeabile	80	1
tratti stradali	Impermeabile	260	1
corte	Semi-Impermeabile	3704	0.7
strada	Semi-Impermeabile	2185	0.7
parcheggi	Semi-Impermeabile	1178	0.7
aree verde	Permeabile	1480	0.3

Superficie totale interessata dall'analisi di invarianza ponderata (S<sub>pond</sub>) = 15073,71 m<sup>2</sup>

Portata costante uscente (laminazione ottimale) (Q<sub>u,lim</sub>) = 30 l/s

### RISULTATI

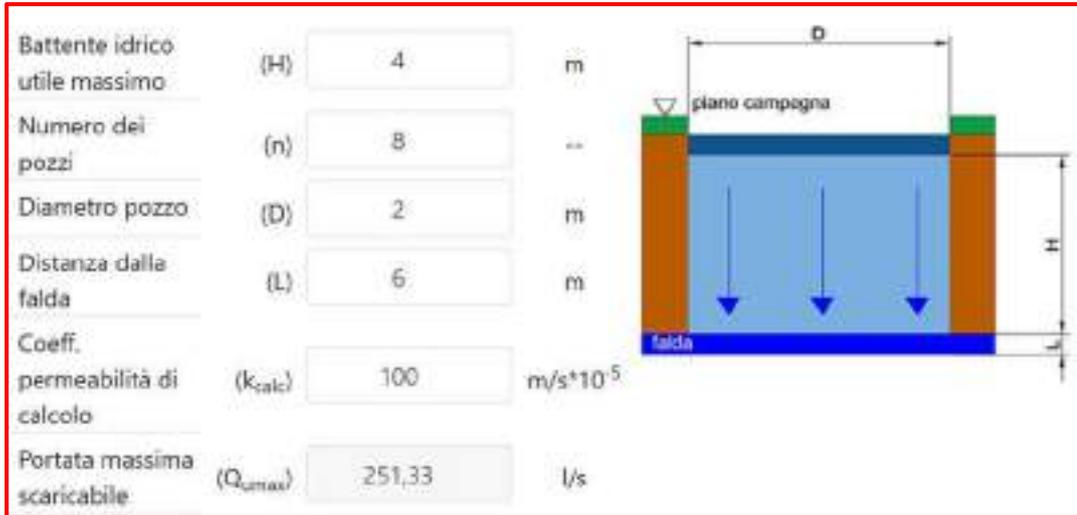
Superficie totale invasi = 24 m<sup>2</sup>

Durata critica = 0.05 ore

Volume invaso = 82.87 m<sup>3</sup>

### Verifiche invaso

Verifiche	Valore di progetto	Valore ammissibile
Altezza utile invaso (m)	4 metri	3.45 metri
Volume utile invaso (m <sup>3</sup> )	96	82.87



Dai calcoli sopra riportati, considerando che, i depositi alluvionali sono molto permeabili ( $10^{-2} - 10^{-3}$ ), che la falda si mantiene ad una profondità maggiore di 10 metri e che la superficie impermeabile massima da realizzare è pari a **16500 mq**, si evince per smaltire l'acqua in eccesso con tempi di ritorno di 50 anni è sufficiente la realizzazione di n° 8 pozzi perdenti dal diametro di 2 metri e profondi 4 metri.

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Le valutazioni di carattere idrologico, geomorfologico e idraulico, effettuate nel presente studio, sono state eseguite al fine di verificare la compatibilità idrologica ed idraulica Piano Particolareggiato attuativo di iniziativa privata in località Pietra di Roma del Comune di Torrenova.

Lo studio di compatibilità idraulica è stato condotto in conformità al D.A. n.117 del 07-07-2021.

Dall’osservazione delle diverse condizioni geologiche, morfologiche, litologiche, idrogeologiche e idrauliche, si ritiene di poter trarre le seguenti considerazioni conclusive:

- ⇒ L’area oggetto di studio ricade in terreni pianeggianti ove non sono stati individuati condizioni di instabilità morfologiche e idrogeologiche, né appaiono ipotizzabili modificazioni sostanziali di assetto tali da poter pregiudicare le opere da realizzare; i terreni affioranti (depositi alluvionali recenti) sono dotati di valori di permeabilità elevata che consentono di escludere rischi di alluvionamento, anche, in caso di precipitazioni di elevata intensità.
- ⇒ I manufatti in progetto risultano compatibili con le caratteristiche morfologiche del sito di sedime, il quale non è interessato da fenomeni di dissesto profondi e/o superficiali, né di tipo erosivo evolutivo.
- ⇒ Sulla scorta dei sopralluoghi e dall’esame della cartografia di natura vincolistica esistente non risulta che il sito ricada né in aree soggette a prescrizioni derivanti dal Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del “**Area Territoriale tra Fiumara Zappulla e Fiumara Rosmarino (016)**”, né in aree soggette a prescrizioni derivanti dalla Mappa del Rischio di Alluvioni emanata dall’Autorità di bacino del distretto idrografico della Si-

*"Piano Particolareggiato attuativo di iniziativa privata in località Pietra di Roma del Comune di Torrenova"*

cia. L'area non rientra in zone classificate a rischio idrogeologico o idraulico e storicamente non sono noti eventi calamitosi. Si tratta di un settore morfologicamente sicuro e non soggetto a processi di instabilità o di dissesto.

⇒ La zona dove ricade l'area non è assoggettata a vincoli di natura ambientale e paesaggistica.

⇒ Considerando che, i depositi alluvionali sono molto permeabili ( $10^{-2}$  –  $10^{-3}$ ), che la falda si mantiene ad una profondità maggiore di 10 metri e che la superficie impermeabile massima da realizzare è pari a **16500 mq**, si evince per smaltire l'acqua in eccesso con tempi di ritorno di 50 anni è sufficiente la realizzazione di n° 8 pozzi perdenti dal diametro di 2 metri e profondi 4 metri.

IL GEOLOGO  
DOMENICO PONTILLO  
O.R.G. di Sicilia n° 1601

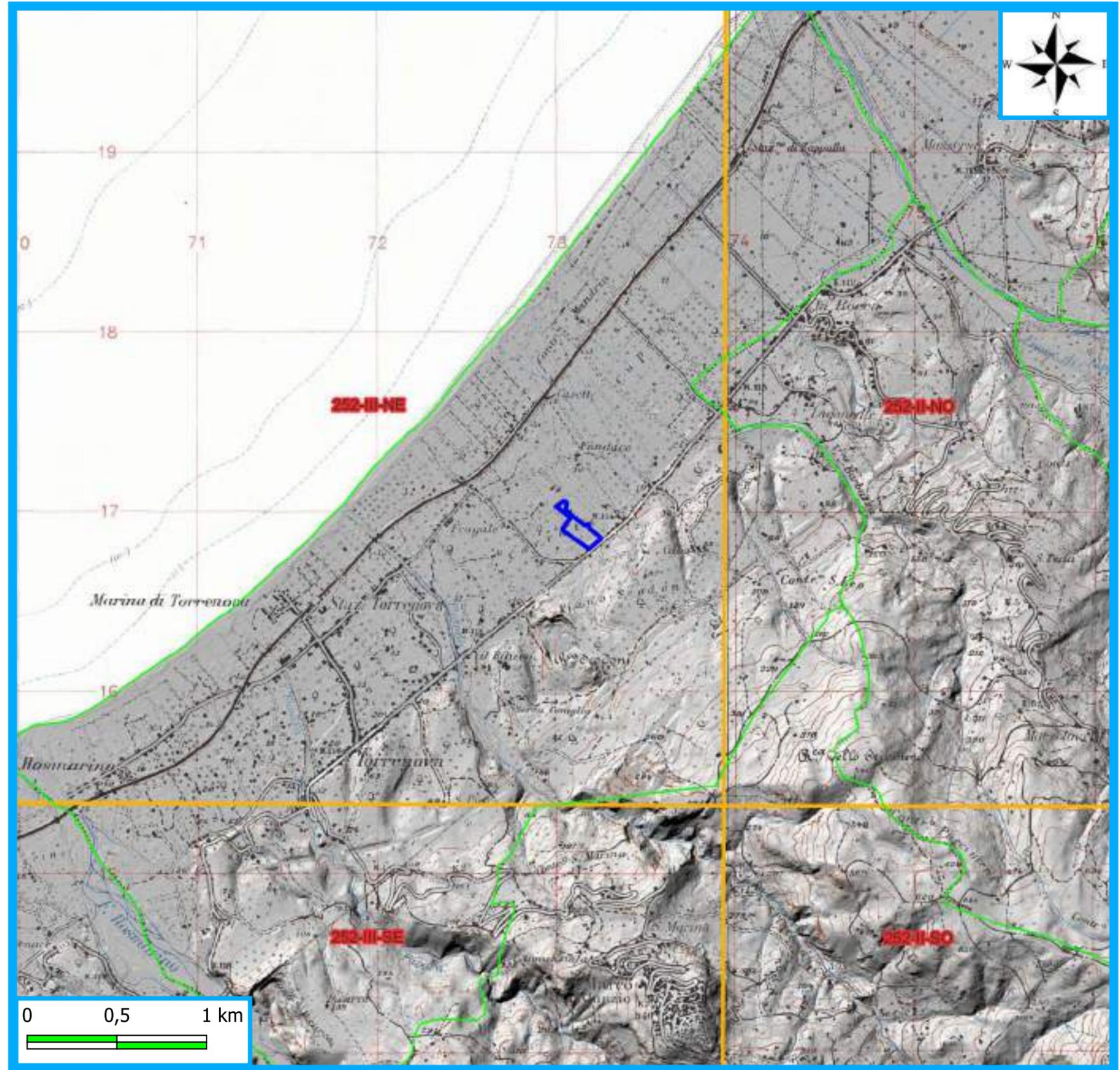
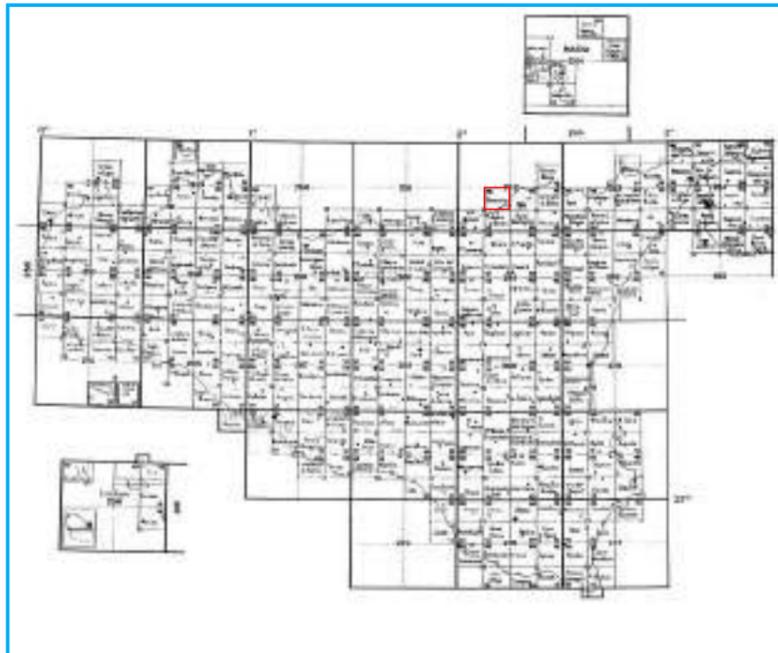
# CARTA COROGRAFICA

## Scala 1:25.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Divisione IGM 25.000
-  Area d'interesse

Foglio 252  
Quadrante III  
Orientamento NE  
<< TORRENOVA >>



# CARTA COROGRAFICA

## Scala 1:10.000

### LEGENDA

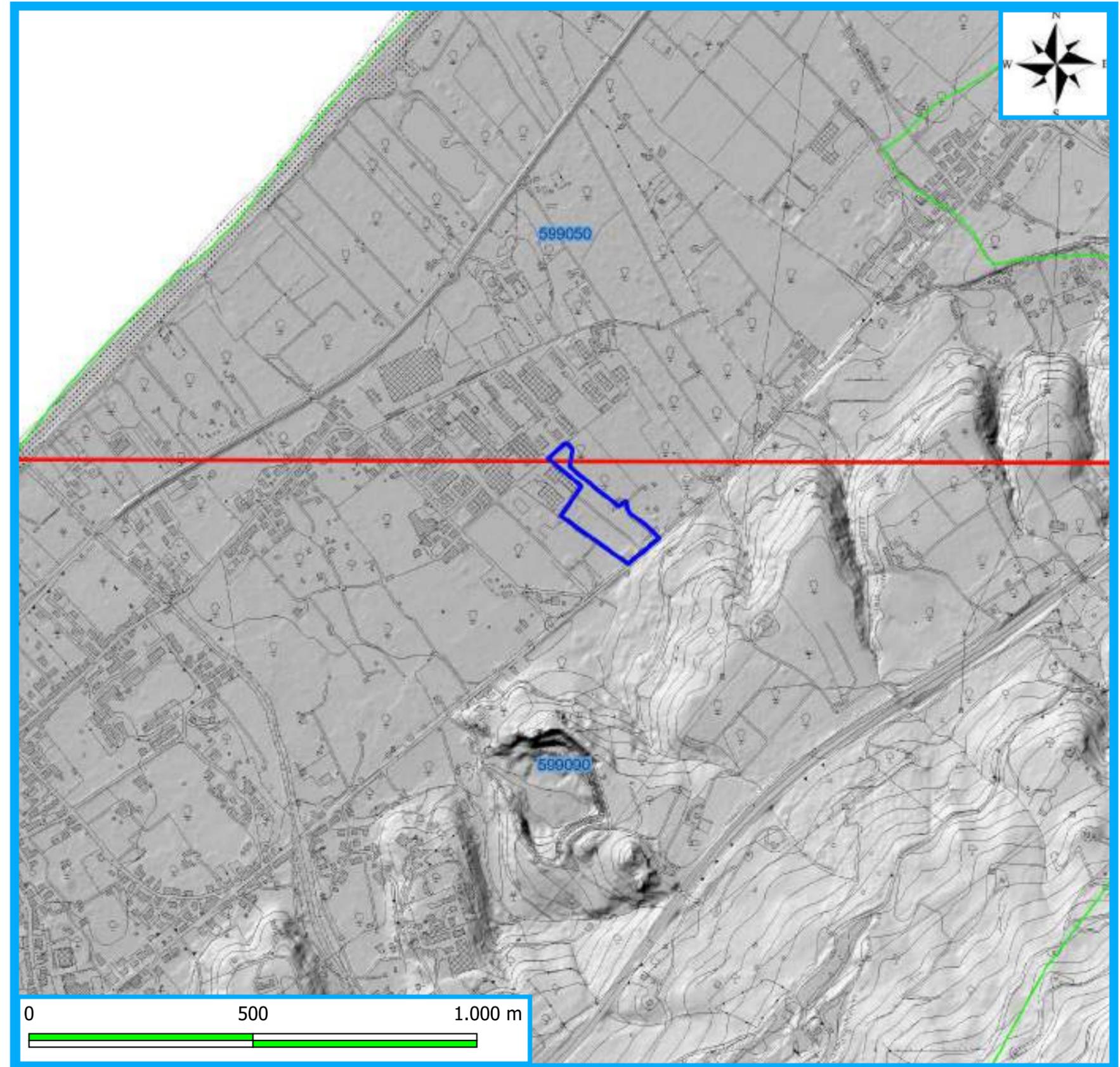
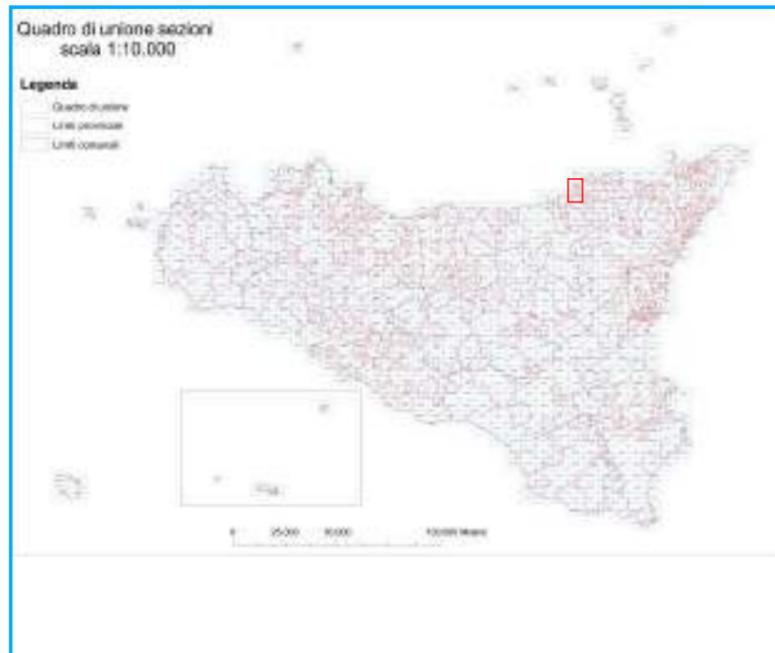
-  Confini comunali
-  Divisione CTR 10.000
-  Area d'interesse

CTR  
599050

<< ROCCA DI CAPRI LEONE >>

CTR  
599090

<< SAN MARCO D'ALUNZIO >>



# CARTA CATASTALE

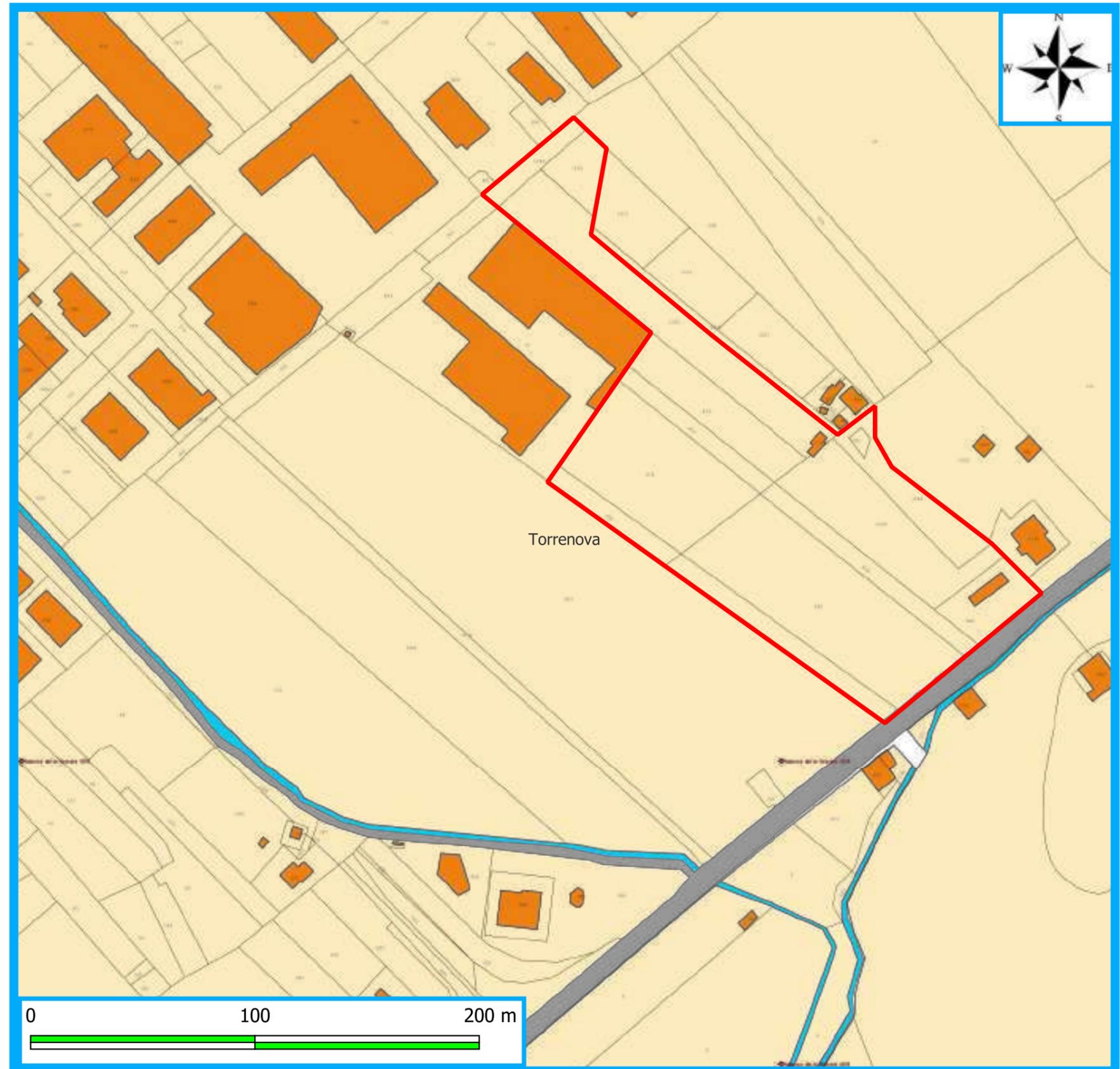
## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Catastale

-  Mappa
-  Codice di particella
-  Fabbricato
-  Strada
-  Particella
-  Acqua
-  Provincia



# CARTA CATASTALE

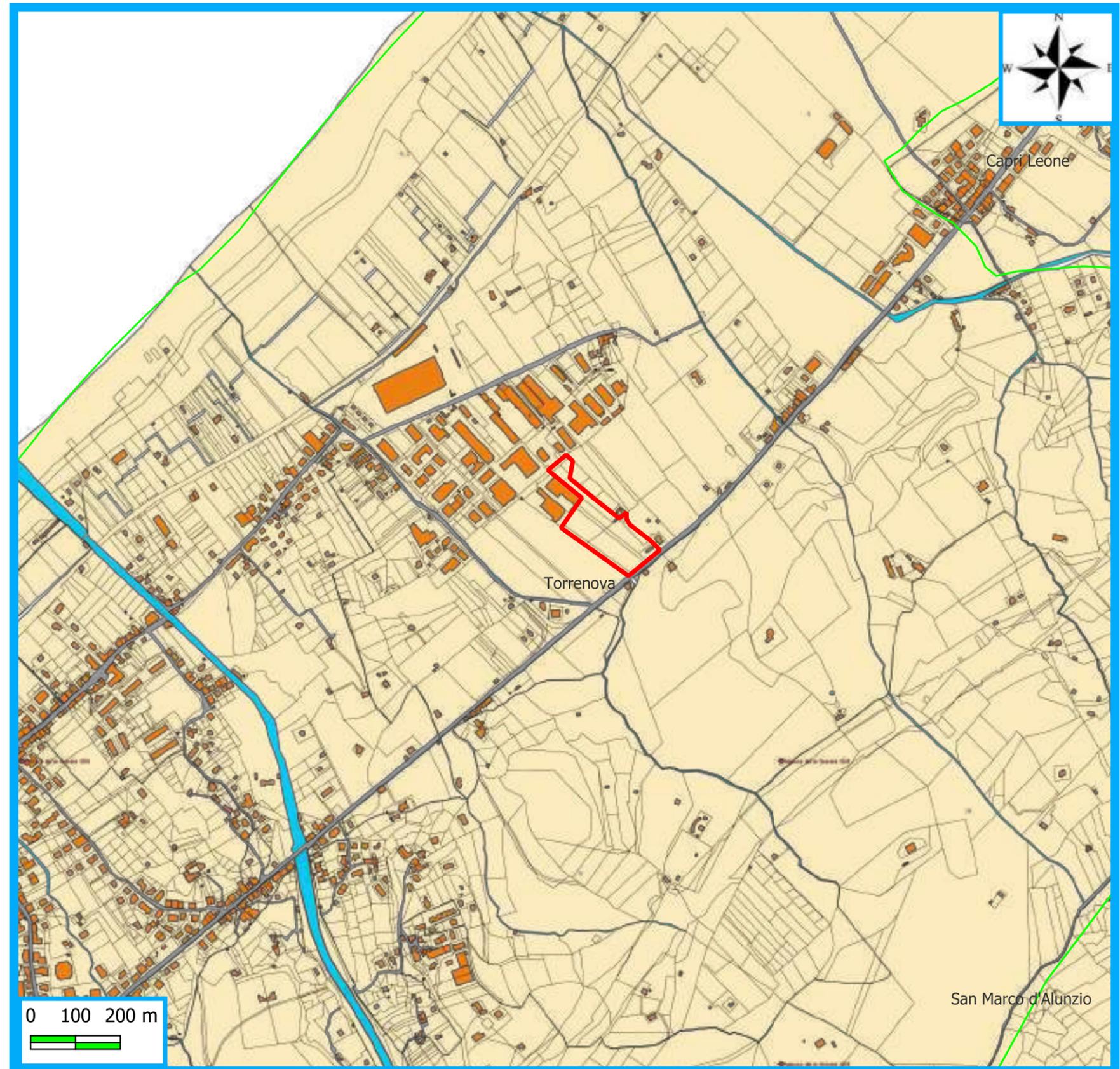
## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Catastale

-  Mappa
-  Codice di particella
-  Fabbricato
-  Strada
-  Particella
-  Acqua
-  Provincia



# CARTA GEOLOGICA

## Scala 1:10.000

### LEGENDA

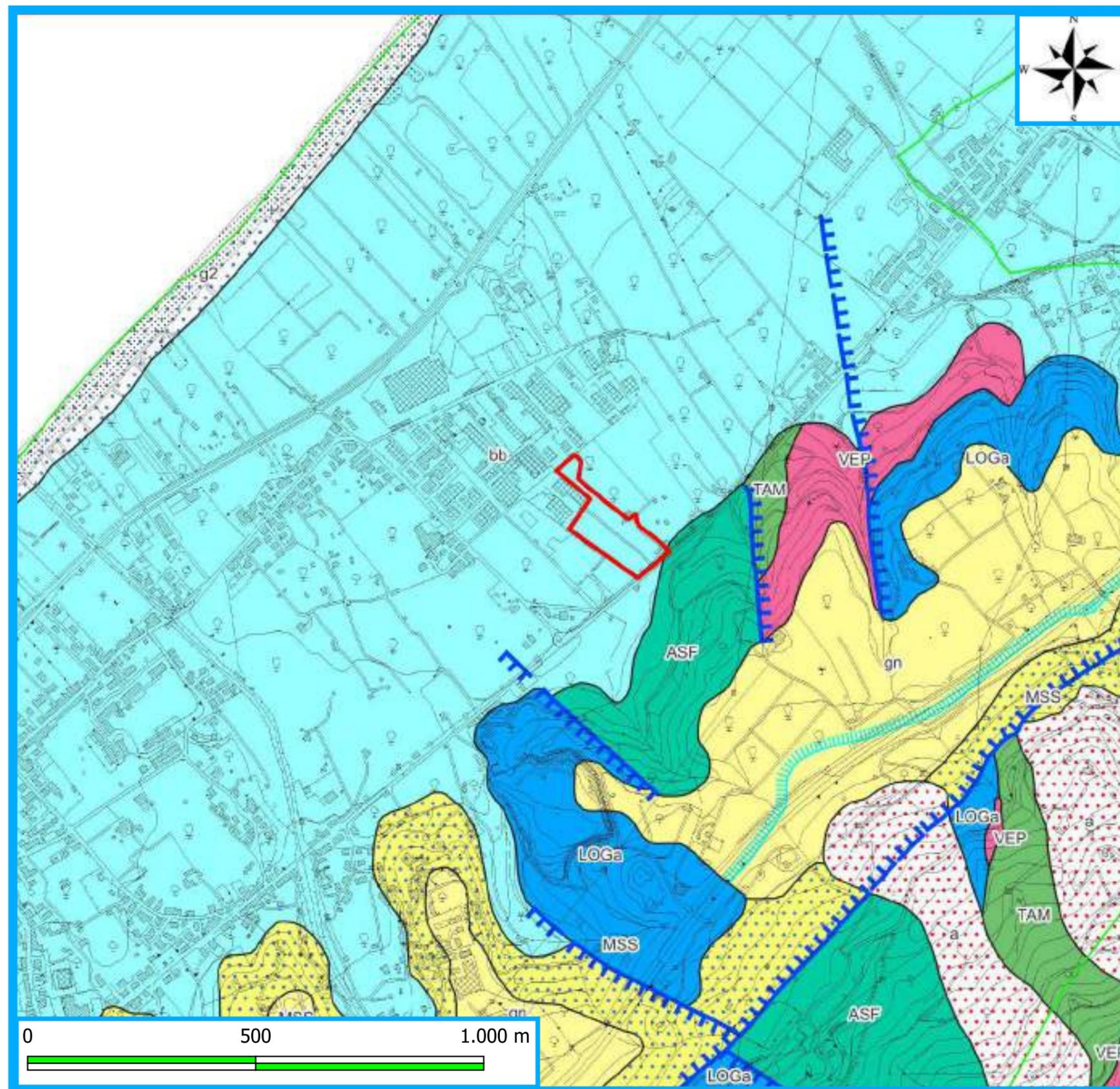
-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Litologia

-  DEPOSITI DI VERSANTE (a)
-  DEPOSITI DI SPIAGGIA (g2)
-  DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E DEPOSITI DI PIANA LITORALE (bb)
-  DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (gn)
-  GHIAIE E SABBIE DI MESSINA (MSS)
-  VERRUCANO PELORITANO (VEP)
-  CALCARI E CALCARI MASSIVI DI LONGI (LOGa)
-  EPIMETAMORFITI DI LONGI-TAORMINA Metapeliti e metareniti (TAM)
-  ARGILLE SCAGLIOSE SUPERIORI (ASF)

### Lineamenti

-  Faglia diretta
-  Orlo di terrazzo marino



# CARTA GEOLOGICA

## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Litologia

-  DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E DEPOSITI DI PIANA LITORALE (bb)
-  ARGILLE SCAGLIOSE SUPERIORI (ASF)



# CARTA GEOMORFOLOGICA

## Scala 1:10.000

### LEGENDA

 Confini comunali

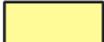
 Area d'interesse

### Litologia

 DEPOSITI DI VERSANTE (a)

 DEPOSITI DI SPIAGGIA (g2)

 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E  
DEPOSITI DI PIANA LITORALE (bb)

 DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (gn)

 GHIAIE E SABBIE DI MESSINA (MSS)

 VERRUCANO PELORITANO (VEP)

 CALCARI E CALCARI MASSIVI DI LONGI (LOGa)

 EPIMETAMORFITI DI LONGI-TAORMINA  
Metapeliti e metareniti (TAM)

 ARGILLE SCAGLIOSE SUPERIORI (ASF)

### Lineamenti

 Faglia diretta

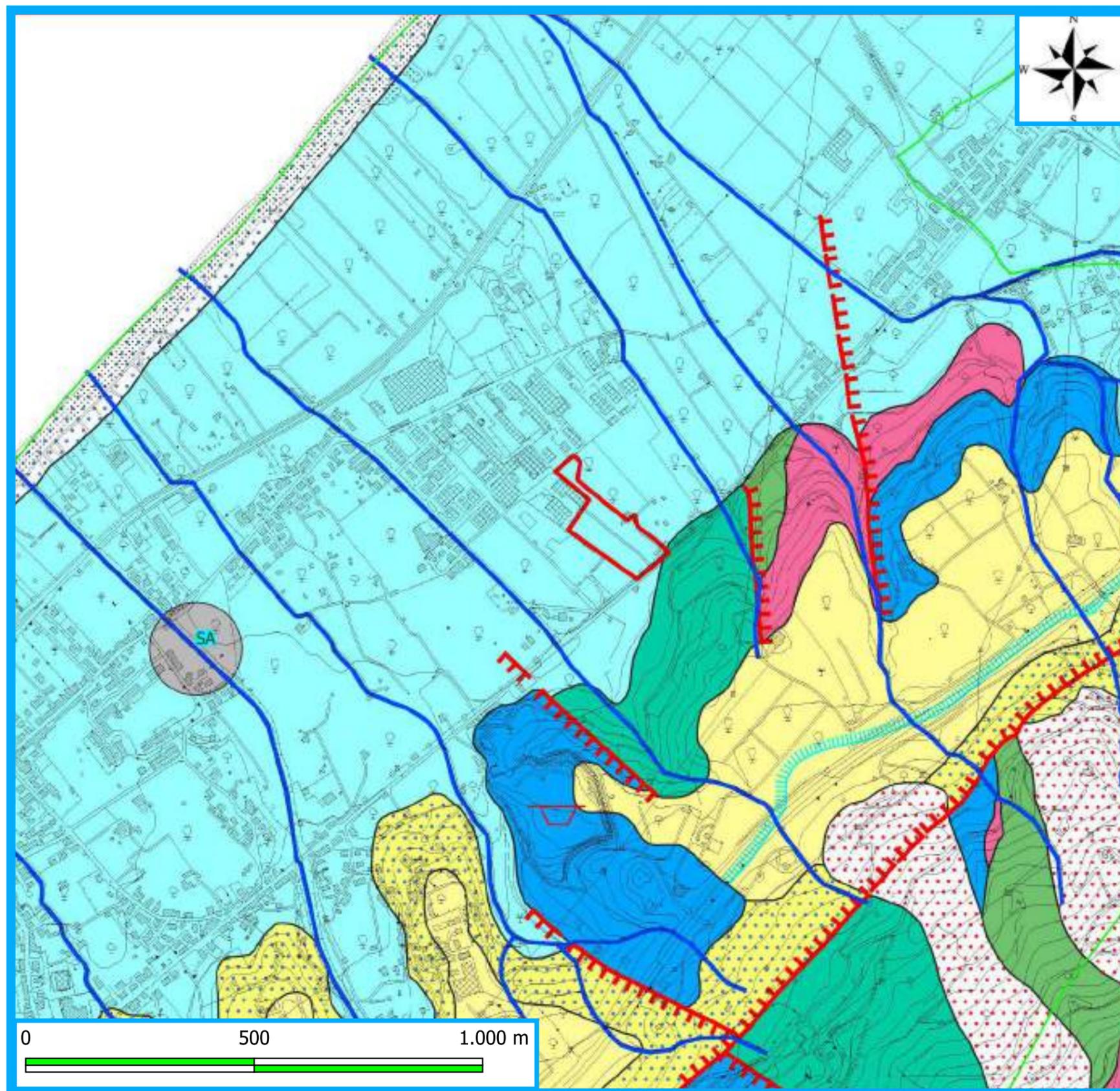
 Orlo di terrazzo marino

 Reticolo idrografico

 Cava Disattiva

### Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione

 Sito d'attenzione (SA)



# CARTA GEOMORFOLOGICA

## Scala 1:2.000

### LEGENDA

 Confini comunali

#### Litologia

 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E  
DEPOSITI DI PIANA LITORALE (bb)

 ARGILLE SCAGLIOSE SUPERIORI (ASF)

 Reticolo idrografico





# CARTA IDROGEOLOGICA

## Scala 1:2.000

Classificazione idrogeologica dei terreni						
Grado di permeabilità						
Estremamente elevata	Molto elevata	Elevata	Media	Bassa	Molto Bassa	Nulla

### LEGENDA

- Confini comunali
- Litologia**
- DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E DEPOSITI DI PIANA LITORALE (bb)
- ARGILLE SCAGLIOSE SUPERIORI (ASF)
  
- Pai Dissesto  
Stato attività: Attivo  
Tipologia: Area a franosità diffusa
  
- Bacino Idrografico
- Reticolo idrografico



# CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse
-  Zona di protezione  
(m 1000 D. A. 130 del 26/05/2006  
GURS n.32 del 30.06.2006)
-  Zona di rispetto  
(m 200 D.Lgs. 152/2006)
-  Fascia di rispetto (Faglia)
-  Faglia
-  Cava Disattiva

### PERICOLOSITA'

#### GEOMORFOLOGICA

-  P0 Basso
-  P1 Moderato
-  P2 Medio
-  P3 Elevato
-  P4 Molto Elevato

### RISCHIO

#### GEOMORFOLOGICO

-  1
-  2
-  3
-  4

### UNITA' FISIOGRAFICA N°19

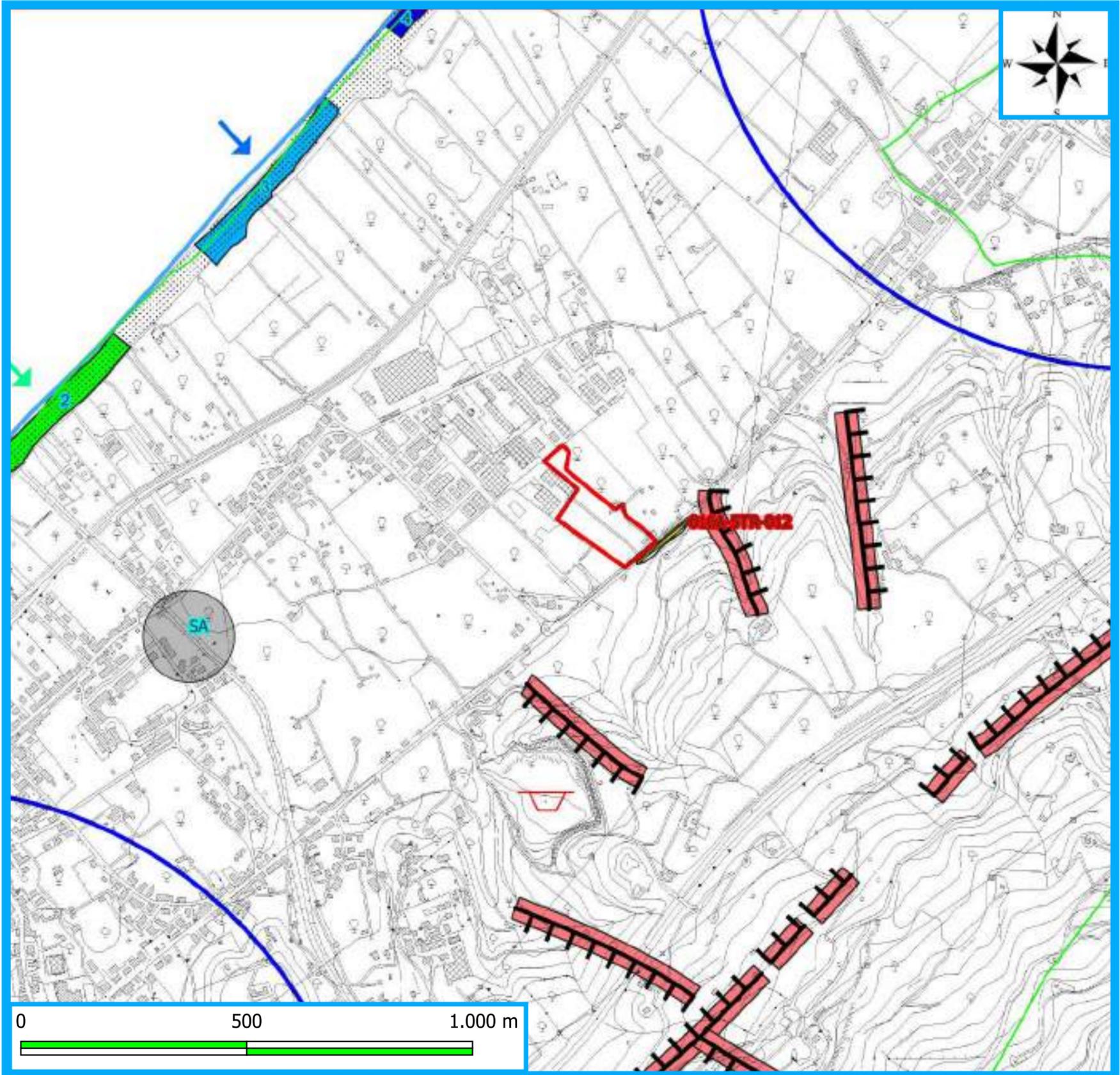
- Unione delle Carte delle  
Pericolosità e del Rischio  
N°11 N°12 N°13
-  Linea di costa 2007

### PERICOLOSITA'

-  P0
-  P1
-  P2
-  P3
-  P4

### RISCHIO

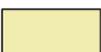
-  R1
-  R2
-  R3
-  R4

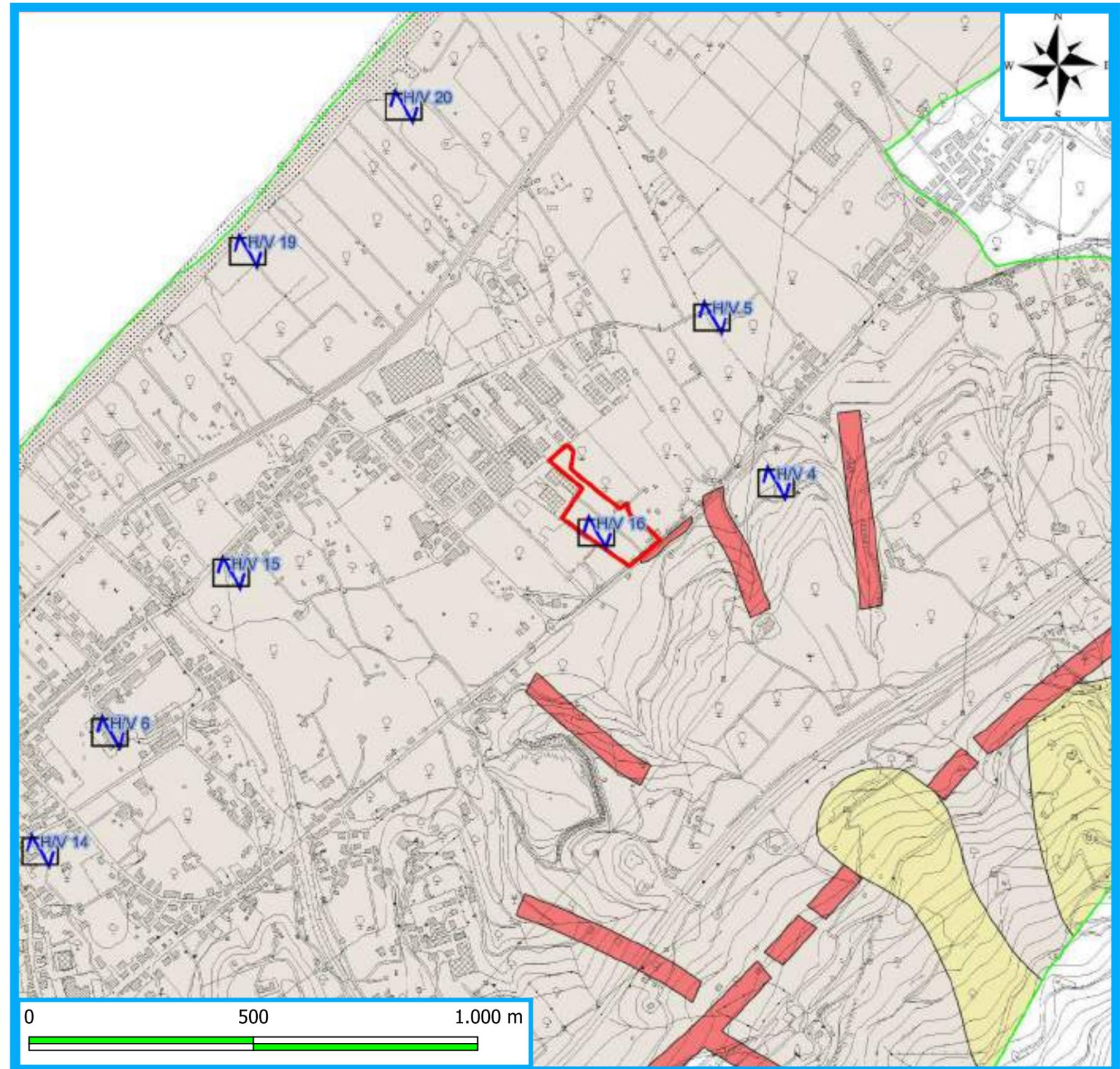


# CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse
-  Aree a minore pericolosità sismica locale (zone stabili)
-  Aree che necessitano di ulteriori indagini di approfondimento
-  Aree interessate da elevate limitazioni all'utilizzo per le quali necessari ulteriori livelli di approfondimento
-  Punto di misura di rumore ambientale



# CARTA DELLA SUSCETTIVITA' ALL'EDIFICAZIONE

## Scala 1:10.000

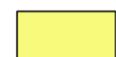
### LEGENDA

 Confini comunali

 Area d'interesse

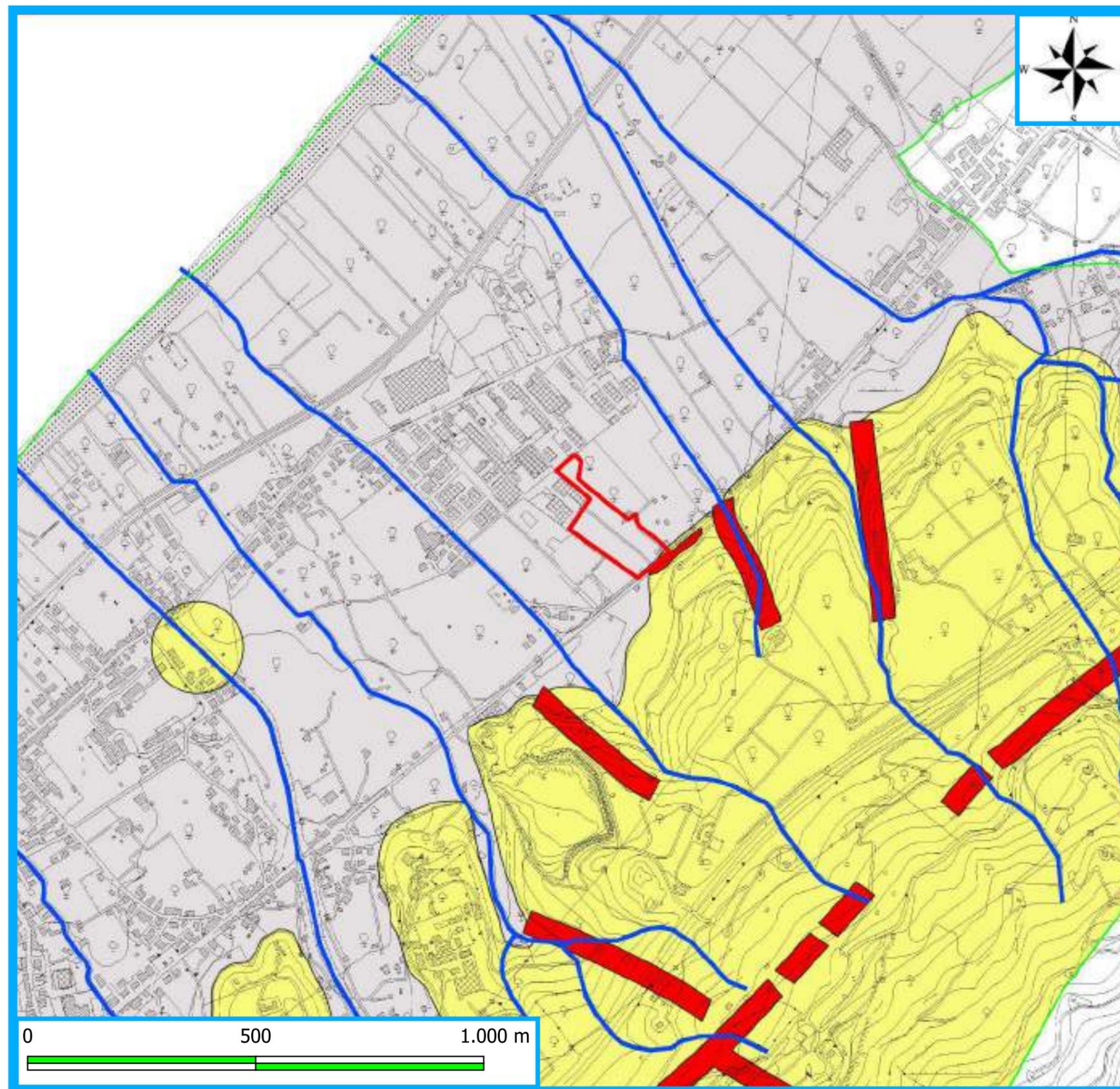
### Suscettività

 CLASSE 1 Suscettività d'uso non condizionata

 CLASSE 2 Suscettività d'uso condizionata

 CLASSE 2 Suscettività d'uso parzialmente o totalmente limitata

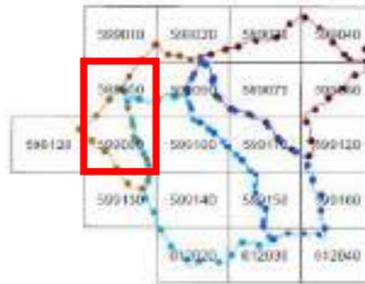
 Reticolo idrografico



# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

CARTA DISSESTI - Scala 1:10.000



## LEGENDA

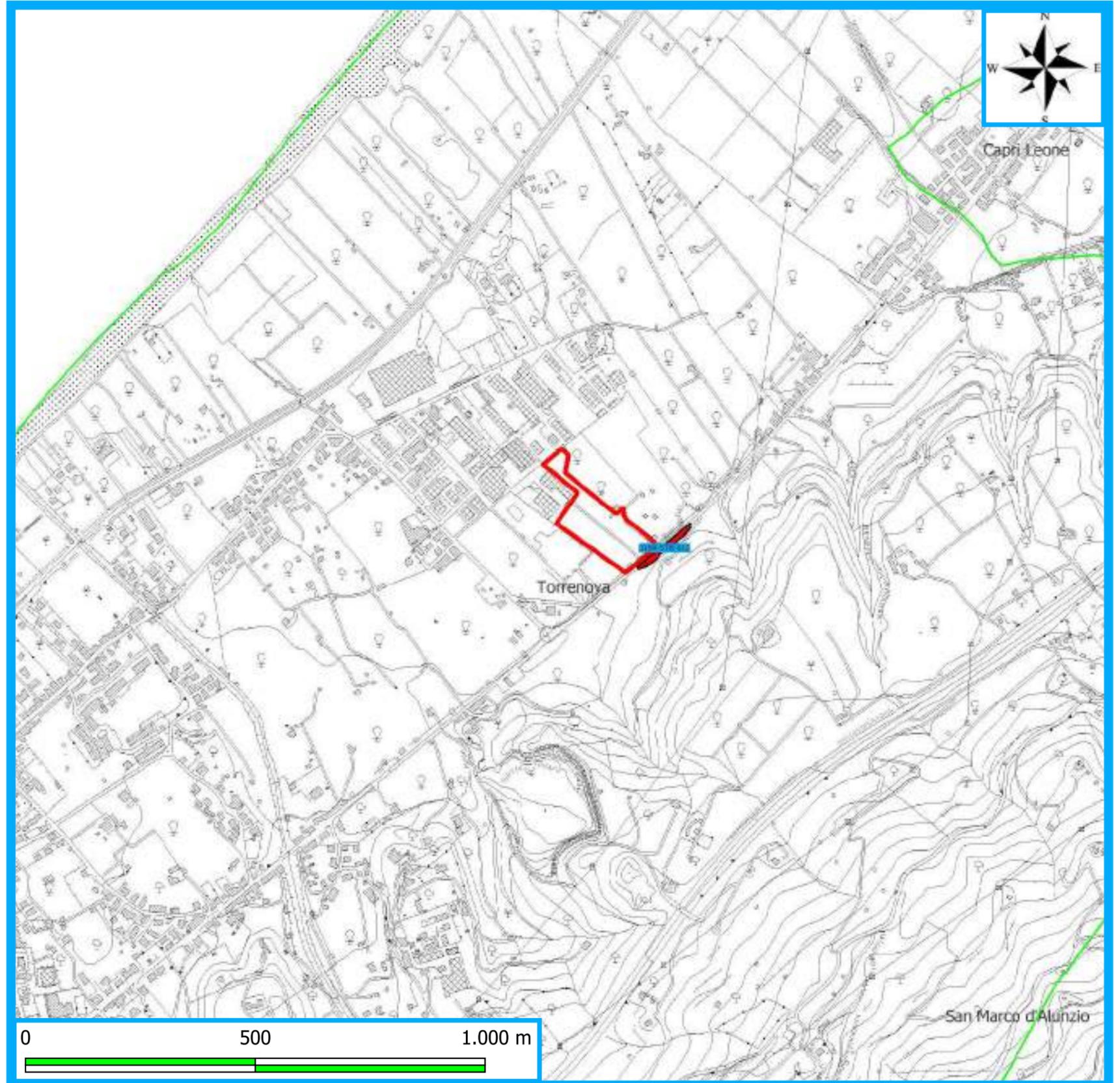
### FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a fransità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata
- Sito d'attenzione

### STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

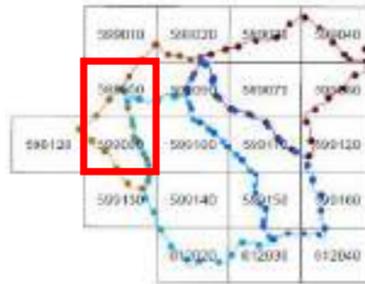
Area d'interesse



# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

CARTA DISSESTI - Scala 1:2.000



## LEGENDA

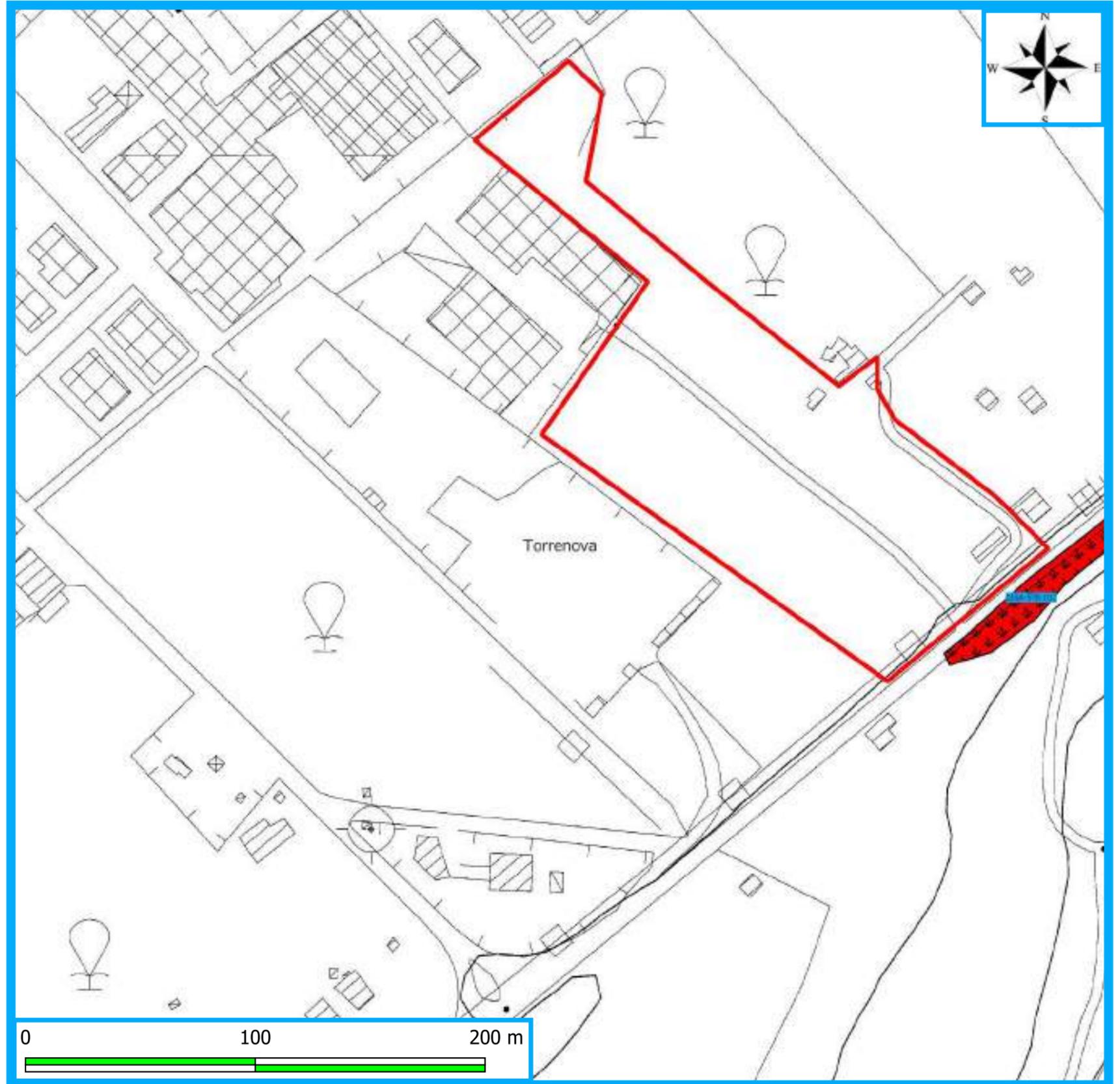
### FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a fransità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata
- Sito d'attenzione

### STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

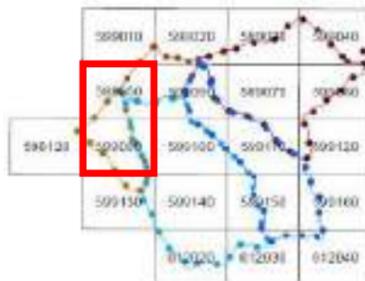
Area d'interesse



# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO - Scala 1:10.000



### LEGENDA

#### LIVELLI DI PERICOLOSITA'

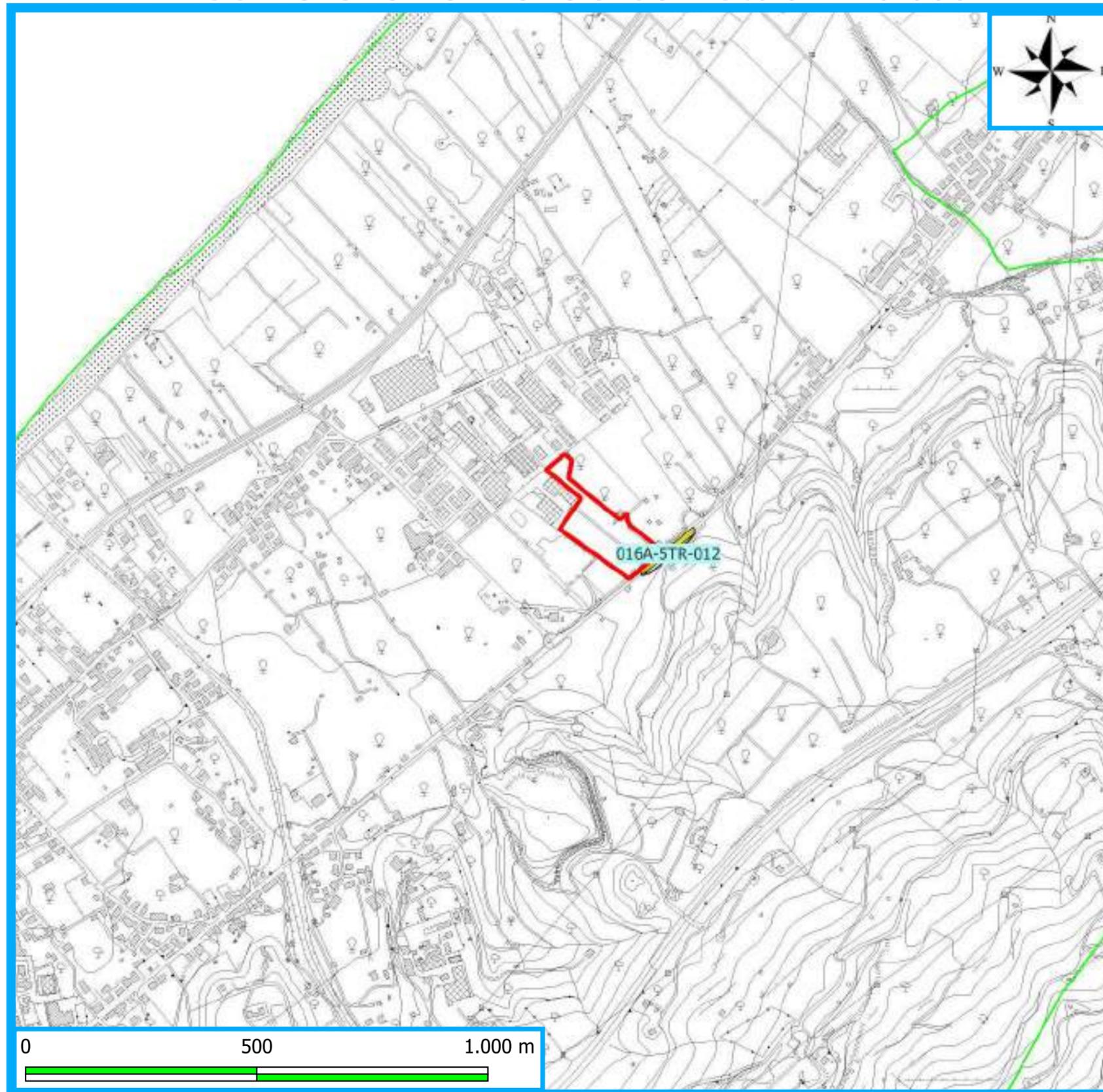
-  P0 basso
-  P1 moderato
-  P2 medio
-  P3 elevato
-  P4 molto elevato
-  Sita di alterazione; fascia di rispetto per probabile evoluzione del dissesto
-  Pericolosità coperta da area a pericolosità maggiore

#### LIVELLI DI RISCHIO

-  R1 moderato
-  R2 medio
-  R3 elevato
-  R4 molto elevato

 FasciaRispettoP3P4

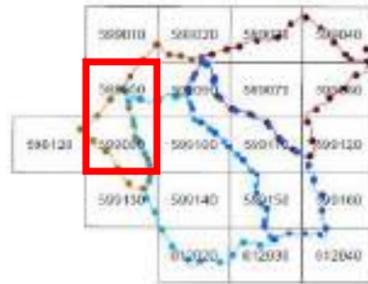
 Area d'interesse



# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO - Scala 1:2.000



### LEGENDA

#### LIVELLI DI PERICOLOSITA'

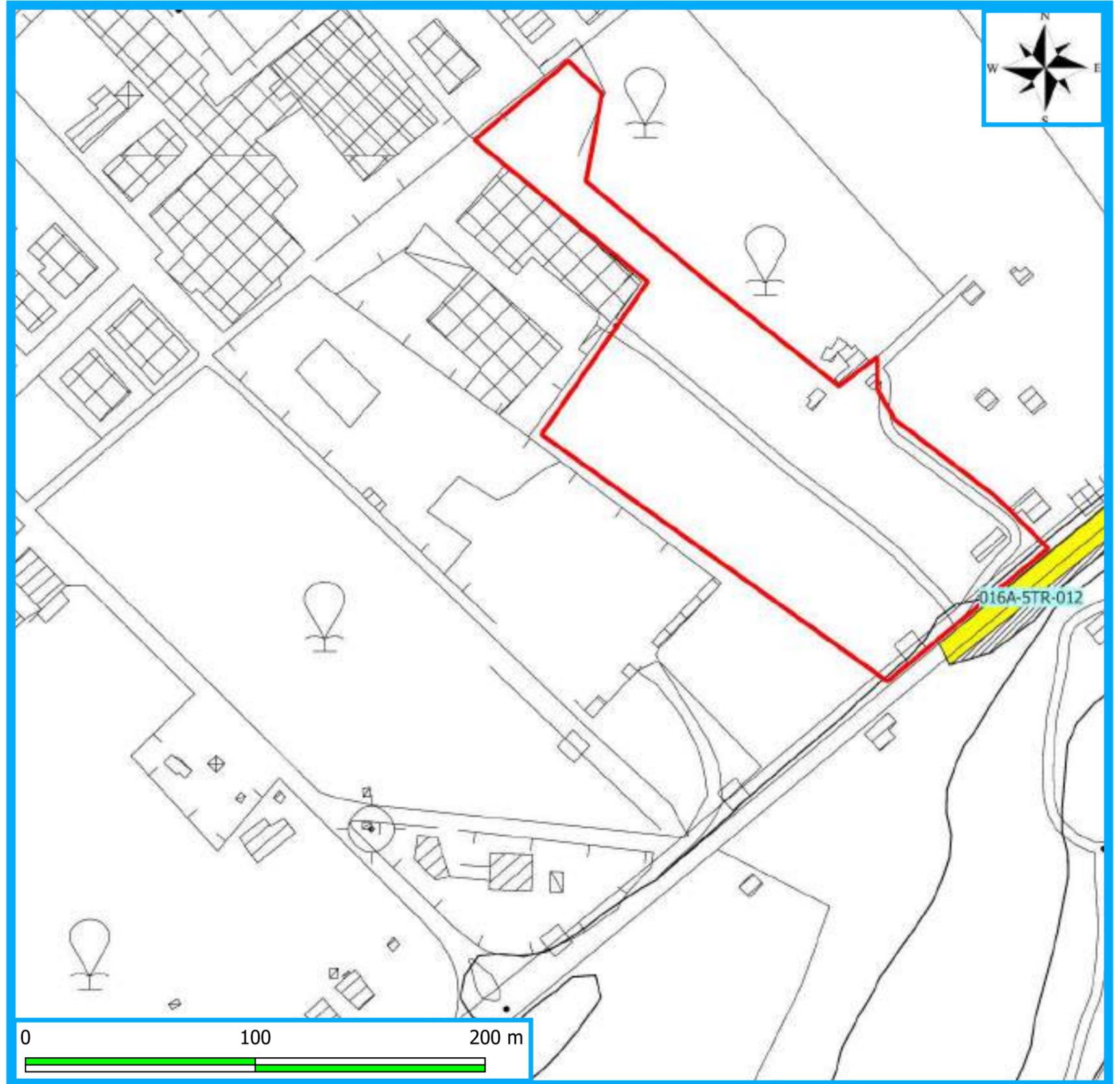
-  P0 basso
-  P1 moderato
-  P2 medio
-  P3 elevato
-  P4 molto elevato
-  Sita di alterazione; fascia di rispetto per probabile evoluzione del dissesto
-  Pericolosità coperta da area a pericolosità maggiore

#### LIVELLI DI RISCHIO

-  R1 moderato
-  R2 medio
-  R3 elevato
-  R4 molto elevato

 FasciaRispettoP3P4

 Area d'interesse



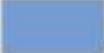
# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

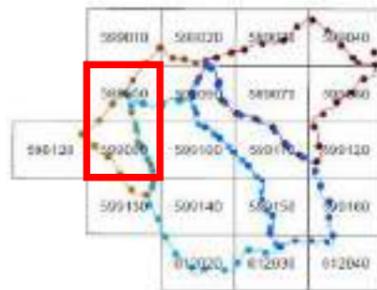
Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area

tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

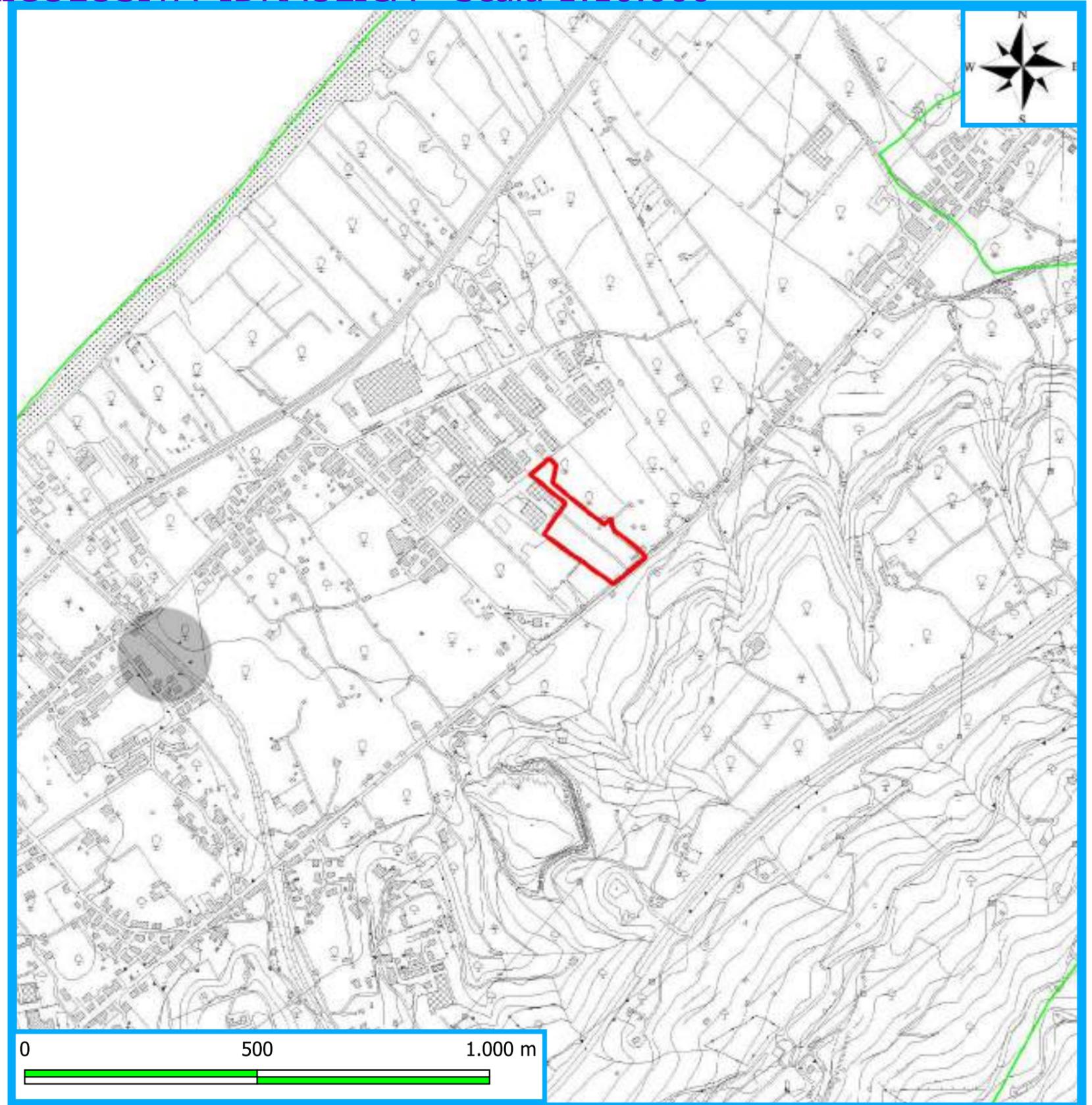
## CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA - Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  P1 Pericolosità bassa
-  P2 Pericolosità moderata
-  P3 Pericolosità alta
-  Sito d'attenzione



 Area d'interesse



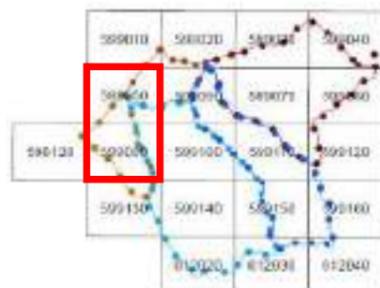
# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area  
tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA - Scala 1:2.000

## LEGENDA

-  P1 Pericolosità bassa
-  P2 Pericolosità moderata
-  P3 Pericolosità alta
-  Sito d'attenzione



 Area d'interesse



# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

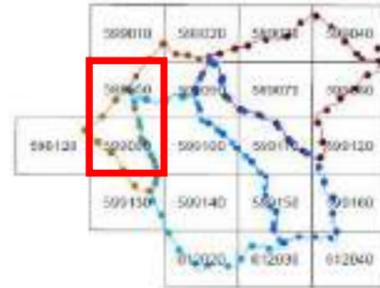
Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area  
tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

## CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO PER FENOMENI DI ESONDAZIONE - Scala 1:10.000

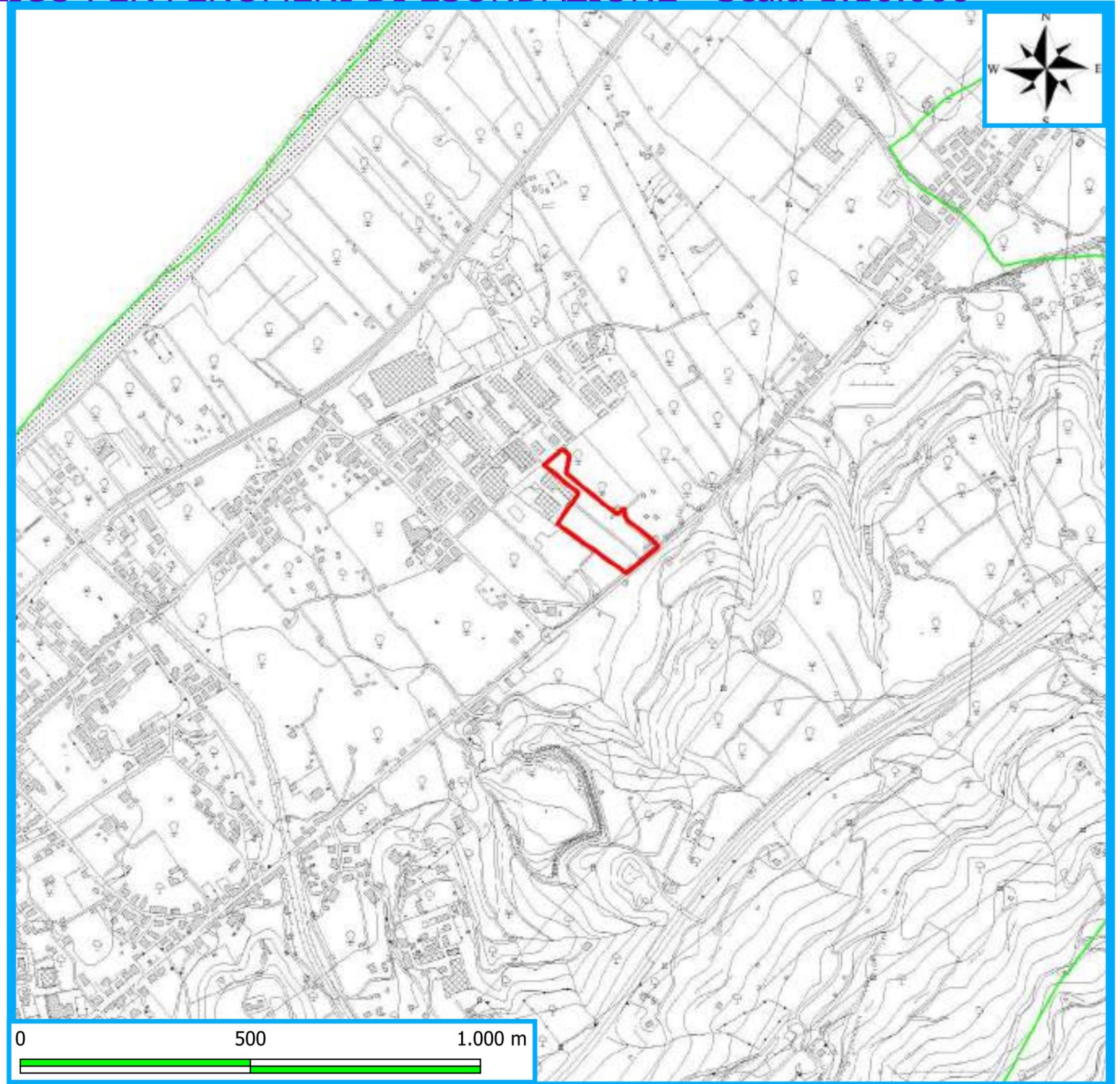
### LEGENDA

#### VALORI DEL RISCHIO IDRAULICO

-  R1 Rischio moderato
-  R2 Rischio medio
-  R3 Rischio elevato
-  R4 Rischio molto elevato



 Area d'interesse



# Piano Stralcio di Bacino per l'Aspetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico della F.ra di Zappulla ed area  
tra F.ra di Zappulla e F. Rosmarino (016)

## CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO PER FENOMENI DI ESONDAZIONE - Scala 1:2.000

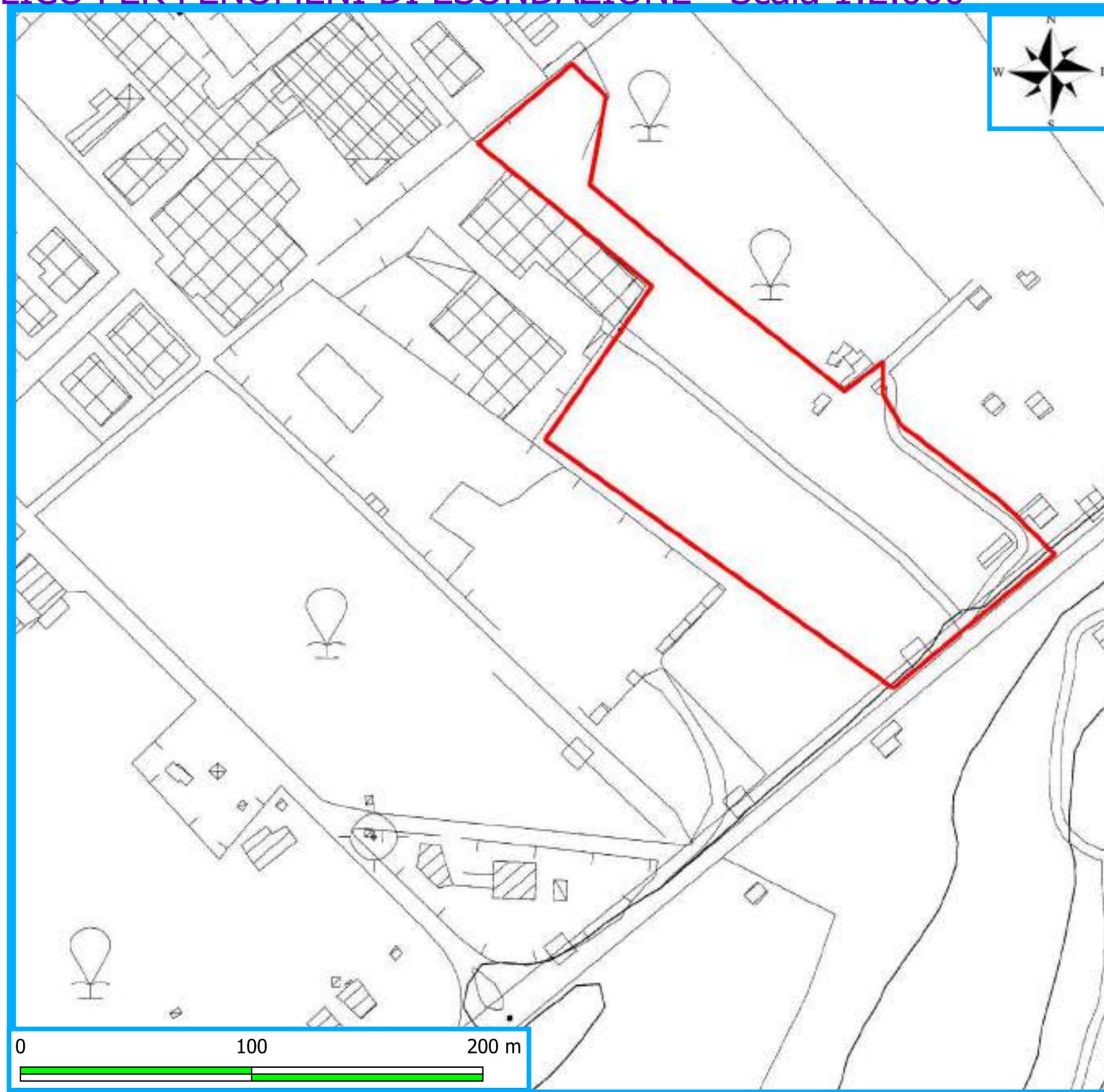
### LEGENDA

#### VALORI DEL RISCHIO IDRAULICO

-  R1 Rischio moderato
-  R2 Rischio medio
-  R3 Rischio elevato
-  R4 Rischio molto elevato



 Area d'interesse



# CARTA DELLE FASCE ALTIMETRICHE

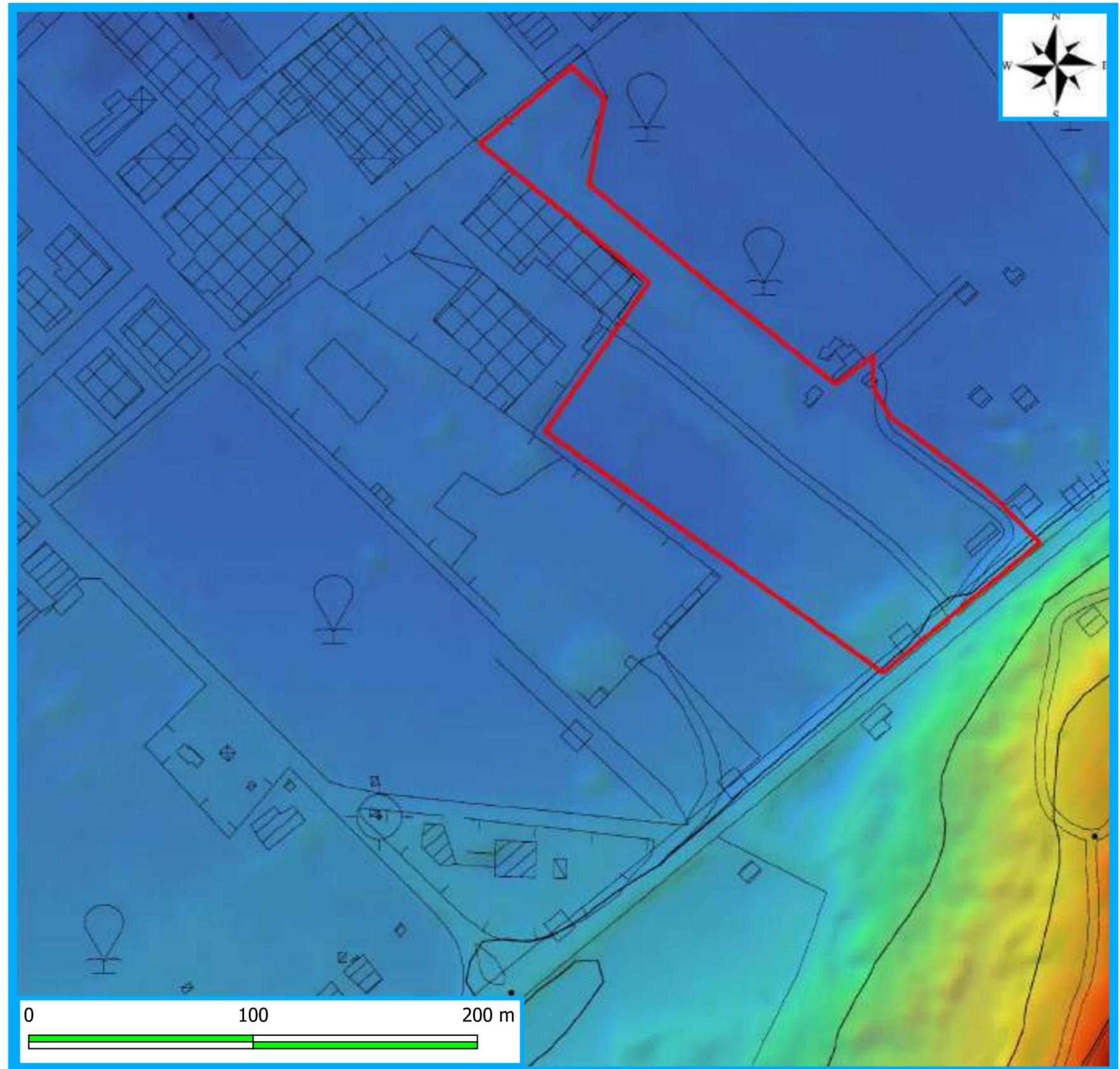
Scala 1:2.000

## LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

## Fasce Altimetriche

-  0m - 10m
-  10m - 20m
-  20m - 30m
-  30m - 40m
-  40m - 50m



# CARTA DELLE FASCE ALTIMETRICHE

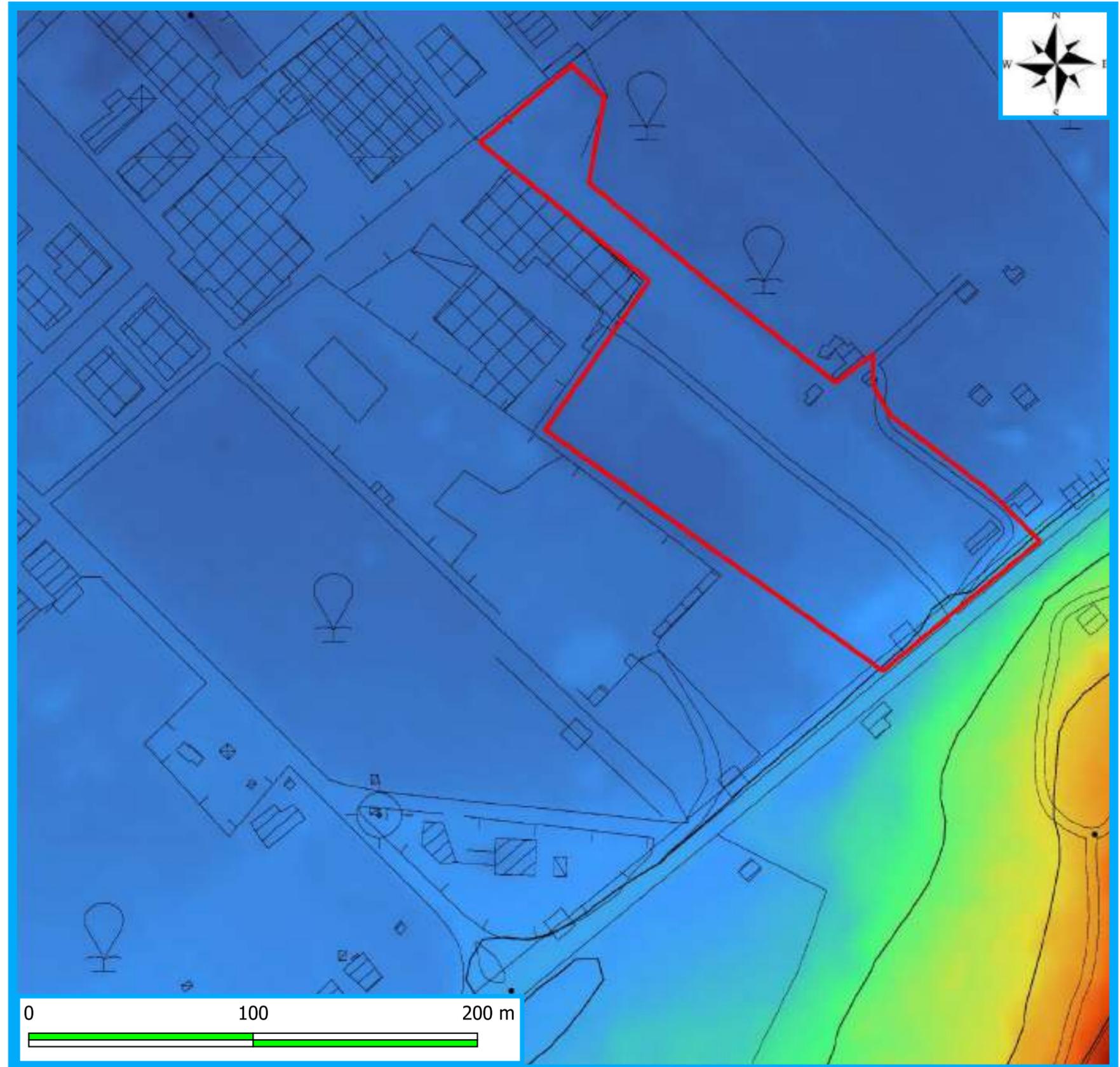
## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Fasce Altimetriche

-  0m - 10m
-  10m - 20m
-  20m - 30m
-  30m - 40m
-  40m - 50m



# CARTA DELLE FASCE ALTIMETRICHE

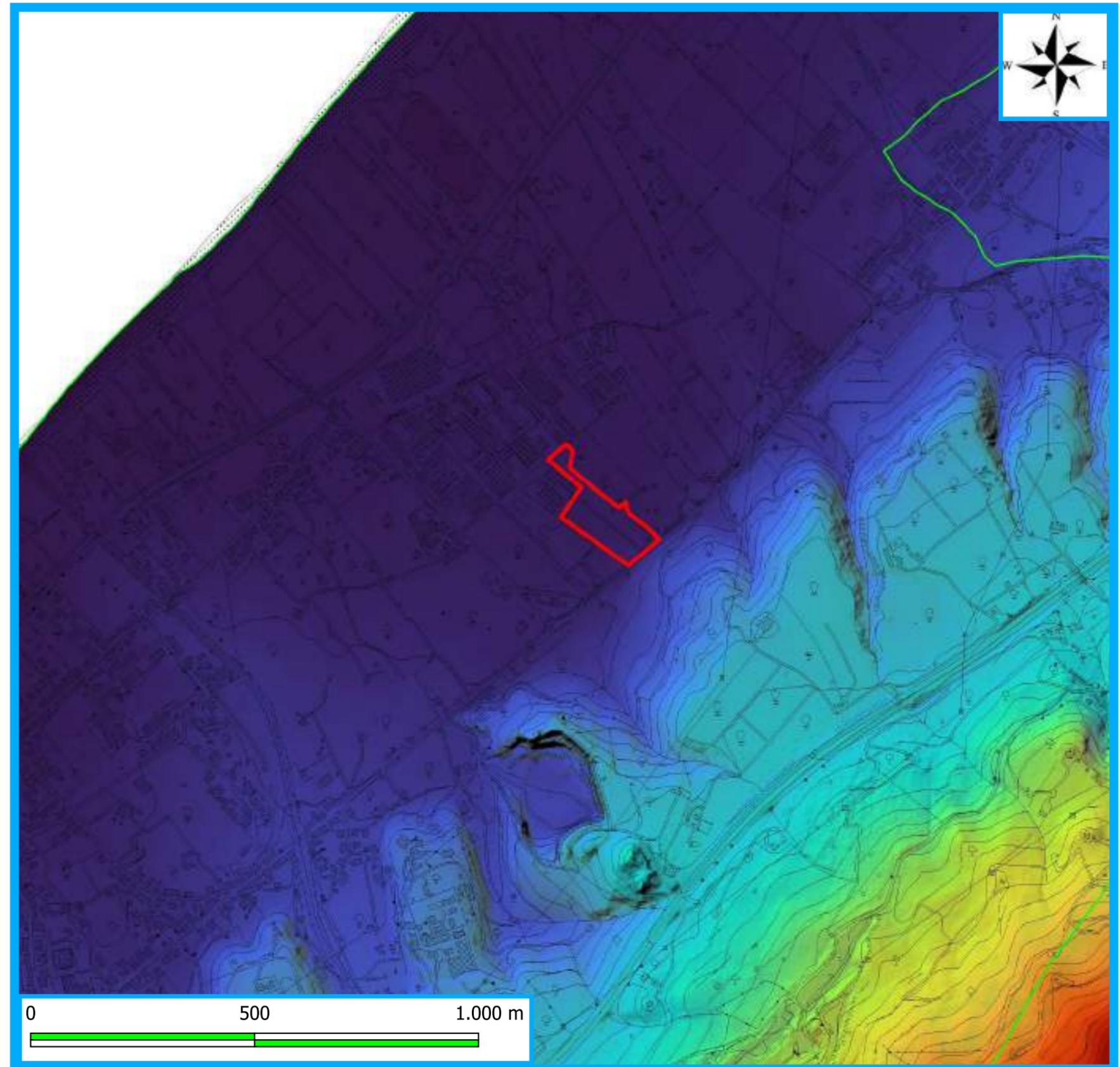
Scala 1:10.000

## LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

## Fasce Altimetriche

- |   |             |   |             |
|---|-------------|---|-------------|
|    | 0m - 10m    |    | 180m - 190m |
|    | 10m - 20m   |    | 190m - 200m |
|    | 20m - 30m   |    | 200m - 210m |
|    | 30m - 40m   |    | 210m - 220m |
|    | 40m - 50m   |    | 220m - 230m |
|    | 50m - 60m   |    | 230m - 240m |
|   | 60m - 70m   |    | 240m - 250m |
|  | 70m - 80m   |    | 250m - 260m |
|  | 80m - 90m   |    | 260m - 270m |
|  | 90m - 100m  |    | 270m - 280m |
|  | 100m - 110m |   | 280m - 290m |
|  | 110m - 120m |  | 290m - 300m |
|  | 120m - 130m |  | 300m - 310m |
|  | 130m - 140m |  | 310m - 320m |
|  | 140m - 150m |  | 320m - 330m |
|  | 150m - 160m |  | 330m - 340m |
|  | 160m - 170m |  | 340m - 350m |
|  | 170m - 180m |  | 350m - 360m |
|  | 180m - 190m |  | 360m - 370m |
|  | 190m - 200m |  | 370m - 380m |



# CARTA DELLE FASCE ALTIMETRICHE

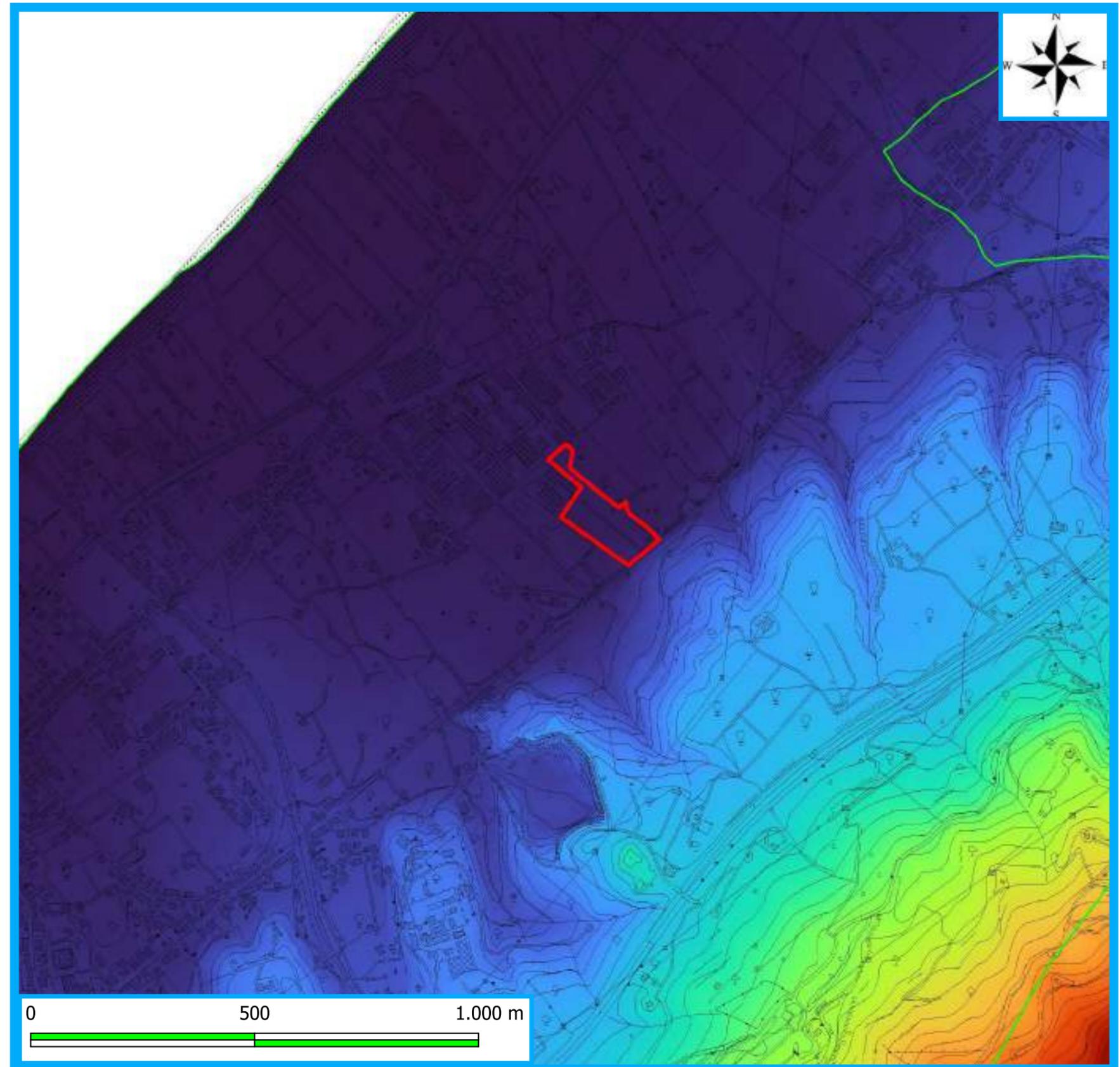
Scala 1:10.000

## LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

## Fasce Altimetriche

- |   |             |   |             |
|---|-------------|---|-------------|
|    | 0m - 10m    |    | 180m - 190m |
|    | 10m - 20m   |    | 190m - 200m |
|    | 20m - 30m   |    | 200m - 210m |
|    | 30m - 40m   |    | 210m - 220m |
|    | 40m - 50m   |    | 220m - 230m |
|    | 50m - 60m   |    | 230m - 240m |
|   | 60m - 70m   |    | 240m - 250m |
|  | 70m - 80m   |    | 250m - 260m |
|  | 80m - 90m   |    | 260m - 270m |
|  | 90m - 100m  |    | 270m - 280m |
|  | 100m - 110m |   | 280m - 290m |
|  | 110m - 120m |  | 290m - 300m |
|  | 120m - 130m |  | 300m - 310m |
|  | 130m - 140m |  | 310m - 320m |
|  | 140m - 150m |  | 320m - 330m |
|  | 150m - 160m |  | 330m - 340m |
|  | 160m - 170m |  | 340m - 350m |
|  | 170m - 180m |  | 350m - 360m |
|  |             |  | 360m - 370m |
|  |             |  | 370m - 380m |



# CARTA DELLE PENDENZE

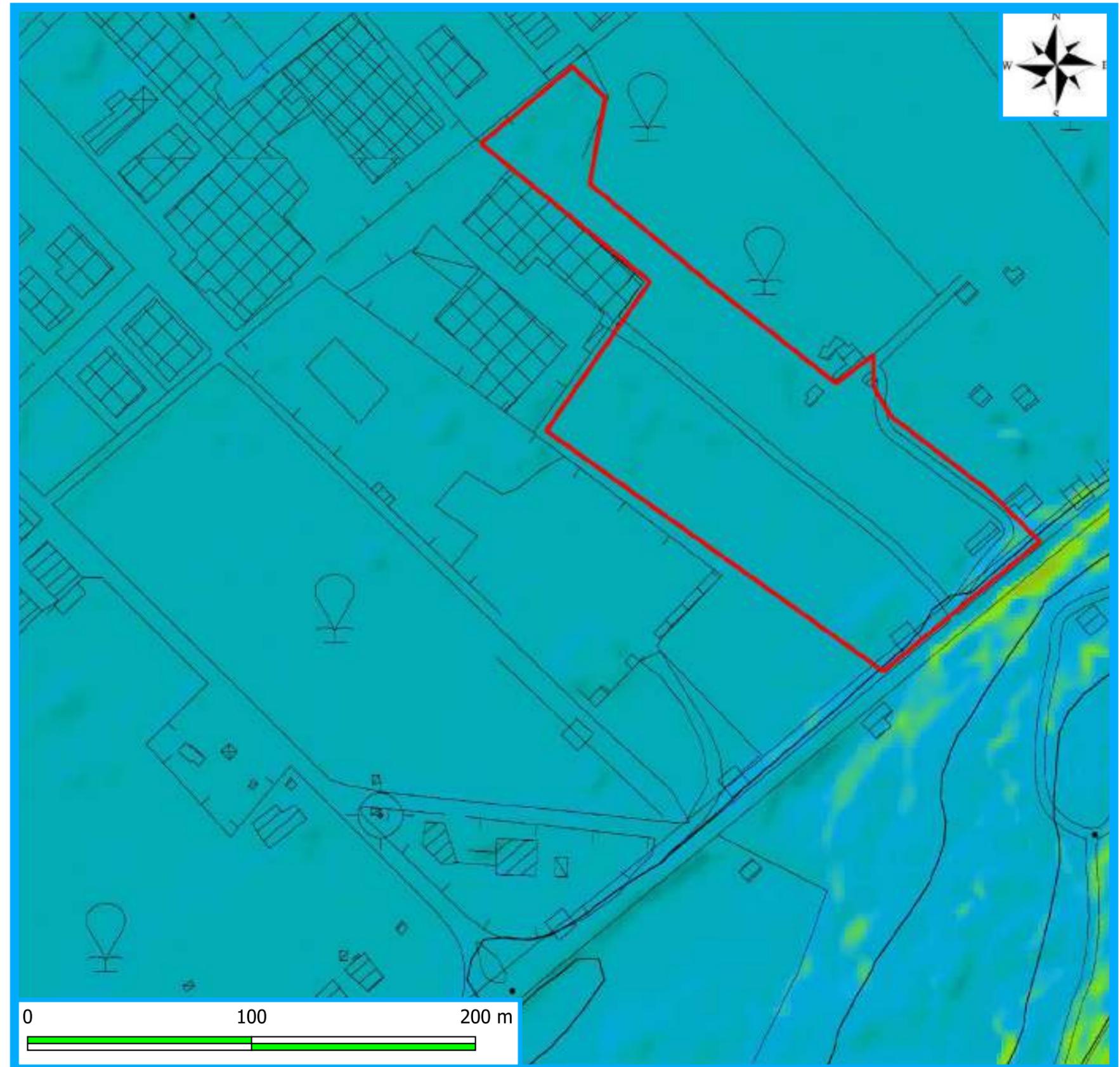
## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Pendenza

-  0° - 15°
-  15° - 30°
-  > 30°



# CARTA DELLE PENDENZE

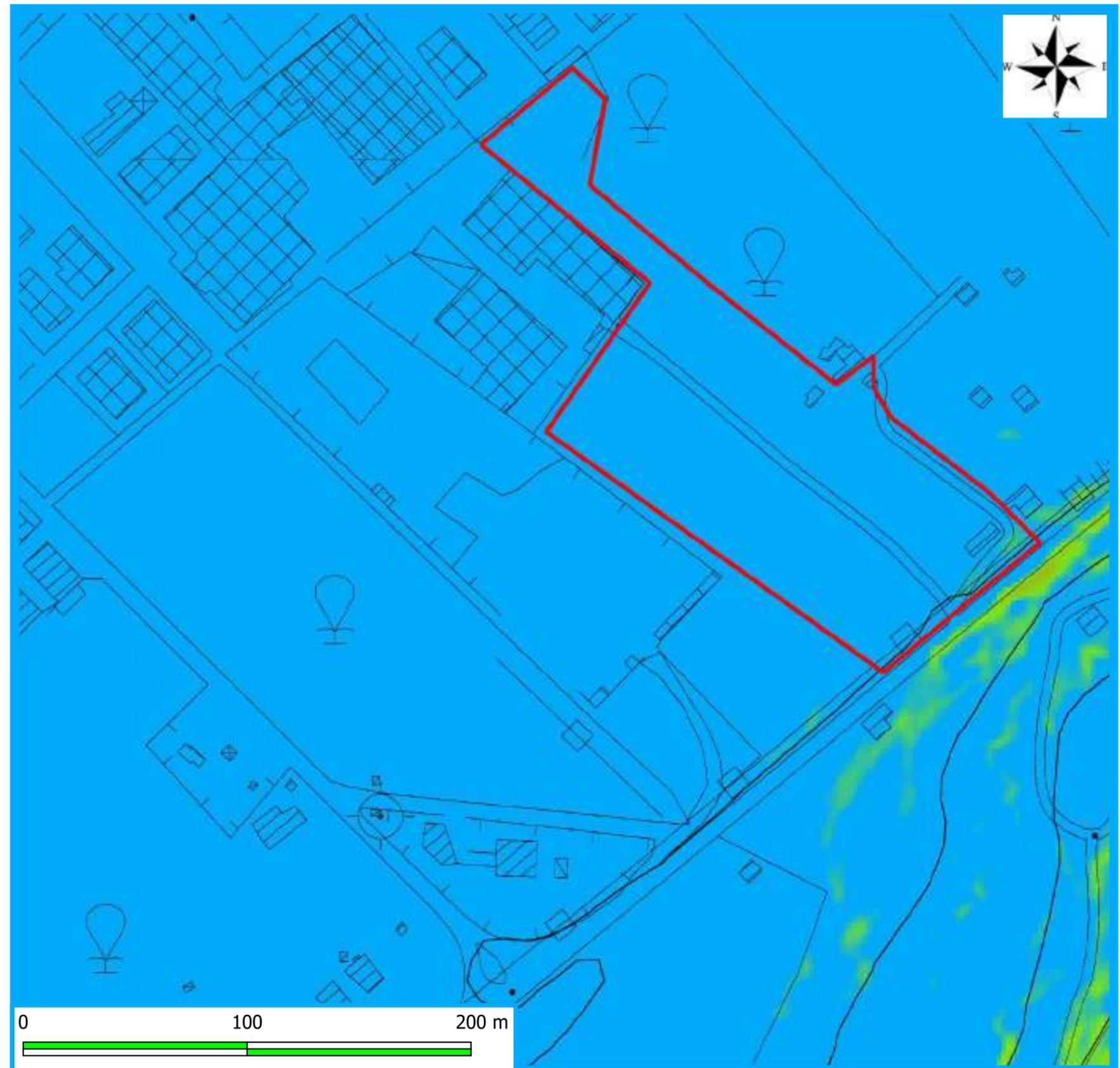
## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Pendenza

-  0° - 15°
-  15° - 30°
-  > 30°



# CARTA DELLE PENDENZE

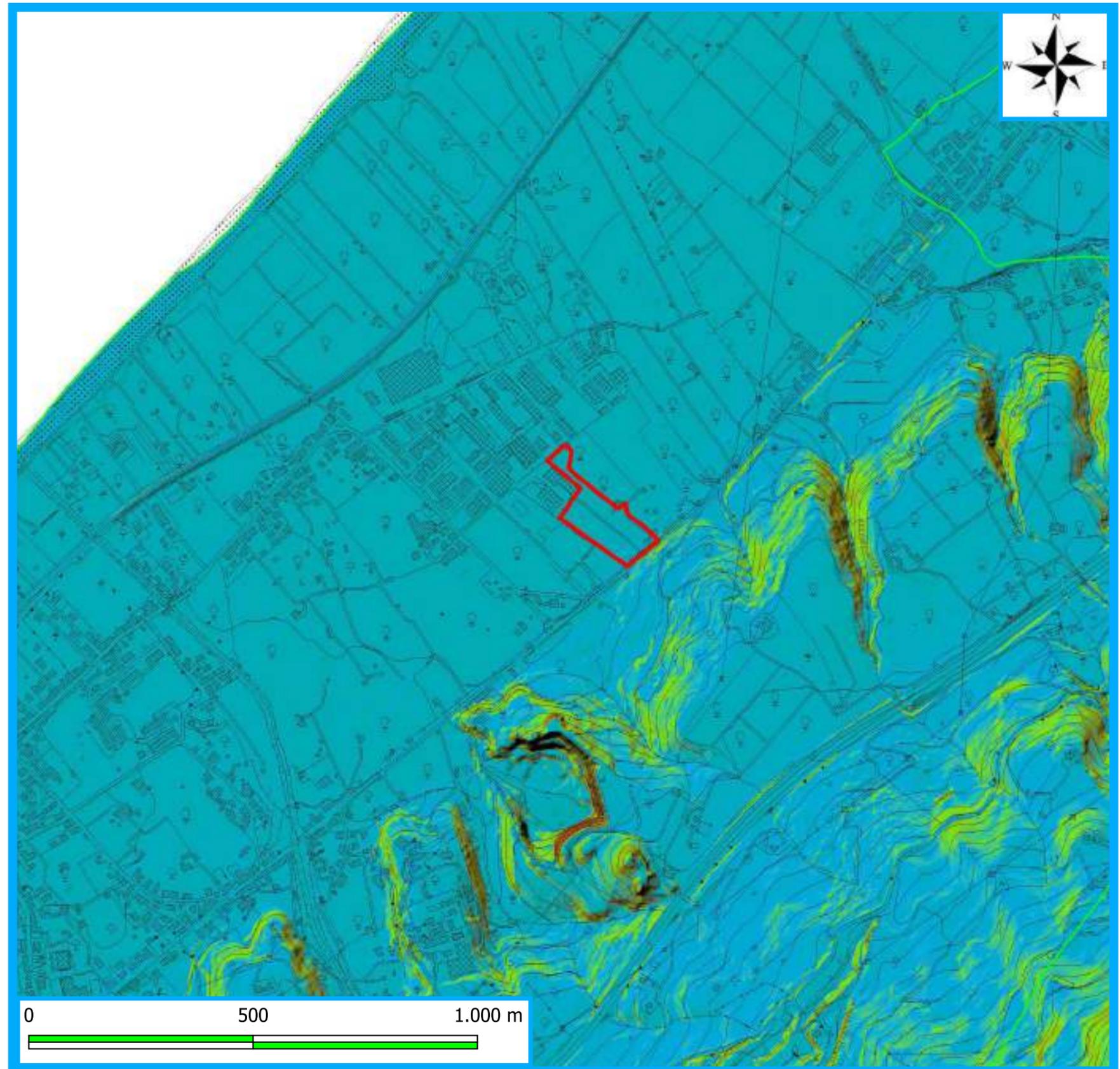
## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Pendenza

-  0° - 15°
-  15° - 30°
-  > 30°



# CARTA DELLE PENDENZE

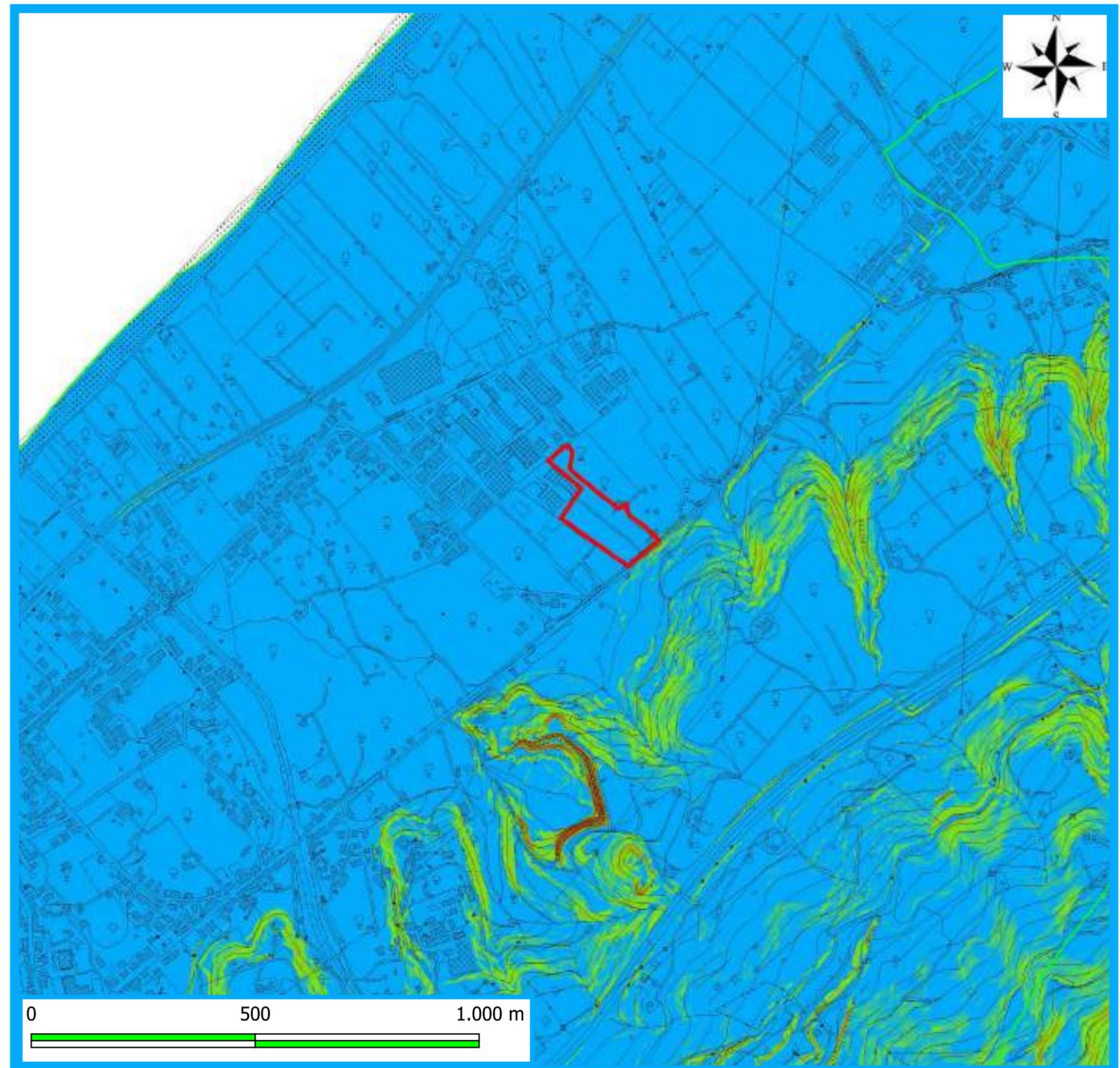
## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Pendenza

-  0° - 15°
-  15° - 30°
-  > 30°



# CARTA DELL'ESPOSIZIONE SOLARE

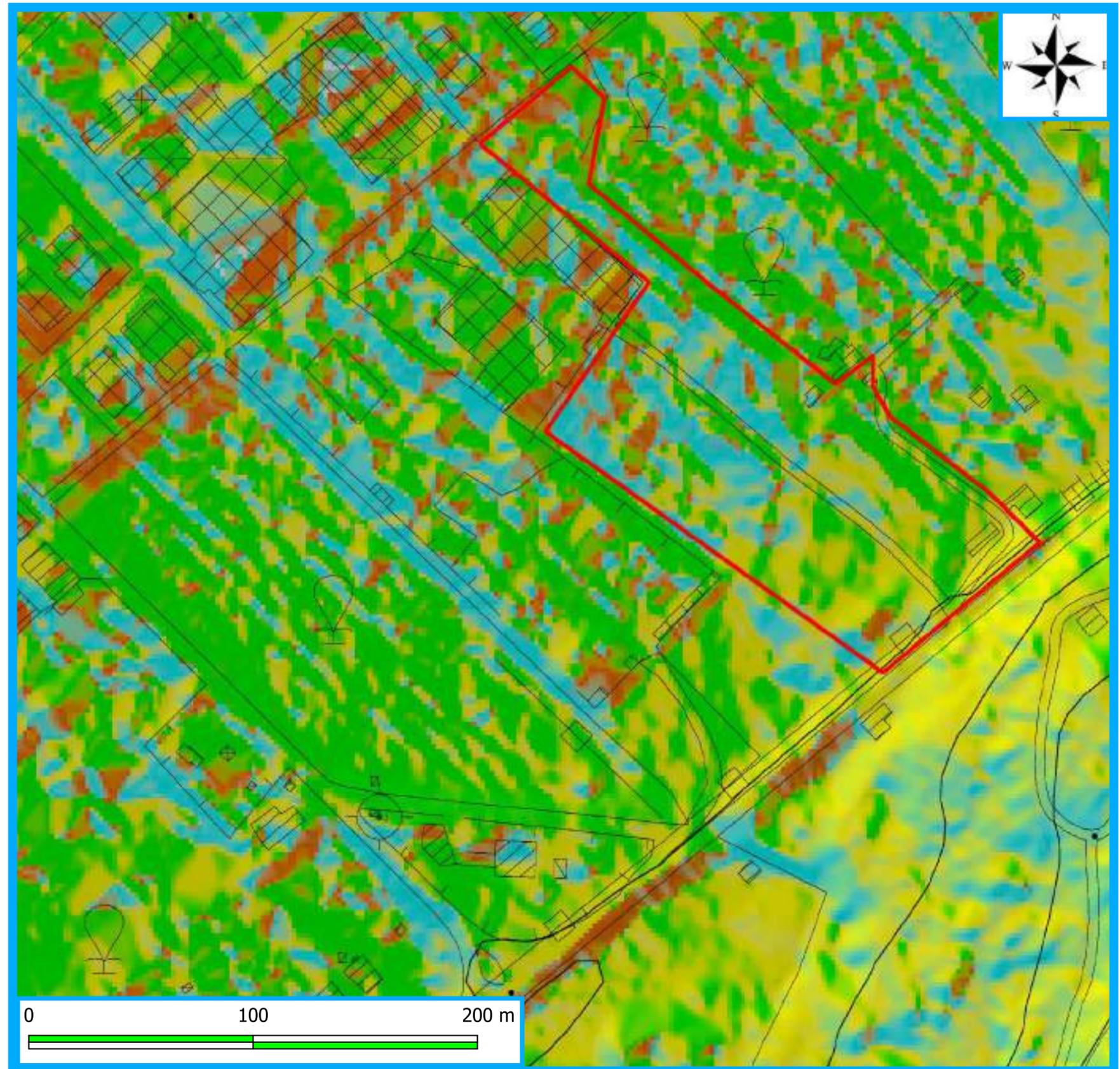
## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Esposizione solare

-  Nord
-  Est
-  Sud
-  Ovest



# CARTA DELL'ESPOSIZIONE SOLARE

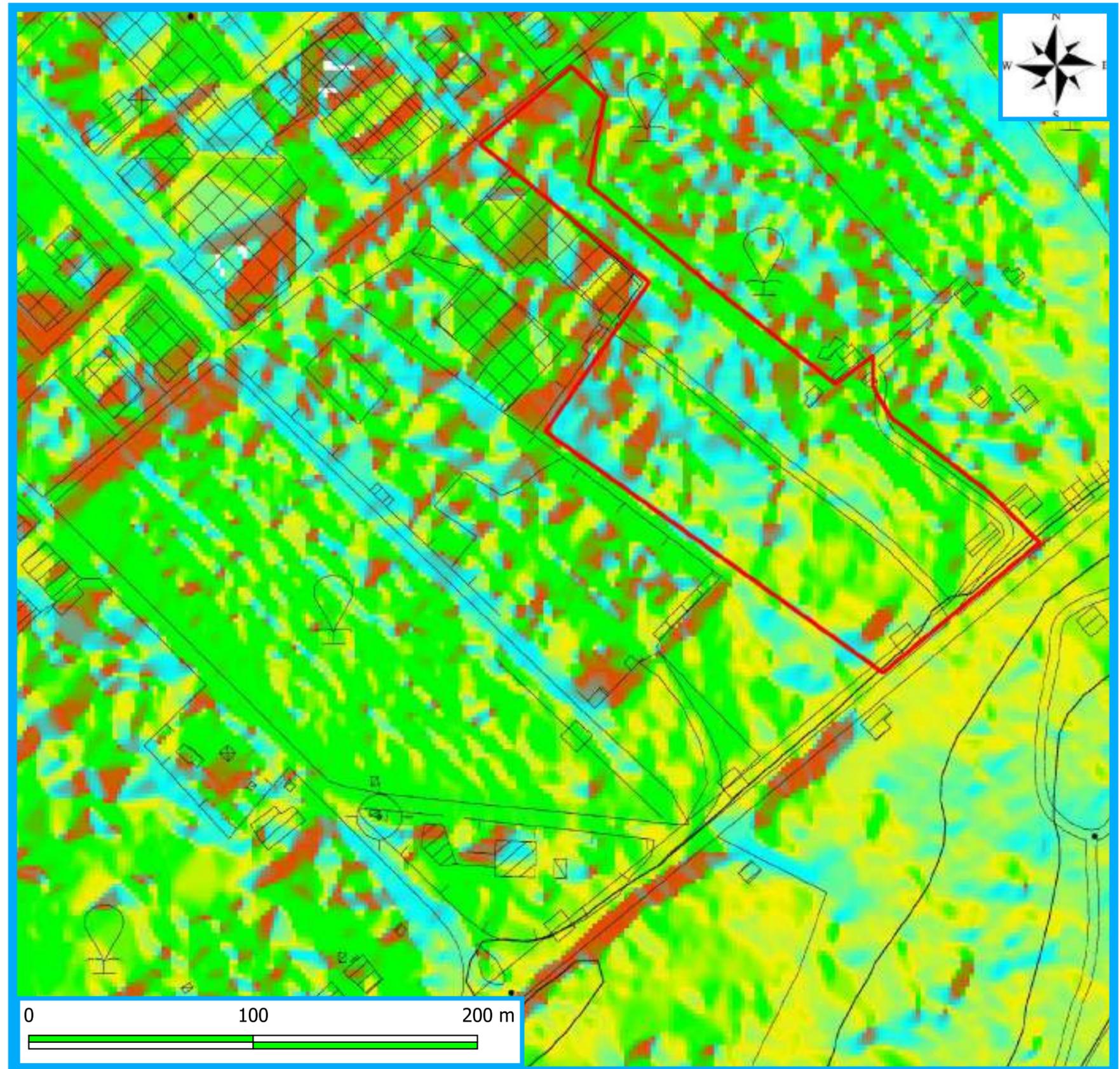
## Scala 1:2.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Esposizione solare

-  Nord
-  Est
-  Sud
-  Ovest



# CARTA DELL'ESPOSIZIONE SOLARE

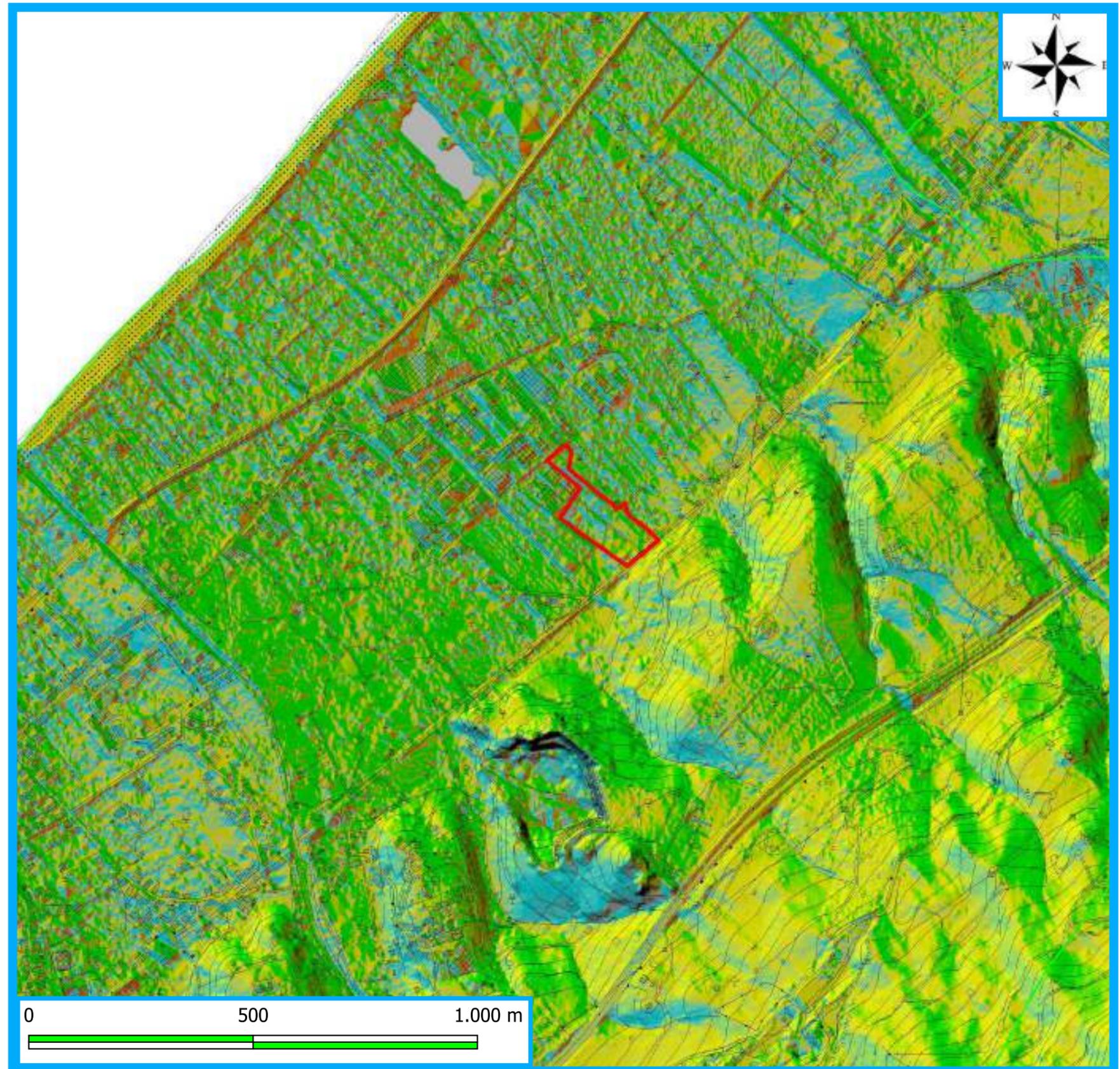
## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Esposizione solare

-  Nord
-  Est
-  Sud
-  Ovest



# CARTA DELL'ESPOSIZIONE SOLARE

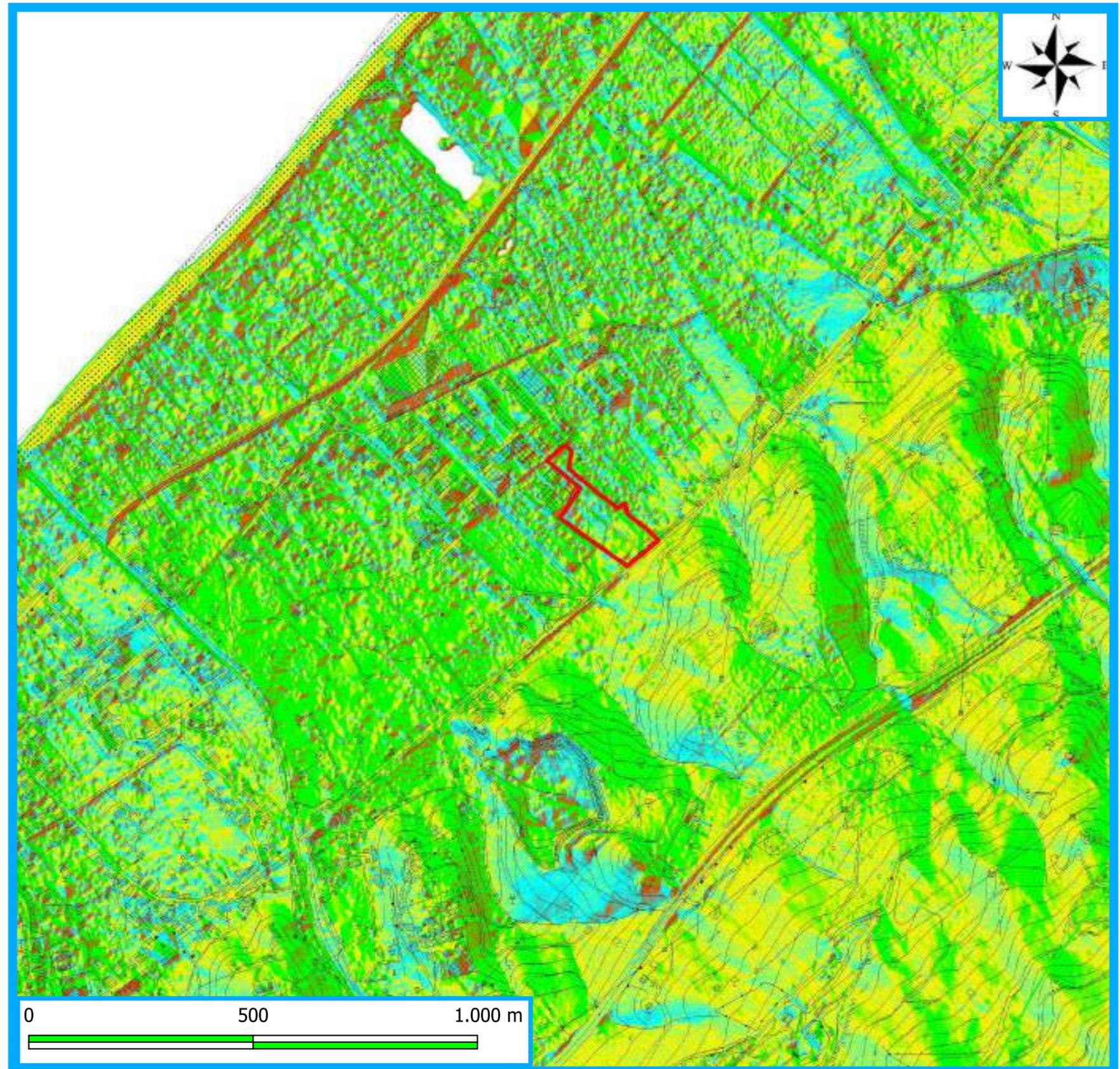
## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse

### Esposizione solare

-  Nord
-  Est
-  Sud
-  Ovest





# CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

## Scala 1:10.000

### LEGENDA

-  Confini comunali
-  Area d'interesse
-  Vincolo Idrogeologico

