



PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO “Corciolo”

Potenza complessiva 48,7 MWp (40 MW in immissione) e SDA da 24 MVA

AUR19 – RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Comune di Mesagne (BR)

Proponente: EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

03/2022

REF.:

Revision: A



edp renewables

EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

Ing Daniele Cavallo
Dott.Geol Michele Ognibene
Dott.Geol. Rosario Fria

						DATE		
						03/22	DRAWN	
A	03/2022	DC-MO-RF	CAVALLO		PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE	03/22	CHECKED	
EDIC.	DATE	BY	CHECKED	REVISED-EDPR	MODIFICATION	03/22	REVISED-EDPR	

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1 Premessa generale e scopo dello studio	4
1.2 Metodologie di studio	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGRAFICA PRELIMINARE	6
3.1 Inquadramento morfologico	6
3.2 Inquadramento idrografico generale	6
3.3 Analisi idrografica dell'area di progetto	7
4. STUDIO IDROLOGICO	8
4.1 Metodologia dell'analisi idrologica	8
4.2 Stima del Tempo di Corrivazione (t_c)	8
4.3 Stima del flusso idrico globale	9
4.4 Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso	16
4.5 Stima delle Portate di Massima Piena	21
5. STUDIO IDRAULICO	22
5.1 Analisi idraulica delle interferenze	22
5.2 Parametri di input e Risultati della Simulazione	25
6. CONCLUSIONI	27

ELABORATI GRAFICI

- Tavola 01: Inquadramento Geografico; scala 1:50.000
- Tavola 02: Carta Quote s.l.m.; scala 1:25.000
- Tavola 03: Carta delle Pendenze; scala 1:25.000
- Tavola 04: Carta Pericolosità P.A.I.; scala 1:25.000
- Tavola 05: Inquadramento Idrografico; scala 1:25.000
- Tavola 06: Carta Interferenze; scala 1:30.000
- Tavola 07: Carta Vincoli Idrologici; scala 1:30.000
- Tavola 08: Carta Uso del Suolo; scala 1:30.000
- Tavola 09: Carta Litologica; scala 1:30.000
- Tavola 10: Area di allagamento INT_01; scala 1:2.500

APPENDICI

- Appendice A: Formule stima del Tempo di Corrivazione
- Appendice B: Calcolo Curve Number sottobacini idrografici
- Appendice C: Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)
- Appendice D: Tabella Coefficienti di Manning

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa generale e scopo dello studio

La Società EDP Renewables Italia Holding S.r.l. intende realizzare nel comune di Mesagne (BR), in località Corciolo e Pizzorusso, un impianto agro-fotovoltaico mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale. L'impianto avrà una potenza installata di 48699 kWp per una potenza di 40000 kW in immissione e l'energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione, esso sarà inoltre dotato di un sistema di accumulo della potenza nominale di 24000 kW con capacità di accumulo di 48000 kWh.

L'impianto risulta costituito da due aree distinte, distanti circa 2,8 km, più le relative opere e infrastrutture necessarie per la connessione alla RTN.

Il progetto di connessione nello specifico (codice pratica 202100082), prevede che l'impianto venga allacciato, mediante cavidotto MT a 30 kV di nuova realizzazione, ad una nuova stazione di trasformazione a 150/30 kV, collegata a sua volta attraverso cavidotto AT a 150kV alla stazione RTN a 380/150 kV "Brindisi – Taranto N2".

A supporto del progetto è stato redatto il presente studio idrologico ed idraulico..

Scopo dello studio è una iniziale analisi morfologica ed idrografica dell'area al fine di individuare le eventuali interferenze tra il reticolo idrografico superficiale identificato nella *Carta Idrogeomorfologica delle Regione Puglia* e nella cartografia IGM e l'area di impianto, opere di connessione comprese; qualora quest'ultime ricadessero in aree identificate come "alveo fluviale in modellamento attivo" e/o in "aree golenali", per come definite dagli art. 6 e 36 delle N.T.A. del PAI (Autorità di Bacino della Puglia) nonché in "aree di pertinenza fluviale" (art. 10 e 36 NTA) si renderà necessario uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica ai fini della verifica della sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, per come definita all'art. 36 delle NTA.

1.2 Metodologie di studio

Lo studio è stato essenzialmente svolto in 2 fasi:

- 1ª fase

La prima fase ha visto un iniziale studio dell'area di tipo bibliografico, con l'acquisizione di tutto quanto è stato possibile reperire in termini di dati esistenti quali, cartografie, ortofoto, modelli digitali del terreno (DTM) e studi precedenti, con particolare riferimento allo "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico nelle province di Bari e Brindisi" nonché alla Relazione Geologica già redatta nell'ambito del presente progetto. Successivamente sono stati predisposti dei sopralluoghi al fine di effettuare una valutazione in situ delle caratteristiche morfologiche e litologiche dell'area di progetto nonché verificare la corrispondenza tra il materiale cartografico disponibile e l'attuale stato dei luoghi, con particolare riferimento alla morfologia degli impluvi.

- 2^a fase

La seconda fase ha visto l'elaborazione dei dati acquisiti, effettuata prevalentemente in ambiente GIS, dal punto di vista morfologico ed idrografico, in funzione dello scopo prefisso di cui al paragrafo precedente; avendo riscontrato in queste fase propedeutica delle interferenze tra il reticolo idrografico e le opere in progetto si è quindi proceduto allo studio di compatibilità idraulica, mediante analisi idrologiche ed idrauliche degli elementi idrografici di interesse.

L'analisi idrologica è stata effettuata in accordo con le metodologie richiamate al punto 4.2.4 del D.D.n.1/2011 "Istruzione Tecniche" della Regione Puglia, attraverso simulazioni numeriche utilizzando i codici di calcolo dell'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers, contenuti nel software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System). I risultati delle simulazioni idrologiche hanno permesso di determinare le portate di massima piena attese, per i tempi di ritorno considerati (30, 200 e 500 anni).

Con riferimento alle indicazioni riportate nell'art. 36 delle NTA PAI per la definizione delle *aree inondabili*, le successive analisi idrauliche sono state riferite unicamente ad eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni. L'analisi idrologica è stata effettuata in accordo con le metodologie richiamate al punto 4.2.5 del D.D.n.1/2011 attraverso simulazioni numeriche utilizzando i codici di calcolo del software HEC-RAS anch'esso distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico è ubicata interamente nel territorio del Comune di Mesagne (Brindisi), mentre le opere di connessione alla RTN ricadono parzialmente anche all'interno del comune di Latiano (Brindisi) - (Tav. 01). L'impianto sarà diviso in due aree non continue aventi le seguenti coordinate geografiche:

Area 1: Lat. 40°34'22.64" N; Long. 17°46'10.99" E

Area 2: Lat. 40°32'35.28" N; Long. 17°45'51.50" E

L'impianto di rete risulta costituito da una dorsale MT (cavidotto) e da una stazione utente per la trasformazione della tensione di esercizio (MT 30 kV) a quella di consegna (150 kV). Il cavidotto MT si sviluppa per circa 8.2 km nel territorio comunale di Mesagne (BR) e per 2,6 Km su quello di Latiano (BR), sul quale insiste anche la stazione utente di trasformazione.

Dal punto di vista cartografico l'areale di impianto e le relative opere di connessione ricadono nelle tavole CTR, in scala 1:5.000, n° 495011 (Masseria Partèmio), 495023 (Masseria Martuccio), 495024 (Masseria l'Orfani) e 495064 (Masseria Quercio), e nelle carta I.G.M.I, in scala 1:25.000, tavoletta "Mesagne" (Fog. 495, Quadr. IV). Nello specifico con riferimento alle CTR, il primo impianto insiste nelle CTR n° 495023 e 495024, il secondo impianto nella CTR n° 495024, la stazione di trasformazione nella CTR n° 495011 e infine il cavidotto si snoda occupando tutte le CTR sopra citate.

3 ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGRAFICA PRELIMINARE

3.1 Inquadramento morfologico

Dal punto di vista geologico (Tav. 09), l'area è caratterizzata da vasti terrazzi marini di età pleistocenica, a prevalente componente sabbioso-arenacea con in subordine limi e argille; tale unità litologica, che ricopre in discordanza l'unità litologica calcareo-dolomitica più antica affiorante a quote di circa 60 m s.l.m. conferisce al paesaggio un aspetto sub-pianeggiante con pendenza modestissime e poche incisioni idrografiche di rilievo, in ragione dei buoni valori di permeabilità.

Con riferimento alla zona di interesse l'areale di impianto e le opere di connessione si sviluppano a quote comprese tra 60 e 100 m s.l.m. (Tav. 02) su un areale sub-pianeggiante con pendenze generalmente inferiori all'1% e comunque mai superiori al 5% (Tav. 03).

In riferimento alle due superfici di impianto, entrambe insistono su un'area pianeggiante con pendenze generalmente inferiori all'1% e comunque di rado superiori al 2%; l'impianto 1 è localizzato a quote tra 70-75 m s.l.m. mentre l'impianto 2 si sviluppa a quote comprese tra 80-85 m s.l.m..

Il cavidotto si snoda in una fascia compresa tra i 70 e gli 110 metri s.l.m. su un areale con bassi dislivelli mentre la stazione di trasformazione è localizzata a quota di circa 105 s.l.m. con pendenze inferiori al 5%.

Alla luce di tale configurazione morfologica i fenomeni di dissesto, in linea generale sono piuttosto rari ed arealmente poco estesi; per tutta l'area interessata dai manufatti in progetto e per un suo significativo intorno non sono state evidenziate pericolosità di natura geomorfologica significative né sono presenti aree identificate a pericolosità morfologica nelle carte del P.A.I. (Tav. 04).

Relativamente alla presenza di pericolosità idrauliche (per inondazione) la tavola 04 presenta innumerevoli aree classificate a "pericolosità", tuttavia sia le aree di impianto che le opere di connessione non risultano ricadere in tali aree.

3.2 Inquadramento idrografico generale

Dal punto di vista idrografico generale l'areale di impianto e le relative opere di connessione ricadono all'interno dei Bacini Idrografici del *Canale Reale* e del *Canale Cillarese* (Tav. 05). I suddetti corsi d'acqua che si sviluppano rispettivamente per circa 42 Km e 25 Km, sfociano nel Mar Adriatico, il primo in località Iazzo San Giovanni, lungo il limite meridionale della riserva naturale di Torre Guaceto, il secondo in prossimità dell'abitato di Brindisi. Le aree di impianto, in particolare, insistono nel bacino idrografico del Canale Cillarese. L'area di impianto settentrionale si sviluppa, per tutta la sua estensione, poco al di sotto della linea di spartiacque che separa i bacini sopra citati, mentre il sito meridionale insiste su una area con impluvi effimeri che rappresentano i rami di testa del reticolo idrografico principale, contraddistinti da flussi idrici episodici (in corrispondenza di eventi piovosi eccezionali) con portate idriche assai modeste, anche in funzione di un substrato litologico dotato di una buona permeabilità di base.

L'impianto di rete si snoda, per circa 6,1 Km, all'interno del Bacino Idrografico del *Canale Cillarese*, percorre circa 100 m lungo la linea di displuvio per poi districarsi, per circa 3.5 Km, all'interno del bacino idrografico del

Canale Reale; gli ultimi 1,1 Km si srotola all'interno di un bacino idrografico non definito terminando in corrispondenza della stazione di trasformazione.

3.3 Analisi idrografica dell'area di progetto

L'analisi idrografica di dettaglio ha evidenziato 2 sole aree di interferenza tra il reticolo idrografico rappresentato nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia e sulle Tavole IGM ed i manufatti di progetto (Tav. 06). Nella Tavola 6 tali "aree di interferenza" sono identificate con le sigle INT_01 ed INT_02.

- L'interferenza identificata come INT_01 si riferisce ad un'incisione classificata come corso d'acqua episodico che sebbene risulti segnalata nella Carta Idrogeomorfologica, dal rilievo di superficie, allo stato attuale, appare per gran parte del suo sviluppo iniziale, in corrispondenza dell'area di impianto, del tutto assente, presumibilmente cancellata dalle lavorazioni agrarie nell'area. Tale area interferisce con l'areale meridionale d'impianto per una lunghezza di circa 350 m.

- L'interferenza identificata come INT_02 si riferisce invece proprio al *Canale Reale* che interseca perpendicolarmente la direttrice di passaggio del cavidotto, in corrispondenza di strada secondaria, collegata alla strada statale 7, sopra la quale si snoda il cavidotto.

Entrambe le suddette interferenza ricadono pertanto all'interno di aree identificate nelle cartografie delle *Norme Tecniche di Attuazione P.A.I – AdB Puglia* in relazione all'art. 6 "aree in modellamento attivo ed aree golenali" ed all'art. 10 "aree di pertinenza fluviale" (Tav.07), tuttavia relativamente alla INT_02, poiché il cavidotto insisterà su un manufatto già esistente (ponte) non si è ritenuto necessario procedere con valutazioni idrologiche ed idrauliche di merito, tenuto conto che l'interferenza, verrà risolta mediante staffaggio diretto sul ponte o con attraversamento in T.O.C. che comunque rispetterà l'area di pertinenza fluviale, ovvero i pozzetti di ingresso uscita verranno ubicati al di fuori della suddetta area.

Relativamente alla INT_01 si è invece provveduto con una analisi idrologica ed idraulica di dettaglio ai fini della verifica della sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, per come definita all'art. 36 delle NTA.

4 STUDIO IDROLOGICO

L'analisi idrologica è stata condotta secondo le metodologie raccomandate al punto 4.2.4 del D.D.n.1/2011 "Istruzione Tecniche" della Regione Puglia, utilizzando il programma di calcolo, HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System) rilasciato dall'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers. I risultati delle simulazioni idrologiche hanno permesso di determinare le portate di massima piena attese, per i tempi di ritorno considerati (30, 200 e 500 anni).

4.1 Metodologia dell'analisi idrologica

Scopo dell'analisi idrologica è quello di determinare le portate di massima piena, da utilizzare per le successive valutazioni idrauliche.

La valutazione della portata di massima piena attesa, per un dato tempo di ritorno, in una data sezione di un corso d'acqua naturale o di un canale artificiale può essere essenzialmente schematizzata in 2 fasi:

- 1) Stima dell'afflusso idrico globale all'interno del bacino idrografico di interesse.
- 2) Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso.

Fondamentale è, in ogni caso, la conoscenza preliminare del parametro temporale di riferimento che governa le 2 fasi.

La stima del flusso idrico globale all'interno di un bacino si deduce infatti, a partire dalle curve di probabilità pluviometrica (vedi oltre), in corrispondenza di una determinata durata temporale t e le stesse caratteristiche della portata di piena (portata massima, tempo di picco, volume di deflusso, idrogramma di piena, ecc.) dipendono dal medesimo valore temporale t noto come tempo di corrivazione (t_c).

4.2 Stima del Tempo di corrivazione (t_c)

Il tempo di corrivazione t_c , è definibile come "il tempo richiesto ad una singola particella d'acqua per raggiungere, dal punto più distante, la sezione di chiusura del bacino"; sostanzialmente esso indica l'istante nel quale tutto il bacino sotteso dalla sezione di riferimento contribuirà, contemporaneamente, alla formazione del deflusso; se infatti la durata della pioggia t risulta inferiore a t_c le porzioni più distanti del bacino, alla fine della precipitazione (istante t), non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di chiusura e quando questo avverrà, le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno già smesso di contribuire.

Il calcolo del tempo di corrivazione è intrinsecamente oggetto di incertezza e in letteratura sono disponibili numerose formulazioni, tutte empiriche, ricavate da modelli basati su bacini reali, che tuttavia restituiscono valori anche significativamente diversi per lo stesso bacino. L'applicazione di una formula piuttosto che un'altra è quindi legata, qualora possibile, alla ricerca di una somiglianza tra il bacino in esame e il modello utilizzato. Nello studio qui condotto sono state considerate le principali formulazioni comunemente utilizzate in Italia (vedi Appendice A).

La stima del tempo di corrivazione per un determinato bacino idrografico richiede, ovviamente, la delimitazione del bacino e la valutazione di alcuni parametri morfometrici caratteristici del bacino stesso; sia la delimitazione dei sottobacini di interesse che l'analisi morfometrica preliminare è stata effettuata in ambiente GIS mediante diversi

algoritmi di calcolo implementati nel software Q-Gis, usando come base di elaborazione sia il *Modello Digitale del Terreno* (DTM) a passo 8 metri della Regione Puglia (distribuito liberamente sul portale web Puglia.con), sia la cartografia C.T.R. a scala 1:5.000, sempre reperibile sul sito web in formato shapefile.

Di seguito vengono riportati i risultati dell'analisi per il sottobacino idrografico oggetto di studio, per come delimitati in tavola 06, sia in termini di caratteristiche morfometriche, sia di stima finale del tempo di corrivazione.

- Sottobacino SB_INT_01

L'analisi morfometrica del sottobacino ha restituito i seguenti risultati:

<i>Superficie totale Bacino</i>	0.78	Km ²
<i>Altezza massima Bacino</i>	92.89	metri (s.l.m.)
<i>Altezza media Bacino</i>	88.32	metri (s.l.m.)
<i>Lunghezza asta principale</i>	1.58	km
<i>Quota sezione di chiusura</i>	82.84	metri (s.l.m.)
<i>Pendenza media asta principale</i>	0.64	%
<i>Pendenza media Bacino</i>	1.03	%
<i>Curve Number</i>	77.9	(vedi appendice B)

Utilizzando tali parametri morfometrici sono stati ottenuti i seguenti valori:

	<i>Tempo di corrivazione t_c (ore)</i>	<i>Parametri non morfometrici</i>	<i>note</i>
<i>Formula Giandotti</i>	3.152		
<i>Formula Viparelli</i>	0.439	V = 1,0 m/s	
<i>Formula Ventura</i>	1.404		
<i>Formula Pasini</i>	1.447		
<i>Formula Aronica e Paltrinieri</i>	3.594	M= 0.250; d=0.810	
<i>Formula Pezzoli</i>	1.086		
<i>Formula di Kirpich</i>	0.661		
<i>Formula SCS</i>	2.076	CN = 77.9	
<i>Formula Turazza</i>	0.958		
<i>Formula Mockus</i>	2.076	CN = 77.9	Utilizzata

Poiché dalla consultazione delle relazioni di bacino redatte dalla AdB Puglia viene comunque unicamente utilizzata la formulazione di Mockus, anche nel presente studio per le successive analisi idrologiche è stato utilizzato tale valore ovvero:

$$t_c = 2.076 \text{ ore (pari a 124,54 minuti).}$$

4.3 Stima del flusso idrico globale

La portata di massima piena relativa ad un determinato areale, salvo casi eccezionali, è generata dalle precipitazioni meteoriche e la sua entità dipenderà da numerose variabili, che vanno dalla distribuzione stessa della

pioggia, nel tempo e nello spazio, alle caratteristiche morfologiche del bacino e della rete idrografica. In siffatte condizioni è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico, bisognerà quindi affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici.

La portata di piena va quindi considerata come una variabile casuale la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile ricondurre l'analisi a due tipologie di studio, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

a) stima della portata di piena di progetto dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;

b) stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi. L'analisi che seguirà, ovviamente, rientra nel secondo caso.

- Metodo TCEV

Volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno, assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento; in altre parole bisogna definire la *curva di probabilità pluviometrica*, indicata spesso con l'acronimo c.p.p., per la cui definizione è stato qui utilizzato il metodo TCEV.

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 nell'ambito del progetto VA.PI. (Progetto per la Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del *Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche*, che ha avuto come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale).

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 ed 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 nello specifico si è fatto riferimento alla procedura descritta nel *Rapporto di Sintesi del GNDCI-Linea1* per la Regione Puglia, articolata con riferimento alla modellazione dati pluviometrici ed idrometrici contenuti nel Rapporto Regionale “*Valutazione delle Piene in Puglia*” (Copertino e Fiorentino, 1994).

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

Il *primo livello di regionalizzazione* fa riferimento a zone pluviometriche omogenee, entro le quali si possano considerare costanti i valori dei parametri statistici Θ^* e Λ^* (con $\Theta^* = \Theta_1/\Theta_2$ e $\Lambda^* = \Lambda_1/\Lambda_2$). Poiché questi valori non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, si parte dall’ipotesi di una regione molto ampia all’interno della quale si ritiene essere costante il coefficiente di asimmetria. Si considerano inoltre solo le serie storiche più numerose poiché la stima di Θ^* e Λ^* è condizionata dalla presenza di dati di piogge straordinarie che hanno probabilità molto bassa di verificarsi in un periodo molto breve. Al primo livello la puglia viene considerata come un’unica regione pluviometrica.

Nel *secondo livello di regionalizzazione*, si ipotizza che l’area indagata costituisca una zona omogenea in cui però possa ritenersi costante il coefficiente di variazione. Al secondo livello vengono evidenziate due zone omogenee, la Puglia settentrionale e la Puglia centro-meridionale.

Il *terzo livello di regionalizzazione* prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze, prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico), relative al sito di misura. L’analisi di terzo livello, condotta operando una regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota z, ha portato all’individuazione per la puglia di 6 zone pluviometriche omogenee (figg.1 e 2).

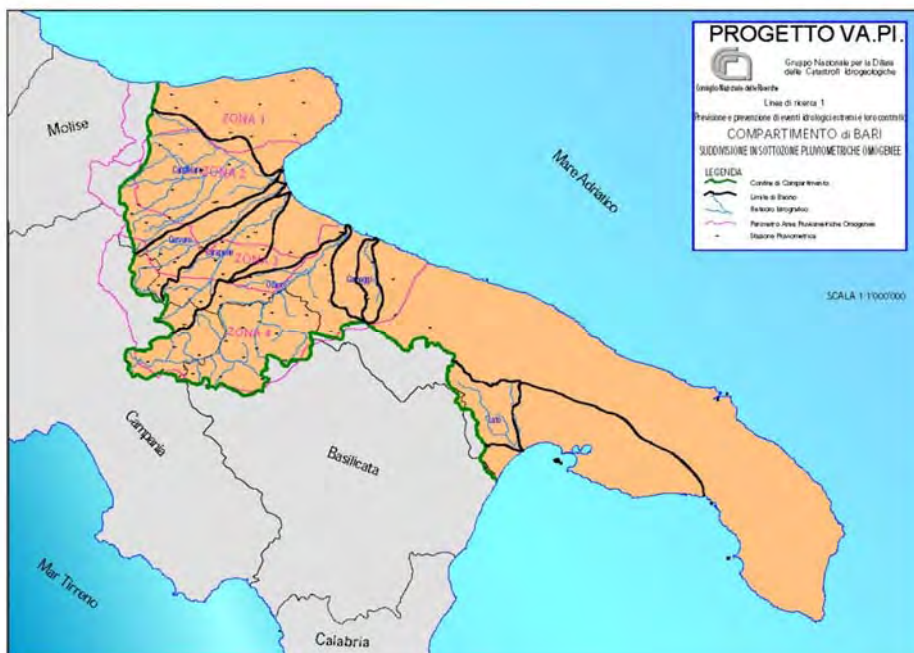


Fig. 1: Suddivisione zone omogenee Regione Puglia



Fig. 2: Suddivisione zone omogenee Regione Puglia con ubicazione area di progetto

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV, è utile rappresentare la legge $F(X_t)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata X_t come prodotto tra il suo valore medio (X_t) ed una quantità $K_{T,t}$, detta *fattore probabilistico di crescita*, funzione del periodo di ritorno T e della durata t .

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile, infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria, C_a , e dei coefficienti di variazione, C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di K_T autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

A ciascuna delle 6 zone individuate nel terzo livello di regionalizzazione è associata una **curva di probabilità pluviometrica** (funzione, nella maggior parte dei casi, del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare, z) per mezzo della quale viene valutata l'altezza di pioggia critica per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti:

$$\text{Zona 1} \rightarrow x(t, z) = 26.8 t^{[(0.720 + 0.00503 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 2} \rightarrow x(t) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3} \rightarrow x(t, z) = 25.325 t^{[(0.0696 + 0.00531 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4} \rightarrow x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5} \rightarrow x(t, z) = 28.2 t^{[(0.628 + 0.0002 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 6} \rightarrow x(t, z) = 33.7 t^{[(0.488 + 0.0022 z)/3.178]}$$

Ai valori così ottenuti vanno applicati i *coefficienti moltiplicativi* relativamente al fattore di crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni); il valore di K_T può essere calcolato in funzione del tempo di ritorno T attraverso un'approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T$$

Dove i parametri a e b assumono i seguenti valori:

	a	b
Puglia settentrionale	0,5648	0,4150
Puglia centro-meridionale	0,1599	0,5166

- Considerazioni sulle Piogge Brevi

Relativamente alla ricostruzione delle *Curve di Probabilità Pluviometrica* è opportuno osservare che l'analisi degli eventi di pioggia brevi e di quelli lunghi mette in evidenza che essi seguono dinamiche meteorologiche differenti, sicché dai campioni di altezze h_t aventi durata $1 \text{ ora} \leq t \leq 24 \text{ ore}$ non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi di durata inferiore ad 1 ora, ovvero la curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora.

È stato tuttavia dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il valore del rapporto, per la Regione Puglia, può essere pertanto espresso utilizzando la formula di Ferreri-Ferro:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.227}$$

opportunamente calibrata da Ferro e Bagarello ("Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996). Nell'ambito del presente studio, laddove sarà necessario valutare altezze critiche di pioggia per intervalli di durata inferiore ad 1, verrà utilizzata l'equazione sopra esposta.

- Coefficiente di distribuzione areale della Pioggia (ARF)

Le altezze di pioggia che derivano dalle C.P.P. sono chiaramente altezze puntuali in quanto derivate da un'analisi statistica puntuale delle stazioni pluviometriche. Poiché dall'analisi dei dati di pioggia si è potuto verificare che la sua distribuzione spaziale non è mai del tutto uniforme per potere derivare a partire da queste altezze di pioggia puntuali una precipitazione distribuita su una certa superficie, pari a quella del bacino investito dall'evento e di una certa durata si può utilizzare un coefficiente areale di riduzione denominata ARF (Areal Reduction Factor). In letteratura esistono varie espressioni per la valutazione del coefficiente ARF e apposite analisi per la sua determinazione sono state effettuate nell'ambito del già citato progetto VA.PI. riassumibili nella figura seguente:

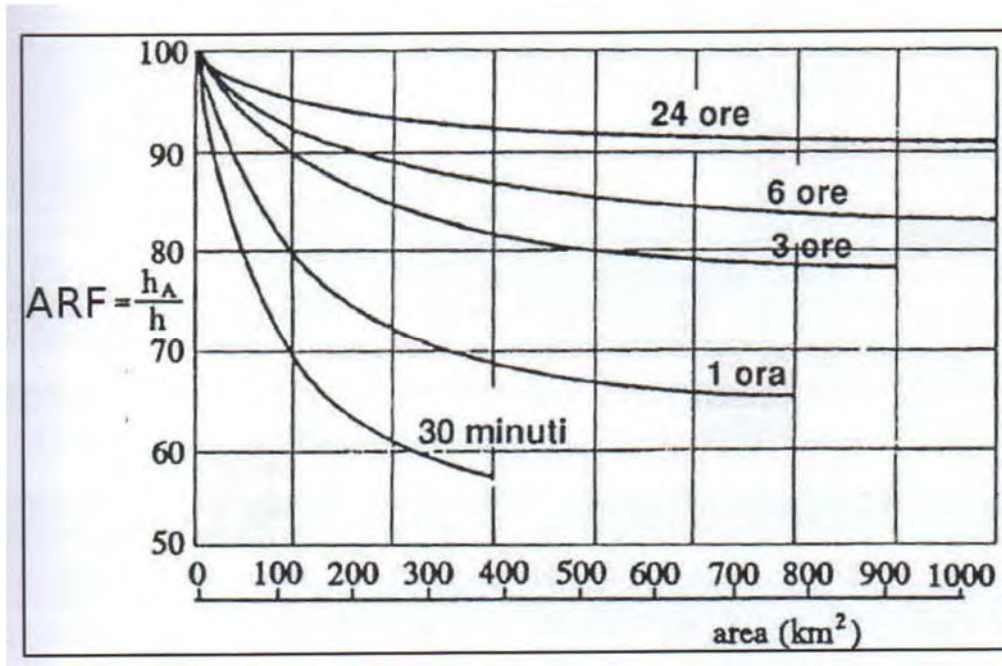


Fig. 3: Correlazione tra il coefficiente ARF e l'area del Bacino (VA.PI.)

Dall'analisi si evidenzia come per bacini di ridotte dimensioni ($S < 20 \text{ km}^2$) il valore del coefficiente di riduzione ARF sia prossimo a 1, pertanto nel presente lavoro non è stata considerata alcuna correzione areale.

- Curva di Probabilità Pluviometrica

Utilizzando la metodologia descritta in precedenza, sono state calcolate le Curve di Probabilità Pluviometrica per l'area in esame; per il calcolo delle C.P.P. è stato innanzitutto computato il valore del fattore di crescita K_T , precedentemente definito. Considerando che il sottobacino ricade all'interno della sottozona individuata come "Puglia centro-meridionale", il valore dei parametri a e b portano alla seguente espressione:

$$K_T = 0,1599 \cdot \ln(T) + 0.5166$$

Che per i tempi di ritorno considerati fornisce i seguenti valori:

T (anni)	K_T
30	1,917
200	2,897
500	3,370

Utilizzando quindi la già presentata equazione valida per la sottozona pluviometria 6, all'interno della quale ricadono tutti i bacini oggetto di analisi (Fig. 2), ossia:

$$x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488 + 0.0022 z)/3.178]}$$

In funzione del solo parametro **z** relativo alla quota media del sottobacino (par. 4.2) sarà possibile valutare la c.c.p. per lo stesso sottobacino:

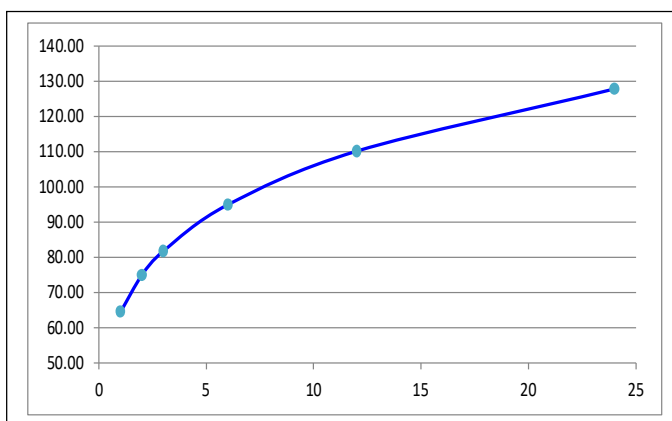
- sottobacino **SB_INT_01**; $x(t,88.3) = K_T \cdot 33.7 \cdot t^{0.215}$

Utilizzando questa equazione è stato possibile ricostruire le C.P.P., che per le canoniche durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore risultano rispettivamente:

- **SB_INT_01**

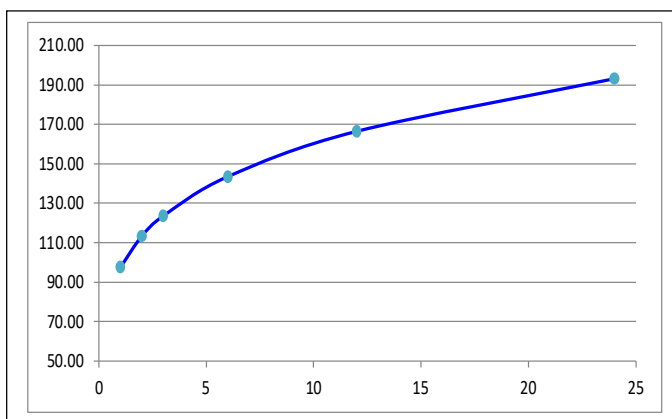
I) *C.P.P. con $Tr = 30$ anni*

t (ore)	H_{VT} (mm)
1	64.60
3	81.79
6	94.91
12	110.14
24	127.87



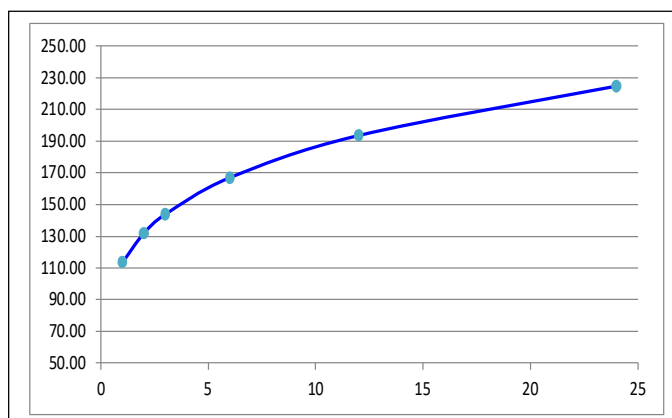
II) *C.P.P. con $Tr = 200$ anni*

t (ore)	H_{VT} (mm)
1	97.63
3	123.60
6	143.43
12	166.45
24	193.15



III) *C.P.P. con $T_r = 500$ anni*

t (ore)	H_{VT} (mm)
1	113.58
3	143.79
6	166.87
12	193.64
24	224.72

4.4 *Trasformazione dell'afflusso idrico in deflusso*

Il fenomeno della trasformazione dell'afflusso idrico meteorico in deflusso superficiale, all'interno di un bacino idrografico investito da un evento meteorico, può essere studiato con vari metodi, in funzione dei dati disponibili e del grado di dettaglio che si intende ottenere. I vari metodi sono essenzialmente riconducibili a 3 tipologie:

- **Concettuali:** il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti, per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella singola componente.

- **Statistici:** consistono in una mera analisi statistica dei deflussi ossia delle portate di piena del bacino (che debbono essere note), che vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche dalle caratteristiche morfologiche del bacino stesso (ad esempio i metodi di regionalizzazione delle piene usato nel progetto Va.Pi.).

- **Formule empiriche:** le portate massime vengono calcolate sulla base di relazioni matematiche tarate su dati sperimentali.

La scelta di una tipologia piuttosto che un'altra viene fatta, ovviamente, sulla base dei dati disponibili ma anche in funzione dei risultati che si intende ottenere, infatti:

Le *Formule Empiriche* forniscono la portata massima e il tempo di picco;

I *Metodi statistici* forniscono la portata massima, tempo di picco e volumi;

I *Metodi concettuali* forniscono tutte le caratteristiche complete della piena;

Nel presente studio il problema è stato trattato con l'utilizzo del *codice di calcolo HEC-HMS* il quale si basa esclusivamente sull'utilizzo di metodi concettuali, come sopra definiti.

- *Descrizione del codice di calcolo HEC-HMS*

Il software HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un programma informatico rilasciato gratuitamente dall'*Hydrologic Engineering Center* dell'*USACE* (US Army Corps of Engineers) per l'esecuzione di modellazioni idrologiche di bacini idrografici, di qualsivoglia natura, anche in ambiente urbano.

Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione, del volume di deflusso e per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base nonché la propagazione dell'onda di piena nei canali, il contributo di invasi naturali o artificiali ecc.

Il software, in definitiva, permette di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti. I passaggi procedurali della modellazione sono:

- Separazione delle piogge
- Formazione della piena
- Propagazione della piena
- Eventuale contributo del Deflusso di base.

Il software permette di usare una notevole moltitudine di metodi per ciascuna delle quattro componenti base della modellazione; senza entrare nel dettaglio delle basi teoriche che portano agli algoritmi matematici, per le singole componenti verranno di seguito esposti sinteticamente i passaggi necessari per la modellizzazione, gli input utilizzati, i metodi di calcolo usati e infine verranno presentati i risultati finali delle simulazioni.

I) Modellizzazione del Bacino idrografico;

La modellizzazione del bacino idrografico in Hec-HMS consiste in un mero inserimento dei vari elementi idrografici quali eventuali sottobacini, giunzioni tra impluvi, pozzi, sorgenti, serbatoi ecc.

II) Predisposizione del modello Meteorologico

Consiste nella definizione delle condizioni pluviometriche da utilizzare nella modellazione; tra i vari metodi implementati nel software è stato utilizzato quello della *Curva di Probabilità Pluviometrica* (Frequency Storm), per come già definite nel paragrafo precedente (C.P.P.).

Un parametro di particolare importanza, richiesto in tale tipologia di simulazione, è la durata dell'evento di pioggia; le varie simulazioni effettuate, indicano infatti che la modellazione risultata sensibile alla variazione di tale parametro; nelle semplici formule empiriche per la valutazione della portata al colmo, che in genere si basano sulla nota formula razionale $Q = 0,278 \cdot \frac{c \cdot H_{crit} \cdot S}{t_c}$ o su formule similari, si assume l'ipotesi di una durata dell'evento pari al tempo di corrivazione e con intensità costante nel tempo.

L'utilizzo di una durata temporale dell'evento pari al tempo di corrivazione, in linea di massima, appare congruo con la finalità del presente studio, il quale mira alla definizione di portate non in relazione a manufatti da costruire in aree urbane, densamente abitate, che possono richiedere, in via cautelativa, l'utilizzato di un evento piovoso di maggior durata; in tutte le simulazioni qui effettuate, tuttavia, la durata minima dell'evento di pioggia (in via cautelativa) è stata sempre sensibilmente superiore al tempo di corrivazione.

III) Inserimento del metodo per il calcolo della pioggia netta

Consiste nella valutazione della quantità di pioggia che parteciperà al deflusso, al netto delle perdite. Per il calcolo della pioggia netta, tra i diversi metodi messi a disposizione dal software HEC-HMS, è stato utilizzato il **Metodo SCS Curve Number** (SCS-CN Soil Conservation Service – Curve Number).

Tale metodo, seppur con un approccio semplificato, permette comunque un approccio particolarmente innovativo permettendo, eventualmente, di considerare:

- un tasso di infiltrazione variabile nel tempo;
- la natura litologica del suolo;
- la tipologia di copertura (uso del suolo);
- eventualmente le condizioni di umidità del suolo precedenti all'evento di massima portata.

La relazione fondamentale del metodo CN è data dalla:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (I)$$

dove

P_{net} = precipitazione netta cumulata (altezza di pioggia effettiva al tempo t_c)

P = precipitazione totale cumulata (ossia $H_{critica}$)

S = massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione

I_a = perdita iniziale

Dalle analisi dei risultati ottenuti dall'SCS su numerosi piccoli bacini sperimentali è stata ottenuta la correlazione empirica $I_a = 0.2 \cdot S$, in funzione della quale la (I) assume la forma:

$$P_{net} = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \quad (II)$$

Dove, a sua volta il valore S viene ottenuto attraverso l'utilizzo di un parametro intermedio, denominato appunto *Curve Number* (CN) secondo la relazione:

$$S = \frac{25400 - 254 \cdot CN}{CN} \quad (III)$$

Il CN è di fatto un numero adimensionale che varia da 100 per corpi completamente impermeabili a circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione; esso quindi come accennato in precedenza, è legato alla natura del terreno, al tipo di copertura vegetale ed alle condizioni di umidità antecedenti la precipitazione in esame.

- Natura del Terreno

Per quanto riguarda la natura del terreno l'SCS ha individuato quattro tipologie di suolo:

GRUPPO A	Suoli con scarsa potenzialità di deflusso; sabbie o ghiaie profonde con pochissimo limo e/o argilla. Capacità di infiltrazione molto elevata
GRUPPO B	Suoli con moderata potenzialità di deflusso; la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi del gruppo A e con un'aliquota di argilla e limo maggiore. Elevata capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C	Suoli con potenzialità di deflusso medio-alta; suoli con elevate quantità di argilla e limo. Scarsa capacità di infiltrazione.
GRUPPO D	Suoli con potenzialità di deflusso molto elevata; argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in prossimità della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione

- Tipo di copertura

In funzione della natura del terreno e del tipo di copertura, derivante dall'uso del suolo, è possibile ottenere il valore del parametro CN, in genere da tabelle basate su studi regionali o di bacino come, a titolo di esempio, quella della seguente figura 4:

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Coltivazioni non curate	72	81	88	91
Coltivazioni ben curate	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	...	...	...	...
Buone condizioni	...	...	...	...
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI	...	...	...	...
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	...	...	...	...
Inghiaiate o selciate con buche	...	...	...	...

Fig. 4: Tabella tipo per il calcolo del CN(II)

Per quanto riguarda i valori del *Curve Number* utilizzati nel presente studio è stato fatto riferimento al già citato "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessato dagli eventi alluvionali di ottobre e novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi"; in tale studio, previa richiesta delle credenziali di accesso, l'Adb della Puglia mette a disposizione i risultati finali con l'unica condizione che essi non possono essere riutilizzabili e/o modificabili per aree esterne a quelle delle province di Bari e Brindisi.

Tra la notevole mole di risultati fornite sono presenti gli shapfile con la determinazione dei valori del curve number dell'area di estremo dettaglio.

Già nelle tabelle presentate nel paragrafo 4.2, è stato riportato il valore del CN ottenuto per il sottobacino di interesse qui di seguito riportato:

Sottobacino	Valore del CN
SB_INT_01	77.9

Il valore rappresentativo del CN per il sottobacino è stato ottenuto mediante una media pesata in funzione degli areali presentati nella tavola 08 e dei relativi valori di CN; per i dettagli del calcolo si rimanda all'Appendice B.

Il metodo per il calcolo della pioggia netta *SCS-Curve Number* oltre al valore del CN richiede l'inserimento di un secondo parametro denominato "*Impervious*", relativo alla porzione di bacino ritenuta appunto "impermeabile", ovvero superfici perfettamente impermeabili quali, laghi, stagni, saline, ecc.); il valore di tali aree, qualora presenti, è stato definito e riportato nella tabella seguente e in appendice B.

Sottobacino	Valore <i>Impervious</i>
SB_INT_01	0.0 %

IV) Metodo per la trasformazione degli afflussi idrici netti in deflussi

Per la trasformazione dell'afflusso in onda di piena tra i vari metodi proposti è stato utilizzato l'*SCS Unit Hydrograph Method* (**Metodo dell'Idrogramma Unitario di Piena** del Soil Conservation Service); tutti i metodi implementati nel software sono comunque riconducibili alla Teoria dell'Idrogramma Unitario.

L'*SCS Unit Hydrograph Method* come unico parametro richiede l'inserimento del tempo di ritardo di inizio formazione della piena (Lag Time) ricavabile dal tempo di corrivazione mediante l'espressione $T_L = 0.6 \cdot t_c$

V) Eventuale inserimento del metodo per la valutazione di un deflusso di base

Consiste nell'inserimento di eventuali flussi non riconducibili ad eventi meteorici quali, sorgenti, emissari di invasi naturali o artificiali, ecc. Nel presente studio, per il sottobacino in esame, non è stato considerato alcun deflusso di base.

4.5 Stima delle Portate di Massima Piena

In questo paragrafo vengono riportati i risultati delle simulazioni idrologiche eseguite con la metodologia esposta nel paragrafo precedente. In accordo con le indicazioni di cui al punto 4.2.4 della D.D. 1/2011 è stata stimata la *Portata Massima attesa* ed il relativo valore del *Deflusso Totale* del sottobacino per eventi con Tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

- *Analisi idrologica Sottobacino SB_INT_01*

Per la modellazione, oltre ai parametri morfometrici del sottobacino ed alle C.P.P. esposti in precedenza, sono stati utilizzati i seguenti parametri input:

<i>Sottobacino idrografico</i>	<i>Durata Evento (ore)</i>	<i>Passo Temporale (minuti)</i>	<i>Durata Max Intensità (minuti)</i>	<i>Picco di pioggia</i>	<i>Curve Number</i>	<i>Impervious (%)</i>	<i>Lag Time (minuti)</i>
SB_INT_01	3,0	10,0	15,0	33% durata	77.9	0.0	124.54

Risultati della simulazione

Durata Evento	d= 3.0 ore (pari a 1,44 volte Tc)		
Tempo di Ritorno	Tr=30	Tr=200	Tr=500
Portate in m ³ /s	3.1	6.4	8.2
Deflusso Totale 1000*m ³	25.4	51.3	64.8

Come descritto in precedenza Hec-HMS permette la valutazione di molteplici parametri ed in particolare consente di valutare l'andamento del deflusso idrico anche dopo il termine dell'evento, andando di fatto a ricostruire un idrogramma del flusso idrico. I risultati di dettaglio delle simulazioni, sia in forma grafica che tabellare, sono riportati nell'Appendice C.

5 STUDIO IDRAULICO

Per l'analisi idraulica delle interferenze, sono stati utilizzati i codici di calcolo implementati del software HEC-RAS (versione 6.1) distribuito gratuitamente dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center, (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras).

Hec-RAS permette il calcolo di profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano. Il software allo stato attuale presenta numerose caratteristiche che lo rendono estremamente affidabile, prima fra tutte la possibilità di effettuare modellazioni sia monodimensionali che bidimensionali, in regime di moto permanente o di moto vario e anche la possibilità di effettuare modellazioni combinate 1D-2D; nelle simulazioni è inoltre possibile inserire attraversamenti (ponti o tombini) sia a pelo libero che in pressione.

5.1 Analisi idraulica delle interferenze

In ottemperanza ai contenuti di cui al punto 4.2.5 del D.D.n.1/2011 "Istruzione Tecniche" della Regione Puglia, per la definizione delle condizioni di sicurezza idraulica, per come definite all'art.36 delle NTA dell'Autorità di Bacino Puglia, ovvero "*la delimitazione delle aree inondante per fenomeni di insufficienza del reticolo idrografico per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni*", la capacità di convogliamento degli impluvi, è stata verificata unicamente con riferimento alle portate di massima piena valutate per il tempo di ritorno pari a 200 anni, allo scopo di definire le eventuali aree di allagamento.

In funzione di tale finalità per le simulazioni è stata utilizzata una modellazione bidimensionale e quindi, necessariamente, in Regime di Moto Vario.

In questa sede si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle equazioni utilizzate nel software per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, liberamente scaricabili all'indirizzo web sopra riportato nella sezione "Documentation", limitandosi ad illustrare i soli parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- *Geometria dell'area di simulazione*
- *Coefficienti di scabrezza del suolo*
- *Condizioni a contorno*
- *Passo temporale delle simulazioni*
- *Durata delle simulazioni ed equazioni utilizzate*

Geometria delle aree di simulazione:

L'area bidimensionale oggetto di studio può essere singola, oppure suddivisa in più zone, in funzione della morfologia del terreno e dei risultati che si intendono ottenere, essa comunque deve avere dimensioni tali da non interferire con le superfici di allagamento. L'area di studio, ai fini della simulazione, viene suddivisa in maglie di calcolo (mesh) con dimensioni in genere funzione dell'estensione dell'area di studio stessa.

L'utilizzo di maglie di calcolo piccole (5x5 o inferiori) permette una elevata stabilità nei calcoli ed una maggiore precisione nei risultati finali tuttavia, l'uso di maglie di calcolo molto piccole, in caso di aree di studio molto estese, porta a tempi di elaborazione estremamente lunghi; è possibile allora utilizzare una griglia di calcolo con maglie anche grandi che tuttavia viene "raffittita" nell'intorno delle aree di maggior interesse, ovvero in corrispondenza delle aree di interferenza.

Si evidenzia che nel definire la geometria delle aree bidimensionali l'algoritmo di calcolo di Hec-RAS, ai volumi finiti, permette di utilizzare non necessariamente maglie di calcolo strutturate (ossia di forma quadrangolare) ma anche maglie non strutturate di forma poligonale irregolare ma con non più di 8 lati. Nelle aree di confine, o al contatto con un qualsivoglia elemento idraulico, la maglia di calcolo si adatterà automaticamente ai vari contorni con maglie poligonali.

Per quanto riguarda la base plano-altimetrica del terreno per l'interferenza SB_INT_01 è stato utilizzato il *Modello Digitale del Terreno* (DTM) reperibile sul sito *Puglia.con*, con risoluzione 8x8 (allo stato attuale non risulta disponibile un supporto digitale a risoluzione maggiore); tuttavia tenuto conto della limitata dimensione dell'impluvio, il DTM non è risultato adeguato a definire la morfologia dell'incisione in modo sufficientemente accurato; in considerazione di ciò il DTM di base è stato, limitatamente all'intorno dell'incisione idrografica, ulteriormente integrato con i dati di un rilievo geometrico diretto di campagna.

Poiché allo stato attuale il corso d'acqua, relativamente all'area di interesse, risulta pressoché inesistente, nella simulazione è stato necessariamente considerato il ripristino della linea di impluvio, ipotizzando un canale, di forma trapezoidale con profondità di 1,4 m e larghezza in testa pari a 1,6 metri.

Coefficienti di scabrezza:

Come coefficienti di scabrezza sono stati utilizzati i *Coefficienti di resistenza di Manning*; nello specifico sono stati utilizzati gli Shapefile presenti nel già citato "*Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessato dagli eventi alluvionali di ottobre e novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi*" dell'Adb della Puglia.

Condizioni a contorno:

Le condizioni a contorno in HEC-RAS definiscono le condizioni di "ingresso" ed "uscita", del flusso idrico dall'area di simulazione; nelle simulazioni sono state utilizzate in tutto 2 condizioni a contorno (Boundary Condition):

- BC_M_x, condizione di monte (in ingresso) relativa alla portata di piena dell'impluvio (condizione *Flow Hydrograph*).

- BC_va_x, condizione di valle (in uscita), relativa al deflusso delle acque, utilizzando la condizione *Normal Depth*.

Nelle simulazioni in moto vario (richieste dalle modellazioni bidimensionali) non è possibile usare come condizioni di monte (in ingresso) portate costanti ma risulta necessario utilizzare portate variabili nel tempo, ovvero un *idrogramma di piena*. Poiché, ovviamente, per questo tipo di corso d'acqua non si dispone di un idrogramma di piena, piuttosto che utilizzare "idrogrammi ricostruiti" con varie tecniche, più o meno aderenti alla realtà del bacino,

nelle simulazioni sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena ottenuti dalla modellazione idrologica con Hec-HMS e riportati sia in forma grafica che analitica nelle tabelle dell'Appendice C (Colonna Total Flow).

Passo Temporale:

Ai fini della stabilità del calcolo e di una corretta soluzione finale, un altro parametro cruciale nelle simulazioni in moto vario è rappresentato dal “passo temporale” della simulazione (*computation interval*) indicato con Δt ; valori di Δt che garantiscono un buon risultato sono generalmente inferiori ai 4 secondi.

Durata della simulazione ed equazioni utilizzate:

La durata della simulazione deve essere sufficiente a consentire il raggiungimento dei battenti idrici massimi e di visualizzare il successivo ritiro delle acque e pertanto dipende dalla durata della precipitazione e dal tempo di corrivazione.

Per quanto riguarda le equazioni utilizzate per risolvere i calcoli bidimensionali, Hec-RAS permette di utilizzare 2 set di equazioni, quelle *complete di Saint Venant* o quelle di *Diffusione dell'onda in 2D* (Diffusion Wave). Nel presente studio è stato utilizzato il metodo, di default del software, della *Diffusion Wave*, raccomandato dagli sviluppatori del software poiché oltre a garantire una maggiore stabilità nei calcoli consente tempi di esecuzione sensibilmente più rapidi.

Per quanto riguarda tutti i parametri relativi alle tolleranze da considerare nei calcoli sono stati lasciati quelli di default previsti dal software.

Presentazione risultati della simulazione:

I risultati della simulazione sono presentati in forma grafica in termini di superfici allagate; a tal proposito si evidenzia che il software Hec-RAS di default considera tutte le aree con battente superiore ad 1 millimetro! Tale valore chiaramente ha più un significato matematico che fisico.

Ai fini della compatibilità idraulica di un'opera, infatti, la mera definizione di un'area di allagamento di per se non costituisce un fattore di pericolosità, poiché la pericolosità dell'evento va comunque riferita a vari fattori quali l'altezza del battente idraulico, la velocità di scorrimento del flusso idrico la presenza di condizioni morfologiche particolari ecc. Nel delimitare le aree di salvaguardia, pertanto, non avendo riscontrato indicazioni specifiche a riguardo dall'AdB della Puglia, appare ragionevole assumere come limite di massima esondazione della piena, quelle con battente idraulico superiore a 20 centimetri (in funzione anche delle velocità di deflusso riscontrate estremamente basse); tale valore risulta, per altro, molto cautelativo rispetto ai limiti proposti nella letteratura specifica.

5.2 Parametri di Input e Risultati della Simulazione

In questo paragrafo vengono riportati i parametri di input definiti sopra nonché i risultati della simulazione.

- Analisi idraulica Area Interferenza INT_01

Parametri di input:

		<i>note</i>
<i>Area di Calcolo bidimensionale</i>	Unica	<i>Fig.5</i>
<i>Dimensioni della Maglia di calcolo</i>	4x4	<i>Con Raffittimento 2x2</i>
<i>Coefficienti di Manning</i>	0.050	<i>unico</i>
<i>Condizione di Monte (BC_Monte)</i>	Flow Hydrograph	<i>E.G. slope=0.022; idrogramma Fig.6</i>
<i>Condizione a contorno di Valle</i>	Normal Depth	<i>0.003</i>
<i>Passo temporale simulazione</i>	1,0	<i>(secondi)</i>
<i>Durata Simulazione</i>	10:00	<i>ore : minuti</i>
<i>Equazioni di calcolo</i>	Diffusion Wave	
<i>Parametri tolleranze calcoli</i>	di Default	

Parametri di output:

		<i>note</i>
<i>Altezza battenti idraulici</i>	> 0.20 metri	
<i>Velocità di deflusso riscontrate</i>	< 1 m/s	

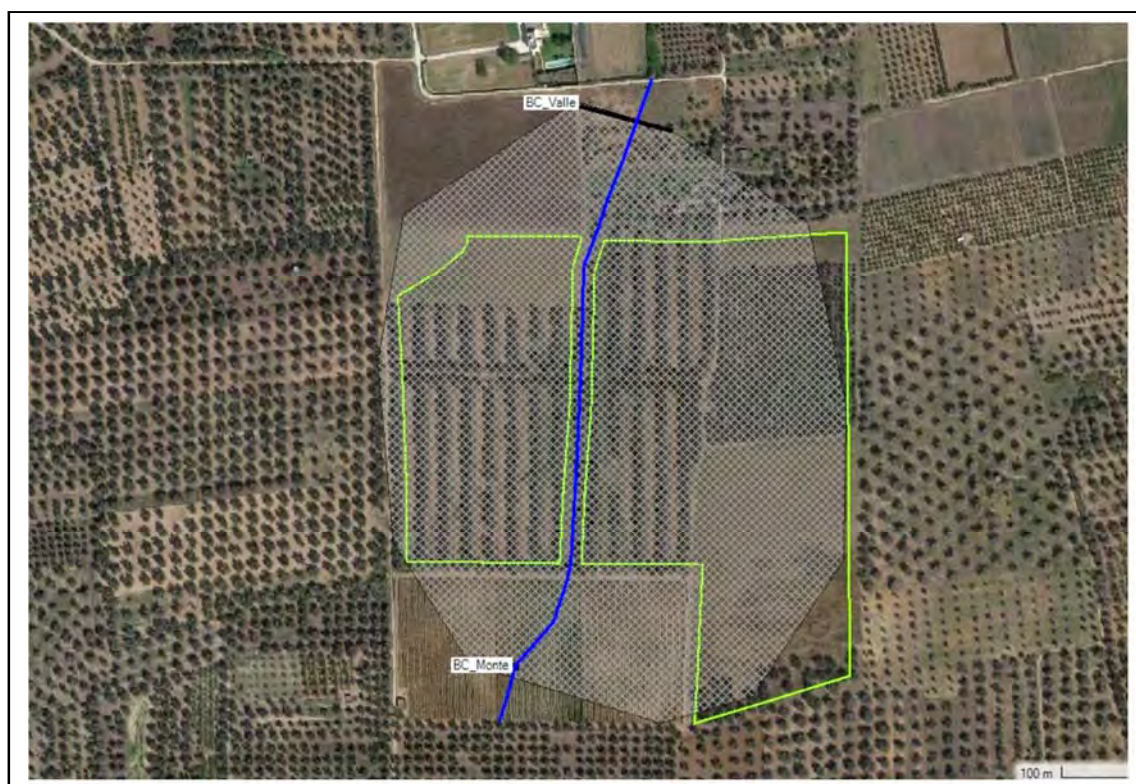


Fig. 5: Area oggetto di studio idraulico bidimensionale – Impluvio INT_01

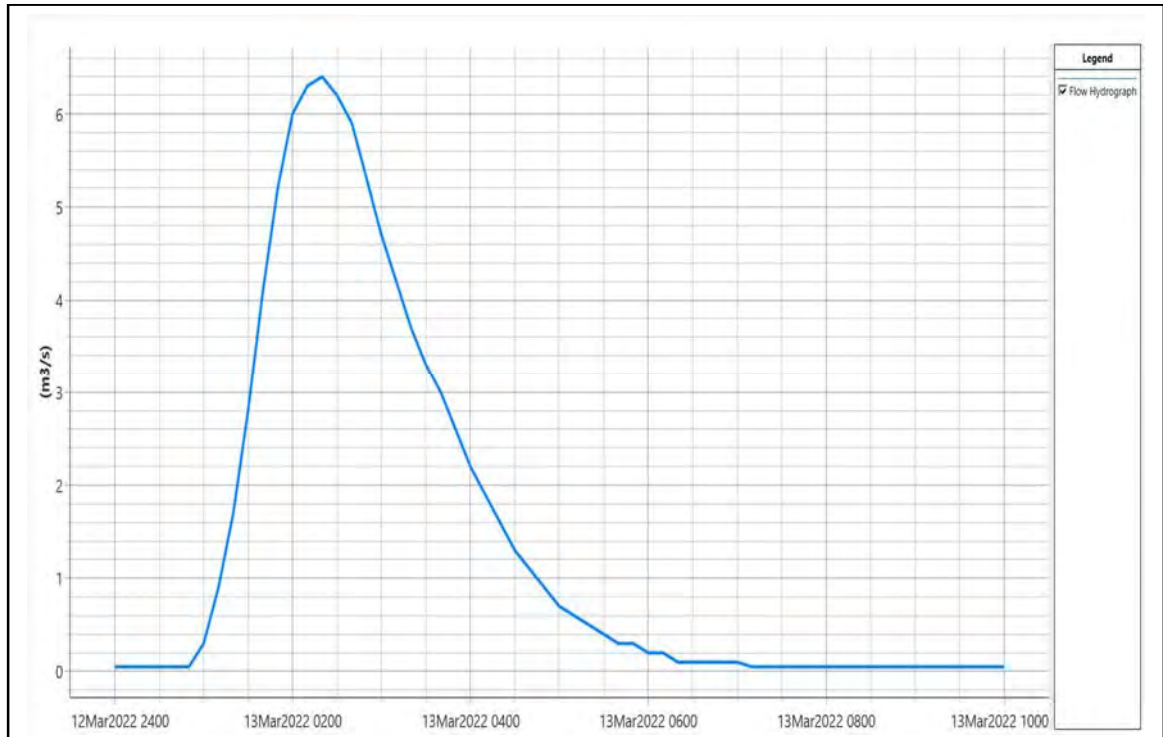


Fig. 6; Idrogramma di piena con Tr = 200 anni; sottobacino SB_INT_01

- Risultati della simulazione

Nella Tavola 10 viene riportato in forma grafica il risultato della simulazione, in termini di superfici soggette ad allagamento, in caso di piena con Tr pari a 200 anni al momento di massima esondazione.

L'area di allagamento, per come definita, non risulta interferire con l'areale su cui si svilupperà il manufatto in progetto.

6 CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico denominato "Corciolo", con potenza installata di 48699 kWp (per una potenza in immissione di 40000 kW) e sistema di accumulo della potenza nominale di 24000 kW (con capacità di accumulo di 48000 kWh), è stato effettuato uno studio idrologico ed idraulico a supporto del progetto.

Sia l'area di impianto che la rete di connessione, infatti, presentano interferenze con elementi della rete idrografica superficiale, individuati nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia e/o sulle Tavole IGM; poiché tali elementi idrografici risultano interessati dalle aree di cui alle *Norme Tecniche di Attuazione P.A.I – AdB Puglia*, art. 6 "aree in modellamento attivo ed aree golenali" ed art. 10 "aree di pertinenza fluviale", ai sensi dell'art. 36 delle NTA, si sono rese necessarie le relative considerazioni di merito e/o uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica ai fini della verifica della sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica

I risultati finali dello studio, svolto da un punto di vista quantitativo mediante analisi numeriche, sono di seguito sinteticamente riepilogati:

- Analisi preliminare

L'analisi preliminare dell'area oltre ad un inquadramento geologico, idrogeologico e morfologico generale ha permesso di evidenziare due aree di interferenza tra il reticolo idrografico superficiale e i manufatti di progetto; per uno degli elementi idrografici identificati si è proceduto con l'individuazione e la perimetrazione del sottobacino idrografico di interesse ed ai relativi parametri morfometrici, propedeutici alle analisi successive. Per il secondo elemento idrografico non si è ritenuto necessario procedere con valutazioni idrologiche ed idrauliche di merito, tenuto conto che l'interferenza, verrà risolta mediante staffaggio diretto su manufatto esistente o con attraversamento in T.O.C. che comunque rispetterà l'area di pertinenza fluviale, ovvero i pozzetti di ingresso uscita verranno ubicati al di fuori della fascia di salvaguardia.

- Studio Idrologico

Sul sottobacino idrografico individuato è stato condotto uno studio idrologico allo scopo di valutare la portata di massima piena con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

Le portate di massima piena sono state valutate, attraverso modelli matematici, a partire dall'afflusso meteorico previsto ed alla successiva trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Gli afflussi meteorici sono stati valutati mediante la ricostruzione delle Curve di Probabilità Pluviometrica utilizzando la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) messa a punto nell'ambito del progetto VA.PI. Per il processo di trasformazione degli afflussi in deflussi è stato utilizzato il Software dell'US Army Corps of Engineers, HEC-HMS utilizzando le metodologie richiamate al punto 4.2.4 del D.D.n.1/2011 "Istruzione Tecniche" della Regione Puglia.

I risultati finali delle portate di picco ottenute sono sintetizzati nella tabella seguente:

Interferenza	Sottobacino	Tempo di Ritorno	Portata di Picco (m ³ /s)	Deflusso totale (1000*m ³)
INT_01	SB_INT_01	30	3.1	25.4
		200	6.4	51.3
		500	8.2	64.8

- Studio Idraulico

In accordo con i criteri di cui al punto 4.2.5 del D.D.n.1/2011, per la determinazione delle aree di allagamento è stato effettuato uno studio idraulico della capacità di convogliamento degli impluvi individuati, con riferimento alla portata di piena con Tr 200 anni.

Le analisi idrauliche, sono stati effettuate con modellizzazione 2D utilizzando i codici di calcolo implementati del software HEC-RAS distribuito dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/), nella sua versione 6.1.

I risultati dello studio sono riportati nella tavola 10.

Palermo, marzo 2022

Ing. Daniele Cavallo

**Ordine Ingegneri Provincia di
Brindisi n. 1220**

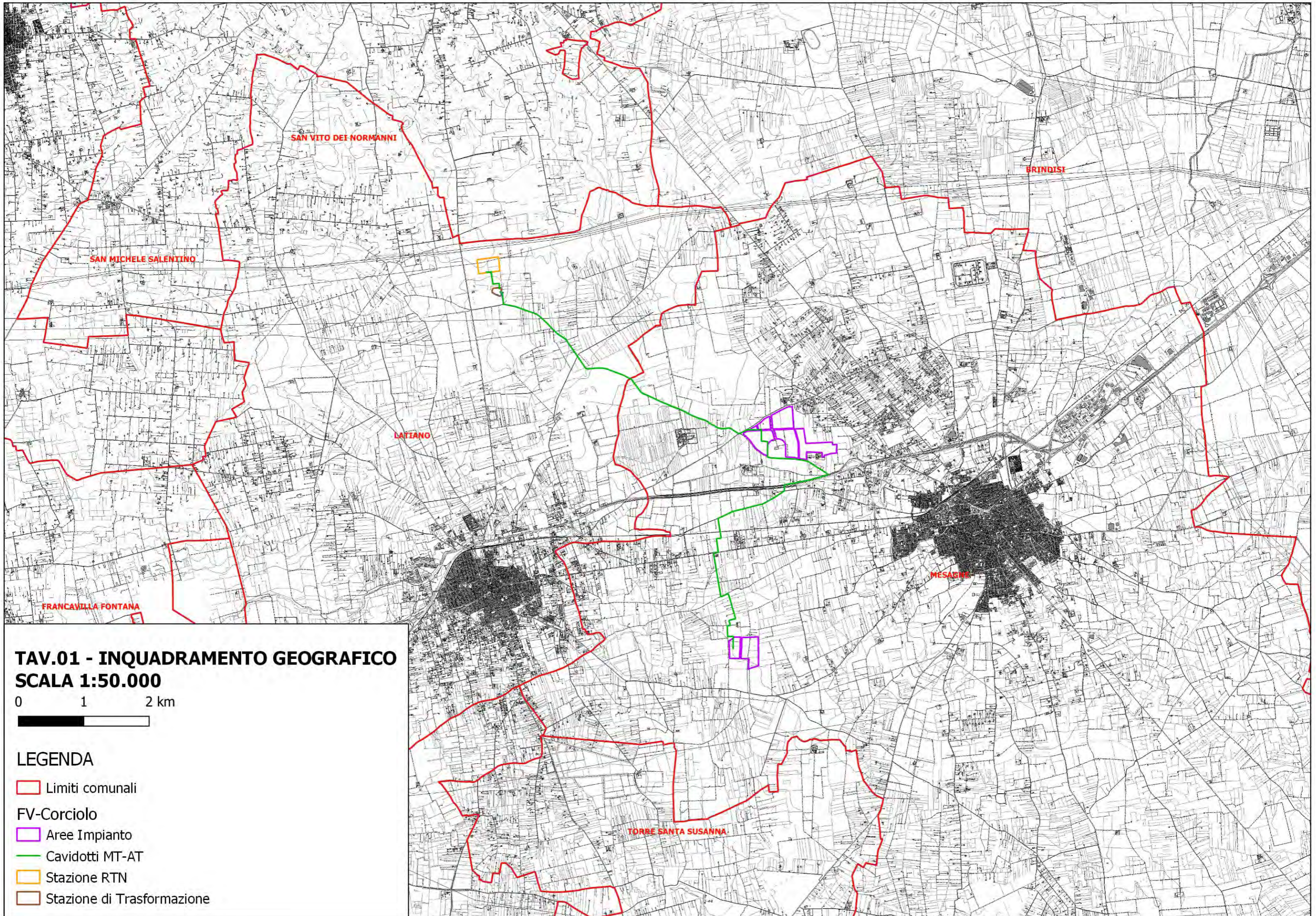
Dott. Geol. Michele Ognibene

**Ordine Regionale Geologi di Sicilia
n. 3003 – Sez. A**

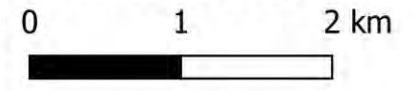
Dott. Geol. Rosario Fria

**Ordine Regionale Geologi di Sicilia
n. 1663 – Sez A**

ELABORATI GRAFICI

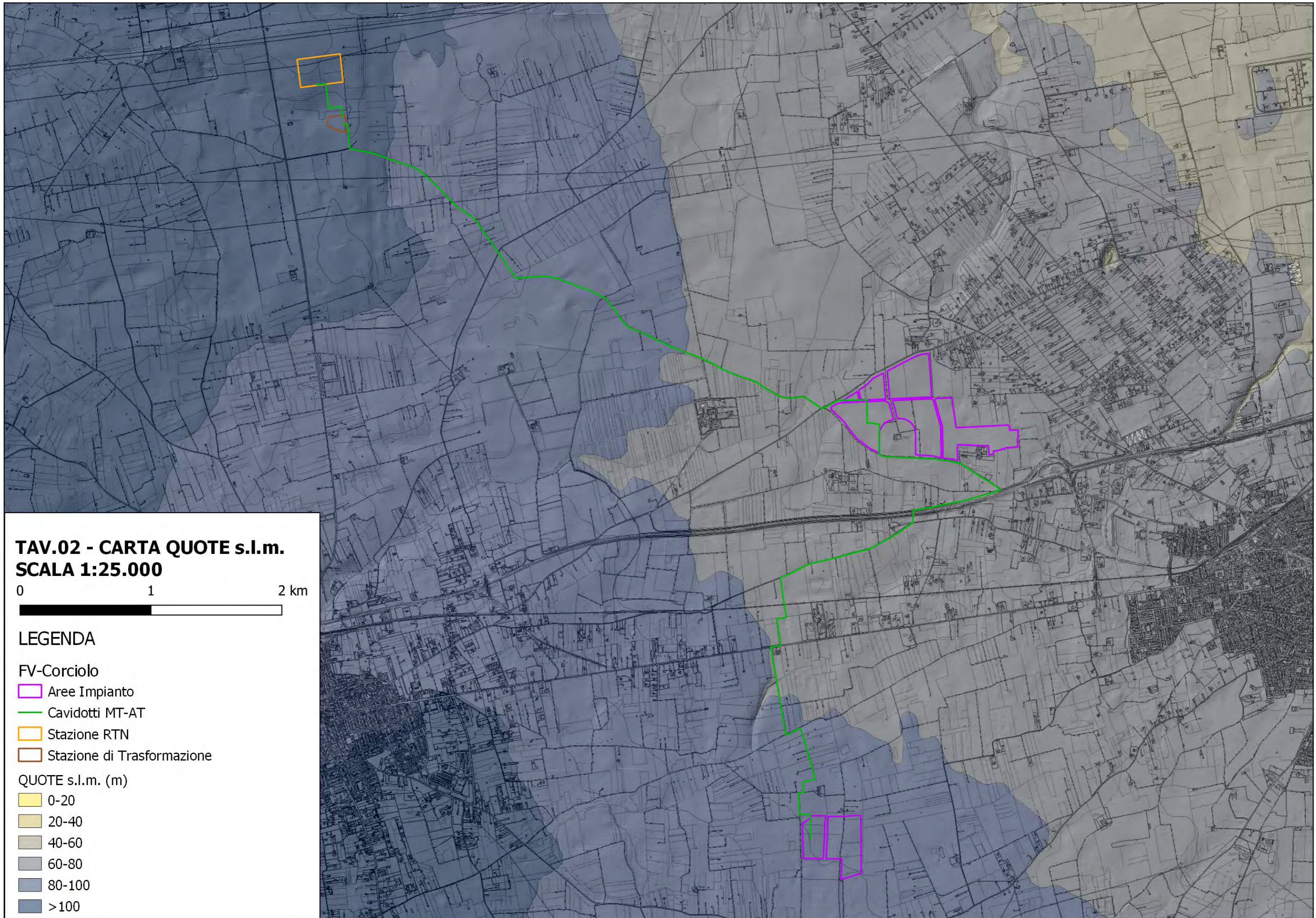


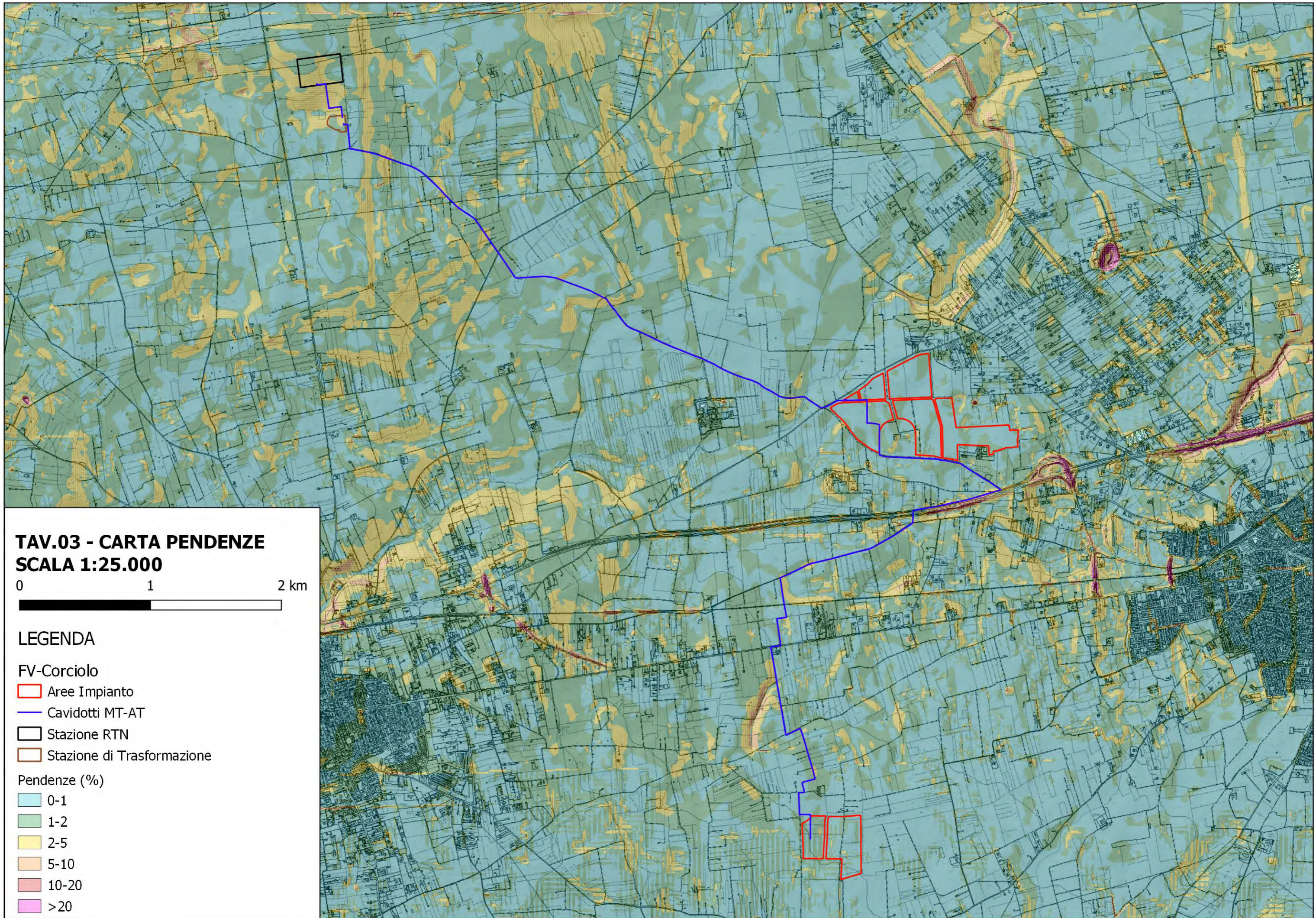
TAV.01 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
SCALA 1:50.000



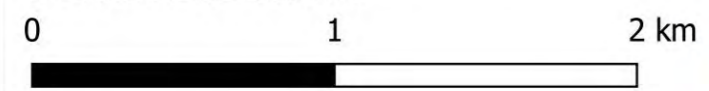
LEGENDA

-  Limiti comunali
-  Aree Impianto
-  Cavidotti MT-AT
-  Stazione RTN
-  Stazione di Trasformazione






TAV.03 - CARTA PENDENZE
SCALA 1:25.000




LEGENDA

FV-Corciolo

 Aree Impianto

 Cavidotti MT-AT


 Stazione RTN

 Stazione di Trasformazione

Pendenze (%)


 0-1

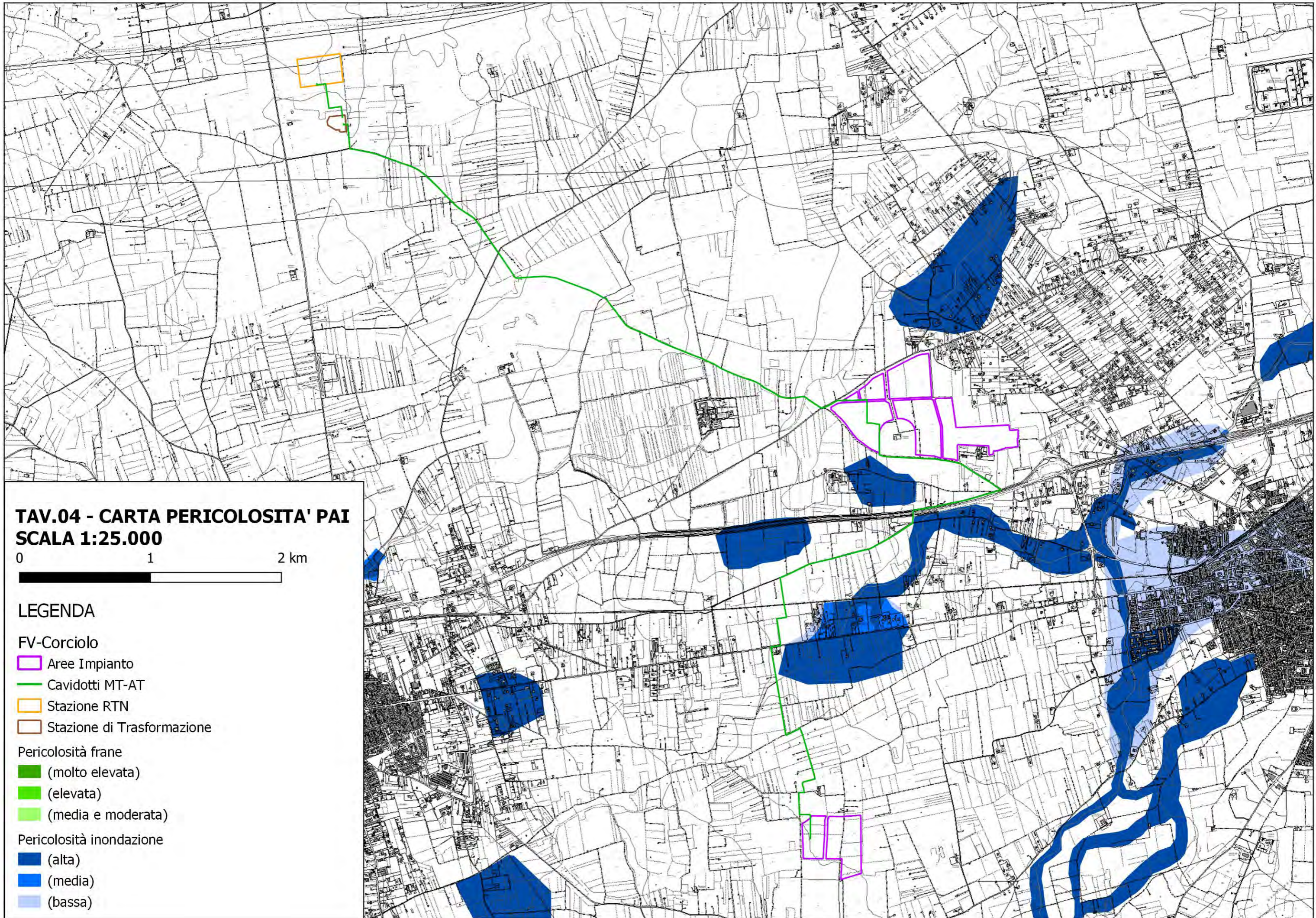
 1-2

 2-5

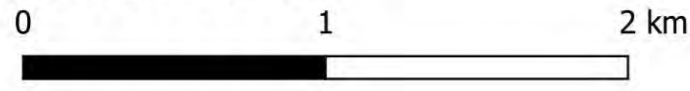
 5-10

 10-20

 >20



TAV.04 - CARTA PERICOLOSITA' PAI
SCALA 1:25.000

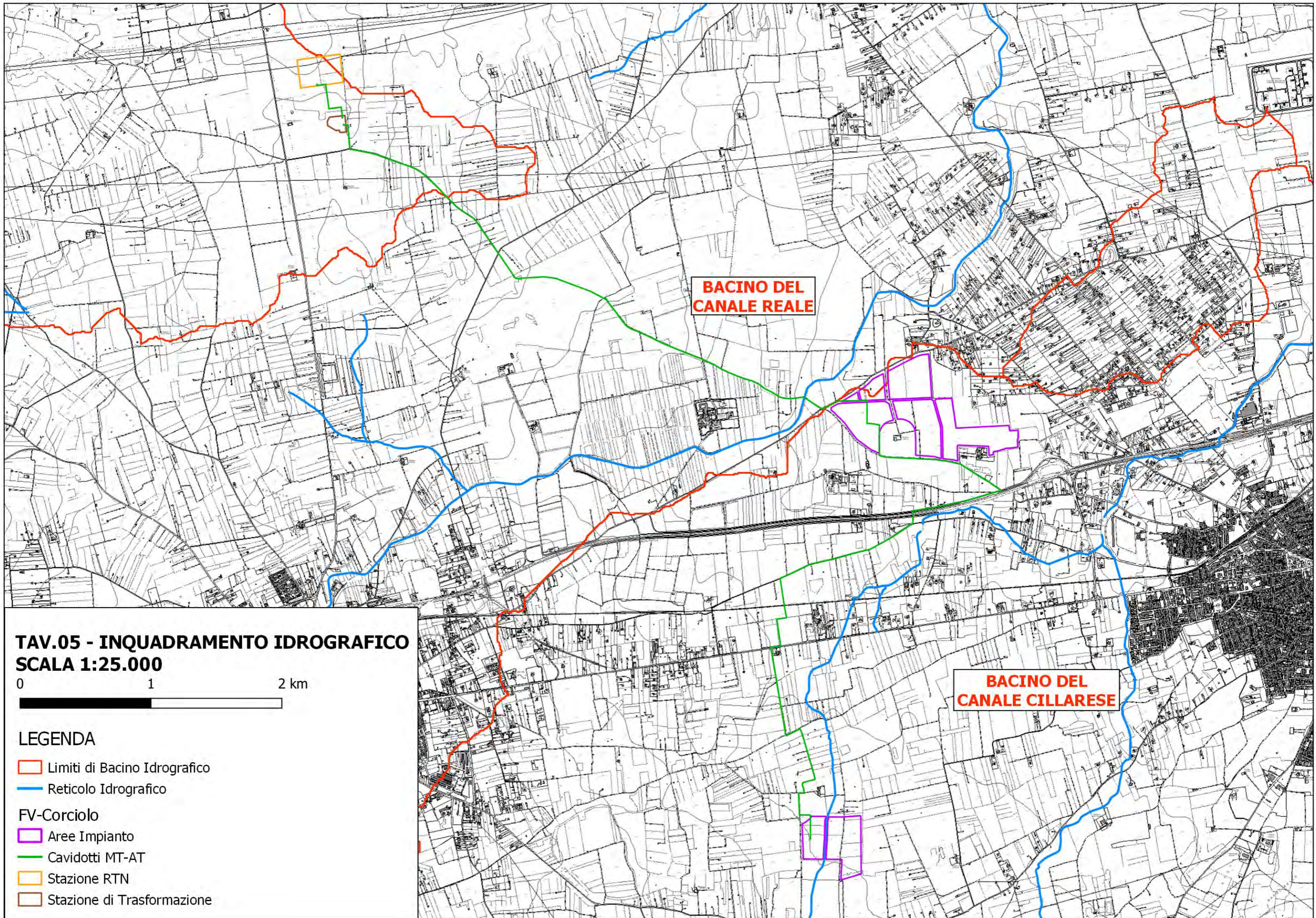


LEGENDA

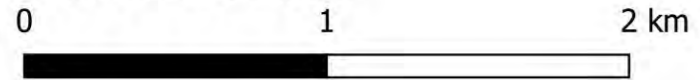
- FV-Corciolo
- Area Impianto
 - Cavidotti MT-AT
 - Stazione RTN
 - Stazione di Trasformazione

- Pericolosità frane
- (molto elevata)
 - (elevata)
 - (media e moderata)

- Pericolosità inondazione
- (alta)
 - (media)
 - (bassa)

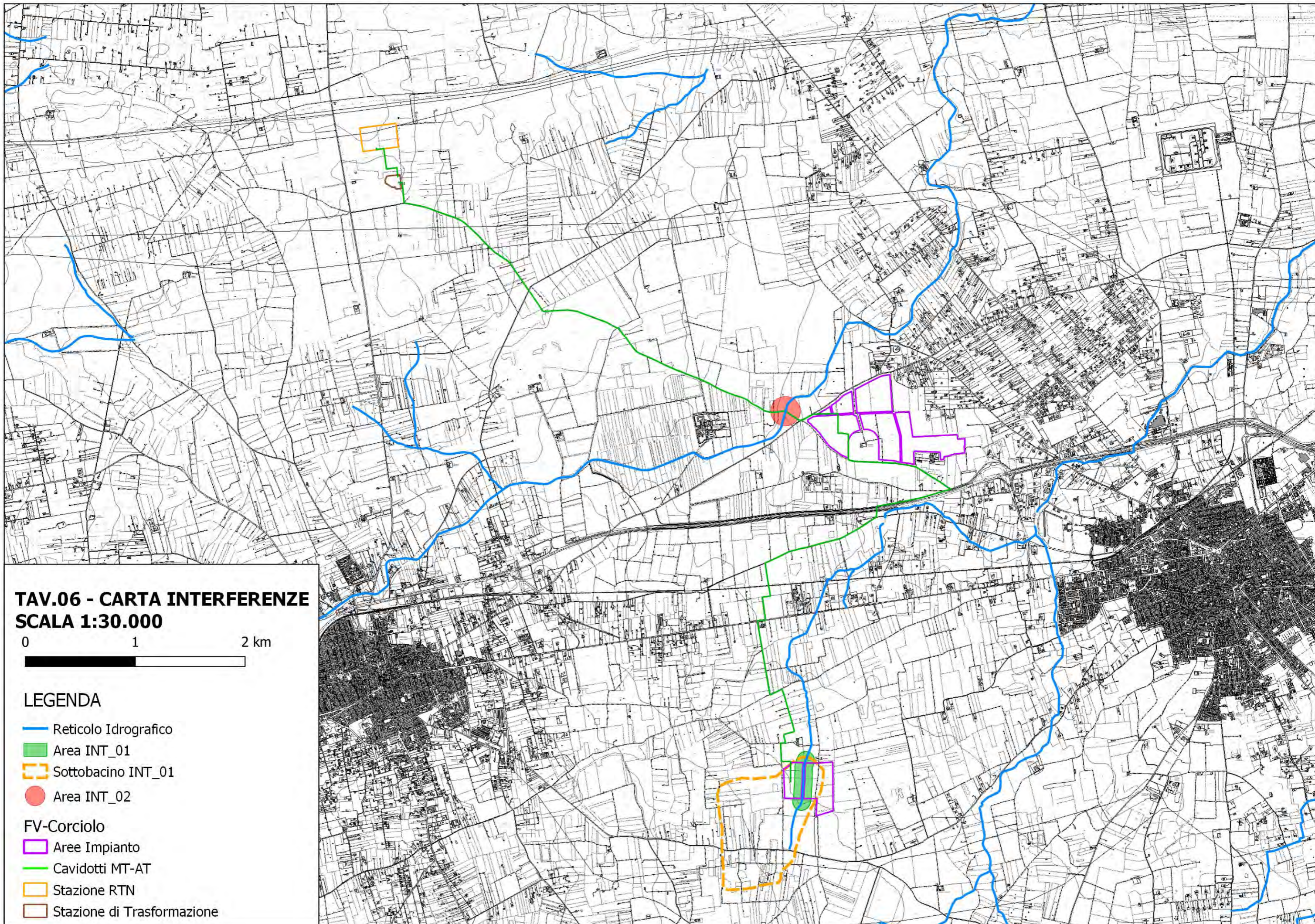


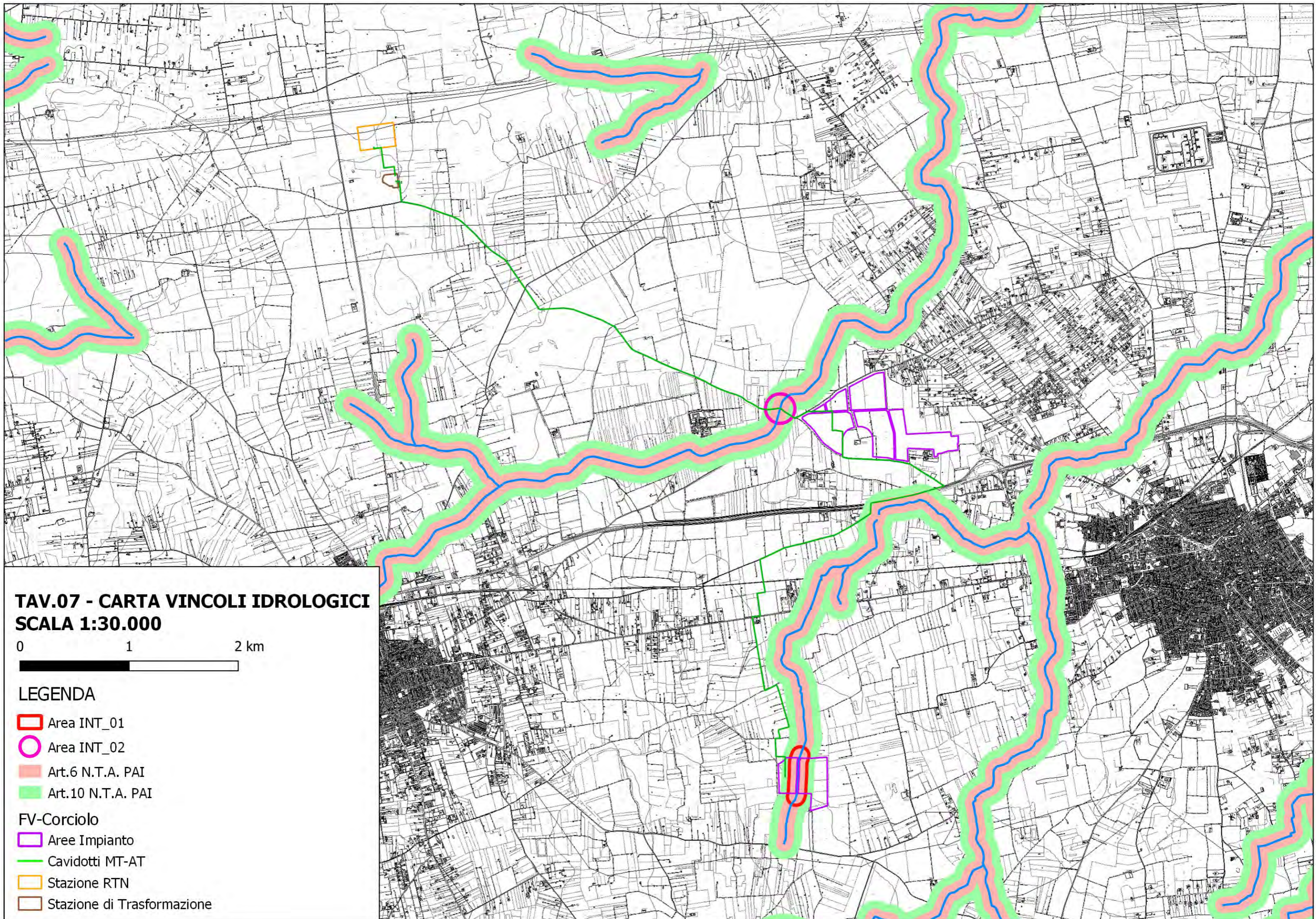
TAV.05 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO
SCALA 1:25.000



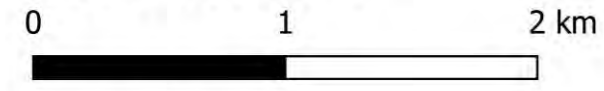
LEGENDA

-  Limiti di Bacino Idrografico
-  Reticolo Idrografico
- FV-Corciolo**
-  Aree Impianto
-  Cavidotti MT-AT
-  Stazione RTN
-  Stazione di Trasformazione



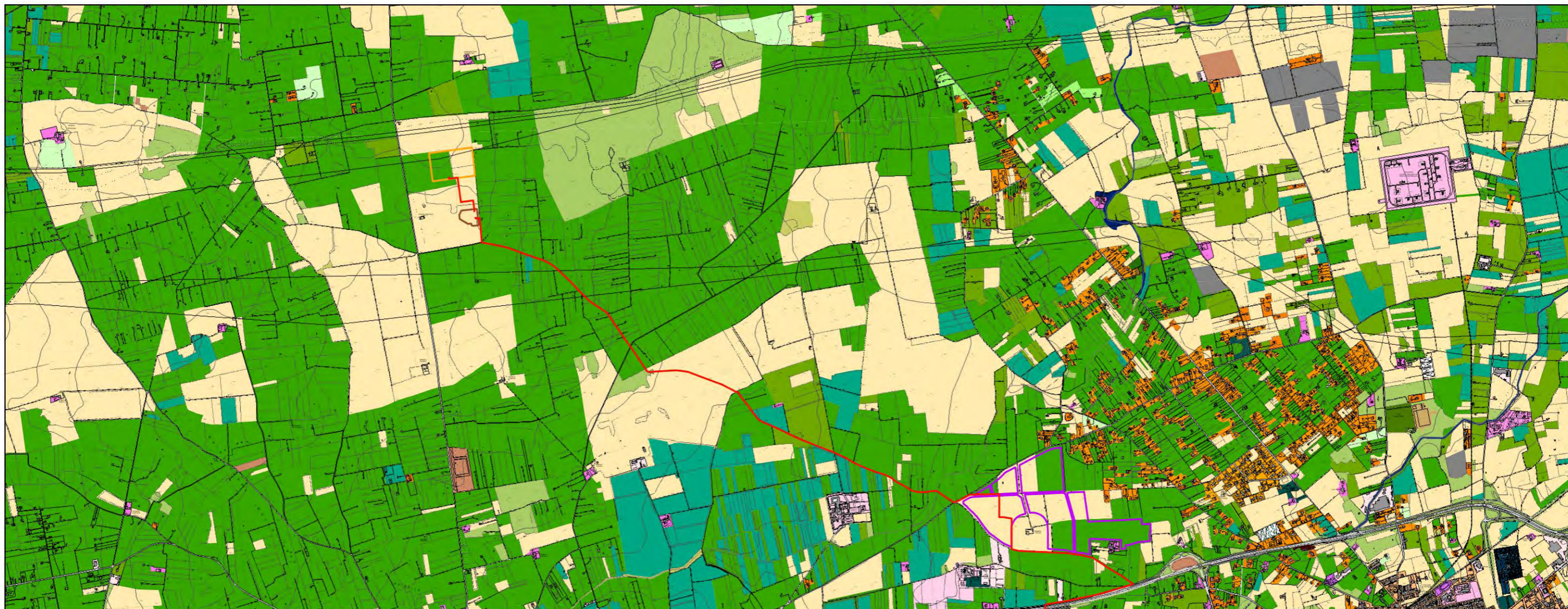


**TAV.07 - CARTA VINCOLI IDROLOGICI
SCALA 1:30.000**

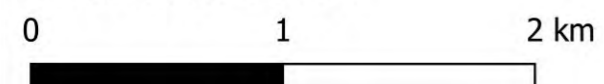


LEGENDA


-  Area INT_01
-  Area INT_02
-  Art.6 N.T.A. PAI
-  Art.10 N.T.A. PAI
- FV-Corciolo**
-  Aree Impianto
-  Cavidotti MT-AT
-  Stazione RTN
-  Stazione di Trasformazione




TAV.08 - CARTA USO DEL SUOLO
SCALA 1:30.000





LEGENDA


 SB_INT_01

FV-Corciolo

 Aree Impianto

 Cavidotti MT-AT


 Stazione RTN


 Stazione di Trasformazione


Tipologie di Copertura

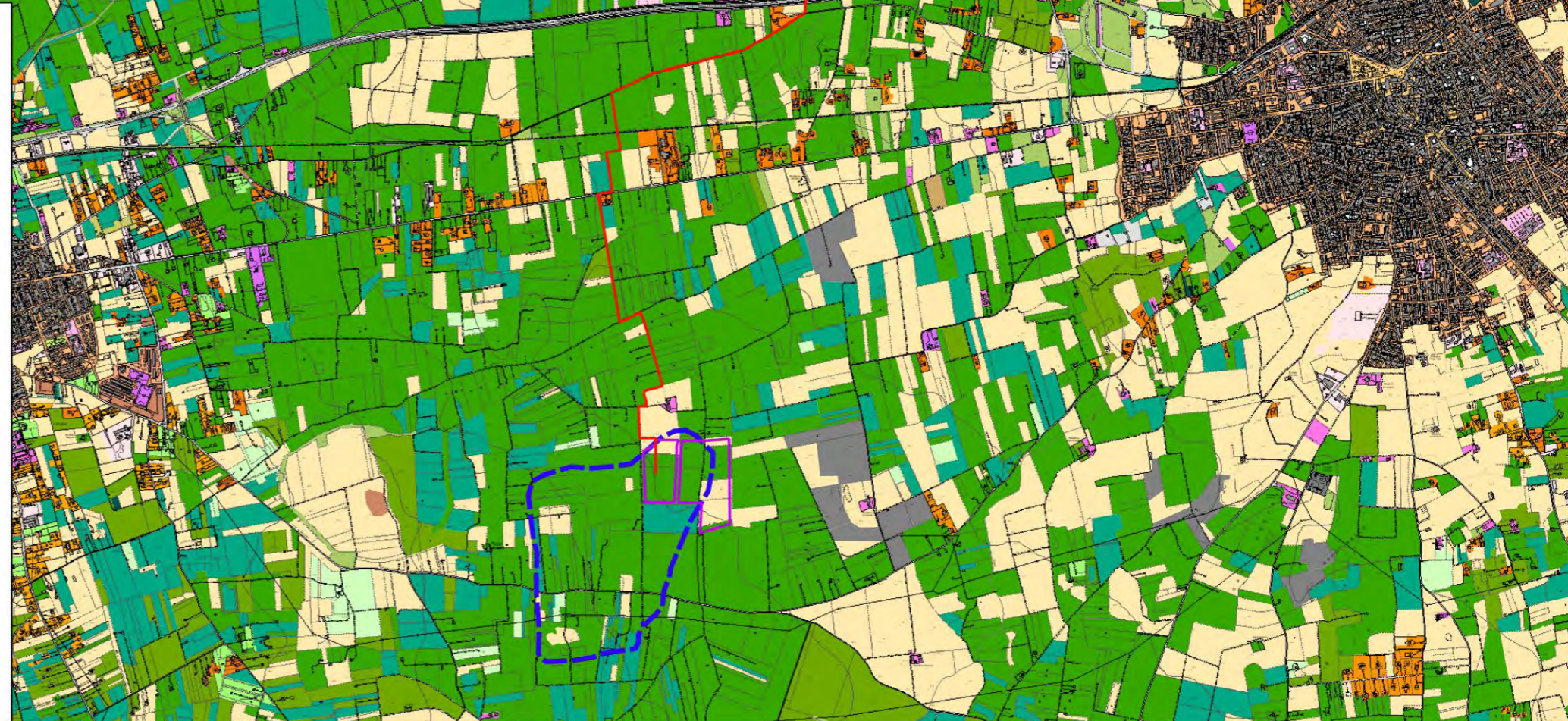
 1221 - reti stradali e spazi accessori

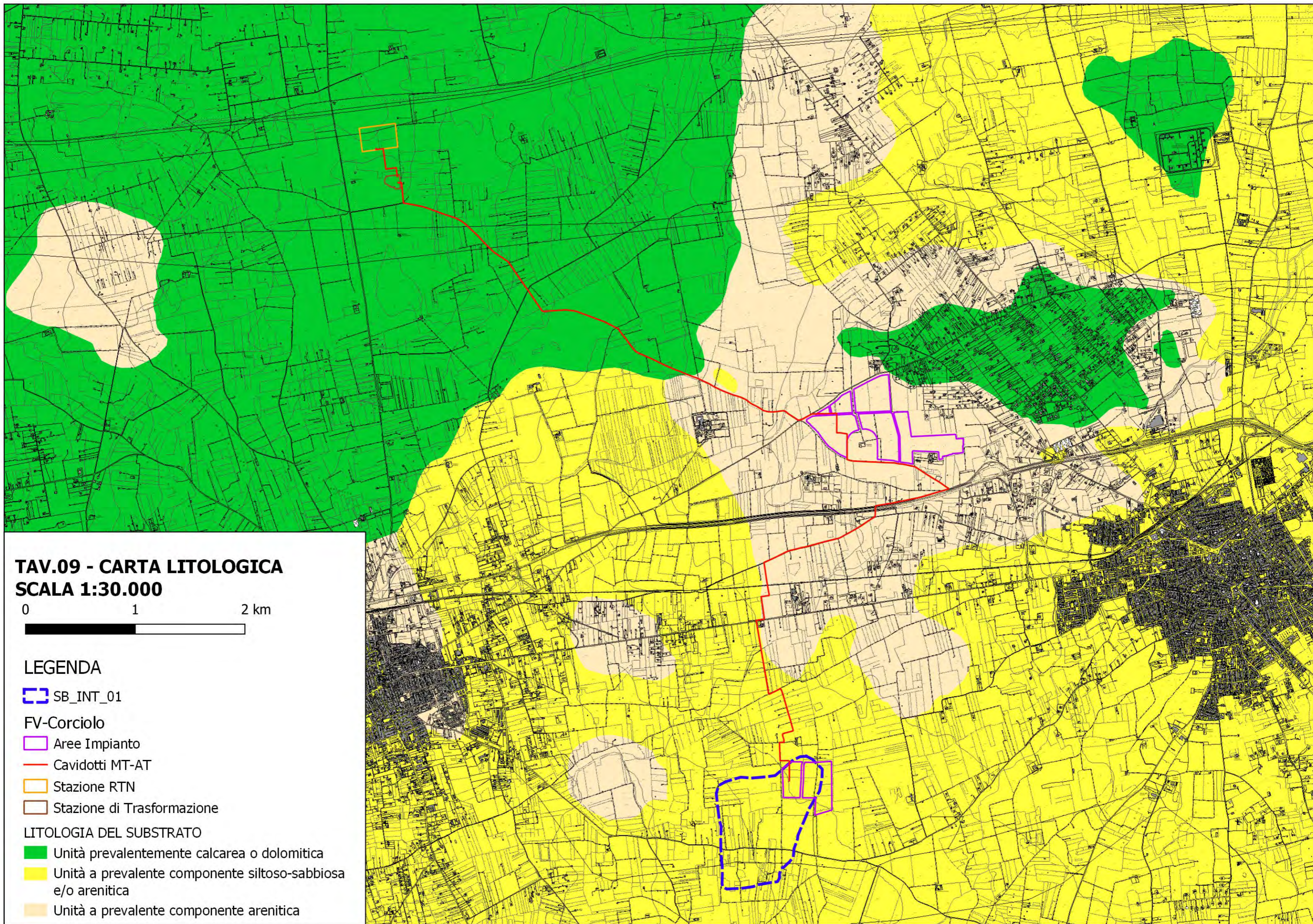
 2111 - seminativi semplici in aree non irrigue

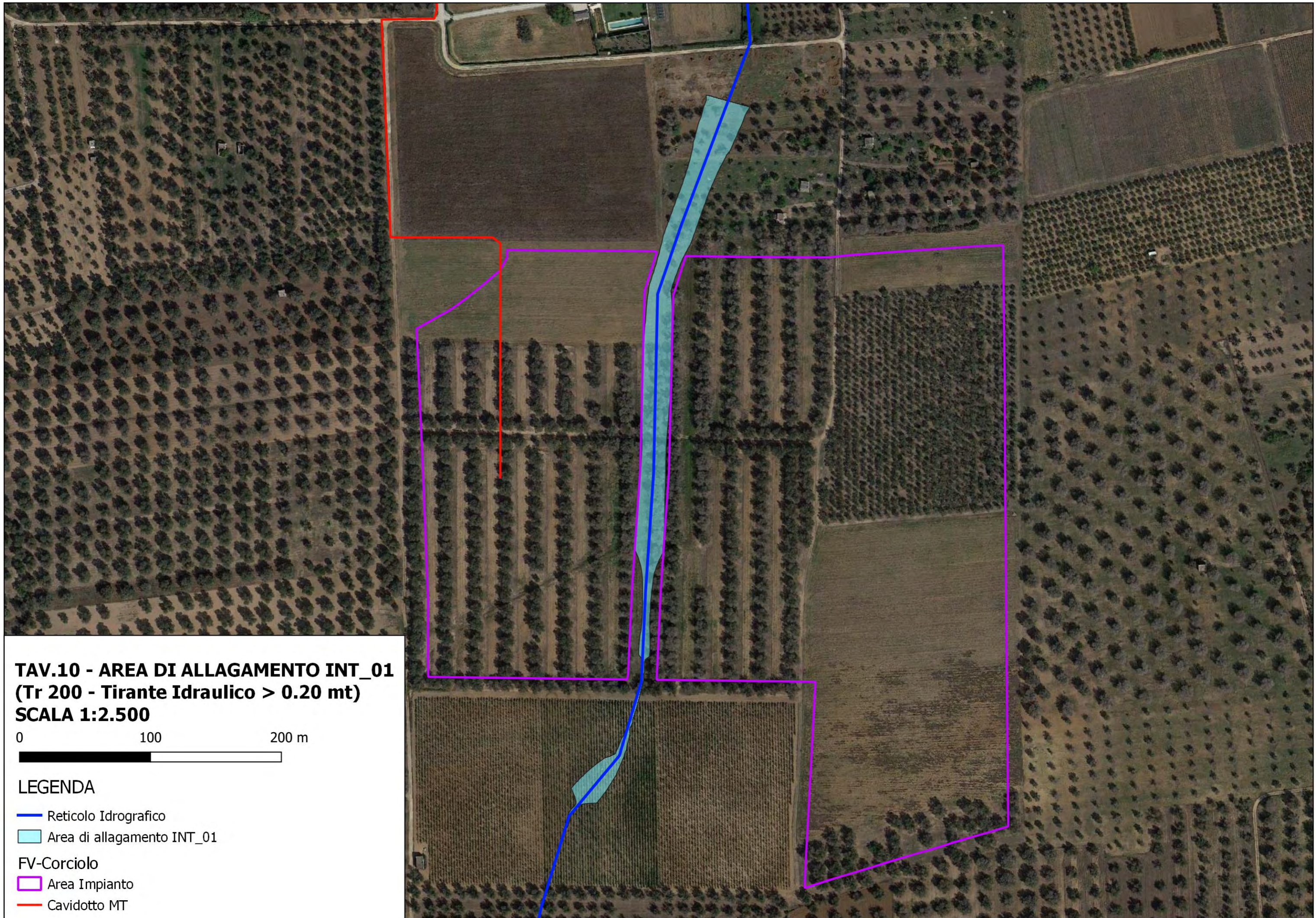
 221 - vigneti

 223 - uliveti

 241 - colture temporanee associate a colture permanenti







APPENDICE A

Formule calcolo Tempo di Corrivazione

FORMULE UTILIZZATE PER LA VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

I) *Formula di Aronica & Paltrinieri* (Giandotti modificata per Piccoli Bacini)

$$t_c = \frac{1}{Md} \frac{\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m}} \quad \text{Aronica \& Paltrinieri}$$

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m}} \quad \text{Giandotti}$$

S = area bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura in km²

L = lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, in km

H_m = altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura h₀; in metri s.l.m.

M e d = costanti numeriche funzione del tipo di utilizzazione del suolo e della permeabilità

II) *Formula di Kirpick*

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

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ib [m/m] Pendenza media del bacino idrografico

III) *Formula SCS - CN*

$$t_c = 0.00227 \cdot L^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \cdot S^{-0.5} \quad \text{dove}$$

S = pendenza media del bacino in % (ossia compresa tra 0 e 1)

L = lunghezza asta principale in metri

CN = Curve Number del Soil Conservation Service

IV) *Formula di Pezzoli*

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

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

V) *Formula di Ventura*

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

A [Km²] Area del bacino idrografico

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VI) *Formula di Pasini*

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

A [Km²] Area del bacino idrografico

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

ia[m/m] Pendenza media dell'asta principale

VII) *Formula di Viparelli*

$$t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$$

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

V Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra 1,0 e 1.5] m/s

VIII) *Formula di Mockus*

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{con} \quad t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

S = pendenza media del bacino in % (ossia compresa tra 0 e 1)

L = lunghezza asta principale in metri

CN = Curve Number del Soil Conservation Service

APPENDICE B

Calcolo Curve Number Sottobacini

CALCOLO DEL CURVE NUMBER*

Valutazioni di dettaglio per il calcolo del Curve Number per il sottobacino di progetto, utilizzando la procedura descritta nel paragrafo 4.4

Sottobacino INT_01

Uso del suolo	Classe di terreno	% di copertura	CN da tabella	Peso
Seminativo semplice in aree non irrigue	B	9.49	76	7.2
Vigneti	B	10.38	78	8.1
Uliveti	B	78.72	78	61.5
Colture temporanee associate a colture permanenti	B	0.90	71	0.6
Rete stradali e spazi accessori	B	0.51	98	0.5
TOTALE		100		77.9

(*) valori da "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessato dagli eventi alluvionali di ottobre e novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi"

APPENDICE C

Risultati Analisi Idrologica (Hec-HMS)

1) Simulazione $Tr = 30$ anni (Sottobacino SB_INT01)

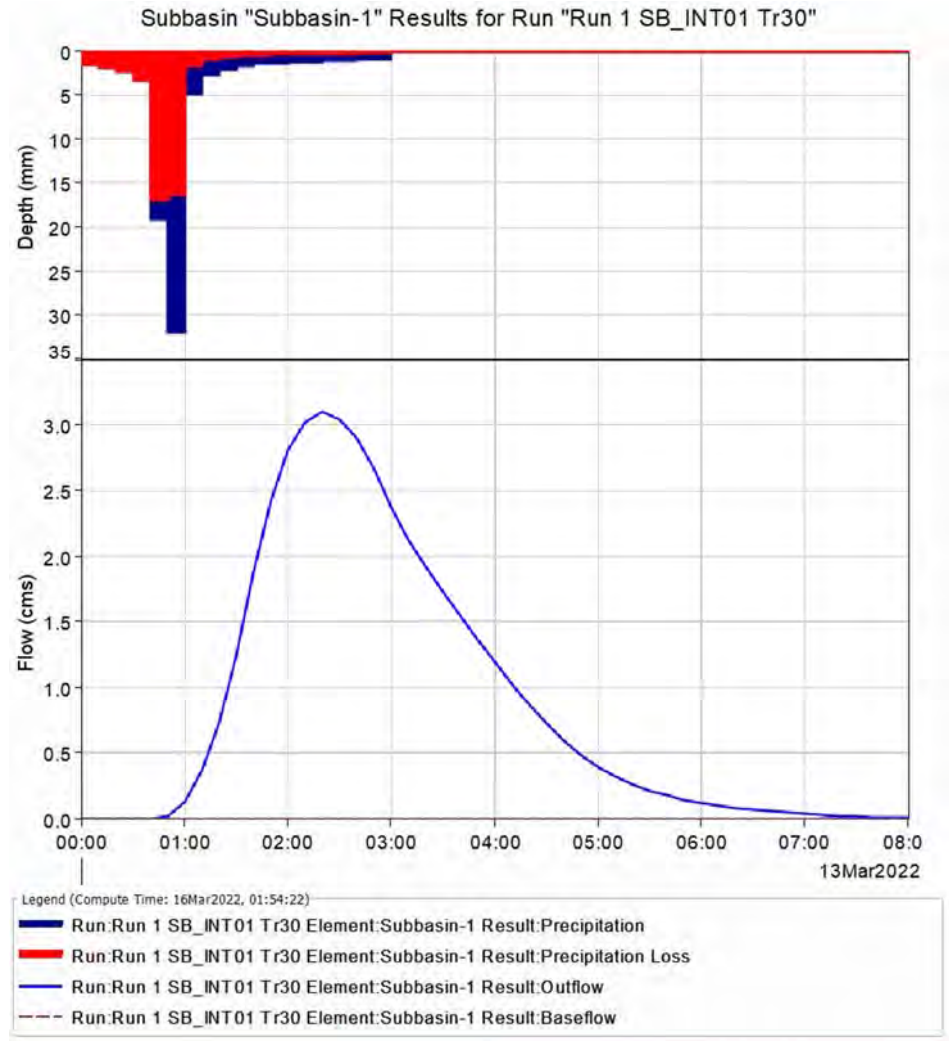


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m³/s, delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 30 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
13mar2022	00:00				0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:10	1.61	1.61	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:20	1.94	1.94	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:30	2.35	2.35	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:40	3.38	3.38	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:50	19.22	16.91	2.30	0.0	0.0	0.0
13mar2022	01:00	31.98	16.32	15.66	0.1	0.0	0.1
13mar2022	01:10	4.92	1.76	3.16	0.4	0.0	0.4
13mar2022	01:20	2.76	0.93	1.83	0.7	0.0	0.7
13mar2022	01:30	2.17	0.70	1.47	1.3	0.0	1.3
13mar2022	01:40	1.76	0.55	1.21	1.9	0.0	1.9
13mar2022	01:50	1.49	0.45	1.04	2.4	0.0	2.4
13mar2022	02:00	1.39	0.41	0.97	2.8	0.0	2.8
13mar2022	02:10	1.30	0.38	0.92	3.0	0.0	3.0
13mar2022	02:20	1.22	0.35	0.87	3.1	0.0	3.1
13mar2022	02:30	1.16	0.33	0.83	3.0	0.0	3.0
13mar2022	02:40	1.10	0.30	0.79	2.9	0.0	2.9
13mar2022	02:50	1.04	0.29	0.76	2.7	0.0	2.7
13mar2022	03:00	1.00	0.27	0.73	2.4	0.0	2.4
13mar2022	03:10	0.00	0.00	0.00	2.1	0.0	2.1
13mar2022	03:20	0.00	0.00	0.00	1.9	0.0	1.9
13mar2022	03:30	0.00	0.00	0.00	1.7	0.0	1.7
13mar2022	03:40	0.00	0.00	0.00	1.6	0.0	1.6
13mar2022	03:50	0.00	0.00	0.00	1.4	0.0	1.4
13mar2022	04:00	0.00	0.00	0.00	1.2	0.0	1.2
13mar2022	04:10	0.00	0.00	0.00	1.0	0.0	1.0
13mar2022	04:20	0.00	0.00	0.00	0.9	0.0	0.9
13mar2022	04:30	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
13mar2022	04:40	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
13mar2022	04:50	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
13mar2022	05:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
13mar2022	05:10	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
13mar2022	05:20	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
13mar2022	05:30	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	05:40	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	05:50	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:10	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1

13mar2022	06:20	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:30	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:40	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:50	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:10	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:20	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:30	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:40	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:50	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	08:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Dettagli analitici della piena con Tr 30 anni

2) Simulazione Tr = 200 anni (Sottobacino SB_INT01)

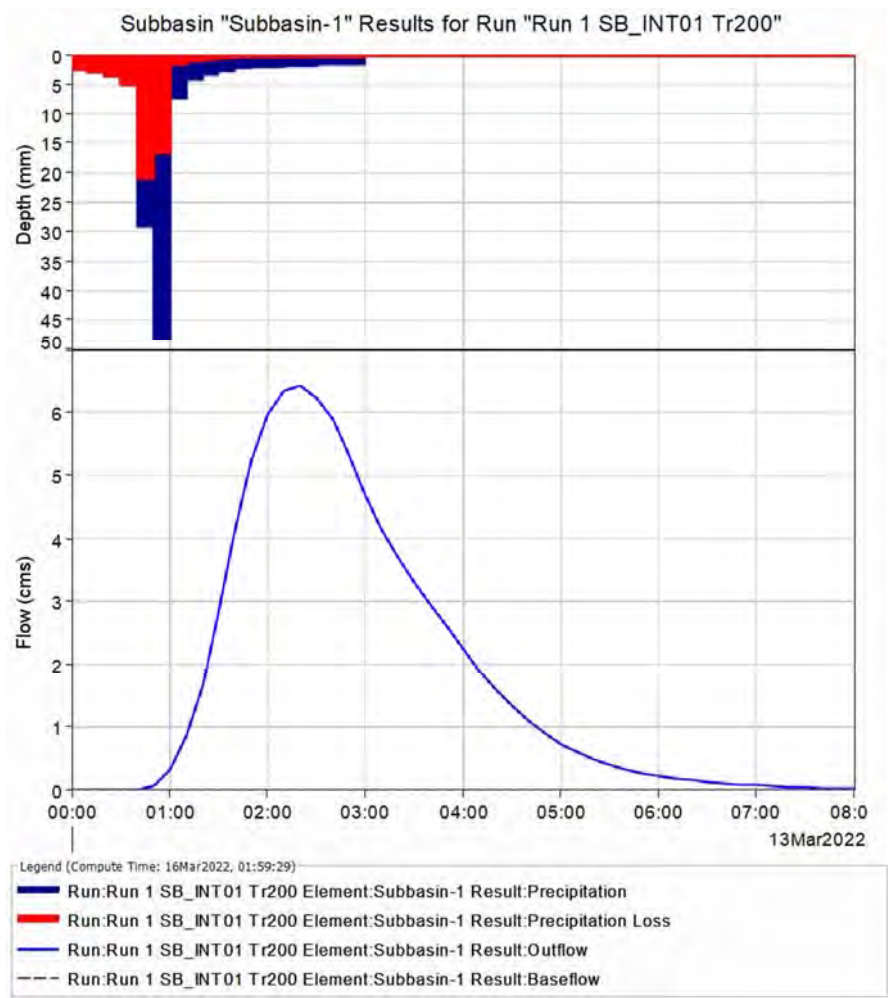


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m³/s, delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 200 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
13mar2022	00:00				0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:10	2.44	2.44	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:20	2.93	2.93	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:30	3.55	3.55	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:40	5.10	5.10	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:50	29.04	20.89	8.15	0.0	0.0	0.0
13mar2022	01:00	48.33	16.72	31.61	0.3	0.0	0.3
13mar2022	01:10	7.44	1.66	5.78	0.9	0.0	0.9
13mar2022	01:20	4.17	0.86	3.31	1.7	0.0	1.7
13mar2022	01:30	3.28	0.65	2.64	2.8	0.0	2.8
13mar2022	01:40	2.66	0.51	2.15	4.1	0.0	4.1
13mar2022	01:50	2.25	0.42	1.84	5.2	0.0	5.2
13mar2022	02:00	2.10	0.38	1.72	6.0	0.0	6.0
13mar2022	02:10	1.96	0.35	1.62	6.3	0.0	6.3
13mar2022	02:20	1.85	0.32	1.53	6.4	0.0	6.4
13mar2022	02:30	1.75	0.29	1.45	6.2	0.0	6.2
13mar2022	02:40	1.66	0.27	1.39	5.9	0.0	5.9
13mar2022	02:50	1.58	0.26	1.32	5.3	0.0	5.3
13mar2022	03:00	1.51	0.24	1.27	4.7	0.0	4.7
13mar2022	03:10	0.00	0.00	0.00	4.2	0.0	4.2
13mar2022	03:20	0.00	0.00	0.00	3.7	0.0	3.7
13mar2022	03:30	0.00	0.00	0.00	3.3	0.0	3.3
13mar2022	03:40	0.00	0.00	0.00	3.0	0.0	3.0
13mar2022	03:50	0.00	0.00	0.00	2.6	0.0	2.6
13mar2022	04:00	0.00	0.00	0.00	2.2	0.0	2.2
13mar2022	04:10	0.00	0.00	0.00	1.9	0.0	1.9
13mar2022	04:20	0.00	0.00	0.00	1.6	0.0	1.6
13mar2022	04:30	0.00	0.00	0.00	1.3	0.0	1.3
13mar2022	04:40	0.00	0.00	0.00	1.1	0.0	1.1
13mar2022	04:50	0.00	0.00	0.00	0.9	0.0	0.9
13mar2022	05:00	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
13mar2022	05:10	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
13mar2022	05:20	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
13mar2022	05:30	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
13mar2022	05:40	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
13mar2022	05:50	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
13mar2022	06:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	06:10	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	06:20	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:30	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:40	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:40	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:50	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	07:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	07:10	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:20	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:30	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:40	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:50	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	08:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Dettagli analitici della piena con Tr 200 anni

3) Simulazione Tr = 500 anni (Sottobacino SB_INT01)

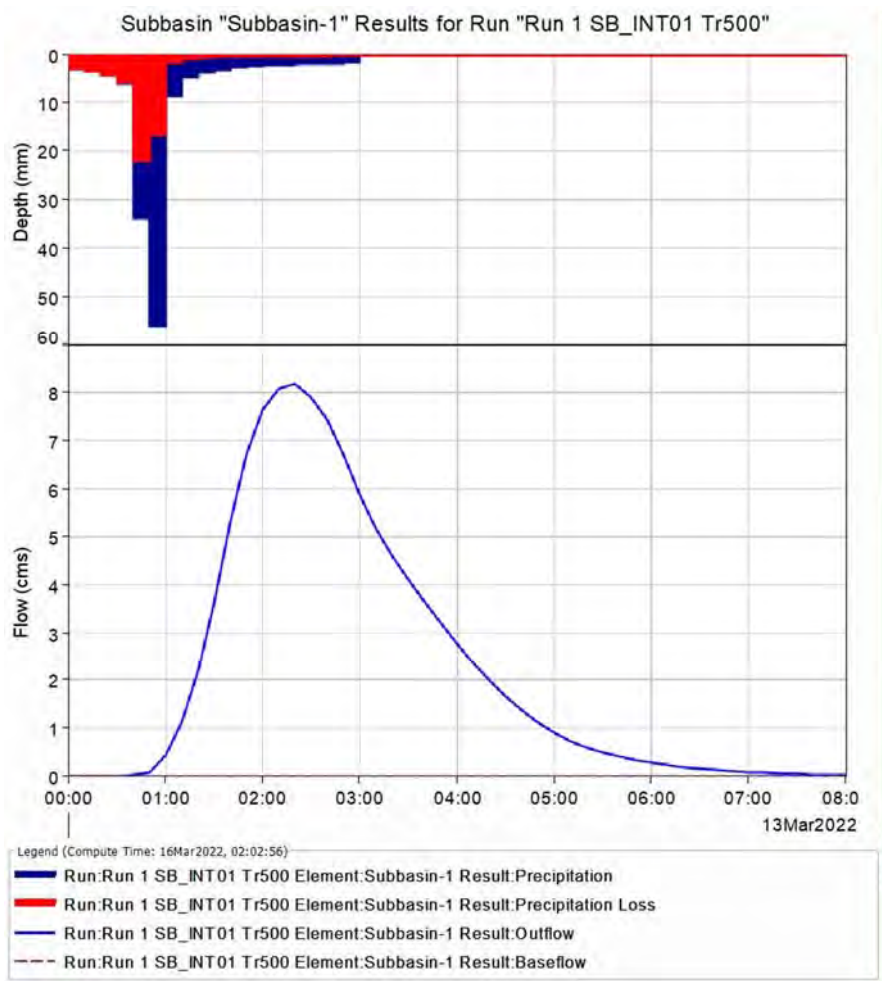


Grafico riepilogativo dell'andamento della portata in m³/s, delle altezze di pioggia totali e delle perdite con Tr 500 anni.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
13mar2022	00:00				0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:10	2.84	2.84	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:20	3.42	3.42	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:30	4.13	4.13	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:40	5.94	5.89	0.05	0.0	0.0	0.0
13mar2022	00:50	33.79	22.01	11.77	0.1	0.0	0.1
13mar2022	01:00	56.23	16.52	39.70	0.4	0.0	0.4
13mar2022	01:10	8.65	1.59	7.07	1.1	0.0	1.1
13mar2022	01:20	4.85	0.82	4.03	2.2	0.0	2.2
13mar2022	01:30	3.82	0.62	3.21	3.6	0.0	3.6
13mar2022	01:40	3.09	0.48	2.61	5.3	0.0	5.3
13mar2022	01:50	2.62	0.39	2.23	6.7	0.0	6.7
13mar2022	02:00	2.44	0.36	2.08	7.6	0.0	7.6
13mar2022	02:10	2.28	0.33	1.96	8.1	0.0	8.1
13mar2022	02:20	2.15	0.30	1.85	8.2	0.0	8.2
13mar2022	02:30	2.03	0.28	1.75	7.9	0.0	7.9
13mar2022	02:40	1.93	0.26	1.67	7.4	0.0	7.4
13mar2022	02:50	1.84	0.24	1.59	6.7	0.0	6.7
13mar2022	03:00	1.75	0.23	1.53	5.9	0.0	5.9
13mar2022	03:10	0.00	0.00	0.00	5.2	0.0	5.2
13mar2022	03:20	0.00	0.00	0.00	4.6	0.0	4.6
13mar2022	03:30	0.00	0.00	0.00	4.1	0.0	4.1
13mar2022	03:40	0.00	0.00	0.00	3.7	0.0	3.7
13mar2022	03:50	0.00	0.00	0.00	3.2	0.0	3.2
13mar2022	04:00	0.00	0.00	0.00	2.8	0.0	2.8
13mar2022	04:10	0.00	0.00	0.00	2.4	0.0	2.4
13mar2022	04:20	0.00	0.00	0.00	2.0	0.0	2.0
13mar2022	04:30	0.00	0.00	0.00	1.6	0.0	1.6
13mar2022	04:40	0.00	0.00	0.00	1.3	0.0	1.3
13mar2022	04:50	0.00	0.00	0.00	1.1	0.0	1.1
13mar2022	05:00	0.00	0.00	0.00	0.9	0.0	0.9
13mar2022	05:10	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
13mar2022	05:20	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
13mar2022	05:30	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
13mar2022	05:40	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
13mar2022	05:50	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
13mar2022	06:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
13mar2022	06:10	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	06:10	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	06:20	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
13mar2022	06:30	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:40	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	06:50	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	07:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	07:10	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
13mar2022	07:20	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:30	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:40	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	07:50	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
13mar2022	08:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Dettagli analitici della piena con Tr 500 anni

APPENDICE D

Tabella Coefficienti di Scabrezza di Manning

Categoria di uso del suolo definita nel SIT	Categoria associata	Bibliografia	Norm.
Acquacolture	Fiumi naturali (stagni o canali principali, rettilinei, privi di fratture, corrente regolare) + ostruzioni	Chow, 1959; Arcement & Schmeider, 1989	0,032
Altre colture permanenti	Foresta, leggero sottobosco	Engman, 1986	0,4
Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	Prato basso, prateria	Engman, 1986	0,15
Aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	Foresta, sottobosco denso	Engman, 1986	0,8
Aree a ricolonizzazione naturale	Foresta, poco sottobosco	Engman, 1986	0,4
Aree a vegetazione sclerofilla	Media foresta con sottobosco leggero e denso	Engman, 1986	0,6
Aree aeroportuali ed eliporti	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Aree agroforestali	Prato denso	Engman, 1986	0,24
Aree archeologiche	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Aree con vegetazione rada	Prato denso	Engman, 1986	0,24
Aree estrattive	Incolto	Engman, 1986	0,05
Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	Foresta con sottobosco leggero	Engman, 1986	0,4
Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Aree portuali	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	Suoli coltivati con copertura maggiore del 20 %	Engman, 1986	0,17
Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	Pascolo	Engman, 1986	0,13
Aree verdi urbane	Pascolo	Engman, 1986	0,13
Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigui	Fiumi naturali (stagni o canali principali, rettilinei, privi di fratture, corrente regolare)	Chow, 1959	0,030
Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	Fiumi naturali (stagni o canali principali, rettilinei, privi di fratture, corrente regolare)	Chow, 1959	0,030
Boschi di conifere	Foresta con sottobosco denso	Engman, 1986	0,8
Boschi di latifoglie	Foresta con sottobosco leggero	Engman, 1986	0,4
Boschi misti di conifere e latifoglie	Media tra conifere e latifoglie (vedi categorie precedenti)	Engman, 1986	0,6
Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	Pascolo	Engman, 1986	0,13
Canali e idrovie	Canali in terra con erba sul fondo; corsi d'acqua naturali regolari.	Paoletti, 2010	0,025
Cantieri e spazi in costruzione e scavi	Siti in costruzione	Huang, 2009	0,120
Cespuglieti e arbusteti	Prato denso	Engman, 1986	0,24
Cimiteri	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Colture temporanee associate a colture permanenti	Suoli coltivati con copertura maggiore del 20 %	Engman, 1986	0,17
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	Siti in costruzione	Huang, 2009	0,120
Estuari	Fiumi naturali (stagni o canali principali, rettilinei, privi di fratture, corrente regolare)	Chow, 1959	0,030
Fiumi, torrenti e fossi	Fiumi naturali (stagni o canali principali, rettilinei, privi di fratture, corrente regolare)	Chow, 1959	0,030
Frutteti e frutti minori	Foresta con sottobosco leggero	Engman, 1986	0,4
Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Insedimenti ospedalieri	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011

Insedimenti produttivi agricoli	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Insedimento commerciale	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Insedimento degli impianti tecnologici	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Insedimento in disuso	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Lagune, laghi e stagni costieri	Uguale a flusso incanalato	Mills & Badcock, 2011	0,040
Paludi interne	Uguale a flusso incanalato	Mills & Badcock 2011; Arcement & Schneider, 1989	0,050
Paludi salmastre	Uguale a flusso incanalato	Mills & Badcock, 2011	0,040
Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Prati alberati, pascoli alberati	Foresta con poco sottobosco	Engman, 1986	0,4
Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Reti stradali e spazi accessori	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Rocce nude, falesie e affioramenti	Incolto	Engman, 1986	0,05
Saline	Uguale a flusso incanalato	Mills & Badcock, 2011	0,040
Seminativi semplici in aree irrigue	Suoli coltivati con copertura maggiore del 20 %	Engman, 1986	0,17
Seminativi semplici in aree non irrigue	Suoli coltivati con copertura maggiore del 20 %	Engman, 1986	0,17
Sistemi colturali e particellari complessi	Suoli coltivati con copertura maggiore del 20 %	Engman, 1986	0,17
Spiagge, dune, sabbie	Sabbia nuda	Engman, 1986	0,01
Suoli rimaneggiati e artefatti	Incolto	Engman, 1986	0,05
Superfici a copertura erbacea densa	Prato, erba fitta	Engman, 1986	0,24
Tessuto residenziale continuo antico e denso	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,011
Tessuto residenziale discontinuo	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,100
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,100
Tessuto residenziale sparso	Superfici lisce (calcestruzzo, asfalto, ghiaia o suolo nudo)	Engman, 1986	0,100
Uliveti	Foresta con sottobosco leggero	Engman, 1986	0,060
Vigneti	Foresta con sottobosco leggero	Engman, 1986	0,100