

TEAGRI SOLARE 1 S.r.l.

Galleria del Corso, n. 4

Milano 20122

P.Iva 03159970213

teagrisolare1@legalmail.it

Impianto AGROVOLTAICO - Fratta

PROGETTO DEFINITIVO



Coordinamento e progettazione:



In collaborazione con:



Progettisti:

Ing. M.Bertoneri - Ord. Ing. Prov. di Massa Carrara, n.669

sez.A

Collaboratori: Ing. R. Franzini

TITOLO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

02/2026

REVISIONE:

0

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

F R P R S 0 3 0 1

SCALA:

NA

FORMATO:

A4

INDICE

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3	INQUADRAMENTO PROGETTUALE	6
3.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE	6
3.2	LAYOUT DI IMPIANTO	6
3.3	DESCRIZIONE DEI COMPONENTI ELETTRICI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	7
3.4	DESCRIZIONE DEI COMPONENTI CIVILI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	9
3.4.1	Strutture di supporto pannelli	9
3.4.2	Fondazioni cabine	9
3.4.3	Recinzione	9
3.4.4	Viabilità interna di servizio	10
4	DATI DI RIFERIMENTO	12
4.1	MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	12
4.2	NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	12
5	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO	13
5.1	VINCOLO PAESAGGISTICO	13
5.2	CORRIDOI ECOLOGICI	13
5.3	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO	15
5.4	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DEL FIUME PO (ADBPO)	19
6	STUDIO IDROLOGICO	22
6.1	SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	22
6.2	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	23
6.3	INDIVIDUAZIONE DEL BACINO DI DRENO	28
6.4	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO	29
6.5	COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE	31
6.6	VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	31
6.7	METODO RAZIONALE	35
7	DRENAGGIO AREA IMPIANTO FOTOVOLTAICO	39
7.1	ANALISI E DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI DREGANGGIO	39
7.1.1	CANALETTE DISPERDENTI	39
7.1.2	CANALETTE DI DRENAGGIO	43
8	DRENAGGIO AREA BESS	49

8.1	DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE.....	50
8.2	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI COLLETTORI DELLA RETE ACQUE OLEOSE....	53
8.3	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CANALETTE DI DRENAGGIO.....	55
9	CONCLUSIONI	58

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 2.1 – Localizzazione dell’area di progetto (fonte: Google Earth Pro).....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3.1 – Layout di progetto.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3.2 - Tipico recinzione.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3.3 - Tipico accesso</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5-1: Inquadramento dell'area di impianto rispetto ai corpi idrici soggetti a vincolo paesaggistico</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5-2: Vicoli idraulici e idrogeologici P.I. Comune di Fratta Polesine.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5-3: Stralcio della “Carta del rischio idraulico unione regionale veneta bonifiche” (fonte: Progetto di Piano Fissero-Tartaro-Canalbiano).....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5-4: Distretto del fiume Po – Estensione dell’area allagabile, PGRA 2021 (non in scala)</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5-5: Distretto del fiume Po – Classi di rischio, PGRA 2021 (non in scala)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni. 23</i>	
<i>Figura 6-2: Mappa delle stazioni pluviometriche Veneto</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6-3: Stazioni pluviometriche in prossimità dell’area di impianto</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6-4 : Curve di possibilità pluviometrica – Stazione Concadirame</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6-5 : Curve di possibilità pluviometrica – Stazione San Bellino.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6-6 : Curve di possibilità pluviometrica – Stazione Frassinelle Polesine</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6-7: Curve di possibilità pluviometrica – Stazione Luisa</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6-8: Distanze (km) tra stazioni pluviometriche e area di impianto.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6-9: Individuazione del bacino di dreno</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6-10: Formule di Wallingforf.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6-11: Caratterizzazione geologica dell’area di impianto.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6-12: Classificazione dell’uso del suolo nella zona in esame</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6-13: Correlazione tra classi di uso del suolo e CN (Regione Sardegna).....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6-14: Schema suddivisione dell’area di impianto in sottobacini.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 7-1: Idrogramma di piena da metodo razionale.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 7-2: Schema canalette</i>	<i>41</i>
<i>Figura 7-3: Schema Canalette</i>	<i>43</i>

Figura 7-4: Riferimenti di calcolo del moto uniforme	44
Figura 7-5: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 1 - pendenza 0.5%.....	45
Figura 7-6: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 2 - pendenza 0.5%.....	46
Figura 7-7: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 1 - pendenza 2%.....	47
Figura 7-8: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 2 - pendenza 2%.....	48
Figura 8-1: Idrogrammi in ingresso e idrogramma in uscita dalla vasca	52
Figura 8-2: Schema canalette	56
Figura 8-3: Verifica canalette di drenaggio area BESS	57

1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta la Relazione Idrologica e Idraulica di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Fratta" con potenza di picco (DC) pari a 22,38 MWp e potenza nominale (AC) di 22 MW da realizzare nel Comune di Fratta Polesine (RO) e relative opere annesse alla RTN, le quali si sviluppano nei territori comunali di Fratta Polesine (RO), Villamarzana (RO), Arquà Polesine (RO) e Rovigo (RO).

L'impianto è assoggettato alle procedura di VIA e di AU ai sensi della legislazione vigente in tali materie, come novellata da ultimo a mente del D.Lgs. n.190/2024.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

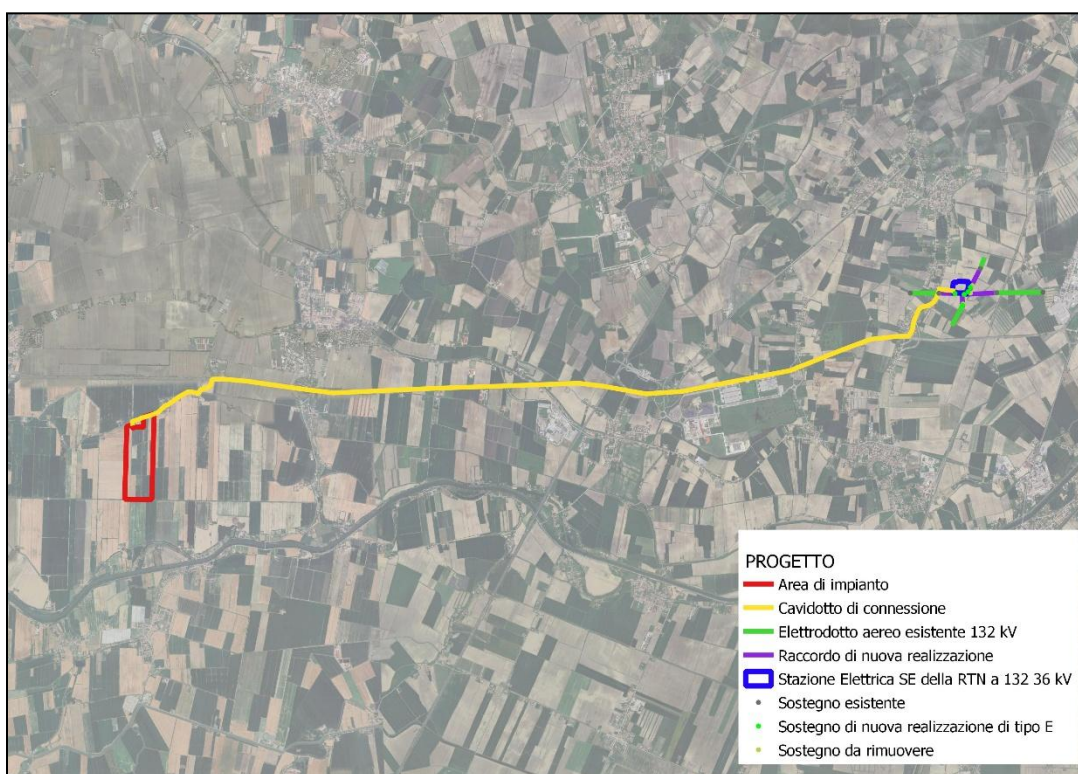
L'area di impianto del progetto in esame si collocherà nella porzione centro-ovest del comune di Fratta Polesine (RO), nel Veneto. Il cavidotto di connessione, invece, si collocherà nei comuni di Fratta Polesine, Villamarzana, Arquà Polesine e Rovigo; in quest'ultimo si collocheranno anche la SSE e le opere di connessione alla RTN. L'area di impianto si posiziona nella zona centro-occidentale della provincia di Rovigo, in prossimità del confine comunale tra Fratta Polesine e San Bellino e a ca. 1,9 km a sud-ovest dal centro abitato di Fratta Polesine. La superficie di impianto si posiziona in prossimità della frazione di San Bellino Nane di sotto e il centroide dell'impianto si posiziona alle generiche coordinate:

- $45^{\circ}00'48''$ N;
- $11^{\circ}36'37''$ E;

e ad un'altitudine media di ca 4 m s.l.m.

In Figura 2.1 si riporta un estratto tratto da Google Earth, che restituisce l'intervento di progetto e il contesto territoriale nel quale si colloca.

Figura 2.1 – Localizzazione dell'area di progetto (fonte: Google Earth Pro)



3 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

3.1 Criteri di progettazione

I criteri con cui è stata redatta la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- rispetto delle normative di pianificazione territoriale e urbanistica;
- analisi del PAI;
- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra fisso con tecnologia moduli bifacciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dei pannelli;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance di impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

3.2 Layout di impianto

Il layout di impianto è stato sviluppato secondo le seguenti "best practice" di progettazione:

- rispetto dei confini dei siti disponibili;
- posizione delle strutture di sostegno con geometria a matrice, in modo da ridurre i tempi di esecuzione;
- disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in una fila verticale;
- interfila tra le schiere calcolate al fine di evitare fenomeni di ombreggiamento;
- zona di rispetto per l'ombreggiamento dovuto ai locali tecnici;
- zona di rispetto per l'ombreggiamento dovuto ad ostacoli esistenti;
- zona di rispetto al reticolo idrografico e ai vincoli all'interno delle fasce di rispetto;

- zona di rispetto agli elettrodotti.

A seguire si riporta una rappresentazione grafica del layout di impianto su Google Earth.

Figura 3.1 – Layout di progetto



3.3 Descrizione dei componenti elettrici dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza in DC di 22.377,6 kWp (in condizioni standard 1000W/m2) ed una potenza nominale pari a 22 MW.

L'impianto è così costituito:

- n. 1 Cabina di Consegna (o Cabina Utente), posizionata adiacentemente all'area di impianto dedicata alle BESS (vedi layout di impianto). All'interno della cabina saranno presenti, oltre al trasformatore di servizio da 160 kVA 30.000/400 V, le apparecchiature di protezione del cavidotto di consegna proveniente dal campo e le celle MT di arrivo e partenza, una stanza ad uso ufficio ed un locale quadri AT per la consegna dell'energia a 36 kV, dopo il successivo aumento di tensione operato tramite un trasformatore elevatore esterno.
- n. 5 Power Station con Inverter centralizzato da 4400 kVA (marca SMA Sunny Central SC 4000 UP, con cabina di trasformazione MVPS 4400-S2 similari), avente la funzione principale di elevare la tensione da bassa (BT) 660 V, proveniente dall'inverter centralizzato interno ad essa, a media tensione (MT) 30.000 V e convogliare l'energia raccolta dall'impianto fotovoltaico alla Cabina Utente. La Power Station è dotata di 26 input DC.
- n. 31.080 pannelli fotovoltaici da 720 Wp (marca Canadian Solar CS7N-720TB-AG o similare) installati su apposite strutture metalliche di tipo tracker con il sostegno fondato su pali infissi nel terreno;

L'impianto è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto sarà in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio quadri di alimentazione, illuminazione, rete di trasmissione dati, ecc.).

Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi elettrici indispensabili e privilegiati verranno alimentati da uno o più generatori temporanei di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

I manufatti destinati a contenere gli inverter centralizzati, la cabina utente ed i locali ad uso ufficio e magazzino saranno del tipo container prefabbricati o strutture prefabbricate in cemento precompresso, come riportato negli elaborati di dettaglio.

3.4 Descrizione dei componenti civili dell'impianto fotovoltaico

3.4.1 Strutture di supporto pannelli

La fondazione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici sarà costituita da pali infissi nel terreno con una profondità determinata in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno sul quale verranno installate:

- 1) **A pali infissi:** costituita da profili in acciaio infissi nel terreno per una profondità minima di 5,50 m, e comunque tale da garantire la stabilità della "vela" costituita dall'insieme dei pannelli e della struttura a sostegno.

La struttura di sostegno sarà costituita dai seguenti profili in acciaio:

- Montanti: HEA 220, HEB 220
- Traverso: Scatolare 100x200x14 mm
- Sostegni pannelli fotovoltaici: Omega 30x100x50x3 mm.

3.4.2 Fondazioni cabine

La scelta della tipologia di fondazione da utilizzare è stata valutata in base alle caratteristiche geotecniche del terreno, alla morfologia del sito, alla posizione ed accessibilità del sito.

Le fondazioni sono costituite da platee in calcestruzzo armato.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro (magrone) o altro materiale idoneo eventualmente indicato dal direttore dei lavori.

Saranno previsti rinterri di raccordo tra la superficie del piano campagna e la quota di installazione cabine.

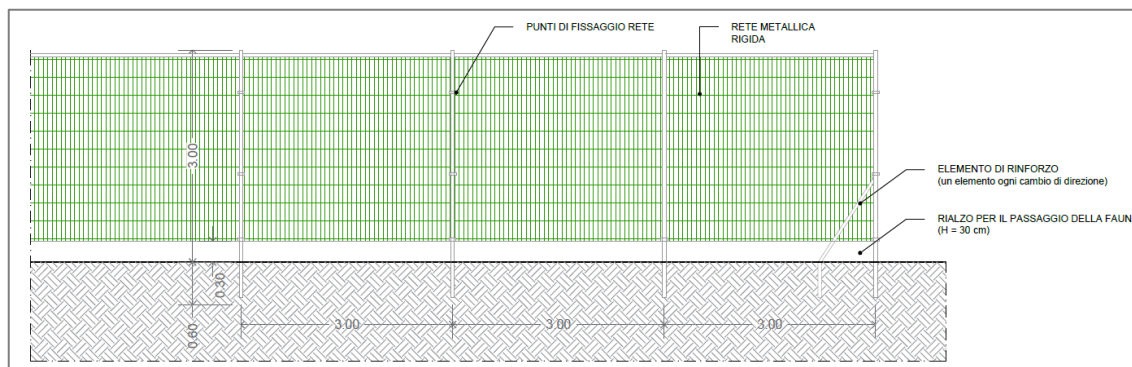
3.4.3 Recinzione

È prevista la realizzazione di una recinzione perimetrale a delimitazione dell'area di installazione dell'impianto; la recinzione sarà formata da rete metallica, di tipo grigliato, piatto e leggero, a pali con plinti.

La recinzione verrà sollevata da terra di 30 cm per non ostacolare il passaggio della fauna locale e sarà priva di filo spinato e con i tiranti inseriti negli ultimi ordini delle maglie (non lateralmente) per evitare il ferimento degli animali. Sarà, inoltre, realizzata con elementi di minimo ingombro visivo e di colorazione coerente con il contesto paesistico. Ad integrazione della recinzione di nuova

costruzione, è prevista la realizzazione di varchi di accesso; essi saranno costituiti ciascuno da un cancello pedonale e da un cancello carrabile per un agevole accesso all'area d'impianto.

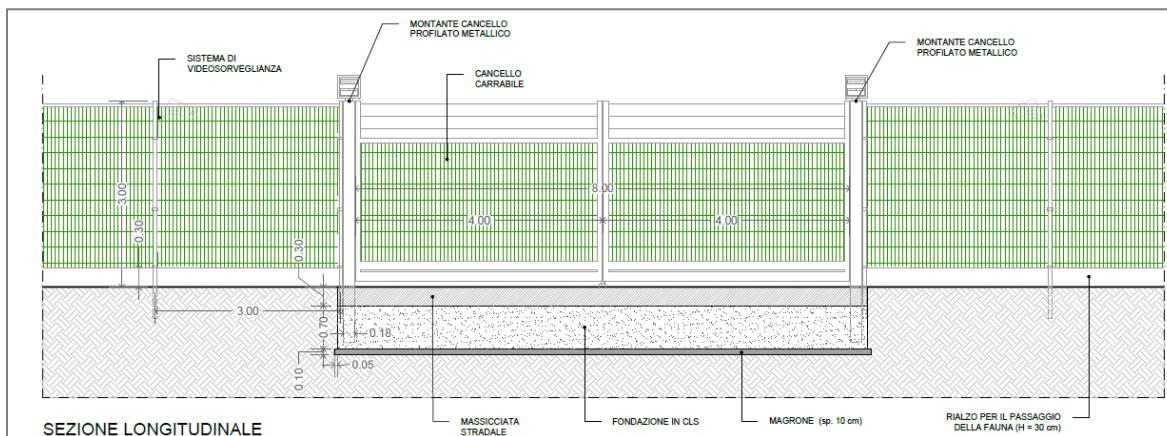
Figura 3.2 - Tipico recinzione



I cancelli di accesso all'impianto di nuova installazione sono costituiti da una parte carrabile e una parte pedonale. Per quanto riguarda la parte carrabile, il cancello prevede due ante con sezione di passaggio pari ad almeno 8 m di larghezza e 3,0 m di altezza. L'accesso pedonale prevede una sola anta di larghezza minima almeno 0,90 m e altezza 3,0 m. I montanti saranno realizzati con profilati metallici e dovranno essere marcati CE.

Il tamponamento sarà conforme alla tipologia di recinzione utilizzata e la serratura sarà di tipo manuale. Il materiale dovrà essere acciaio rifinito mediante zincatura a caldo.

Figura 3.3 - Tipico accesso



3.4.4 Viabilità interna di servizio

In assenza di viabilità esistente adeguata sarà realizzata una strada in misto granulometrico (larghezza carreggiata netta di ca. 4 m) per garantire l'ispezione dell'area di impianto dove necessario e per l'accesso alle piazzole delle cabine.

La scelta della tipologia pacchetto stradale è stata valutata in base alle caratteristiche geotecniche del terreno, alla morfologia del sito, alla posizione ed accessibilità del sito.

Le opere viarie saranno costituite da una regolarizzazione di pulizia del terreno con uno scotico del piano campagna di 0.3 m, fornitura e posa di uno strato di sottofondo di Tout-Venant di spessore pari a 0,20 m e dalla fornitura e posa in opera di inerti tipo ghiaia con pezzatura 12/22 mm, per uno spessore pari a 0.10.

4 DATI DI RIFERIMENTO

4.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

L'area di progetto non è stata soggetta a una campagna investigativa topografica e fotogrammetrica; perciò, sono stati utilizzati i modelli digitali del terreno della Regione Veneto con risoluzione 5x5 metri ottenuti dal Geoportale dei Dati Territoriali Regionale (<https://idt2.regione.veneto.it/idt/downloader/download>).

4.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Veneto – Geoportale Regione Veneto;
- Autorità di bacino del Po – Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Autorità di bacino del Po – Piano di Gestione del Rischio Alluvione (PGRA);
- ARPAV – Le precipitazioni di massima intensità annuale;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO - HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual" pubblicato da FHWA (Federal highway administration- US Department of transportation);
- PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE (Art. 121, Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale") NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE - Allegato A3 alla Deliberazione del Consiglio Regionale n. 107 del 5/11/2009 e successive modifiche e integrazioni – Aggiornamento ad AGOSTO 2021;
- Linee guida per le valutazioni di compatibilità idraulica della Regione Veneto;
- Variante n. 1 al Piano degli Interventi, Piano Regolatore Comunale, L.R. 11/2004 e s.m.i. – Elaborato adeguato alla delibera del Consiglio Comunale n. 4 del 29.04.2020.

5 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

5.1 VINCOLO PAESAGGISTICO

L'art 63 della Variante n.1 del Piano Interventi del Comune di Fratta Polesine riporta l'art 142, lett c), D. Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", il quale disciplina al comma 2: *"Sono sottoposti a vincolo paesaggistico: fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna"*.

Come si può osservare nella Figura 5-1, l'area catastale non interferisce in alcun modo con i corpi idrici idrici soggetti a vincolo paesaggistico, ne con la loro fascia di rispetto.

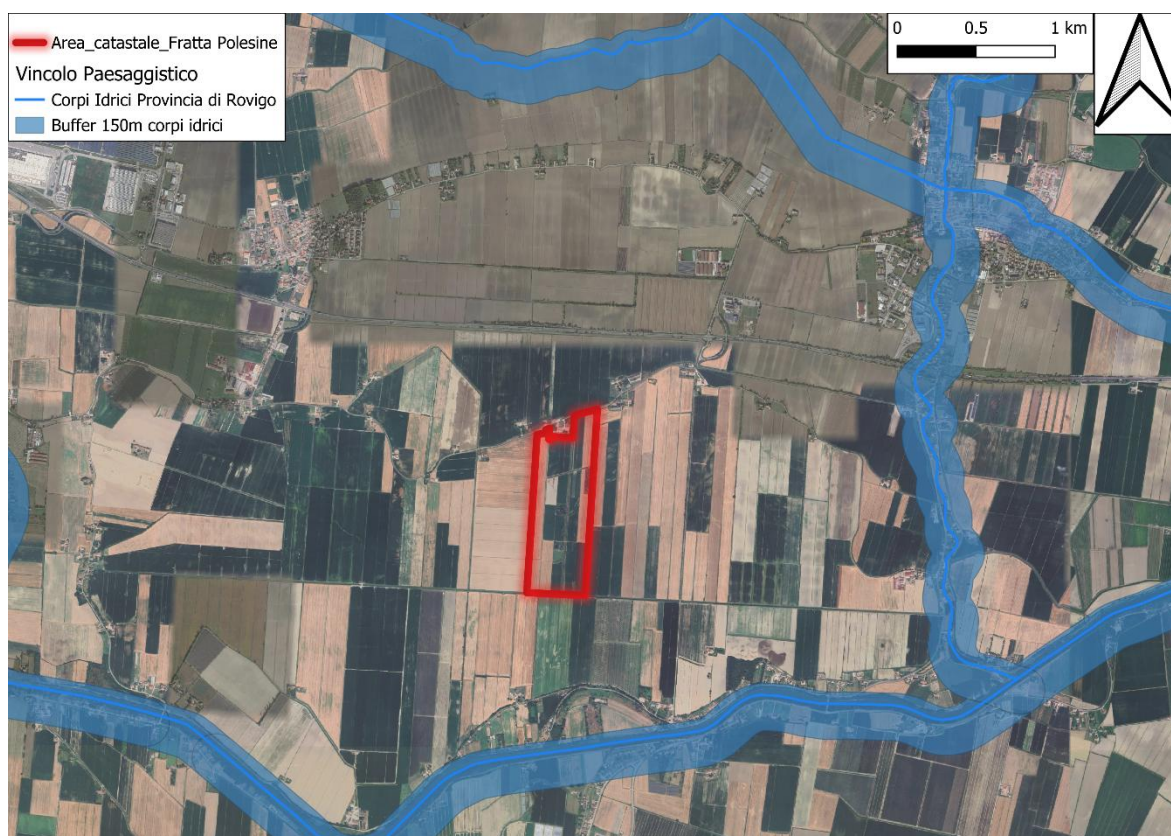


Figura 5-1: Inquadramento dell'area di impianto rispetto ai corpi idrici soggetti a vincolo paesaggistico

5.2 CORRIDOI ECOLOGICI

L'art 72 della Variante n. 1 del Piano Interventi del Comune di Fratta Polesine riguarda gli elementi della rete ecologica comunale, riportati negli elaborati grafici di riferimento 03a/03b – Vincoli e

tutele, scala 1:5000, di cui si riporta uno stralcio nella Figura 5-2. In tali elaborati vengono riportate le fasce di rispetto idraulico, normate dall'arr. 6o dello stesso Piano, il quale disciplina:

"1. Per la rete idrografica presente nel territorio comunale e relativa servitù idraulica è prescritta l'osservanza dei disposti specificati di cui al R.D. 368/1904 e al R.D. 523/1904.

2. In conformità all'Art. 96 del R.D. 25 luglio 1904, n. 523:

a. va mantenuta libera da qualsiasi impedimento e ostacolo al transito dei mezzi manutentori, una fascia di almeno m 4,00 a partire dal piede dell'unghia arginale o dal ciglio del corso d'acqua, fatto salvo quanto specificatamente previsto dai Consorzi di Bonifica competenti;

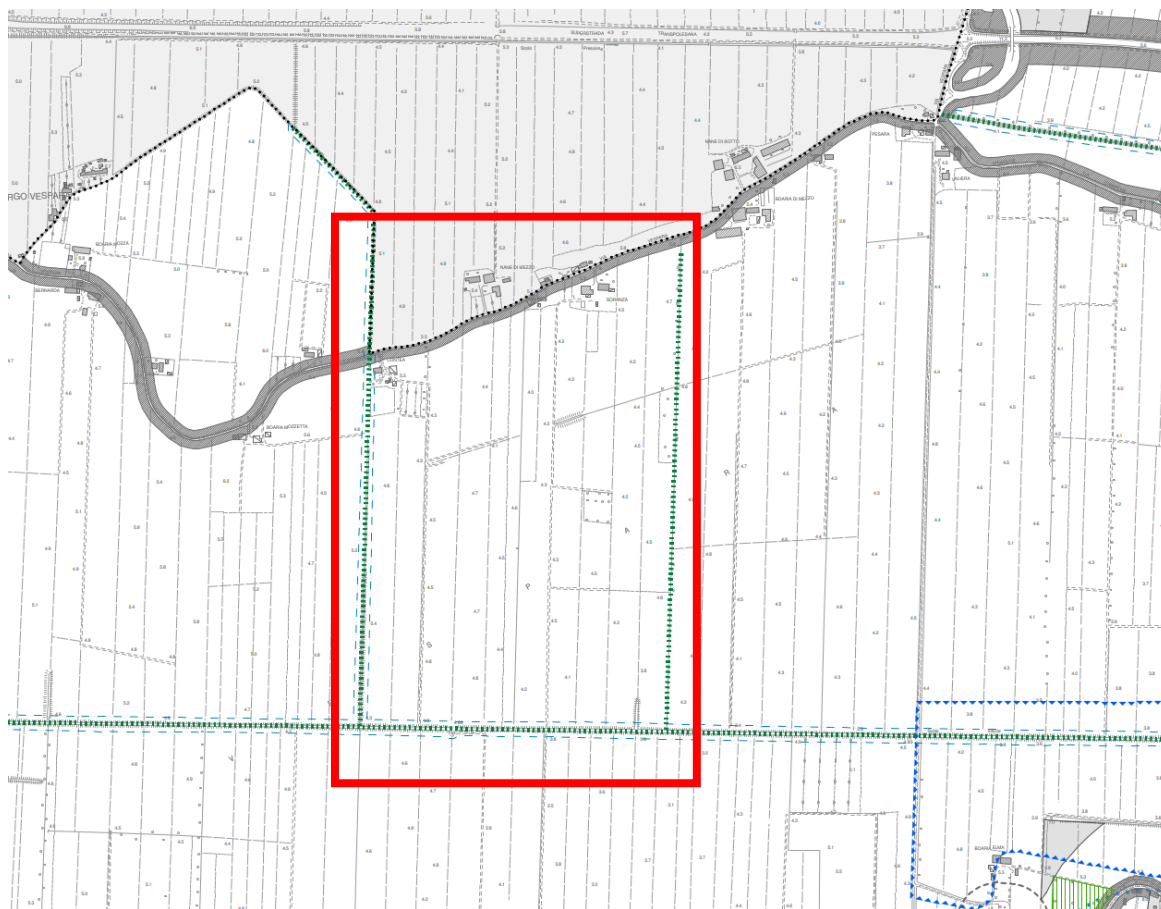
b. sono previste fasce di rispetto idrauliche inedificabili di m 10,00 su entrambi i lati del corso d'acqua, a partire dal piede dell'unghia arginale o del ciglio del corso d'acqua, con riduzione di tale limite solo previa deroga autorizzata dal Genio Civile.

3. In conformità all'Art. 133 del R.D. 8 maggio 1904, n. 368, per gli scoli ed altri corsi d'acqua minori:

a. sono previste fasce di rispetto idrauliche inedificabili di m 10,00 su entrambi i lati dei corsi d'acqua, a partire dal piede dell'unghia arginale o dal ciglio del corso d'acqua con riduzione di tale limite solo previa deroga autorizzata dal Consorzio di Bonifica competente.

L'area catastale risulta interessata da diverse fasce di rispetto idraulico, ma pannelli e strutture elettriche non andranno a interferire con esse."

Come si può osservare nella Figura 5-2, l'area catastale risulta interessata da diverse fasce di rispetto, ma pannelli e strutture elettriche non interferiranno con esse.



VINCOLI IDRAULICI E IDROGEOLOGICI



Aree soggette ad inondazioni periodiche - art. 33 N.T. P.A.T.I.



Aree a pericolosità idraulica P1 in riferimento al P.A.I. - art. 33 N.T. P.A.T.I.



Fascia di rispetto idraulico - art. 60 N.T.O.

Figura 5-2: Vincoli idraulici e idrogeologici P.I. Comune di Fratta Polesine

5.3 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'area di progetto si inserisce nel territorio che era di competenza del Bacino interregionale del Fissero-Tartaro-Canalbianco, che si estende nel territorio delle Regioni Lombardia e Veneto, ed è sommariamente circoscritto dal corso del fiume Adige a nord e dal fiume Po a sud, e ricompreso tra l'area di Mantova a ovest, ed il Mare Adriatico a est.

La Regione del Veneto e la Regione Lombardia, con apposita intesa approvata da entrambi i Consigli Regionali, rispettivamente con deliberazioni n. 1024 del 24 novembre 1994 e n. V/1129 del 26 luglio 1994, hanno formalmente istituito l'Autorità di Bacino del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbianco, divenuta operativa dal mese di febbraio 1998.

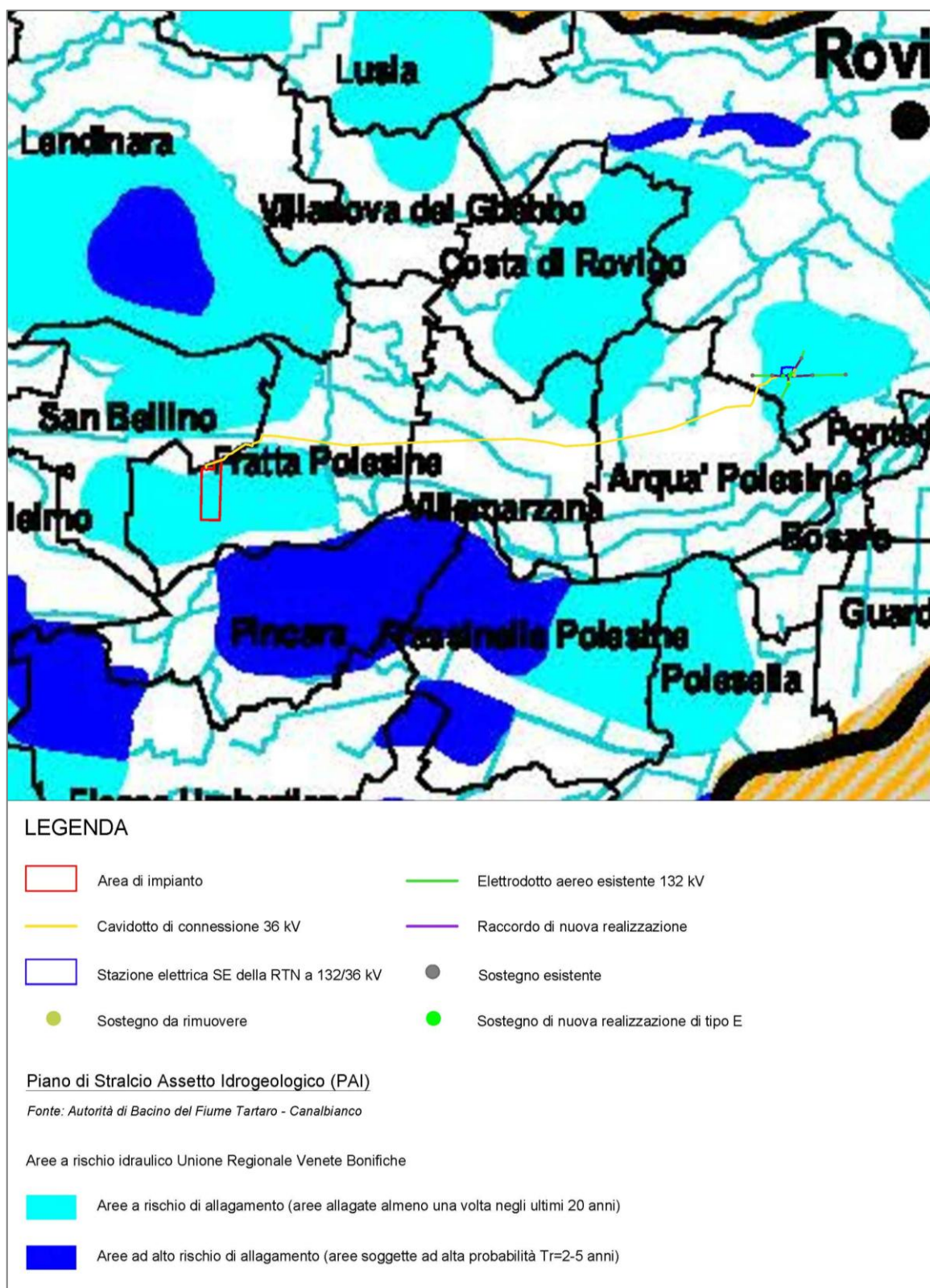


Figura 5-3: Stralcio della "Carta del rischio idraulico unione regionale veneta bonifiche" (fonte: Progetto di Piano Fissero-Tartaro-Canalbianco)

La superficie in cui avrà sede l'impianto agrivoltaico ricade entro le Aree a rischio di allagamento (aree allagate almeno una volta negli ultimi 20 anni), così come si può evincere dallo stralcio appena riportato, della "Carta del rischio idraulico Unione regionale veneta bonifiche" tratta dal Progetto di Piano. All'interno della Relazione allegata al progetto di Piano (Cap 2.4.6), si riporta: *"Questa documentazione, non sempre redatta su basi e con criteri omogenei, è stata utile per un inquadramento generale del problema e per una prima individuazione delle aree potenzialmente esposte al rischio di alluvione nell'ambito territoriale considerato. Essa, tuttavia, non appare sufficientemente strutturata per costituire, da sola, punto di riferimento per l'individuazione delle zone inondabili e per la definizione dei vincoli da introdurre per supportare in modo corretto la futura politica di pianificazione territoriale."*

Per questa ragione, le NTA del progetto di Piano non prevedono alcuna limitazione a carico delle suddette aree.

Tuttavia, vista l'integrazione del Bacino Fissero-Tartaro-Canalbianco ai territori sotto la giurisdizione dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, e visto che il processo di inclusione del Bacino del Fissero-Tartaro-Canalbianco è tutt'ora in corso, per completezza di informazione si riporta quanto dettato dalle NTA del PAI del Bacino del Po all'art.31 per le Aree ricadenti in fascia C. La fascia C indica l'"Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B - Fascia di esondazione, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento".

Per la delimitazione di tale fascia fluviale è stata assunta come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

Le NTA del PAI del Po all'art.31 per tale fascia dettano quanto segue:

Art. 31. Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.
2. I Programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.
4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.
5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.

A tal proposito si evidenzia che dall'analisi del Piano urbanistico del comune di Fratta Polesine, sede dell'impianto agrivoltaico, e dei comuni di Villamarzana, Arquà Polesine e Rovigo, in cui saranno localizzate le opere di connessione e la SE, non emerge alcun elemento ostativo alla realizzazione del progetto.

5.4 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DEL FIUME PO (ADBPO)

Gli aspetti di assetto idrogeologico a livello di distretto idrografico del PAI sono stati aggiornati mediante la predisposizione del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), anch'esso Piano stralcio del Piano di bacino, introdotto dalla Direttiva "Alluvioni" 2007/60/CE, come recepita con D.Lgs. n.49/2010, con valore sovraordinato alla pianificazione territoriale e urbanistica.

Gli elaborati cartografici del PGRA sono resi disponibili attraverso un visualizzatore webgis reso disponibile dalla ADBPO. Grazie al reperimento di tali informazioni cartografiche è stato possibile pervenire alla rappresentazione delle classi di pericolosità e di rischio inerenti alle aree di progetto di cui alle figure successive. Tra le perimetrazioni disponibili si riportano le classi di pericolosità relative al "Reticolo Principale" (RP) del Bacino Po (ITN008) e al "Reticolo secondario di pianura" (RSP) del Bacino Fissero-Tartaro-Canalbiano (ITL026).

Come si può osservare in Figura 5-4, gli interventi di progetto ricadono completamente in classe di pericolosità alluvioni rare (P₁) sia per l'area di impianto sia per il cavidotto di connessione e la SE.

La Figura 5-5 mostra una situazione di rischio non mappato per l'area appartenente al "Reticolo secondario di pianura" del bacino Fissero-Tartaro-Canalbiano, in cui ricadono l'impianto agrivoltaico e la prima parte del cavidotto di connessione, e una situazione di rischio mappato per l'area appartenente al "Reticolo Principale" del Bacino Po, in cui ricadono il resto del cavidotto di connessione, ricadente sotto strada sopra superfici quasi esclusivamente appartenenti a classi di rischio medio (R₂) e in piccola parte a classi di rischio moderato (R₁), e l'area della SE, ricadente sopra aree di rischio moderato (R₁).

A mente delle NTA del PAI integrate a seguito dell'approvazione del PGRA di cui alla Del. C.I. n.5/2016 (Allegato 1) innanzi cit., tali mappe costituiscono un aggiornamento del quadro conoscitivo del PAI, nonché quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI: ai Comuni è pertanto demandato l'adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici, in conformità a tale aggiornamento.

Si sottolinea che il cavo di connessione, in prossimità delle aree mappate, si estenderà sotto la pubblica viabilità e che le attività di posa dello stesso non determineranno alcuna modifica morfologica del contesto. Per il posizionamento delle linee si prevedono lavori di scavo a sezione ristretta, di profondità pari a circa 1 metro e, al massimo, di 1,5 metri.

In corrispondenza degli elementi idrici verrà utilizzata la tecnologia trivellazione orizzontale controllata (TOC), tecnologia "no-dig" che permette la posa in opera dei cavi in maniera teleguidata, senza eseguire scavi a cielo aperto.

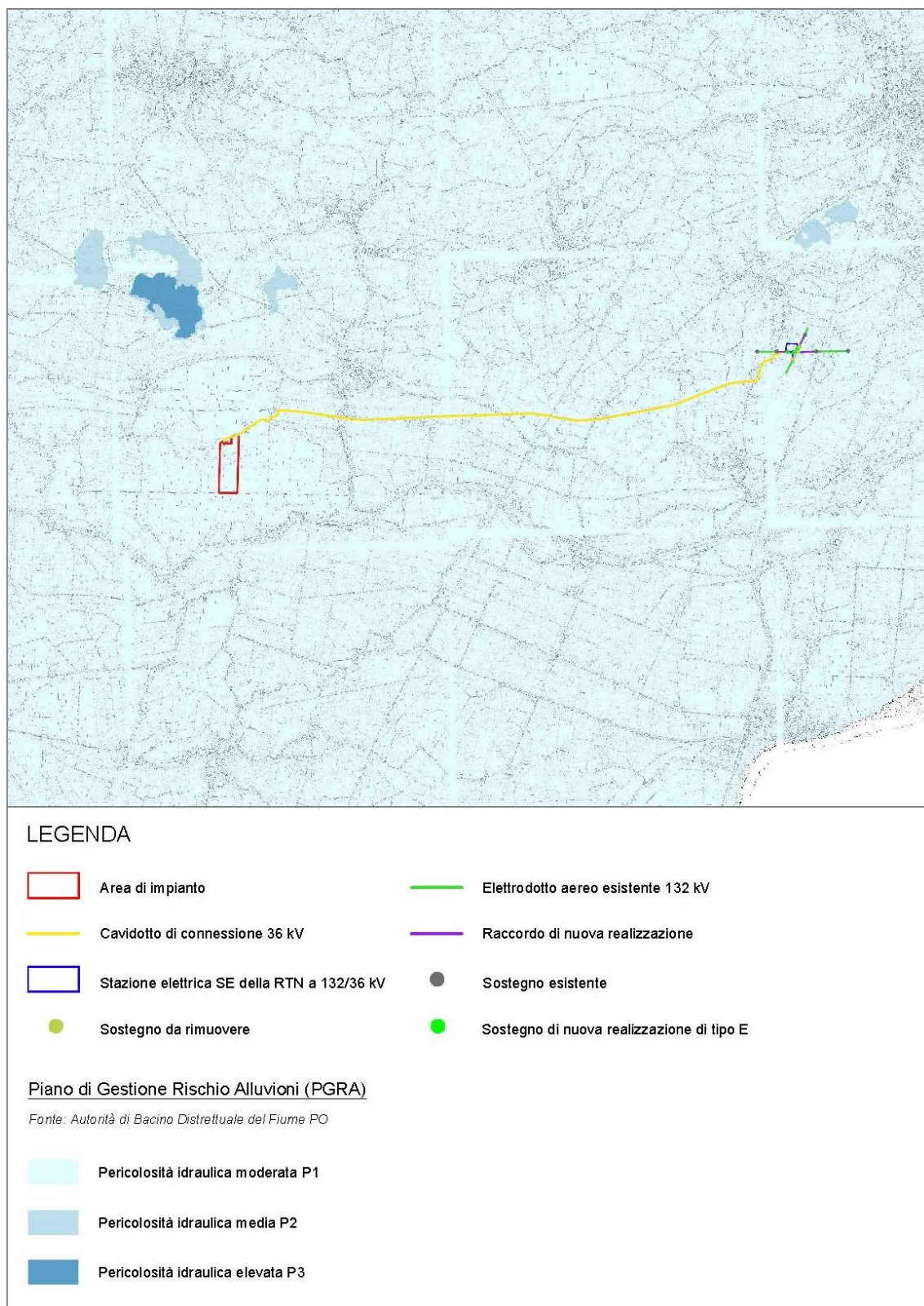


Figura 5-4: Distretto del fiume Po – Estensione dell'area allagabile, PGRA 2021 (non in scala)

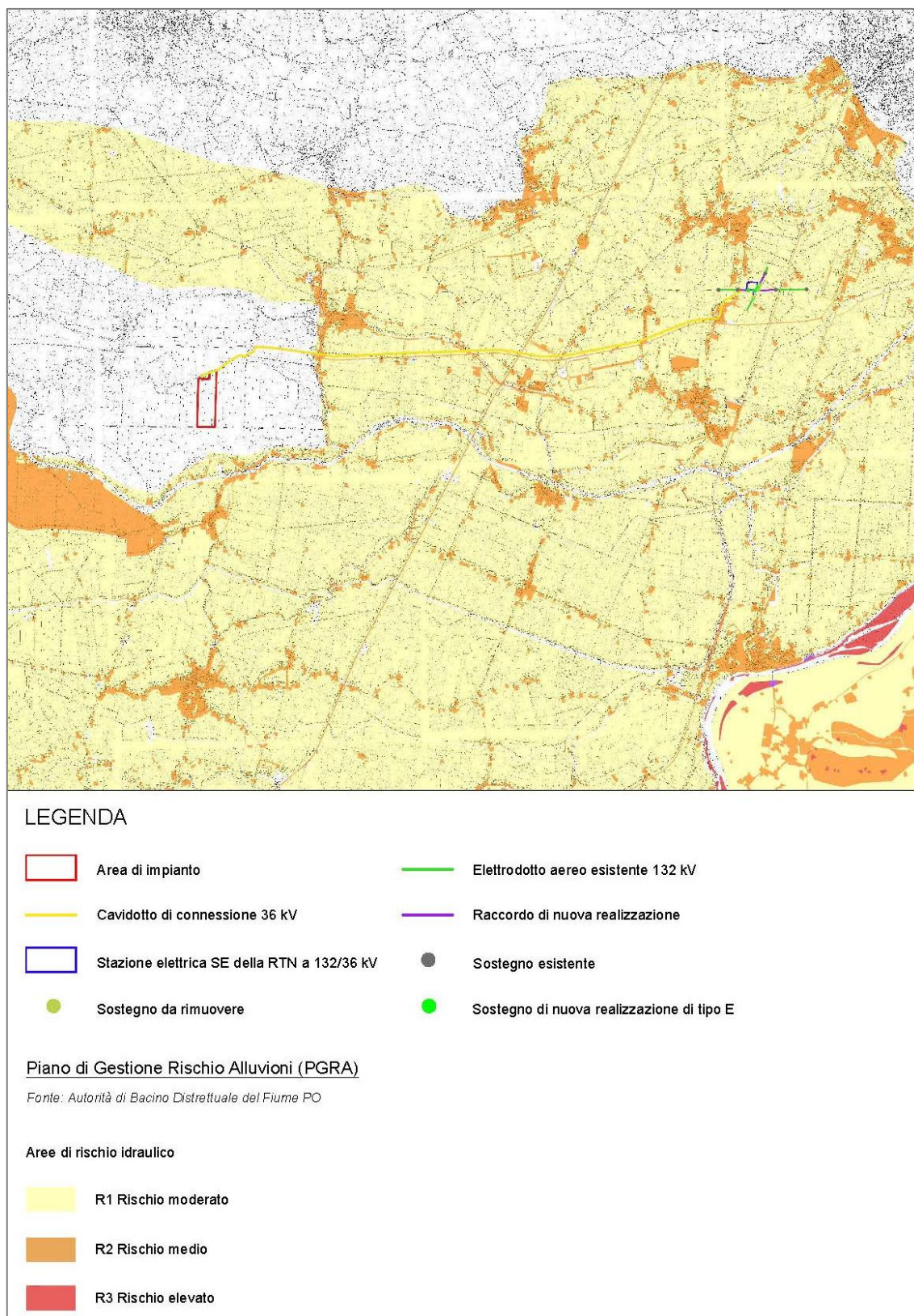


Figura 5-5: Distretto del fiume Po – Classi di rischio, PGRA 2021 (non in scala)

6 STUDIO IDROLOGICO

In questo paragrafo si riportano le basi per il dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento. Lo studio idrologico-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per vari tempi di ritorno;
- Determinazione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto.

6.1 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno. Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta. Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni. Poiché la durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 20 anni, il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 50 anni.

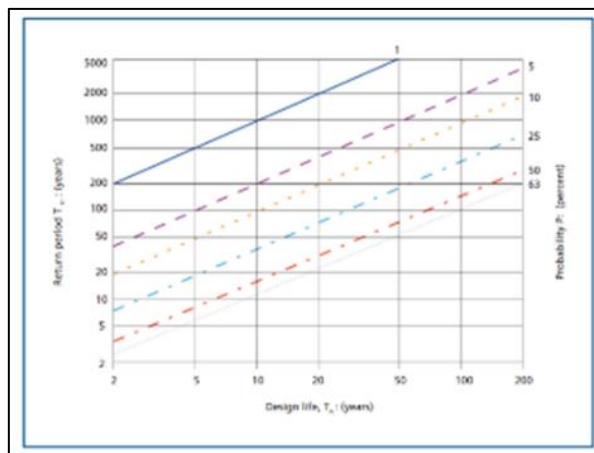


Figura 6-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

6.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Per la valutazione degli eventi di piena, si è fatto riferimento a schemi di valutazione teorica basati sulla determinazione indiretta derivata dai valori delle precipitazioni (il criterio assunto è quello di attribuire alle piene calcolate la stessa variabilità delle precipitazioni che le hanno generate). Sono stati quindi sfruttati i dati pluviometrici contenuti sul sito ARPAV: Per ciascuna stazione pluviometrica automatica operativa sul territorio regionale da almeno dieci anni, riportate nella Figura 6-2 sono stati estratti i massimi valori annuali per le precipitazioni della durata di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti, 1, 3, 6, 12 e 24 ore, 1, 2, 3, 4 e 5 giorni.

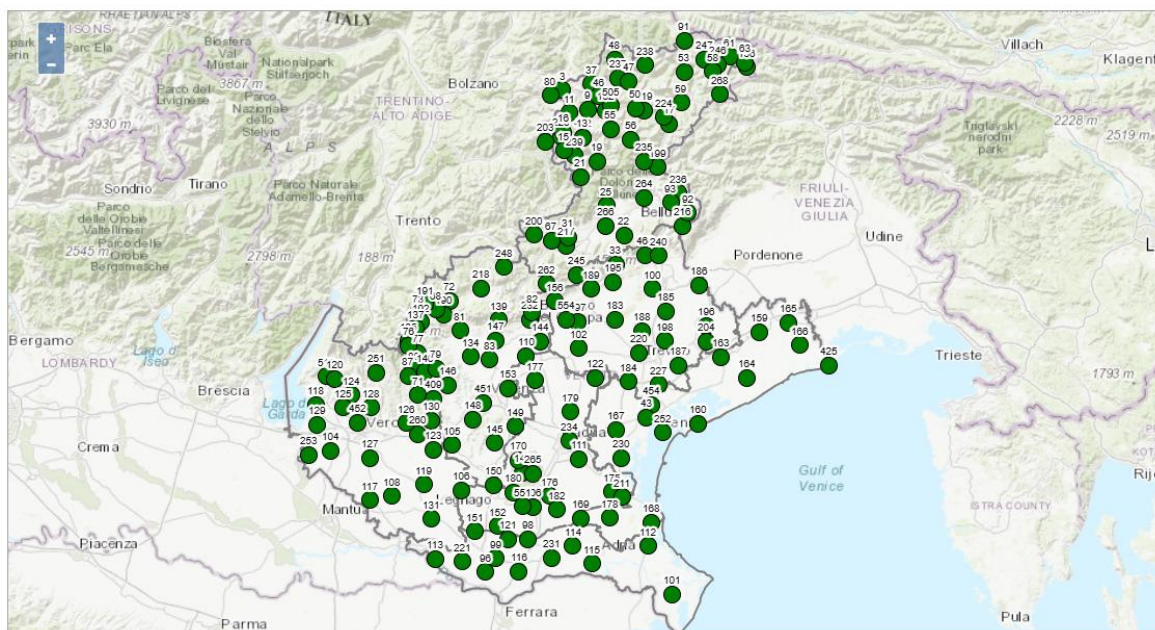


Figura 6-2: Mappa delle stazioni pluviometriche Veneto

I valori delle massime precipitazioni annuali per varie durate temporali relative all'intero periodo di funzionamento della stazione pluviometrica sono stati utilizzati per stimare una relazione probabilistica tra i quantitativi di precipitazione caduti in un determinato intervallo di tempo e i tempi di ritorno. Per la valutazione del tempo di ritorno è necessario procedere alla regolarizzazione statistica dei dati di precipitazione disponibili individuando la distribuzione teorica di probabilità che meglio si accorda con i valori misurati. Tipicamente per la regione Veneto viene utilizzata la distribuzione di Gumbel nota anche come distribuzione dei valori estremi di tipo 1 (EV1) o legge doppio esponenziale. Questa distribuzione è rappresentata da una retta in un'apposita carta probabilistica, in cui si utilizza come unità delle ascisse la cosiddetta variabile ridotta y . La variabile ridotta y è funzione del solo tempo di ritorno (Tr) secondo la seguente relazione:

$$y = -\ln \left(-\ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right)$$

Conseguentemente i valori assunti dalla variabile ridotta y per i tempi di ritorno tipicamente utilizzati sono i seguenti:

Tabella 6-1: Valori di y per vari Tr

Tr [anni]	y [-]
2	0.367
5	1.500
10	2.250
20	2.970
30	3.384
50	3.902

La retta interpolante che descrive la relazione tra quantitativo di precipitazione (h - espresso in mm) e la variabile ridotta y , a sua volta funzione della probabilità di non superamento (Tr), è tracciata con il metodo proposto da Gumbel, che utilizza la retta intermedia passante per il baricentro dei dati del campione e la cui pendenza è la media geometrica delle due pendenze ottenibili effettuando la regressione lineare rispetto alle ascisse ed alle ordinate dei valori. La relazione di tali rette regolarizzate è espressa nella forma:

$$h = \mu + \alpha \cdot y$$

dove μ e α sono i due parametri della distribuzione Gumbel.

L'area di studio, indicata con il cerchio rosso nella Figura 6-3, risulta collocata in prossimità di quattro diverse stazioni pluviometriche: San Bellino, Frassinelle Polesine, Concadirame e Luisa.

Per ognuna delle stazioni sono disponibili sul sito ARPAV le curve di possibilità pluviometrica, riportate nelle: Figura 6-4, Figura 6-5, Figura 6-6 e Figura 6-7.

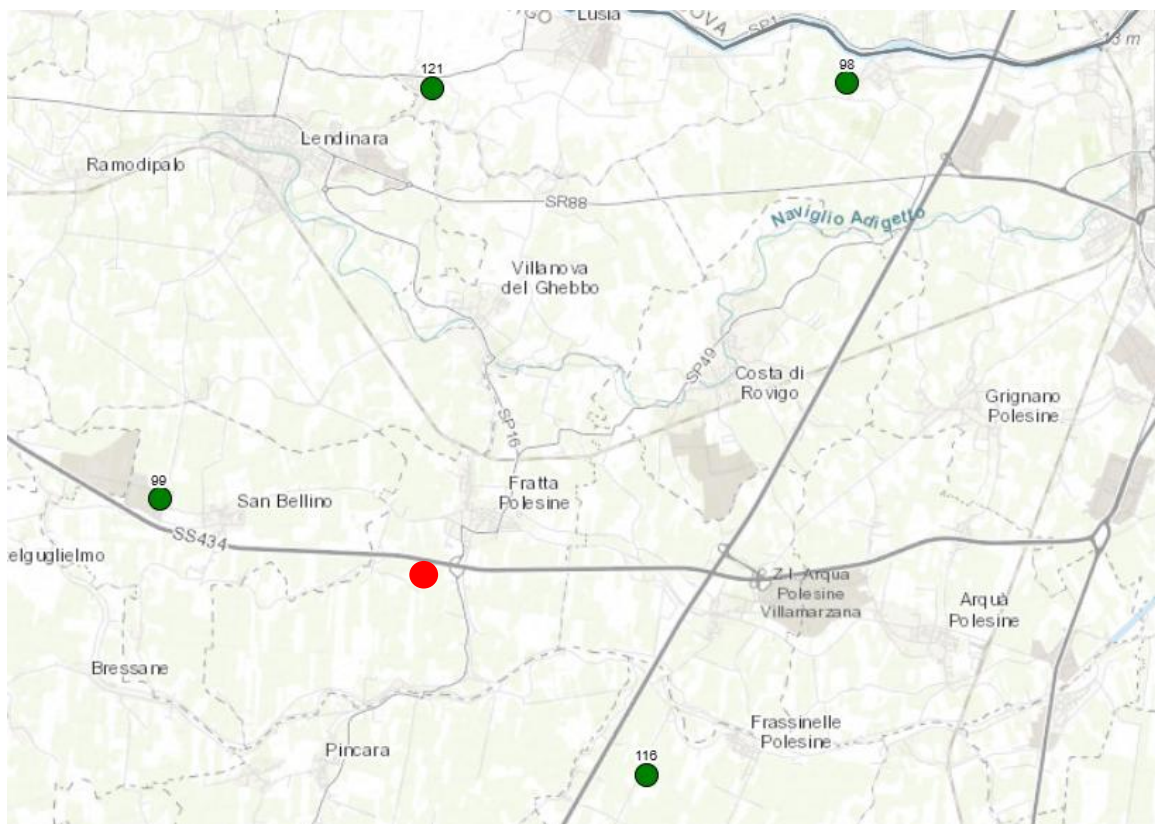


Figura 6-3: Stazioni pluviometriche in prossimità dell'area di impianto

Parametri delle curve di possibilità pluviometrica con durata 1-24h (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	29.99	0.202
5 anni	44.683	0.195
10 anni	54.405	0.192
20 anni	63.728	0.19
50 anni	75.795	0.189

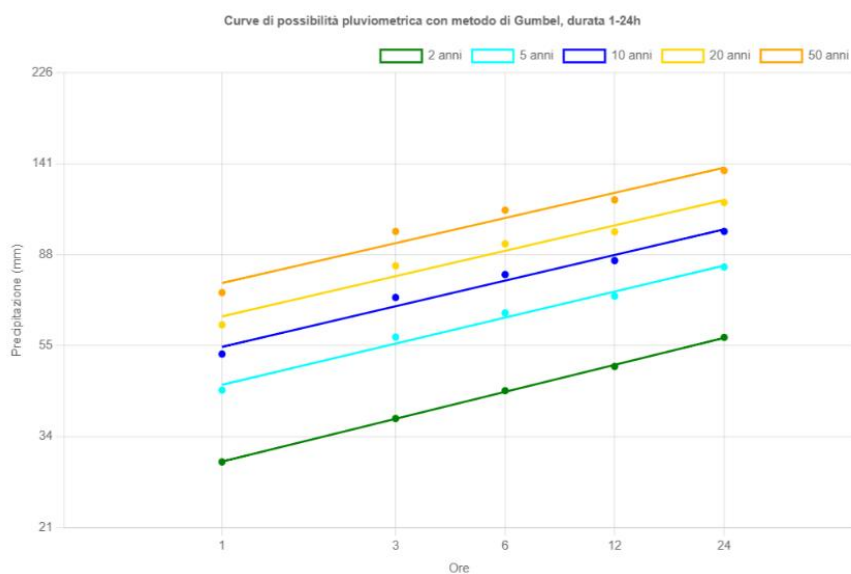


Figura 6-4 : Curve di possibilità pluviometrica – Stazione Concadirame

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	29.918	0.204
5 anni	42.563	0.182
10 anni	50.944	0.173
20 anni	58.987	0.166
50 anni	69.401	0.16

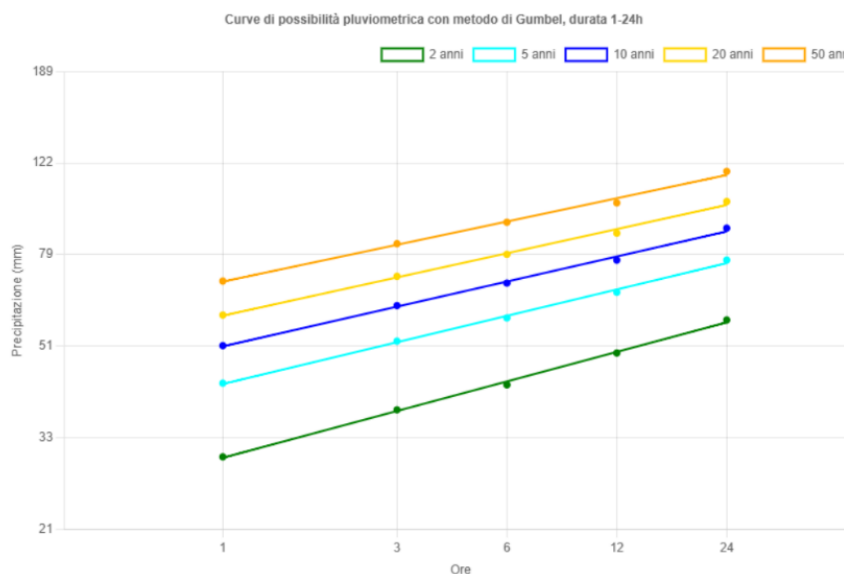


Figura 6-5 : Curve di possibilità pluviometrica – Stazione San Bellino

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	27.746	0.204
5 anni	36.739	0.212
10 anni	42.684	0.215
20 anni	48.383	0.218
50 anni	55.757	0.22

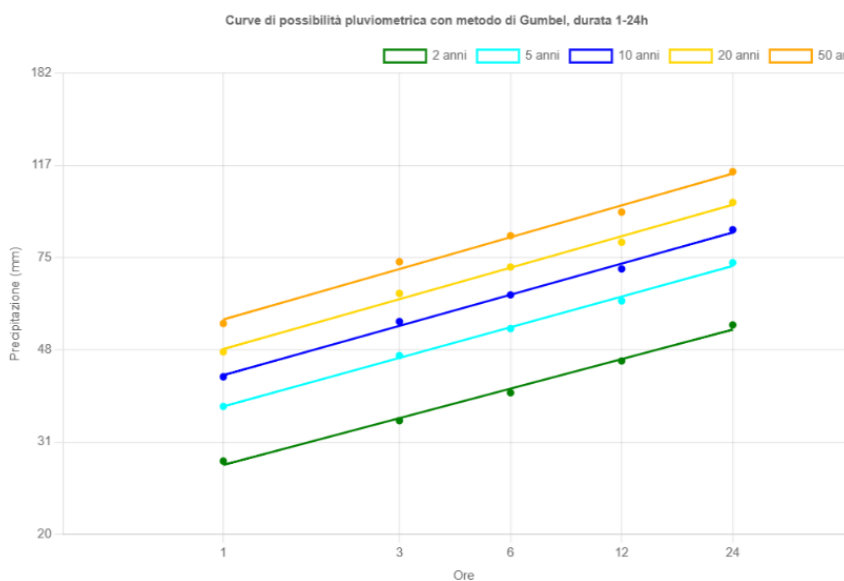


Figura 6-6 : Curve di possibilità pluviometrica – Stazione Frassinelle Polesine

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)

Tempo di ritorno	a	n
2 anni	30.337	0.21
5 anni	46.625	0.222
10 anni	57.351	0.227
20 anni	67.62	0.23
50 anni	80.895	0.232

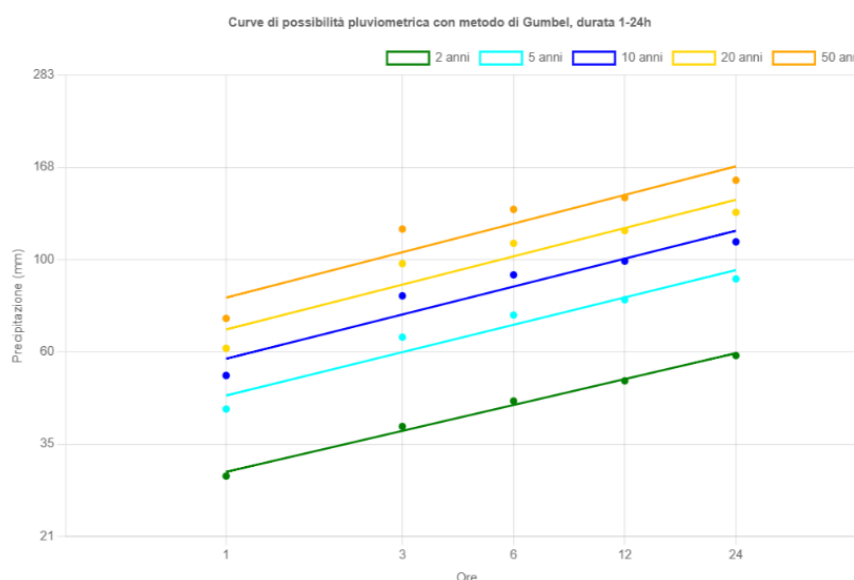


Figura 6-7: Curve di possibilità pluviometrica – Stazione Luisa

Per la definizione dell'altezza di precipitazione in corrispondenza dell'impianto fotovoltaico è stata effettuata un'analisi della distribuzione spaziale della precipitazione. A tal fine viene indicata con h la precipitazione ragguagliata (mediata) sull'area di studio e con h_i la precipitazione puntuale nell' i -esimo pluviometro. La precipitazione ragguagliata può essere stimata usando la relazione generale:

$$h = \frac{\sum_i (w_i h_i)}{\sum_i w_i}$$

dove w_i indicano i pesi assegnati alle singole stazioni pluviometriche. Frequentemente i pesi w_i sono regolarizzati facendo in modo che risulti $\sum_i w_i = 1$. Il metodo per la stima dei pesi utilizzato è il metodo dell'inverso delle distanze. Il metodo si basa sull'ipotesi che in ciascun punto dell'area considerata la precipitazione possa essere stimata sulla base di tutte le precipitazioni misurate nei pluviometri attribuendo ad esse un peso pari all'inverso della distanza tra il punto e la stazione pluviometrica. il peso w_i del pluviometro i viene quindi stimato come:

$$w_i = \frac{\sum_i 1/d_i^2}{\sum_{j=1,n} 1/d_j^2}$$

Dove d_j indica la distanza tra il centroide dell'area di studio e il j -esimo pluviometro, mentre n è il numero complessivo di pluviometri considerati. Sono state calcolate quindi le distanze di ognuno dei pluviometri dal centroide dell'area di impianto, come riportato nella Figura 6-8.

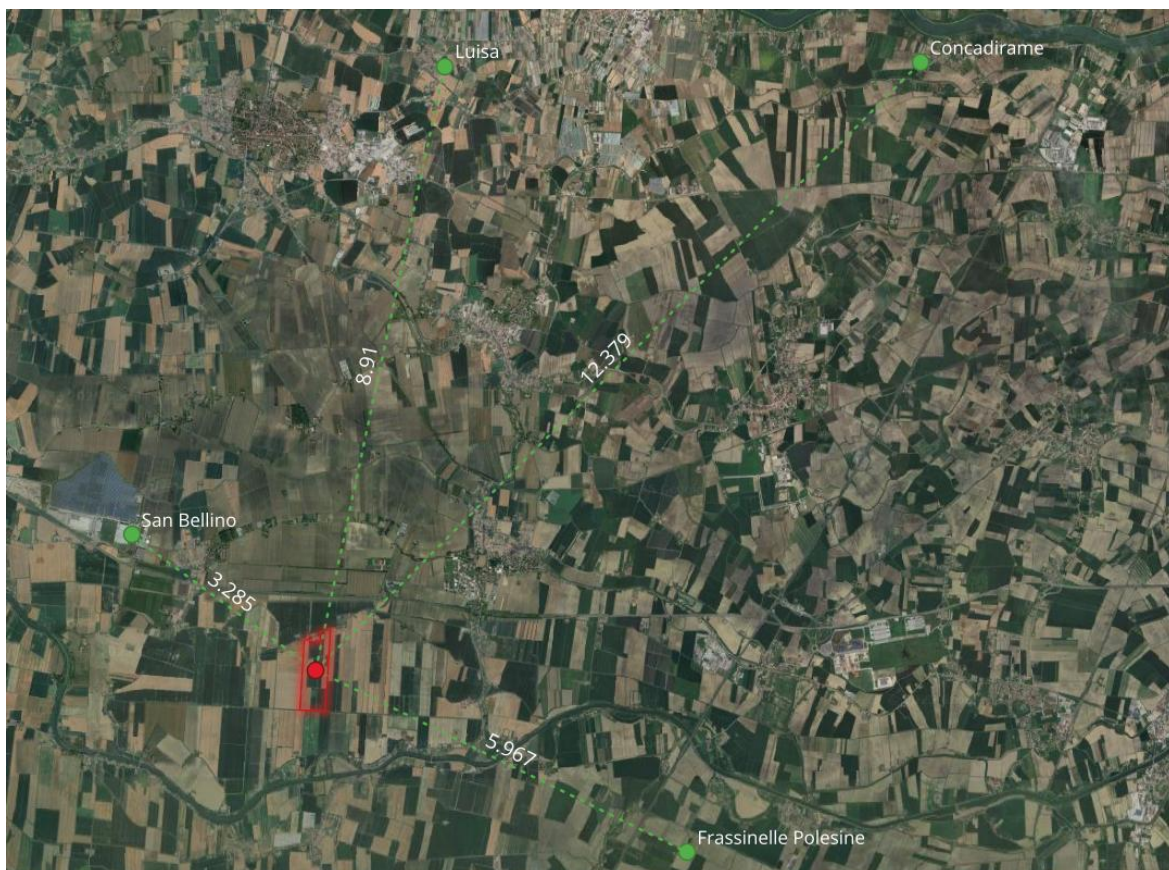


Figura 6-8: Distanze (km) tra stazioni pluviometriche e area di impianto

6.3 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO DI DRENO

Per lo studio idrologico dell'area in esame è stato utilizzato QGIS, un software GIS (Geographic Information System) che permette di analizzare e editare dati spaziali e di generare cartografia. QGIS supporta sia dati vettoriali che dati raster e integra al suo interno gli algoritmi di processing di altri progetti open source, come GRASS GIS e SAGA GIS. A partire dal DTM (5x5 m) è stato possibile ottenere tre mappe utili per effettuare le analisi idrologiche:

- Drain ("drainage direction": mappa delle linee di drenaggio, in cui il valore attribuito ad ogni cella restituisce un'informazione riguardo la direzione verso cui l'acqua si muove;
- TCA (total contributing area, "number of cells that drain through each cell"): mappa in cui il valore attribuito ad ogni cella restituisce un'informazione riguardo il numero di celle presenti a monte della cella cliccata.
- Stream segments: mappa delle aste fluviali.

Grazie all'ausilio delle tre mappe è stato possibile ottenere la rappresentazione del bacino idrografico che drena le acque verso l'area di progetto, riportato nella Figura 6-9, dove in rosa è stata evidenziata l'asta fluviale principale.

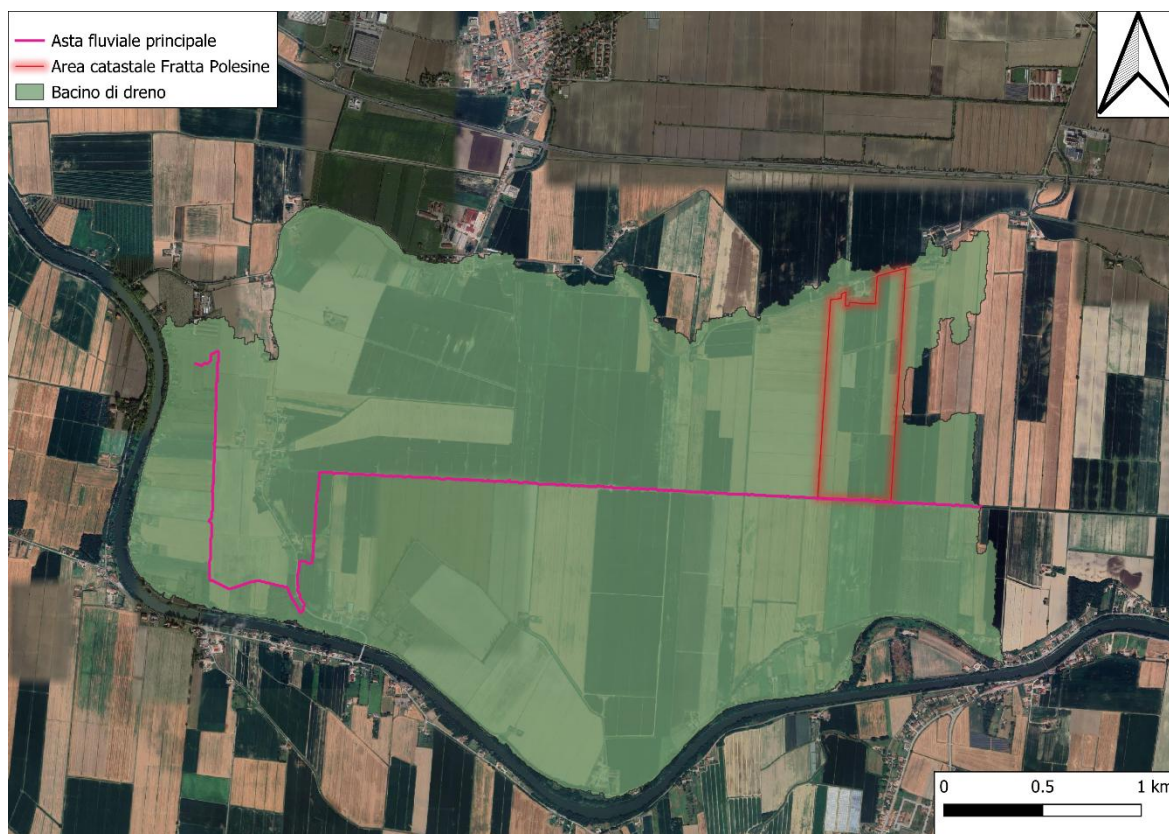


Figura 6-9: Individuazione del bacino di dreno

6.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

Al fine di ottenere un valore da assegnare al tempo di precipitazione per studiare lo ietogramma di progetto, è stato stimato il tempo di corrivazione del bacino confrontando diverse espressioni empiriche. Il tempo di corrivazione è definito come il tempo necessario per la goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura, per cui rappresenta una stima del tempo necessario affinché tutto il bacino contribuisca al deflusso.

Le caratteristiche del bacino sono state riportate nella Tabella 6-2.

L	[km]	6.566
H_{\min}	[m s.l.m.]	3.10
H_{\max}	[m s.l.m.]	11.60
H	[m s.l.m.]	8.50
i	[%]	0.38
S	[km ²]	8.556
H_m	[m s.l.m.]	5.03

Tabella 6-2: Caratteristiche del bacino

Dove L è la lunghezza dell'asta principale evidenziata in rosa nella Figura 6-9, i è la pendenza dell'asta principale, S è la superficie del bacino, V è una velocità caratteristica della particella

d'acqua assunta pari a 1 m/s, mentre H è il dislivello altimetrico tra l'inizio (H_{\max}) e la fine (H_{\min}) dell'asta principale e H_m è la quota altimetrica media del bacino.

Le relazioni confrontate sono le seguenti:

Relazione	Formula	Tempo di corrivazione [h:mm]
Kirpich	$T_c = 0.0195 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{\frac{H}{L}}} \right)^{0.77}$	3.656
Giandotti	$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - h_{\min}}}$	19.374
Viparelli	$T_c = L/3.6 V$	1.824
VAPI	$T_c = 0.212 \cdot S^{0.231} \cdot \left(\frac{H_m}{i} \right)^{0.289}$	2.783
Ventura	$T_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$	6.049
Pasini	$T_c = \frac{0.108}{\sqrt{i}} (S \cdot L)^{1/3}$	6.724
SCS	$T_c = 0.00227(1000L)^{0.8} \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7} i^{-0.5}$	11.53

Tabella 6-3: Formule utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino

I valori di tempo di corrivazione ottenuti sono stati riportati nella Tabella 6-3. Valutate la dimensioni e le caratteristiche delle aree in oggetto, si è scelto di utilizzare a favore di sicurezza la relazione di Viparelli, che restituisce il valore inferiore di tempo di corrivazione. Assumere un valore inferiore della durata di precipitazione permette infatti di considerare un evento più intenso rispetto a quello che si otterrebbe considerando un evento di durata superiore.

Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un tempo di ritorno di 50 anni e per una durata di precipitazione pari a 2 ore si ottengono le altezze di precipitazione riportate nella Tabella 6-4 per ognuna delle stazioni considerate. Applicando il metodo dell'inverso della distanza come descritto nel 6.2, si ottiene un'altezza media di precipitazione pari a 77 mm, corrispondente ad una intensità di precipitazione pari a 38.5 mm/h.

Tabella 6-4: Calcolo dell'altezza di precipitazione con il metodo dell'inverso della distanza

Stazione Pluviometrica	d [km]	w [-]	h [mm]	w*h [mm]
SAN BELLINO	3.285	0.663	77.541	51.371
FRASSINELLE POLESINE	5.967	0.201	64.960	13.043
LUISA	8.910	0.090	95.041	8.559
CONCADIRAME	12.379	0.047	86.380	4.030
			h [mm]	77.003

6.5 COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

Il coefficiente di riduzione areale (ARF) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno. Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford riportate nella Figura 6-10, le quali forniscono per il bacino idrografico considerato, un valore pari a 0.935.

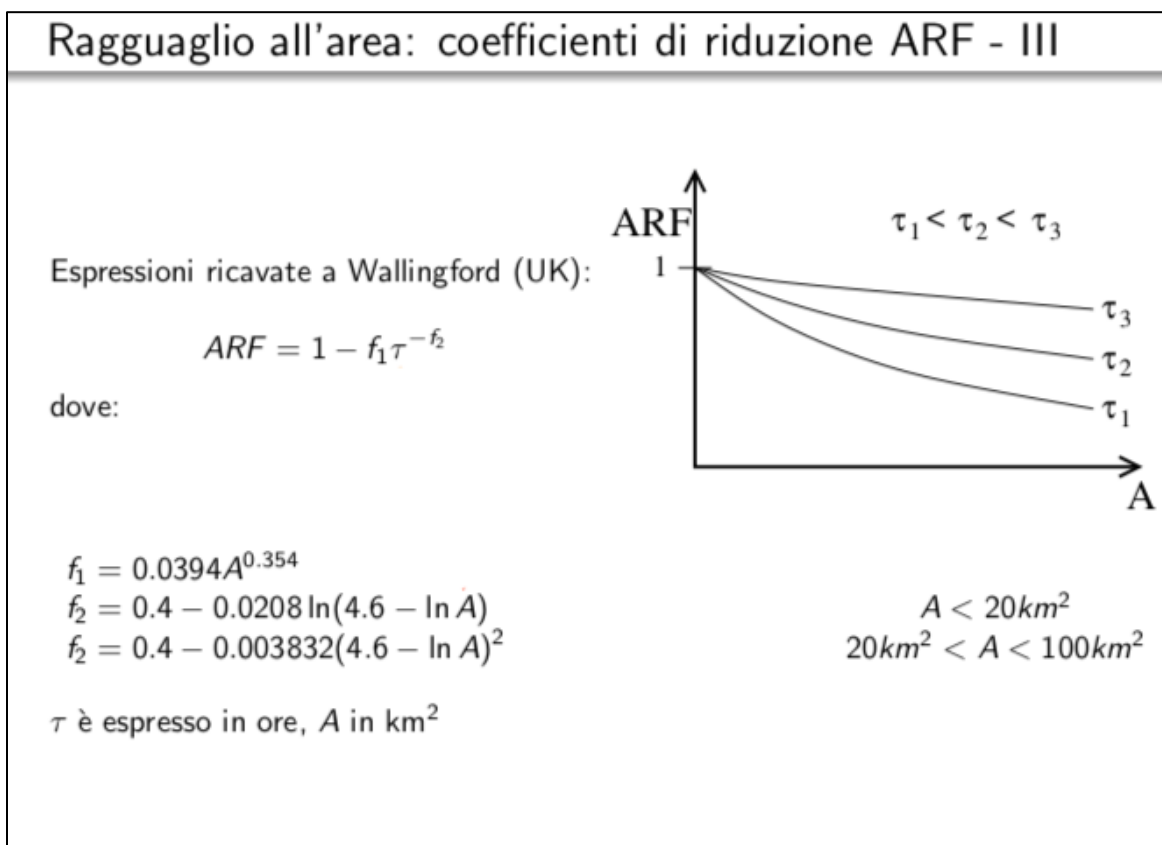


Figura 6-10: Formule di Wallingford

Applicando l'ARF alla precipitazione appena calcolata, si ottiene un'altezza media di precipitazione ragguagliata pari a 72.023 mm, corrispondente ad una intensità di precipitazione pari a 36.011 mm/h.

6.6 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso ϕ è stato stimato attraverso la metodologia del Curve Number (CN), proposta dal Soil Conservation Service (USA), sicuramente il metodo oggi più utilizzato per la stima della precipitazione netta. La relazione fondamentale del metodo del CN è la seguente:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Dove P_n [mm] è la precipitazione netta cumulata al tempo t , P [mm] è la precipitazione totale cumulata allo stesso tempo t , I_a è la cosiddetta perdita iniziale (intercezione vegetale, depressioni e detenzione superficiale, infiltrazione fino all'inizio dello scorrimento), S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione. I due parametri S e I_a si determinano mediante operazioni di taratura del modello tramite un unico parametro, chiamato CN. Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'SCS in numerosi piccoli bacini sperimentali è stata proposta la relazione empirica che lega I_a e S :

$$I_a = 0.2S$$

S è evidentemente una caratteristica del bacino, e il suo valore è normalmente attribuito attraverso l'uso del CN secondo la relazione:

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

CN è un numero adimensionale che varia da 100 per corpi idrici e suoli lisci e completamente impermeabili, a circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione. CN è essenzialmente legato a:

- Natura del suolo;
- Copertura e uso del suolo;
- Precipitazione cumulata antecedente, che surroga l'informazione sulle condizioni iniziali di umidità del suolo.

Per quanto riguarda la natura del suolo, SCS ha classificato i tipi di suolo in quattro gruppi: A, B, C, D. In particolare, il tipo idrologico A è relativo a suoli ad elevata infiltrazione, con strati da sabbiosi a siltosi aggregati, il tipo idrologico B è relativo a suoli con infiltrazione moderata, tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi. Il tipo idrologico C è relativo a suoli con infiltrazione lenta, tessitura fine, come le argille-limose con deboli strati di limo sabbioso; infine, il tipo idrologico D comprende argille plastiche e compatte con infiltrazione molto lenta. Per identificare la natura del suolo della zona di impianto è stata utilizzata la Carta del Gruppo idrologico dei suoli del Veneto, prodotta da ARPAV - Servizio Regionale Suoli e scaricabile in formato vettoriale (<https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/conoscenza-dei-suoli/carte-applicative/gruppo-idrologico>).

Come riportato nella Figura 6-11, l'area di impianto è internamente compresa in una porzione di suolo che fa parte della categoria C, caratterizzata da un deflusso superficiale potenziale moderatamente alto.

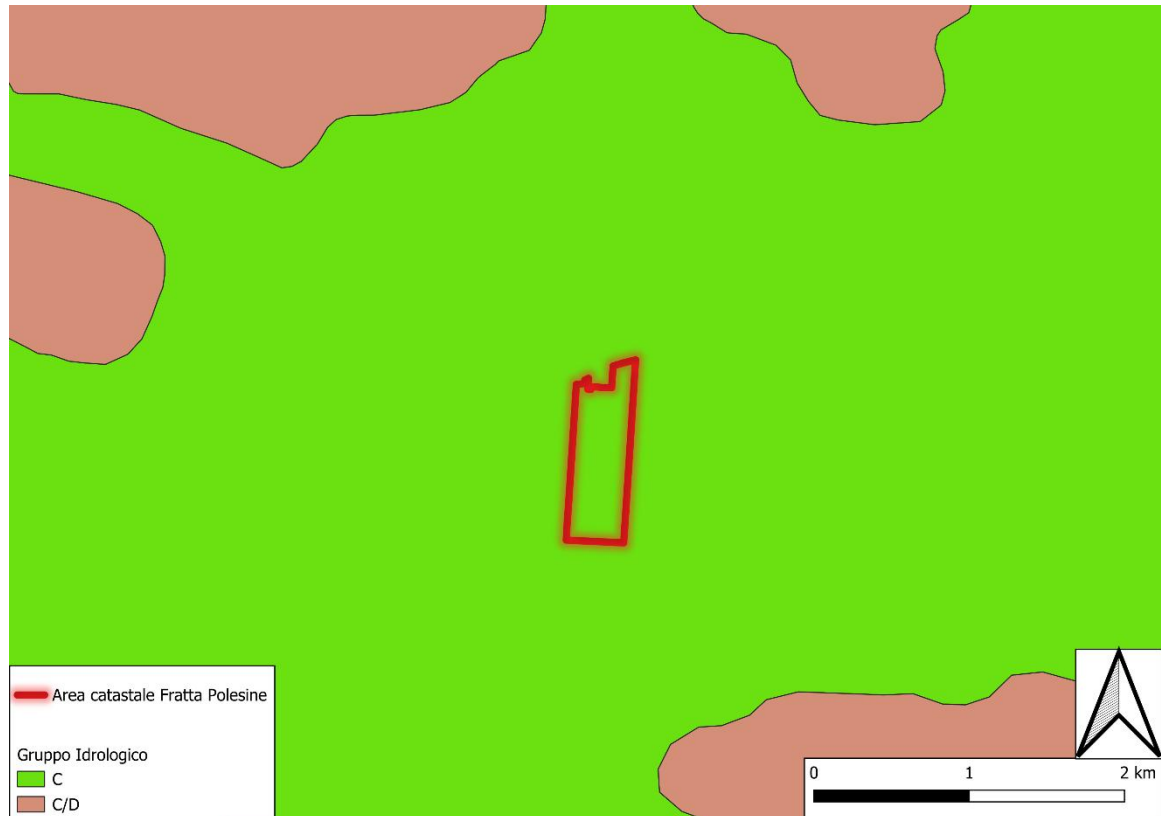


Figura 6-11: Caratterizzazione geologica dell'area di impianto

Per quanto riguarda il tipo di copertura, si fa in genere riferimento alle classi di uso del suolo. Nel caso in esame è stata utilizzata la carta dell'uso e copertura del suolo Corine Land Cover 2018, dataset prodotto nell'ambito del monitoraggio della copertura e uso del suolo del programma Copernicus. Come si può osservare nella Figura 6-12, l'area di studio fa parte di una porzione di suolo categorizzata come 211, cioè "seminativi in aree non irrigue".

Dalla classificazione del Curve Number SCS realizzata dalla Regione Sardegna in occasione della redazione della carta regionale del Curve Number (CN) adottata nell'ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF), si possono ricavare i valori di CN per le varie classi di uso del suolo e per la tipologia di terreno mediante l'utilizzo delle tabelle riportate nella Figura 6-13. Il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee come suggerito da Mancini e Rosso (1989):

$$CN_{tot} = \frac{\sum CN_i \cdot A_i}{A_{tot}}$$

Dove CN_{tot} è il valore di CN relativo all'intero bacino, CN_i è il valore del CN dell'i-esima zona omogenea, A_i è l'area dell'i-esima zona omogenea e A_{tot} è l'area totale del bacino.

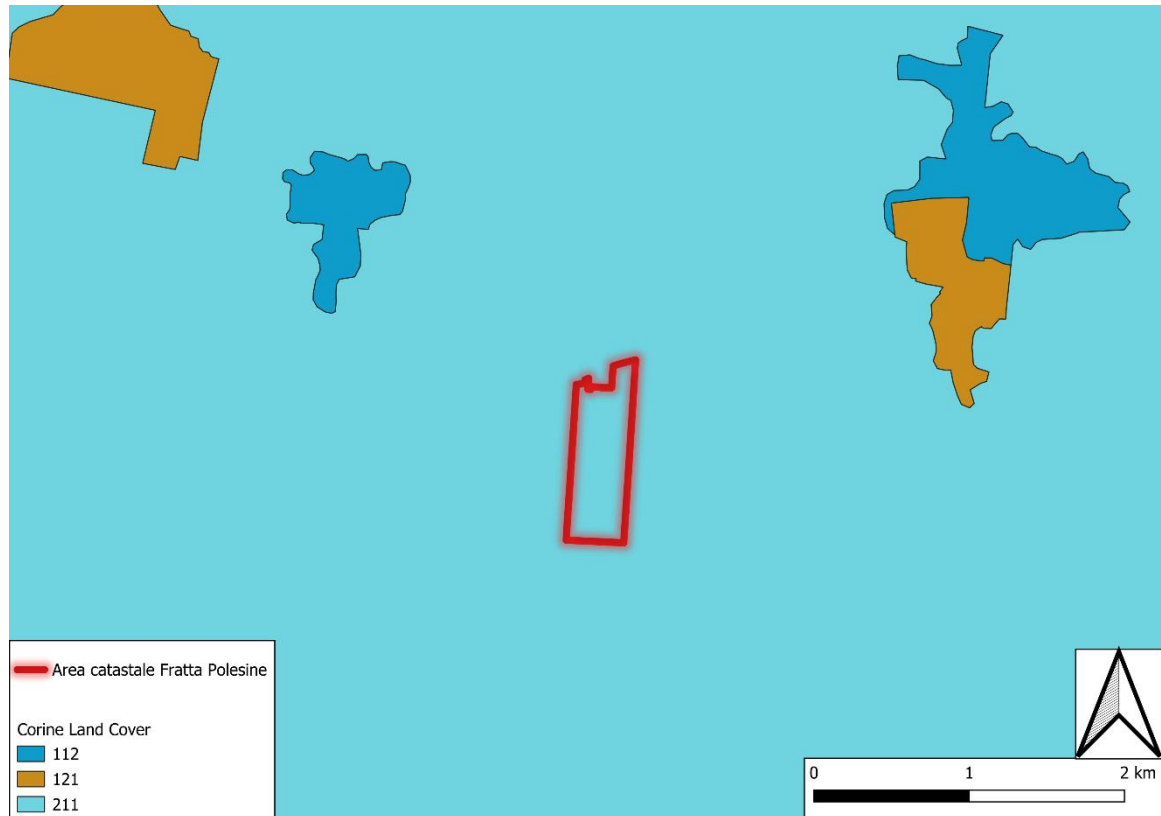


Figura 6-12: Classificazione dell'uso del suolo nella zona in esame

Il valore del CNII che si ottiene è pari a 83.5, ed è relativo ad una condizione di umidità del suolo media. Poiché si farà riferimento a eventi estremi di precipitazione si passa dal CNII al CNIII, che fa riferimento ad una condizione più svantaggiata di suolo umido prima dell'evento meteorico.

Per passare da CNII a CNIII si utilizza la relazione seguente:

$$CNIII = \frac{23 \cdot CNII}{10 + 0.13CNII}$$

Il valore di CNIII ottenuto è pari a 92.09.

Calcolato il valore della pioggia netta cumulata attraverso la relazione fondamentale del metodo del CN, il valore del coefficiente di afflusso ϕ può essere ottenuto come rapporto tra la pioggia netta cumulata e la pioggia lorda cumulata:

$$\phi = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)P}$$

Il valore di ϕ risulta pari a 0.725.

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN _i			
		A	B	C	D
1111	tessuto residenziale compatto e denso	77	85	90	92
1112	tessuto residenziale rado	61	75	83	87
1121	tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87
1122	fabbricati rurali	59	74	82	86
1211	insediamenti industriali-artigianali e commerciali e spazi annessi	89	92	94	95
1212	insediamenti di grandi impianti di servizi	81	88	91	93
1221	reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98
1222	reti ferroviarie e spazi accessori	98	98	98	98
1223	grandi impianti di concentramento e smistamento merci	98	98	98	98
1224	impianti a servizio delle reti di distribuzione	98	98	98	98
123	aree portuali	98	98	98	98
124	aree aeroportuali ed eliporti	98	98	98	98
131	aree estrattive	76	85	89	91
1321	Discariche	76	85	89	91
1322	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	76	85	89	91
133	Cantieri	76	85	89	91
141	aree verdi urbane	39	61	74	80
1421	aree ricreative e sportive	49	69	79	84
1422	aree archeologiche	68	79	86	89
143	Cimiteri	68	79	86	89
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
2112	prati artificiali	68	79	86	89
2121	seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	63	73	80	83
2122	Risaie	96	96	96	96
2123	Vivai	68	79	86	89
2124	colture in serra	68	79	86	89
221	Vigneti	66	74	80	82
222	frutteti e frutti minori	62	71	78	81
223	Oliveti	62	71	78	81
231	prati stabili	30	58	71	78
2411	colture temporanee associate all'olivo	62	71	78	81
2412	colture temporanee associate al vigneto	66	74	80	82
2413	colture temporanee associate ad altre colture permanenti	64	73	79	82
242	sistemi culturali e particellari complessi	64	73	79	82
243	aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	64	73	79	82
244	aree agroforestali	64	73	79	82
3111	boschi di latifoglie	36	60	73	79
31121	pioppeti, saliceti, eucalitetti ecc. anche in formazioni miste	36	60	73	79
31122	Sugherete	36	60	73	79
31123	castagneti da frutta	36	60	73	79
31124	altri tipi di latifoglio	36	60	73	79
3121	boschi di conifere	45	66	77	83
3122	arboricoltura con essenze forestali di conifere	45	66	77	83
313	boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79
321	aree a pascolo naturale	49	69	79	84
3221	cespuglieti e arbusteti	35	56	70	77
3222	formazioni di ripa non arboree	35	56	70	77
3231	macchia mediterranea	35	56	70	77
3232	Gariga	35	56	70	77
3241	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. naturale	43	65	76	82
3242	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. artificiale	43	65	76	82

Tabella 4a. Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN_i per i 4 tipi idrologici A-B-C-D (parte prima).

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN _i			
		A	B	C	D
3311	spiagge di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3312	aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3313	aree dunali coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3315	letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	98	98	98	98
332	pareti rocciose e falesie	76	85	89	91
333	aree con vegetazione rada >5% e <40%	63	77	85	88
411	paludi interne	98	98	98	98
421	paludi salmastre	98	98	98	98
422	Saline	98	98	98	98
423	zone intertidali (zona del litorale che dipende dalle maree)	98	98	98	98
5111	fiumi, torrenti, fossi	98	98	98	98
5112	canali e idrovie	98	98	98	98
5121	bacini naturali	98	98	98	98
5122	bacini artificiali	98	98	98	98
5211	lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5212	acquaculture in lagune, laghi e stagni costieri	98	98	98	98
5213	estuari e delta	98	98	98	98
5231	aree marine a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5232	acquaculture in mare libero	98	98	98	98
523	Mare	98	98	98	98

Tabella 4b. Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN_i per i 4 tipi idrologici A-B-C-D (parte seconda).

Figura 6-13: Correlazione tra classi di uso del suolo e CN (Regione Sardegna)

6.7 METODO RAZIONALE

Il metodo razionale, detto anche cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q_c = \varphi \cdot \frac{h}{T_c} \cdot S \cdot ARF$$

nella quale:

- φ è il coefficiente di deflusso, che rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie;
- ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno;
- T_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- S la superficie del bacino in km²;
- h è l'altezza media di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a T_c con l'assegnato Tempo di ritorno;
- Q la portata di piena in m³/s.

Le ipotesi su cui si basa la formula sono le seguenti:

- l'intensità di pioggia è costante su tutto il bacino nell'intervallo di tempo considerato;
- il coefficiente di deflusso medio del bacino rimane costante nell'intervallo di tempo considerato;
- il tempo di ritorno della piena è pari a quello dell'evento di pioggia;
- la portata massima alla sezione di chiusura si verifica dopo un intervallo di tempo a partire dall'inizio dell'evento piovoso pari al tempo di corrivazione.

Applicando il metodo razionale all'intera area di impianto, si ottiene per essa una portata drenata complessiva per eventi pluviometrici con 50 anni di tempo di ritorno, pari a $2.75 \text{ m}^3/\text{s}$. La configurazione dell'area di impianto permette però una sua naturale suddivisione in sottobacini, definiti dalla presenza della viabilità interna, evidenziata in colore marrone nella Figura 6-14, di canali di irrigazione esistenti evidenziati in colore blu e delle aree boschive interne e bacini d'acqua esistenti, sempre evidenziati nella figura. Ogni sottobacino è caratterizzato da una ridotta estensione, pari al massimo a 3.052 ha nel caso del n. 16. Di conseguenza risulta opportuno assumere per ognuno di essi un tempo di corrivazione pari a 15 minuti, al quale verrà fatta corrispondere la durata dell'evento di precipitazione di progetto. Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un tempo di ritorno di 50 anni e per una durata di precipitazione pari a 15 minuti si ottengono le altezze di precipitazione riportate nella Tabella 6-5 per ognuna delle stazioni pluviometriche considerate. Applicando il metodo dell'inverso della distanza come descritto nel 6.2, si ottiene un'altezza media di precipitazione pari a 43.84 mm , corrispondente ad una intensità di precipitazione pari a 175.361 mm/h .

Tabella 6-5: Calcolo dell'altezza di precipitazione con il metodo dell'inverso della distanza

Stazione Pluviometrica	d [km]	w [-]	h [mm]	w*h [mm]
SAN BELLINO	3.285	0.663	47.200	31.270
FRASSINELLE POLESINE	5.967	0.201	37.500	7.530
LUISA	8.910	0.090	36.700	3.305
CONCADIAME	12.379	0.047	37.200	1.736
			h [mm]	43.840

Tabella 6-6: Calcolo del coefficiente di deflusso

CODICE CORINE LAND COVER	211
GRUPPO IDROLOGICO DEL SUOLO	C
CNII	83.500
CNIII	92.088
S	21.822
I _a	4.364
P _L	43.840
P _N	25.422
Φ_{calcolo}	0.580

Applicando poi il metodo del CN come descritto al 6.6, si ottiene un coefficiente di deflusso pari a 0.580.

Ancora, nella Figura 6-14 è stata evidenziata la numerazione dei vari sottobacini, riportata poi nella Tabella 6-7 insieme all'estensione di ognuno di essi e alla relativa portata al colmo di piena.

Tabella 6-7: Calcolo delle portate al colmo di ogni sottobacino

Sottobacini	Superficie [ha]	Q _c [m³/s]
1	3.571	1.009
2	0.725	0.205
3	1.538	0.434
5	0.149	0.042
6	1.350	0.381
8	0.781	0.221
9	1.297	0.366
10	0.612	0.173
11	1.235	0.349
12	0.773	0.218
13	3.751	1.060
14	2.222	0.628
15	0.758	0.214
16	2.893	0.817
17	0.641	0.181
18	0.815	0.230
19	1.185	0.335
20	2.393	0.676
21	1.951	0.551

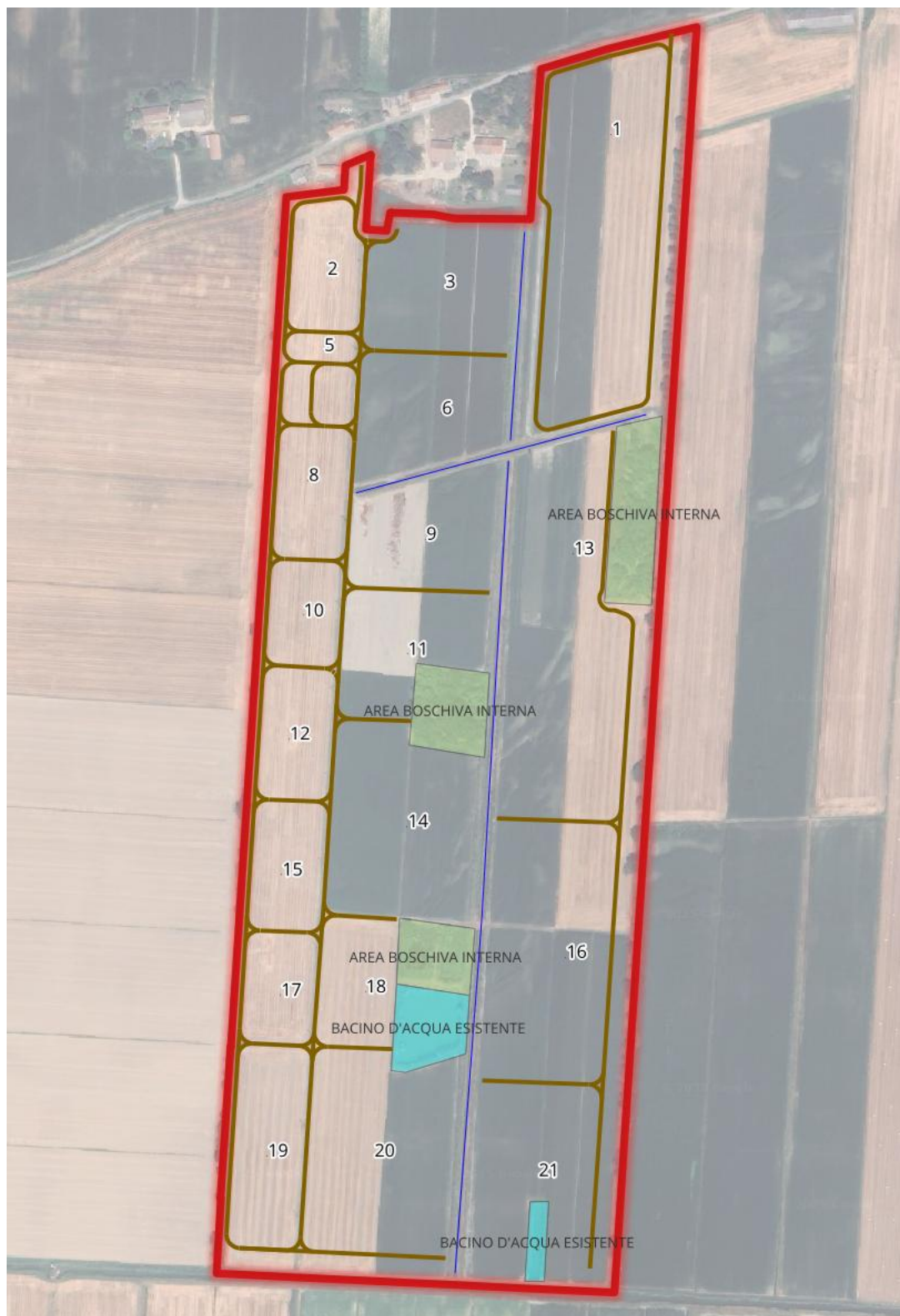


Figura 6-14: Schema suddivisione dell'area di impianto in sottobacini

7 DRENAGGIO AREA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Per garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche anche in corrispondenza degli eventi meteorici critici l'area sarà dotata di una rete di drenaggio costituita da canalette in terra appositamente dimensionate e disposte in modo da assicurare la corretta e tempestiva evacuazione delle portate e scongiurare la formazione di ristagni. Viste le ridotte pendenze dell'area in esame la rete di dreno dei sottobacini del lato sinistro dell'impianto, (n. 2, 5, 8, 10, 12, 15, 17 e 19) sarà costituita da canalizzazioni disperdenti, sistemi di gestione delle acque meteoriche progettati per raccogliere, immagazzinare temporaneamente e successivamente disperdere l'acqua nel sottosuolo; Per quanto riguarda le restanti aree, confinanti con i canali di irrigazione esistenti, verranno realizzate canalette di dreno in pendenza che convogliano le acque e le scarichino verso i canali. Le canalette sono costituite da semplici fossi di drenaggio ricavati sul terreno a seguito della sistemazione superficiale definitiva dell'area mediante la semplice sagomatura del terreno ed il posizionamento di un rivestimento eseguito con materiale grossolano e rinverdimento superficiale a protezione dell'erosione del fondo e delle scarpate laterali. La disposizione planimetrica delle canalette dovrà scongiurare i fenomeni di ruscellamento incontrollato e la formazione di ristagni. L'infiltrazione nel terreno delle acque meteoriche, al fine di calmiare gli effetti di concentrazione idraulica e idrologica delle piogge, sarà garantita dalla presenza di graniglia nel greto delle canalette che, grazie alle loro caratteristiche, contribuiscono oltre che all'infiltrazione, anche al rallentamento delle portate, favorendo così il ripristino delle caratteristiche idrologiche e idrauliche della piena.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili costituiti da canalette in terra porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Riduzione dei fenomeni di ristagno superficiale sull'area di installazione dei pannelli;
- Riduzione dei fenomeni di ruscellamento ed erosione del versante;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;

7.1 ANALISI E DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO

7.1.1 CANALETTE DISPERDENTI

Le canalette disperdenti saranno collocate nei punti del terreno a quota inferiore, così da favorire il deflusso spontaneo delle acque meteoriche verso di esse.

Per effettuare il dimensionamento è stato valutato l'idrogramma in ingresso ad ognuna calcolato tramite il metodo razionale. Il metodo prevede che l'idrogramma di piena venga approssimato ad

un triangolo, assumendo l'ipotesi che la durata della precipitazione di progetto sia pari al tempo di corrivazione t_c . All'istante t_c quando tutta la superficie del bacino contribuisce alla formazione del deflusso superficiale, la precipitazione cessa e la portata inizia a diminuire. La scelta di un idrogramma simmetrico (triangolo isoscele) come quello riportato in Figura 7-1 rende la durata della fase di esaurimento pari al tempo di pioggia. Una volta nota la portata drenata dall'area afferente alla canaletta, lo scopo del dimensionamento è quello di assegnare a quest'ultima le corrette dimensioni al fine di garantire l'invaso temporaneo di tutto il volume meteorico e il suo successivo rilascio nel sottosuolo.

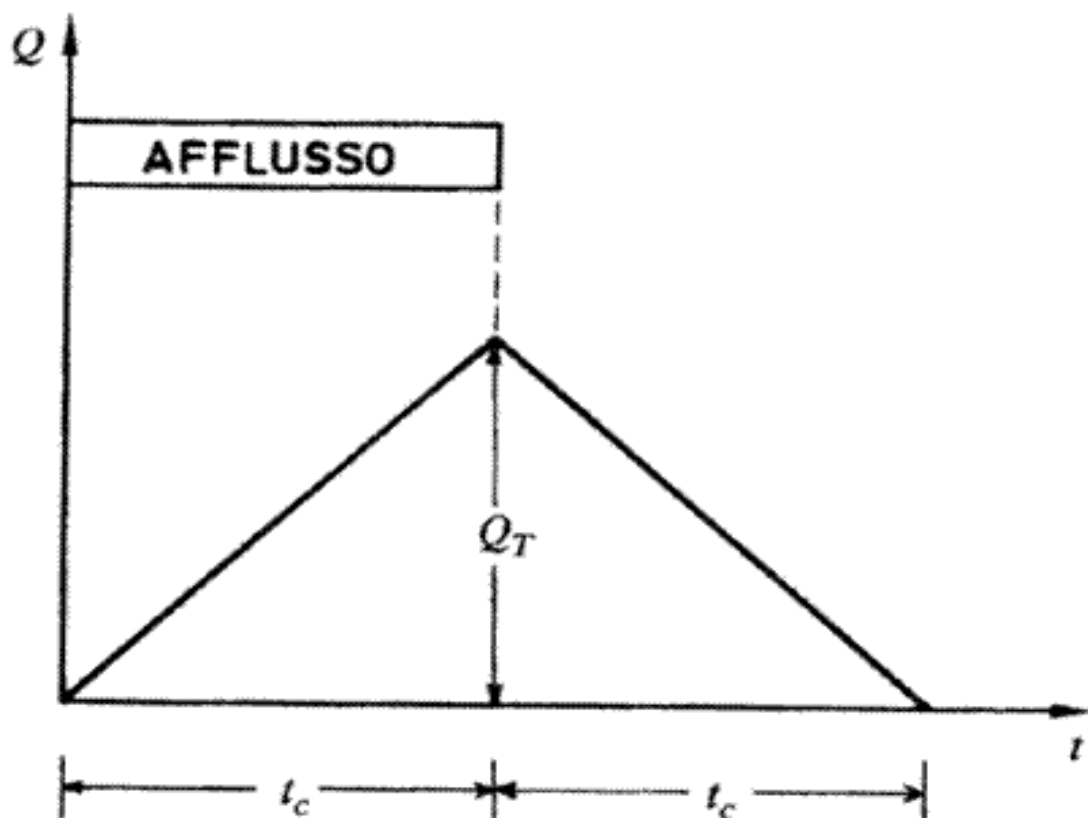


Figura 7-1: Idrogramma di piena da metodo razionale

Ai fini della valutazione dell'infiltrazione si adotta la formula di Darcy, secondo la quale la portata infiltrata può essere espressa come prodotto del coefficiente di permeabilità k , della superficie di filtrazione A e della cadente piezometrica j .

$$Q_f = k \cdot A \cdot j$$

Nel caso studio in esame, i suoli sono descritti con una permeabilità da moderatamente bassa a moderatamente alta, alla quale si può associare un coefficiente di permeabilità k pari a 10^{-6} m/s, la superficie di filtrazione è la superficie di base della canaletta e la cadente piezometrica j assume valore unitario. Le portate in ingresso al sistema Q_i sono state confrontate con la capacità di

infiltrazione del terreno Q_f e la capacità di immagazzinamento del sistema. Il confronto è descritto dall'equazione di continuità:

$$(Q_i - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta V$$

dove Δt è la discretizzazione temporale adottata e ΔV rappresenta la variazione del volume nella canaletta. Per garantire un corretto dimensionamento, il volume invasato all'interno del sistema non deve superare la sua capacità massima. A titolo di esempio si riportano in Tabella 7-1 le calcolazioni eseguite per le canalette del sottobacino numero 19, che drenano le portate maggiori. Il bacino sarà dotato di due canalette, ognuna delle quali drena metà della portata complessiva di tale area, per un totale di 0.168 m³/s di portata al colmo afferente ad ogni canaletta.

Le canalette verranno realizzate di forma trapezoidale, di base 80 cm e altezza 70 cm. Si riporta di seguito una rappresentazione schematica delle canalette in progetto.

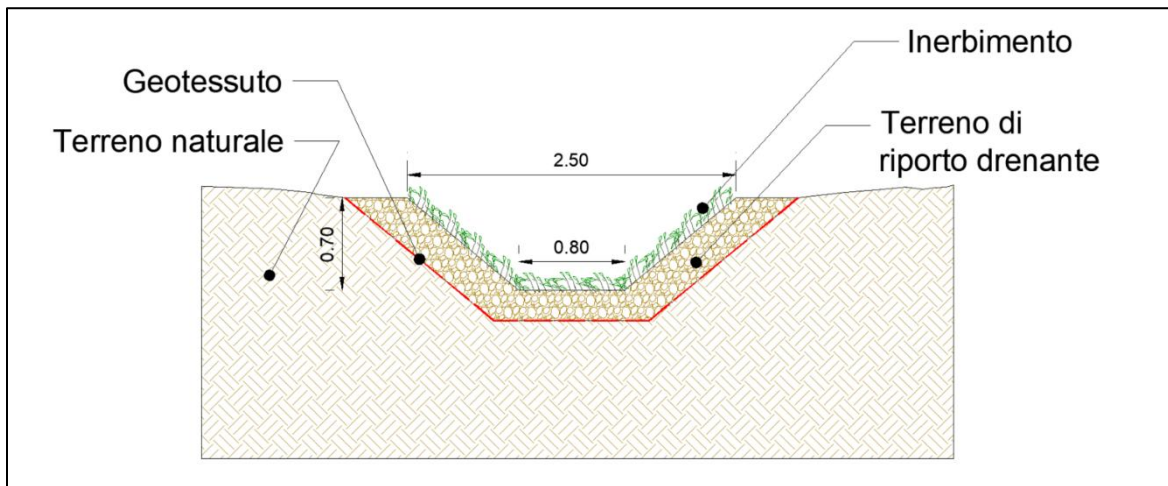


Figura 7-2: Schema canalette

Nel caso del sottobacino 19 la lunghezza delle canalette sarà pari a 175 m, perciò il volume complessivo invasabile al loro interno è pari a 200 m³. Come è possibile osservare nella Tabella 7-1, il massimo volume invasato è pari a circa 150 m³, perciò la verifica risulta soddisfatta. Le medesime dimensioni verranno adottate per le restanti canalette, per la quali si assicura la verifica in quanto posizionate su aree che drenano portate inferiori.

Tabella 7-1: Calcoli di dimensionamento canalette drenanti

Tempo [min]	Q_{in} [m ³ /s]	V_{in} [m ³]	Q_{out} [m ³ /s]	V_{out} [m ³]	V [m ³]
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.011	0.672	0.000	0.008	0.664
2	0.022	1.344	0.000	0.008	1.999
3	0.034	2.016	0.000	0.008	4.007
4	0.045	2.688	0.000	0.008	6.686
5	0.056	3.360	0.000	0.008	10.038
6	0.067	4.032	0.000	0.008	14.062
7	0.078	4.704	0.000	0.008	18.757
8	0.090	5.376	0.000	0.008	24.125
9	0.101	6.048	0.000	0.008	30.164
10	0.112	6.720	0.000	0.008	36.876
11	0.123	7.392	0.000	0.008	44.260
12	0.134	8.064	0.000	0.008	52.315
13	0.146	8.736	0.000	0.008	61.043
14	0.157	9.408	0.000	0.008	70.442
15	0.168	10.080	0.000	0.008	80.514
16	0.156	9.336	0.000	0.008	89.842
17	0.144	8.664	0.000	0.008	98.497
18	0.133	7.992	0.000	0.008	106.481
19	0.122	7.320	0.000	0.008	113.792
20	0.111	6.648	0.000	0.008	120.432
21	0.100	5.976	0.000	0.008	126.400
22	0.088	5.304	0.000	0.008	131.695
23	0.077	4.632	0.000	0.008	136.319
24	0.066	3.960	0.000	0.008	140.270
25	0.055	3.288	0.000	0.008	143.550
26	0.044	2.616	0.000	0.008	146.158
27	0.032	1.944	0.000	0.008	148.093
28	0.021	1.272	0.000	0.008	149.357
29	0.010	0.600	0.000	0.008	149.948
30	0.000	0.000	0.000	0.008	149.940
31	0.000	0.000	0.000	0.008	149.932
32	0.000	0.000	0.000	0.008	149.923
33	0.000	0.000	0.000	0.008	149.915
34	0.000	0.000	0.000	0.008	149.906
35	0.000	0.000	0.000	0.008	149.898
36	0.000	0.000	0.000	0.008	149.890
37	0.000	0.000	0.000	0.008	149.881
38	0.000	0.000	0.000	0.008	149.873
39	0.000	0.000	0.000	0.008	149.864
40	0.000	0.000	0.000	0.008	149.856

7.1.2 CANALETTE DI DRENAGGIO

Il sistema per la regimazione delle acque meteoriche prevede per ognuna delle restanti aree la raccolta ed il convoglio delle acque di ruscellamento superficiale del sito tramite un sistema costituito da canalette principali e secondarie, tutte a cielo aperto, che garantiscono il recapito delle acque meteoriche al corpo idrico ricettore, cioè i canali di irrigazione esistenti presenti all'interno dell'area di impianto. Per i sottobacini confinanti lateralmente con i canali di irrigazione esistenti, non è prevista l'installazione di canalette lungo tale confine, consentendo così il naturale deflusso delle acque piovane verso il canale.

Le canalette si prevedono di forma trapezoidale e di due diverse dimensioni a seconda dell'entità della portata da drenare: la sezione tipo 1 si prevede di base pari a 80 cm e altezza pari a 70 cm, mentre la sezione tipo 2 di base pari a 60 cm e altezza pari a 40 cm. Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette è stato assunto un unico scenario che simula la situazione invernale per la quale è stata assunta la portata derivante dall'apporto della pioggia riferita alla massima superficie afferente ad una singola canaletta, con un tempo di ritorno di 50 anni. La portata di deflusso di tali aree sarà quindi utilizzata per la verifica idraulica delle sezioni nelle diverse configurazioni di pendenza comprese tra il valore massimo considerato pari al 2% ed il minimo pari al 0.5%. La sezione della canaletta è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dalla quota parte di terreno afferente individuato e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto. Si riporta di seguito una rappresentazione schematica delle canalette di progetto.

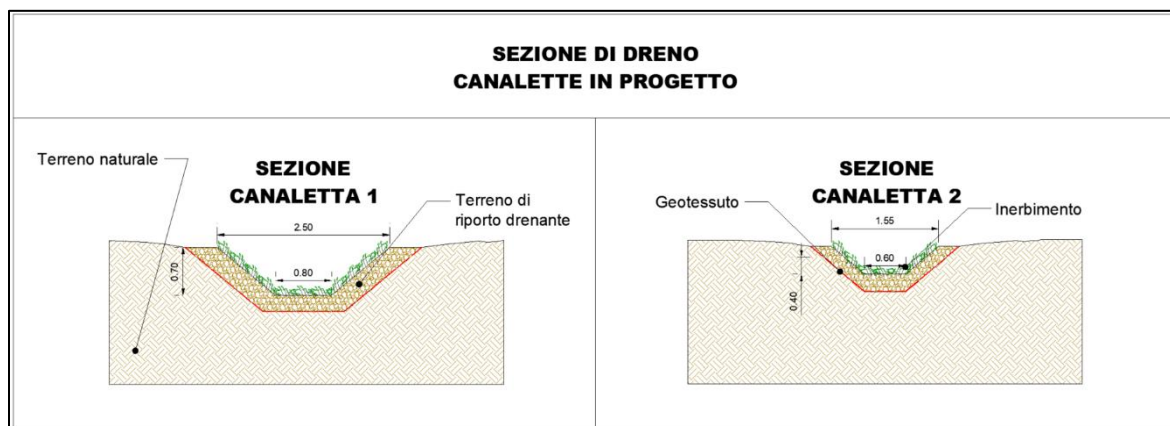


Figura 7-3: Schema Canalette

La verifica idraulica delle canalette è eseguita per le condizioni di moto uniforme. Le condizioni di moto uniforme in un canale si determinano quando l'altezza d'acqua e la velocità si mantengono costanti nello spazio e nel tempo; la superficie libera, pertanto, risulta parallela al fondo. La definizione di moto uniforme ha senso solo se il canale è prismatico. Le caratteristiche cinematiche

e dinamiche del moto uniforme saranno evidenziate nel quadro di riepilogo della verifica relativa alla sezione analizzata.

$$Q = k_s A(y_0) [R_H(y_0)]^{2/3} \sqrt{i_f}$$

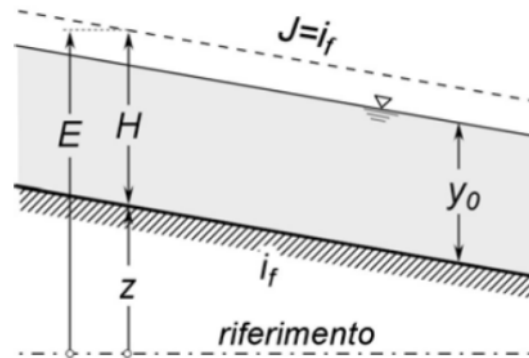


Figura 7-4: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

Si riportano di seguito le verifiche idrauliche delle sezioni delle canalette. Dalle verifiche sono desumibili il tirante idrico in condizione di regime, l'area bagnata della sezione e il franco idraulico.

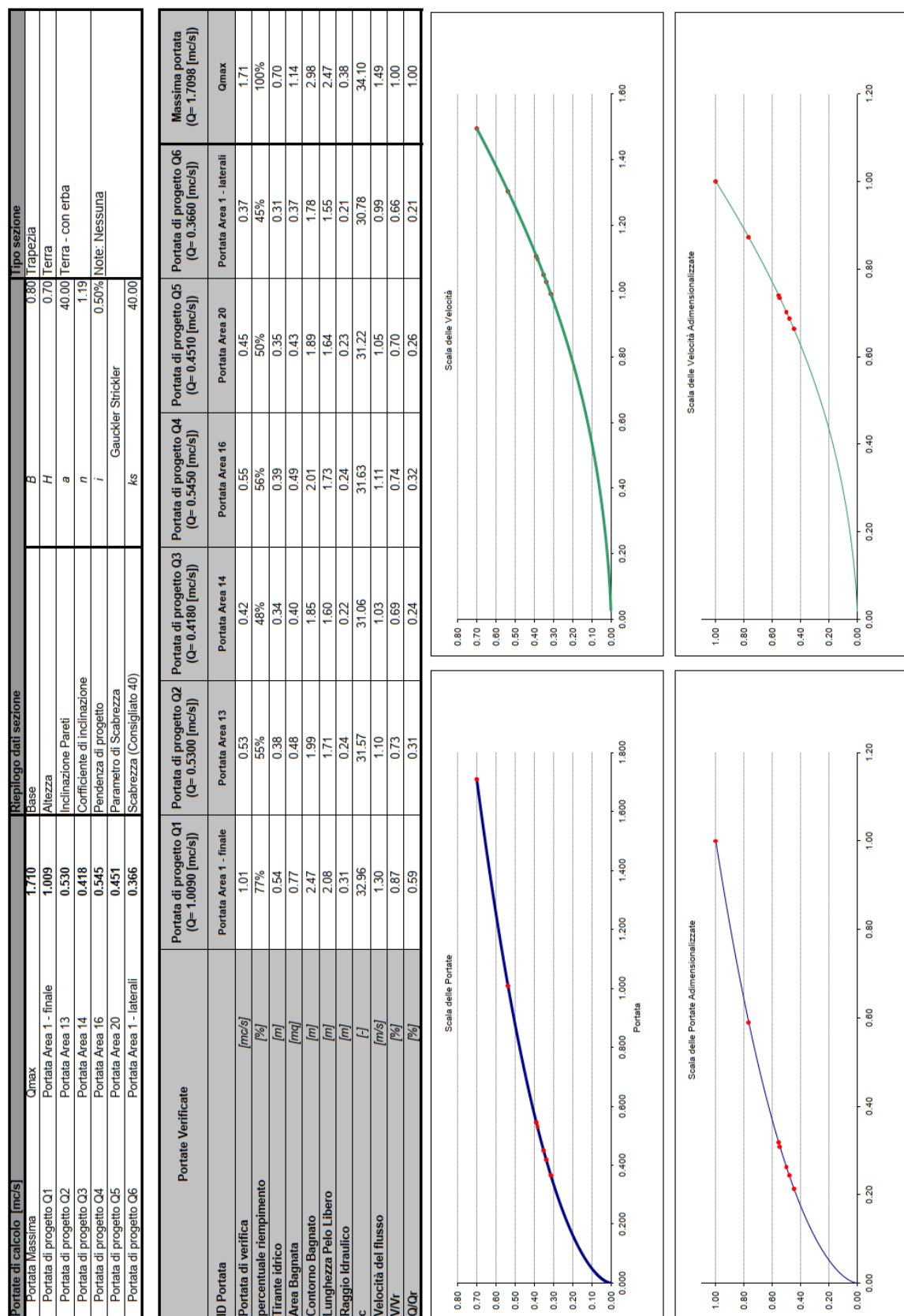


Figura 7-5: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 1 - pendenza 0.5%

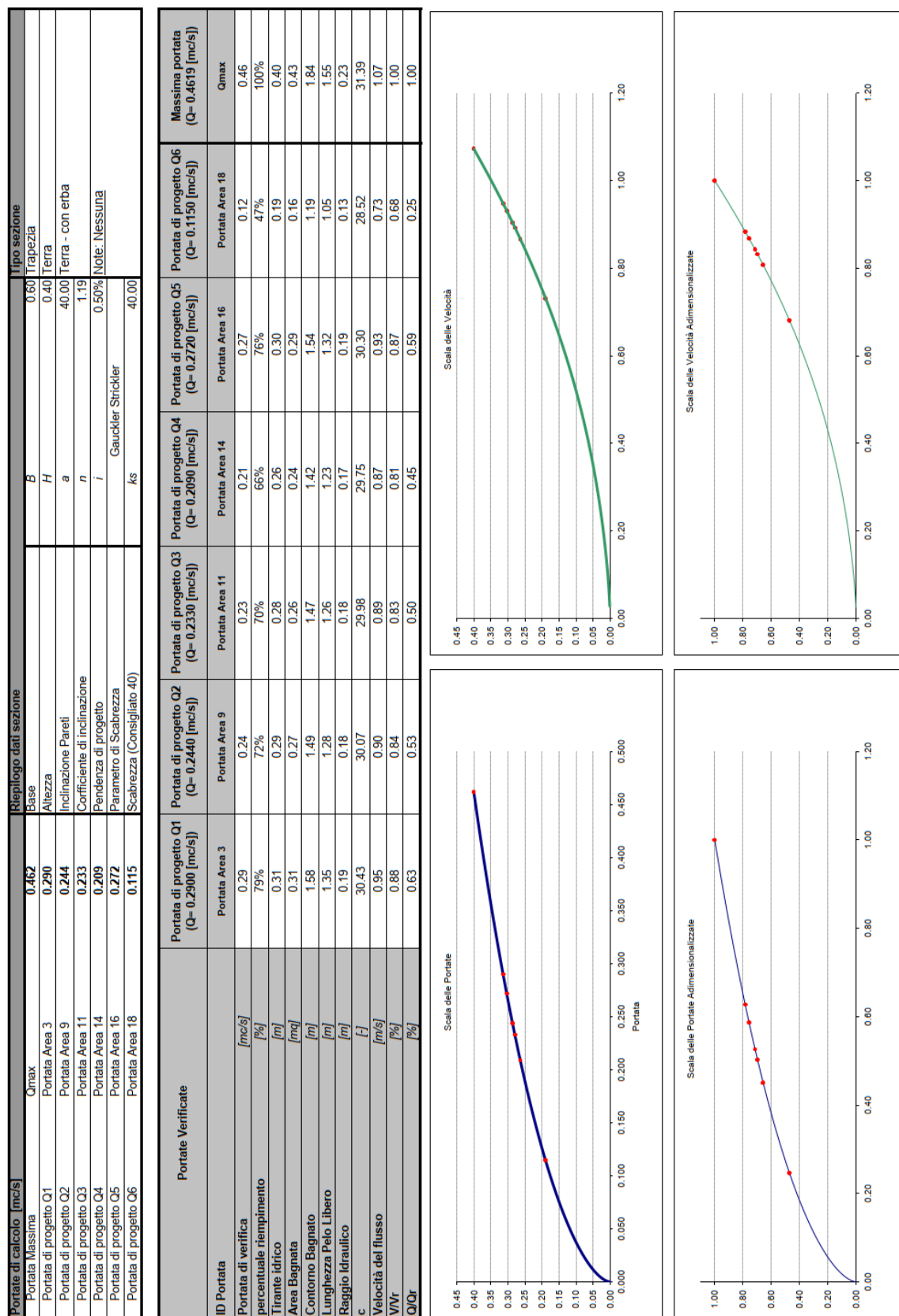


Figura 7-6: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 2 - pendenza 0.5%

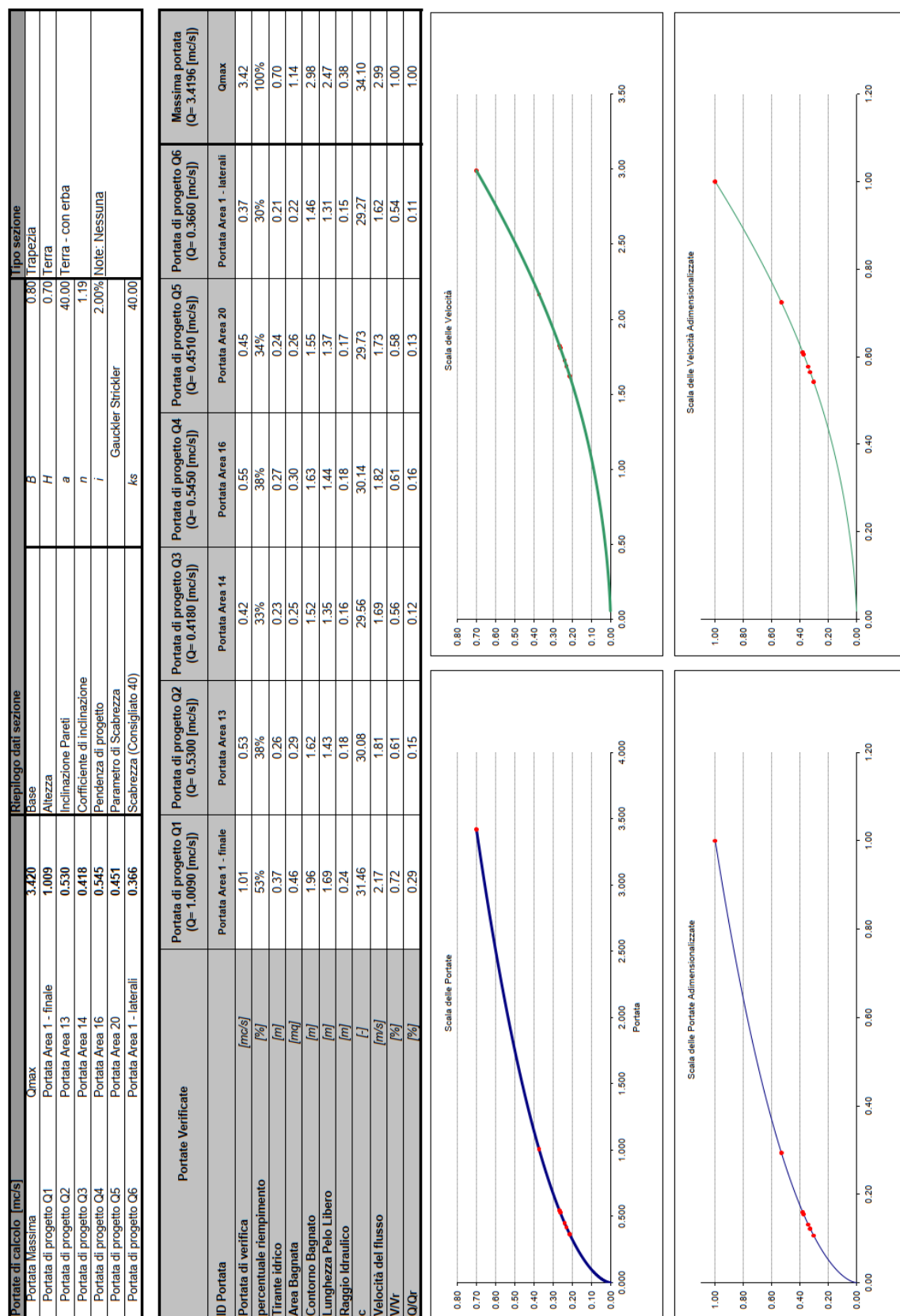


Figura 7-7: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 1 - pendenza 2%

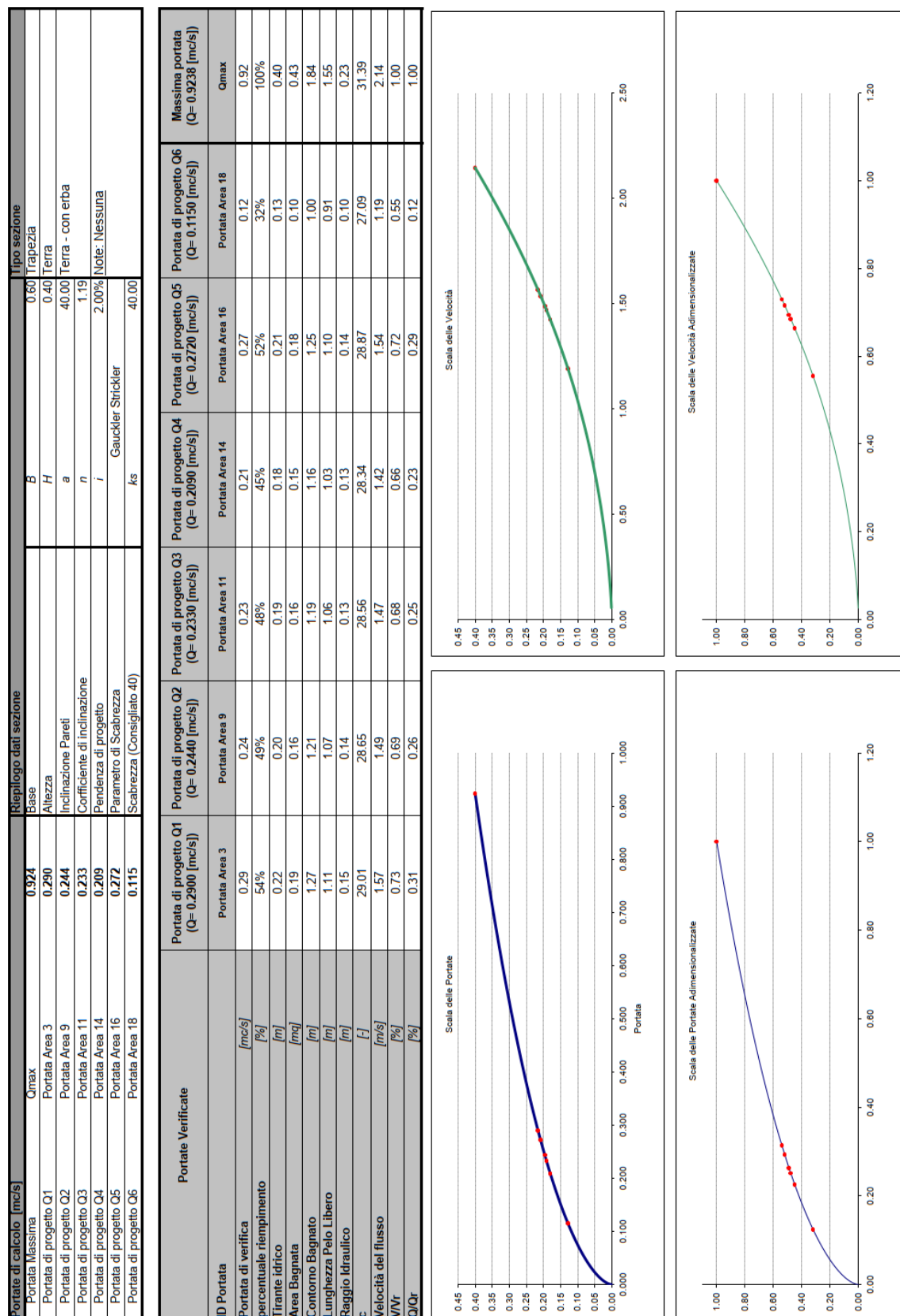


Figura 7-8: Verifiche idrauliche Canaletta tipo 2 - pendenza 2%

8 DRENAGGIO AREA BESS

L'area BESS presente all'interno dell'area di impianto presenta una superficie complessiva di circa 3522 m² ed è composta da 12 battery container, 3 PSC un trasformatore con la sua vasca di raccolta e un edificio (uffici, sala celle MT, sala celle AT, sala contatori, sala quadri, tsa), delle dimensioni riportate nella tabella seguente. La costruzione di tali strutture rappresenta un'impermeabilizzazione del terreno.

Tabella 8-1: Tabella riepilogativa delle aree impermeabilizzate

Container Storage x12	14.8741	m ²
G.E.	2.4725	m ²
Edificio	174.2	m ²
Vasca Trasformatore	47.2	m ²
PCS x3	14.769404	m ²

La valutazione di compatibilità idraulica è un procedimento di competenza regionale disciplinato dalla Deliberazione di Giunta n. 2948 del 6 ottobre 2009. Le linee guida sulla Valutazione di compatibilità idraulica della Regione Veneto, edito nel 2009 dal Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto, è finalizzato ad orientare le scelte del professionista che ha in corso la progettazione di opere che modificano l'uso del suolo o che comportano comunque delle modificazioni dell'idraulica del territorio. La formazione della portata di piena raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete di collettamento. Tale precipitazione viene in parte intercettata dalla vegetazione, in parte infiltra nel suolo, in parte ancora va ad accumularsi in piccoli invasi naturali e/o artificiali (pozzanghere, avvallamenti del terreno, impluvi artificiali); la parte rimanente, infine, va a costituire il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete di collettamento secondo le linee di massima pendenza del terreno. Quando porzioni di territori vegetati con superfici permeabili sono stati sostituiti da superfici impermeabili, una delle conseguenze è l'aumento della portata al colmo e del volume di deflusso. L'invarianza idraulica è il principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione. Poiché nell'area in esame una porzione di superficie verrà resa impermeabile, risulta necessario provvedere alla realizzazione di un sistema di laminazione che permetta di garantire il principio di invarianza idraulica. Secondo le linee guida, a meno di non assumere valori più alti per specifiche ragioni (particolari valenze delle opere da salvaguardare) il valore di riferimento del tempo di ritorno da

assumere negli studi idraulici di dimensionamento delle opere atte a contrastare gli allagamenti è pari a 50 anni.

8.1 DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Viste le ridotte dimensioni dell'area in esame, si assume per essa un tempo di corrivazione e quindi una durata dell'evento di precipitazione pari a 15 minuti.

Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un tempo di ritorno di 50 anni e per una durata della precipitazione pari a 15 minuti si ottengono le altezze di precipitazione riportate nella Tabella 6-5 per ognuna delle stazioni considerate. Applicando il metodo dell'inverso della distanza come descritto nel 6.2, si ottiene un'altezza media di precipitazione pari a 43.84 mm, corrispondente ad una intensità di precipitazione pari a 175.361 mm/h.

Applicando il metodo del CN così come descritto nel 6.6, è stato valutato il coefficiente di deflusso prima nella condizione ante operam e successivamente, assumendo ϕ pari a 1 per le superfici impermeabili, nella condizione post operam, e sono stati calcolati i valori di portata al colmo corrispondenti ai due diversi scenari, riportati nella Tabella 8-2.

Tabella 8-2: Calcolo della portata al colmo nelle condizioni ante operam e post operam

Condizione Ante Operam		Condizione Post Operam	
Area permeabile [m ²]	3521.659	Area permeabile [m ²]	3074.989
Area impermeabile [m ²]	0	Area impermeabile [m ²]	446.670
$\phi_{\text{ante operam}}$ [-]	0.580	$\phi_{\text{post operam}}$ [-]	0.633
Q_c [m ³ /s]	0.099	Q_c [m ³ /s]	0.109

Con delibera n. 1322 del 10 maggio 2006 e s.m.i, la Giunta Regionale del Veneto ha fornito le nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. L'Allegato A della Delibera, fornisce "Modalità operative e indicazioni tecniche" delle nuove Valutazioni di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici, recepite poi nelle linee guida del 2009. In particolare l'allegato introduce la seguente classificazione dimensionale degli interventi urbanistici in base alla quale scegliere il tipo di indagine idraulica da svolgere e le tipologie dei dispositivi da adottare (la superficie di riferimento è quella per la quale è prevista la modificazione di uso del suolo):

Tabella 8-3: Classificazione dimensionale degli interventi urbanistici

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $imp > 0,3$

L'area BESS presenta un'estensione pari a 0.352 ha, per cui l'intervento rientra nella seconda categoria, indicata come "Modesta impermeabilizzazione potenziale". In questo caso, secondo la delibera, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro. Per effettuare il dimensionamento è stato valutato l'idrogramma in ingresso alla vasca calcolato tramite il metodo razionale, esattamente come spiegato al 7.1. Lo scopo del dimensionamento è quello di garantire che l'idrogramma in uscita dalla vasca presenti come valore di portata di picco al più la portata ante intervento, pari a 0.099 m³/s, assegnando le corrette dimensioni alla vasca e allo scarico di fondo. La vasca scelta ha larghezza pari a 6 m, lunghezza pari a 10 m ed è alta 90 cm. Lo scarico di fondo sarà realizzato tramite tubazione in PVC DN200 (in accordo con la delibera n. 1322 del 10 maggio 2006), che scaricherà la portata laminata nel canale di irrigazione esistente. Nella Figura 8-1 è riportato il grafico che rappresenta la portata in ingresso e la portata in uscita dalla vasca di laminazione, mentre nella Tabella 8-4 sono riportate le calcolazioni eseguite.

La portata in uscita è stata calcolata tramite la legge di efflusso per luce circolare sotto battente:

$$Q_u = \mu \Omega \sqrt{2g\xi_G}$$

Dove:

- μ è il coefficiente di efflusso, pari a 0.5;
- Ω è l'area della sezione dello scarico;
- ξ_G è l'affondamento del pelo libero dell'acqua rispetto al baricentro della sezione dello scarico;
- g è l'accelerazione di gravità.

Come si può osservare la massima portata scaricata è pari a $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$, inferiore rispetto alla portata ante intervento e il massimo livello idrico all'interno della vasca è pari a 81 cm, inferiore quindi a 1 m in accordo con la delibera.

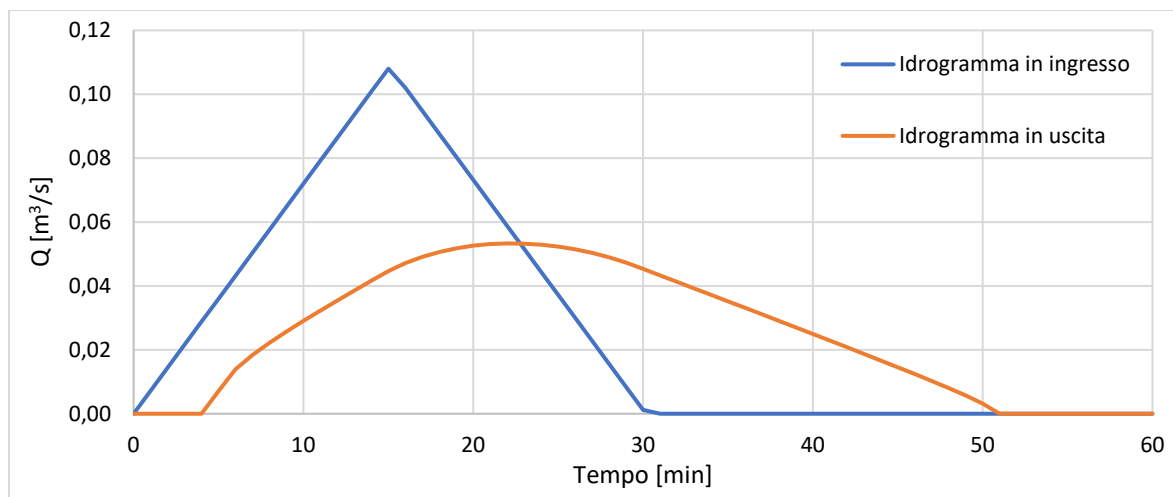


Figura 8-1: Idrogrammi in ingresso e idrogramma in uscita dalla vasca

Tabella 8-4: Calcoli vasca di laminazione

Tempo [min]	$Q_{in} [\text{m}^3/\text{s}]$	$V_{in} [\text{m}^3]$	$h [\text{m}]$	$Q_{out} [\text{m}^3/\text{s}]$	$V_{out} [\text{m}^3]$	$V_{invasato} [\text{m}^3]$
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.01	0.43	0.01	0.00	0.00	0.43
2	0.01	0.86	0.02	0.00	0.00	1.30
3	0.02	1.30	0.04	0.00	0.00	2.59
4	0.03	1.73	0.07	0.00	0.00	4.32
5	0.04	2.16	0.11	0.01	0.43	6.05
6	0.04	2.59	0.14	0.01	0.83	7.81
7	0.05	3.02	0.18	0.02	1.10	9.73
8	0.06	3.46	0.22	0.02	1.33	11.85
9	0.06	3.89	0.26	0.03	1.54	14.20
10	0.07	4.32	0.31	0.03	1.74	16.77
11	0.08	4.75	0.36	0.03	1.94	19.59
12	0.09	5.18	0.41	0.04	2.13	22.65
13	0.09	5.62	0.47	0.04	2.31	25.95
14	0.10	6.05	0.53	0.04	2.50	29.50
15	0.11	6.48	0.60	0.04	2.68	33.30
16	0.10	6.12	0.66	0.05	2.83	36.59
17	0.09	5.69	0.70	0.05	2.95	39.33
18	0.09	5.26	0.74	0.05	3.04	41.55
19	0.08	4.82	0.77	0.05	3.11	43.27
20	0.07	4.39	0.79	0.05	3.16	44.50
21	0.07	3.96	0.81	0.05	3.19	45.28
22	0.06	3.53	0.81	0.05	3.20	45.61

23	0.05	3.10	0.81	0.05	3.19	45.51
24	0.04	2.66	0.80	0.05	3.17	45.00
25	0.04	2.23	0.79	0.05	3.14	44.09
26	0.03	1.80	0.76	0.05	3.09	42.80
27	0.02	1.37	0.74	0.05	3.02	41.15
28	0.02	0.94	0.70	0.05	2.94	39.15
29	0.01	0.50	0.66	0.05	2.84	36.81
30	0.00	0.07	0.61	0.05	2.72	34.16
31	0.00	0.00	0.57	0.04	2.60	31.56
32	0.00	0.00	0.53	0.04	2.48	29.09
33	0.00	0.00	0.48	0.04	2.36	26.73
34	0.00	0.00	0.45	0.04	2.23	24.50
35	0.00	0.00	0.41	0.04	2.11	22.39
36	0.00	0.00	0.37	0.03	1.99	20.40
37	0.00	0.00	0.34	0.03	1.87	18.53
38	0.00	0.00	0.31	0.03	1.74	16.78
39	0.00	0.00	0.28	0.03	1.62	15.16
40	0.00	0.00	0.25	0.02	1.50	13.66
41	0.00	0.00	0.23	0.02	1.37	12.29
42	0.00	0.00	0.20	0.02	1.25	11.04
43	0.00	0.00	0.18	0.02	1.13	9.91
44	0.00	0.00	0.17	0.02	1.00	8.92
45	0.00	0.00	0.15	0.01	0.87	8.04
46	0.00	0.00	0.13	0.01	0.74	7.30
47	0.00	0.00	0.12	0.01	0.61	6.68
48	0.00	0.00	0.11	0.01	0.48	6.20
49	0.00	0.00	0.10	0.01	0.34	5.86
50	0.00	0.00	0.10	0.00	0.19	5.67
51	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	5.67
52	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	5.67

8.2 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI COLLETTORI DELLA RETE ACQUE OLEOSE

I trasformatori di campo sono contenuti all'interno di container a cielo aperto con vasca di raccolta olio. Per le acque piovane, a contatto con il corpo del trasformatore, non si possono escludere contaminazioni di olio; pertanto, la vasca di contenimento sarà dotata di uscita con filtro di separazione acqua-olio in apposito pozzetto ispezionabile. L'uscita dal filtro per ogni trasformatore sarà convogliata in una rete dedicata indicata come "Rete Acque Oleose" nelle planimetrie, che terminerà a valle con un disoleatore che scaricherà verso la vasca di laminazione le acque di prima pioggia dei soli trasformatori. L'eccesso delle acque di seconda pioggia sarà

regolato da uno scolmatore, connesso alla rete di drenaggio acque bianche, posto a monte del disoleatore prima descritto.

Per effettuare il dimensionamento dei collettori della rete di raccolta acque oleose è stata calcolata la portata drenata dalle aree scolanti dei PCS e della vasca del trasformatore utilizzando il metodo razionale. La verifica dei collettori è stata eseguita invece con la relazione di moto uniforme:

$$Q = X\Omega \sqrt{R i_f}$$

Nella quale:

- Q è la portata di progetto;
- A è l'area bagnata;
- χ è il coefficiente di Chezy;
- R è il raggio idraulico;
- i_f è la pendenza del fondo.

Fissate la portata di progetto e le caratteristiche del collettore, la formula deve essere risolta in modo iterativo ricercando il battente idrico a cui corrisponde una portata di moto uniforme pari a quella di progetto.

Nella Tabella 8-5 sono stati riportati i valori di superficie scolante dei PCS e della vasca del trasformatore, e i relativi valori di portata meteorica drenata per eventi con 50 anni di tempo di ritorno. Sono state riportate inoltre le scelte di dimensionamento adottate, come Diametro Nominale delle tubazioni (DN) e la loro pendenza, e i relativi gradi di riempimento e velocità.

Tabella 8-5: Tabella riepilogativa delle portate meteoriche

	Superficie [m²]	Q [l/s]	DN [mm]	Pendenza [%]	G [%]	V [m/s]
Vasca Trasformatore	47.200	2.299	110	0.5	46	0.599
PCS x1	14.769	0.719	110	0.5	24	0.425
PCS x2	29.539	1.439	110	0.5	36	0.527
PCS x3	44.308	2.158	110	0.5	44	0.587

Come indicato nell'allegato 3 "Norme Tecniche di Attuazione" del Piano di Tutela delle acque della Regione Veneto, si definiscono **Acque di prima pioggia** i primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di collettamento. La portata meteorica di prima pioggia dei trasformatori verrà convogliata all'interno di un sistema composto da un Pozzetto Scolmatore By-Pass che ha la funzione di separare le acque di prima pioggia che risultano inquinate dalle acque di seconda pioggia. Attraverso il pozzetto scolmatore verranno mandate a trattamento soltanto le portate di prima pioggia, mentre la portata di seconda pioggia sarà convogliata tramite la condotta di bypass

connessa alla rete di drenaggio acque bianche. Le portate di prima pioggia opportunamente trattate e le portate di seconda pioggia verranno poi convogliate alla vasca di laminazione insieme alla restante portata meteorica dell'area BESS. Nella Tabella 8-6 sono stati riportati i risultati relativi ai calcoli di volumi e portate di prima pioggia.

Tabella 8-6: Tabella riepilogativa delle acque di prima e seconda pioggia

Altezza di riferimento prime piogge	h _{pp} [mm]	5.00
Tempo di precipitazione	t _p [min]	15.00
Altezza di precipitazione con Tr 50 anni	h ₅₀ [mm]	43.84
Intensità di precipitazione con Tr 50 anni	i ₅₀ [mm/h]	175.36
Area complessiva superfici considerate	A [m ²]	91.51
Volume da trattare	V _t [m ³]	0.46
Portata di prima pioggia	Q _{pp} [l/s]	0.51
Portata di seconda pioggia	Q _{sp} [l/s]	3.95

8.3 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CANALETTE DI DRENAGGIO

Per quanto riguarda la portata meteorica non convogliata attraverso la rete acque oleose, essa verrà convogliata mediante canalette in terra appositamente dimensionate e disposte in modo da assicurare la corretta e tempestiva evacuazione delle portate e scongiurare la formazione di ristagni. Le canalette di drenaggio sono costituite da semplici fossi di drenaggio ricavati sul terreno a seguito della sistemazione superficiale definitiva dell'area mediante la semplice sagomatura del terreno ed il posizionamento di un rivestimento eseguito con materiale grossolano e rinverdimento superficiale a protezione dell'erosione del fondo e delle scarpatine laterali. Il calcolo della portata da convogliare mediante le canalizzazioni è stato eseguito assumendo un coefficiente di deflusso unitario per le superfici impermeabili, e distinguendo il drenaggio della parte destra dell'area BESS dalla parte sinistra. I risultati del calcolo sono riportati nella Tabella 8-7, nella quale sono state distinte le aree impermeabili già drenate tramite la rete acque oleose e le aree impermeabili da drenare con le canalizzazioni. Il loro posizionamento viene eseguito invece considerando le naturali pendenze del terreno.

Tabella 8-7: Calcolo delle portate da convogliare tramite canalette di drenaggio

Area Totale Sinistra [m ²]	1589.206
Area impermeabilizzata canalizzazioni [m ²]	178.489
Area impermeabilizzata rete acque oleose [m ²]	44.308
Q _c [m ³ /s]	0.047
Area Totale Destra [m ²]	1932.453
Area impermeabilizzata canalizzazioni [m ²]	176.673
Area impermeabilizzata rete acque oleose [m ²]	47.200
Q _c [m ³ /s]	0.057

Le canalette si prevedono di base e altezza pari a 30 cm, con pendenza 0.5% e caratteristiche riportate nella tabella di verifica riportata nella Figura 8-3, dalla quale è desumibile il tirante idrico in condizione di regime, l'area bagnata della sezione e il franco idraulico. Una rappresentazione schematica delle canalette è riportata nella Figura 8-2.

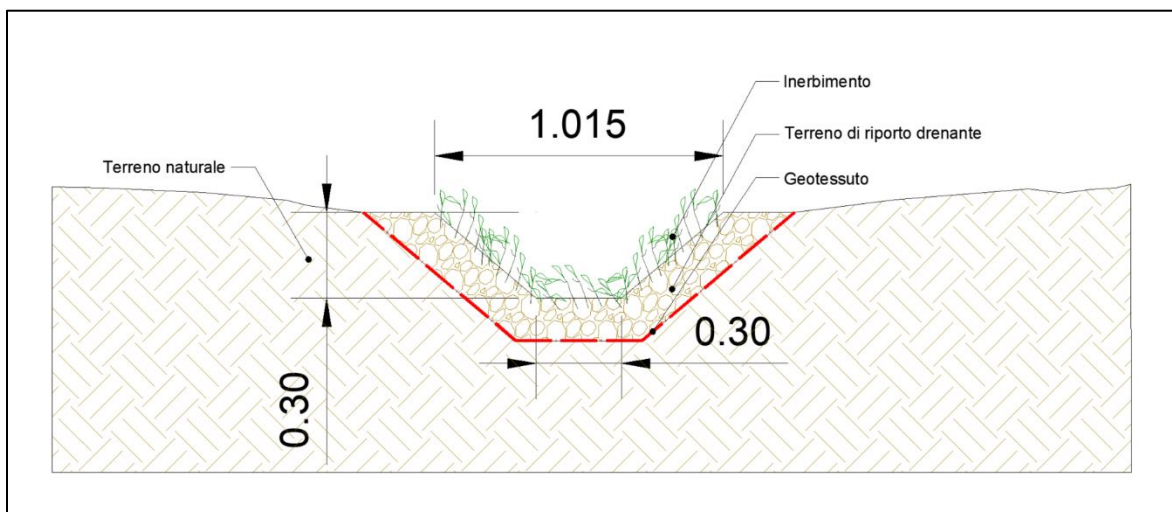


Figura 8-2: Schema canalette

La canaletta di drenaggio della parte destra dell'area sverserà direttamente nella vasca di laminazione, mentre quella della parte sinistra sverserà in un pozzetto che permetterà il successivo convoglio tramite tubazione in PVC DN250.

La verifica idraulica delle canalette è stata eseguita in condizioni di moto uniforme, riportata nella Figura 8-3.

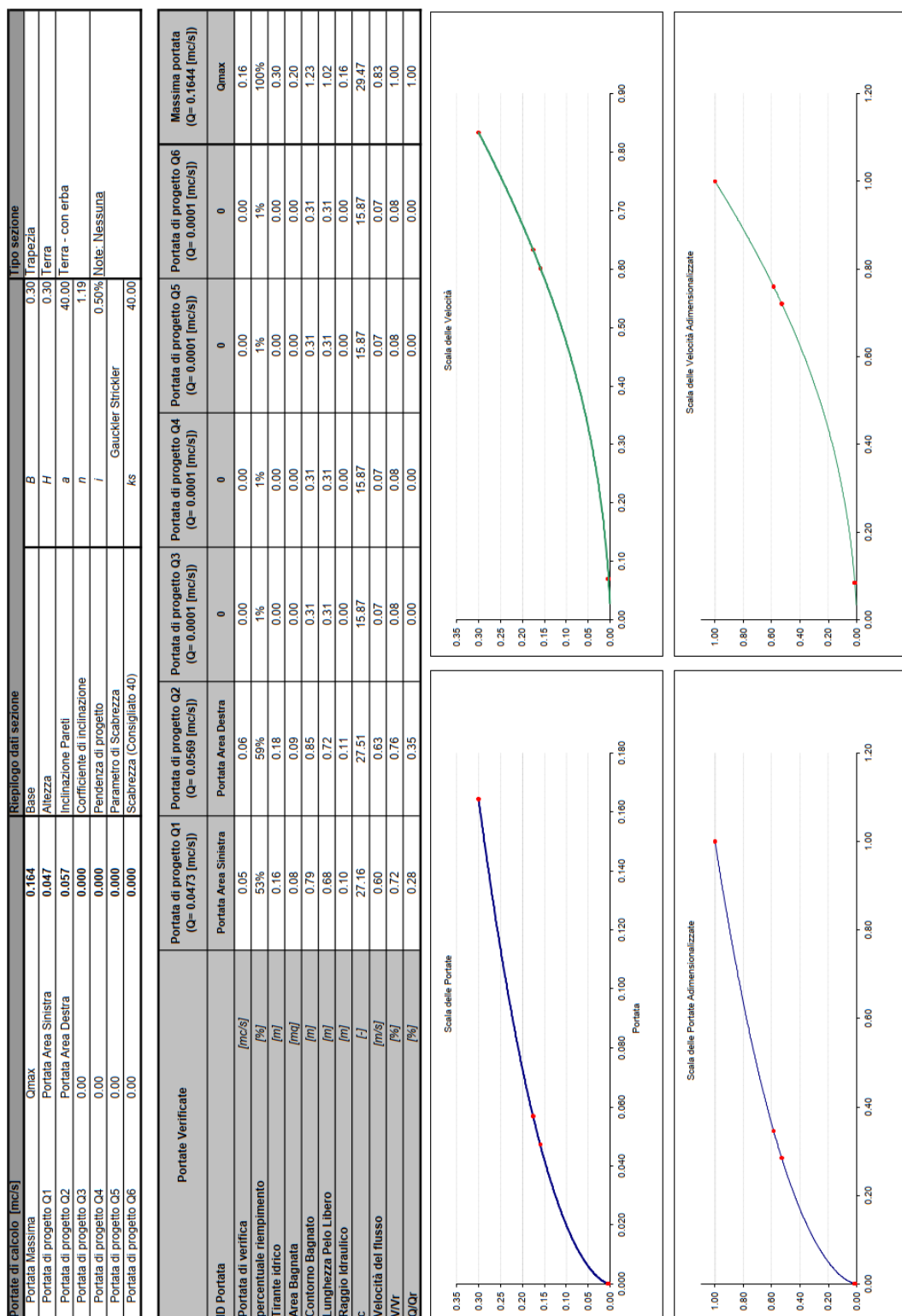


Figura 8-3: Verifica canalette di drenaggio area BESS

9 CONCLUSIONI

Le opere idrauliche realizzate per l'impianto agrivoltaico "Fratta" sono state progettate per garantire un efficace smaltimento delle acque meteoriche, minimizzando il rischio di ristagni e fenomeni di ruscellamento incontrollato.

Il sistema di drenaggio dell'area di impianto comprende due principali tipologie di interventi:

- Canalette disperdenti: collocate nei punti a quota inferiore per favorire il naturale deflusso delle acque, queste canalette sono state progettate per immagazzinare temporaneamente le precipitazioni e disperderle gradualmente nel sottosuolo. Realizzate con sezioni trapezoidali, base di 80 cm e altezza di 70 cm, garantiscono un'infiltrazione efficace grazie all'utilizzo di materiale grossolano e un rivestimento vegetale protettivo.
- Canalette di drenaggio: posizionate in prossimità dei canali di irrigazione esistenti, queste strutture hanno la funzione di convogliare le acque meteoriche verso i recettori naturali. Sono state dimensionate in base alla pendenza del terreno (0.5% - 2%) e realizzate con sezioni trapezoidali di varia grandezza per ottimizzare il deflusso. Le verifiche idrauliche hanno confermato il corretto funzionamento anche in condizioni di piogge intense.

Per l'area BESS è stata progettata una vasca di laminazione, la cui funzione è quella di garantire l'invarianza idraulica e prevenire un aumento delle portate di deflusso nei corpi idrici ricettori.

L'integrazione di queste opere nel contesto dell'impianto assicura il rispetto delle normative vigenti e contribuisce alla gestione sostenibile delle risorse idriche, evitando alterazioni del regime idraulico locale. Grazie a queste soluzioni, l'impianto agrivoltaico "Fratta" si configura come un intervento efficiente e rispettoso dell'equilibrio idrogeologico del territorio.