

CUP: E35H21000170005

ACCORDO QUADRO PER L'AFFIDAMENTO DEI SERVIZI TECNICI PROFESSIONALI DI PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, DI OPERE AFFERENTI IL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO RICADENTI NELLE CLASSI DI PROGETTAZIONE ID OPERE IA.01, D.04, D.05 DEL DM 17 GIUGNO 2016

## PROGETTO DEFINITIVO PER IL POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DI COLLEPASSO (LE)

Acquedotto Pugliese S.p.A.  
Direzione Ingegneria

Il Responsabile del Procedimento  
*ing. Massimiliano BALDINI*

Il Direttore  
*ing. Gaetano BARBONE*



*Ing. Alberto DE PASCALIS*  
*Ing. Fabio DE PASCALIS*

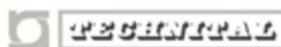


*Ing. Vito Leonardo V. Casulli*

### RTP PROGETTAZIONE



*Ing. Gianluca PERRONE*



*Ing. Simone VENTURINI*

Studio De Venuto  
& Associati

*Ing. Giuseppe DE VENUTO*



*Ing. Raffaele Michele CAGNAZZI*  
*Ing. Salvatore CAPUTO*  
*Ing. Antonio RINALDI*

Elaborato

**ED.02.5**

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA

Codice Intervento P1720

Codice SAP: 470000001085

Prot. N.:

Data:

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
00	02/2023	Emissione per Parere AdB Prot. n. 35249/2022 del 23/12/2022	G.d.L. R.T.P.	G.d.L. R.T.P.	G.d.L. R.T.P.



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>MORFOMETRIA DEL BACINO .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Individuazione del bacino idrografico.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>13</b>
<b>6.1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>13</b>
<b>6.2</b>	<b>Dati di pioggia.....</b>	<b>13</b>
<b>6.3</b>	<b>Analisi statistica dati pluviometrici .....</b>	<b>14</b>
<b>6.4</b>	<b>Caratteristiche dell'uso del suolo.....</b>	<b>18</b>
<b>6.5</b>	<b>Determinazione delle perdite di bacino.....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>CALCOLO IDROGRAMMI DI PIENA.....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>ANALISI IDRAULICA.....</b>	<b>26</b>
<b>8.1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2</b>	<b>Il modello matematico.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2.1</b>	<b>Il modulo RAS Mapper.....</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>MODELLAZIONE IDRAULICA.....</b>	<b>28</b>
<b>9.1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>28</b>
<b>9.2</b>	<b>Condizioni al contorno e condizioni iniziali .....</b>	<b>28</b>
<b>9.3</b>	<b>Mesh di calcolo .....</b>	<b>28</b>
<b>9.4</b>	<b>Risultati delle simulazioni.....</b>	<b>29</b>
<b>9.4.1</b>	<b>Stato di fatto.....</b>	<b>30</b>
<b>9.4.2</b>	<b>Stato di progetto.....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON GLI OBIETTIVI DEL PIANO .....</b>	<b>38</b>



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## 1 PREMESSA

La presente Relazione Specialistica viene redatta ai sensi del art. 26 del D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 nell'ambito del Progetto Definitivo per "il potenziamento dell'impianto di depurazione a servizio dell'agglomerato di Collepasso (LE)", su richiesta di integrazione da parte dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale con nota Prot. N.35249/2022 del 23-12-2022.

Il progetto definitivo ha come obiettivo il potenziamento e l'adeguamento dell'impianto in parola alle previsioni dell'Aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque adottato con D.G.R. n. 1333/2019, in conformità con quanto previsto dalle Linee Guida di cui agli Allegati B e C del R.R. n. 13/2017, sulla base di un carico generato di **10.200 AE** e nel rispetto dei limiti allo scarico di cui alla Tab.4 (scarico su suolo) dell'Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii..

L'Impianto di Depurazione delle Acque reflue (IDA) di Collepasso (LE), raggiungibile dalla S.P. n.41 "Galatina - Noha – Collepasso", è il presidio depurativo a servizio dell'omonimo agglomerato. L'IDA è sito nel territorio comunale ed è da considerarsi un'opera legata ad una effettiva esigenza di pubblico interesse e di particolare rilevanza di protezione ambientale

La presente relazione discute la compatibilità idrologica ed idraulica delle opere previste dal progetto definitivo. Obiettivo dello studio è quello di verificare la compatibilità dell'intervento con il relativo PAI della Regione Puglia vigente, in particolare con gli artt.4, 6 e 10 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA).

Lo studio si sviluppa in due parti, di cui:

- la prima è volta a valutare le portate di piena attese a seguito di eventi estremi di pioggia incidenti sull'area di intervento (eventi con Tempi di Ritorno ( $T_R$ ) di 30, 200 e 500 anni);
- la seconda riporta l'applicazione di un modello di propagazione delle piene in regime idrodinamico di moto vario e dominio bidimensionale, utilizzando come dati dell'elevazione del terreno dell'area in oggetto il DTM ([sit.puglia.it](http://sit.puglia.it));

Le valutazioni oggetto dello studio sono state svolte tramite:

- la caratterizzazione morfometrica del bacino idrografico e l'analisi dell'uso del suolo;
- l'elaborazione delle informazioni pluviometriche secondo la distribuzione probabilistica di Gumbel e la conseguente definizione delle linee segnalatrici di pioggia. L'analisi delle precipitazioni intense è stata effettuata a partire dai dati misurati dalla stazione pluviometrica di Collepasso appartenente alla rete pluviometrica della Protezione Civile della Regione Puglia, nel quale topoioto ricade l'IDA di Collepasso;
- la modellazione idrologica, costituita dai seguenti passi:
  - l'individuazione del bacino imbrifero afferente alla sezione di chiusura torrente episodico a monte dell'IDA;
  - la determinazione dello ietogramma con la valutazione della pioggia efficace per i diversi tempi di ritorno, tramite l'applicazione del metodo del Curve Number;
  - la stima dell'ideogramma di piena per i periodi di ritorno specificati, tramite l'applicazione del metodo della Soil Conservation Service (SCS) ed utilizzo del Curve Number;

PROGETTO DEFINITIVO PER IL POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DI COLLEPASSO (LE)



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



- modellazione idraulica tramite applicazione del modello bidimensionale (HEC-RAS con interfaccia RAS Mapper) per il calcolo del profilo del pelo libero in moto vario associato alle portate e alle piogge aventi tempo di 30, 200 e 500 anni;
- analisi ed interpretazione dei risultati.



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa di riferimento per il presente studio, come anticipato in premessa, è riportato nelle Norme Tecniche di Attuazione del "Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico" dell'AdB Puglia, con specifico riferimento agli articoli di seguito riportati.

### ART. 4

#### *Disposizioni generali*

1. *In relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, sono soggetti alle norme del presente capo le aree di cui ai successivi artt. 6, 7, 8, 9 e 10*
2. *In tutte le aree a pericolosità idraulica si applicano, oltre a quelle del presente Titolo II, le disposizioni dei Titoli IV, V e VI.*
3. *Nelle aree a pericolosità idraulica, tutte le nuove attività e i nuovi interventi devono essere tali da:*
  - a. *migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;*
  - b. *non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;*
  - c. *non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;*
  - d. *non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;*
  - e. *garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;*
  - f. *limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;*
  - g. *rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.*
4. *La realizzazione di tutti gli interventi previsti nelle aree di cui al comma 1, salvo gli interventi di somma urgenza di cui all'art. 5 punto c), è sottoposta al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.*
5. *Nessun intervento previsto nelle aree di cui al comma 1, può essere approvato da parte della competente autorità di livello regionale, provinciale o comunale senza il preventivo o contestuale parere vincolante da parte dell'Autorità di Bacino.*
6. *Nelle aree di cui al comma 1 interessate anche da pericolosità geomorfologica, le prescrizioni relative si applicano contemporaneamente e si sommano ciascuna operando in funzione della rispettiva finalità.*
7. *I manufatti lambiti e/o attraversati dal limite di aree a differente livello di pericolosità sono ricompresi nell'area interessata dalle prescrizioni più restrittive.*
8. *I Comuni ricadenti nel territorio di applicazione del PAI introducono nei certificati di destinazione urbanistica informazioni sulla perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica.*

PROGETTO DEFINITIVO PER IL POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DI COLLEPASSO (LE)



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



9. *Tutti gli interventi e le opere destinate alla prevenzione ed alla protezione del territorio dal rischio idraulico devono essere sottoposti, dall'amministrazione territorialmente competente, ad un idoneo piano di azioni ordinarie di manutenzione tese a garantirne nel tempo la necessaria funzionalità.*
10. *I vincoli e le prescrizioni di cui ai successivi artt. 6, 7, 8, 9 e 10 non si applicano per le opere pubbliche per le quali alla data di adozione del Piano siano iniziati i lavori. L'uso e la fruizione delle predette opere è comunque subordinato all'adozione dei Piani di Protezione Civile ai sensi della Legge 225/92 e del relativo sistema di monitoraggio e allerta.*

## **ART.6**

### ***Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali.***

1. *Al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, il PAI individua il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità.*
2. *Nelle aree di cui al comma 1 è consentita la realizzazione di opere di regimazione idraulica;*
3. *In tali aree può essere consentito lo svolgimento di attività che non comportino alterazioni morfologiche o funzionali ed un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone. All'interno delle aree in oggetto non può comunque essere consentito: a) l'impianto di colture agricole, ad esclusione del prato permanente; b) il taglio o la piantagione di alberi o cespugli se non autorizzati dall'autorità idraulica competente, ai sensi della Legge 112/1998 e s.m.i.; c) lo svolgimento delle attività di campeggio; d) il transito e la sosta di veicoli se non per lo svolgimento delle attività di controllo e di manutenzione del reticolo idrografico o se non specificatamente autorizzate dall'autorità idraulica competente; e) lo svolgimento di operazioni di smaltimento e recupero di cui agli allegati b) e c) del Dlgs 22/97 nonché il deposito temporaneo di rifiuti di cui all'art.6, comma 1, lett. m) del medesimo Dlgs 22/97.*
4. *All'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, possono essere consentiti l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.*
5. *I manufatti e i fabbricati esistenti all'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, ad esclusione di quelli connessi alla gestione idraulica del corso d'acqua, sono da considerare in condizioni di rischio idraulico molto elevato e pertanto le Regioni, le Province e i Comuni promuovono e/o adottano provvedimenti per favorire, anche mediante incentivi, la loro rilocalizzazione.*
6. *Sui manufatti e fabbricati posti all'interno delle aree di cui al comma 1 sono consentiti soltanto: a) interventi di demolizione senza ricostruzione; b) interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del*



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



*D.P.R. n.380/2001 e s.m.i. a condizione che non concorrano ad incrementare il carico urbanistico; c) interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio senza che essi diano origine ad aumento di superficie o volume.*

- 7. Per tutti gli interventi consentiti nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai commi 2, 4 e 6.*
- 8. Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m.*

## **ART. 10**

### **Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale**

- 1. Ai fini della tutela e dell'adeguamento dell'assetto complessivo della rete idrografica, il PAI individua le fasce di pertinenza fluviale.*
- 2. All'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino.*
- 3. Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.*

### 3 INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO

L'area oggetto di intervento rientra nel bacino idrografico del canale dell'Asso; pertanto, è soggetta alle norme tecniche di attuazione del PAI redatto dall'AdB Puglia, facente parte del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

L'impianto di depurazione a servizio del comune di Collepasso è ubicato nei pressi di un'asta fluviale, come evidenziato dal reticolo idrografico come si mostra in Figura 3.

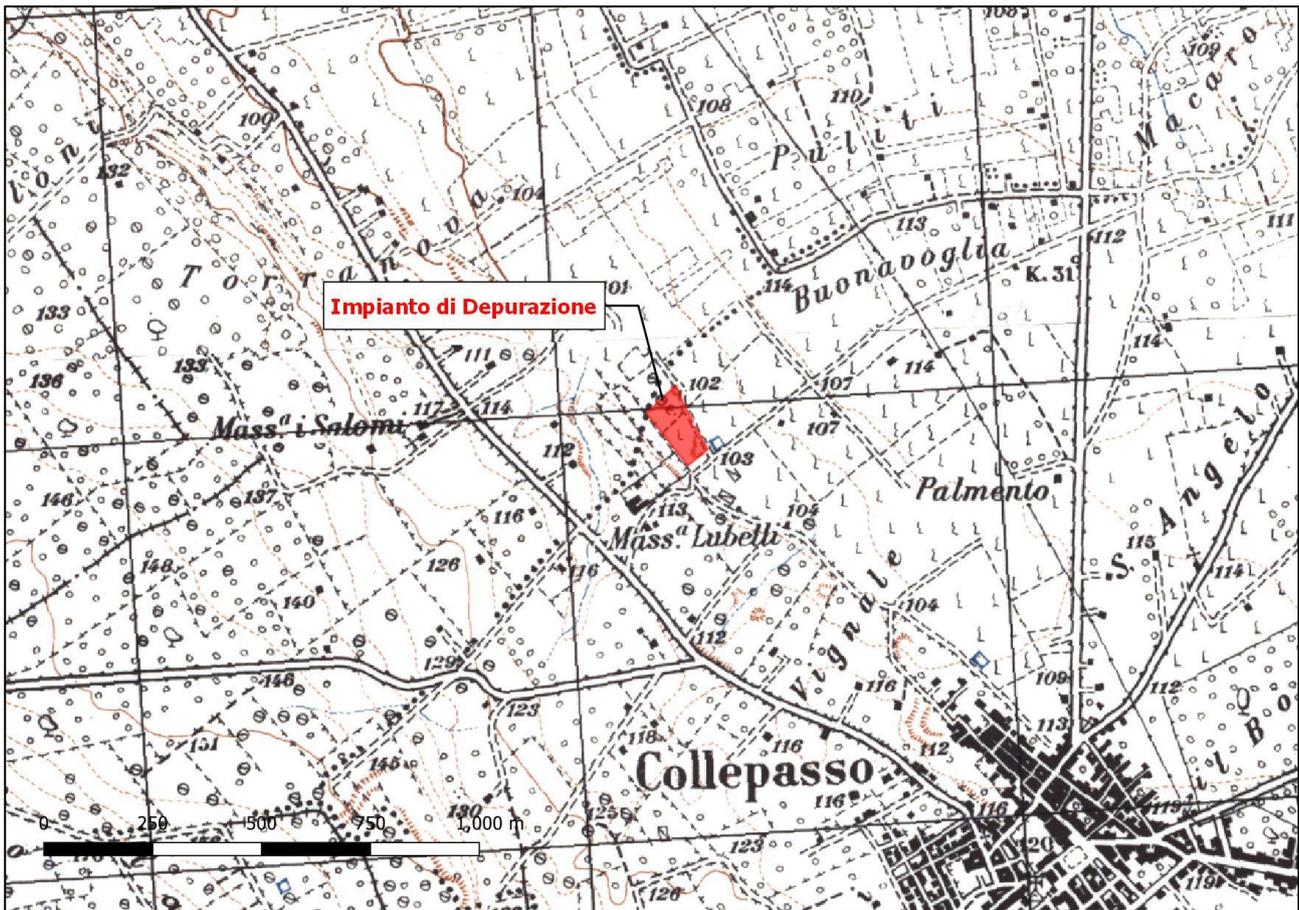


Figura 1 - Stralcio cartografico IGM scala 1:25.000

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico o PAI (Piano Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Puglia è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio compreso nell'AdB Puglia. Il PAI è strutturato tramite l'adozione di piani stralci riguardanti:

- Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI), che riguarda il rischio idraulico e il rischio frane;
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale;

All'interno del PAI, nella sezione relativa al rischio alluvioni, attraverso le carte delle aree soggette a rischio idraulico sono perimetrate le aree a rischio di inondazione per tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

PROGETTO DEFINITIVO PER IL POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DI COLLEPASSO (LE)



Studio De Venuto & Associati



Dalla consultazione delle suddette carte, visionabili dal sito dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/>), risulta che l’area sul quale sorge il depuratore di Collepasso **non è interferente** con le aree a rischio di inondazione per tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni come rappresentato nella Figura 2.



Figura 2 - Sovrapposizione Area IDA , Aree a Rischio Inondazioni e Frane.



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## 4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

In particolare, il progetto definitivo prevede

- a) Il potenziamento di:
  - linea acque
    - la realizzazione di una nuova vasca in calcestruzzo armato nella stazione dei pretrattamenti e di una vasca di equalizzazione, con annessa linea di by-pass delle portate eccedenti alle trincee drenanti, previo nuovo trattamento in linea;
    - l'adeguamento della sezione biologica di nitrificazione/disinfezione con la realizzazione di una terza linea di trattamento e la costruzione di una nuova vasca di sedimentazione secondaria per il raddoppio della linea;
    - la dismissione del filtro a dischi esistente e la sostituzione con uno più grande e performante;
  - linea fanghi
    - la realizzazione di un nuovo trattamento di digestione aerobica dei fanghi e di un locale disidratazione meccanica con la sostituzione della vecchia centrifuga e l'installazione del cassone raccolta fanghi disidratati;
- a) la riduzione delle emissioni odorigene attraverso:
  - il confinamento ed aspirazione dell'aria esausta dei nuovi fabbricati pretrattamenti e disidratazione meccanica. La realizzazione delle coperture a raso con tegole e/o lamiera mandorlata e aspirazione dell'aria esausta dalle vasche di equalizzazione, sollevamento primario, preispessimento fanghi, stabilizzazione aerobica e pozzetti di ricircolo e supero;
  - l'installazione di due deodorizzatori biotrickling per il trattamento dell'aria esausta;
- b) le sistemazioni esterne mediante:
  - il potenziamento e l'adeguamento del sistema di drenaggio delle acque meteoriche mediante la costruzione della rete per il collettamento e per l'invio delle acque meteoriche nelle vasche di trattamento;
  - l'adeguamento alle normative in materia di salute e sicurezza con la costruzione di un nuovo edificio servizi e un nuovo fabbricato di confinamento delle soffie

## 5 MORFOMETRIA DEL BACINO

L'analisi oggetto del presente studio è rivolta all'individuazione del bacino idrografico che interessa l'area a monte dell'impianto di depurazione di Collepasso.

Dalla consultazione della cartografia PAI e dall'individuazione del reticolo idrografico dell'area di studio, risulta che l'area di intervento è interessata da un corso d'acqua episodico a Ovest dell'impianto.



Figura 3 - Reticolo Idrografico IDA Collepasso

### 5.1 Individuazione del bacino idrografico

La costruzione del modello idrologico prevede la modellazione fisica del sistema idrogeologico. In questa fase di studio, le analisi prevedono l'individuazione delle aree contribuenti al deflusso superficiale e degli eventuali canali a pelo libero naturali o artificiali.

Infatti, ogni elemento contribuisce al deflusso superficiale in base alle sue caratteristiche fisiche e geometriche, quali:

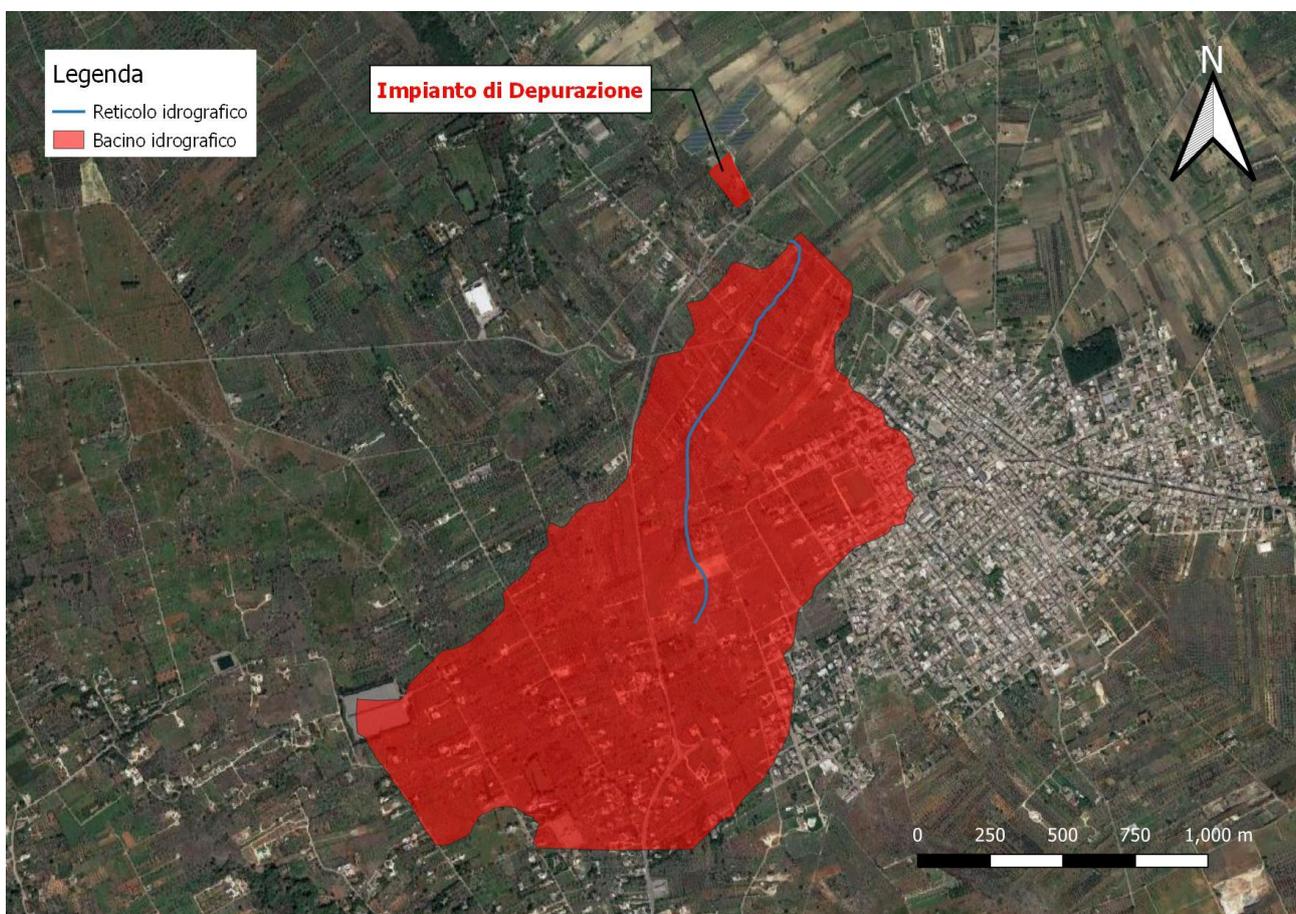
- la litologia del suolo,
- l'uso del suolo,

- il tempo di corrivazione, tempo necessari affinché la goccia d'acqua che cade nel punto più estremo del bacino raggiunga la sezione di chiusura del sottobacino.
- etc.

Lo studio idrologico è stato effettuato grazie all'ausilio di programmi per l'analisi geospaziale (software QGIS).

Il software QGIS permette di ricavare il bacino idrografico dai dati di elevazione del terreno e realizzare la caratterizzazione geomorfologica ottenendo le caratteristiche dello stesso.

Per la delimitazione del bacino idrografico, si è utilizzato il DEM pubblicato nel portale cartografico della Regione Puglia che ricordiamo avere una maglia di 8 m x 8m. In Figura 4 si riporta l'individuazione planimetrica del bacino idrografico di riferimento.



*Figura 4 - Bacino idrografico di studio*

Si fa notare che la sezione di chiusura del bacino idrografico viene definita alcuni metri a monte dell'area di intervento, poiché nel modello idrodinamico 2D in HEC-RAS la porzione di area rimanente sarà simulata come una superficie scolante che possa generare una portata proporzionale alla pioggia netta calcolata con il metodo del SCS-CN.

Di seguito si riportano i parametri morfometrici del bacino.



Studio De Venuto & Associati



Tabella 1 - Parametri morfometrici del bacino idrografico

Superficie	Quota min	Quota media	Quota max	Dislivello	Lunghezza asta principale
km <sup>2</sup>	mslm	mslm	mslm	m	km
2.00	104.05	151.42	198.79	94.74	1.48

A continuazione si riporta la curva ipsometrica del bacino oggetto di studio.

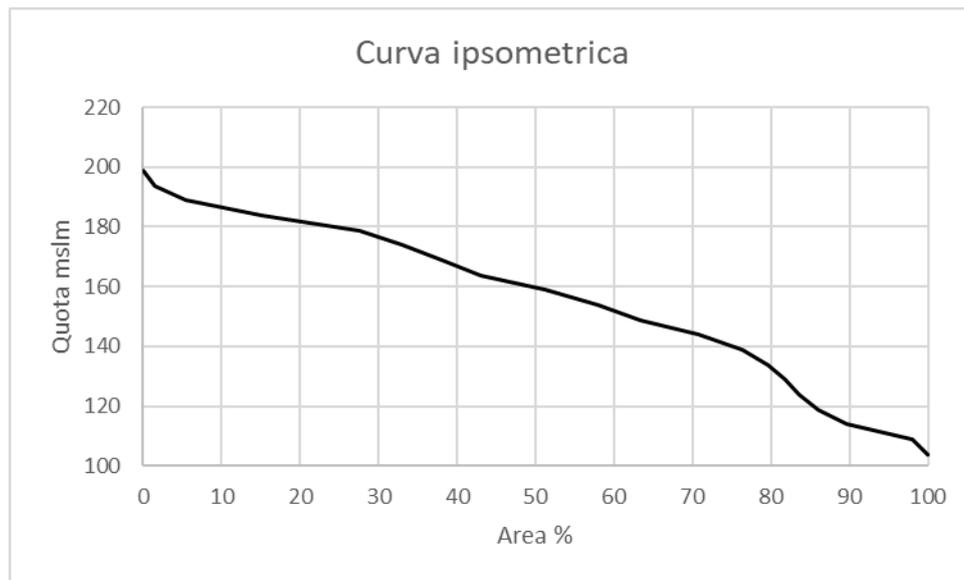


Figura 5 - Curva Ipsometrica bacino

## 6 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

### 6.1 Generalità

L'analisi degli eventi meteorici intensi è finalizzata alla stima dell'altezza di pioggia che cade sul bacino di riferimento associata ad un evento di durata e tempo di ritorno prefissati. Lo scopo ultimo, come noto, è la definizione delle curve segnalatrici di pioggia in grado di stimare l'altezza di acqua precipitata sul bacino durante un evento estremo ragguagliata alla superficie del bacino.

Le linee segnalatrici si esprimono attraverso la seguente relazione:

$$h = \Psi \times a \times t^n$$

in cui:

- $\Psi$  rappresenta il coefficiente di ragguaglio della precipitazione alla durata e all'estensione;
- $h$  è l'altezza totale (cumulata) precipitata sul bacino durante l'evento meteorico di riferimento;
- $a$  ed  $n$  sono coefficienti deducibili da specifiche analisi statistiche;
- $t$  rappresenta la durata dell'evento meteorico.

### 6.2 Dati di pioggia

I dati pluviometrici adottati sono quelli associati alla stazione pluviometrica Collepasso, la più prossima in termini spaziali al bacino idrografico in oggetto.

Si sono utilizzati i dati di pioggia forniti dal Servizio di Protezione Civile della Regione Puglia (Annali Idrologici – Parte I – Dati storici).

(<http://www.protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale/analisielaborazione-dati/annali-idrologici-parte-i-dati-storici>).

I dati disponibili relativi ai valori estremi di precipitazione di assegnata durata, suddivisi per anno e durata, sono relativi ad un arco temporale che va dal 1971 al 2020.

Nella successiva tabella si riporta quanto desunto.

	Anno	1/4 ora	1/2 ora	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
<b>1</b>	1971	>>	>>	29.4	30.0	31.4	35.0	55.4
<b>2</b>	1972	>>	>>	31.8	43.8	46.4	53.0	54.8
<b>3</b>	1973	>>	>>	18.8	29.2	29.2	32.2	34.4
<b>4</b>	1974	>>	>>	22.8	24.4	29.8	38.8	42.4
<b>5</b>	1975	>>	>>	36.0	59.0	59.0	59.0	59.0
<b>6</b>	1976	>>	26.0	41.0	62.2	69.6	95.8	119.0
<b>7</b>	1977	>>	>>	17.8	18.4	20.2	22.0	38.6
<b>8</b>	1978	>>	>>	28.4	28.4	28.4	>>	>>
<b>9</b>	1979	>>	>>	33.8	37.0	47.0	67.6	85.6
<b>10</b>	1981	18.0	>>	36.0	36.8	42.0	42.0	42.2
<b>11</b>	1982	>>	>>	53.0	53.4	53.4	53.4	70.2



Studio De  
Venuto &  
Associati



12	1983	>>	>>	52.0	59.6	59.6	64.0	92.4
13	1986	>>	>>	25.4	30.4	38.2	50.6	50.8
14	1989	>>	40.0	45.4	60.6	61.2	63.2	69.0
15	1990	>>	>>	21.4	41.0	54.0	85.6	117.2
16	1991	>>	>>	46.2	48.2	48.2	48.2	48.2
17	1992	12.0	>>	23.6	32.8	47.0	62.6	64.8
18	1994	>>	50.6	52.6	57.2	86.6	83.4	83.6
19	1995	45.4	62.0	62.0	102.6	103.4	103.4	103.6
20	1996	24.4	29.8	31.4	46.2	57.6	75.8	93.4
21	1997	>>	>>	>>	33.6	38.0	46.4	64.0
22	1998	17.8	28.4	39.4	70.6	78.2	129.2	168.0
23	1999	18.2	29.6	38.2	39.2	57.8	57.8	58.0
24	2000	23.6	39.4	56.2	59.0	60.0	60.0	60.0
25	2001	6.4	8.6	18.4	32.8	38.4	43.4	46.6
26	2002	20.6	31.6	39.6	49.6	66.2	82.0	88.2
27	2003	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
28	2004	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
29	2005	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
30	2006	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
31	2007	11.6	19.4	20.6	20.8	31.2	36.0	50.2
32	2008	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
33	2009	22	30.8	31.8	37	40	48	70.6
34	2010	15	23.6	38	72.6	79.4	86.8	100.6
35	2011	22	29	34	35.4	42.4	43.8	66
36	2012	23.6	31.2	45.6	77.8	86.8	91.6	92
37	2013	12.4	18.2	25.6	42.6	80.2	115.8	117.8
38	2014	15.4	22.6	26	34.8	40.2	43.8	44
39	2015	22.8	29.6	32.6	39.6	41.4	42.4	54.2
40	2016	12.6	13.6	13.8	25	33.2	37.2	46.6
41	2017	20	31.2	33.2	48	48	48	68.8
42	2018	25	34.6	37.4	48.2	64.6	88	98.4
43	2019	13	25.2	33	34.4	34.4	36.6	44.6
44	2020	21.8	40	50	50.6	50.6	59.6	83.6

### 6.3 Analisi statistica dati pluviometrici

L'elaborazione dei dati con metodi statistici consente di ricercare la distribuzione di probabilità che meglio approssima la curva di frequenza cumulata dei massimi annuali delle precipitazioni di differente durata. Utilizzando la *prima legge asintotica del massimo valore* (o legge di Gumbel) si determina il massimo valore dell'altezza di precipitazione prevedibile mediante la seguente formula:

$$h = u - \left(\frac{1}{\alpha}\right) * \ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$$

dove:



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



h precipitazione,

T tempo di ritorno,

u,  $\alpha$  parametri che si possono valutare con le relazioni:

$u = \bar{X} - 0,450$ , dove  $\bar{X}$  è la media delle altezze di pioggia;

$\alpha = 1,283/S_X$ , dove  $S_X$  è lo scarto quadratico medio delle altezze di pioggia;

In Tabella 2 sono riportati i valori dei parametri necessari alla definizione della distribuzione di Gumbel per le diverse durate di pioggia indicate nell'Allegato 1.

Tabella 2 - Parametri della distribuzione di Gumbel

Precipitazione	1/4 ora	1/2 ora	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
<b>N° eventi</b>	22	23	38	39	39	38	38
$\bar{X}$	19.3	30.2	34.8	44.9	51.9	61.4	72.3
$S_X$	7.8	11.4	11.8	17.3	19.0	24.8	28.6
$\alpha$	0.165	0.112	0.109	0.074	0.068	0.052	0.045
<b>u</b>	15.766	25.069	29.504	37.164	43.347	50.224	59.417

Come ampiamente noto, alle precipitazioni massime di assegnata durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di eventi fra loro indipendenti può applicarsi la seguente relazione statistica, comune, alla maggioranza delle serie idrologiche:

$$X(T_r) = \bar{X} + FS_X$$

in cui:

- $X(T_r)$  rappresenta il valore estremo caratterizzato da un periodo di ritorno  $T_r$ , ossia l'evento che viene raggiunto o superato, mediamente, ogni  $T_r$  anni;
- $\bar{X}$  il valore medio degli eventi analizzati;
- $F$  rappresenta il fattore di frequenza;
- $S_X$  rappresenta lo scarto quadratico medio della variabile in esame;

La distribuzione adottata nella metodologia qui proposta può essere espressa nella seguente forma:

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

dove:

- $Y(T_r)$  rappresenta la variabile ridotta;
- $\bar{Y}_N$  rappresenta la media della variabile ridotta;
- $S_N$  rappresenta lo scarto quadratico medio della variabile ridotta.

Come noto  $\bar{Y}_N$  e  $S_N$  sono funzione del numero di osservazioni che costituiscono il campione di dati a disposizione. I valori di tali parametri sono riportati nella successiva tabella.

Sostituendo F nell'equazione generale otteniamo:

$$X(T_R) = \bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \bar{Y}_N + \frac{S_X}{S_N} Y(T_R)$$

in cui  $\bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \bar{Y}_N$  è chiamata la moda e rappresenta il valore con massima frequenza probabile.

La funzione Y(Tr) è legata al tempo di ritorno Tr dalla relazione:

$$Y(T_R) = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T_R - 1}{T_R}\right)\right)$$

Tabella 3: Parametri YN e SN metodologia di Gumbel

Media ridotta $Y_N$										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5154	0,5177	0,5198	0,5217
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5282	0,5296	0,5309	0,5321	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5411	0,5417	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5472	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5532	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5571	0,5573	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5584
90	0,5586	0,5588	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5605	0,5606	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Deviazione standard ridotta $S_N$										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,0010	1,0148	1,0270	1,0378	1,0476	1,0564	1,0644	1,0717	1,0785	1,0847
20	1,0904	1,0958	1,1008	1,1055	1,1098	1,1140	1,1178	1,1215	1,1250	1,1283
30	1,1314	1,1344	1,1372	1,1399	1,1425	1,1449	1,1473	1,1496	1,1518	1,1538
40	1,1559	1,1578	1,1597	1,1614	1,1632	1,1649	1,1665	1,1680	1,1696	1,1710
50	1,1724	1,1738	1,1752	1,1765	1,1777	1,1789	1,1801	1,1813	1,1824	1,1835
60	1,1846	1,1856	1,1866	1,1876	1,1886	1,1895	1,1904	1,1913	1,1922	1,1931
70	1,1939	1,1947	1,1955	1,1963	1,1971	1,1978	1,1986	1,1993	1,2000	1,2007
80	1,2014	1,2020	1,2027	1,2033	1,2039	1,2045	1,2052	1,2057	1,2063	1,2069
90	1,2075	1,2080	1,2086	1,2091	1,2096	1,2101	1,2106	1,2111	1,2116	1,2121
100	1,2126	1,2130	1,2135	1,2139	1,2144	1,2148	1,2153	1,2157	1,2161	1,2165

Dato che il campione costituito dalle piogge intense registrate ad Altamura ben si adatta ad essere rappresentato da tale legge probabilistica, invertendo la legge di distribuzione e sostituendo il tempo di ritorno TR in luogo della probabilità  $P = \frac{T_r - 1}{T_r}$  si calcola, per ciascuna delle durate, il valore di altezza massima di pioggia (quantile regolarizzato) per qualsiasi valore del tempo di ritorno.

Disponendo su un diagramma logaritmico le  $h_d(T_R)$  al variare della durata  $d$ , si osserva che queste si dispongono lungo una retta. Tale fatto implica che la variabile  $h$  può essere generalmente espressa dalla seguente relazione:

$$h(d, T_R) = a_T d^n$$

in cui i parametri  $a$  ed  $n$ , per quanto esposto, possono essere facilmente calcolabili mediante il seguente modello lineare:

$$\ln(h_d(T_R)) = \ln a(T_R) + n(T_R) \ln(d)$$

In Tabella 4 e nella Figura 6, sono riportati i valori dell'altezza di pioggia calcolati, per ogni durata, in funzione del tempo di ritorno e la curva di possibilità climatica ad esso corrispondente, calcolata mediante il metodo dei minimi quadrati.

Tabella 4 - Altezza di pioggia per diversi tempi di ritorno e durata di precipitazione

Durata (ore)	Altezza pioggia (mm)		
	Tr=30	Tr=200	Tr=500
<b>0.25</b>	36.2	47.8	53.3
<b>0.5</b>	55.3	72.3	80.5
<b>1</b>	60.5	78.0	86.5
<b>3</b>	82.8	108.5	120.9
<b>6</b>	93.4	121.6	135.2
<b>12</b>	115.6	152.5	170.2
<b>24</b>	134.9	177.5	197.9

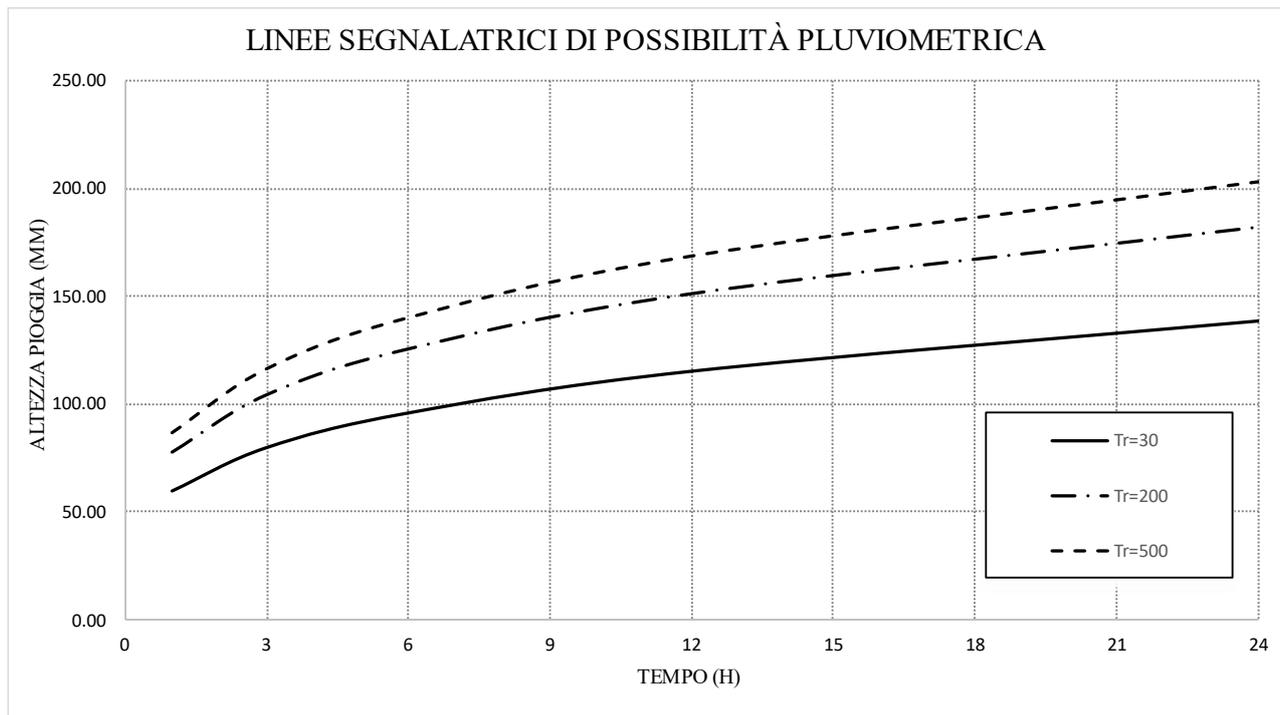


Figura 6 - Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

#### 6.4 Caratteristiche dell'uso del suolo

Per le finalità dello studio presente, sono state valutate le caratteristiche dell'uso del suolo dei terreni presenti nei bacini idrografici che sottendono l'area oggetto dell'intervento di progetto.

Tale valutazione è stata ricollegata allo studio prodotto per la definizione del SIT- Regione Puglia. Partendo dalla classificazione e nomenclatura delle diverse classi utilizzata nel predetto progetto sono state individuate e delimitate le aree del territorio in studio appartenenti alle classi del SIT - Regione Puglia (Figura 7). Le classi in tal modo definite sono elencate nella Tabella 5 - Classi Uso del Suolo

Tabella 5 - Classi Uso del Suolo

CODICE	Uso del Suolo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Superficie (%)
1121	tessuto residenziale discontinuo	91964.25	4.59
1122	tessuto residenziale rado e nucleiforme	40182.63	2.00
2111	seminativi semplici in aree non irrigue	48977.95	2.44
1422	aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	10157.35	0.51
1123	tessuto residenziale sparso	401992.34	20.05
1215	insediamento degli impianti tecnologici	35466.21	1.77
1221	reti stradali e spazi accessori	44765.87	2.23
223	uliveti	1066784.62	53.20
1224	aree per gli impianti delle telecomunicazioni	23383.17	1.17
1332	suoli rimaneggiati e artefatti	3514.27	0.18
1112	tessuto residenziale continuo	41790.00	2.08

<b>321</b>	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	154067.71	7.68
<b>1213</b>	insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	3.39	0.00
<b>241</b>	colture temporanee associate a colture permanenti	4819.04	0.24
<b>1211</b>	insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	5461.43	0.27
<b>242</b>	sistemi colturali e particellari complessi	22306.66	1.11
<b>314</b>	prati alberati, pascoli alberati	9437.20	0.47
<b>TOTALE</b>		<b>2005074.06</b>	<b>100</b>

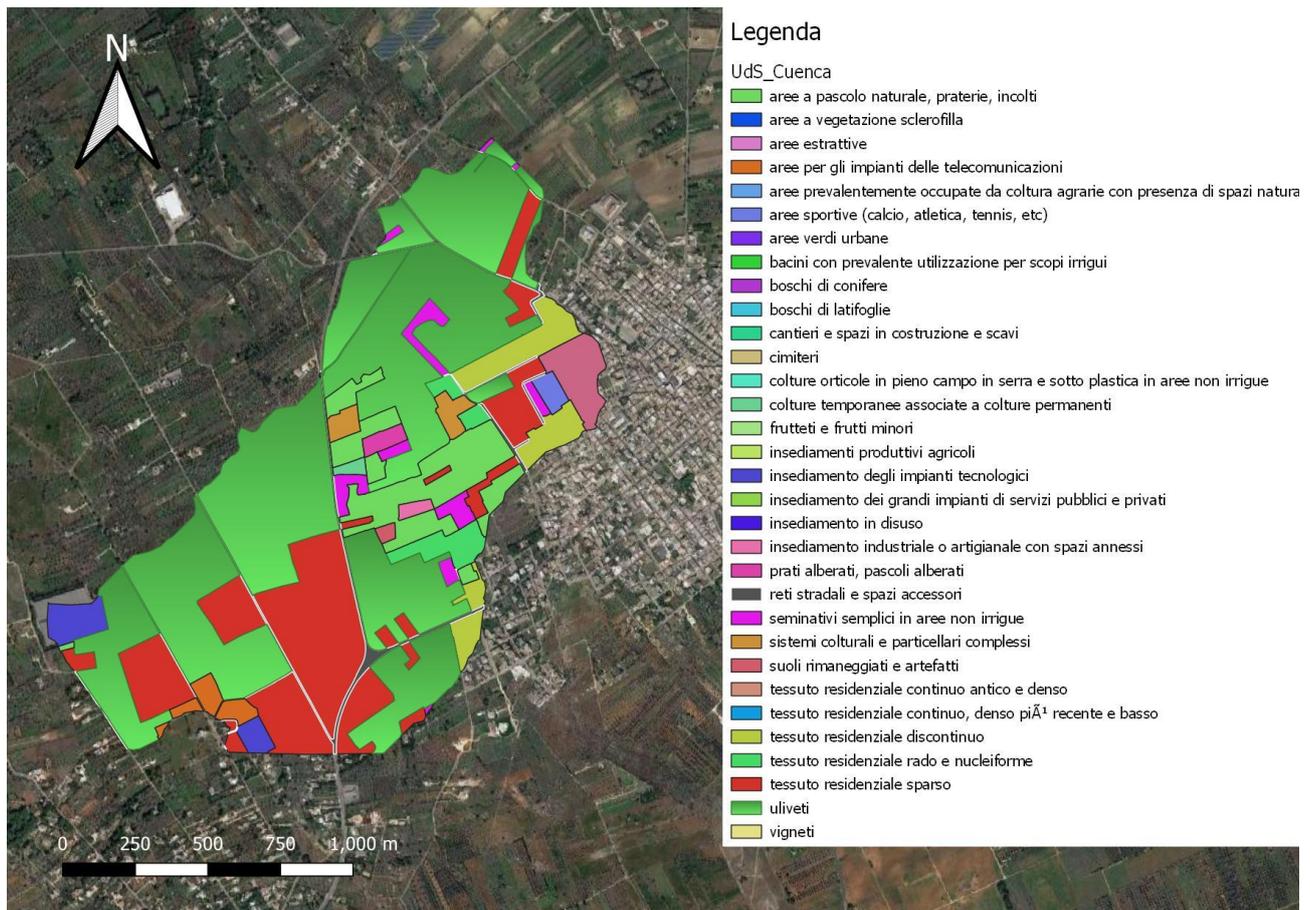


Figura 7 - Classi Uso del Suolo

## 6.5 Determinazione delle perdite di bacino

La depurazione delle piogge è stata condotta adottando la metodologia del CN proposta da SCS (Soil conservation Service – US). Secondo tale modello, l'altezza di pioggia netta  $h_{netta}$  dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico  $t$  pari alla durata critica dell'evento di pioggia, risulta legata all'altezza di pioggia lorda  $h_{lorda}$ , caduta nel medesimo intervallo temporale, dalla relazione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)}$$



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



La precedente relazione è valida soltanto per  $h_{\text{lorda}} > I_a$ , mentre nel caso in cui l'altezza di pioggia risulti minore di  $I_a$  si ha  $h_{\text{netta}} = 0$ . In realtà, con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si intende tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali che come noto ritardano l'instaurarsi del deflusso lungo i versanti.

L'indice CN, è un numero adimensionale, compreso da 0 a 100, funzione di:

1. caratteristiche del suolo;
2. tipo di copertura e uso del suolo;
3. condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento di progetto.

Per quanto riguarda il primo fattore il metodo suddivide le caratteristiche idrologiche del suolo in quattro diverse categorie di seguito elencate:

- GRUPPO A: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso, capacità di infiltrazione, in condizioni di saturazione, molto elevata; comprende sabbie profonde con bassa percentuale di limi e argille molto permeabili;
- GRUPPO B: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, anche in condizioni di saturazione, elevata; comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto a quelli definiti nel GRUPPO A;
- GRUPPO C: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta e scarsa capacità di infiltrazione e saturazione; comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argille e colloidali;
- GRUPPO D: suoli aventi potenzialità di deflusso molto elevate e scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione; comprende argille ad elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Nella seguente tabella si riportano i valori del coefficiente CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



Tabella 6 - Valori del coefficiente CN in funzione della tipologia e uso del suolo

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN <sub>II</sub>			
		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 annessi	98	98	98	98
1223	grandi impianti di concentrazione 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 aereoportuali 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

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN <sub>II</sub>			
		A	B	C	D
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 colturali 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	pioppetti, saliceti, eucalitteti 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. natuale	43	65	76	82
3242	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. artificiale	43	65	76	82
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	acquacolture 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	acquacolture in mare libero	98	98	98	98
523	Mare	98	98	98	98

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico di riferimento (fattore 3 – elenco precedente), il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni

iniziali (AMC – Antecedent Moisture Condition) in funzione del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento meteorico, come indicato nella tabella seguente.

Tabella 7 - CN-SCS - Determinazioni del Antecedent Moisture Condition

ANTECEDENT MOISTURE CONDITION		
CLASSE AMC	Altezza di pioggia totale caduta nei 5 giorni precedenti l'evento di riferimento STAGIONE DI CRESCITA	Altezza di pioggia totale caduta nei 5 giorni precedenti l'evento di riferimento STAGIONE DI RIPOSO
I	<35.5	<12.7
II	35.5 – 53.3	12.7 – 28.0
III	> 53.3	> 28.0

Per condizioni iniziali differenti da AMC II vengono utilizzate le seguenti relazioni di trasformazione del valore CN(II) rispettivamente del valore relativo a AMC I (CN I) ed in quello relativo a AMC III CN (III).

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Il bacino di riferimento presenta un valore di CN (III), desunto da una media pesata sulla estensione areale delle diverse litologie combinate al tipo di copertura, pari rispettivamente a **90.58**.



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## 7 CALCOLO IDROGRAMMI DI PIENA

L'analisi idrologica a scala di bacino richiede per l'uso del modello idraulico bidimensionale che vengano determinati gli idrogrammi di piena, per un assegnato tempo di ritorno, attesa nella sezione di chiusura esaminato. Il calcolo della portata di massima piena può essere condotto secondo vari metodi, tra i quali possono essere considerati:

- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici, che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi e deflussi.

Il metodo da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre, in quanto, se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo cinematico o razionale. Nel caso in esame sono stati determinanti gli idrogrammi di progetto ricorrendo al cosiddetto "metodo del Soil Conservation Service (SCS) – Curve Number (CN)", poiché la simulazione idrodinamica sarà in regime di moto vario.

Il metodo SCS trova ormai larga diffusione nell'ambito delle applicazioni tecniche di questo tipo per qualunque tipologia di bacino ed è ampiamente diffuso anche in Italia. Il metodo consente sia la semplice valutazione del volume della piena, o della sua portata al colmo. La stima della portata al colmo generata da un bacino, a seguito di una determinata precipitazione caratteristica, avviene attraverso l'analisi geomorfologica e di uso del suolo del bacino.

Per la determinazione dei valori di portata di picco della massima piena registrabile, il metodo SCS si basa sulla seguente ipotesi fondamentale: il volume specifico di deflusso superficiale (pioggia efficace  $P_e$ ) è proporzionale all'altezza di pioggia totale  $P$  depurata dall'assorbimento iniziale  $I_a$  nel rapporto tra volume specifico infiltrato  $F = P - I_a - P_e$  e volume specifico di saturazione del terreno  $S$ . Da qui la formula seguente:

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

In conseguenza di ciò, la portata di piena è pari a:

$$Q = 0,208 \cdot P_e \cdot \frac{A}{t_a}$$

dove:

$Q$  = portata di massima piena ( $m^3/s$ )

$P_e$  = pioggia efficace (mm)

$A$  = area del bacino ( $km^2$ )

$t_a = 0,5 t_c + t_L$ , con  $t_c$  = tempo di corrivazione e  $t_L$  = tempo di ritardo



Studio De Venuto & Associati



Il valore delle portate al colmo di piena, in funzione dei tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, risultano essere pari a:

Tabella 8 - Portate al colmo di piena

Tr = 30 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
30.98 m <sup>3</sup> /s	45.86 m <sup>3</sup> /s	53.20 m <sup>3</sup> /s

A continuazione si riportano gli idrogrammi di progetto ottenuti attraverso l'uso dell'idrogramma unitario proposto per il SCS.

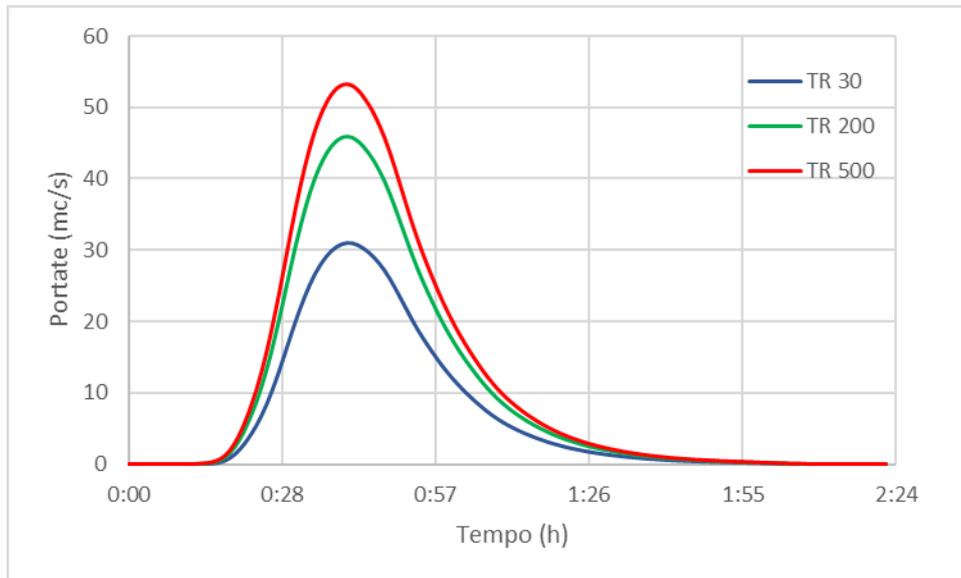


Figura 8 - Idrogrammi di progetto



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## 8 ANALISI IDRAULICA

### 8.1 Generalità

Definiti gli idrogrammi di progetto relativamente ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, si è proceduto con la simulazione in moto vario bidimensionale al fine di individuare le aree inondabili. L'output dello studio idrologico-idraulico consiste nell'individuare la parte di territorio allagabile a seguito di evento con Tr di 30, 200 e 500 anni al fine di definire la sicurezza idraulica delle aree oggetto di studio.

Per determinare in maniera oggettiva e completa il risultato enunciato, si è utilizzato il software HEC-RAS sviluppato da Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps, programma dedicato al calcolo e alla modellazione idraulica di corsi d'acqua naturali e canali artificiali.

Le principali potenzialità di HEC-RAS riguardano:

- il calcolo di profili di corrente gradualmente variata in condizioni stazionarie (steady flow water surface profiles), per corrente lenta, veloce o mista (lenta e veloce);
- la simulazione di flussi di piena in condizioni non stazionarie 1D/2D;
- la quantificazione dei processi di erosione e trasporto di sedimenti in alveo, con previsione dei fenomeni di escavazione e deposizione entro intervalli temporali ridotti.

In quanto segue, per brevità, si riferisce solo sulle procedure di calcolo principali adottate nel codice HEC-RAS in condizioni di moto vario per un modello bidimensionale, rinviando per maggiori ragguagli sulle basi teoriche e sulla costruzione dei processi di simulazione, ai relativi manuali.

### 8.2 Il modello matematico

Le equazioni di Navier-Stokes descrivono il moto dei fluidi in tre dimensioni. Nel contesto dei canali e della modellazione delle piene, vengono imposte ulteriori semplificazioni. Un insieme semplificato di equazioni sono le Shallow Water (SW) Equations. Si ipotizza un flusso incomprimibile, densità uniforme e pressione idrostatica. e le equazioni sono mediate alla Reynolds, in modo che il moto turbolento sia approssimato utilizzando la viscosità. Si assume inoltre che la scala di lunghezza verticale sia molto più piccola di quella orizzontale. Di conseguenza, la velocità verticale è piccola e la pressione è idrostatica, il che porta alla forma differenziale delle equazioni SW derivate nelle sezioni successive. In alcuni flussi poco profondi, il termine del gradiente di pressione barotropica (gravità) e i termini di attrito del fondo sono i termini dominanti nelle equazioni della quantità di moto e i termini instabili, di avvezione e viscosi possono essere trascurati. L'equazione della quantità di moto diventa quindi la forma bidimensionale dell'approssimazione dell'onda di diffusione. Combinando questa equazione con la conservazione della massa si ottiene un modello a una sola equazione, noto come "Diffusive Wave Approximation of the Shallow Water" (DSW).

Inoltre, per migliorare i tempi di calcolo, è possibile utilizzare un approccio di batimetria sub-griglia.

L'idea alla base di questo approccio è quella di utilizzare una griglia di calcolo relativamente grossolana e informazioni a scala più fine sulla topografia sottostante (Casulli, 2008). L'equazione di conservazione della massa viene discretizzata utilizzando una tecnica di volume finito. I dettagli del reticolo fine vengono scomposti come parametri che rappresentano integrali multipli su volumi e superfici. Di conseguenza, il trasporto della massa fluida tiene conto della topografia a scala fine all'interno di ogni cella discreta. Poiché questa idea si riferisce solo all'equazione di massa, può essere utilizzata indipendentemente dalla versione dell'equazione della quantità di moto. Nelle sezioni che seguono, le equazioni della batimetria sub-griglia sono



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



derivate nel contesto delle equazioni di Shallow Water (SW) e di Diffusion (SW) e delle equazioni delle onde di diffusione (DSW). Maggiori dettagli teorici possono essere trovati sull' "HEC-RAS Hydraulic Reference Manual".

### 8.2.1 *Il modulo RAS Mapper*

La versione 6.2 presenta un'interfaccia grafica del tutto paragonabile a quella dei precedenti software sviluppati da HEC; le differenze principali si riscontrano nell'editor Geometric Data, dove sono state aggiunte opzioni per la creazione delle aree 2D e nel potenziamento degli strumenti GIS attraverso il modulo RAS Mapper.

RAS Mapper è uno strumento che permette la visualizzazione dei dati cartografici associati alla modellazione 1D/2D, oltre che l'osservazione dei risultati delle simulazioni. La sua funzionalità principale, comunque, riguarda la possibilità di importare nel software i modelli digitali del terreno, necessari per processare i risultati delle simulazioni 1D/2D.

Una volta importato il DEM, si può procedere con la creazione delle sezioni di riferimento, ritornando ad operare all'interno dell'editor Geometric Data.



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



## 9 MODELLAZIONE IDRAULICA

### 9.1 Generalità

Lo studio idraulico, proposto dagli scriventi, ha previsto un modello idrodinamico bidimensionale in moto vario utilizzando valori degli idrogrammi di progetto, riportati in precedenza (vedi Figura 8), corrispondenti a tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia per l'identificazione delle aree caratterizzate rispettivamente da alta (AP), media (MP) e bassa (BP) pericolosità idraulica. Scabrezza di Manning

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza  $n$  secondo Manning che è pari a 0.030 uniforme su tutta la mesh di calcolo.

### 9.2 Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Le condizioni al contorno assunte nelle simulazioni idrauliche bidimensionali sono state fissate imponendo a monte l'ingresso delle portate descritte dagli idrogrammi precedentemente citati, sulla mesh di calcolo una pioggia variabile nel tempo derivante dal calcolo della pioggia netta con l'applicazione del metodo del SCS-CN ed una distribuzione temporale a blocchi alterni tipo Chicago con picco a 0.5 della durata dell'evento di pioggia posto pari a 35 minuti, valore coincidente con il tempo di corrivazione del bacino idrografico. In aggiunta sul resto del perimetro della mesh di calcolo sono state inserite le condizioni che permettano il movimento delle acque dall'interno verso l'esterno della mesh di calcolo e viceversa.

### 9.3 Mesh di calcolo

La creazione dei modelli degli affluenti in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il DTM della Regione Puglia, con maglia 8m x 8m.

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato un modello geometrico, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da una mesh di calcolo di dimensioni generali di 2m x 2m, inserendo successivamente delle "breaklines" per migliorare la risoluzione spaziale in prossimità di manufatti o infrastrutture esistenti che possano interferire con il flusso (es. rilevato stradale e muri perimetrali dei lotti presenti nell'area di intervento, incluso quello dell'IDA). Per poter definire le differenze tra stato di fatto e di progetto sono state create 2 geometrie distinte, le quali presentano entrambe una tombinatura sotto il rilevato stradale di diametro 1.00 m, le differenze si riscontrano sull'altezza dei muri di recinzione dell'IDA e la loro posizione tra stato di fatto e di progetto. In Figura 9 e Figura 10 si presenta la geometria bidimensionale con relativa posizione delle condizioni di contorno nello stato di fatto e di progetto.



Figura 9 - Geometria modello bidimensionale - Stato di Fatto

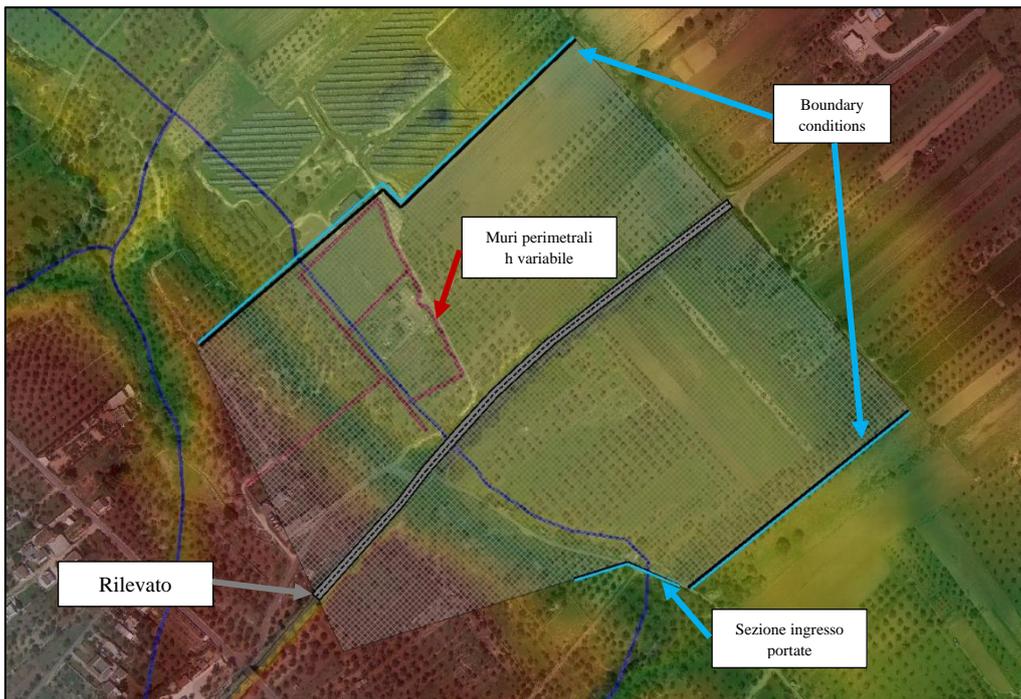


Figura 10 - Geometria modello bidimensionale - Progetto

#### 9.4 Risultati delle simulazioni

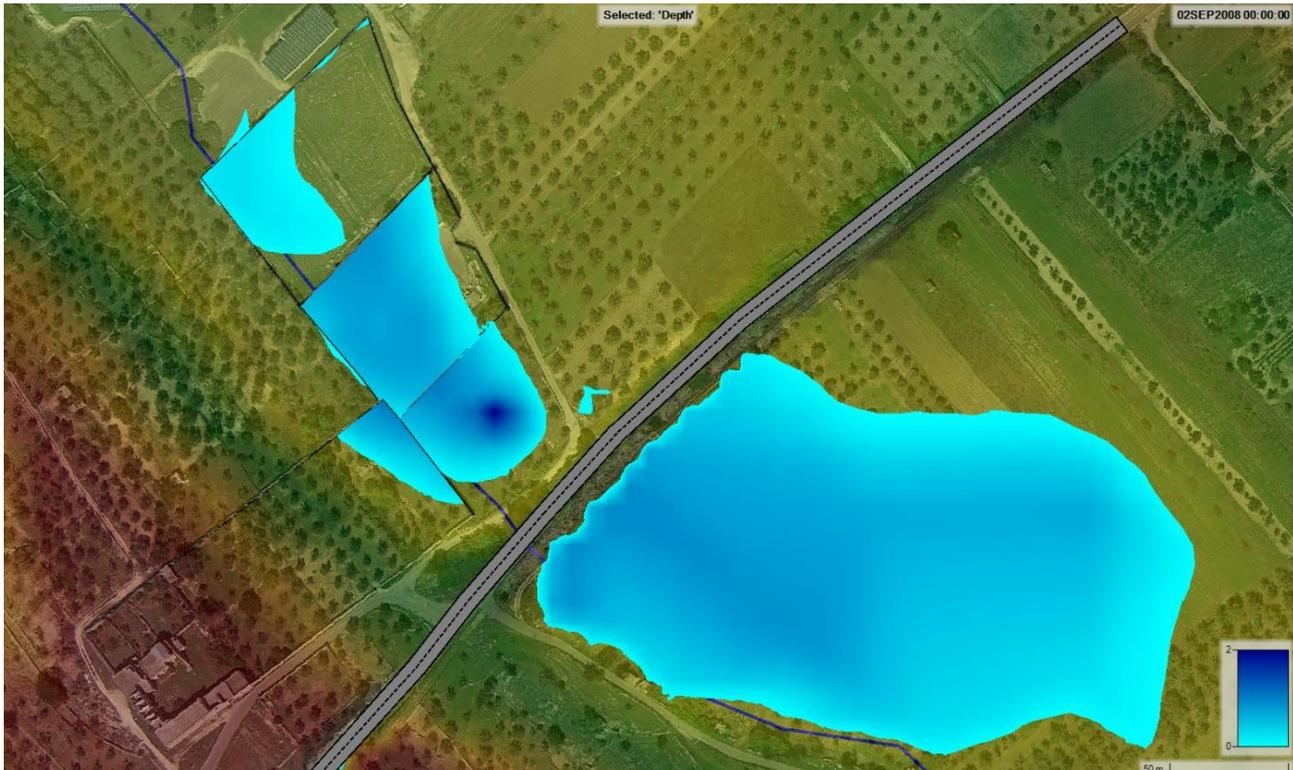
Nel seguito, si riportano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto vario, in riferimento all'area modellata. La simulazione idraulica è stata realizzata con una durata di 24 h.

Tali verifiche hanno consentito, grazie all’ausilio del software HEC-RAS, di definire le caratteristiche proprie del deflusso, in particolare, il massimo livello idrico raggiunto in ogni cella, oltre che profondità e la velocità media della corrente.

Essendo simulazioni in condizione di moto vario saranno riportati i risultati nella condizione critica per ogni tempo di ritorno considerato, nell’area di intervento

#### 9.4.1 *Stato di fatto*

##### 9.4.1.1 **Tempo di ritorno 30 anni**



*Figura 11 - Aree inondazione TR=30 anni – Mappa tirante idrico*

#### 9.4.1.2 Tempo di ritorno 200 anni

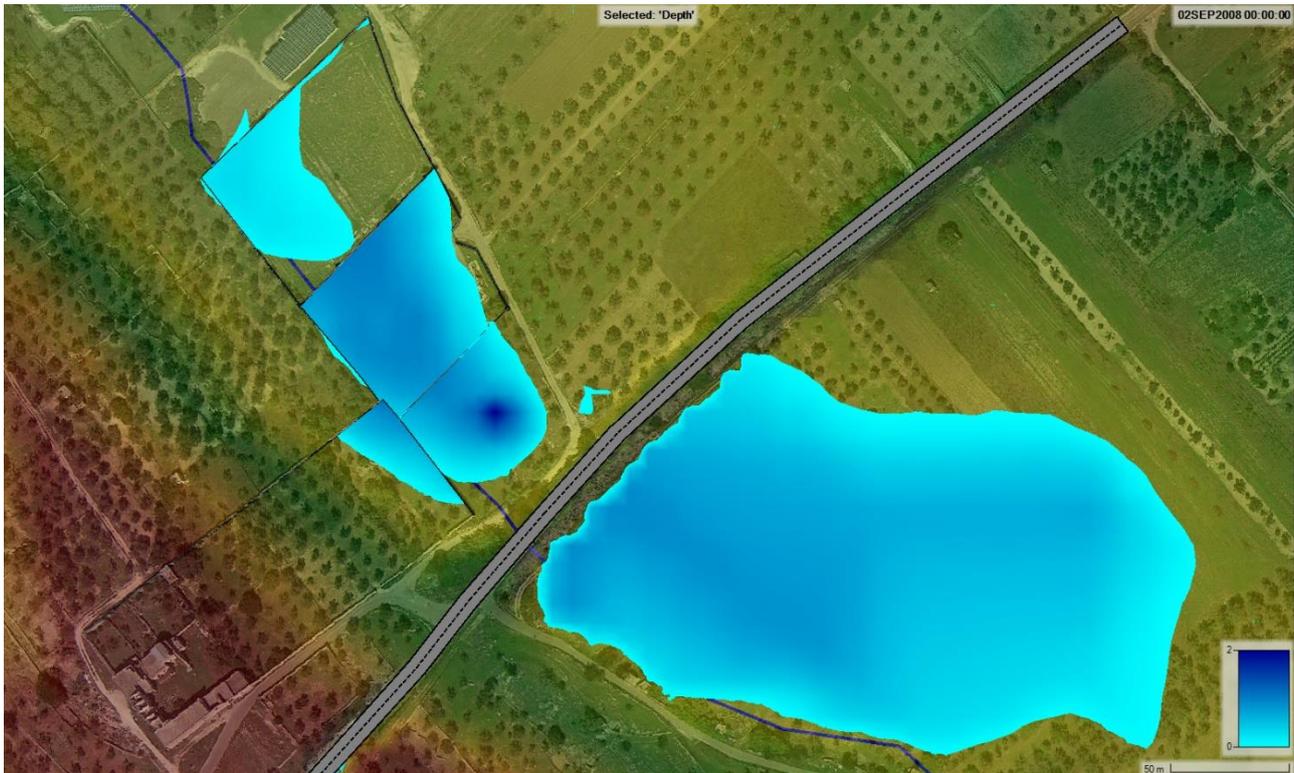


Figura 12 - Aree inondazione TR=200 anni – Mappa tirante idrico

#### 9.4.1.3 Tempo di ritorno 500 anni

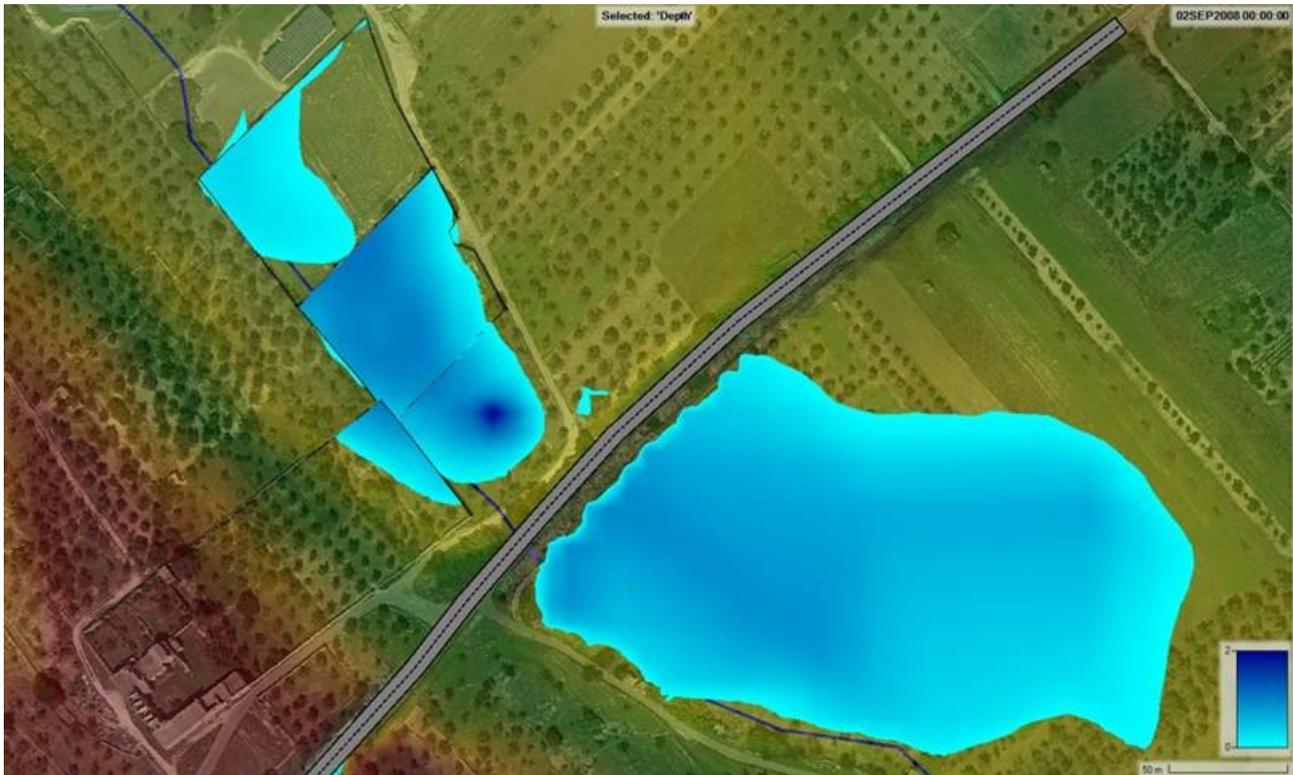


Figura 13 - Aree inondazione TR=500 anni – Mappa tirante idrico

#### 9.4.1.4 Profilo della superficie libera

È possibile visualizzare il livello della superficie libera dell'acqua vs la quota terreno, la linea di riferimento del profilo mostrato nella Figura 15 e quella riportata in colore rosa nella Figura 14.



Figura 14 – Linea del profilo

A continuazione viene mostrata la sovrapposizione del massimo livello idrico per i tre tempi di ritorno considerati.

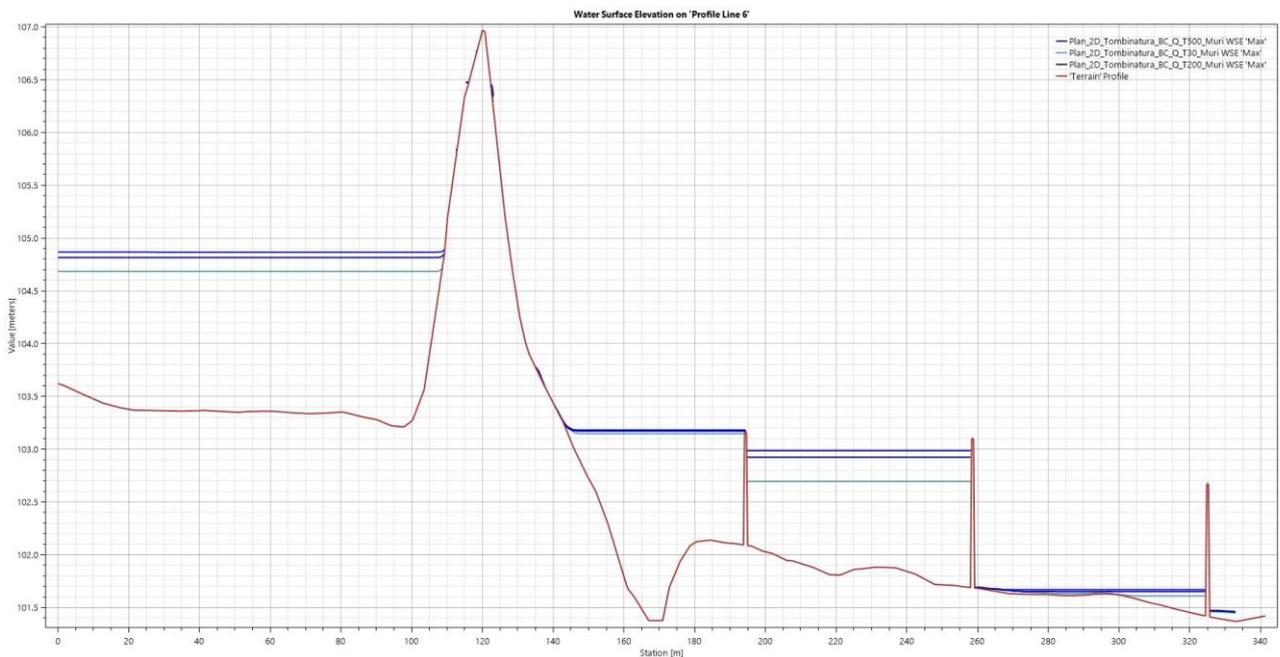


Figura 15 - Profilo pelo libero  $Tr=30$ ,  $Tr=200$  e  $Tr=500$

PROGETTO DEFINITIVO PER IL POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DI COLLEPASSO (LE)

**Come è possibile desumere dalle precedenti figure, l'impianto risulta essere a rischio inondazione.**

#### 9.4.2 Stato di progetto

Considerando i risultati ottenuti nel precedente paragrafo, si *procederà* ad innalzare *fino ad altezza pari a 2 m* parte del muro di recinzione a Ovest dell'area di intervento (il muro di recinzione a Sud *risulta già di altezza pari a 2 m*) ed in più si *creerà* un dosso di 30 cm in prossimità degli ingressi, ripetendo le simulazioni considerando le stesse condizione idrauliche e di contorno dello stato di fatto.

##### 9.4.2.1 Tempo di ritorno 30 anni

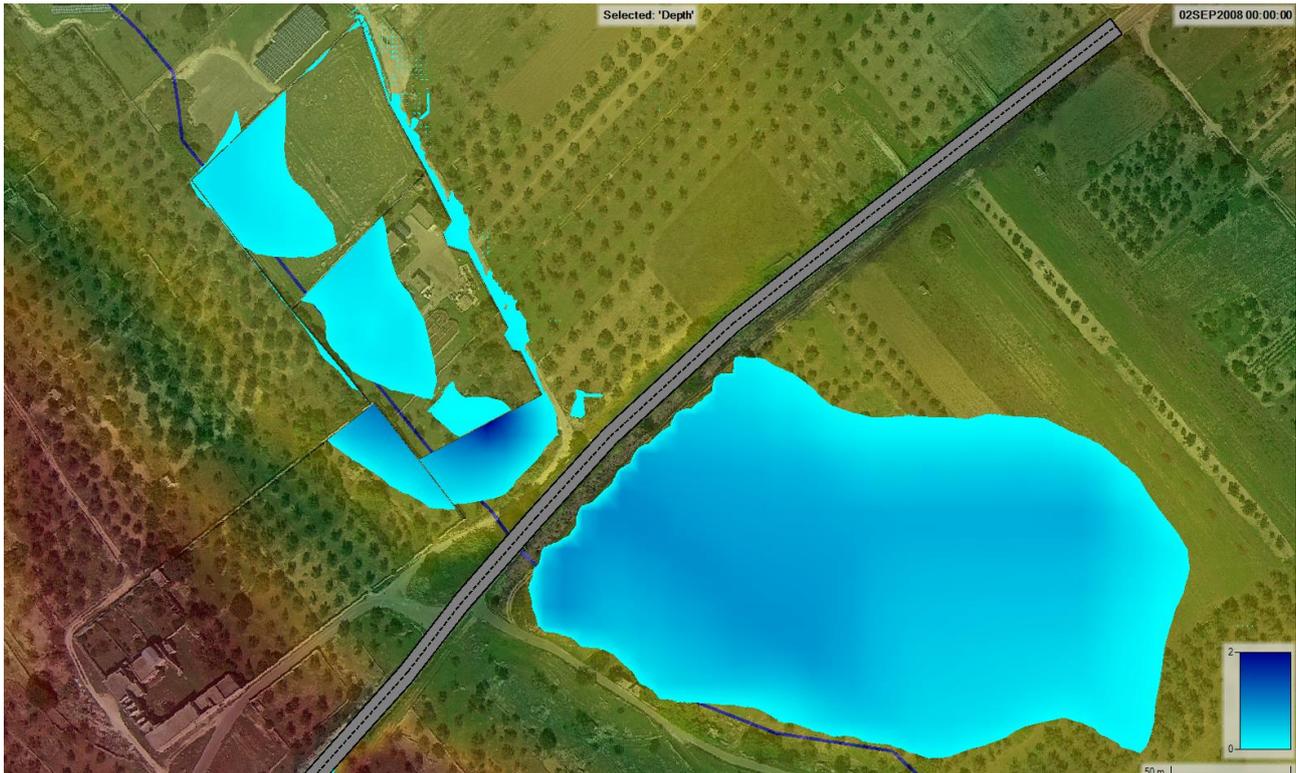


Figura 16 - Aree inondazione TR=30 anni – Mappa tirante idrico

#### 9.4.2.2 Tempo di ritorno 200 anni

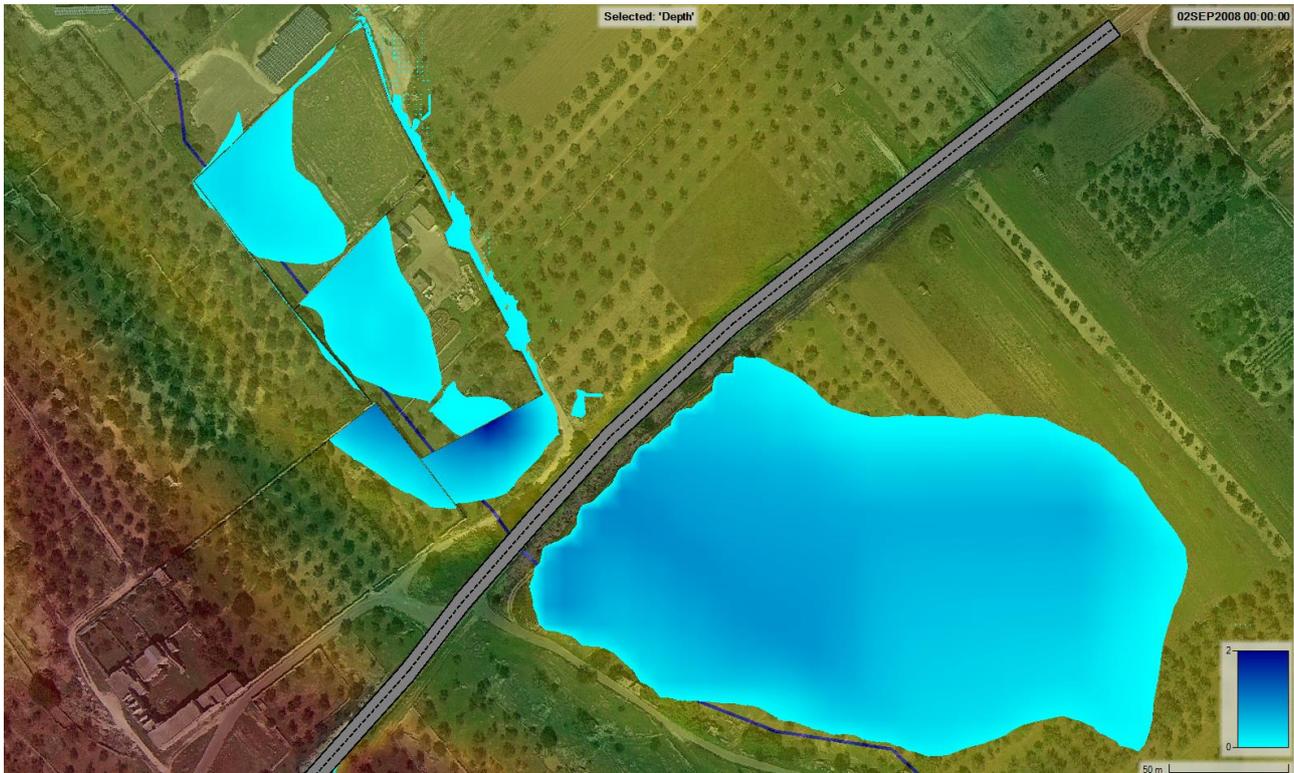


Figura 17 - Aree inondazione TR=200 anni – Mappa tirante idrico

### 9.4.2.3 Tempo di ritorno 500 anni

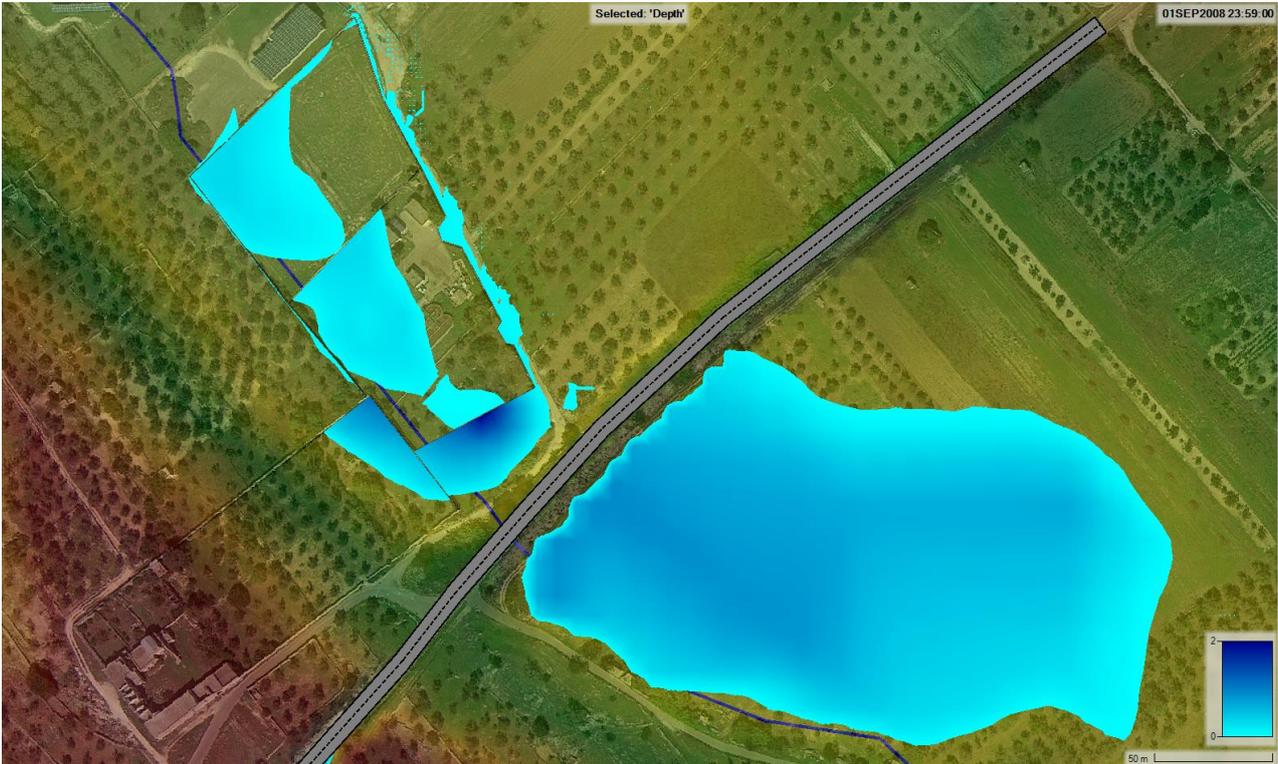


Figura 18 - Aree inondazione TR=500 anni – Mappa tirante idrico

### 9.4.2.4 Profilo della superficie libera

Considerando la linea di profilo della Figura 14, nel prosieguo si presenta il profilo del pelo libero con le modifiche proposte.

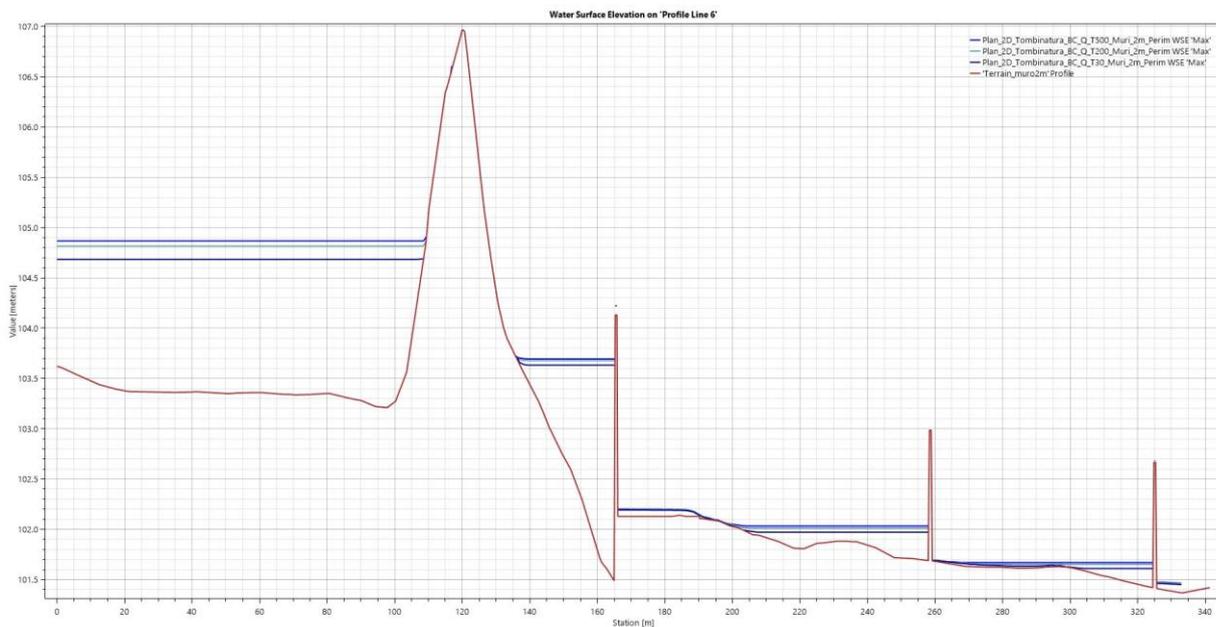


Figura 19 - Profilo pelo libero Tr=30, Tr=200 e Tr=500

PROGETTO DEFINITIVO PER IL POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO DI COLLEPASSO (LE)



**Studio De  
Venuto &  
Associati**



**Come è possibile notare dalla Figura 19, comparando questa con la Figura 15 relativa allo stato di fatto, i livelli idrici all'interno dell'area di intervento sono sensibilmente inferiori e corrispondono alle sole acque di pioggia che precipitano sull'area dell'IDA e che saranno smaltite con il sistema di raccolta delle acque meteoriche.**



Studio De  
Venuto &  
Associati



## 10 COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON GLI OBIETTIVI DEL PIANO

Risulta che i lavori “per il potenziamento e l’adeguamento in materia di salute e sicurezza, emissioni in atmosfera e disciplina acque meteoriche dell’IDA di Collepasso” che ha come obiettivo il potenziamento e l’adeguamento dell’impianto in parola alle previsioni dell’Aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque adottato con D.G.R. n. 1333/2019, in conformità con quanto previsto dalle Linee Guida di cui agli Allegati B e C del R.R. n. 13/2017, sulla base di un carico generato di **10.200 AE** e nel rispetto dei limiti allo scarico di cui alla Tab.4 (scarico su suolo) dell’Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii..

**Gli interventi di progetto si configurano di interesse pubblico e riferiti a servizi non altrimenti localizzabili, su un’area già occupata dall’impianto di depurazione.**

Alcune opere di progetto riguardano le coperture a raso delle vasche esistenti, per le quali non risulta necessario prevedere opere di mitigazione idraulica. Altre tipologie di opere sono riferite alla regimazione delle acque meteoriche all’interno dell’impianto con la realizzazione di caditoie e griglie lungo la viabilità interna, unitamente ad un sistema di tubazioni (piping), che pertanto non costituiscono incremento di rischio. Il sistema di gestione delle acque meteoriche interno all’impianto si chiude con il rilancio delle acque di prima pioggia in testa al comparto di pretrattamento e grigliatura, per essere gestite nell’ambito del ciclo depurativo dell’IDA stesso; ciò implica che non vi sia nessun incremento di portata allo scarico.

Per tutto quanto sopra descritto, si può affermare che **gli interventi di progetto non comporteranno un aumento del rischio idraulico dell’area oggetto di studio rispetto allo stato di fatto e dunque risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.**