

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI TARANTO
COMUNE DI GINOSA

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO, RECUPERO E VALORIZZAZIONE
DI RIFIUTI PLASTICI DA RACCOLTA DIFFERENZIATA**

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (VIA)

*Procedura di VIA, ai sensi degli artt. 23-24-24bis-25 del D.Lgs. 152/2006,
art. 216 c.27 del D.Lgs. 50/2016, artt. 165 e 183 del D.Lgs. 163/2006*

SP03

STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

COMMITTENTE:



ECOLOGISTIC S.p.A.
Contrada Girifalco, SN
GINOSA (TA) - 74013

ELABORATO DA:



ATECH
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

Via Caduti di Nassiriya, 55
70124 Bari
pec: atechsrl@legalmail.it



Dott. Ing. Alessandro Antezza
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 10743

Visto:

Il DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Grazio Licario
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 4985

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	Novembre 2023	A.C.	A.A.	O.T.	Elaborato Descrittivo

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	3
3	AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DISTRETTUALE DELL'APPENINO MERIDIONALE	8
4	CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO	13
5	ANALISI IDROLOGICA	18
5.1	ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA	19
5.2	CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	25
6	ANALISI IDRAULICA.....	31
6.1	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA – METODO RAZIONALE	32
6.2	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA – METODO DEL CURVE NUMBER	36
6.3	CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PORTATE DI PIENA	42
7	MODELLAZIONE IDRAULICA	43
7.1	SCABREZZA DI MANNING	43
7.2	CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI.....	43
7.3	SEZIONI DI CALCOLO E PROFILO LONGITUDINALE.....	44
7.4	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	44
8	CONCLUSIONI	53

1 PREMESSA

La presente relazione costituisce lo **Studio Idrologico Idraulico** relativo al Progetto Definitivo per la realizzazione dei seguenti interventi:

- **Ottimizzazione della linea di produzione di un impianto esistente, autorizzato ed attualmente in esercizio, preposto alla valorizzazione dei rifiuti plastici provenienti dalla raccolta differenziata, nonché alla produzione di packaging per settore ortofrutticolo e non.**
- **Ampliamento della superficie d'impianto, con annessa realizzazione ed inserimento di un nuovo edificio destinato esclusivamente ai trattamenti sulle MPS prodotte.**
- **Installazione di una centrale termoelettrica in assetto trigenerativo alimentata da parte delle MPS prodotte (CSS Combustibile), derivanti esclusivamente dallo stesso impianto di produzione, caratterizzata da una potenza di 90 MW termici.**

La società proponente è la ECOLOGISTIC S.p.A., P.iva 02682630732 (già Logistic & Trade S.r.l., giusta cambio di denominazione societaria, nota Regione Puglia prot. 7768 del 26/06/2020), con sede operativa in Contrada Girifalco s.n. nel Comune di Ginosola (TA).

Il presente Studio si rende necessario in quanto le aree di ampliamento sono interessate dalla presenza di un'asta di testa del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia. Tuttavia, come si evince dalla cartografia del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) e Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), approvate dalla Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede Regione Puglia (AdB), l'area interessata dall'intervento non è soggetta a vincolo per pericolosità idraulica o geomorfologica, pertanto il presente studio sarà redatto ai sensi degli art. 6-10 delle NTA del PAI.

2 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area interessata dal progetto è interamente compresa nel territorio comunale di Ginosa (TA), a 1,3 km dal confine del Comune di Castellaneta e da più di 6 km dall'agglomerato urbano del comune di Ginosa.

L'insediamento industriale oggetto della presente relazione è riportato nel N.C.E.U. al Foglio di mappa n. 117 del Comune di Ginosa, p.lla 287, categoria D/1.

Gli interventi proposti, oggetto della presente valutazione ambientale, si collocano tutti all'interno di suddetta area ubicata nell'agro del Comune di Ginosa S.P. n. 9, in zona D/7 "zona produttiva per attività secondarie per l'industria" secondo il vigente Piano Regolatore Generale comunale.

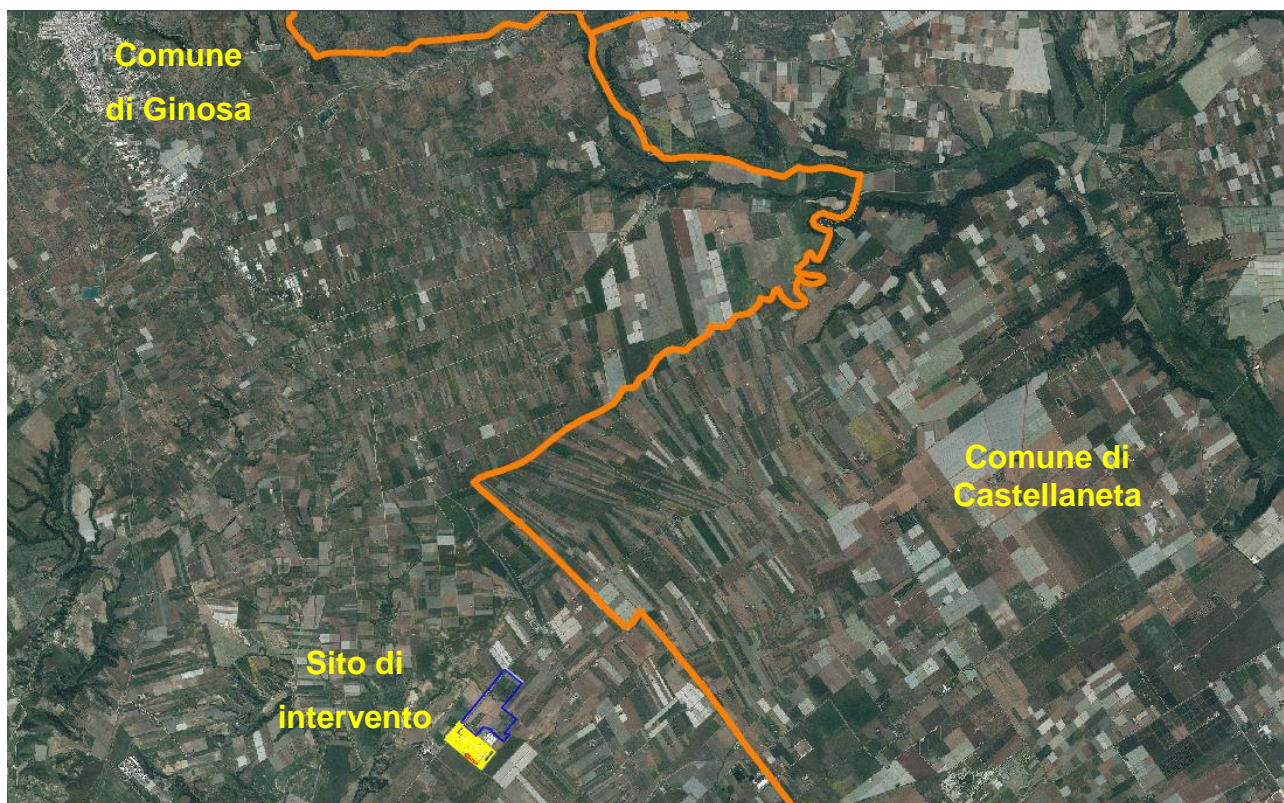


Figura 2-1: Inquadramento territoriale del sito di intervento

La Centrale Termoelettrica sarà installata all'interno del lotto esistente in una struttura che verrà adeguata per il corretto funzionamento dell'impianto.

Come accennato nei capitoli precedenti, il layout di progetto prevede un'area di ampliamento che si svilupperà a Nord-Est del confine attuale di impianto, destinato esclusivamente ad attività legate alla gestione delle MPS.

Il lotto di ampliamento è individuato catastalmente Al Foglio 117 ed interesserà le seguenti p.lle:



Nell'immagine seguente viene illustrata la nuova configurazione impiantistica: in rosso vengono rappresentate le strutture esistenti che ospiteranno la centrale termoelettrica, posizionate

all'interno del perimetro attuale dell'impianto (indicato in giallo), ed in ciano viene evidenziata tutta l'area di ampliamento che sarà dedicata alle attività relative alla gestione delle MPS.



Figura 2-2: Indicazione planimetrica degli interventi

Il progetto di ampliamento si estende su una superficie di circa 240.000,00 mq, e comprende oltre ad una serie di edifici adibiti per l'unità produttiva, alcuni edifici per che ospiteranno gli uffici, oltre a quelli per rendere funzionale e strettamente correlati alla produzione.

L'intervento sarà dotato di parcheggi ed aree a verde esterne da computarsi nell'ordine del 10% della superficie totale come standard urbanistici pubblici.

Dalla sovrapposizione del perimetro di ampliamento con la Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia è possibile notare come vi sia l'interferenza, per circa 65 m, con un'asta di testa del reticolo idrografico.

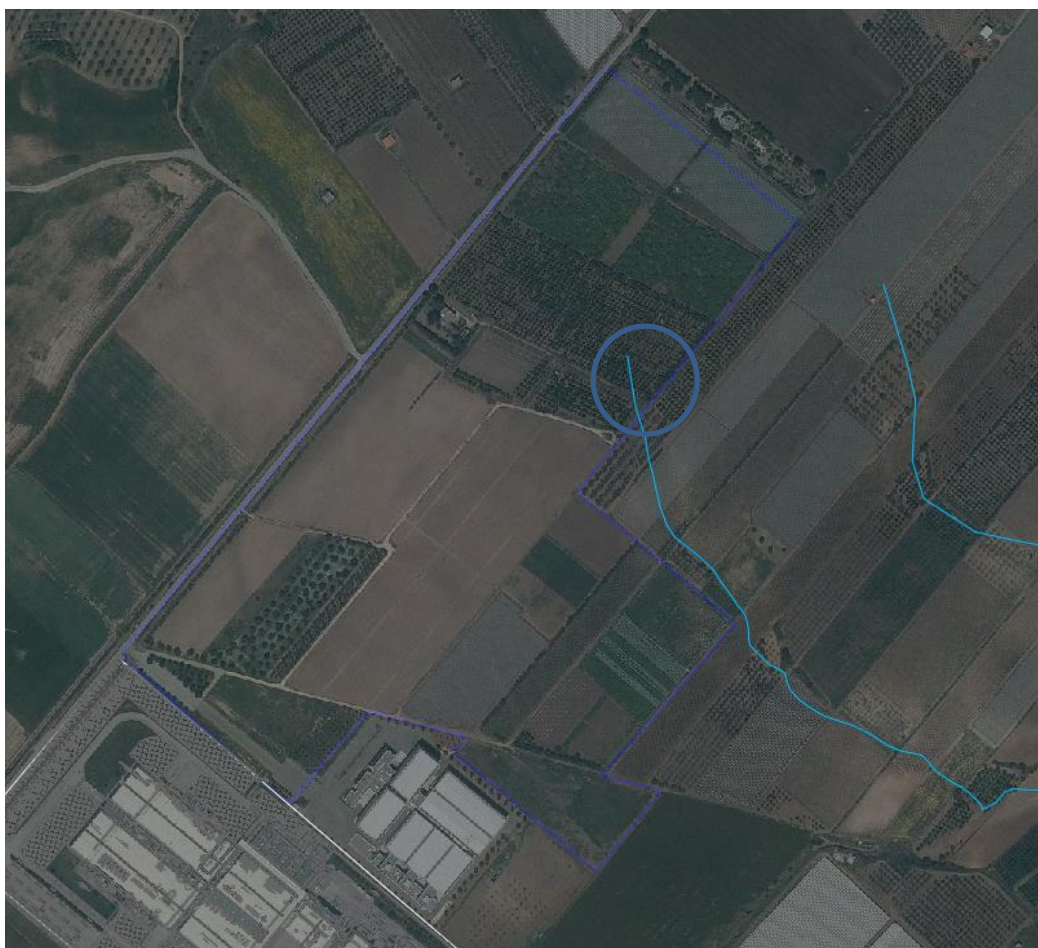


Figura 2-3: Sovrapposizione perimetro ampliamento con reticolo idrografico

Pertanto, nel presente **Studio di Compatibilità Idrologica ed Idraulica** vengono **illustrate le modalità di intervento e la compatibilità idraulica delle opere di progetto.**

Lo studio idrologico-idraulico è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di intervento;
- studio idrologico dei bacini di interesse, previa caratterizzazione del regime climatico delle aree;
- studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione dei livelli idrici e delle aree inondabili al variare del tempo di ritorno;
- analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle opere oggetto di autorizzazione.

3 AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DISTRETTUALE DELL'APPENINO MERIDIONALE

Il Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA) è stato introdotto dalla Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010 e s.m.i., al suo interno sono state recepite anche le aree e prescrizioni del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

Per ciascun distretto idrografico, il Piano focalizza l'attenzione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio, e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento pubblico in generale. In accordo a quanto stabilito dalla Direttiva Europea 2007/60/CE, il PGRA è in generale costituito da alcune sezioni fondamentali che possono essere sinteticamente riassunte come segue:

- analisi preliminare della pericolosità e del rischio alla scala del bacino o dei bacini che costituiscono il distretto;
- identificazione della pericolosità e del rischio idraulico a cui sono soggetti i bacini del distretto, con indicazione dei fenomeni che sono stati presi in considerazione, degli scenari analizzati e degli strumenti utilizzati;
- definizione degli obiettivi che si vogliono raggiungere in merito alla riduzione del rischio idraulico nei bacini del distretto;
- definizione delle misure che si ritengono necessarie per raggiungere gli obiettivi prefissati, ivi comprese anche le attività da attuarsi in fase di evento.

Il PGRA definisce 3 livelli di pericolosità (AP, MP, BP) e i 4 di danno potenziale (D4, D3, D2, D1), inoltre stabilisce i quattro livelli di Rischio conseguenti R4, R3, R2 ed R1, secondo il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180":

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche;
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli. La carta del rischio è dunque redatta operando l'intersezione della pericolosità idraulica con le classi di danno, secondo la matrice di seguito riportata:

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		AP	MP	BP
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R3	R2
	D3	R3	R3	R2
	D2	R2	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

L'ultimo aggiornamento delle Mappe del rischio di alluvioni risale al riesame e aggiornamento ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 49/2010 adottato dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale in sede di Conferenza Istituzionale Permanente con Delibera n. 2 del 29/12/2020.

Coerenza con il PGRA

Dalla consultazione dei file .shp messi a disposizione dall'Ente all'indirizzo web <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/servizi-cartografici-puglia-menu> è stato possibile verificare:

- l'assenza di interferenze con le perimetrazioni afferenti le mappe di rischio e relativa classe:



Figura 3-1: Perimetrazioni Piano Gestione Alluvioni

- l'interferenza dell'area di ampliamento con un'asta idrografica riportata nella carta idrogeomorfologica



Figura 3-2: Reticolo Idrografico – Carta Idrogeomorfologica

Per gli interventi che ricadono nelle aree golenali, nelle fasce di pertinenza fluviale e nelle aree inondabili individuate dal P.A.I., l’Autorità di Bacino della Puglia definisce le direttive di tutela e le prescrizioni da rispettare.

Ai sensi degli articolo 6 e 10 delle NTA del PAI, è stato redatto uno **Studio di Compatibilità Idrologica ed Idraulica** per l’acquisizione del parere dell’AdB Distrettuale dell’Appennino Meridionale.

Per le **NTA del PAI all’ art. 6**, al **comma 7**, si richiede *“in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne*

*analisi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata." ed al **comma 8** si definisce che "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."*

Le **NTA del PAI all' art. 10** "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale", chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale definite dal **comma 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."

4 CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

Dall'analisi dell'orografia dell'area di intervento è stato individuato il bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura individuata a valle dell'area di interesse.

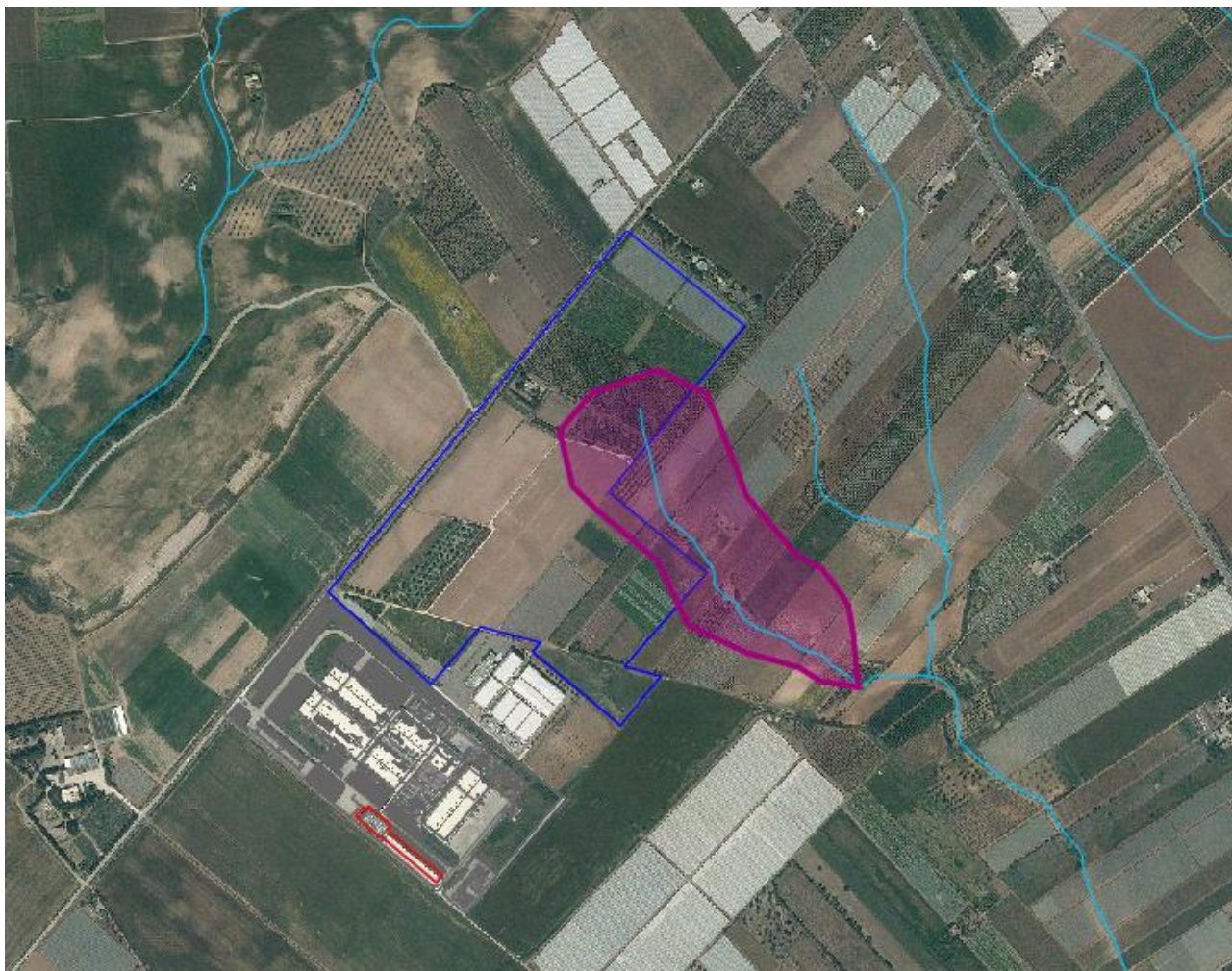


Figura 4-1: Individuazione del bacino idrografico su ortofoto

I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico sono indicati nella tabella seguente:

Bacino Idrografico		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0,65
H massima del bacino	[m]	84,00
H media del bacino	[m]	76,50
H minima del bacino	[m]	69,00

<i>H monte dell'asta princ.</i>	<i>[m]</i>	84,00
<i>H media dell'asta princ</i>	<i>[m]</i>	76,50
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0,12
<i>Pendenza media del bacino</i>	<i>[%]</i>	2,33
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0,02

Caratteri geologici e geomorfologici

L'area oggetto d'intervento si colloca lungo il margine sud-orientale di quella struttura tettonica nota nella letteratura geologica come «Fossa Bradanica», un'ampia depressione allungata da NO a SE originatasi nel Plio - Quaternario fra la catena appenninica e la piattaforma carbonatica dell'avampaese murgiano.

L'ingressione marina portò alla sedimentazione di depositi prevalentemente sabbioso -argillosi sul substrato calcareo ribassato a gradinata verso SO secondo un sistema di faglie dirette ad andamento appenninico. Nel Pleistocene inferiore un sollevamento regionale in blocco e il conseguente ritiro del mare verso l'attuale linea di costa determinò l'emersione dell'area Bradanica e la formazione di una serie di terrazzi marini ed alluvionali connessi con brevi fasi di arresto del ciclo regressivo e di trasgressioni di piccola entità.

In generale lo schema stratigrafico dei depositi Plio - Pleistocenici della Fossa Bradanica risulta così costituito: in trasgressione sul substrato mesozoico, formato da calcari e calcari dolomitici (calcare di Altamura) si trovano depositi calcarenitici (calcareniti di Gravina) in parte eteropici in parte sottostanti ad argille marnose grigio - azzurre con livelli sabbiosi (argille subappennine); seguono i termini di chiusura del ciclo sedimentano Bradanico, rappresentati da sabbie calcareo - quarzose giallastre (Sabbie di Monte Marano) eteropiche con calcareniti grossolane giallastre (Calcareniti di Monte Castiglione) sottostanti a depositi ciottoloso -conglomeratici e sabbiosi di colore ocreo - rossastro (Conglomerato di Irsina).

Dall'analisi tettonica dell'intorno interessato dal progetto si evidenzia l'esistenza di due aree, una a nord caratterizzata dalla presenza di calcari mesozoici e l'altra ad ovest in cui affiorano depositi marini Plio -Pleistocenici.

Il blocco calcareo che costituisce le murge di Matera, Laterza e Ginosa, costituisce un pilastro tettonico nel quale gli strati sono prevalentemente inclinati verso SSE.

Tale blocco rialzato è limitato da faglie attualmente sepolte dai sedimenti Plio - Pleistocenici.

Tutte le faglie, comunque, presentano un andamento con direzione NNO- SSE e su di esse spesso si sono impostati i corsi d'acqua.

Al fine di avere informazioni geologiche sufficienti l'area in oggetto è stata sottoposta ad un rilevamento geologico che ha evidenziato, in un'area ritenuta significativa, la presenza di vari tipi di sedimenti appartenenti alle seguenti formazioni geologiche:

- Depositi marini terrazzati (Pleistocene)
- Conglomerato di Irsina (Calabriano)
- Calcareniti di Monte Castiglione (Calabriano)
- Sabbie di Monte Marano (Calabriano)
- Argille subappennine (Calabriano)
- Calcarenite di Gravina (Calabriano)
- Calcarea di Altamura (Senoniano)

Uso del suolo

L'analisi dell'uso del suolo permette di valutare in maniera più o meno dettagliata il livello di modificazione ambientale a seguito dell'intervento operato dall'uomo sull'ambiente.

Nel lotto, ove è prevista la realizzazione dell'impianto in progetto, risultano esser presenti le seguenti colture arboree, come si evince dalla figura sotto riportata:

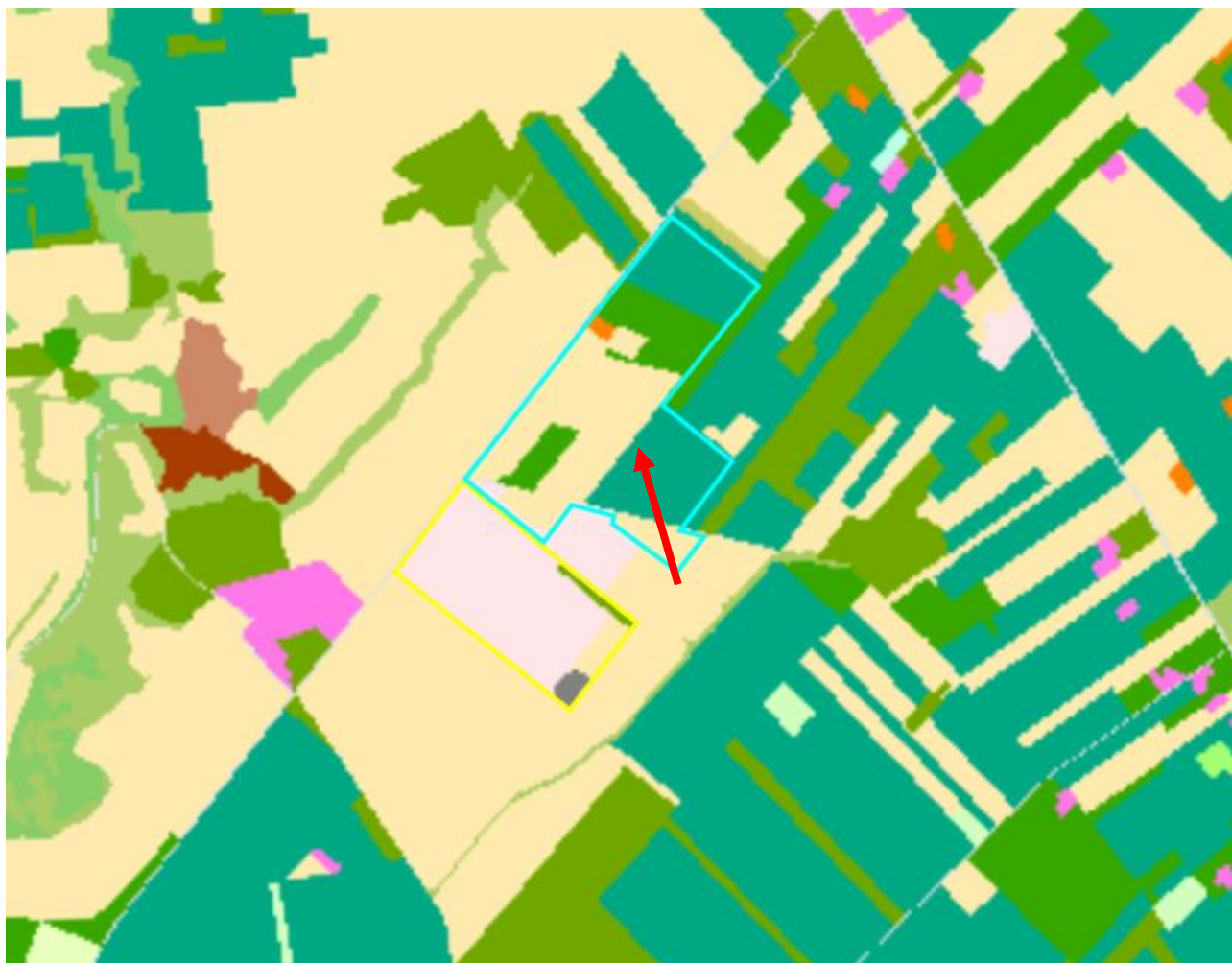
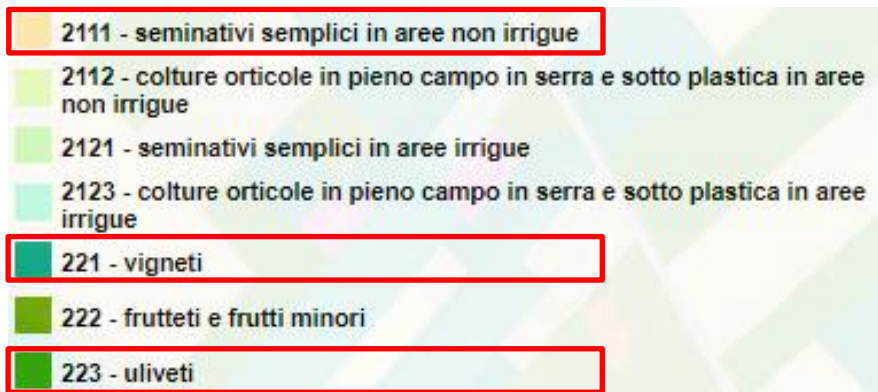


Figura 4-2: Uso del suolo

Si sottolinea che l'impianto andrà inserito in un lotto ricadente catastalmente in zona agricola E, seppur annessa ad un'area industriale.

Al fine di mantenere le caratteristiche dell'agricoltura autoctona, è stato deciso di mantenere in sito la maggior parte delle specie rimosse, le quali andranno a creare la barriera arborea perimetrale al sito e la restante parte sarà destinata all'Amministrazione Comunale per l'arredo urbano.

Gli ulivi interessati dall'intervento non sono classificati come uliveti monumentali, secondo il confronto cartografico effettuato sul sit.puglia, e i loro caratteri non corrispondono a quelli definiti dalla legge regionale 4 giugno 2007 n.14, che si occupa di soli ulivi ed uliveti monumentali, definendone il carattere di monumentalità basato sulla loro morfologia; tale Legge infatti, all'art.2, cita:

"1. Il carattere di monumentalità viene attribuito quando la pianta di ulivo possiede età plurisecolare deducibile da:

- a. dimensioni del tronco della pianta, con diametro uguale o superiore a centimetri 100, misurato all'altezza di centimetri 130 dal suolo; nel caso di alberi con tronco frammentato il diametro è quello complessivo ottenuto ricostruendo la forma teorica del tronco intero;*
- b. oppure accertato valore storico-antropologico per citazione o rappresentazione in documenti o rappresentazioni iconiche-storiche.*

2. Può prescindersi dai caratteri definiti al comma 1 nel caso di alberi con diametro compreso tra i centimetri 70 e 100 misurato ricostruendo, nel caso di tronco frammentato, la forma teorica del tronco intero nei seguenti casi:

- a. forma scultorea del tronco (forma spiralata, alveolare, cavata, portamento a bandiera, presenza di formazioni mammellonari);*
- b. riconosciuto valore simbolico attribuito da una comunità;*
- c. localizzazioni in adiacenza a beni di interesse storico-artistico, architettonico, archeologico riconosciuti ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137).*

3. Il carattere di monumentalità può attribuirsi agli uliveti che presentano una percentuale minima del 60 per cento di piante monumentali all'interno dell'unità culturale, individuata nella relativa particella catastale."

5 ANALISI IDROLOGICA

Lo studio idrologico del bacino in oggetto è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica, come desunte dalle misure di precipitazione massime orarie riportate negli Annali Idrologici relative alla stazione pluviografica di **Ginosa**.

In particolare, la valutazione di dette curve è stata condotta sia seguendo le procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001), sia verificando l'adattabilità alla serie campionaria alle distribuzioni di probabilità dei valori estremi (Gumbel).

La procedura adoperata e i risultati dei calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi. Si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto la procedura è ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali nelle sezioni di interesse si è fatto ricorso all'analisi comparata dei risultati derivati dall'applicazione di alcune relazioni, a base geomorfologica, atte a definire il tempo di corrivazione del bacino.

In particolare, si sono utilizzati i risultati rinvenuti dall'applicazione delle relazioni fornite da Giandotti (1934), Kirpich (1940), Chow (1962), Pezzoli (1970), Watt & Chow (1985) e da Ferro (2002), sulle cui peculiarità e limiti di applicabilità si illustrerà dettagliatamente nel seguito.

Va, infine, evidenziato che i valori dei tempi di ritorno (TR) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono quelli che il PAI Puglia definisce per la valutazione delle aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione.

In particolare, essi sono per le aree a:

- Alta Probabilità di Inondazione (AP) TR = 30 anni.
- Media Probabilità di Inondazione (MP) TR = 200 anni.
- Bassa Probabilità di Inondazione (BP) TR = 500 anni.

5.1 ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale".

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I, le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche, utilizzate per la regionalizzazione, interessano il periodo dal 1940 al 2000 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Le serie sono variabili da un minimo di 19 ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, tutte appartenenti alla Puglia centro-meridionale.

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri α e β ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro γ che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri α e β . Questi parametri non possono essere

stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 66 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* .

L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di $\theta^* = 1$. Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	θ^*	Λ^*	Λ_1
Puglia centro meridionale	2.121	0.353	17.55

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata $X_{d,TR}$ viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta *fattore probabilistico di crescita*, funzione del periodo di ritorno T_R e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno T_R ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno T_R ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo

ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e α_1 , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di T_R attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e α_1 .

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $T < 50$ anni e superiori al 5% per $T < 100$ anni.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo **a** ed **n** due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di *curva di probabilità pluviometrica*.

Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

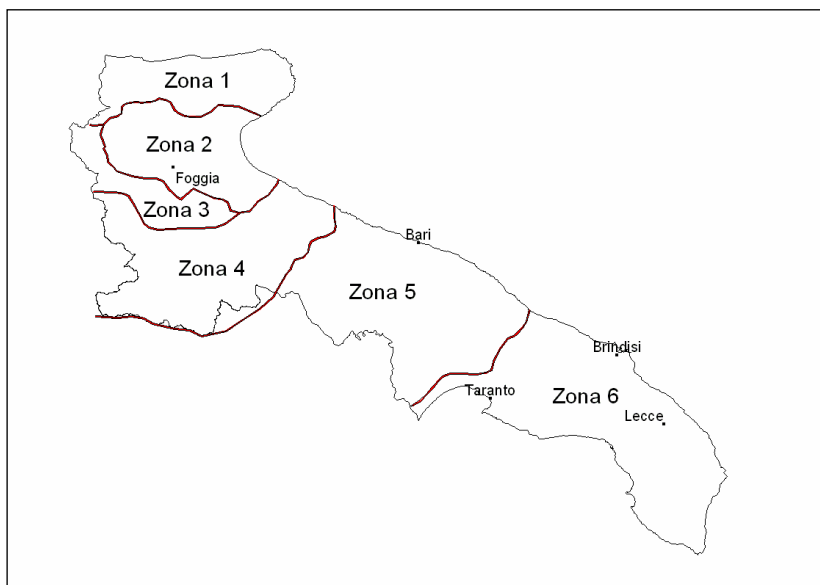
- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h :

ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln\alpha-\ln a)/\ln 24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;

- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione.

Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale:



Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(Ch+D+\ln\alpha-\ln a)/\ln 24} \quad (3)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0,89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire.

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (K_T) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

5.2 CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino oggetto del presente studio.

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica che interessa il bacino idrografico di interesse. Esso ricade all'interno del topoiato della stazione pluviometrica di **Ginosa**.

Di seguito, si riporta la tabella relativa alle serie di eventi pluviometrici (cfr. tabella seguente) della stazione pluviometrica, utili alla determinazione delle curve di possibilità climatica.

Stazione di:	GINOSA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1959	29,8	29,8	47,6	61,0	84,4
1960	32,2	36,8	55,2	55,6	65,8
1961	58,6	60,2	60,2	60,2	82,4
1962	12,8	22,8	27,0	36,4	54,8
1963	26,0	35,0	36,4	36,6	43,8
1964	25,4	32,0	38,4	45,8	47,1
1965	26,4	29,6	30,0	34,0	56,6
1966	34,2	53,4	55,2	86,6	103,6
1967	20,0	26,4	29,2	36,8	39,2
1968	24,0	30,6	38,0	44,6	55,6
1969	20,2	40,0	62,0	65,6	65,6
1970	27,8	28,0	28,0	28,0	28,0
1971	16,0	20,6	24,6	25,2	37,8
1973	26,2	35,0	49,2	58,0	58,2
1974	28,2	42,6	47,6	59,6	59,8
1975	19,0	22,4	38,2	49,6	56,0
1976	36,4	40,6	40,6	49,0	61,4
1977	18,2	25,2	27,8	30,6	31,0
1978	12,2	21,4	28,2	40,2	44,6
1979	26,0	26,8	31,8	40,0	58,2
1980	12,2	20,0	33,0	65,8	111,0
1982	36,8	66,4	68,6	69,2	69,2
1984	>>	35,4	58,0	66,0	90,0
1985	15,6	23,0	29,4	41,0	52,2
1986	25,0	45,4	45,4	46,2	56,6
1988	32,0	47,8	68,8	68,8	71,2
1989	18,8	18,8	18,8	26,4	33,0

1990	25,0	34,2	59,8	103,2	152,0
1991	27,6	28,4	31,4	48,4	78,4
1992	38,4	43,6	43,6	43,6	43,6
1993	18,0	22,4	24,8	42,4	50,0
1994	17,0	30,6	33,0	46,6	57,2
1996	20,4	26,2	39,0	46,2	55,8
1997	47,0	76,6	117,0	135,2	147,4
1998	27,4	30,6	38,2	43,8	49,2
1999	14,0	21,6	29,0	40,2	42,4
2000	37,0	53,2	54,8	54,8	55,0
2001	32,6	32,6	38,4	69,6	74,6
2002	27,6	38,6	42,4	58,2	58,4
2003	20,2	36,8	43,8	45,8	63,4
2004	69,6	75,4	75,4	91,0	100,6
2005	30,2	39,2	40,2	61,6	71,2
2006	31,6	32,2	32,4	39,8	56,0
2007	41,4	46,6	66,0	74,6	78,0
2008	44,2	51,6	57,0	62,6	80,4
2009	>>	>>	>>	>>	>>
2010	21,8	32,6	42,8	46,6	70,6
2011	26,0	34,0	45,6	61,6	90,0
2012	17,0	24,4	33,6	48,2	64,8
2001	27,2	44,0	44,6	52,8	62,0
2002	28,8	29,8	32,8	32,8	43,2
2003	32,2	32,4	32,6	41,8	50,4
2005	57,6	82,2	104,2	108,8	112,2
2006	34,0	46,6	53,6	89,8	105,2
2007	21,2	22,6	30,6	35,8	35,8
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	19,8	27,6	37,2	44,2	55,8
2010	25,4	41,2	43,2	64,0	83,2
2011	43,0	53,4	74,6	86,4	107,8
2012	26,0	41,6	41,6	41,6	41,6

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si trova nella **zona 5** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** relativi a tale zona.



Quindi, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si utilizza la seguente relazione:

$$\chi(t,z) = 28.2 t^{(0.0002z + 4.0837 + \ln 0.89 - \ln 28.2) / \ln 24} \quad (5)$$

dove z è il parametro geomorfologico della quota assoluta sul livello del mare (espressa in metri).

L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno.

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel (cfr. tabelle seguenti):

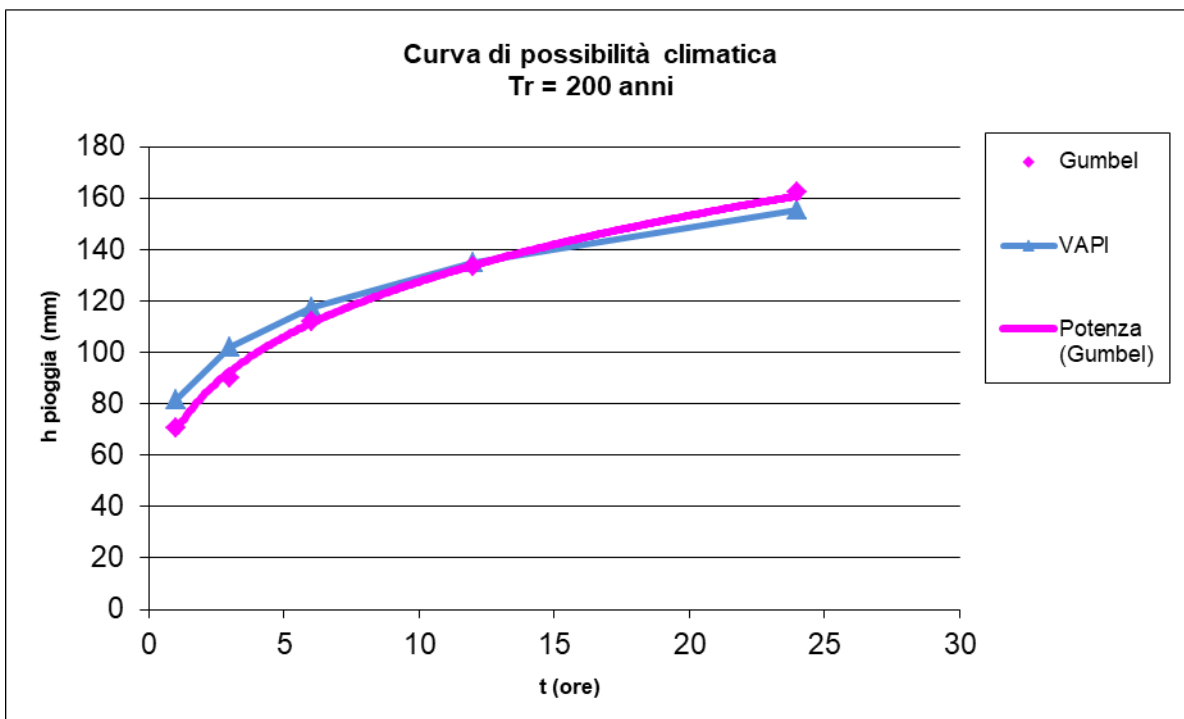
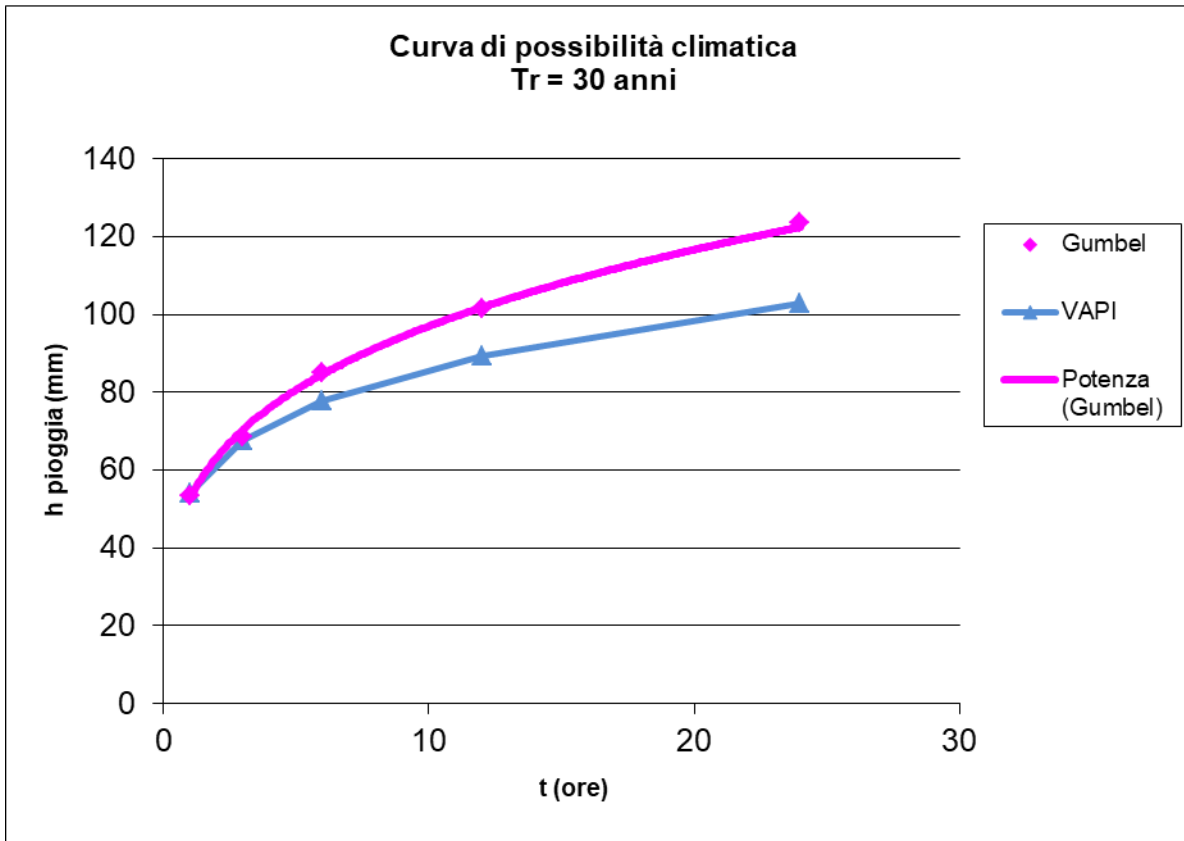
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	53,329	68,474	84,895	101,591	123,452
VAPI	54,058	67,522	77,692	89,395	102,860

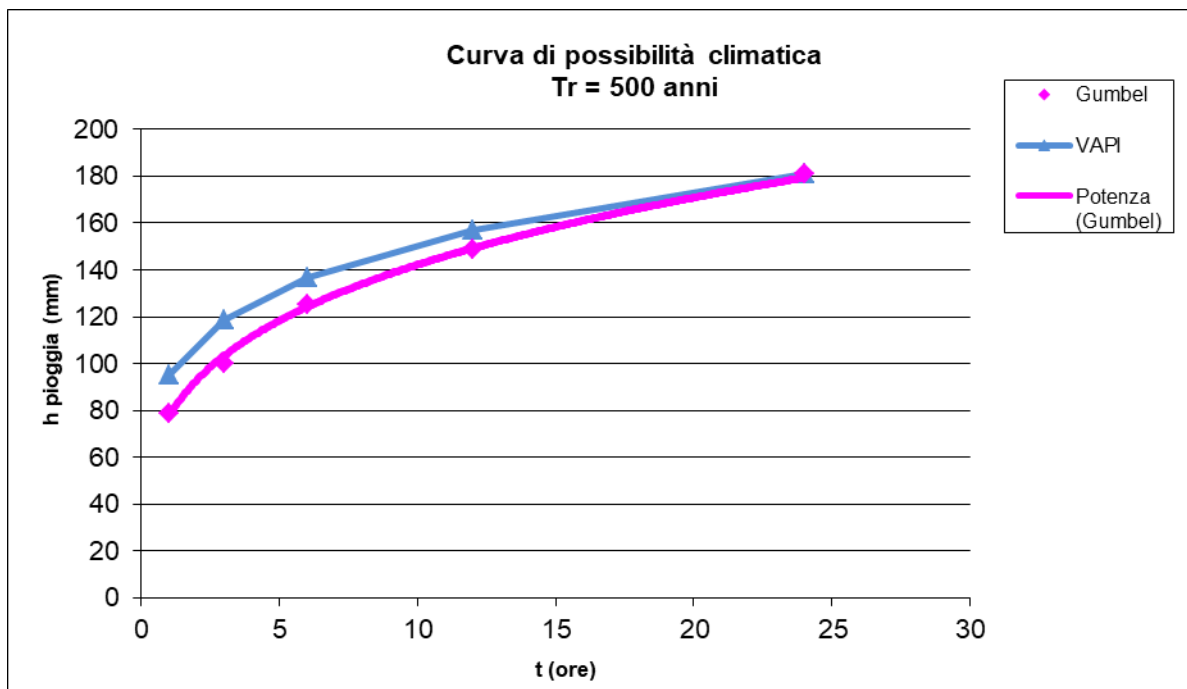
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	70,418	89,872	112,173	133,330	162,275
VAPI	81,696	102,042	117,413	135,098	155,448

Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	78,623	100,146	125,270	148,569	180,915
VAPI	95,044	118,715	136,597	157,173	180,848

Confrontando le due metodologie adottate si evince che **le altezze di pioggia determinate utilizzando il metodo VAPI siano quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della metodologia GUMBEL. Pertanto, nel presente studio è utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dall'applicazione del metodo che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia.**

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per i bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.





6 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per i bacini individuati nell'area in questione, può essere condotta 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 (utilizzati nel presente studio), 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 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 il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il tempo di corrivazione del bacino (t_c).

In particolare, è stato applicato, a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni), il metodo di razionale e il metodo del Curve Number (CN).

6.1 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA – METODO RAZIONALE

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari ha:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c}$$

Q = portata di piena [m³/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km²]

t_c = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di *h* rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t_c: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t_c solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Il *tempo di corrivazione*, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione di un bacino è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso.

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacini idrografici aventi superficie (**A**) variabile tra 170 e 70000 km², che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$

nella quale **t_c** è espresso in ore, **A** in km² mentre **L**, la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e **H_m**, altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (7)$$

nella quale **t_c** è espresso in ore e **L** in km. Il parametro **i_a** rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$. Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77} \quad (10)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8} \quad (11)$$

nella quale t_c è espresso in minuti e L in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento parametri geomorfologici dei bacini di interesse, si sono ottenuti i seguenti risultati:

	P-C-W-K (h)	Giandotti (h)	Pezzoli (h)	Kirpich (h)
BACINO	0.295	1.086	0.233	0.201

La valutazione successiva di stima della portata di piena di calcolo è stata eseguita facendo riferimento al tempo di corrivazione valutato dalla media tra le suddette relazioni.

Il valore del tempo di corrivazione desunto dalla media è riportato nella tabella seguente:

	Tc (h)
BACINO	0.454

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso ϕ , esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori stimati per le differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione delle sotto aree sull'area totale del bacino individuato.

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40

Tipologia urbanistica	ϕ
Costruzioni dense	0.80
Costruzioni Spaziate	0.60
Aree con ampi cortili e giardini	0.50
Zone a villini sparsi	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade	0.20
Parchi e boschi	0.05-0.10

Effettuando una media pesata si ottiene un **coefficiente di deflusso pari a 0,3**. Applicando i valori precedenti nella formula razionale sono stati ottenuti i seguenti valori per le portate di piena:

Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	52,470	0,267	0,219	35,017	159,655	1,658
200 anni	69,212	0,265	0,219	46,278	210,997	2,191
500 anni	77,250	0,265	0,219	51,685	235,649	2,447

6.2 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA – METODO DEL CURVE NUMBER

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number ("Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method", detto comunemente Curve Number), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

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

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha $P > I_a$; fino all'istante in cui non si ha $P > I_a$ il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale I_a si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

S_0 è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	$0 < P < 50$
II (Umidità media)	$50 < P < 110$
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

I valori del CN riportati nella tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

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

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III)**, in quanto trattasi di aree non completamente urbanizzate.

Nel caso in esame, quindi, sono stati sovrapposti i bacini idrografici sulla carta di uso del suolo e sulla carta geologica e ricavate le superfici specifiche in base alla qualità colturale e tipo di suolo.

Il valore del CN è stato stimato effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di uso del suolo e di tipo di suolo; i pesi sono stati calcolati in funzione delle aree delle singole parcelle sull'area totale del bacino individuato.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, il GRUPPO C (***Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione***).

Dalla media pesata in funzione della superficie sono stati ricavati i valori relativi al CN, riportati nella tabella seguente:

	CN _{II}	CN _{III}
BACINO	77.00	88.62

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri S ed I_a a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro "tempo caratteristico" di un bacino è il "tempo di ritardo" t_L (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluviogramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto t_L/t_c è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo Q_p (m^3/s) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in m^3 , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso V in mm, il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in Km^2 , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come " t_c " i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo precedente (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni dei bacini oggetto del presente studio).

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

T_R	P [mm]	P_{net}	T_L [h]	V [mm]	t_a [h]	Q_p [m^3/s]
30 anni	38,297	15,676	0,282	15,676	0,391	1,039
200 anni	57,877	31,402	0,282	31,402	0,391	2,080
500 anni	67,334	39,576	0,282	39,576	0,391	2,622

6.3 CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PORTATE DI PIENA

Il confronto tra le due metodologie adottate ha evidenziato come le portate derivate utilizzando il metodo Curve Number (CN), siano risultate, al variare del tempo di ritorno, sempre minori di quelle derivate dall'utilizzo del metodo Razionale.

Pertanto, i valori delle portate di piena, al variare del tempo di ritorno (30, 200 e 500 anni), sono riassunti nella tabella seguente:

Q (m³/sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr= 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
BACINO	1,66	2,19	2,62

7 MODELLAZIONE IDRAULICA

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 4.1.0, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Questo software consente la simulazione di flussi idrici, nell'ipotesi di monodimensionalità della corrente, sia in moto permanente che in moto vario.

Il sistema comprende una interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei due diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati, possibilità di esportazione e graficizzazione dei risultati.

Elemento chiave è che entrambi i tipi di simulazione citati usano una comune rappresentazione geometrica dei dati (l'alveo e le sue caratteristiche fisiche, geometriche ed idrauliche) e una comune routine di calcolo geometrico ed idraulico preliminare.

HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per una rete completa di canali naturali ed artificiali.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

Il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente utilizzando valori delle portate di piena, riportati in precedenza, 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.

7.1 SCABREZZA DI MANNING

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del **coefficiente di scabrezza n secondo Manning che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.**

7.2 CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI

Le condizioni al contorno si distinguono in condizioni al contorno di tipo esterno e condizioni al contorno di tipo interno, ove per condizioni esterne si intendono le altezze idriche da assegnare

nella sezione di calcolo posta a valle e in tutte le sezioni iniziali poste a monte del reticolo idrografico, mentre per condizioni interne sono intese quelle relative alle sezioni di confluenza di due o più rami dello stesso reticolo.

Per le sezioni di monte e di valle dei tratti studiati si è fissata l'altezza di moto uniforme.

7.3 SEZIONI DI CALCOLO E PROFILO LONGITUDINALE

La realizzazione dei modelli degli affluenti in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il **DTM della Regione Puglia**, coadiuvato da un rilievo sito specifico delle aree di intervento.

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato un modello geometrico, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da **n.16 sezioni** (numerata progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza variabile a seconda del diverso assetto morfologico dell'alveo.

Definito il modello geometrico dello stato di fatto, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

7.4 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito, si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento all'asta modellata.

In particolare, sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

Tali verifiche hanno consentito, grazie all'ausilio del software HEC-RAS, di definire le caratteristiche proprie del deflusso e, in particolare, il massimo livello idrico raggiunto in ogni sezione, oltre che la pendenza della linea dell'energia, la velocità media della corrente, la larghezza del pelo libero, il numero di Froude della corrente, ecc..

Tutte queste informazioni sono indicate sotto forma numerica nelle tabelle riassuntive seguenti, nelle quali, al variare del tempo di ritorno e per ognuna delle sezioni, sono riportati i dati relativi ai principali parametri idraulici desunti dal calcolo al passaggio dell'onda di piena.

Le sigle riportate sono relative a:

- a) Q total = Portata totale espressa in m³/s;
- b) Min Ch El = Quote del fondo dell'alveo;
- c) W.S. Elev = Quota del pelo libero;
- d) Crit W.S. = Quota critica del pelo libero;
- e) E.G. Elev = Quota della linea dell'energia;
- f) E.G. Slope = Pendenza della linea dell'energia;
- g) Vel Chnl = Velocità media della corrente nell'alveo;
- h) Flow area = Area totale della sezione liquida effettiva;
- i) Top Width = Larghezza superficiale della sezione liquida;
- j) Froude = Numero di Froude dell'alveo.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti (cfr. tabelle seguenti).

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River Reach: Reach Profile: Tr=200 anni												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 16		Tr=200 anni	2,19	82,97	83,06	83,07	83,11	0,040003	1,03	2,24	35,40	1,24
Reach 15		Tr=200 anni	2,19	81,97	82,06	82,07	82,11	0,040149	1,08	2,24	35,40	1,26
Reach 14		Tr=200 anni	2,19	80,97	81,06	81,07	81,11	0,039700	1,08	2,25	35,42	1,25
Reach 13		Tr=200 anni	2,19	79,95	80,06	80,07	80,11	0,040435	1,14	2,26	38,35	1,28
Reach 12		Tr=200 anni	2,19	79,24	79,39	79,37	79,41	0,008481	0,69	3,62	37,77	0,63
Reach 11		Tr=200 anni	2,19	78,96	79,05	79,05	79,08	0,023883	0,83	3,15	56,86	0,97
Reach 10		Tr=200 anni	2,19	77,96	78,04	78,06	78,10	0,076110	1,27	2,06	47,61	1,66
Reach 9		Tr=200 anni	2,19	76,94	77,06	77,07	77,10	0,024612	0,97	2,59	37,16	1,02
Reach 8		Tr=200 anni	2,19	75,63	75,76	75,82	75,96	0,111692	2,00	1,09	12,43	2,16
Reach 7		Tr=200 anni	2,19	74,87	75,05	75,07	75,12	0,028785	1,20	1,92	22,11	1,14
Reach 6		Tr=200 anni	2,19	74,00	74,22	74,25	74,33	0,035044	1,45	1,52	12,21	1,29
Reach 5		Tr=200 anni	2,19	73,90	74,18	74,08	74,19	0,002855	0,60	3,82	19,47	0,40
Reach 4		Tr=200 anni	2,19	73,70	73,97	73,97	74,04	0,021346	1,17	1,87	13,76	1,01
Reach 3		Tr=200 anni	2,19	73,00	73,39	73,18	73,40	0,001162	0,45	4,92	17,33	0,27
Reach 2		Tr=200 anni	2,19	73,00	73,36		73,37	0,001726	0,51	4,27	16,39	0,32
Reach 1		Tr=200 anni	2,19	72,80	73,24	73,17	73,29	0,008014	0,99	2,21	9,99	0,67

Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.

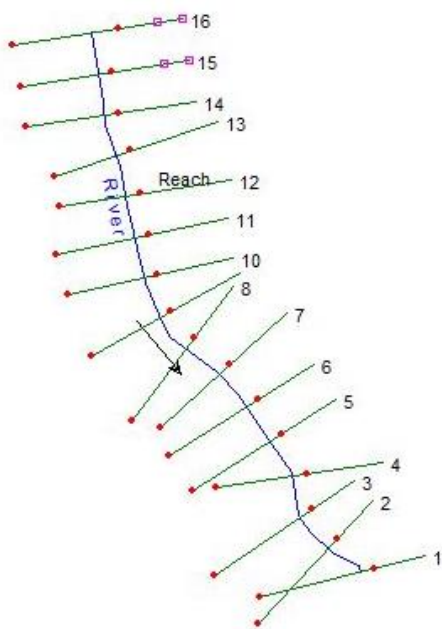


Figura 7-1: Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras

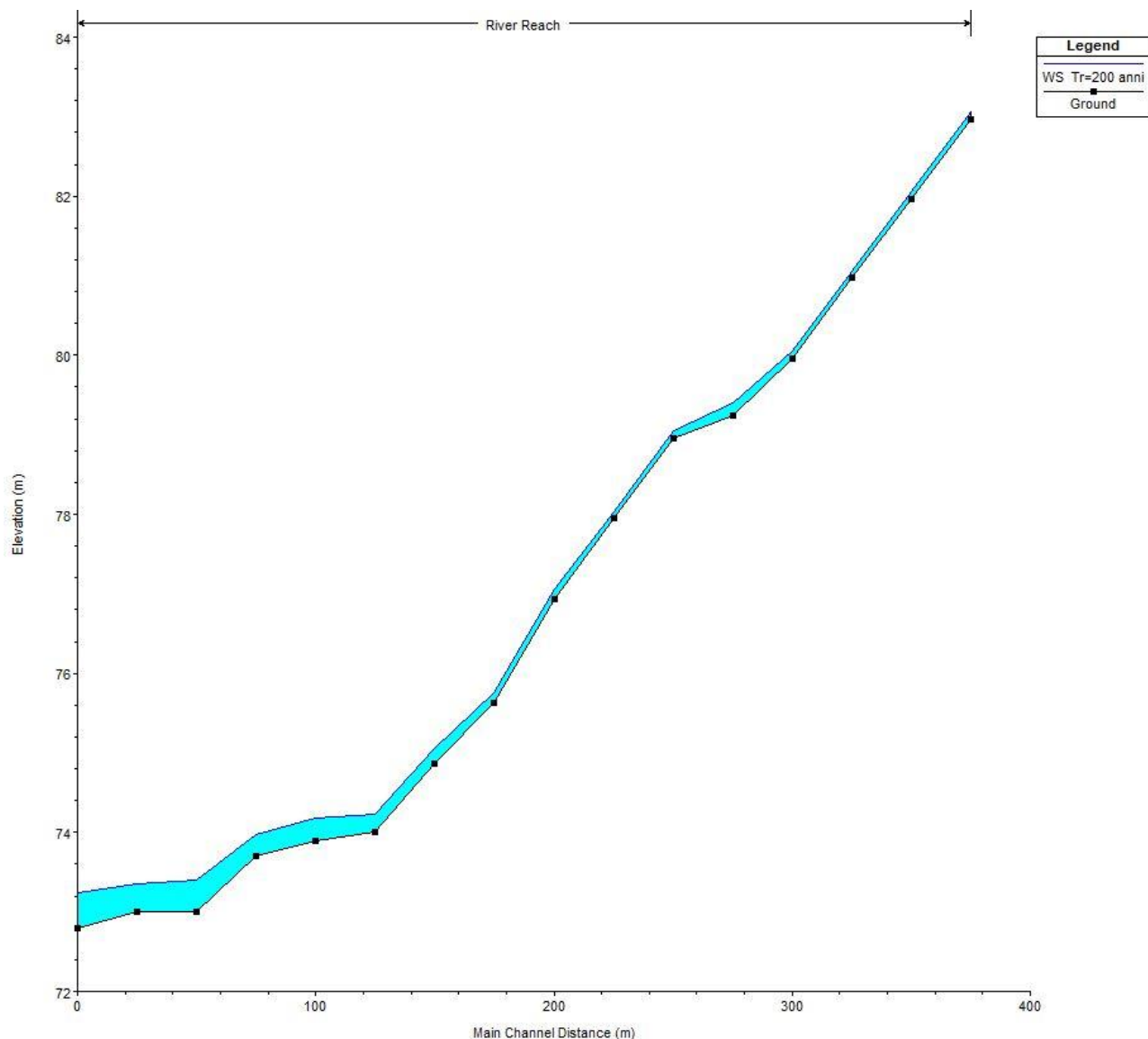


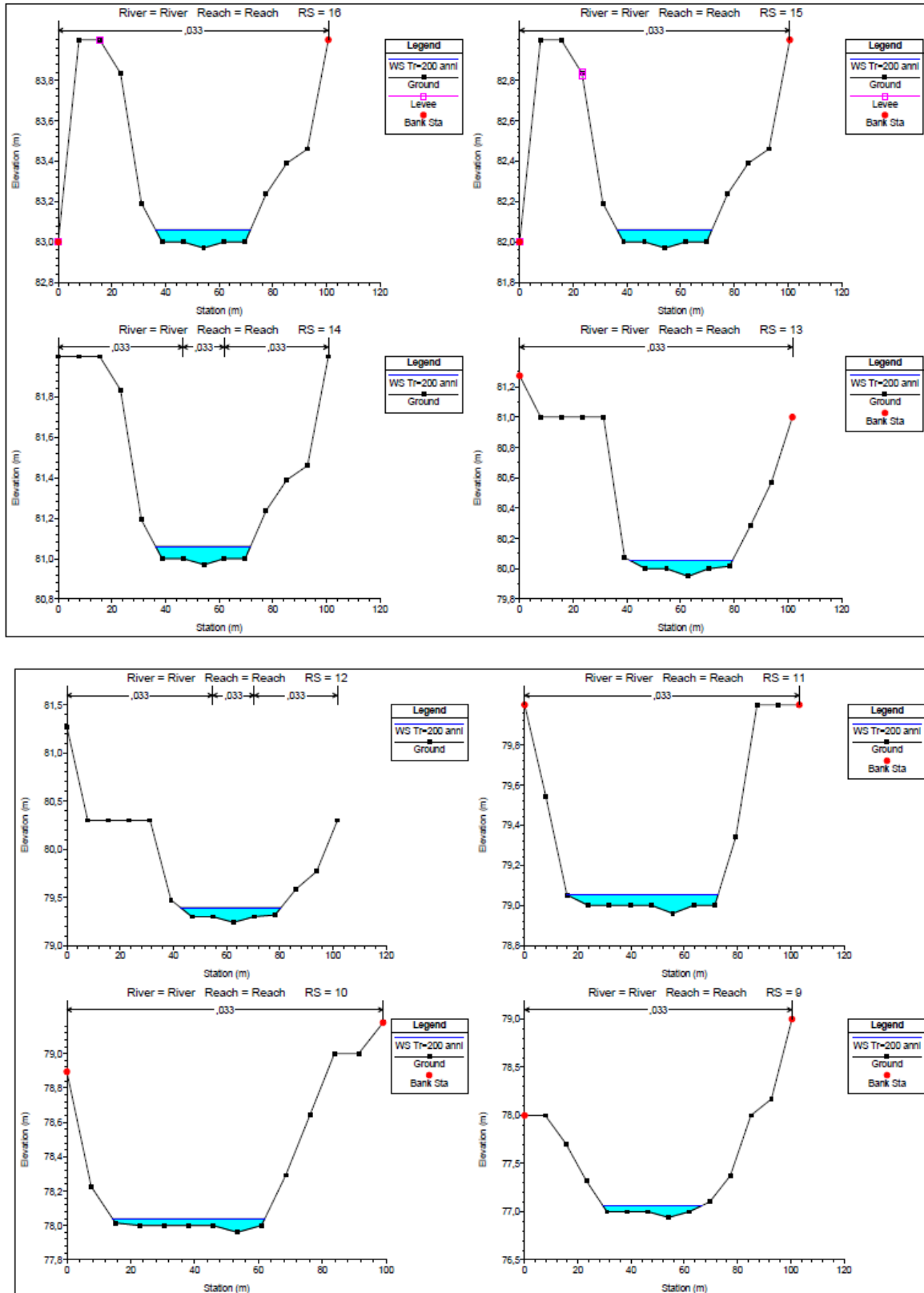
Figura 7-2: Profilo Longitudinale di moto permanente (Tr=200 anni)

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria, sempre contenuta in alveo o nelle sue aree golenali, e, pertanto, l'area di impianto non viene interessata dalla piena, a meno dell'unica area di interferenza con l'asta stessa.**



Figura 7-3: Planimetria con indicazione delle aree inondabili (Tr=200 anni)

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.



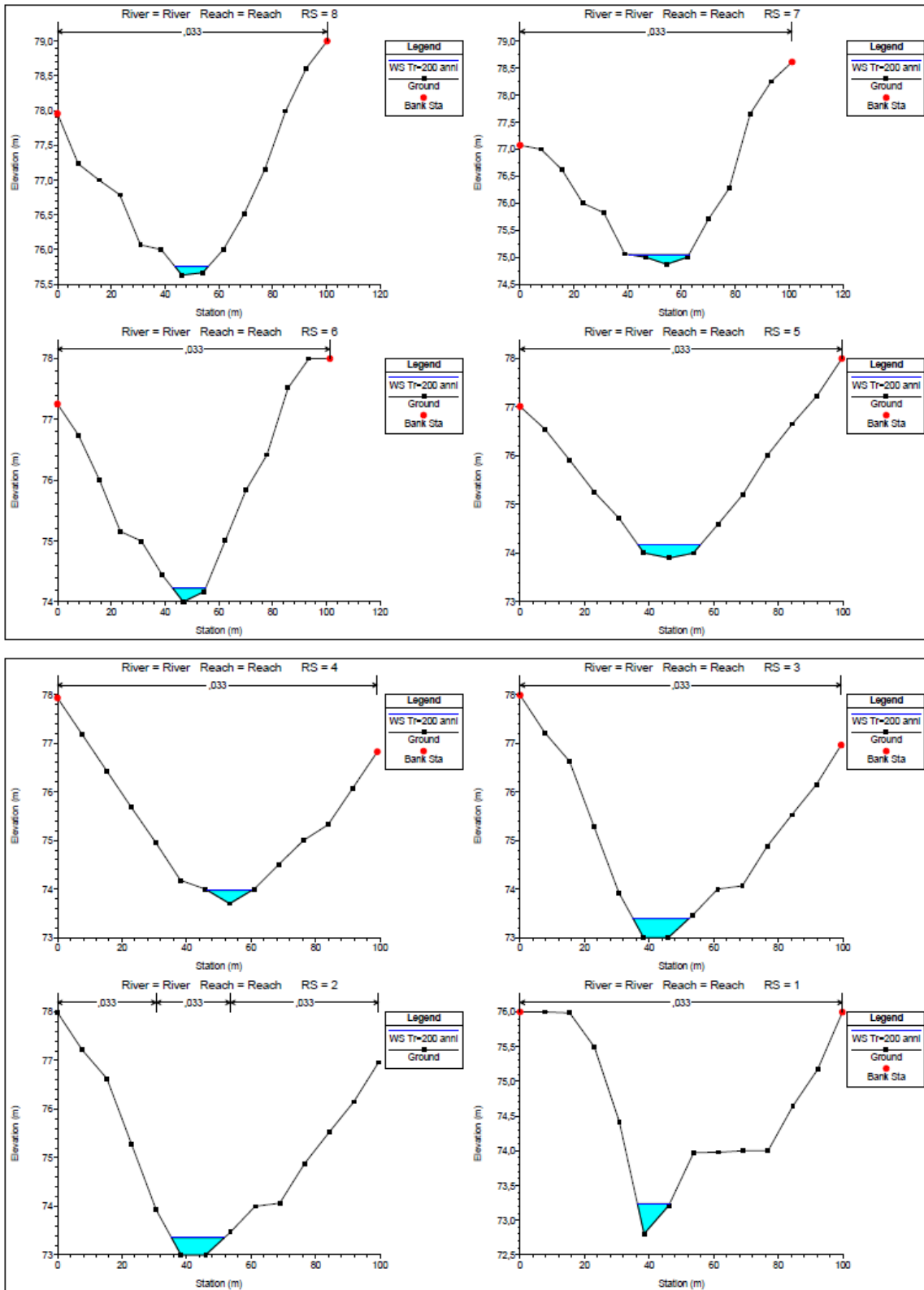


Figura 7-4: Sezioni trasversali con cerchiata l'area di intervento (Tr=200 anni)

2. La recinzione prevista da progetto con fondazione in cls armato sormontato da Orsogrill, presenterà per tutta l'estensione longitudinale dell'area inondabile fessure di circa 20 cm di altezza dal piano campagna (cfr. Tav 11 e 12 di progetto)

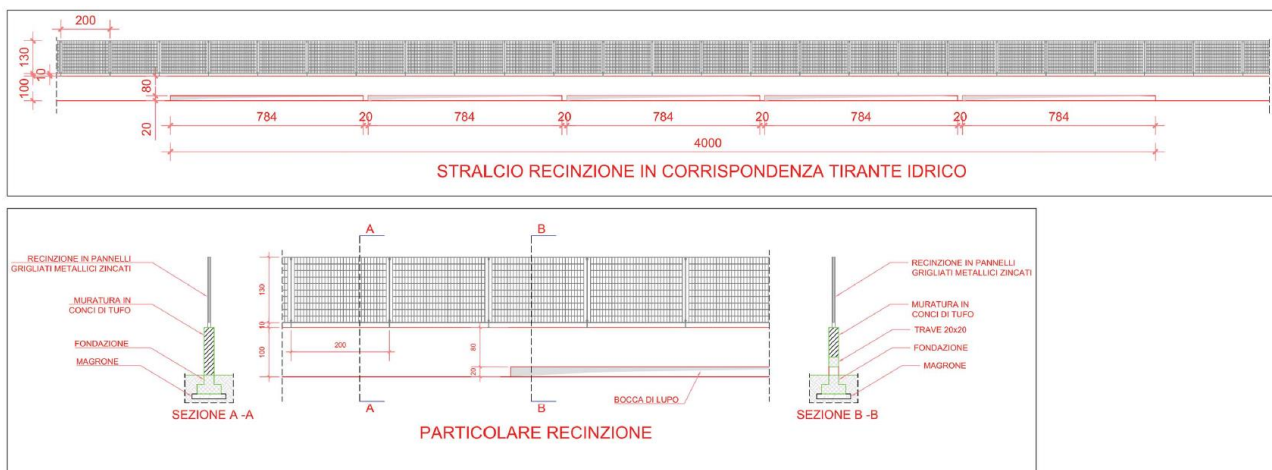


Figura 7-6: Particolare recinzione in corrispondenza dell'area inondabile duecentennale

8 CONCLUSIONI

Dai risultati desunti nel presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica si è potuto rilevare il valore delle portate di interesse per il bacino idrografico di riferimento.

Considerata l'entità delle portate ricavate in precedenza, e la destinazione d'uso del terreno interessato dagli interventi di progetto, si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena non determina situazioni di pericolo per le opere a farsi.

Si può, pertanto, asserire che gli interventi in progetto, **non comporteranno alcuna modifica al perimetro delle aree ad alta probabilità di inondazione (AP), media probabilità di inondazione (MP) e bassa probabilità di inondazione (BP)** (corrispondenti rispettivamente al passaggio nella lama delle portate di piena aventi tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni), **e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.**

Pertanto, gli interventi di progetto risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del Piano.