

ERG Solar Holding S.r.l.

Via De Marini 1 – 16149 Genova - Italy

Realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale DC pari a 60,58 MWp, da realizzarsi nel comune di Poggio Imperiale (FG) in località Zancardi e delle relative opere di connessione anche nel comune di Apricena (FG).



Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO
ing. Giulia CARELLA
ing. Valentina SAMMARTINO
ing. Alessia NASCENTE
ing. Roberta ALBANESE
ing. Tommaso MANCINI
ing. Fabio MASTROSERIO
ing. Martino LAPENNA
Per.ind. Lamberto FANELLI
ing. Carlo TEDESCO

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
C08		RELAZIONE IDROLOGICA	22150	D	
			CODICE ELABORATO		
			DC22150-C08		
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
00			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			DC22150D-C08.doc	21+ copertina	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	31/03/23	Emissione	Nascente	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	6
4. STUDIO IDROLOGICO	9
4.1 Analisi morfologica	9
4.2 Analisi pluviometrica.....	11
4.3 Metodo SCS-CN per il calcolo della pioggia netta o efficace.....	14
4.4 Metodo di trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle portate di piena	17
5. DISCIPLINA DELLE ACQUE METEORICHE DI DILAVAMENTO E DI PRIMA PIOGGIA.....	20
6. CONCLUSIONI	21

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica è relativa al progetto di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e produzioni agricole, della potenza in DC di 60,58 MWp da realizzarsi nel comune di Poggio Imperiale (FG), in località "Zancardi", e delle relative opere di connessione anche nel comune di Apricena (FG).

Ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n. 387/2003 l'opera, rientrante negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale, è dichiarata di pubblica utilità, indifferibile ed urgente.

Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

Il progetto prevede:

- la realizzazione dell'impianto agrivoltaico;
- la realizzazione del cavidotto MT di connessione tra l'impianto e la sottostazione elettrica di trasformazione;
- la realizzazione della sottostazione elettrica AT/MT di trasformazione e consegna dell'energia prodotta.

A fronte dell'intensa ma necessaria espansione delle FER, ed in particolare del fotovoltaico, si pone il tema di garantire una corretta localizzazione degli impianti, con specifico riferimento alla necessità di consumo di suolo agricolo e, contestualmente, garantire la salvaguardia del paesaggio. Gli obiettivi principali sono contribuire alla mitigazione e all'adattamento nei riguardi dei cambiamenti climatici, come pure favorire l'implementazione dell'energia sostenibile nelle aziende agricole, promuovere lo sviluppo sostenibile ed un'efficiente gestione delle risorse naturali (come l'acqua, il suolo e l'aria), contribuire alla tutela della biodiversità, migliorare i servizi ecosistemici e preservare gli habitat ed i paesaggi.

Il progetto prevede di integrare la generazione elettrica da pannelli fotovoltaici con la tecnologia "agrivoltaica". L'idea è quella di garantire il rispetto del contesto paesaggistico-ambientale e la possibilità di continuare a svolgere attività agricole proprie dell'area con la convinzione che la presenza di un impianto solare su un terreno agricolo non significa per forza riduzione dell'attività agraria. Si può quindi ritenere di fatto un impianto a doppia produzione: al livello superiore avverrà produzione di energia, al livello inferiore, sul terreno fertile, la produzione di colture avvicendate secondo le logiche di un'agricoltura tradizionale e attenta alla salvaguardia del suolo.

L'intervento progettuale prevede anche la realizzazione di una fascia di mitigazione finalizzata alla minimizzazione delle interferenze ambientali e paesaggistiche delle opere in progetto.



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005 e pubblicato il 30.12.2005. Esso è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso, e rappresenta la disciplina che più particolarmente si occupa delle tematiche proprie della difesa del suolo.

Il P.A.I. costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità del P.A.I. (art. 1) sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Il PAI (art. 4), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplina le aree agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10.

In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);
- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);
- Fasce di pertinenza fluviale (art. 10).

Relativamente alle zone a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), individuate in rapporto a eventi alluvionali, queste risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre, per i restanti reticoli idrografici per i quali non sono state definite le aree a pericolosità idraulica, ai sensi delle NTA del PAI si applicano i contenuti dell'art. 6 per "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" e dell'art. 10 per le "Fasce di pertinenza fluviale", la loro delimitazione e tutela segue i seguenti criteri:

- (art. 6 comma 8) quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI 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 comma 3) quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermine all'area golenale, come individuata dall'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Laddove esistono perimetrazioni delle aree AP, MP e BP così definite:

- area ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;
- area a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- area a bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni;

trovano applicazione le norme contenute negli art. 7, 8 e 9.

Gli obiettivi del PAI sono definiti dall'art. 17 e consistono nel perseguire il raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica e della qualità ambientale come definite dall'art. 36.

L'art. 36 definisce per sicurezza idraulica la "condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e legata alla non inondabilità per eventi con tempo di ritorno assegnati". *Agli effetti del PAI, infatti, si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica oggetto della presente relazione tecnico-descrittiva avrà le seguenti caratteristiche (cfr. DW22150D-P01):

- potenza installata lato DC: 60,58 MWp;
- potenza dei singoli moduli: 670 Wp;
- n. 19 cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica (PCU);
- n. 1 cabina di controllo (CC);
- n. 1 magazzino (MAG);
- rete elettrica interna a 1500 V tra i moduli fotovoltaici, e tra questi e le cabine di conversione e trasformazione;
- rete elettrica esterna a 30 kV di connessione tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione elettrica AT/MT d'utenza;
- rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale;
- rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto fotovoltaico;
- n. 1 sottostazione elettrica AT/MT da collegare in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN 150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Apricena – S. Severo";
- impianto culturale.

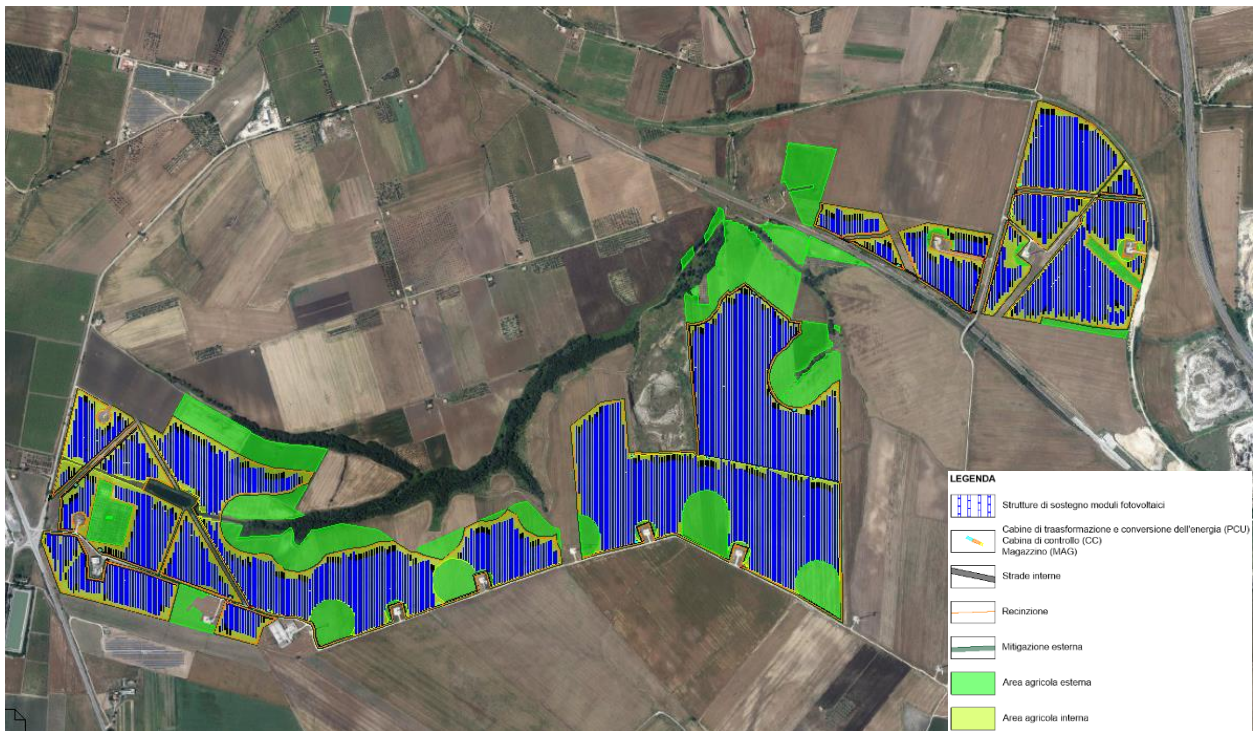


Figura 1 – Layout impianto agrivoltaico

Secondo le perimetrazioni del P.A.I. della Regione Puglia, aggiornate a luglio 2022 su cartografia ufficiale scaricabile dal portale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale,

l'area dell'impianto fotovoltaico è stata già oggetto di studi idraulici da parte dell'AdB Puglia e si può affermare che risulta essere esterna alle aree a pericolosità idraulica AP, MP e BP, come definite agli artt. 7, 8 e 9, e alle aree a pericolosità geomorfologica PG1, PG2 e PG3, come definite agli artt. 13, 14 e 15 delle NTA.

Anche il cavidotto MT di connessione tra l'impianto e la sottostazione elettrica di trasformazione non interferisce con nessuna delle aree perimetrate dal P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia.

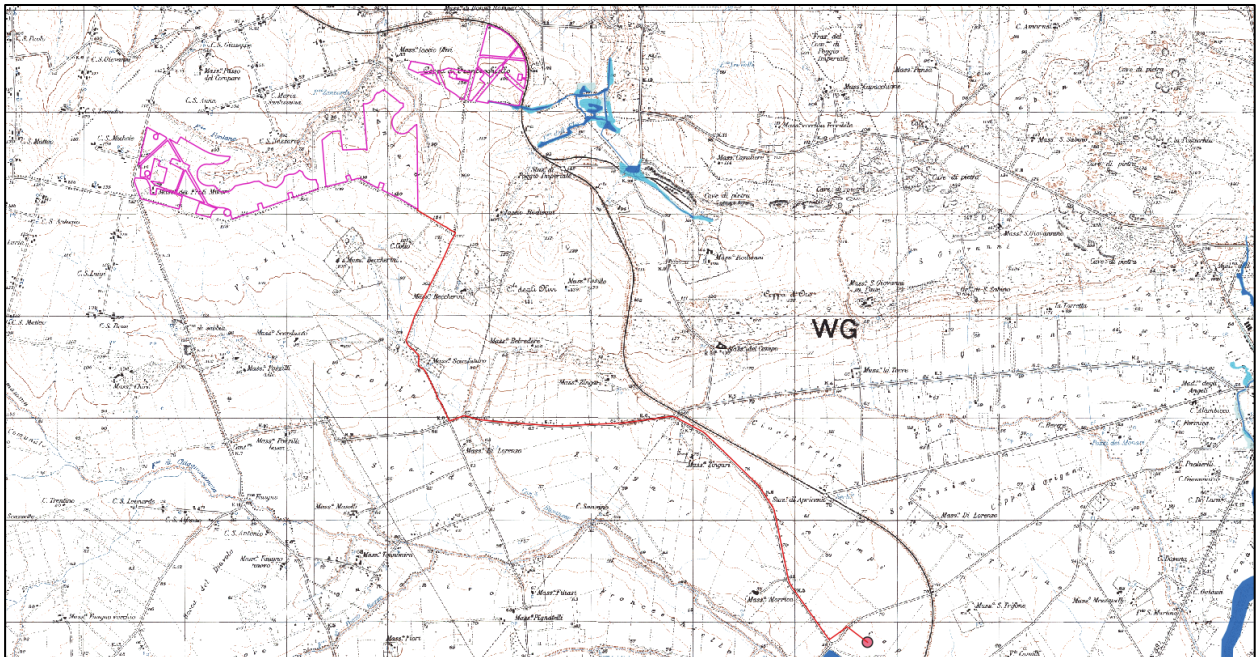


Figura 2 – Stralcio perimetrazioni PAI dell'AdB Puglia (scala 1:15.000)

Relativamente alla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, infatti, redatta dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, risulta una parziale interferenza delle opere con dei reticoli idrografici. In merito all'impatto sulla risorsa idrica superficiale, l'area in cui insiste il campo fotovoltaico è interessata dall'area golenale di 75 m a destra e sinistra idraulica dall'asse del reticolo (art. 6 "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" delle NTA del PAI) e dalla fascia di pertinenza fluviale di 150 m a destra e sinistra idraulica (art. 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" delle NTA del PAI) relative ai corsi d'acqua.

Nel rispetto di quanto prescritto all'art. 10 comma 2 delle N.T.A. del P.A.I., sono state redatte le seguenti relazioni di compatibilità idrologica ed idraulica, al fine di analizzare il regime idraulico per tempi di ritorno di 200 anni e, quindi, di verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36 delle NTA.

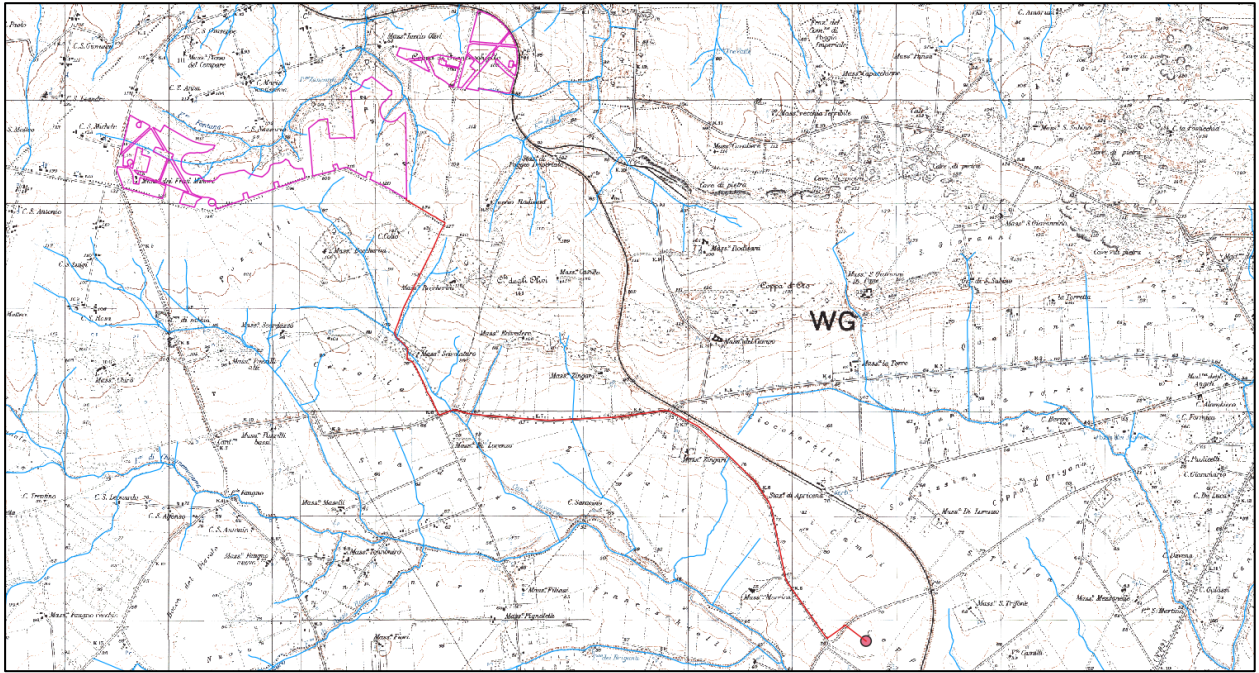


Figura 3 – Stralci della Carta idrogeomorfologica della Regione Puglia

4. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico ha la finalità di definire le portate generate da un bacino idrografico in conseguenza ad eventi meteorici con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa probabilità, assumendo altresì come riferimento per la condizione di sicurezza idraulica e, quindi, per la compatibilità idraulica lo scenario con tempo di ritorno di 200 anni. Lo studio idrologico si compone delle seguenti fasi:

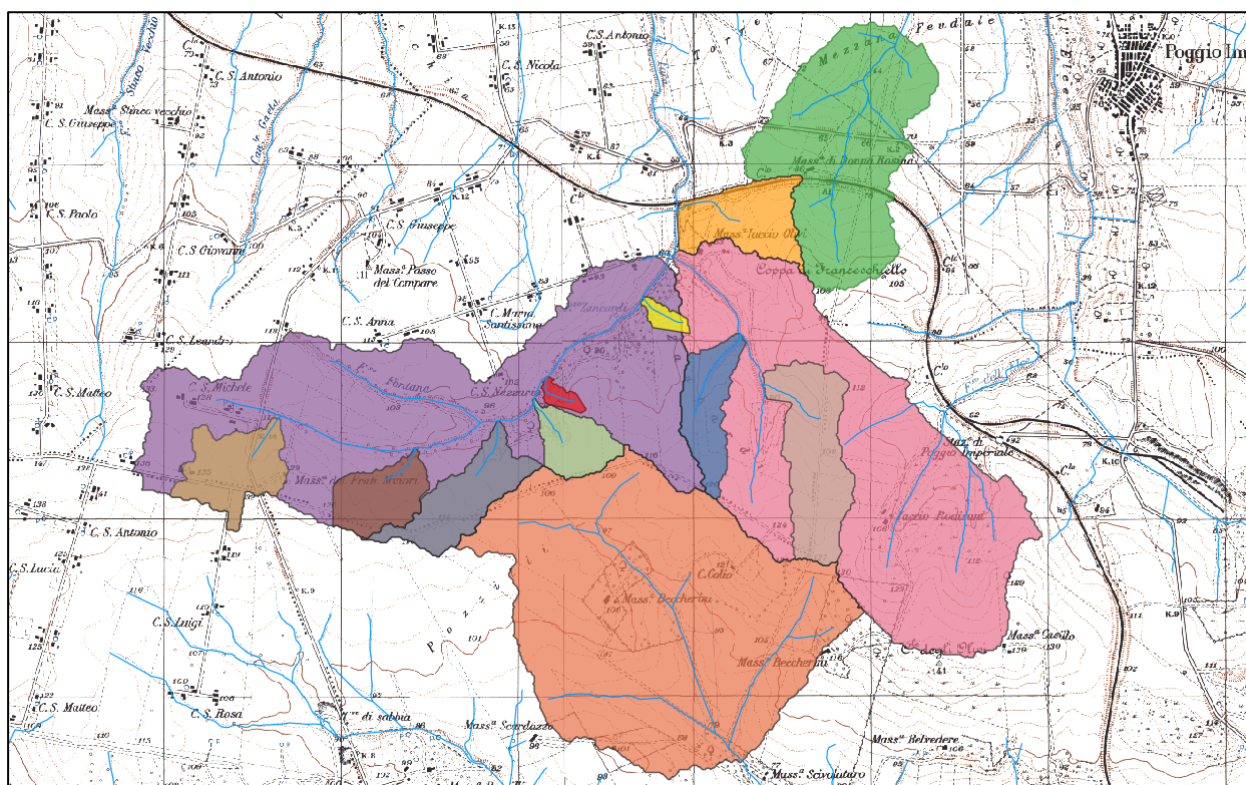
1. analisi morfologica per la determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici;
2. analisi pluviometrica per la definizione dell'altezza totale di precipitazione;
3. definizione della precipitazione netta o efficace, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale, pari alla pioggia totale depurata da quella persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione);
4. trasformazione afflussi - deflussi per il calcolo della portata di piena.

4.1 Analisi morfologica

L'analisi morfologica consiste nella delimitazione dei bacini idrografici affluenti e nella determinazione delle caratteristiche morfometriche degli stessi. I bacini sono determinati sulla base del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM), mediante procedure automatiche in ambiente GIS. È stato utilizzato il DTM 8x8 m disponibile sul SIT della Puglia.

Per poter stimare gli afflussi meteorici e valutare le portate di piena, sono stati calcolati i contributi dei vari bacini idrografici. L'analisi idrologica è, quindi, rivolta ai 13 bacini di studio:

Basin	Superficie (Kmq)	L. asta principale (Km)	Hmax (m.s.l.m)	Hmin (m.s.l.m)	Hmean (m.s.l.m)	Dislivello (m)	Pendenza media bacino (%)	Pendenza asta principale (%)	Pendenza (m/m)
Bacino 1	2.91	3.23	139.94	60.38	109.84	79.56	7.12	2.46	0.025
Bacino 2	2.59	1.60	141.79	61.76	107.42	80.03	8.5	5.00	0.050
Bacino 3	0.24	0.40	105.76	56.18	85.24	49.58	7.98	12.40	0.124
Bacino 4	0.96	1.43	107.13	37.34	72.31	69.79	6.72	4.88	0.049
Bacino 5	2.48	2.00	132.83	73.94	100.32	58.89	4.94	2.94	0.029
Bacino 6	0.18	0.55	121.31	75.03	104.30	46.28	6.89	8.41	0.084
Bacino 7	0.36	0.38	128.26	84.91	111.88	43.35	5.4	11.41	0.114
Bacino 8	0.17	0.26	125.39	93.97	116.35	31.42	4.29	12.08	0.121
Bacino 9	0.24	0.34	123.22	83.41	109.18	39.81	3.61	11.71	0.117
Bacino 10	0.13	0.27	112.41	78.99	104.32	33.42	6.39	12.38	0.124
Bacino 11	0.02	0.25	106.64	76.30	96.94	30.34	11.51	12.14	0.121
Bacino 12	0.03	0.28	112.41	78.99	104.32	33.42	9.66	11.94	0.119
Bacino 13	0.23	0.28	138.95	114.30	131.35	24.65	5.03	8.80	0.088



LEGENDA

-
 Bacino 1
 Bacino 8
-
 Bacino 2
 Bacino 9
-
 Bacino 3
 Bacino 10
-
 Bacino 4
 Bacino 11
-
 Bacino 5
 Bacino 12
-
 Bacino 6
 Bacino 13
-
 Bacino 7

Figura 4 - Bacini idrografici

4.2 Analisi pluviometrica

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (C.P.P.) dei bacini idrografici è stata determinata attraverso la procedura propria del progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), metodologia di riferimento delle N.T.A. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Nel VaPi l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Two Components Extreme Value). La particolarità di questo modello è quella di riuscire a considerare gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità di tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, con due zone omogenee al primo e secondo livello, ovvero Puglia Settentrionale e Puglia Centro – Meridionale, e sei zone omogenee al terzo livello, dove si indaga la variabilità spaziale del valor medio dell'altezza di pioggia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.



Figura 5 - Zone omogenee al III livello del VaPi Puglia



Figura 6 - Zone omogenee del VaPi con indicazione dell'area di progetto

Come si può notare dalla figura 6, i bacini idrografici di studio rientrano nella zona omogenea 1 della Puglia Settentrionale, pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$ZONA 1: h = x(t, z) = 26.80 * t^{((0.720 + 0.00503 z)/3.178)}$$

dove la durata di progetto t delle curve pluviometriche si assume pari al tempo di ritardo del bacino espresso in ore, definito come la distanza tra il baricentro dello ietogramma e il baricentro dell'onda di piena.

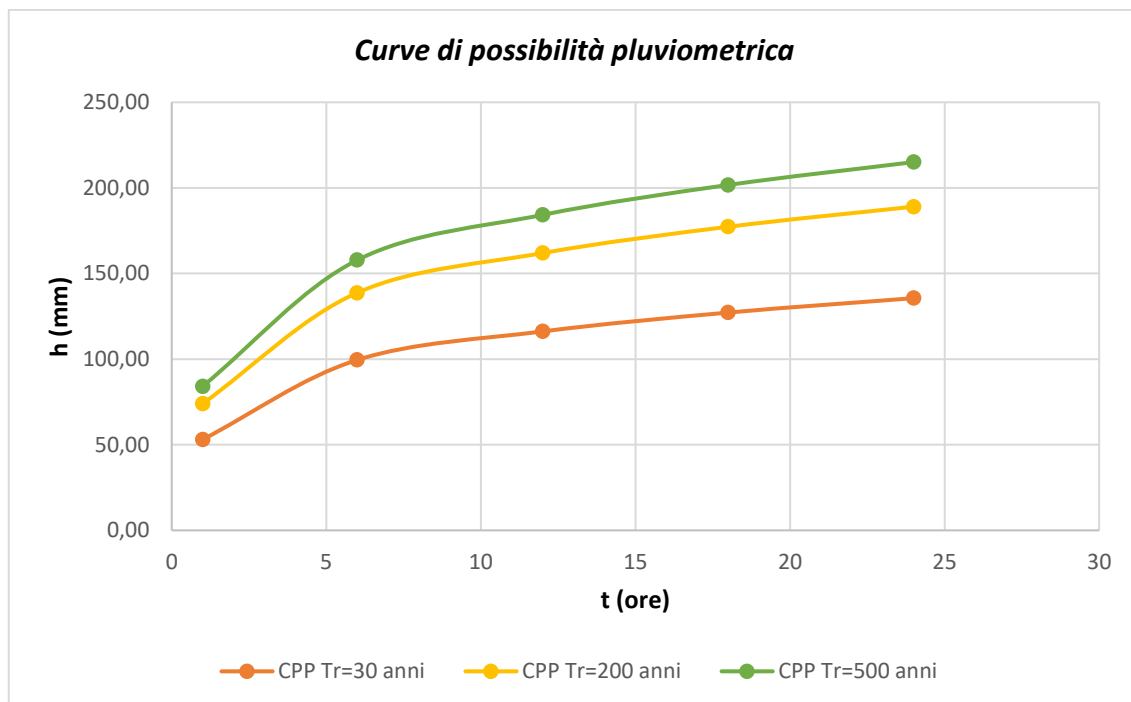
Per quanto concerne il fattore di crescita K_t per la Puglia Centro - Meridionale, esso è espresso dalla seguente espressione: $K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T$.

		Tempo di Ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
Tabella	K_T	0.91	1.26	1.53	1.81	1.9		2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43
Formula	K_T	0.85	1.23	1.52	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.76	3.14	3.43

La curva di possibilità climatica esprime il legame esistente tra l'altezza di pioggia (espressa in mm) e la sua durata (espressa in ore), per un assegnato valore del tempo di ritorno (si considerano T_r di 30, 200 e 500 anni). L'altezza di pioggia è stata determinata applicando l'analisi regionale propria del VaPi Puglia.

t (ore)	z (mslm)	h (mm)	Kt 30	h30 (mm)	Kt 200	h200 (mm)	Kt 500	h500 (mm)
1	100.57	26.80	1.98	53.06	2.76	73.97	3.14	84.15
6	100.57	50.27	1.98	99.53	2.76	138.74	3.14	157.84
12	100.57	58.68	1.98	116.18	2.76	161.95	3.14	184.25
18	100.57	64.24	1.98	127.19	2.76	177.29	3.14	201.70
24	100.57	68.50	1.98	135.62	2.76	189.05	3.14	215.07

Tr (anni)	30	200	500
t (ore)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1	53.06	73.97	84.15
6	99.53	138.74	157.84
12	116.18	161.95	184.25
18	127.19	177.29	201.70
24	135.62	189.05	215.07



Per i bacini pugliesi, in accordo con il VaPi Puglia, per il calcolo del tempo di ritardo si considera la seguente formula empirica in funzione dell'area del bacino in Km²: $t = tr = 0,344 A^{0,5}$.

	Area (Kmq)	t (ore)
Bacino 1	2.91	0.59
Bacino 2	2.59	0.55
Bacino 3	0.24	0.17
Bacino 4	0.96	0.34
Bacino 5	2.48	0.54
Bacino 6	0.18	0.15
Bacino 7	0.36	0.21
Bacino 8	0.17	0.14
Bacino 9	0.24	0.17
Bacino 10	0.13	0.12
Bacino 11	0.02	0.05
Bacino 12	0.03	0.06
Bacino 13	0.23	0.16

Di seguito si riporta l'altezza di pioggia totale che è pari a $X(t, T) = x(t, z) * K_T$, con K_T fattore di crescita che dipende dal tempo di ritorno.

Basin	h (mm)	Kt (TR = 30)	h30 (mm)	Kt (TR = 200)	h200 (mm)	Kt (TR = 500)	h500 (mm)
Bacino 1	21.6	1.98	42.87	2.76	59.8	3.14	68.0
Bacino 2	21.2	1.98	41.97	2.76	58.5	3.14	66.6
Bacino 3	14.1	1.98	27.88	2.76	38.9	3.14	44.2
Bacino 4	18.5	1.98	36.62	2.76	51.0	3.14	58.1
Bacino 5	21.2	1.98	41.90	2.76	58.4	3.14	66.4
Bacino 6	12.6	1.98	24.97	2.76	34.8	3.14	39.6
Bacino 7	14.2	1.98	28.07	2.76	39.1	3.14	44.5
Bacino 8	12.0	1.98	23.79	2.76	33.2	3.14	37.7
Bacino 9	13.2	1.98	26.06	2.76	36.3	3.14	41.3
Bacino 10	11.8	1.98	23.43	2.76	32.7	3.14	37.2
Bacino 11	8.5	1.98	16.82	2.76	23.5	3.14	26.7
Bacino 12	8.9	1.98	17.58	2.76	24.5	3.14	27.9
Bacino 13	12.3	1.98	24.26	2.76	33.8	3.14	38.5

4.3 Metodo SCS-CN per il calcolo della pioggia netta o efficace

La portata idrologica di piena viene calcolata con il metodo del "Soil Conservation Service" (S.C.S.). Per la stima della pioggia netta o efficace, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale pari alla pioggia totale depurata dalla parte di pioggia persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione) si è utilizzata la metodologia del Soil Conservation Service (SCS) che prevede la determinazione del Curve Number (CN).

Il Curve Number è un parametro di fondamentale importanza nelle valutazioni idrologiche, in quanto viene usato per determinare l'aliquota di precipitazione netta, ovvero l'aliquota di

precipitazione totale che contribuisce alla formazione del deflusso, indicando l'attitudine del bacino a produrre ruscellamento.

Tale parametro assume valori compresi tra 0 (terreni permeabili) e 100 (terreni impermeabili) e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

La stima del CN è effettuata determinando il gruppo idrologico di appartenenza di ciascun suolo e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN. Gli strati informativi utili alla definizione del Curve Number sono quindi rappresentati dalla Carta Geolitologica e dalla Carta di Uso del Suolo, disponibili sul SIT Puglia.

L'attribuzione delle 4 classi di permeabilità (A, B, C, D,) del metodo SCS-CN è operata avendo come base cartografica la carta geolitologica della Puglia 1: 250.000. È associato un livello di permeabilità a ciascuna unità geolitologica, valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, carsismo e pendenza.

Gruppo A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
Gruppo B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
Gruppo C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
Gruppo D	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Gruppi geolitologici

La copertura del suolo è valutata attraverso la Carta di Uso del Suolo (Land Use), pubblicata sul portale del SIT Puglia. Ad ognuna delle 67 tipologie di uso del suolo è associata una macrocategoria di copertura, che comprende diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro). L'area di interesse è classificata come un "Seminativo semplice in aree non irrigue".



- | | |
|--|---|
| 1111 - tessuto residenziale continuo antico e denso | 221 - vigneti |
| 1112 - tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso | 222 - frutteti e frutti minori |
| 1113 - tessuto residenziale continuo, denso recente, alto | 223 - uliveti |
| 1121 - tessuto residenziale discontinuo | 224 - altre colture permanenti |
| 1122 - tessuto residenziale rado e nucleiforme | 231 - superfici a copertura erbacea densa |
| 1123 - tessuto residenziale sparso | 241 - colture temporanee associate a colture permanenti |
| 1211 - insediamento industriale o artigianale con spazi annessi | 242 - sistemi colturali e particellari complessi |
| 1212 - insediamento commerciale | 243 - aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali |
| 1213 - insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati | 244 - aree agroforestali |
| 1214 - insediamenti ospedalieri | 311 - boschi di latifoglie |
| 1215 - insediamento degli impianti tecnologici | 312 - boschi di conifere |
| 1216 - insediamenti produttivi agricoli | 313 - boschi misti di conifere e latifoglie |
| 1217 - insediamento in disuso | 314 - prati alberati, pascoli alberati |
| 1221 - reti stradali e spazi accessori | 321 - aree a pascolo naturale, praterie, incolti |
| 1222 - reti ferroviarie comprese le superfici annesse | 322 - cespuglieti e arbusteti |
| 1223 - grandi impianti di concentrazione e smistamento merci | 323 - aree a vegetazione sclerofilla |
| 1224 - aree per gli impianti delle telecomunicazioni | 3241 - aree a ricolonizzazione naturale |
| 1225 - reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia | 3242 - aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto) |
| 123 - aree portuali | 331 - spiagge, dune e sabbie |
| 124 - aree aeroportuali ed eliporti | 332 - rocce nude, falesie e affioramenti |
| 131 - aree estrattive | 333 - aree con vegetazione rada |
| 1321 - discariche e depositi di cave, miniere, industrie | 334 - aree interessate da incendi o altri eventi dannosi |
| 1322 - depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli | 411 - paludi interne |
| 1331 - cantieri e spazi in costruzione e scavi | 421 - paludi salmastre |
| 1332 - suoli rimaneggiati e artefatti | 422 - saline |
| 141 - aree verdi urbane | 5111 - fiumi, torrenti e fossi |
| 1421 - campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili | 5112 - canali e idrovie |
| 1422 - aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc) | 5121 - bacini senza manifeste utilizzazioni produttive |
| 1423 - parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili) | 5122 - bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui |
| 1424 - aree archeologiche | 5123 - acquaculture |
| 143 - cimiteri | 521 - lagune, laghi e stagni costieri |
| 2111 - seminativi semplici in aree non irrigue | 522 - estuari |
| 2112 - colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue | |
| 2121 - seminativi semplici in aree irrigue | |
| 2123 - colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue | |

Figura 7 - Carta Uso del Suolo (fonte SIT Puglia)

Nell'applicazione del metodo SCS sono previste tre classi di CN, rispettivamente la I, la II, e la III in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

AMC categoria CN	Altezza di precipitazione antecedente di 5 giorni			
	Stagione di riposo		Stagione vegetativa	
	[in]	[mm]	[in]	[mm]
I	< 0,5	< 12,7	< 1,4	< 35,6
II	0,5 - 1,1	12,7 - 27,9	1,4 - 2,1	35,6 - 53,3
III	> 1,1	> 27,9	> 2,1	> 53,3

Nel caso specifico, è stato utilizzato un valore del CN pari alla classe AMC-tipo II legato al CN II, supponendo una condizione standard di umidità del terreno nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. Definito il parametro del CN è possibile determinare il valore di altezza di pioggia netta P_n , mediante la seguente relazione:

$$P_n = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \text{ espresso in mm}$$

con $S = 254 \cdot (100/CN - 1)$ che rappresenta il massimo volume di invaso del suolo, in funzione del CN e P rappresenta l'altezza di pioggia totale, precedentemente calcolata con il metodo VaPi, in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno.

Basin	CN II medio	S (mm)	P30 (mm)	Pn30 (mm)	P200 (mm)	Pn200 (mm)	P500 (mm)	Pn500 (mm)
Bacino 1	72.84	94.71	42.87	4.82	59.8	12.29	68.0	16.73
Bacino 2	71.15	102.99	41.97	3.67	58.5	10.20	66.6	14.18
Bacino 3	79.83	64.18	27.88	2.86	38.9	7.51	44.2	10.30
Bacino 4	74.30	87.86	36.62	3.39	51.0	9.24	58.1	12.78
Bacino 5	71	103.75	41.90	3.58	58.4	10.03	66.4	13.97
Bacino 6	71	103.75	24.97	0.17	34.8	1.68	39.6	2.90
Bacino 7	71	103.75	28.07	0.48	39.1	2.76	44.5	4.43
Bacino 8	66	130.85	23.79	0.04	33.2	0.35	37.7	0.94
Bacino 9	66	130.85	26.06	0.00	36.3	0.73	41.3	1.57
Bacino 10	67.20	123.98	23.43	0.02	32.7	0.47	37.2	1.12
Bacino 11	66	130.85	16.82	0.72	23.5	0.06	26.7	0.00
Bacino 12	71.17	102.89	17.58	0.09	24.5	0.14	27.9	0.48

4.4 Metodo di trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle portate di piena

Per il calcolo della portata al colmo di piena si considera, come metodo di trasformazione afflussi – deflussi, l'idrogramma di piena triangolare di Mockus, che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento).

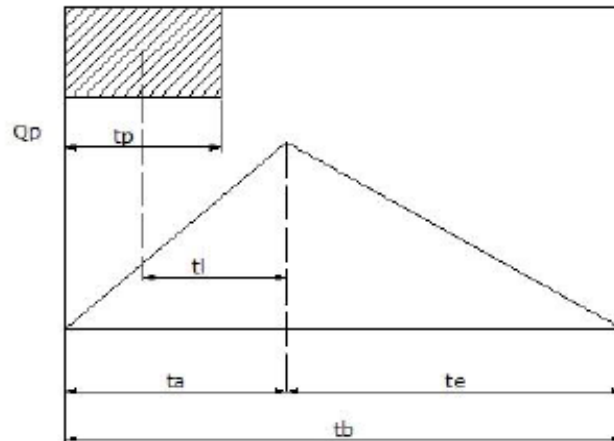


Figura 8 - Idrogramma di Mockus

Secondo il metodo SCS, il tempo di ritardo t_L di Mockus, definito come la distanza tra il baricentro dello ietogramma rettangolare e il picco dell'onda di piena, viene calcolato con la formula di Mockus, per cui: $t_L = 0.342 * (L^{0.8}/s^{0.5}) * (1000 / CN) - 9)^{0.7}$, dove:

- L è la lunghezza dell'asta principale in Km;
- s è la pendenza media in % del bacino;
- CN curve number, pari a CN I, CN II o CN III a seconda se il bacino è secco o umido.

Il passaggio dal tempo di ritardo t_L al tempo di corrivazione t_c del bacino avviene attraverso la seguente espressione: $t_c = t_L/0,6$

Il tempo di accumulo, espresso in ore, è pari a $t_a = 0.5 t_c + t_L$

L'area sottesa da tale triangolo definisce la portata idrologica al colmo di piena che, pertanto, assume la formulazione seguente: $Q_p = 0,208 (P_n * A) / t_a$.

L'ascissa e l'ordinata del picco dell'onda di piena rappresentano, rispettivamente, il tempo di risposta del bacino e la portata al colmo di piena.

Basin	L (km)	s (%)	tl (ore)	tp (ore)	ta (ore)	A (kmq)	Pn30 (mm)	Q (Tr=30) (mc/s)	Pn200 (mm)	Q (Tr=200) (mc/s)	Pn500 (mm)	Q (Tr=500) (mc/s)
Bacino 1	3.23	7.12	0.97	1.62	1.78	2.91	4.82	1.6	12.29	4.2	16.73	5.7
Bacino 2	1.60	8.5	0.53	0.89	0.97	2.59	3.67	2.0	10.20	5.6	14.18	7.8
Bacino 3	0.40	7.98	0.14	0.23	0.26	0.24	2.86	0.6	7.51	1.5	10.30	2.0
Bacino 4	1.43	6.72	0.50	0.83	0.92	0.96	3.39	0.7	9.24	2.0	12.78	2.8
Bacino 5	2.00	4.94	0.84	1.39	1.53	2.48	3.58	1.2	10.03	3.4	13.97	4.7
Bacino 6	0.55	6.89	0.25	0.42	0.46	0.18	0.17	0.0	1.68	0.1	2.90	0.2
Bacino 7	0.38	5.4	0.21	0.35	0.39	0.36	0.48	0.1	2.76	0.5	4.43	0.9
Bacino 8	0.26	4.29	0.20	0.33	0.37	0.17	0.04	0.0	0.35	0.0	0.94	0.1
Bacino 9	0.34	3.61	0.27	0.45	0.50	0.24	0.00	0.0	0.73	0.1	1.57	0.2
Bacino 10	0.27	6.39	0.16	0.27	0.30	0.13	0.02	0.0	0.47	0.0	1.12	0.1
Bacino 11	0.25	11.51	0.12	0.20	0.22	0.02	0.72	0.0	0.06	0.0	0.00	0.0
Bacino 12	0.28	9.66	0.12	0.21	0.23	0.03	0.09	0.0	0.14	0.0	0.48	0.0
Bacino 13	0.28	5.03	0.17	0.29	0.32	0.23	0.11	0.0	1.46	0.2	2.58	0.4

Lo studio idrologico, quindi, ha l'obiettivo di stimare le portate di piena all'interno dei bacini idrografici di studio, per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Basin	Q (Tr=30) (mc/s)	Q (Tr=200) (mc/s)	Q (Tr=500) (mc/s)
Bacino 1	1.6	4.2	5.7
Bacino 2	2.0	5.6	7.8
Bacino 3	0.6	1.5	2.0
Bacino 4	0.7	2.0	2.8
Bacino 5	1.2	3.4	4.7
Bacino 6	0.0	0.1	0.2
Bacino 7	0.1	0.5	0.9
Bacino 8	0.0	0.0	0.1
Bacino 9	0.0	0.1	0.2
Bacino 10	0.0	0.0	0.1
Bacino 11	0.0	0.0	0.0
Bacino 12	0.0	0.0	0.0
Bacino 13	0.0	0.2	0.4

5. DISCIPLINA DELLE ACQUE METEORICHE DI DILAVAMENTO E DI PRIMA PIOGGIA

L'impianto agrivoltaico sarà realizzato in conformità al R.R. n. 26 del 9 dicembre 2013 "Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia".

L'opera non rientra fra gli interventi indicati all'art. 8 comma 2 del R.R. n. 26/2013, inoltre, non si avrà movimentazione di sostanze pericolose previste alle tabelle 3/A e 5 dell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/2006.

L'intervento non prevede l'impermeabilizzazione dei terreni agricoli; gli unici elementi strutturali che possono essere assimilati a superfici impermeabilizzate sono sia i pannelli fotovoltaici che le coperture delle cabine elettriche. Tuttavia, in conformità al regolamento suddetto, va precisato che: i pannelli fotovoltaici permettono comunque alle precipitazioni di raggiungere il suolo e, quindi, l'infiltrazione delle acque meteoriche nei terreni sottostanti e, poiché le superfici scolanti sono prive di sostanze inquinanti, le acque meteoriche non sono soggette a sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia; situazione analoga vale anche per le acque meteoriche ricadenti sulle coperture delle cabine.

Per quanto riguarda la viabilità interna all'impianto, le strade saranno realizzate con materiale drenante stabilizzato, in modo che le acque meteoriche ricadenti su tali superfici possano infiltrarsi nel sottosuolo senza che ci possa essere deflusso superficiale. Pertanto, non è prevista la raccolta, la depurazione e lo smaltimento delle acque meteoriche.

6. CONCLUSIONI

Sulla base dello studio idrologico svolto, che ha portato alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e alle portate di piena transitanti nei corsi d'acqua per tempi di ritorno assegnati, è stato condotto lo studio idraulico consistente nella modellazione idraulica dei reticoli idrografici interferenti con le opere in progetto, svolta in condizioni di moto non stazionario per tempo di ritorno di 200 anni (T_r associato alla compatibilità idraulica secondo le NTA del PAI), per la quale si rimanda alla "Relazione Idraulica" allegata al progetto definitivo.

Inoltre, l'impianto non prevede l'impermeabilizzazione dei terreni agricoli e risulta conforme con il R.R. n. 26 del 2013 "Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia".