

REGIONE: SICILIA

PROVINCIA: CATANIA

COMUNI: CASTEL DI IUDICA, RAMACCA

ELABORATO:

073.20.01.R40

OGGETTO:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CASTEL DI IUDICA"
DA 217,060 MWp
PROGETTO DEFINITIVO**

PROPONENTE:

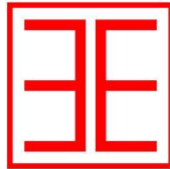


Ibvi 5 s.r.l.

IBVI 5 S.R.L.

Viale Amedeo Duca D'Aosta 76, Bolzano (BZ)
IBVI5srl@Pec.it

**PROGETTO
DEFINITIVO**



E N E R G Y
E N V I R O N M E N T
E N G I N E E R I N G

3E Ingegneria S.r.l.

Via G. Volpe n.92 - cap 56121 - Pisa (PI)

3eingenneria@pec.it

www.3eingenneria.it

info@3eingenneria.it

Relazione Invarianza



Note:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Giugno 2023	0	Emissione	3E Ingegneria Srl	IBVI 5 srl

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA



**E N E R G Y
E N V I R O N M E N T
E N G I N E E R I N G**

**Impianto Fotovoltaico “Castel di Iudica ”
da 217,060 MWp
Relazione invarianza**

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 5 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

S O M M A R I O

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PERIMETRAZIONE DEI BACINI	5
2.1	Strumenti e procedure per l’analisi morfometrica ed idrografica del bacino oggetto di studio	5
3	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	13
4	ANALISI PLUVIOMETRICA E CALCOLO DELL’ALTEZZA CRITICA DI PIOGGIA	15
4.1	Indicazioni del P.A.I. (Relazione Generale 2004)	16
5	CALCOLO DEL VALORE DI PORTATA	21
6	STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA	27

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	2	47



1 PREMESSA

La presente relazione riguarda lo studio dell'invarianza idraulica dei bacini idrografici interessati dai lavori relativi alla realizzazione del progetto di un impianto a tecnologia fotovoltaica denominato “Castel di Iudica 2”.

Lo studio condotto - una volta individuate le aste interferenti con gli impianti in oggetto - ha permesso la progettazione di un sistema di drenaggio superficiale dell'area interessata dall'intervento costituito da canali e bacini di laminazione in terra, ovvero dell'insieme delle opere destinate alla raccolta ed al convogliamento a recapito delle acque direttamente ricadenti sulle aree in cui si posizioneranno i pannelli e tutte le zone a servizio dell'impianto, con il preciso obiettivo di garantire l'invarianza idraulica e di aumentare i tempi di corrivazione delle acque superficiali¹. Nel prosieguo vengono pertanto delineati i criteri di verifica e di dimensionamento delle diverse opere idrauliche.

L'intervento previsto risulta in linea con quanto previsto dal P.A.I. Sicilia (aggiornamento 2021) che al punto C.5.4. dell'Appendice C recita: *“Nel caso di trasformazione dell'uso del suolo che comporti una riduzione della permeabilità superficiale, si dovranno prevedere “interventi in situ” di infiltrazione o di temporanea ritenzione e accumulo (laminazione) delle acque, volti a mantenere invariato il coefficiente udometrico dell'area oggetto d'intervento, preservandone la capacità di scolo e di deflusso ante operam.”*

Il sistema di drenaggio di progetto può essere dunque annoverato tra i “SUDS - Sistemi di drenaggio urbano sostenibile” ossia, secondo la definizione fornita dal DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia al co. 6 art. 2, *“metodi di gestione delle acque meteoriche di scorrimento superficiale che replicano i modelli di drenaggio naturali, utilizzando soluzioni economiche a basso impatto ambientale, mediante accumulo, laminazione e infiltrazione, che consentano il lento rilascio nei corpi idrici superficiali (naturali o artificiali), nelle fognature o nelle falde acquifere (infiltrazione). Il volume da destinare alla laminazione e/o all'infiltrazione delle piogge dovrà garantire che la portata allo scarico non ecceda il valore nella situazione ante operam ovvero l'eventuale valore concordato o imposto*

¹ Studio dell'invarianza idraulica richiesto dalla D.D.G. n.102 del 2021 per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m².

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	3	47



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

**Impianto Fotovoltaico “Castel di Iudica ”
da 217,060 MWp
Relazione invarianza**

OGGETTO / SUBJECT



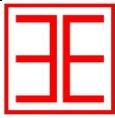
Ibvi 5 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

dall'ente gestore”, rispettando così quanto predisposto dall'art. 4, dall'Allegato 1 e dall'Allegato 2 del citato DDG 102.

Il sistema di regimentazione delle acque meteoriche descritto (vasche di laminazione, luce di fondo della vasca di laminazione) è stato dimensionato e verificato per un tempo di ritorno di 30 anni. Si evidenzia che in ogni caso nelle aree interessate saranno adottate una serie di misure atte a prevenire la compattazione del suolo e la riduzione di permeabilità dello stesso (cfr. paragrafo 6.4).

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	4	47



2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PERIMETRAZIONE DEI BACINI

Per la stima univoca della portata di piena o di colmo, detta “portata di progetto”, si sono utilizzate le direttive e le metodologie reperite da letteratura tecnica, quelle indicate dal P.A.I. della Regione Sicilia (2006) ed in fine le direttive del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche nell’ambito del Progetto VA.PI. (Valutazione delle Piene in Italia) pubblicati nel rapporto Valutazione delle Piene in Sicilia [Cannarozzo, D’Asaro e Ferro, 1993].

Tali procedure si fondano sul calcolo della portata in modo indiretto, mediante modelli di trasformazione degli afflussi in deflussi.

Tra le diverse metodologie disponibili per il calcolo della portata in modo indiretto, il modello più utilizzato risulta essere quello cinematico, (nello specifico il modello razionale) il quale permette calcolare e stimare il valore delle portate di piena mediante l’analisi dei seguenti parametri:

- Morfometrici ed idrografici del bacino idrologico sotteso alla sezione di chiusura,
- Tempo di corrivazione;
- Altezza di pioggia critica;
- Coefficiente di deflusso per la determinazione della pioggia netta;

Nei seguenti sottoparagrafi, sono riportati le metodologie necessarie all’individuazione del bacino e delle caratteristiche morfometriche ed idrografiche dello stesso.

2.1 Strumenti e procedure per l’analisi morfometrica ed idrografica del bacino oggetto di studio

La determinazione del bacino idrografico e del reticolo è stata effettuata utilizzando un modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM di maglia 2x2) con procedura sviluppata in ambiente GIS.

Tale DEM è stato elaborato dalla Regione Sicilia ed è disponibile in download tramite procedura Web Coverage Service (WCS http://map.sitr.regione.sicilia.it/gis/services/DEM/MDT_2012_2013/MapServer/WCSServer).

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	5	47



Le elaborazioni della matrice così ottenuta (raster), contenente le informazioni altimetriche delle singole celle, sono state eseguite in ambiente Gis utilizzando il software QGIS con opportune procedure di interpolazione, che di seguito vengono descritte.

Utilizzando come input un livello raster rappresentativo delle quote topografiche o un modello digitale del terreno (DEM), gli strumenti di analisi idrologica consentono di individuare in maniera automatica il sistema di drenaggio e quantificare le caratteristiche del sistema.

A seguito di queste operazioni preliminari si sono individuati i bacini principali relativi a tutti i corsi d'acqua principali e minori identificati tramite l'analisi delle CTR regionali e tutte le caratteristiche morfologiche desumibili attraverso appositi comandi propri del GIS.

Questo perché ciascuna metodologia riportata in letteratura per il calcolo della portata al colmo di piena necessita di una serie di parametri da inserire all'interno del modello per applicare un generico modello di calcolo ad un determinato caso di studio.

Si tratta, fondamentalmente, di caratteristiche morfo-idrometriche del bacino o dell'asta principale del reticolo.

Tali grandezze possono essere ricavate tramite l'applicazione di alcuni basilari strumenti analitici comunemente applicati in ambiente GIS.

Senza entrare nel merito del significato concettuale di ciascuna applicazione, si fornisce di seguito un elenco dei parametri ricercati:

- *Estensione superficiale del bacino (kmq).*
- *Lunghezza dell'asta fluviale principale (km)*
- *Quote media e massima del bacino (m s.l.m)*
- *Quota della sezione di chiusura (m s.l.m)*
- *Pendenza media del bacino (m/m)*
- *Pendenza media dell'asta fluviale (m/m)*

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	6	47



Il bacino idrografico in cui ricadono gli impianti è il Bacino del fiume Dittaino, bacino secondario del più grande bacino idrografico della Sicilia ovvero quello del fiume Simeto.

Il bacino del F. Simeto ricade nel versante orientale della Sicilia e si estende per circa 4186 Km². Il bacino del Simeto, per estensione, è il più grande bacino idrografico dell'Isola; nel suo sviluppo interessa il territorio delle provincie di Catania, Enna, in misura inferiore Messina e, marginalmente, Siracusa e Palermo. Lo spartiacque del bacino corre ad est sui terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna, a nord sui monti Nebrodi, ad ovest separa il bacino del Simeto da quello del F. Imera Meridionale, mentre a sud-est ed a sud corre lungo i monti che costituiscono il dislivello tra il Simeto ed i bacini dei fiumi Gela, Ficuzza e S. Leonardo.

Il bacino del F. Gornalunga ricade nel versante orientale della Sicilia e si estende per circa 1130 Km² interessando il territorio delle provincie di Catania e di Enna. Il corso d'acqua ricade nel bacino idrografico del F. Simeto, di cui è affluente. Il corso d'acqua trae origine dalle pendici di Cozzo Bannata e di M. Rossomanno sotto il nome di V.ne Rossomanno e si sviluppa per circa 80 Km nella zona meridionale del bacino idrografico del F. Simeto. Gli affluenti principali del F. Gornalunga, nella zona di monte, sono il Fosso Belmontino, il V.ne Murapano, il V.ne Gresti, il F. Secco. Il F. Gornalunga, dopo avere ricevuto in sinistra idrografica il F. Secco, è stato sbarrato realizzando così un lago artificiale denominato Ogiastro o Don Sturzo. L'invaso raccoglie i deflussi di circa 170 Km² di bacino diretto mentre risultano allacciati circa 297 Km² di bacino del F. Dittaino. La capacità utile di progetto del serbatoio risulta di circa 109 Mmc. A valle del serbatoio, il F. Gornalunga riceve diversi torrenti che hanno scarsa importanza dal punto di vista delle utilizzazioni delle acque. Prima di immettersi nella Piana di Catania, il F. Gornalunga riceve in destra il più importante dei suoi affluenti, il F. dei Monaci; da tale confluenza il fiume assume un corso essenzialmente pianeggiante sino a sfociare nel F. Simeto. In tale zona confluiscono in destra idrografica i canali Fiumefreddo e Banante che fanno parte della rete di scolo della Piana di Catania.

Il Fiume Dittaino ricade nel bacino idrografico del Fiume Simeto, di cui è affluente. L'asta principale del corso d'acqua si sviluppa per circa 110 Km principalmente nella fascia centrale del bacino del F. Simeto, in un'area prevalentemente pianeggiante o collinare. Il Corso d'acqua sotto il nome T. Bozzetta, trae origine dalle pendici orientali dei monti Erei, nella zona centrale della Sicilia. Gli affluenti principali del F. Dittaino, nella zona di monte, sono il T. Girgia, il T. Crisa e il Calderari.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	7	47

Dopo aver ricevuto in desta idrografica il T. Calderari, il fiume sviluppa in pianura con una serie tortuosa di meandri: in questa zona affluenti principali sono il V.ne Salito e il V.ne Sciaguana.

Nel bacino del F. Dittaino sono stati effettuati alcuni interventi per la difesa del suolo. Sul T. Bozzetta, nel tratto di monte del F. Dittaino, è stato realizzato il serbatoio "Nicoletti", le cui acque sono utilizzate a scopo irriguo. La superficie del bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento è pari a circa 50 Km². Nel bacino ricadono i centri abitati di Leonforte, Assoro, Catenanuova e parte dei centri abitati di Calascibetta, Enna e Centuripe.

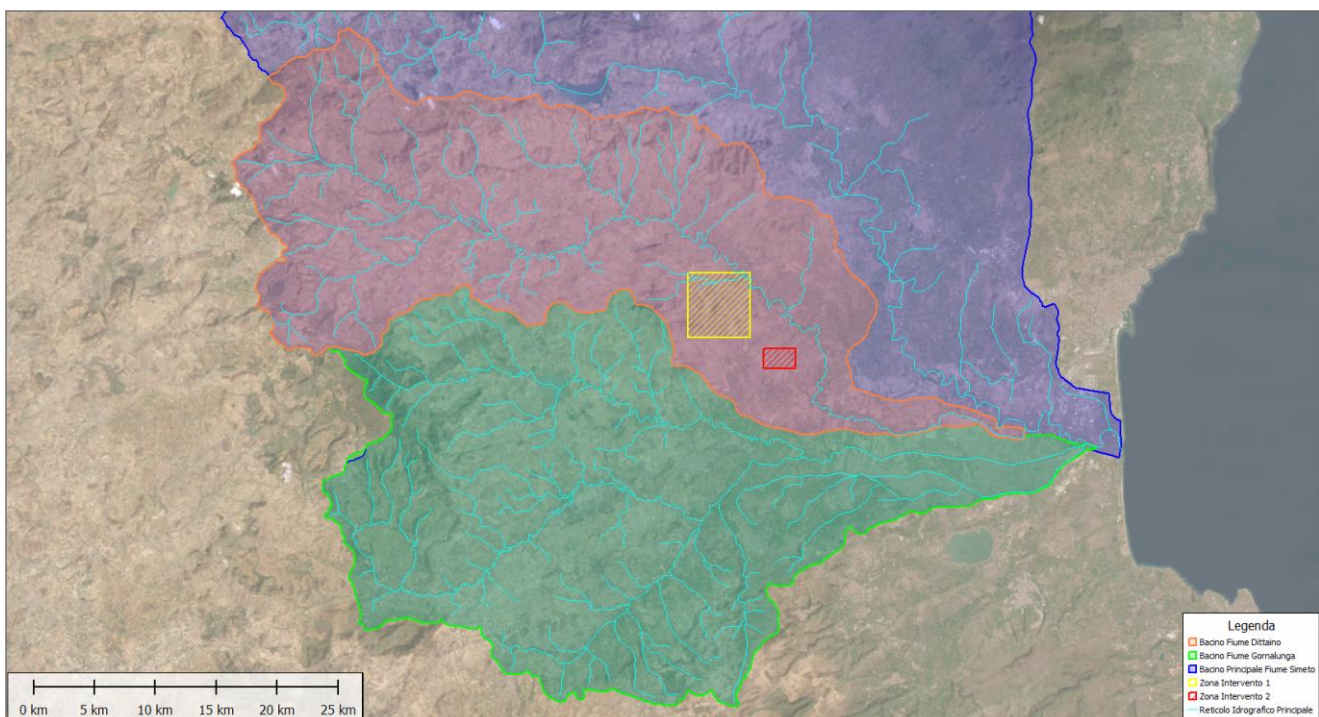


Figura 1: Bacino dei fiumi Gornalunga e Dittaino evidenziate le aree dei differenti impianti previsti con interferenze con il reticolo idrografico.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	8	47

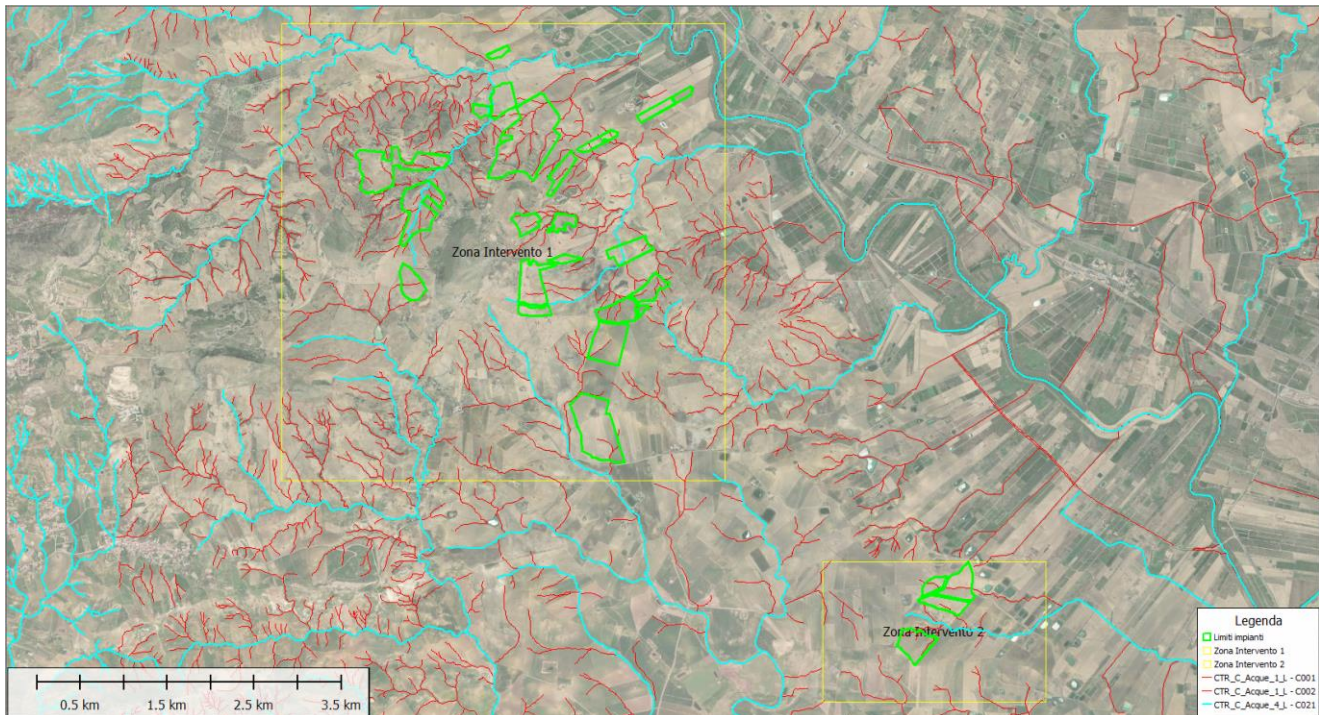


Figura 2: Inquadramento dell’area dell’impianto fotovoltaico e interferenze con il reticolo idrografico ricavato dalla CTR della Regione Sicilia

Il software utilizzato ha permesso una volta individuati i rami interferenti, rilevabili sulla CTR regionale, con l’impianto da realizzare di ricavare un bacino contribuente al deflusso per ogni ramo e di conseguenza tutte le grandezze morfometriche indispensabili per l’analisi idrologica ed idraulica.

Sono stati individuati in totale 9 bacini idrografici in grado di generare più di una interferenza con l’infrastruttura da progettare, tutti i rami più piccoli individuati sulla CTR sono stati analizzati con dei metodi speditivi e saranno ricondotti al coefficiente udometrico ricavato per i bacini di appartenenza.

Nel proseguo della trattazione saranno tabellate ed indicate le grandezze morfometriche e i risultati del calcolo idrologico per i bacini identificati con il codice tipologico che ne associa la zona relativa all’impianto e una numerazione progressiva.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	9	47

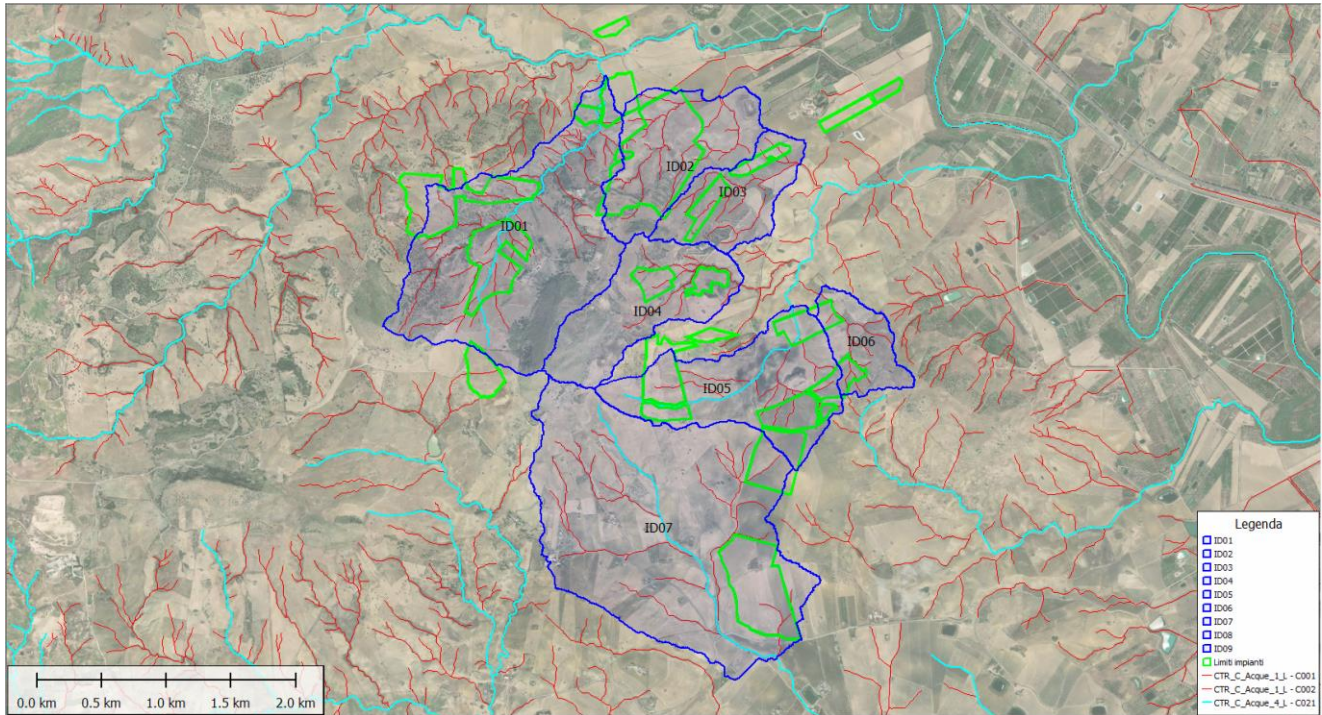


Figura 3: Bacini idrografici dei rami interferenti con l’infrastruttura nella zona 01

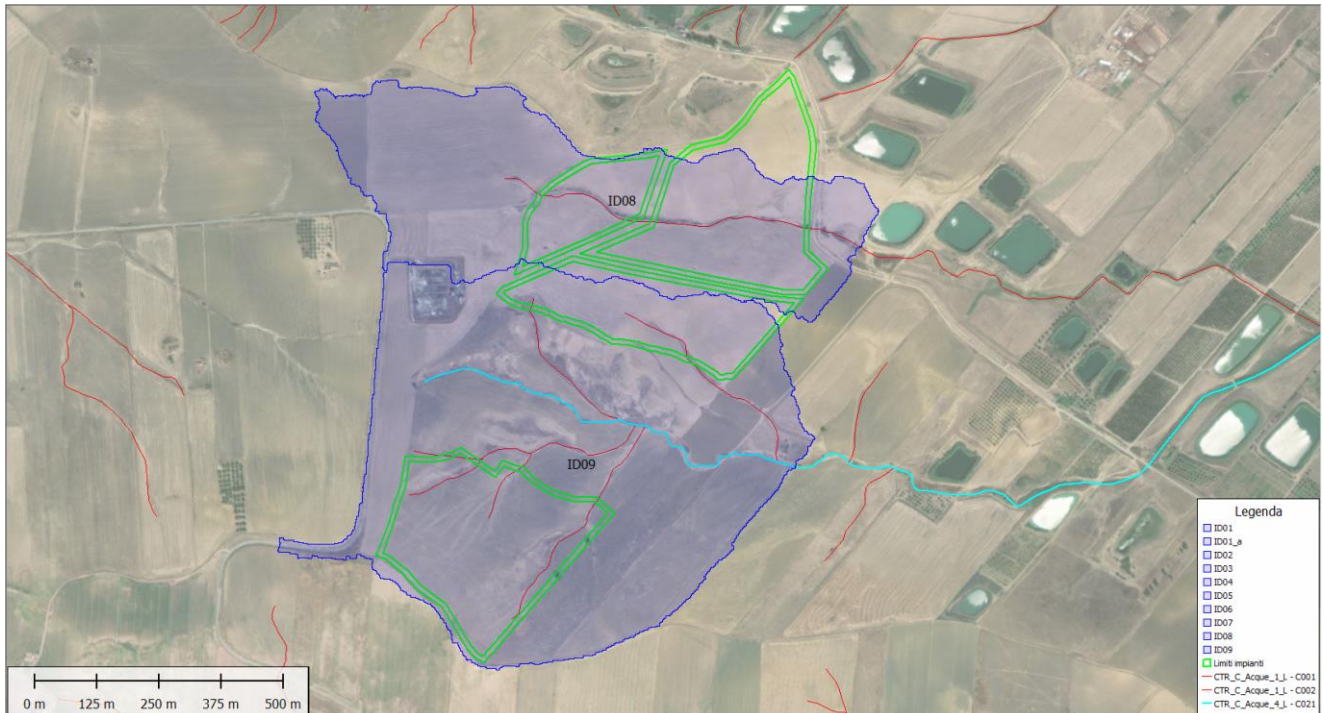


Figura 4: Bacini idrografici dei rami interferenti con l’infrastruttura nella zona 02

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	10	47



Di seguito si riportano i primi dati ricavati attraverso il software di analisi morfologica Qgis dei bacini identificati.

Tabella 1 - Grandezze caratteristiche dei bacini individuati

ID BACINO		ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08	ID09
ASTE FLUVIALI	L [km]	2.51	1.02	0.66	1.52	1.70	0.77	2.45	0.67	0.56
	Hmax	306.5	154.8	128.2	326.4	232.7	149.7	266.2	113.8	96.4
	Hmin	112.6	103.9	104.1	138.7	113.2	113.0	143.9	85.5	79.4
	i [%]	9.06	5.21	5.29	12.74	7.45	5.30	5.96	5.20	3.24
BACINI SCOLANTI	A [km ²] o S	2.3	0.9	0.6	0.9	1.1	0.4	3.3	0.3	0.6
	Hmax	499.8	295.8	290.0	500.1	351.9	265.0	488.3	132.1	163.3
	Hmin	112.5	104.0	103.4	138.1	119.3	120.2	143.8	85.5	79.4
	H media	263.0	155.6	148.3	282.5	196.7	170.5	210.0	116.1	115.8
	i [%]	27.5	20.6	19.2	27.4	20.0	22.5	14.4	9.7	15.1
	P [km]	10.264	6.198	5.006	6.314	7.575	3.885	11.372	4.022	4.202
	Dmax [Km]	5.132	3.099	2.503	3.157	3.7875	1.9425	5.686	2.011	2.101



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

**Impianto Fotovoltaico “Castel di Iudica ”
da 217,060 MWp
Relazione invarianza**

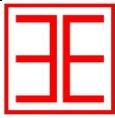
OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 5 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	12	47



3 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

La stima del tempo di corrvazione (tempo che impiega la particella liquida idraulicamente più lontana a raggiungere la sezione di chiusura) è stata effettuata mediante l'utilizzo e la comparazione di numerose formule empiriche, relative a bacini di piccole dimensioni, reperite in letteratura tecnica. Si è scelto di adottare la formula di Kirpich, valida per piccoli bacini reputandola la migliore tra quelle analizzate.

Nel caso in esame per l'applicazione dei differenti approcci di calcolo, si sono utilizzati i parametri morfometrici del bacino (superficie A, quota massima della linea spartiacque Qmax, quota media del bacino Qmed, quota minima sulla sezione di chiusura prescelta Qmin) ed il parametro idrografico (lunghezza dell'asta principale La).

Metodo Kirpich

$$t_c = 0.00325 * \left(\frac{L_a * 1000}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

con:

- La: lunghezza asta principale (Km);
- la pendenza media dell'asta principale

Tabella 2 – Tempo di corrvazione dei bacini individuati

ID BACINO	ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08	ID09
Tempo di Corrvazione [h]	0.339	0.209	0.149	0.202	0.271	0.168	0.392	0.153	0.160



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

**Impianto Fotovoltaico “Castel di Iudica ”
da 217,060 MWp
Relazione invarianza**

OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 5 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	14	47



4 ANALISI PLUVIOMETRICA E CALCOLO DELL'ALTEZZA CRITICA DI PIOGGIA

Per la stima dell'altezza di pioggia critica, necessaria a quantificare gli afflussi, si introduce il concetto di tempo di ritorno T_r .

Il tempo di ritorno T_r è legato alla probabilità di non superamento $P(x)$ della variabile idrologica dalla relazione:

$$P(x) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

Lo scopo dello studio idrologico riguarda il calcolo delle portate massime di piena e/o di colmo, o in alternativa, degli idrogrammi di piena in funzione di associati tempi di ritorno. I risultati di tale studio costituiscono la base di partenza per le verifiche idrauliche, nelle quali verranno analizzate le condizioni e comportamento di deflusso del corso d'acqua. La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo ed in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto). In mancanza di detti dati, si verifica, se sono disponibili, dati di portata di altri corsi d'acqua simili al corso fluviale oggetto di studio. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica). In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti “metodi di regionalizzazione”, attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

Nel caso in esame le valutazioni idrologiche, sui bacini oggetto di analisi, sono state condotte considerando la seguente metodologia:

- 1. Metodo indiretto (Afflussi-Deflussi) con Gumbel;** mediante applicazione dell'analisi probabilistica di Gumbel integrato dalle prescrizioni fornite dal P.A.I. della Regione Sicilia (Relazione Generale 2004 e successive modifiche ed integrazioni);

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	15	47



4.1 Indicazioni del P.A.I. (Relazione Generale 2004)

Il presente studio è stato redatto in conformità agli indirizzi dettati per il settore specifico dal “Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico” della Regione Sicilia.

Il P.A.I., attraverso le sue disposizioni, pone l’obiettivo agli enti competenti in materia di difesa del suolo, di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l’ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Per l’analisi idrologica si adottano le direttive riportate nella “Metodologia operativa per l’analisi idraulica e la valutazione del rischio per inondazione” della Relazione Generale del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrologico dell’Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia.

L’approccio utilizzato dal P.A.I. è di tipo probabilistico, ovvero utilizza un approccio probabilistico indiretto.

Tale approccio consiste nello stimare la portata di piena di progetto attraverso un’analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino interessato e la simulazione successiva del processo della loro trasformazione in deflussi.

Lo studio è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 300 anni, assumendo che la portata abbia il medesimo tempo di ritorno della pioggia che l’ha generata (linearità della trasformazione), è possibile così valutare le portate per i medesimi tempi di ritorno.

Per la determinazione delle C.P.P. si è utilizzata la legge di distribuzione di probabilità del massimo valore EV1, meglio nota come legge di Gumbel.

Nell’ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le C.P.P., espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h_{t,Tr} = K_{Tr} x a t^n$$

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	16	47



in cui ht,Tr è l'altezza di pioggia di durata t e tempo di ritorno Tr , mentre KT è il coefficiente di scala, detto coefficiente di crescita, che dipende dal tempo di ritorno Tr e dal coefficiente di variazione della stazione CVS attraverso la seguente relazione:

$$KT = 1 - CVS \times \left\{ 0,450 + 0,799 \times \ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \right\}$$

I valori di a , n e CV (quale coefficiente di variazione areale ottenuto dai coefficienti di varianza delle stazioni CVS) sopra riportati sono stati interpolati tramite kriging (Matheron, 1971) su tutto il territorio regionale creando delle carte dei valori di a , n e CV riportate nelle figure riportate nel seguito

L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione, il *kriging*, meglio conosciuto come metodo dell'interpolazione ottimale, si basa sul fatto che la grandezza regionale da interpolare è troppo irregolare perché sia modellata da funzioni matematiche regolari ma può essere descritta da una superficie stocastica.

L'interpolazione prevede una prima fase nella quale si indagano gli aspetti stocastici delle variabili regionalizzate ed una fase successiva di modellazione vera e propria. Il successo del kriging consiste nella validità di importanti assunzioni che si fanno sulla natura statistica della variazione, assunzioni che sono contenute nella teoria delle variabili regionalizzate.

Dalle carte così ottenute è possibile risalire al valore medio areale di tali coefficienti senza fare ricorso al classico metodo dei topoi.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	17	47

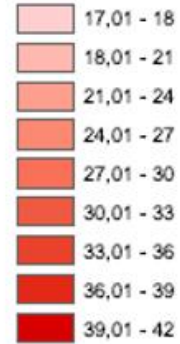
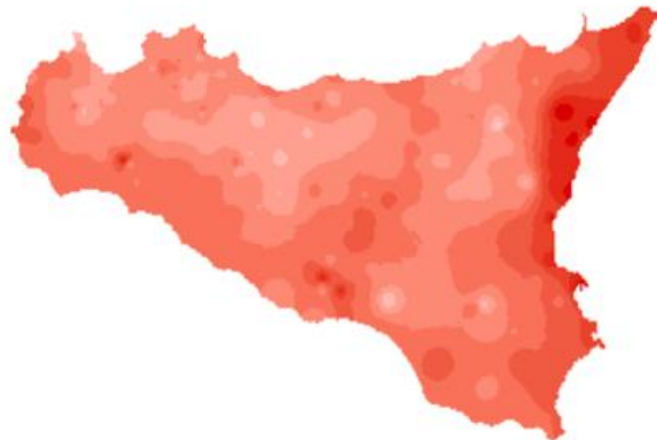


Figura 5: Stralcio della Tavola 4 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di a

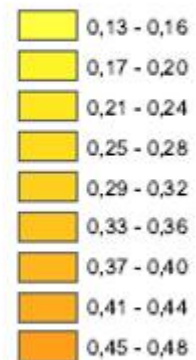


Figura 6: Stralcio della Tavola 5 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di n

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	18	47

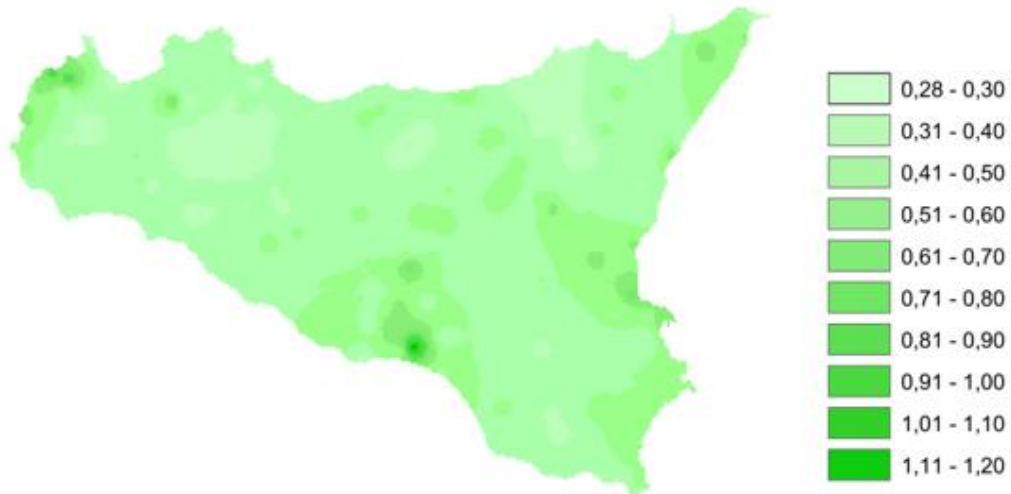


Figura 7: Stralcio della Tavola 5 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di CV

Tavola 3 – Valori di a n e CV ricavati per i bacini interessati nello studio

ID BACINO	ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08	ID09
a*	25.495	25.349	25.48	25.646	25.884	26.257	26.125	28.017	28.099
n	0.309	0.312	0.312	0.31	0.31	0.311	0.307	0.313	0.312
cv	0.508	0.514	0.515	0.511	0.513	0.523	0.508	0.528	0.526

Il calcolo delle altezze critiche di pioggia verrà effettuato sulla base dei tempi di corrivazione (determinati nel Capitolo 4) e per coefficienti di crescita $h'(t, Tr)$ corrispondenti ai tempi di ritorno pari a 50 anni, 100 anni 200 anni e 300 anni (indicati dal P.A.I. Sicilia). Si precisa che anche in questo caso si è dovuto procedere al calcolo delle CPP per durate inferiori all'ora, servendosi della seguente formula (Ferreri et Al, bollettino Ordine degli ingegneri di Palermo, 1-2/89)

$$h_{t,T} = h_{60,T} \times 0,208 t^{0.386}$$

Dove t è espresso in minuti.



Sono inoltre stati utilizzati opportuni coefficienti correttivi, assunti sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare il pluviografo di Roma Macao (riportati in “Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione” del Centro Studi Deflussi Urbani).

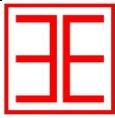
Tabella 4 – Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao (Calenda et al., 1993)

Durata [minuti]	5	10	15	20	25	30
r_b	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Tale metodologia precedentemente descritta permette di calcolare direttamente l'altezza di pioggia critica relativa al tempo di corrivazione di ciascun bacino e per il tempo di ritorno considerato. Di seguito la tabella riepilogativa con le altezze di pioggia calcolate per i bacini studiati.

Tabella 5 – Valori di altezza di pioggia critica relativa al Tc (tempo di corrivazione) per ciascun bacino studiato in [mm]

ID BACINO		ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08	ID09
TEMPO DI RITORNO	5	21.36	16.59	14.01	16.47	19.36	15.40	23.59	15.68	16.08
	50	36.23	28.24	23.87	27.99	32.94	26.35	40.01	26.92	27.56
	100	40.56	31.62	26.73	31.33	36.88	29.53	44.79	30.18	30.90
	200	44.86	35.00	29.59	34.67	40.81	32.70	49.54	33.43	34.22
	300	47.38	36.97	31.25	36.62	43.11	34.55	52.32	35.33	36.16



5 CALCOLO DEL VALORE DI PORTATA

Il valore della portata massima di piena o di colmo, riferita ad un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c , ed al tempo di ritorno T_r è espresso dalla seguente relazione:

$$Q_{\max}(t_c, T_r) = \varepsilon \times \frac{\varphi(t_c, T_r) \times A x h_{\text{ceff}}(t_c, T_r)}{3,6 x t_c} \text{ (mc/sec)}$$

con:

- $h_{\text{ceff}}(t_c, T_r) = ARF x h_c(t_c, T_r)$: altezza di pioggia critica (mm) del bacino per durata pari al tempo di corrivazione e per diversi tempi di ritorno prescelti;

$h_c(t_c, T_r)$: Altezza critica di pioggia puntuale (mm), ricavata sull'elaborazione media. Nell'utilizzazione del metodo si è assunta una pioggia di durata pari a quella della pioggia critica, che è stata assunta coincidente con il tempo di corrivazione calcolato come detto.

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_{\text{tot}} = \frac{0.208 * R_0 * S}{t_c}$$

dove:

- R_0 = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);
- S = superficie del bacino (km²);
- T_a = tempo di accumulo (h) rapportato al tempo di corrivazione dalla seguente formula:

$$t_a = \left(0.6 * t_c + \frac{0.133 * t_c}{2} \right)$$

La pioggia critica ottenuta secondo le metodologie illustrate nel paragrafo precedente viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

- $r = 1 - (0,0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))}$ per $A < 20 \text{ km}^2$

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	21	47



$$r = 1 - (0,0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

dove

- d è la durata della precipitazione;
- A è la superficie del bacino (espressa in km²).

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R_o:

$$R_o = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S) \text{ (mm)}$$

Dove:

- h = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);
- S = valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm).

Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S = 254 \times \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

I valori del parametro di assorbimento CN da inserire nella formula vengono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. Tali informazioni sono state ricavate analogamente alle precedenti carte su scala regionale per tutta la Sicilia.

Il modello empirico a base fisica Curve Number (CN-SCS) del Soil Conservation Center (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972), assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale Q, sia proporzionale a quello netto precipitato P_n, pari al volume lordo precipitato P depurato dall'assorbimento iniziale I_a, in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato W, e un volume specifico S, che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	22	47



$$\frac{Q}{P_n} = \frac{W}{S}$$

con:

- $I_a=0,2S$;
- $P_n=P-I_a$;
- $W=P-I_a-Q$

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S}$$

Il parametro S dipende fondamentalemente dalla combinazione di due fattori: la natura geolitologica pedologica del terreno nonché l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN ($0 < CN < 100$), legato a S dalla relazione precedente.

Unendo le informazioni provenienti dalla geologia e dalla pedologia si è classificato il bacino in quattro tipi idrologici di suoli, caratterizzati da permeabilità sempre minori:

- **Gruppo A: Sabbie profonde, terriccio marnoso profondo, aggregati limosi e sabbiosi;**
- **Gruppo B: Sabbie argillose, terriccio marnoso sottile;**
- **Gruppo C: Argille sabbiose, suoli poveri di contenuti organici, ricchi di componenti argillose;**
- **Gruppo D: Suoli con tendenza al rigonfiamento, argille plastiche, suoli salini.**

Il valore di CN si ottiene per incrocio fra le caratteristiche idrologiche del suolo secondo i tipi A – B – C – D e le caratteristiche di uso prevalente del suolo.

CN, denominato *Curve Number*, rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso, valori bassi indicano bassa capacità a produrre deflusso superficiale, mentre, alti valori indicano elevata capacità a produrre deflussi, ovvero il bacino invasa poco deflusso.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	23	47



Incrociando le caratteristiche idrologiche dei suoli con l'uso/copertura si ricavano diverse aree omogenee per caratteristiche idrologiche e copertura del suolo a cui stimare il valore del curve number mediante l'aiuto della letteratura tecnica.

Ulteriore fattore che influenza il CN è rappresentato dalla condizione iniziale in cui si verifica l'evento critico di pioggia.

La letteratura tecnica individua tre condizioni iniziali di seguito definite:

- **Condizione iniziale AMCI (secca) a cui corrisponde il valore CN (I);**
- **Condizione iniziale AMCII (normale) a cui corrisponde il valore CN (II), riportati nelle tabelle presenti in letteratura tecnica;**
- **Condizione iniziale AMCIII (umida), condizione peggiore il cui valore C(III) è amplificato dal fattore correttivo pari a: $F_{III} = 3,4212 - 1,999 \times \log(CN(II))$ “Formula reperita dal Ferro 1993”.**

Per il calcolo del valore del Curver Number, in condizioni di umidità standard “CN(II)”, si utilizza la Tavola 7 allegata alla Relazione Generale pubblicata dal P.A.I. Sicilia. Tramite l'utilizzo delle griglie si è determinato il valore medio del Curver Number condizione di umidità standard CN(II), in funzione della sua distribuzione areale all'interno del bacino.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	24	47



Figura 8: Stralcio della Tav.7 allegata alla Relazione Generale del P.A.I, con griglia areale del coefficiente “CN”

Per ogni sottobacino viene quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta dei CN con quello della perimetrazione dell’area in esame e definito il valore di CN da utilizzare.

Tabella 6 – Valori di CN per bacino

ID BACINO	ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08	ID09
CN II	65.0	84.0	85.0	65.0	55.0	54.0	66.0	83.0	80.0
CN III	81.0	93.0	93.0	81.0	74.0	73.0	82.0	92.0	90.0

La stima del tempo di crescita dell’onda di piena è invece ricavata con la seguente formula:

$$tp = D/2 + t_{lag}$$

dove:

- D=durata della pioggia (h);
- t_{lag} =intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (h).

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	25	47



si assume:

- $D=0,133 \text{ tc}$
- $t_{lag}=0,6 \text{ tc}$

quindi

$$tp= 0,133 / 2 \text{ tc} + 0,6 \text{ tc}$$

Tabella 7 – Valori di portata massima ricavati per ogni bacino e per i tempi di ritorno indicati.

ID BACINO	ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08	ID09	
TEMPO DI RITORNO	5	5	1.87	5.80	3.63	0.25	0.00	0.09	4.28	2.37
	50	50	11.90	16.01	10.90	3.70	2.13	0.38	20.77	7.08
	100	100	15.94	19.35	13.34	5.29	3.40	0.75	27.06	8.65
	200	200	20.35	22.78	15.86	7.07	4.91	1.23	33.81	10.27
	300	300	23.08	24.82	17.38	8.20	5.89	1.55	37.96	11.24



6 STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA

6.1 Premesse

Il presente capitolo riporta lo studio dell'invarianza idraulica richiesto dalla D.D.G. n.102 del 2021 per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m². La valutazione è stata eseguita in accordo all'Allegato 2 “Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica” del citato DDG.

La rete di regimentazione prevista - composta da canali in terra tra di loro interconnessi - aumenta già di per sé il tempo di deflusso verso i corpi ricettori costituiti dall'asta fluviale del bacino di appartenenza della rete stessa, le acque così canalizzate vengono inviate poi in opportune vasche di laminazione distribuite nell'area del bacino, che rilasciando gradualmente i volumi d'acqua al recapito finale forniscono una complessiva decelerazione del deflusso superficiale al recapito finalizzata a garantire il principio dell'invarianza idraulica.

Il calcolo del volume necessario per le vasche di laminazione dei diversi sottobacini è stato condotto secondo quanto previsto al punto A4 del D.D.G. qui citato:

“A.4. Il calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche potrà essere sviluppato in via semplificata per aree impermeabilizzate a basso coefficiente di deflusso medio ponderale ($\varphi < 50\%$) adottando il metodo semplificato delle piogge² secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla seguente relazione:

$$V_{\max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

dove: V_{\max} il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico (in m³), S superficie (in m²) scolante a monte della vasca/invaso di laminazione, φ coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante, a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica e Q_{IMP} portata limite ammessa allo scarico (in m³/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico

² Si veda il testo: “Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione. CSDU - HOEPLI, Milano, 1997.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	27	47



*pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione. Tale valore limite è ridotto a 10 l/s*ha qualora lo scarico avvenga all'interno di aree a pericolosità P3 e P4 del P.A.I. “*

Il valore del coefficiente di deflusso ϕ è stato fissato facendo riferimento ai più recenti studi sull'invarianza idraulica ed in particolare alle “Analisi idrologiche-idrauliche per l'applicazione dei criteri dell'invarianza idraulica nel comprensorio del Veneto Orientale, 2012” effettuate dal Consorzio di bonifica Veneto Orientale, che nell'ambito delle attività di verifica di compatibilità condotte nel territorio di competenza - in aggiunta alle categorie previste dalla DGR n. 2948/2009 (Regione Veneto) – hanno stabilito una ulteriore voce relativa ai i **campi fotovoltaici**, prevedendo per questa un **coefficiente di deflusso convenzionale pari a 0,30**.

Tale valore risulta ragionevolmente in accordo con quanto previsto dalla D.D.G. n.102 del 2021: “Per il calcolo del coefficiente di deflusso ϕ sarà possibile adoperare una metodologia approfondita basata sulle più diffuse formule dei manuali tecnici di idrologia e idraulica, che tengono in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc. (ad es.: metodo del Curve Number, equazione di Horton, metodo Green-Ampton, metodo Kennessey, ecc.). In alternativa, si dovranno utilizzare i seguenti coefficienti ϕ per tipologia di suolo:

<input type="checkbox"/> Superfici Impermeabili	1,0
<input type="checkbox"/> Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili	0,7
<input type="checkbox"/> Aree permeabili	0,3
<input type="checkbox"/> Incolto e Uso Agricolo	0,0

Nel calcolo della permeabilità del terreno post intervento di trasformazione andrà considerato l'effetto del rimodellamento delle superfici, anche se non impermeabilizzate, in cui l'effetto di compattazione possa ridurre la permeabilità naturale del suolo.”

Bisogna infatti considerare che i campi fotovoltaici sono costituiti da stringhe di pannelli sopraelevati dal suolo che non ricoprono totalmente tutta la superficie utile a disposizione, lasciando pressoché libero il deflusso delle acque.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	28	47



In definitiva, ***preso atto che le aree non ricoperte dalle stringhe di pannelli dovranno essere oggetto di interventi di mitigazione*** (inerbimento, rinzollatura periodica, realizzazione di fasce arboree di rispetto) atte a mantenere inalterata la permeabilità riferita alle condizioni ante operam se non a migliorarla, l'ipotesi assunta è che l'effetto di compattazione del terreno in corrispondenza delle aree dei campi fotovoltaici comporti un incremento del coefficiente di deflusso che da 0,00 passa a 0,30 per dette aree.

L'eventuale perdita di permeabilità dovuta alle trasformazioni d'uso del suolo nella fase post operam e la conseguente variazione della portata defluente verso l'esterno viene compensata mediante la laminazione delle portate, rispettando così il principio di invarianza idraulica.

Il sistema di regimentazione delle acque meteoriche descritto (canalizzazioni e vasche di laminazione) è stato dimensionato e verificato per un **tempo di ritorno di 30 anni**; il dimensionamento dell'invaso ha tenuto conto altresì del tempo di svuotamento dello stesso, è stato verificato infatti che tale tempo sia per ciascun invaso inferiore alle 48 h al fine di ripristinare la capacità dell'invaso quanto prima possibile rispettando la portata massima ammissibile allo scarico (Q_{IMP}).

È inoltre doveroso precisare che anche la rete di regimentazione delle acque meteoriche è stata studiata ed ampliata in modo tale da non avere un veloce drenaggio verso i corpi ricettori; la rete, costituita da canali in terra tra di loro interconnessi, anziché convogliare le acque direttamente al recapito, costituito dall'asta fluviale del bacino di appartenenza della rete stessa, le invia mediante **un percorso più lungo** rispetto al libero deflusso all'interno del campo in opportune vasche di laminazione distribuite nell'area del bacino, che rilasciando gradualmente i volumi d'acqua al recapito finale, forniscono una complessiva decelerazione del deflusso superficiale al recapito finalizzata a garantire il principio dell'invarianza idraulica.

L'intervento previsto risulta in linea con quanto previsto dal P.A.I. Sicilia (aggiornamento 2021) che al punto C.5.4. dell'Appendice C recita: *“Nel caso di trasformazione dell'uso del suolo che comporti una riduzione della permeabilità superficiale, si dovranno prevedere “interventi in situ” di infiltrazione o di temporanea ritenzione e accumulo (laminazione) delle acque, volti a mantenere*

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	29	47



invariato il coefficiente udometrico dell’area oggetto d’intervento, preservandone la capacità di scolo e di deflusso ante operam.”

Il sistema di drenaggio di progetto può essere dunque annoverato tra i “SUDS - Sistemi di drenaggio urbano sostenibile” ossia, secondo la definizione fornita dal DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell’Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia al co. 6 art. 2, *“metodi di gestione delle acque meteoriche di scorrimento superficiale che replicano i modelli di drenaggio naturali, utilizzando soluzioni economiche a basso impatto ambientale, mediante accumulo, laminazione e infiltrazione, che consentano il lento rilascio nei corpi idrici superficiali (naturali o artificiali), nelle fognature o nelle falde acquifere (infiltrazione). Il volume da destinare alla laminazione e/o all’infiltrazione delle piogge dovrà garantire che la portata allo scarico non ecceda il valore nella situazione ante operam ovvero l’eventuale valore concordato o imposto dall’ente gestore”*, rispettando così quanto predisposto dall’art. 4, dall’Allegato 1 e dall’Allegato 2 del citato DDG 102.

Di seguito viene illustrato il modello di calcolo adottato per la determinazione delle portate ante e post operam e dei volumi da laminare con l’obiettivo di garantire il principio di invarianza idraulica e le ipotesi poste alle base dei su citati calcoli.

6.2 Metodologia di calcolo

Il metodo di calcolo idrologico ed idraulico utilizzato per il dimensionamento del volume di invaso da attribuire a ciascun sottobacino è il “Metodo delle sole piogge” in accordo con l’Allegato 2 paragrafo A punto A.4 del DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell’Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia.

Il metodo si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, è un modello lineare e stazionario di tipo concettuale (ossia rappresenta in modo schematico e semplificato i fenomeni idrologici ed idraulici implicati nella trasformazione afflussi-deflussi) le cui ipotesi semplificative alla base del modello stesso sono:

- *Ietogramma costante nel tempo;*
- *Perdite idrologiche calcolate con coefficiente di afflusso costante nel tempo;*

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	30	47



- *Portata iniziale nel sistema nulla;*
- *Effetto trascurabile della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.*

Tale approccio, in forza dell’ultima ipotesi di base, offre valore cautelativi rispetto ad altri modelli di calcolo.

Il volume entrante prodotto dal bacino scolante è dato dalla seguente relazione:

$$W_e = S * \Psi * a * \Theta^n$$

Con

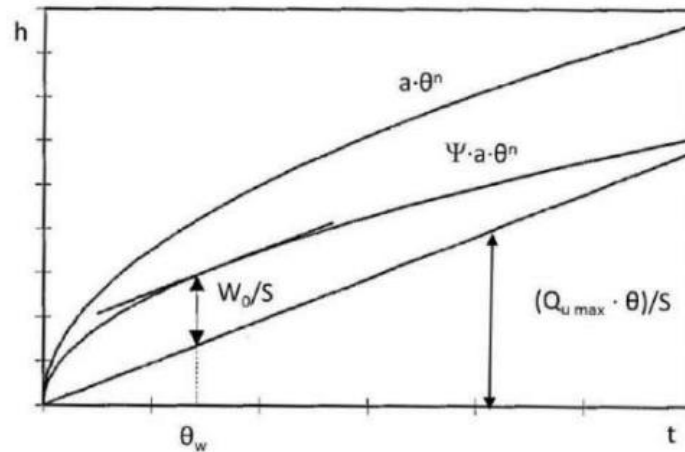
- S = superficie del bacino di riferimento
- Ψ = coefficiente di deflusso post operam
- a, n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica
- Θ = durata critica della pioggia

Il volume uscente dal bacino scolante, in condizione di laminazione ottimale ossia per valori di portata uscente pari alla portata uscente massima, è dato dalla seguente relazione:

$$W_u = Q_{u, \max} * \Theta$$

Il massimo volume da invasare W_0 è dato dalla massima differenza tra le due curve descritte dalle due relazioni, e si può individuare graficamente sul seguente grafico riportando la curva di possibilità pluviometrica netta ($h_{netta} = \Psi * a * \Theta^n$) e la retta rappresentante il volume uscente dalla vasca ($h_u = (Q_{u, \max} * \Theta) / S$).

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giù. 2023	31	47



Individuazione grafica dell'evento critico con il metodo delle sole piogge

Per quanto detto si ottiene:

$$W_0 = \Delta_w = h_{netta} - h_u = \Psi * a * \Theta^n - (Q_{u,max} * \Theta) / S$$

Derivando rispetto al tempo e considerando le seguenti unità di misura per le diverse grandezze

- S [ha],
- W [m³],
- a [mm/oraⁿ],
- Θ [ore],
- Q [l/s] si ottiene:

$$\theta_w = \left(\frac{Q_{u,max}}{2.78 * S * \Psi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 * S * \Psi * a * \theta_w^n - 3.6 * Q_{u,max} * \theta_w$$

Il valore del coefficiente di deflusso di ciascun sottobacino definito come “rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso viene valutato considerando le caratteristiche di permeabilità e, quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti in ogni singola area



interessata da una trasformazione urbanistica o all'interno di un intero bacino imbrifero drenante. Un alto coefficiente di deflusso, quindi, indica un'elevata impermeabilizzazione potenziale del territorio poiché rappresenta quella aliquota di precipitazione che, in occasione di un evento di pioggia, scorre in superficie senza infiltrarsi nel suolo”³ successivamente all'installazione dell'impianto fotovoltaico è stato imposto pari a 0.3 in base a quanto previsto da studi di settore e in considerazione - come precedentemente detto - che le aree non ricoperte dalle stringhe di pannelli dovranno essere oggetto di interventi di mitigazione (inerbimento, rinzollatura periodica, realizzazione di fasce arboree di rispetto) atte a mantenere inalterata la permeabilità riferita alle condizioni ante operam se non a migliorarla. Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei valori dei parametri a ed n della CPP per tempo di ritorno di 30 anni di ciascun bacino sviluppati seguendo la medesima metodologia descritta nei paragrafi 2, 3 e 4.

	ID01	ID02	ID03	ID04	ID05	ID06	ID07	ID08
a(TR30)*r	50.77	50.53	50.93	51.76	52.58	54.23	51.95	57.92
n	0.309	0.312	0.312	0.310	0.310	0.311	0.307	0.313

	ID09	ID10	ID11	ID12	ID13
a(TR30)*r	57.04	50.77	50.93	51.76	51.95
n	0.312	0.309	0.312	0.310	0.307

6.2.1 Calcolo dei volumi di laminazione

In conformità a quanto previsto dall'Allegato 2 del DDG 102 del 23/06/2021 sono stati determinati i coefficienti di deflusso ponderale, le portate limite ammesse allo scarico Q_{IMP} e sono stati definiti i volumi di laminazione necessari. Nel presente paragrafo seguendo il modello di calcolo esposto al paragrafo 6.2, in conformità al punto A4 del DDG sono determinati i volumi di laminazione necessari a compensare l'aumento di permeabilità del suolo.

La tabella seguente riporta i parametri necessari per il calcolo del volume di laminazione complessivo (V_{lam}) associato al campo fotovoltaico i -esimo ricadente nel bacino j -esimo ottenuto utilizzando il “Metodo delle sole piogge” precedentemente descritto, ed in particolare:

³ Art. 2 co. 1 DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	33	47



- **B_ID jj _ii** sottobacino i-esimo ricadente nel bacino j-esimo;
- **a [mm/hⁿ] ed n [-]** parametri della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 30 anni;
- **S_{fv} [km²]** superficie del campo fotovoltaico i-esimo ricadente nel bacino j-esimo;
- **φ** coefficiente di deflusso medio ponderato del campo fotovoltaico i-esimo, imposto pari a 0.3;
- **U [l/s/ha]** coefficiente udometrico secondo DDG. n.102 imposto pari a 20 [l/s/ha];
- **Q_{IMP} [m³/h]** portata limite ammessa allo scarico nel corpo ricettore j-esimo attribuita al campo fotovoltaico i-esimo;
- **V_{lam} [m³]** volume di laminazione ottenuto applicando il metodo delle sole piogge;

calcolo del volume di laminazione (Tr 30 anni)							
ID_BACINO	a	n	S _{fv}	φ	U	Q _{IMP}	V _{lam}
INVASO	[mm/h ⁿ]	[-]	[km ²]		[l/s/ha]	[m ³ /h]	m ³
B_ID01							
B_ID01.01	50.77	0.31	0.131	0.3	20	941.2	1 137.7
B_ID01.02	50.77	0.31	0.110	0.3	20	792.1	957.5
B_ID01.03	50.77	0.31	0.017	0.3	20	124.8	150.8
B_ID01.04	50.77	0.31	0.066	0.3	20	476.9	576.5
TOT	50.77	0.31	0.324			2,335.0	2,822.4
B_ID10							
B_ID10.01	50.77	0.31	0.057	0.3	20	412.9	499.1
B_ID10.02	50.77	0.31	0.011	0.3	20	79.9	96.6
B_ID10.03	50.77	0.31	0.016	0.3	20	112.8	136.4
TOT	50.77	0.31	0.084			605.6	732.1
B_ID02							
B_ID02.01	50.53	0.31	0.315	0.3	20	2 265.0	2 711.6
TOT	50.53	0.31	0.315			2,265.0	2,711.6
B_ID03							
B_ID03.01	50.93	0.31	0.045	0.3	20	324.7	393.3
B_ID03.02	50.93	0.31	0.028	0.3	20	202.5	245.2
TOT	50.93	0.31	0.073			527.2	638.5
B_ID11							
B_ID11.01	50.93	0.31	0.034	0.3	20	247.7	300.0
B_ID11.02	50.93	0.31	0.016	0.3	20	117.3	142.0
TOT	50.93	0.31	0.051			365.0	442.0



calcolo del volume di laminazione (Tr 30 anni)							
ID_BACINO	a	n	S _{fv}	φ	U	Q _{IMP}	V _{lam}
INVASO	[mm/h ⁿ]	[-]	[km ²]		[l/s/ha]	[m ³ /h]	m ³
B_ID04							
B_ID04.01	51.76	0.31	0.039	0.3	20	278.4	345.7
B_ID04.02	51.76	0.31	0.033	0.3	20	240.6	298.8
TOT	51.76	0.31	0.072			519.0	644.5
B_ID05							
B_ID05.01	52.58	0.31	0.026	0.3	20	188.9	239.9
B_ID05.02	52.58	0.31	0.049	0.3	20	351.5	446.6
B_ID05.03	52.58	0.31	0.073	0.3	20	527.8	670.5
B_ID05.04	52.58	0.31	0.007	0.3	20	47.3	60.1
B_ID05.05	52.58	0.31	0.032	0.3	20	232.9	295.9
B_ID05.06	52.58	0.31	0.086	0.3	20	622.3	790.7
B_ID05.07	52.58	0.31	0.051	0.3	20	364.9	463.6
TOT	52.58	0.31	0.324			2 335.6	2 967.3
B_ID12							
B_ID12.01	51.76	0.31	0.018	0.3	20	129.0	160.2
B_ID12.02	51.76	0.31	0.033	0.3	20	238.3	296.0
TOT	51.76	0.31	0.051			367.3	456.2
B_ID06							
B_ID06.01	54.23	0.31	0.022	0.3	20	161.8	214.9
B_ID06.02	54.23	0.31	0.025	0.3	20	178.0	236.3
TOT	54.23	0.31	0.047			339.8	451.2
B_ID13							
B_ID13.01	51.95	0.31	0.068	0.3	20	488.2	611.0
TOT	51.95	0.31	0.068			488.2	611.0
B_ID07							
B_ID07.01	51.95	0.31	0.277	0.3	20	1 994.3	2 495.8
B_ID07.02	51.95	0.31	0.095	0.3	20	681.7	853.2
TOT	51.95	0.31	0.372			2,676.0	3,349.0
B_ID08							
B_ID08.01	57.92	0.31	0.027	0.3	20	195.2	284.8
B_ID08.02	57.92	0.31	0.086	0.3	20	622.1	907.5
TOT	57.92	0.31	0.114			817.3	1,192.3
B_ID09							
B_ID09.01	57.04	0.31	0.072	0.3	20	520.3	742.7
B_ID09.02	57.04	0.31	0.050	0.3	20	358.3	511.5
TOT	57.04	0.31	0.122			878.5	1,254.2
TOTALE			2.017				18,272

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	35	47

In definitiva si ottiene che per l'area oggetto di intervento il Volume di laminazione necessario per un tempo di ritorno di 30 anni è pari a **18,272 m³**.

Detto volume è diviso in diverse vasche di laminazione distribuite all'interno dell'area dell'impianto fotovoltaico.

6.3 La vasca di laminazione

Il volume di laminazione ottenuto (con TR 30 anni) per ciascun bacino è stato suddiviso in più vasche opportunamente posizionate all'interno del bacino stesso.

Tali vasche sono progettate in analogia a quanto previsto al paragrafo B tipo B.1 del DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia.



Le vasche di laminazione saranno realizzate in terra con sponde inclinate (rapporto H/L=2/3) e con un franco di 50 cm.

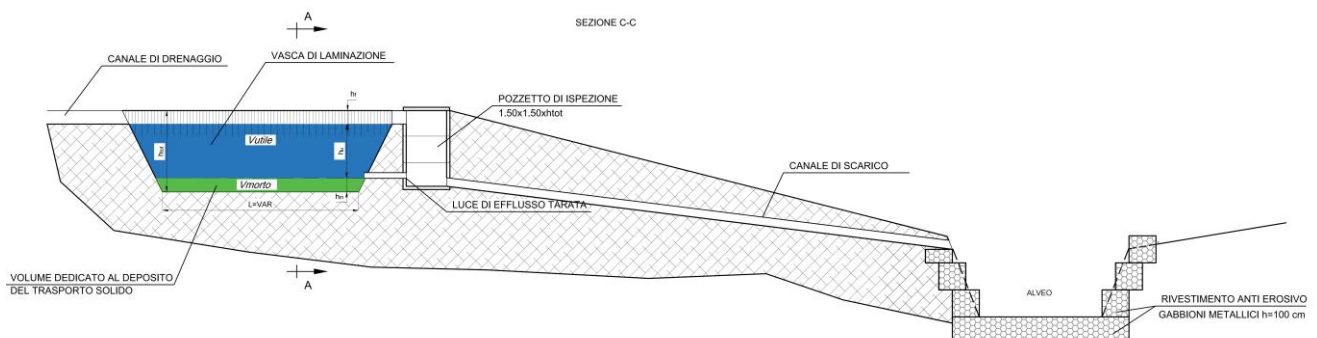


Figura 9 sezione tipo vasca di laminazione

Al fine di limitare il trasporto solido al corpo recettore il fondo della vasca sarà ribassato di 50 cm rispetto alla luce di fondo tarata, così facendo si ottiene un “volume morto” aggiuntivo rispetto al volume di laminazione dove, a causa della presenza della presa di scarico ad una quota superiore, il materiale in sospensione tenderà a depositarsi.

La realizzazione del fondo ribassato della vasca ha il duplice vantaggio di limitare il trasporto solido in alveo e di ridurre i rischi di occlusione della luce di fondo.

Al fine di garantire l’efficienza del sistema, il volume morto andrà, secondo quanto riportato nel piano di manutenzione, periodicamente ripulito asportando i sedimenti ricostituendo così il volume disponibile per l’accumulo degli stessi.

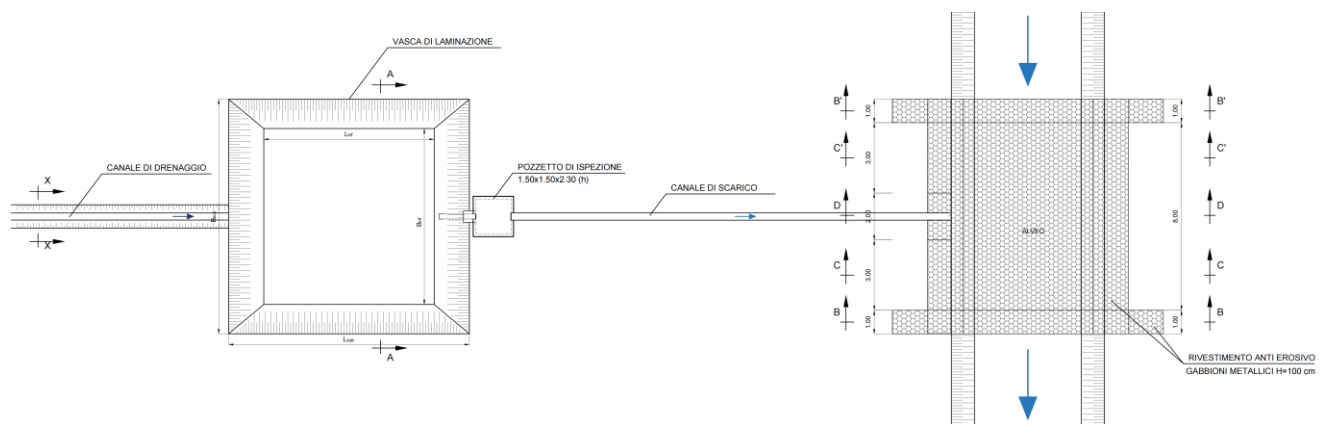


Figura 10 sezione tipo vasca di laminazione

La vasca di laminazione è poi collegata ad un pozzetto di ispezione mediante la luce di fondo tarata e mediante lo scarico di superficie.

Dal pozzetto di scarico parte il canale di scarico che convoglierà le acque laminare in alveo.

Le luci di fondo di ogni vasca di laminazione, nel rispetto della DSG 102/2021 sono state dimensionate in modo tale da limitare la portata ad un valore inferiore/uguale alla rispettiva portata al colmo Q_{IMP} (“corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall’intervento di urbanizzazione” cfr.DDG) e da garantire lo svuotamento della vasca entro un tempo massimo di 48 h.

Al fine di evitare fenomeni erosivi in corrispondenza del punto di scarico si prevede di realizzare una protezione dell’alveo in gabbioni e materassi.

La protezione prevede la posa sul fondo di materassi tipo reno e di gabbionate lungo le sponde, intervento a monte e a valle sarà chiuso con una fila di gabbioni sul fondo e gabbioni disposti in senso trasversale lungo le sponde.

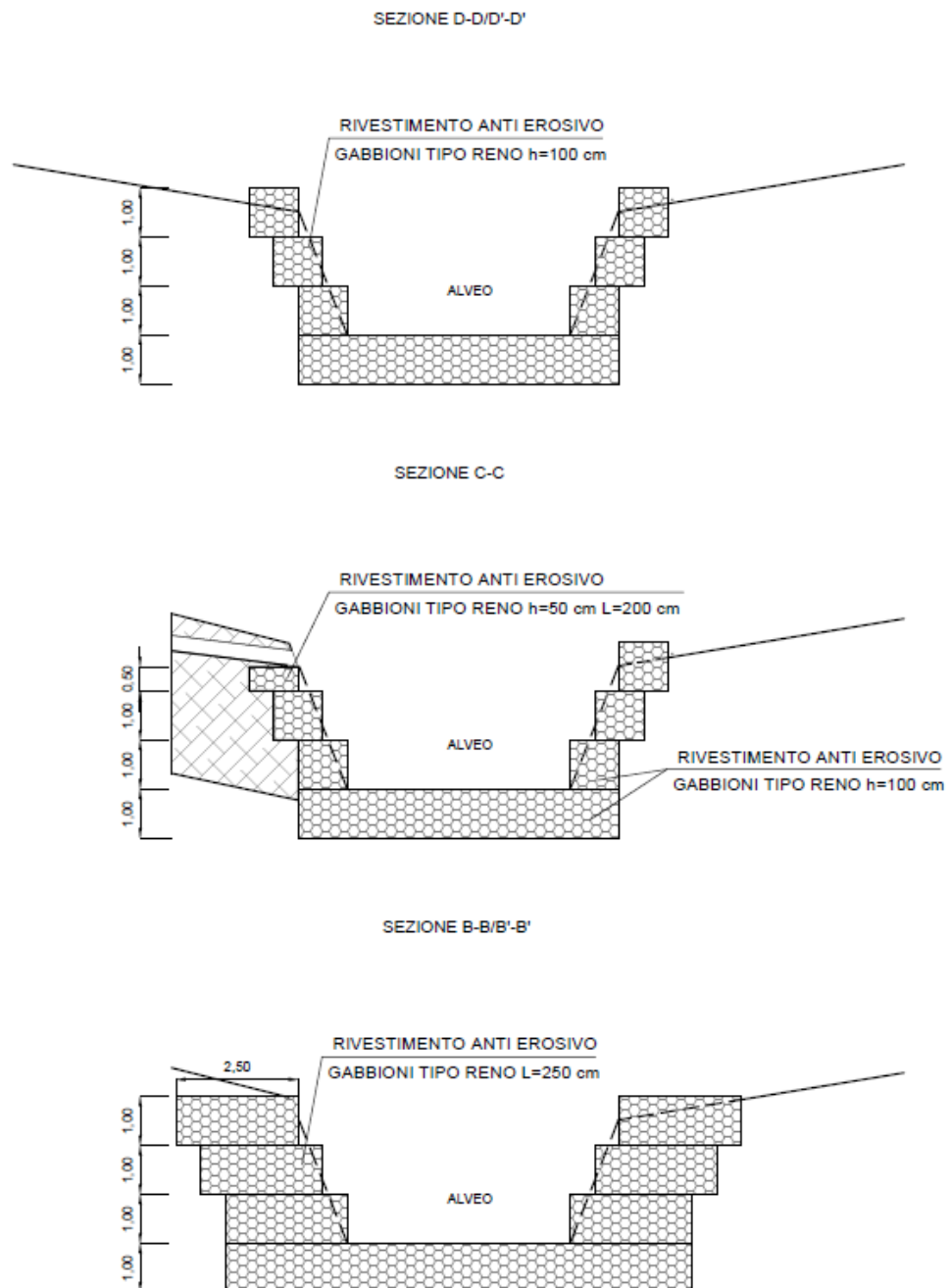


Figura 11 sezione tipo protezione alveo in corrispondenza dello scarico

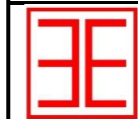


La tabella seguente riporta per ogni bacino ID;

➤ L_B_IDii.jj n	codice identificativo della vasca di laminazione del bacino n-esima associata al campo fotovoltaico j-esimo ricadente nel bacino i-esimo
➤ V_{lam} [m³]	volume di laminazione attribuito alla vasca n-esima in funzione dei pannelli/area sottesi alla stessa;
➤ l, b [m]	dimensioni in pianta della base della vasca;
➤ scarpa	rapporto H/L (scarpa) delle sponde;
➤ h_{tot} [m]	altezza totale della vasca;
➤ h_m [m]	altezza del volume morto;
➤ h_f [m]	altezza del franco idraulico;
➤ L, B [m]	dimensioni della superficie della vasca a quota h _{tot} dal fondo della stessa;
➤ S_{base} [m²]	superficie di base della vasca;
➤ S_{morto} [m²]	superficie della vasca a quota h _m ;
➤ S'_{utile} [m²]	superficie della vasca a quota h _{tot} - h _f ;
➤ S'_{sup} [m²]	superficie della vasca a quota h _{tot} ;
➤ V_{morto} [m³]	volume della vasca con altezza pari a h _m ;
➤ V_{utile eff} [m³]	Volume utile della vasca (ottenuto come differenza tra V _{lordo} e V _{morto});
➤ incremento	incremento percentuale del volume ottenuto rispetto al volume di calcolo

ID_Bacino	V _{lam}	l	b	scarpa	htot	h morto	h franco	L _{sup}	B _{sup}	S _{BASE}	S _{morto}	S ^{Utile}	S ^{sup}	V _{morto}	V _{utile eff}	incred
Invaso	m ³	m	m	m/m	m	m	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	%
B_ID01																
LAM_B_ID01.01a	680.3	33.00	16.00	2/3	2.00	0.50	0.50	39.0	22.0	528	604	769	686.3	282.9	686.3	0.88%
LAM_B_ID01.01b	211.1	13.00	10.50	2/3	2.00	0.50	0.50	19.0	16.5	137	174	263	218.3	77.6	218.3	3.38%
LAM_B_ID01.01c	246.3	19.50	8.00	2/3	2.00	0.50	0.50	25.5	14.0	156	200	300	249.8	88.9	249.8	1.40%
LAM_B_ID01.02a	316.6	20.00	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	26.0	18.0	240	290	404	347.3	132.6	347.3	9.70%
LAM_B_ID01.02b	199.3	13.00	9.50	2/3	2.00	0.50	0.50	19.0	15.5	124	160	245	202.3	70.8	202.3	1.47%
LAM_B_ID01.02c	179.8	14.00	8.00	2/3	2.00	0.50	0.50	20.0	14.0	112	147	231	189.3	64.8	189.3	5.27%
LAM_B_ID01.02d	261.8	17.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	23.0	16.0	170	213	312	262.3	95.7	262.3	0.16%
LAM_B_ID01.03	150.8	10.00	8.50	2/3	2.00	0.50	0.50	16.0	14.5	85	115	189	151.8	50.0	151.8	0.63%
LAM_B_ID01.04a	100.8	9.00	5.50	2/3	2.00	0.50	0.50	15.0	11.5	50	74	135	104.3	30.8	104.3	3.42%
LAM_B_ID01.04b	475.7	28.00	12.50	2/3	2.00	0.50	0.50	34.0	18.5	350	413	553	482.8	190.8	482.8	1.49%
	2,822.4														2,894.0	2.54%
B_ID10																
LAM_B_ID10.01	499.1	25.00	15.00	2/3	2.00	0.50	0.50	31.0	21.0	375	437	575	506.3	203.1	506.3	1.43%
LAM_B_ID10.02	96.6	7.00	7.00	2/3	2.00	0.50	0.50	13.0	13.0	49	72	132	102.3	30.3	102.3	5.87%
LAM_B_ID10.03	136.4	10.00	8.00	2/3	2.00	0.50	0.50	16.0	14.0	80	109	181	145.3	47.3	145.3	6.50%
	732.1														753.8	3.0%
B_ID02																
LAM_B_ID02.01a	185.9	14.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	20.0	16.0	140	178	204	190.9	79.6	190.9	2.67%
LAM_B_ID02.01b	351.0	24.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	30.5	16.0	245	299	421	359.8	136.0	359.8	2.48%
LAM_B_ID02.01c	259.9	17.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	23.5	16.0	175	219	319	268.8	98.4	268.8	3.40%
LAM_B_ID02.01d	259.9	17.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	23.5	16.0	175	219	319	268.8	98.4	268.8	3.40%
LAM_B_ID02.01e	567.5	34.00	17.00	2/3	2.00	0.50	0.50	40.0	23.0	578	657	495	575.6	308.7	575.6	1.43%
LAM_B_ID02.01f	373.1	26.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	32.0	16.0	260	316	442	379.3	144.1	379.3	1.66%
LAM_B_ID02.01g	714.3	40.00	15.00	2/3	2.00	0.50	0.50	46.0	21.0	600	685	868	776.3	321.2	776.3	8.67%
	2,711.6														2,819.3	4.0%
B_ID03																
LAM_B_ID03.01	393.3	22.00	13.00	2/3	2.00	0.50	0.50	28.0	19.0	286	341	464	402.3	156.7	402.3	2.28%
LAM_B_ID03.02	245.2	13.50	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	19.5	18.0	162	203	297	249.8	91.1	249.8	1.85%
	638.5														652.0	2.12%
B_ID11																
LAM_B_ID11.01.02	442.0	18.00	18.00	2/3	2.00	0.50	0.50	24.0	24.0	324	380	506	443.3	176.1	443.3	0.28%
	442.0														443.3	0.28%
B_ID04																
LAM_B_ID04.01	345.7	27.50	8.50	2/3	2.00	0.50	0.50	33.5	14.5	234	290	416	353.0	130.9	353.0	2.11%
LAM_B_ID04.02	298.8	34.50	5.00	2/3	2.00	0.50	0.50	40.5	11.0	173	234	371	302.3	101.6	302.3	1.16%
	644.5														655.3	1.67%
B_ID05																

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	40	47

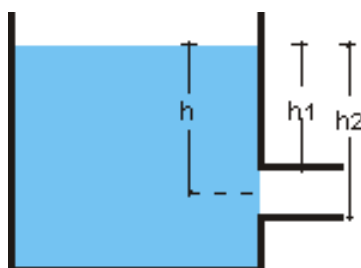


ID_Bacino	V _{lam}	l	b	scarpa	htot	h morto	h franco	L _{sup}	B _{sup}	S _{BASE}	S _{morto}	S ^{Utile}	S ^{sup}	V _{morto}	V _{utile eff}	incred
Invaso	m ³	m	m	m/m	m	m	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	%
LAM_B_ID05.01	239.9	15.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	21.5	16.0	155	196	290	242.8	87.6	242.8	1.17%
LAM_B_ID05.02	446.6	22.00	15.00	2/3	2.00	0.50	0.50	28.0	21.0	330	388	517	452.3	179.4	452.3	1.27%
LAM_B_ID05.03.04	730.6	46.00	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	52.0	18.0	552	641	833	737.3	298.3	737.3	0.91%
LAM_B_ID05.05	295.9	18.00	11.00	2/3	2.00	0.50	0.50	24.0	17.0	198	244	349	296.3	110.4	296.3	0.11%
LAM_B_ID05.06	790.7	50.00	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	56.0	18.0	600	695	899	797.3	323.8	797.3	0.83%
LAM_B_ID05.07	463.6	22.50	15.50	2/3	2.00	0.50	0.50	28.5	21.5	349	408	540	474.0	189.2	474.0	2.23%
	2,967.3														2,999.8	1.1%
B_ID12																
LAM_B_ID12.01	160.2	20.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	26.0	16.0	200	247	355	301.3	111.8	301.3	88.06%
LAM_B_ID12.02	296.0	12.00	8.00	2/3	2.00	0.50	0.50	18.0	14.0	96	128	206	167.3	56.1	167.3	-43.50%
	456.2														468.5	2.7%
B_ID06																
LAM_B_ID06.01	214.9	13.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	19.5	16.0	135	173	261	216.8	76.9	216.8	0.86%
LAM_B_ID06.02	236.3	15.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	21.5	16.0	155	196	290	242.8	87.6	242.8	2.71%
	451.2														459.500	1.8%
B_ID13																
LAM_B_ID13.01a	305.5	20.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	26.5	16.0	205	253	363	307.8	114.5	307.8	0.74%
LAM_B_ID13.01b	305.5	20.50	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	26.5	16.0	205	253	363	307.8	114.5	307.8	0.74%
	611.0														615.500	0.7%
B_ID07																
LAM_B_ID07.01a	338.9	23.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	29.0	16.0	230	282	399	340.3	127.9	340.3	0.38%
LAM_B_ID07.01b	771.0	50.00	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	56.0	18.0	600	695	899	797.3	323.8	797.3	3.40%
LAM_B_ID07.01c	831.0	55.00	14.00	2/3	2.00	0.50	0.50	61.0	20.0	770	876	1101	988.3	411.4	988.3	18.92%
LAM_B_ID07.01d	554.8	34.00	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	40.0	18.0	408	479	635	557.3	221.8	557.3	0.44%
LAM_B_ID07.02a	426.6	22.50	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	28.5	18.0	270	324	446	384.8	148.5	384.8	-9.81%
LAM_B_ID07.02b	426.6	20.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	26.0	16.0	200	247	355	301.3	111.8	301.3	-29.38%
	3,349.0														3,369.000	0.6%
B_ID08																
LAM_B_ID08.a	495.0	24.00	15.50	2/3	2.00	0.50	0.50	30.0	21.5	372	434	570	501.8	201.4	501.8	1.37%
LAM_B_ID08.b	697.3	27.50	20.00	2/3	2.00	0.50	0.50	33.5	26.0	550	624	784	703.8	293.4	703.8	0.92%
	1,192.3														1 205.5	1.1%
B_ID09																
LAM_B_ID09.01a	348.7	17.00	12.00	2/3	2.00	0.50	0.50	23.0	18.0	204	250	355	302.3	113.4	302.3	-13.33%
LAM_B_ID09.01b	394.0	36.00	16.00	2/3	2.00	0.50	0.50	42.0	22.0	576	656	830	743.3	308.1	743.3	88.64%
LAM_B_ID09.02	511.5	20.00	10.00	2/3	2.00	0.50	0.50	26.0	16.0	200	247	355	301.3	111.8	301.3	-41.10%
	1,254.2														1,346.8	7.4%
	18,272														18,682	2.2%

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	41	47

Il **volume di laminazione** effettivamente ottenuto pari a **18682 m³** risulta dunque **maggiorato del 2.2%** rispetto al **volume di laminazione (V_{lam}) di 18727 m³ necessario** a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

Il dimensionamento della luce di efflusso è stato effettuato considerando lo schema di luce sottobattente con tubo addizionale esterno secondo lo schema riportato in figura



Sotto dette ipotesi la portata è calcolata con la seguente formula

$$Q = cS\sqrt{2gh}$$

essendo

- C coefficiente di efflusso (0,82)
- S sezione della luce di efflusso [m²]
- h carico sulla luce [m]
- g accelerazione di gravità [9.81 m/s²]

Il dimensionamento della luce di fondo di ciascuna vasca di laminazione garantisce lo scarico controllato nel rispetto della portata fissata ($Q_{\text{fondo}} \leq Q_{\text{IMP}}$), inoltre è stato verificato che il tempo di svuotamento delle vasche è inferiore alle 48 ore.

La tabella seguente riporta i parametri principali che intervengono nel calcolo della luce della condotta di scarico di ogni vasca di laminazione e più precisamente:

- **L_B_IDii.jj n** codice identificativo della vasca di laminazione del bacino n-esima associata al campo fotovoltaico j-esimo ricadente nel bacino i-esimo
- **Di [mm]** diametro interno della luce di fondo;
- **Q_{imp} [l/s]** Portata limite ammessa allo scarico (data dal prodotto tra l'area sottesa alla vasca [ha] ed il coefficiente udometrico imposto pari a 20 [l/s/ha]);
- **Q_{fondo} [l/s]** portata uscente dalla vasca ($\leq Q_{\text{IMP}}$);
- **dQ [l/s]** Differenza tra Q_{IMP} e Q_{fondo} ;

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	42	47

➤ **T [ore]**

Tempo di svuotamento del volume utile della vasca di laminazione.

ID_Bacino	Di	Q _{IMP}	Q _{fondo}	dQ	T
Invaso	mm	l/s	l/s	l/s	ore
B_ID01					
LAM_B_ID01.01a	150	156.3	41.8	114.5	7.0
LAM_B_ID01.01b	150	48.5	41.8	6.7	2.2
LAM_B_ID01.01c	150	56.6	41.8	14.8	2.6
LAM_B_ID01.02a	150	72.7	41.8	30.9	3.6
LAM_B_ID01.02b	150	45.8	41.8	4.0	2.1
LAM_B_ID01.02c	150	41.3	41.8	-0.5	1.9
LAM_B_ID01.02d	150	60.2	41.8	18.3	2.7
LAM_B_ID01.03	150	34.7	41.8	-7.2	1.6
LAM_B_ID01.04a	150	23.2	41.8	-18.7	1.1
LAM_B_ID01.04b	150	109.3	41.8	67.5	5.0
B_ID10					
LAM_B_ID10.01	150	114.7	41.8	72.9	5.2
LAM_B_ID10.02	100	22.2	19.1	3.1	2.3
LAM_B_ID10.03	100	31.3	19.1	12.2	3.3
B_ID02					
LAM_B_ID02.01a	150	43.1	41.8	1.3	2.0
LAM_B_ID02.01b	150	81.4	41.8	39.6	3.7
LAM_B_ID02.01c	150	60.3	41.8	18.5	2.8
LAM_B_ID02.01d	150	60.3	41.8	18.5	2.8
LAM_B_ID02.01e	150	131.7	41.8	89.8	5.9
LAM_B_ID02.01f	150	86.6	41.8	44.7	3.9
LAM_B_ID02.01g	150	165.7	41.8	123.9	8.0
B_ID03					
LAM_B_ID03.01	150	90.2	41.8	48.4	4.1
LAM_B_ID03.02	150	56.2	41.8	14.4	2.6
B_ID11					
LAM_B_ID11.01.02	150	101.4	41.8	59.5	4.5
B_ID04					
LAM_B_ID04.01	150	77.3	41.8	35.5	3.6
LAM_B_ID04.02	150	66.8	41.8	25.0	3.1
B_ID05					
LAM_B_ID05.01	150	52.5	41.8	10.6	2.5
LAM_B_ID05.02	150	97.6	41.8	55.8	4.6
LAM_B_ID05.03.04	150	159.7	41.8	117.9	7.6
LAM_B_ID05.05	150	64.7	41.8	22.9	3.0
LAM_B_ID05.06	150	172.9	41.8	131.0	8.2
LAM_B_ID05.07	150	101.4	41.8	59.5	4.9

ID_Bacino	Di	Q _{IMP}	Q _{fondo}	dQ	T
Invaso	mm	l/s	l/s	l/s	ore
B_ID12					
LAM_B_ID12.01	200	64.6	72.2	-7.5	1.8
LAM_B_ID12.02	200	37.4	72.2	-34.8	1.0
B_ID06					
LAM_B_ID06.01	150	45.0	41.8	3.1	2.2
LAM_B_ID06.02	150	49.4	41.8	7.6	2.5
B_ID13					
LAM_B_ID13.01a	150	67.8	41.8	26.0	3.2
LAM_B_ID13.01b	150	67.8	41.8	26.0	3.2
B_ID07					
LAM_B_ID07.01a	150	75.2	41.8	33.4	3.5
LAM_B_ID07.01b	150	171.1	41.8	129.3	8.2
LAM_B_ID07.01c	150	221.6	41.8	179.7	10.1
LAM_B_ID07.01d	150	123.1	41.8	81.3	5.7
LAM_B_ID07.02a	150	85.4	41.8	43.6	3.9
LAM_B_ID07.02b	150	66.9	41.8	25.0	3.1
B_ID08					
LAM_B_ID08.a	150	94.1	41.8	52.3	5.1
LAM_B_ID08.b	150	132.9	41.8	91.1	7.2
B_ID09					
LAM_B_ID09.01a	150	58.8	41.8	17.0	3.1
LAM_B_ID09.01b	150	185.4	41.8	143.6	7.6
LAM_B_ID09.02	150	58.6	41.8	16.8	3.1

6.4 Misure compensative in considerazione della compattazione e conseguente decadimento delle permeabilità del suolo, a seguito della nuova destinazione, con impatto su suolo e sottosuolo

Sono previsti diversi interventi di mitigazione atti a limitare il decadimento della permeabilità del suolo che in uno con il sistema di drenaggio e laminazione delle portate potranno garantire l'equilibrio idraulico ed idrologico delle aree interessate dall'intervento ante e post operam.

Gli interventi di mitigazione ambientale naturale previsti sono:

- l'inerbimento delle superfici occupate dai pannelli fotovoltaici,
- la realizzazione di fasce arboree e arbustive lungo il perimetro dei campi fotovoltaici;
- la rinzollatura periodica delle aree.



Gli interventi previsti, descritti nella relazione agronomica alla quale si rimanda per ogni dettaglio, sono tutti volti al mantenimento delle condizioni naturali preesistenti alla esecuzione delle opere, in particolare detti interventi potranno ridurre a valori assolutamente trascurabili i fenomeni di:

- riduzione della ritenuta idrica e dell'evapotraspirazione;
- riduzione della infiltrazione efficace;
- aumento dello scorrimento superficiale (runoff), con conseguente aumento dell'erosione del suolo,

In relazione alla paventata riduzione dei tempi di corrivazione delle acque superficiali si evidenzia che i percorsi idraulici della rete di drenaggio sono progettati in modo tale da non ridurli.

7 RETE DI CAPTAZIONE E REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

È stato sviluppato lo studio di dettaglio della rete di captazione e regimentazione delle acque superficiali.

L'intero campo fotovoltaico è suddiviso in zone delimitate da strade di accesso e/o servizio. La realizzazione del campo in sé non modifica l'orografia del territorio, solamente le strade di accesso possono interferire con il libero deflusso delle acque di ruscellamento. A tal fine è stata progettata una rete di drenaggio atta sia a proteggere le strade che a convogliare le acque meteoriche in maniera distribuita nei corpi idrici ricettori evitando fenomeni di dilavamento e recapiti concentrati in alveo che possano modificare l'equilibrio idrodinamico preesistente del corso d'acqua.

Si precisa che all'interno delle aree dove sono disposti i pannelli i fenomeni di dilavamento saranno altresì limitati dal fatto che la vegetazione spontanea stagionale sarà regolarmente falciata senza essere asportata aumentando così la protezione e l'adsorbimento della coltre di terreno superficiale riducendo quindi anche i fenomeni di dilavamento.

Tutta la rete di captazione e regimentazione delle acque sarà realizzata mediante fossi di guardia a sezione trapezia in terra. La scelta della sezione trapezia (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**a 12) per i canali è dovuta alla facilità di realizzazione operativa mediante l'utilizzo di piccoli mezzi meccanici ed a impatto nullo.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	45	47



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

Impianto Fotovoltaico "Castel di Iudica"
da 217.060 MWp
Relazione invarianza



Ibvi 5 s.r.l.

OGGETTO / SUBJECT

CLIENTE / CUSTOMER

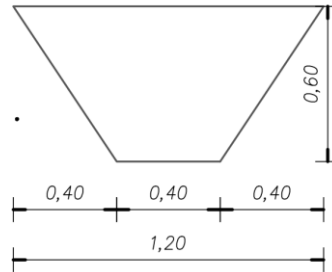




Figura 12: Sezione tipo canaletta di raccolta acque piovane

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Giu. 2023	46	47

	<p align="center">Impianto Fotovoltaico “Castel di Iudica ” da 217.060 MWp Relazione invarianza</p> <p align="center">OGGETTO / SUBJECT</p>	 <p align="center">CLIENTE / CUSTOMER</p>
--	--	--

8 ASSEVERAZIONE

SI ASSEVERA

che il Progetto per la

"Realizzazione di un impianto a tecnologica fotovoltaica di potenza pari a 217,060 MWp, denominato “Castel di Iudica 2” comprese le opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nei Comuni di: Castel di Iudica (CT) e Ramacca (CT)

è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, in ottemperanza a quanto disposto dal Decreto Dirigente Regione Sicilia del 23/06/2021 n. 102 e dall’art. 11 delle N.d.A. del P.A.I Sicilia (aggiornamento 2021); che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono lo smaltimento dei volumi di acqua eccedenti tra la fase ante operam e post operam, ammissibile dal corpo idrico ricettore; che i volumi infiltrati nel suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali. Infine, il raggiungimento di tutti gli obiettivi in questa sede prefissati per la tutela ambientale, sarà tutelato e salvaguardato dal MONITORAGGIO previsto all’art. 28 del D. Lgs. n. 152/2006, che recita: “Il Monitoraggio sugli impatti significativi sull’ambiente derivanti dall’attuazione dei piani e dei programmi approvati e la verifica del raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati così da individuare tempestivamente gli impatti negativi, gli imprevisti ed adottare le opportune misure correttive”.

073.20.01.R.40	00	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	47	47