



# ALTA CAPITAL 14

Alta Capital 14 S.r.l.  
 Corso Galileo Ferraris, 22  
 10121 Torino (TO)  
 P.Iva 12662160014  
 PEC altacapital14.pec@maildoc.it

## Progettista



Industrial Designers and Architects S.r.l.  
 via Cadore, 45  
 20038 Seregno (MB)  
 p.iva 07242770969  
 PEC ideaplan@pec.it mail info@ideaplan.biz



Progetto per la realizzazione dell'Impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile "Monte della Grassa" da 40,075 MWp a Nicosia 94014 (EN).

## Studio di Impatto Ambientale

Relazione di Invarianza Idraulica

### Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

**Elaborato**

# RS 06 REL

# 0013 A0

### nome file

documento in capital\sviluppo idea\nicosia\monaco 2 \_vitale\paur\rs.06.rel.0013.a0  
 relazione di invarianza idraulica\_rev03.rtf

	data	nome	firma
redatto	08.06.2022	Ferrigno	
verificato	08.06.2022	Falzone	
approvato	10.06.2022	Speciale	

**DATA 10.06.2022**



Regione SICILIA  
Provincia di Enna  
Comune di Nicosia

## **RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

### **Committente**

Nome **Alta Capital 14 s.r.l.**  
Indirizzo **C/so Galileo Ferraris, 22 - 10121 Torino**

### **Edificio / Area**

Descrizione **Progetto per la realizzazione dell'Impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile "Monte della Grassa" da 40,075 MWp a Nicosia 94014 (EN).**  
Indirizzo **Contrada Monaco**

### **Studio tecnico**

Nome **ID&A S.R.L.**  
Indirizzo **VIA PALADINI 246 CALTANISSETTA - 93100 CALTANISSETTA (CL)**

### **Progettista**

Rif.: Invarianza Nicosia 2  
Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2  
Data di redazione del documento: 30/03/2022

## **INDICE**

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
  - 6.1 Metodo delle sole piogge
  - 6.2 Metodo diretto italiano
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**
- 9. MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE PROPOSTE DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA**
- 10. CONCLUSIONI DELLO STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA**

## **1. PREMESSA**

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi alla realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile denominato "Monte della Grassa" da realizzarsi a Nicosia (EN).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di 728481,0 m<sup>2</sup>.

La modifica delle condizioni del suolo a seguito della progettazione, impone di dimostrare, attraverso uno studio di carattere idrologico-idraulico, il rispetto del principio dell'invarianza idraulica secondo cui la trasformazione di un'area deve avvenire senza provocare aggravio della portata di piena del corpo idrico o della rete di drenaggio ricevente i deflussi originati dall'area stessa.

Il rispetto dell'invarianza idraulica è ottenibile, oltre che tramite l'adozione di buone pratiche costruttive, anche mediante l'adozione di misure compensative quali dispositivi di compensazione (volumi d'invaso) e dispositivi idraulici.

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al D.D.G. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia ed in particolare secondo le indicazioni di cui all'allegato 1 e all'allegato 2 del medesimo Decreto. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati e, in mancanza di precise indicazioni, si farà riferimento a formulazioni consolidate in letteratura tecnica a seguito esplicitate.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

## 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

L'impianto, come detto in precedenza, è denominato "Monte della Grassa" e viene classificato come "Impianto non integrato". Esso verrà realizzato a terra nel territorio comunale di Nicosia (EN) nei terreni regolarmente censiti al Catasto, secondo quanto si evince dal Piano Particellare. Tale impianto è di tipo *grid-connected* e la modalità di connessione è in "Trifase in ALTA TENSIONE 150 kV".

Si stima una produzione di energia annua di 73.740,41 MWh, derivante da 71.448 moduli occupanti una superficie massima di circa 197.519 m<sup>2</sup> su una superficie catastale pari a 728.481 m<sup>2</sup>.

Il parco agrivoltaico sarà costituito da n. 10 sottocampi di cui:

n. 09 da 4.025 kWp;

n.1 da 3.850 kWp.

Il sottocampo tipo sarà costituito da n. 23 inverter da 175 kWac effettivi collegati in parallelo; a ciascun inverter verranno collegati n. 12 stringhe in parallelo da 25 moduli; tutti i moduli saranno da 615 Wp in monocristallino. Gli inverter di ciascun sottocampo, appartenenti alla stessa area, saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all'interno di un box cabina di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina (tipicamente da 4000 kVA) 0,8/30 kV/kV che innalzerà la tensione da 800 V a 30 kV.

Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati da un sistema di distribuzione ramificato in MT 30kV in entra-esce tali da formare due gruppi che si attesteranno alla stazione di trasformazione Utente MT/AT mediante un cavidotto interrato.

L'impianto di trasformazione MT/AT sarà formato da un'unica stazione di trasformazione di utenza MT/AT con un trasformatore da 40/50 MVA ONAN/ONAF 30/150 kV/kV.

Dalla Stazione di trasformazione si dipartirà una terna di cavi in AT a 150 kV che si andrà a collegare in antenna a 150 kV con la sottostazione elettrica (SSE) di "NICOSIA MONACO" e da qui alla stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN "Castel di Lucio".

Per le modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l'impianto fotovoltaico la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 40,075 MW.

Gli impianti e le opere elettriche da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- Impianto elettrico di ciascun sottocampo fotovoltaico per la produzione di energia elettrica;
- Rete di distribuzione MT in cavo per la connessione dei blocchi di cabine costituenti il parco fotovoltaico;
- Collegamento elettrico MT tra il parco agrivoltaico e la stazione interna di raccolta e trasformazione MT/AT 30/150 kV con un trasformatore ONAN/ONAF da 40/50MVA.
- Collegamento in AT tra Sottostazione Elettrica Utente e lo stallo disponibile in condominio presso ALTA CAPITAL 11 s.r.l. impianto "NICOSIA MONACO";
- Collegamento elettrico AT tra il punto di uscita di "NICOSIA MONACO" e la sottostazione di consegna utente;
- Collegamento elettrico AT tra la sottostazione Utente e la sottostazione di Terna SpA.

L'impianto sarà completato e perfezionato da:

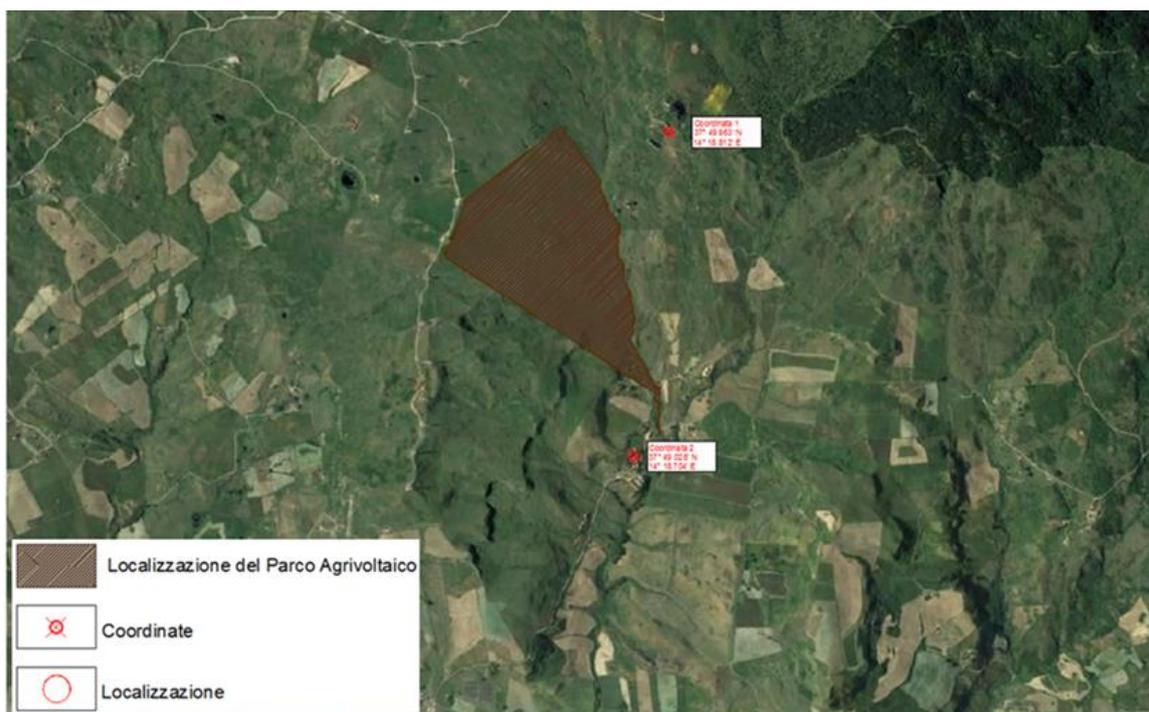
tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di trasmissione nazionale;

opere accessorie della seguente tipologia: impianti di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, monitoraggio, viabilità di servizio, cancelli e recinzioni.

Dunque il campo così composto sarà in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione). Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza potranno essere alimentati da un sistema di accumulo ad esso connesso.

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il campo agrivoltaico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

- Sovrapposizione dell'area del campo agrivoltaico su Foto Satellitare (Figura 1);
- Sovrapposizione del campo agrivoltaico su Catastale (Figura 2);
- Sovrapposizione dell'area del campo agrivoltaico su CTR (Figura 3);
- Sovrapposizione dell'area del campo agrivoltaico su IGM (Figura 4).



**Figura 1 - Inquadramento dell'area dell'impianto su Foto Satellitare**

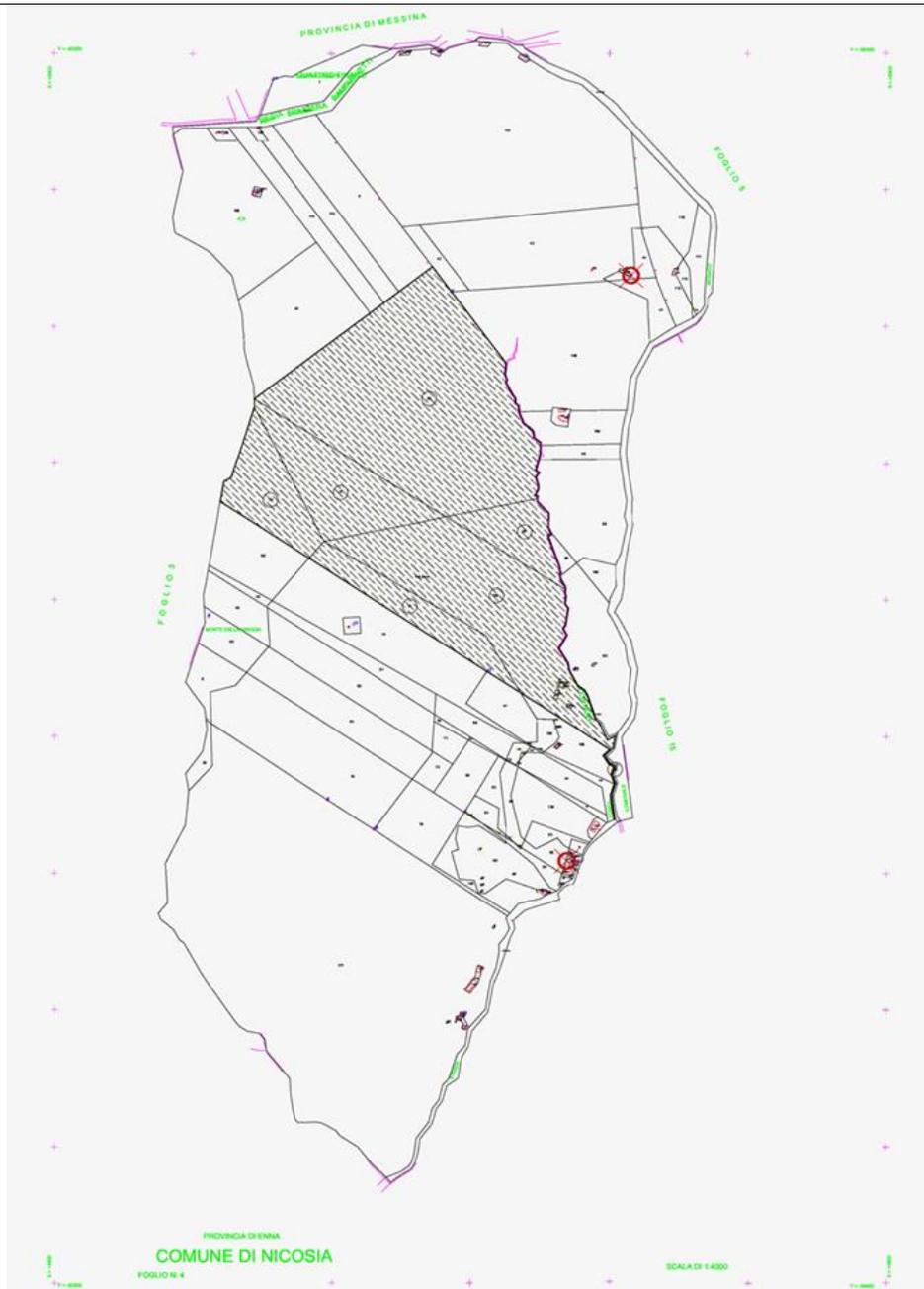


Figura 2 - Inquadramento dell'impianto su Catastale

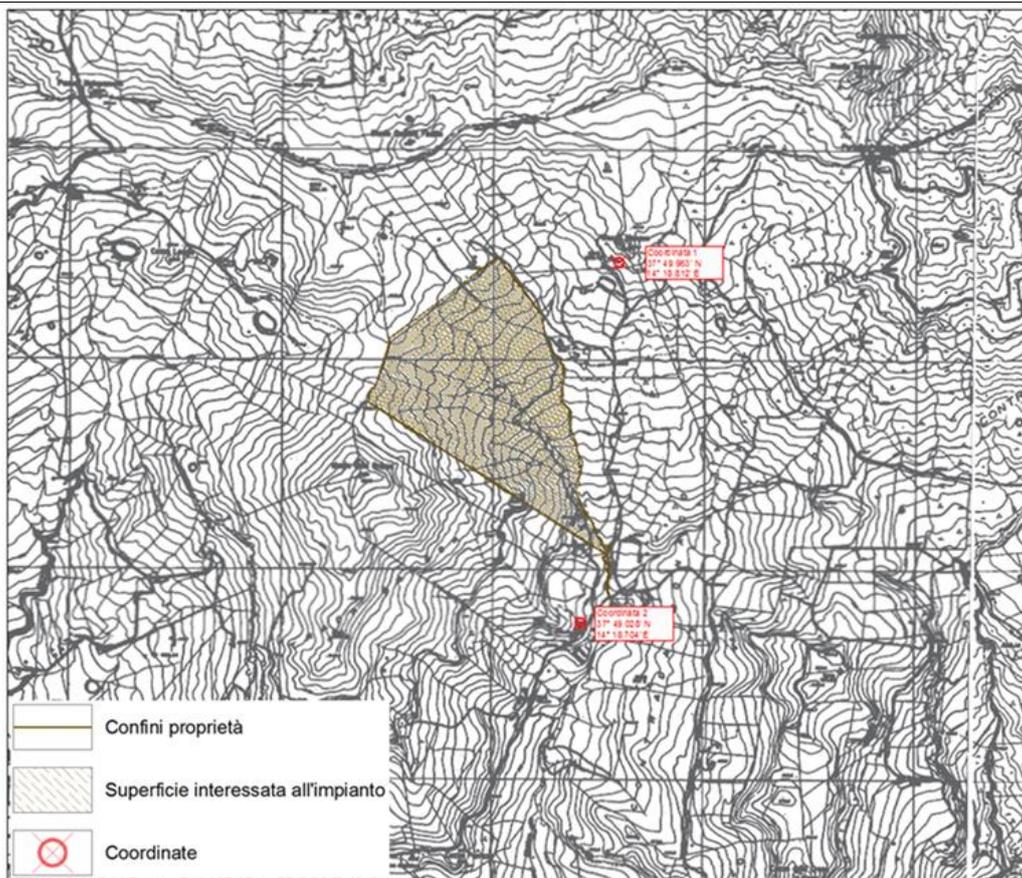


Figura 3 - Inquadramento dell'area dell'impianto su CTR

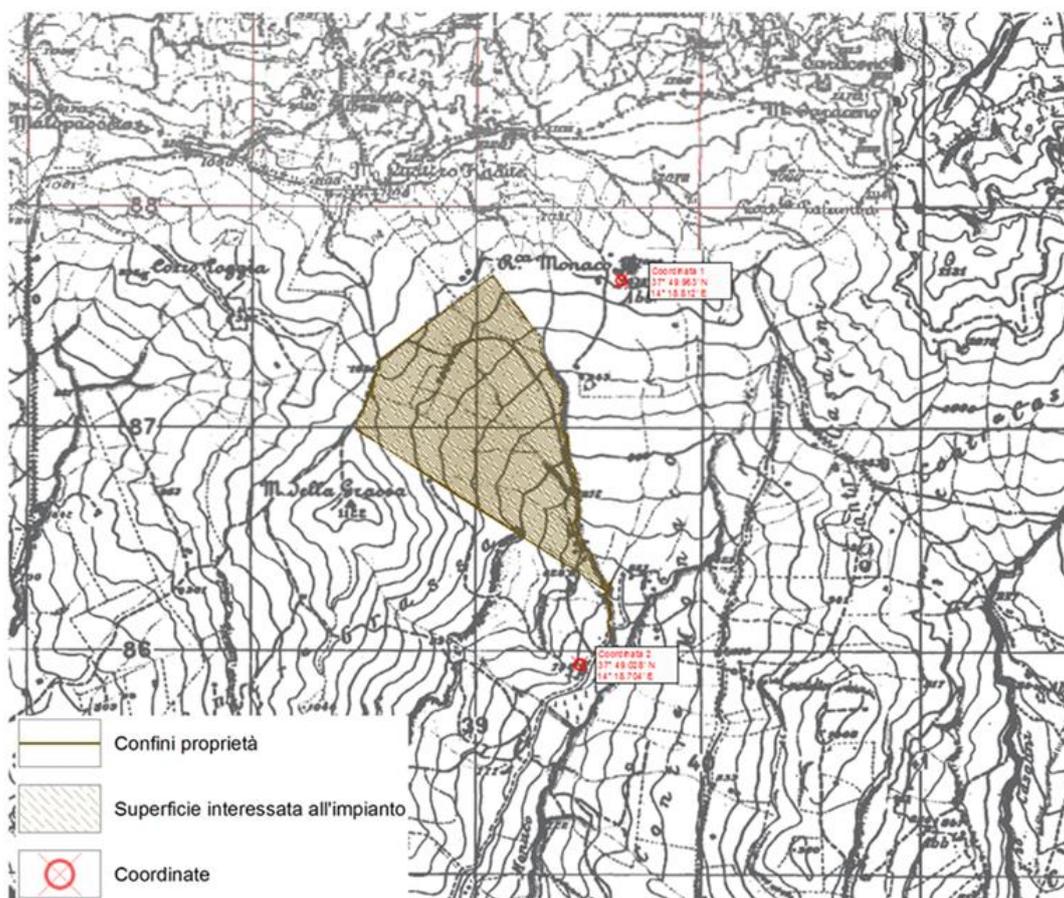


Figura 4 - Inquadramento dell'area dell'impianto su IGM

## Individuazione dell'area

Comune di Nicosia Provincia Enna

Per il calcolo del coefficiente di deflusso  $\phi$ , secondo quanto stabilito dall'allegato 2 del citato D.D.G. n. 102, al fine di prendere in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc., si è utilizzato il metodo Kennessey, utilizzando i coefficienti  $\phi$  per tipologia di suolo di seguito elencati:

- Superfici Impermeabili 1,0
- Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili 0,7
- Aree permeabili 0,3
- Incolto e Uso Agricolo 0,0

In particolare, visto gli elementi del progetto, si sono adottati i coefficienti di cui alla seguente tabella:

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Area occupata dall'impianto	Area semi-impermeabile	476826,0	0,70
Area agricola non alterata	Area permeabile	251655,0	0,30

Superficie totale 728481,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,5615

### 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione progettuale adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica,

prevede l'utilizzo di dispositivi di compensazione costituiti da invasi artificiali di laminazione.

La progettazione definitiva di un invaso artificiale si è basata sui seguenti criteri generali:

- l'ubicazione e la planimetria dell'invaso sono state ricavate in seguito ad un'analisi progettuale che ha tenuto in considerazione sia l'aspetto tecnico che quello funzionale legato alla morfologia dei terreni e degli impluvi naturali che, in maniera sussidiaria, alla distribuzione dei volumi irrigui alle aree sottese all'invaso;
- la realizzazione dei volumi di terra risulta in parte in scavo e in parte in rilevato, al fine di impiegare parte del materiale scavato nella costruzione del rilevato arginale, cioè una briglia in terra battuta, riducendo il più possibile l'eccedenza di materiale da dover smaltire o trasportare a discarica;
- realizzazione di argini perimetrali di contenimento idrico, al fine di incrementare il volume immagazzinabile rispetto alla realizzazione di un invaso solo con scavo;
- la quota di massimo invaso è stata assunta considerando un franco di sicurezza tra il livello idrico di regolazione e la quota massima del rilevato di 1 m;
- la quota di minimo invaso è stata posta a circa 20 cm rispetto al fondo del lago per favorire la sedimentazione delle particelle di terra, evitando l'interrimento dello scarico di fondo;

Il miglioramento dell'efficienza della risorsa idrica è stato conseguito inoltre osservando i seguenti obiettivi:

- 1) L'ubicazione dell'invaso è stata definita in funzione della possibilità di approvvigionamento idrico, al di fuori dei prelievi in acque pubbliche, verificando la disponibilità teorica data dal bilancio idrologico del bacino impluviale in direzione dell'invaso di progetto.
- 2) Le precipitazioni che si abbattano sul bacino di carico dell'opera permettono di invasarla completamente, ottenendo un risparmio di risorsa pari al volume dell'invaso in progetto;

3) L'impermeabilizzazione della superficie interna dell'invaso consente di stoccare tutta la risorsa senza perdite per infiltrazione nel terreno.

La realizzazione di un vaso di laminazione per il controllo dei tempi di corrivazione verso valle e il mantenimento del coefficiente udometrico costante nei valori ante e post operam, deve prevedere un sistematico svuotamento dello stesso per il mantenimento della capacità di invasatura delle acque meteoriche residue di ruscellamento superficiale, ottenuto come residuo del bilancio idrologico annuo medio per le aree di progetto, caratterizzate da differenti composizioni del substrato, secondo la relazione:

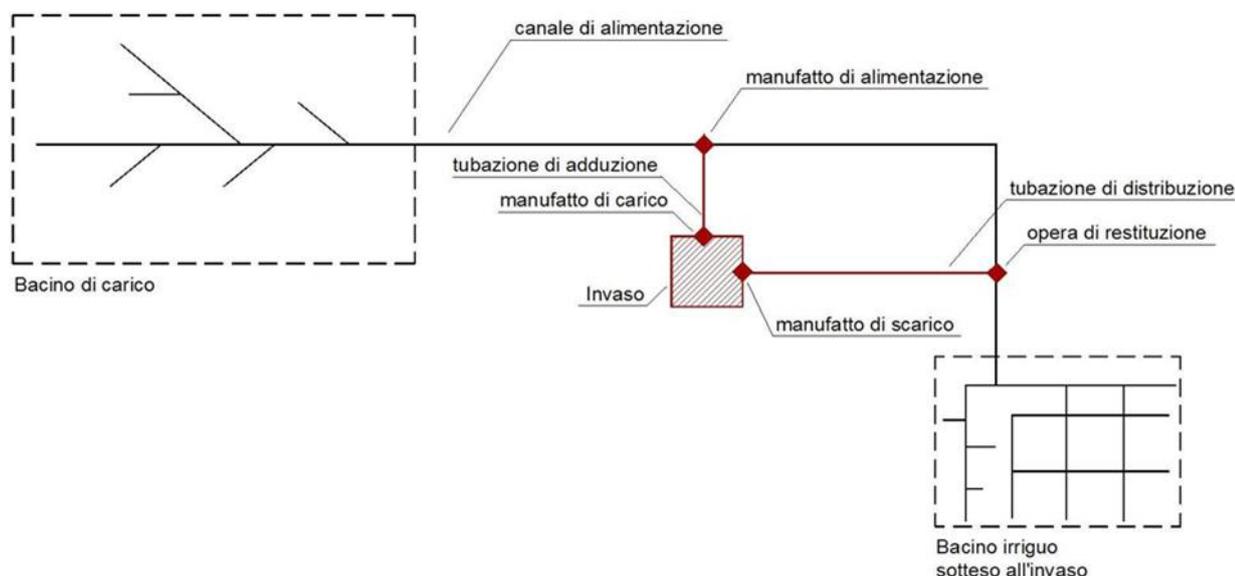
$$R = P - ET - I$$

dove:

R = ruscellamento residuo;  
P = Quantitativi d'acqua di precipitazione;  
ET = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione;  
I = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace.

Il valore di R determinerà la quantificazione annua della risorsa idrica immagazzinabile nell'invaso di laminazione e rappresenterà la risorsa utilizzabile per scopi irrigui, con ciò mantenendo l'invaso di compensazione delle portate a capacità di raccolta di sicurezza (vedi i calcoli della relazione geologica e idrogeologica cui si rimanda per la verifica dell'Invarianza Idraulica).

Al contempo, il progetto di realizzazione dell'invaso ad uso irriguo che consente di immagazzinare la risorsa idrica per poterla utilizzare nei periodi di carenza e deficit della risorsa stessa, può essere schematizzato come segue



Gli elementi progettuali di un vaso possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- opere generali;
- vaso;
- rete di distribuzione.

Le opere generali comprendono tutte le attività di preparazione propedeutiche allo svolgimento dei lavori di realizzazione delle opere in progetto, e consisteranno in:

- sterro del cotico superficiale del terreno per il livellamento della superficie.

Il terreno rimosso avente caratteristiche pedologiche più scadenti sarà temporaneamente accantonato per essere successivamente riutilizzato per le coperture finali delle pendici dell'opera di ritenuta (briglia in terra battuta) e per i livellamenti di raccordo morfologico con il versante. Il terreno avente migliori caratteristiche pedologiche sarà separato e riutilizzato per i lavori preparatori del piano di impianto nell'area di compensazione vegetazionale con termine.

- riprofilatura delle parti terminali dei fossi defluenti in direzione dell'invaso di ritenuta; il lavoro sarà eseguito con escavatore cingolato di dimensioni più ridotte e dotato di benna trapezoidale per

lo scavo di fossi.

Completati i lavori preparatori si procederà allo scavo del bacino dell'invaso (vasca) ed alla predisposizione della fondazione per l'opera di ritenuta, secondo le seguenti operazioni:

- a) Scavo con escavatore meccanico della vasca. Il piano del fondo vaso dovrà possedere una pendenza (misurata da monte verso valle) non inferiore al 1,5%, allo scopo di permettere uno svuotamento rapido in caso di necessità;
- b) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale argilloso sarà riutilizzato per i livellamenti e i raccordi morfologici al termine delle operazioni di riporto;
- c) Scavo con escavatore meccanico dell'alloggiamento delle opere di sbarramento;
- d) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale scavato sarà riutilizzato in sito per livellamenti del terreno e riprofilature del versante al termine delle operazioni di riporto;
- e) Realizzazione di idonea rete di drenaggio delle acque meteoriche di tipo provvisoria esternamente al coronamento dello scavo, allo scopo di limitare il ruscellamento superficiale e gli eccessivi accumuli di acqua piovana.

L'opera di sbarramento posta a valle dell'invaso è costituita da una briglia in terra battuta opportunamente dimensionata al contenimento della capacità massima dell'invaso e immersa nel substrato argilloso.

Predisposto il piano di posa (radice) della briglia, si procederà al riporto di argilla in strati di spessore massimo 50 cm opportunamente stesi e compattati con rullo compressore vibrante a zampa di montone (rullo bugnato); la bugnatura del rullo permetterà una inter digitazione degli strati successivi allo scopo di rendere più stabile il corpo della briglia e maggiore il rapporto di compressione dei materiali argillosi utilizzati.

I materiali utilizzati per la realizzazione della briglia saranno lavorati solo se in possesso delle caratteristiche fisico-meccaniche e tipologiche necessari all'ottenimento delle migliori condizioni statiche.

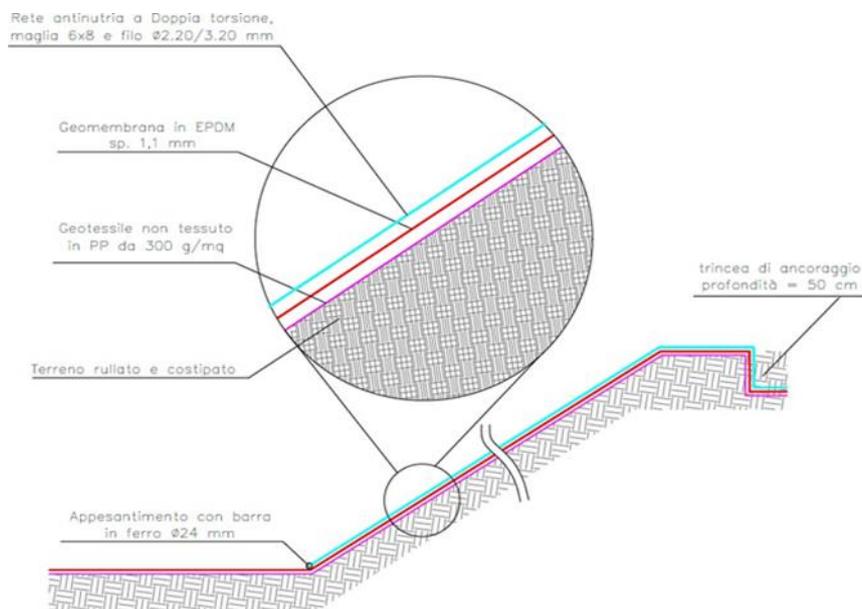
Ultimati i lavori di realizzazione del corpo della briglia in terra battuta, si procederà al riporto di materiale argilloso per la costituzione della vasca di accumulo idrico, procedendo in base alle sezioni di progetto, con rinfranco delle fiancate e del fondo con ulteriori 50 cm di argille opportunamente compattate.

Per evitare fenomeni di filtrazione è stata prevista inoltre l'impermeabilizzazione del fondo e delle banche lato vaso mediante la posa di una geomembrana impermeabile in EPDM.

Nel dettaglio il rivestimento del fondo e della sponda lato bacino di accumulo che è così composto:

- regolarizzazione del fondo scavo;
- impermeabilizzazione mediante posa di geo membrana in EPDM dello spessore di 1,10 mm su uno strato di tessuto non tessuto di massa aerica apri a 300 grammi/mq;
- rete maglia 6 x 8 e filo  $\Phi$  2,20/3,20 mm; tale rete rimarrà tesa mediante l'utilizzo di una barra in ferro  $\Phi$  24 mm posizionata orizzontalmente nella parte inferiore della rete.

Di seguito è riportato un estratto del pacchetto di impermeabilizzazione da realizzare sul fondo del lago e sulle sponde lato bacino.



Le verifiche periodiche e le manutenzioni ordinarie dell'invaso dovranno accertare l'integrità dell'impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi e provvedere al rinfranco dello strato di argilla compattata ove necessario.

Si procederà quindi alla realizzazione dei fossi perimetrali all'invaso.

I fossi saranno impermeabilizzati al fondo con argilla compattata allo scopo di evitare perdite, erosione delle sponde e sifonamenti delle opere di contenimento.

Le tubazioni di distribuzione che a questo punto verranno posate saranno tutte in PVC o PEAD.

Ultimati i riporti e la posa dei manufatti si procederà alla regolarizzazione delle superfici esterne alla vasca di accumulo con riporto di circa 30 cm di suolo riutilizzando il terreno precedentemente accantonato nella fase preparatoria iniziale. Successivamente le pendici esterne della briglia in terra battuta e delle zone esterne all'invaso saranno rinverdite con semina a spaglio di essenza erbacee autoctone opportunamente selezionate allo scopo di produrre una corretta integrazione paesaggistica delle opere con il contesto territoriale circostante.

In ultimo si eseguirà un opportuno livellamento ed una ulteriore rullatura del fondo per la realizzazione della pista di servizio che contorna il perimetro dell'invaso e che permetterà l'accesso per gli interventi di manutenzione ordinaria e se del caso straordinaria.

#### **4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili,  $Q_{\text{umax}}$ , si adotta il seguente valore: 1458,80 l/s.

Tale portata è desunta facendo riferimento all'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, il quale prevede una portata ammissibile allo scarico nel ricettore non superiore a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabile dell'intervento.

Nel caso specifico si ha:

$$Q_{\text{umax}} = 72,942 \text{ Ha} \times 20 \text{ l/s} = 1458,84 \text{ l/s}$$

#### **5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine viene applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri  $a$  e  $n$ , in cui i parametri  $a$  ed  $n$  vengono determinati con riferimento ad un ben preciso valore di tempo di ritorno, TR, dell'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

$$h = a \cdot D^n$$

$h$  [mm]: altezza di pioggia

$D$  [ore]: durata di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$a$  [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri  $a$  e  $n$  valevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.

Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro  $a$ , adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro  $n$  viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a  $n = 0,5$ .

Per quanto riguarda al tempo di ritorno TR adottato per la stima dei parametri, si fa riferimento a valori idonei a garantire le condizioni di sicurezza dell'opera e rispettare i valori e le indicazioni richiesti da norma, come riportato a seguito nel report dei calcoli.

## 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo delle sole piogge
- metodo diretto italiano

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

### 6.1 Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

$Q_e$  [l/s]: portata media entrante

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

$A$  [ha]: area totale interessata dall'intervento

$a$  [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$D$  [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate  $W_e$  [m<sup>3</sup>] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente  $W_u$  [m<sup>3</sup>], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima  $Q_{u\max}$  [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{u\max} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata  $D$  [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{u\max} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione ( $D_w$ ) ed il conseguente volume critico dell'invaso ( $W_0$ ):

$$D_w = \left( \frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

$D_w$  [ore]: durata critica d'invaso

$Q_{umax}$  [l/s]: portata uscente massima

$W_0$  [m<sup>3</sup>]: volume di laminazione

$a$  [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$A$  [ha]: area totale interessata dall'intervento

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro  $n$  (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata  $D_w$ , tenendo conto che il valore di  $n$  è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di  $n$  valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata  $D_w$  superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di  $n$ , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di  $n$ , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

## 6.2 Metodo diretto italiano

Il metodo diretto italiano è un caso particolare derivato dal metodo italiano dell'invaso (Supino 1929; Puppini 1932). Esso permette di calcolare direttamente i volumi d'invaso necessari per modulare il picco di piena semplicemente mantenendo costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente d'afflusso  $\varphi_m$ .

Per il calcolo del volume dell'invaso  $W_0$  [m<sup>3</sup>] si applica la seguente formula:

$$W_0 = v \cdot A$$

$v$  [m<sup>3</sup>/ha]: volume specifico dell'invaso

$A$  [ha]: area totale scolate interessata dall'intervento

Per il calcolo del volume specifico d'invaso si applica la seguente formula:

$$v = w_0 \left( \frac{\varphi_m}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - w$$

$v$  [m<sup>3</sup>/ha]: volume specifico dell'invaso

$w_0$  [m<sup>3</sup>/ha]: volume specifico degli invasi (piccoli invasi superficiali) riferiti allo stato ante operam

$w$  [m<sup>3</sup>/ha]: volume specifico medio ponderale degli invasi (piccoli invasi superficiali) riferiti allo stato post operam

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale post operam

$\varphi_0$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale ante operam

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

### **Portata in uscita dall'invaso**

Trattandosi di un sistema di scarico con luce a battente circolare si adotta la seguente legge di efflusso.

$$Q_u(H) = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

$Q_u$  [m<sup>3</sup>/s]: portata in uscita dall'invaso

$H$  [m]: battente idrico

$D$  [m]: diametro interno del foro

$A$  [m<sup>2</sup>]: area della bocca d'uscita =  $\pi \cdot D^2/4$

$\mu$  [-]: coefficiente di efflusso ( $\mu = 0,6$ )

$g$  [m/s<sup>2</sup>]: accelerazione di gravità

## **7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo  $H$  si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W$  [m<sup>3</sup>]: volume invasato

$A_{inv}$  [m<sup>2</sup>]: area in pianta dell'invaso

## **8. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo che fanno riferimento alle metodologie ed ai criteri precedentemente descritti.

### **CARATTERISTICHE GENERALI**

Comune di Nicosia Provincia Enna

#### **Metodi di calcolo adottati**

Metodo delle sole piogge

Metodo diretto italiano

#### **Portata massima scaricabile**

Portata massima scaricabile	1458,80	l/s	
-----------------------------	---------	-----	--

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Area occupata dall'impianto	Area semi-impermeabile	476826,0	0,70
Area agricola non alterata	Area permeabile	251655,0	0,30

Sup. totale intervento 728481,0 m<sup>2</sup>    Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,5615

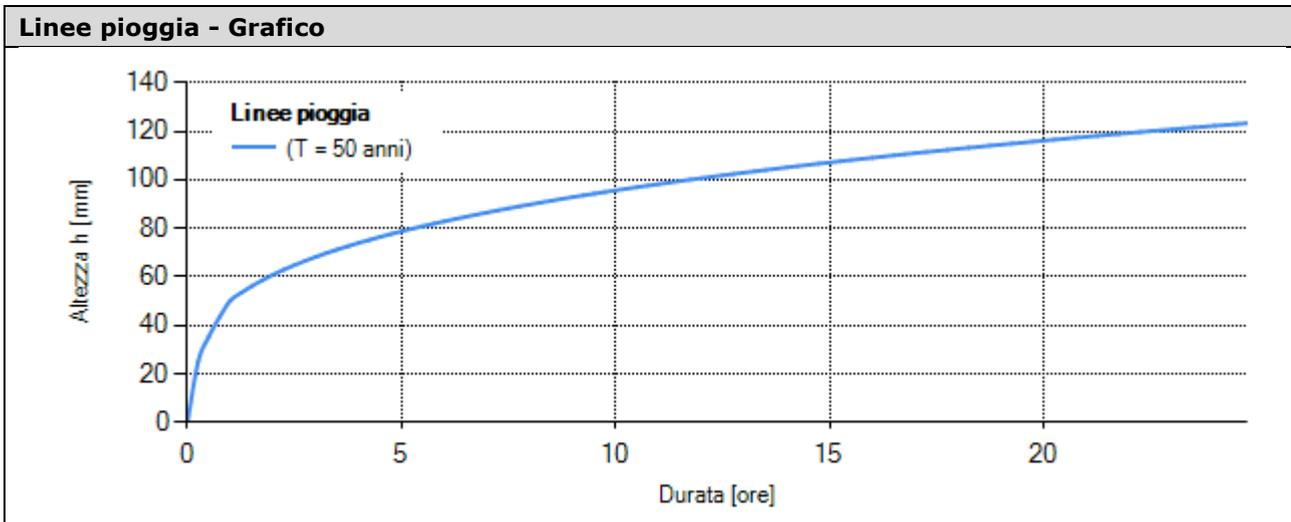
Per quanto concerne la determinazione della portata in ingresso, nel caso di studio, si è fatto riferimento ad una sollecitazione meteorica con tempo di ritorno T di 50 anni.

Un ulteriore parametro da fissare è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema di infiltrazione. In linea del tutto generale, vanno scelte brevi durate (da 10 minuti ad un'ora), e quindi elevate intensità di pioggia, nel caso di suoli molto permeabili e di piccole aree drenate; al contrario, lunghe durate (da qualche ora ad un giorno), e quindi basse intensità di pioggia, nel caso di suoli con permeabilità modesta.

Nel caso in esame, la durata critica della pioggia  $t_p$ , è stata scelta pari a 3 ore in funzione dell'estensione delle aree in esame e delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo.

## LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	50,20	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	n	0,2800	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n <sub>1</sub>	0,5000	-



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	50,20
2	60,95
3	68,28
4	74,01
5	78,78
6	82,91
7	86,56
8	89,86
9	92,87

10	95,65
11	98,24
12	100,66
13	102,95
14	105,10
15	107,15
16	109,11
17	110,98
18	112,77
19	114,49
20	116,14
21	117,74
22	119,28
23	120,78
24	122,23

## CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t <sub>c</sub> [min]
Area occupata dall'impianto	Area semi-impermeabile	476826,0	0,70	-
Area agricola non alterata	Area permeabile	251655,0	0,30	-
Superficie totale intervento: 728481,0 m <sup>2</sup>		Valori medi	0,5615	

Parametri del Metodo diretto italiano						
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Affl. φ ante	Coeff. Affl. φ post	V. Invasi w ante [m <sup>3</sup> /ha]	V. Invasi w post [m <sup>3</sup> /ha]
Area occupata dall'impianto	Area semi-impermeabile	476826,0	0,30	0,70	100,00	50,00
Area agricola non alterata	Area permeabile	251655,0	0,30	0,30	100,00	100,00
Valori medi			0,3000	0,5615	100,00	67,31

## DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

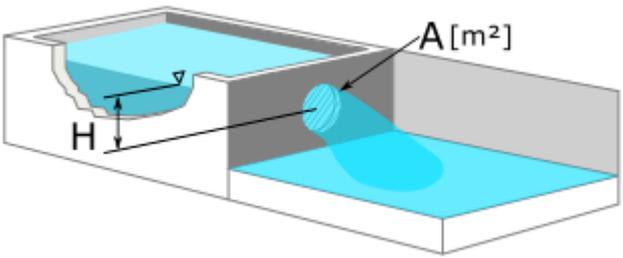
Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D <sub>w</sub>	1,41	ore
Volume invaso minimo	W <sub>0</sub>	16278,26	m <sup>3</sup>
$D_w = \left( \frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo diretto italiano			
Volume invaso minimo	W <sub>0</sub>	8741,81	m <sup>3</sup>
$W_0 = \frac{v \cdot A}{10.000}$ $v = w_0 \left( \frac{\varphi_m}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 \cdot I - w_0 \cdot P$			

## VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	3000,00	m <sup>2</sup>

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	6,00	$\geq$	5,43	m	Positiva
Volume utile invaso	W	18000,00	$\geq$	16278,26	m <sup>3</sup>	Positiva
Tempo di svuotamento	$T_{sv}$	0,0	$\leq$	0,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	1252,51	$\leq$	1458,80	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare		
			
Battente idrico utile massimo	H	6,00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	1252,51	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0,1924	m <sup>2</sup>

## 9. MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE PROPOSTE

### DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA

La soluzione progettuale di previsione prevede la realizzazione di n.03 vasche di laminazione con fondo permeabile e sponde in terra, opportunamente sagomata.

Le acque meteoriche saranno raccolte, in una rete interna la quale le scaricherà nelle vasche di laminazione.

Il dimensionamento della rete interna sarà eseguito nella eventuale fase esecutiva.

Gli invasi complessivamente dovranno avere capacità minima di 18000,0 m<sup>3</sup>.

Considerando la conformazione plani-altimetrica dell'area, si ritiene che l'altezza utile di ciascuna vasca non possa essere superiore a 6 m, per tener conto della quota di sbocco, nella vasca, della rete di raccolta interna e della quota di uscita della tubazione di scarico.

Il manufatto di scarico di ciascuna vasca di laminazione sarà costituito da un pozzetto prefabbricato in cui è alloggiato il dispositivo di regolazione dello scarico costituito da uno stramazzo dotato sul fondo da una bocca di taratura opportunamente dimensionata per permettere la portata prevista nei calcoli idraulici.

Lo scarico avverrà, tramite un collettore e l'opera di scarico dovrà prevedere la realizzazione di dispositivi di protezione per evitare l'erosione spondale.

L'organo di controllo del flusso sarà costituito da una tubazione avente diametro così determinato:

$$A = Q_{i \max} / (\mu \sqrt{2gh})$$

dove:

A = area sezione tubo [m<sup>2</sup>]

$Q_{i \max} = Q_{u, \max} / 3 = 1252,51 \text{ l/s} / 3 = 417,5 \text{ l/s} = 0,417 \text{ m}^3/\text{s}$

$\mu = 0,60$  coefficiente sperimentale di efflusso

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  accelerazione di gravità

$h = 6 \text{ m}$  tirante utile

Si ricava:

$A = 0,417 / (0,60(\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6})) = 0,064 \text{ m}^2$  che corrisponde a  $0,192 \text{ m}^2 / 3$ .

A tale vale dell'area corrisponde un diametro pari a:

$\varphi = \sqrt{(4A/\pi)} = \sqrt{(4 \cdot 0,064 / 3,14)} \times 100 = 28,55 \text{ cm}$

Si prevede quindi per ogni invaso la posa di un tubo DN 300 (diametro nominale interno).

Al fine di mantenere nel tempo l'efficacia del sistema sarà necessario svolgere le seguenti operazioni di manutenzione:

- controllo del funzionamento del sistema di scarico nei corpi recettori almeno 2 volte l'anno;
- verifica periodica, almeno 2 volte l'anno e comunque dopo eventi che hanno provocato l'invaso dei sistemi di raccolta, del funzionamento dei sistemi prima dello scarico nei corpi recettori;
- pulizia semestrale dei canali di scolo e dell'eventuale canaletta di scolo sul fondo della vasca;
- controllo, dopo ogni evento, dello stato del pozzetto in cui è posizionato il manufatto regolatore di scarico e rimozione, quando necessario, del materiale depositato in esso (pulizia della griglia, del fondo pozzetto e della bocca di taratura).

## 10. CONCLUSIONI DELLO STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA

In riferimento al progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile denominato "Monte della Grassa" da realizzarsi in località Nicosia, dallo studio effettuato, si può affermare che l'adozione del dimensionamento proposto dei tre volumi d'invaso in bacino di detenzione e organo di regolazione della portata in uscita, consente di non sovraccaricare il sistema di recapito esistente e modificare l'attuale assetto idraulico in condizioni di deflusso di piena.