

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG VERDE SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 18,52MWp - COMUNE DI LAGOSANTO (FE)

## Proponente

**EG VERDE S.R.L.**

VIA DEI PELLEGRINI 22 - 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 11616370968 - PEC: egverde@pec.it



## Progettazione

**Ing. Matteo Bono**

Via per Rovato, 29/C - 25030 Erbusco (BS)

tel.: 030/5281283 - e-mail: m.bono@solareng.it - PEC: solareng@pec.solareng.it

## Collaboratori

**Ing. Marco Passeri**

Via per Rovato, 29/C - 25030 Erbusco (BS)

tel.: 030/5281283 - e-mail: m.passeri@solareng.it - PEC: solareng@pec.solareng.it

## Coordinamento progettuale

**SOLAR ENGINEERING S.R.L.**

VIA ILARIA ALPI, 4 - 46100 MANTOVA (MN) - P.IVA: 02645550209 - email: solareng@pec.solareng.it

## Titolo Elaborato

**RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA**

| LIVELLO PROGETTAZIONE | CODICE ELABORATO | FILENAME | RIFERIMENTO | DATA       | SCALA |
|-----------------------|------------------|----------|-------------|------------|-------|
| DEFINITIVO            | -                | -        | -           | 10/07/2021 | -     |

## Revisioni

| REV. | DATA       | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|------------|-------------|----------|------------|-----------|
| 0    | 10/07/2021 |             | MB       | MB         | EG        |



COMUNE DI LAGOSANTO (FE)  
REGIONE EMILIA ROMAGNA



# RELAZIONE TECNICA DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

---

# Indice

## Contenuto del documento

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | PREMESSA.....  | 2  |
| 2     | DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI.....                            | 3  |
| 2.1   | Individuazione dell'area   | 3  |
| 3     | DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA ..... | 4  |
| 4     | PORTATE MASSIME SCARICABILI .....  | 4  |
| 5     | DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO.....  | 5  |
| 6     | METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI.....                              | 6  |
| 6.1   | Metodo diretto italiano  | 6  |
| 6.1.1 | Calcolo portata infiltrata .....   | 7  |
| 7     | CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA .....  | 8  |
| 8     | TEMPO DI SVUOTAMENTO .....   | 8  |
| 9     | PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI.....  | 9  |
| 9.1   | CARATTERISTICHE GENERALI   | 9  |
| 9.2   | CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE   | 9  |
| 9.3   | DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA   | 10 |
| 9.4   | VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA  | 10 |

# 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di un impianto fotovoltaico installato a terra in area agricola, sito in strada Poderale dei Cappuccini, sn nel comune di Lagosanto (FE). L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **886,0** m<sup>2</sup>.

Si specifica, infatti, come il terreno interessato dall'intervento rimanga e venga mantenuto, una volta realizzato l'impianto, come "area verde" e quindi, di fatto, permeabile (percolazione del suolo con tasso di infiltrazione proprio del suolo "naturale").

Di seguito, si specificano i valori e le caratteristiche dell'aree oggetto d'intervento:

| Tipo di superficie                    | Valore [mq] | Caratteristiche                          |
|---------------------------------------|-------------|--|
| Area lotto complessiva                | 273.000     | -  |
| Area container stazioni bt/MT+storage | 600         | Fondazione superficiale (platea) in c.a. |
| Area cabina media tensione            | 286         | Fondazione superficiale (platea) in c.a. |

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 Piano stralcio per il rischio idrogeologico - Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano - Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come da variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016 (D.G.R. 2112/2016) di Regione Emilia Romagna. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

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

### 2.1 Individuazione dell'area

Comune di Lagosanto Provincia Ferrara  
 Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale trascurabile

| CARATTERISTICHE AREA                  |                   |                              |                           |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|
| Descrizione                           | Tipo area         | Superficie [m <sup>2</sup> ] | Coeff. Afflusso $\varphi$ |
| Area container stazioni bt/MT+storage | Area impermeabile | 600,0                        | 0,90                      |
| Area cabina media tensione            | Area impermeabile | 286,0                        | 0,90                      |

Superficie totale 886,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\varphi_m$  0,90

### 2.2 Dati amministrativi

Il progetto ricade, al livello autorizzativo, in ambito PAUR (Ente competente: Regione Emilia Romagna/ARPAE).

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

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

### 4 PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili,  $Q_{\text{umax}}$ , si adotta il seguente valore: 0,00 l/s.

Si specifica, infatti, come non sia previsto alcuno scarico in corpo idrico superficiale del volume invasato.

## 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.

Avendo adottando la metodologia di calcolo del metodo diretto italiano, descritto nei paragrafi seguenti, non è necessario caratterizzare la curva di possibilità pluviometrica ma solo definirne il parametro  $n$ , il cui valore viene riportato nel report dei calcoli.

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/ora <sup>$n$</sup> ]: 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.

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 viene adottato il seguente metodo di calcolo:

- metodo diretto italiano

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

### 6.1 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:

$$v = w_0 \left( \frac{\varphi_m}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 \cdot I - w_0 \cdot P$$

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

$w_0$  [m<sup>3</sup>/ha]: volume specifico dei piccoli invasi naturali riferiti allo stato ante operam, pari a 50

$\varphi_m$  [-]: 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 pari a 0,48

$I$  [-]: frazione di area trasformata, pari alla superficie dell'area trasformata diviso per la superficie totale

$P$  [-]: frazione di area inalterata, pari a (1 - I)

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\varphi_m$  e  $\varphi_0$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\varphi_m = 0,9 \cdot Imp + 0,2 \cdot Per$$

$$\varphi_0 = 0,9 \cdot Imp_0 + 0,2 \cdot Per_0$$

$Imp$  [-]: frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile post operam

$Imp_0$  [-]: frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile ante operam

$Per$  [-]: frazione dell'area totale da ritenersi permeabile post operam



$Per_o [-]$ : frazione dell'area totale da ritenersi permeabile ante operam

### 6.1.1 Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

$Q_{inf} [m^3/s]$ : portata infiltrata

$K_{calc} [m/s]$ : coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

$i [m/m]$ : gradiente idraulico

$A_f [m^2]$ : superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

## 7 CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

## 8 TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento  $T_{sv}$  viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

$W [m^3]$ : volume invasato massimo

$Q_{inf} [m^3/s]$ : portata infiltrata

## 9 PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

### 9.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Lagosanto

Provincia Ferrara

| Metodi di calcolo adottati |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|
| Metodo diretto italiano    |  |  |  |

| Portata massima scaricabile |      |     |  |
|-----------------------------|------|-----|--|
| Portata massima scaricabile | 0,00 | l/s |  |

| Definizione aree                      |                   |                              |                        |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|
| Descrizione                           | Tipo area         | Superficie [m <sup>2</sup> ] | Coeff. Afflusso $\phi$ |
| Area container stazioni bt/MT+storage | Area impermeabile | 600,0                        | 0,90                   |
| Area cabina media tensione            | Area impermeabile | 286,0                        | 0,90                   |

Sup. totale intervento 886,0 m<sup>2</sup>    Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,90

### 9.2 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

| Caratteristiche idrologiche           |                   |                                |                        |                        |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| Descrizione                           | Tipo area         | Superficie A [m <sup>2</sup> ] | Coeff. Afflusso $\phi$ | T. corriv. $t_c$ [min] |
| Area container stazioni bt/MT+storage | Area impermeabile | 600,0                          | 0,90                   | -                      |
| Area cabina media tensione            | Area impermeabile | 286,0                          | 0,90                   | -                      |

Superficie totale intervento: 886,0 m<sup>2</sup>

Valori medi 0,90

| Parametri del Metodo diretto italiano |                  |                                |                          |                          |                                       |                                       |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Descrizione                           | Tipo area        | Superficie A [m <sup>2</sup> ] | Coeff. Affl. $\phi$ ante | Coeff. Affl. $\phi$ post | V. Invasi w ante [m <sup>3</sup> /ha] | V. Invasi w post [m <sup>3</sup> /ha] |
| Area container stazioni bt/MT+storage | Area trasformata | 600,0                          | 0,20                     | 0,90                     | 50,00                                 | 15,00                                 |
| Area cabina media tensione            | Area trasformata | 286,0                          | 0,20                     | 0,90                     | 50,00                                 | 15,00                                 |
| Valori medi                           |                  |                                | <u>0,20</u>              | <u>0,90</u>              | <u>50,00</u>                          | <u>15,00</u>                          |

### 9.3 DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

| Metodo diretto italiano   |       |       |                |
|---|-------|-------|----------------|
| Volume invaso minimo  | $W_0$ | 78,58 | m <sup>3</sup> |
| $W_0 = \frac{v \cdot A}{10.000}$ $v = w_0 \left( \frac{\varphi_m}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - w$ |       |       |                |

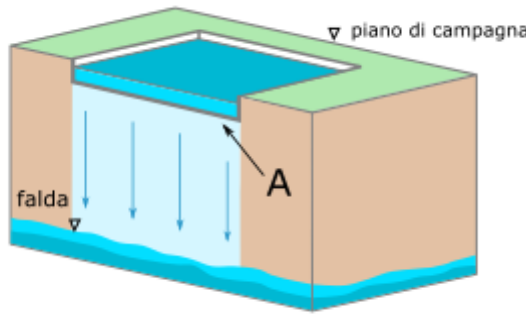
### 9.4 VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

| Dimensioni invaso        |           |        |                |
|--------------------------|-----------|--------|----------------|
| Superficie pianta invaso | $A_{inv}$ | 110,00 | m <sup>2</sup> |

| Verifiche invaso          |          |                 |   |                    |                |          |
|---------------------------|----------|-----------------|---|--------------------|----------------|----------|
|                           |          | Valore Progetto |   | Valore Ammissibile |                | VERIFICA |
| Altezza utile invaso      | H        | 0,80            | ≥ | 0,71               | m              | Positiva |
| Volume utile invaso       | W        | 88,00           | ≥ | 78,58              | m <sup>3</sup> | Positiva |
| Tempo di svuotamento      | $T_{sv}$ | 19,8            |   |                    |                |          |
| Portata massima scaricata | Q        | 0,00            | ≤ | 0,00               | l/s            | Positiva |

Il volume utile di invaso necessario per compensare la perdita di capacità di infiltrazione sarà pari a 88 mc.

Il volume di invaso allagabile verrà realizzato nell'area verde con superficie in terreno naturale, in modo da consentire lo scolo naturale (dispersione nel terreno) di tutta l'acqua invasata secondo le caratteristiche di permeabilità del terreno presente (sabbia limosa).

| Sistema di scarico  |             |                                  |                        |
|---|-------------|----------------------------------|------------------------|
| Tipologia di svuotamento  |             | Infiltrazione a portata costante |                        |
| <div></div> |             |                                  |                        |
| Portata massima scaricabile   | $Q_{u,max}$ | 1,10                             | l/s                    |
| Coeff. permeabilità di calcolo  | $K_{calc}$  | 1,00                             | m/s * 10 <sup>-5</sup> |
| Gradiente idraulico   | i           | 1,00                             | m/s                    |
| Area di infiltrazione   | $A_f$       | 110,00                           | m2                     |

La realizzazione di tale invaso potrà avvenire mediante un fosso naturale di lunghezza 110 m avente una profondità utile di 0,8 m e larghezza 1 m, posizionato lungo il perimetro dell'impianto.

Data 10/07/2021

Timbro e firma

