



# COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA

PROVINCIA DI BARI



REGIONE PUGLIA



## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.093,36 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 15.400,00 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto:

**IMPIANTO GRAVINA 1**

Ubicazione:

Comune di Gravina di Puglia (BA)  
Contrada Recupa Piana dei Ricci

**ELABORATO  
5.3-PDG**

Cod. Doc.: 5.3-PDG

**RELAZIONE IDROLOGICA DEL PROGETTO DEFINITIVO**

**COMET ENERGY  
POWER**

**Project - Commissioning – Consulting**

Municipiul Bucuresti Sector 1  
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap. 88  
RO41889165

Scala: --

Data:  
**Febbraio 2021**

**PROGETTO**

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



**Heliosophia concept S.r.l.**

Strada Berthelot, 21  
Bucharest  
030167 ROMANIA

**Tecnici e Professionisti:**

*Ing. Silvestro Damiani:  
Iscritto al n.3260 dell'Albo degli Ingegneri della  
Provincia di Potenza*  
*Ing. Mauro Ranauro:  
Iscritto al n.142/B dell'Albo degli Ingegneri della  
Provincia di Potenza*

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01					
02					
03					
04					



Il Richiedente:

**GRAVINA S.r.l.**

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 - 39100 Bolzano (BZ)  
P.iva: 03057030219

## Sommario

<b>PREMESSA</b> .....	2
<b>1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b> .....	3
<b>2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b> .....	3
<b>3. ANALISI IDROLOGICA</b> .....	5
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	12

**PREMESSA**

La presente relazione idrologica è stata redatta nell'ambito dell'intervento **“REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.093,36 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 15.400,00 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA”** da realizzarsi nel Comune di Gravina in Puglia, in Provincia di Bari.

Le opere in progetto, ovvero l'area di posizionamento dei pannelli fotovoltaici, dei cavidotti, della Cabina Primaria e di tutte le opere connesse, da un punto di vista catastale interessano i seguenti fogli e particelle:

- Foglio 91, Particelle 328-329-330-331-332-333-351
- Foglio 72, Particella 431

Per quanto concerne la valutazione delle problematiche legate alla compatibilità geomorfologica ed idraulica dell'intervento, si è fatto riferimento, oltre che ad approfondimenti in letteratura, alle prescrizioni e ai vincoli stabiliti nelle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede Puglia. Tali valutazioni sono state riportate nella specifica *Relazione di compatibilità idrogeologica ed idraulica*, cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito oggetto di intervento è collocato a circa 8 km ad ovest dell'abitato di Gravina in Puglia, lungo il versante che borda in sinistra idrografica il Torrente Basentello. Nella Figura 1 è riportata la collocazione del parco fotovoltaico e degli altri interventi previsti in progetto.



Figura 1. Visualizzazione aerea dell'area con ubicazione del sito d'intervento (Google Earth).

Dal punto di vista cartografico, l'area in esame è individuabile tra gli elementi n. 453161, 453162, 454133 e 454134 della Carta Tecnica Regionale della Puglia in scala 1:5.000.

Con maggior dettaglio cartografico, il sito è inquadrato all'*Allegato 1 – Carta di ubicazione geografica dell'area di intervento*.

## 2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le incisioni che caratterizzano l'area di studio sono di origine torrentizia, con tempi di corrivazione alquanto brevi. Tale carattere è accentuato sia dalla scarsa permeabilità delle formazioni geologiche, sia dalla distribuzione delle precipitazioni, che risultano minime nei mesi primaverili ed estivi e molto più abbondanti nel periodo autunnale e invernale.

In corrispondenza dell'area di intervento sono state cartografate le principali incisioni che, sostanzialmente, fungono da vie preferenziali di deflusso delle acque meteoriche e che non rappresentano un particolare motivo di pericolosità idraulica (Figura 2).



**Figura 2. Principali linee di deflusso delle acque superficiali (reticolo idrografico principale) visibili dall'aerofotogrammetria nell'area di progetto**

Il grado di permeabilità dei terreni risulta essere abbastanza variabile in quanto:

- dove affiorano le unità a carattere prevalentemente argilloso, si hanno valori bassi e molto bassi (coefficiente  $K = 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec} \div 1 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ ). In genere, tali terreni assumono il ruolo idrostrutturale di acquitardo;
- dove affiorano le unità più sabbiose e conglomeratiche, il grado di permeabilità diventa medio-buono (coefficiente  $K = 1 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ ).

In generale, i caratteri litologici delle diverse unità, la loro giacitura e reciproca posizione, determinano una circolazione idrica sotterranea a più livelli, in cui si individua come acquifero principale quello localizzato entro i calcari mesozoici a grandi profondità, che costituisce la falda profonda estesa. Al di sopra dell'acquifero profondo, possono essere presenti acquiferi più superficiali, comunque attestati al contatto tra le litologie sabbioso-conglomeratiche e la formazione argillosa delle Argille di Gravina.

Pertanto, per il sito di progetto si esclude la presenza di falde stabili entro le profondità di interesse progettuale. Inoltre, le opere in progetto non avranno un impatto tale da poter influenzare negativamente le condizioni vigenti in termini di permeabilità dei terreni.

Nello specifico, la realizzazione dell'intervento in progetto:

- non comporterà un aumento delle condizioni di pericolosità insistenti sull'area, in quanto non prevede edificazione di strutture ad uso pubblico;
- non rappresenterà un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte;
- non comporterà effetti di impermeabilizzazione superficiale e non interferirà con le attuali condizioni di drenaggio dei terreni presenti in sito.

Per maggiore completezza si riporta, al Paragrafo successivo, l'analisi dei deflussi idrici superficiali basata sulla valutazione degli afflussi meteorici, in corrispondenza dell'area interessata dalla realizzazione del campo fotovoltaico.

### 3. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica di seguito riportata è stata effettuata, per un adeguato tempo di ritorno, adottando un metodo indiretto di stima che parte dalla definizione della durata dell'evento pluviometrico critico, non essendo disponibili misure dirette di portata.

L'area oggetto di studio presenta le caratteristiche riportate in Tabella 1.

**Tabella 1. Caratteristiche dell'area di intervento**

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>	<b>Descrizione</b>
L	0,72	km	Lunghezza principale dell'area di intervento
$z_m$	486	m s.l.m.	Altezza media dell'area di intervento
A	0,31	km <sup>2</sup>	Superficie complessiva
i	0,035	m/m	Pendenza media dell'asta principale

Le seguenti considerazioni verranno effettuate considerando un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 50 anni.

#### **Stima del tempo di corrivazione ( $t_c$ )**

Come noto, la durata di precipitazione critica per un dato bacino è quella pari al tempo di corrivazione del bacino stesso ( $t_c$ ), definito come il tempo necessario affinché l'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura possa raggiungere quest'ultima.

Per la stima di  $t_c$  sono note in letteratura diverse formule, tra cui una delle più utilizzate è quella di Giandotti. Questa formula lega il tempo di corrivazione alla superficie del bacino considerato (A), alla lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua (L) e all'altitudine media del bacino riferita alla sezione di chiusura (Hm).

Per tener conto della limitata estensione del bacino in esame (0,31 km<sup>2</sup>), si adotta la formula di Giandotti così come modificata da Aronica e Paltrinieri:

$$t_c = \frac{1}{0,8\sqrt{H_m}} \cdot \left( \frac{\sqrt{A}}{M \cdot d} \right) + 1,5L$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione [h]

$H_m$  = altitudine media del bacino nella sezione di chiusura [m]

$A$  = superficie complessiva [km<sup>2</sup>]

$L$  = lunghezza dell'asta principale [km]

$M$  = costante numerica funzione del tipo di copertura del suolo

$d$  = costante numerica funzione della permeabilità del terreno.

I valori di  $M$  e  $d$  possono essere ricavati dalla seguente Tabella 2.

**Tabella 2. Valori di  $M$  e  $d$  da utilizzare nella formula di Giandotti modificata**

<b>Tipo di copertura</b>	<b>M</b>
Terreno nudo	0.667
Terreni coperti con erbe rade	0.25
Terreni coperti da bosco	0.2
Terreni coperti da prato permanente	0.167
<b>Permeabilità</b>	<b>d</b>
Terreni semi-permeabili	1.27
Terreni poco permeabili	0.96
Terreni mediamente permeabili	0.81
Terreni molto permeabili	0.69

Nel caso in esame, date le caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino in oggetto, il calcolo del tempo di corrivazione viene effettuato utilizzando i seguenti valori:

**Tabella 3. Calcolo del tempo di corrivazione  $t_c$**

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>
$Z_{MAX}$	498	km
$Z_{MIN}$	475	m s.l.m.
$H_m$	11,5	m
$A$	0,31	km <sup>2</sup>
$L$	0,72	km
$M$	0,25	-
$d$	0,96	-
<b><math>t_c</math></b>	<b>1,25</b>	<b>h</b>

### Stima della precipitazione totale critica (P)

La valutazione dell'intensità di pioggia critica è stata effettuata tramite l'individuazione della Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP) caratteristica per l'area in esame. Tale curva è stata determinata attraverso le indicazioni fornite dal VAPI – progetto sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, che ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, al terzo livello di regionalizzazione, è stato suddiviso in sei aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

$$\text{Zona 1: } x(t, z) = 28.66 t^{[(0.720 + 0.00503 z) / 3.178]}$$

$$\text{Zona 2: } x(t) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } x(t, z) = 25.325 t^{[(0.0696 + 0.00531 z) / 3.178]}$$

$$\text{Zona 4: } x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5: } x(t, z) = 28.2 t^{[(0.628 + 0.0002 z) / 3.178]}$$

$$\text{Zona 6: } x(t, z) = 33.7 t^{[(0.488 + 0.0022 z) / 3.178]}$$

dove  $t$  rappresenta la durata della precipitazione e  $z$  l'altezza media della superficie considerata.



**Figura 3. Suddivisione in aree omogenee del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia**

L'area di intervento ricade nella zona omogenea 5, pertanto la CPP da adottare è la seguente:

$$\text{Zona 5: } x(t, z) = 28.2 t^{[(0.628 + 0.0002 z) / 3.178]}$$

Alla curva così determinata vanno applicati dei coefficienti moltiplicativi che riguardano il Fattore di Crescita  $K_T$  (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni) ed il Fattore di Riduzione Areale  $K_A$  (funzione della superficie del bacino, espressa in  $\text{km}^2$ , e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore). A favore di sicurezza, e data la modesta estensione dell'area in esame, il coefficiente  $K_A$  viene trascurato. Invece, con riferimento al GNDCI Linea 1 – *Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia* per la Regione Puglia, il coefficiente  $K_T$  può essere determinato come segue:

**Tabella 4. Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per le piogge in Puglia, per alcuni valori del tempo di ritorno  $T_R$**

<b><math>T_R</math> (anni)</b>	2	5	10	20	25	40	<b>50</b>	100	200	500	1000
<b><math>K_T</math> (piogge)</b>	0.91	1.26	1.53	1.81	1.9	2.1	<b>2.19</b>	2.48	2.77	3.15	3.43

Dunque, considerando un'altezza media del bacino pari a 486 m s.l.m., la CPP assume la seguente forma:

$$x = K_T \cdot 28,2 \cdot t^{0,228}$$

Pertanto, il valore della precipitazione totale critica ( $P$ ), espressa in mm, considerando un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 50 anni, si calcola come segue:

$$P = K_T \cdot 28,2 \cdot t_c^{0,228} = 2,19 \cdot 28,2 \cdot 1,25^{0,228} = 65 \text{ mm}$$

### Stima della portata critica

La determinazione della portata critica per il bacino in esame è stata condotta applicando il Metodo SCS-CN elaborato dall' U.S. Soil Conservation Service, adatto per bacini di estensione non superiore a 15-20  $\text{km}^2$ , che consente la determinazione della portata al colmo per un assegnato tempo di ritorno.

Il Metodo SCS-CN (Mishra & Singh, 2013, *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Springer Science & Business Media) si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico, assumendo che il rapporto tra il volume totale di deflusso ( $V$ ) e la precipitazione netta ( $P_n$ ) sia uguale al rapporto tra il volume idrico effettivamente immagazzinato dal suolo ( $W$ ) e la sua capacità massima di invaso ( $S$ ).

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

La precipitazione netta ( $P_n$ ) si ottiene decurtando dalla precipitazione totale ( $P$ ) le perdite iniziali ( $I_a$ ), dovute all'immagazzinamento superficiale, all'intercettazione operata dalla copertura vegetale e all'infiltrazione prima della formazione di deflusso.

I dati di letteratura consentono di correlare le perdite iniziali all'invaso massimo del suolo, secondo la seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

Dunque, tenendo conto delle definizioni sopra riportate, l'espressione che fornisce il volume di deflusso risulta:

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

Pertanto, l'applicazione del Metodo SCS-CN, per la stima del volume totale di deflusso (V), è condizionata dalla conoscenza della precipitazione totale critica (P), calcolata precedentemente, e dal massimo invaso del suolo (S), funzione delle caratteristiche idrologiche del suolo e delle sue condizioni di umidità antecedenti l'evento critico.

### **Stima del massimo invaso del suolo (S)**

Il calcolo del massimo invaso del suolo viene effettuato utilizzando la relazione fornita dal Soil Conservation Service, funzione del parametro CN:

$$S = 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ [mm]}$$

Il parametro *CN* (*Curve Number*) è un numero adimensionale variabile tra 100 (corpi idrici e suoli completamente impermeabili), dove la precipitazione si trasforma quasi completamente in deflusso, e circa 30 (suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione). Valori di *CN* uguali o prossimi allo 0, invece, idealizzano superfici completamente e perfettamente permeabili.

Il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America (*United States Department of Agriculture, USDA*) ha fornito delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro *CN* (Mishra & Singh, 2013, *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Springer Science & Business Media). Tali tabelle esprimono il suo valore in funzione delle caratteristiche idrologiche del suolo e del tipo di copertura vegetale del bacino. Pertanto, la stima di *CN* presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per tipo di copertura vegetale, a ciascuna delle quali attribuire l'appropriato valore di *CN*. Il valore di *CN* per l'intero bacino, da utilizzare nella relazione per la stima di S viene determinato come media pesata, con peso la superficie.

Nel caso in esame, dalle analisi delle caratteristiche geologiche dei terreni costituenti il bacino e considerando

la tipologia della copertura dello stesso, si assume per l'area interessata dall'impianto un suolo appartenente al gruppo idrologico C (Suoli con scarsa capacità di infiltrazione e potenzialità di deflusso moderatamente alta) ed un valore di CN(II) pari a 75.

Pertanto, il valore di massimo invaso del suolo risulta:

$$S = 85 \text{ mm}$$

A questo punto, utilizzando la sopra citata relazione e fissato un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 50 anni, è possibile calcolare il volume totale di deflusso che caratterizza l'area oggetto di intervento, il cui valore risulta pari a:

$$V = 17 \text{ mm}$$

Al fine di determinare la portata di picco (o portata critica), occorre valutare il tempo di ritardo  $t_L$ , generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluviogramma netto.

Il *USDA* ha dedotto empiricamente il rapporto tra  $t_L/t_c$ , dove  $t_c$  rappresenta il tempo di corrivazione. Tale rapporto è pari a 0,6 (Mishra & Singh, 2013, *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Springer Science & Business Media). Invece, per la stima del tempo di ritardo può essere utilizzata la formula di Mockus:

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

dove:

$t_L$  = tempo di ritardo [h]

L = lunghezza dell'asta principale [km]

s = pendenza del bacino considerato, espressa in termini percentuali

CN = Curve Number

Nel caso in esame, il parametro  $t_L$  è stato calcolato utilizzando i dati riportati in Tabella 5.

**Tabella 5. Determinazione del tempo di ritardo  $t_L$**

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>
L	0,72	km
s	0,035	-
CN	75	-
<b><math>t_L</math></b>	<b>3,92</b>	<b>h</b>

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  (espressa in  $m^3/s$ ) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare, per il quale è stato dimostrato sperimentalmente che il volume defluito durante la fase crescente, di durata  $t_a$  (tempo di accumulo, espresso in ore), è pari al 37,5 % del volume totale ( $V$ ). Pertanto, nota l'area del bacino  $A$  (espressa in  $km^2$ ), si può calcolare la portata al colmo utilizzando la seguente espressione:

$$Q_p = 0,208 \cdot \frac{V \cdot A}{t_a} \quad [m^3/s]$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$ , si effettua con la seguente relazione:

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

Per la stima di  $t_a$  si assume, come durata di pioggia critica, il tempo di corrivazione così come stimato in precedenza (ovvero  $t_p = t_c = 1,25$  h). Pertanto, il valore della portata al colmo risulta:

$$Q_p = 0,247 \text{ m}^3/s$$

#### 4. CONCLUSIONI

Scopo della seguente relazione è quello di valutare la compatibilità idrologica dell'area in cui si prevede di effettuare l'intervento di **“REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.093,36 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 15.400,00 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMIC PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA”**, afferente al Comune di Gravina in Puglia (BA).

I risultati dell'analisi idrologica evidenziano che il valore di portata meteorica, determinato per un tempo di ritorno pari a 50 anni, affluente all'interno del terreno destinato alla realizzazione dei pannelli fotovoltaici, dei cavidotti, della Cabina Primaria e di tutte le infrastrutture connesse, non determina la necessità di ricorrere alla realizzazione di opere di mitigazione per eventuali rischi derivanti. I terreni infatti, come già espresso, manterranno invariate le proprietà di permeabilità e saturazione, non alterando pertanto le caratteristiche geomorfologiche attuali.

**Di conseguenza, gli scriventi esprimono giudizio positivo sulla fattibilità degli interventi ingegneristici in progetto, in virtù della riscontrata compatibilità idrologica.**

Lavello, Febbraio 2021

I progettisti