

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE
"ENERGIA DELL'OLIO DI SEGEZIA"
 da 224,599 MWp a Troia (FG)



GR04

PROGETTO DEFINITIVO

R.01 RELAZIONE IDRAULICA



Proponente
Peridot Solar Green S.r.l.
 Via Alberico Albricci, 7 - 20122 Milano (MI)



Investitore agricolo superintensivo
OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.
 Via A. Bertani, 6 - 20154 (MI)



Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione
Progettista: Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Arch. Alessandro Visalli
Coordinamento: Arch. Riccardo Festa
Collaboratori: Urb. Daniela Marrone, Urb. Patrizia Ruggiero, Arch. Anna Manzo, Arch. Paola Ferraioli, Arch. Ilaria Garzillo, Agr. Giuseppe Maria Massa, Agr. Francesco Palombo



Progettazione elettrica e civile
Progettista: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto
Collaboratori: Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini



Progettazione oliveto superintensivo
Progettista: Agron. Giuseppe Rutigliano

Consulenza geologia
 Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologia
 MARE archeologia & restauro
 via O. Marchione n. 24, 81031 Aversa (CE)

| | rev | descrizione | formato | elaborazione | controllo | approvazione |
|----|-----|----------------|---------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| 06 | 00 | Prima consegna | A4 | Gaetano Ciccarelli | Gaetano Ciccarelli | Fabrizio Cembalo Sambiasi |
| 01 | 01 | Integr. MASE | A4 | Gaetano Ciccarelli | Gaetano Ciccarelli | Gaetano Ciccarelli |
| | 02 | | | | | |
| | 03 | | | | | |
| | 04 | | | | | |
| | 05 | | | | | |
| | 06 | | | | | |
| | 07 | | | | | |



INDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 2 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 3 |
| 2.1 | Localizzazione dell'area d'intervento..... | 3 |
| 2.2 | Pianificazione di assetto idrogeologico..... | 4 |
| 3 | QUADRO NORMATIVO..... | 7 |
| 4 | LOCALIZZAZIONE DELLE OPERE | 10 |
| 5 | STUDIO IDROLOGICO..... | 11 |
| 5.1 | Metodologia di calcolo della portata | 12 |
| 6 | METODO DI TRASFORMAZIONE IN DEFLUSSO – METODO RAZIONALE..... | 17 |
| 7 | INVARIANZA IDRAULICA E CONSIDERAZIONE SUL MODELLO IDRAULICO | 22 |
| 8 | CONCLUSIONI | 23 |

1 PREMESSA

La presente relazione riporta lo studio idrologico e la stima delle portate al colmo calcolate in corrispondenza delle sezioni di chiusura incidenti sull'area di interesse, finalizzate alla realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Energia dall'Olio di Segezia" situato nel Comune di Troia (FG).

Questo studio, come stabilito nelle prescrizioni del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Puglia, è stato realizzato per tre tempi di ritorno significativi: 30, 200 e 500 anni.

Lo studio idraulico effettuato ha consentito di evidenziare le aree di allagamento e di conseguenza le eventuali criticità dell'area.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 Localizzazione dell'area d'intervento

L'area oggetto di studio interessa il comune di Troia in provincia di Foggia.

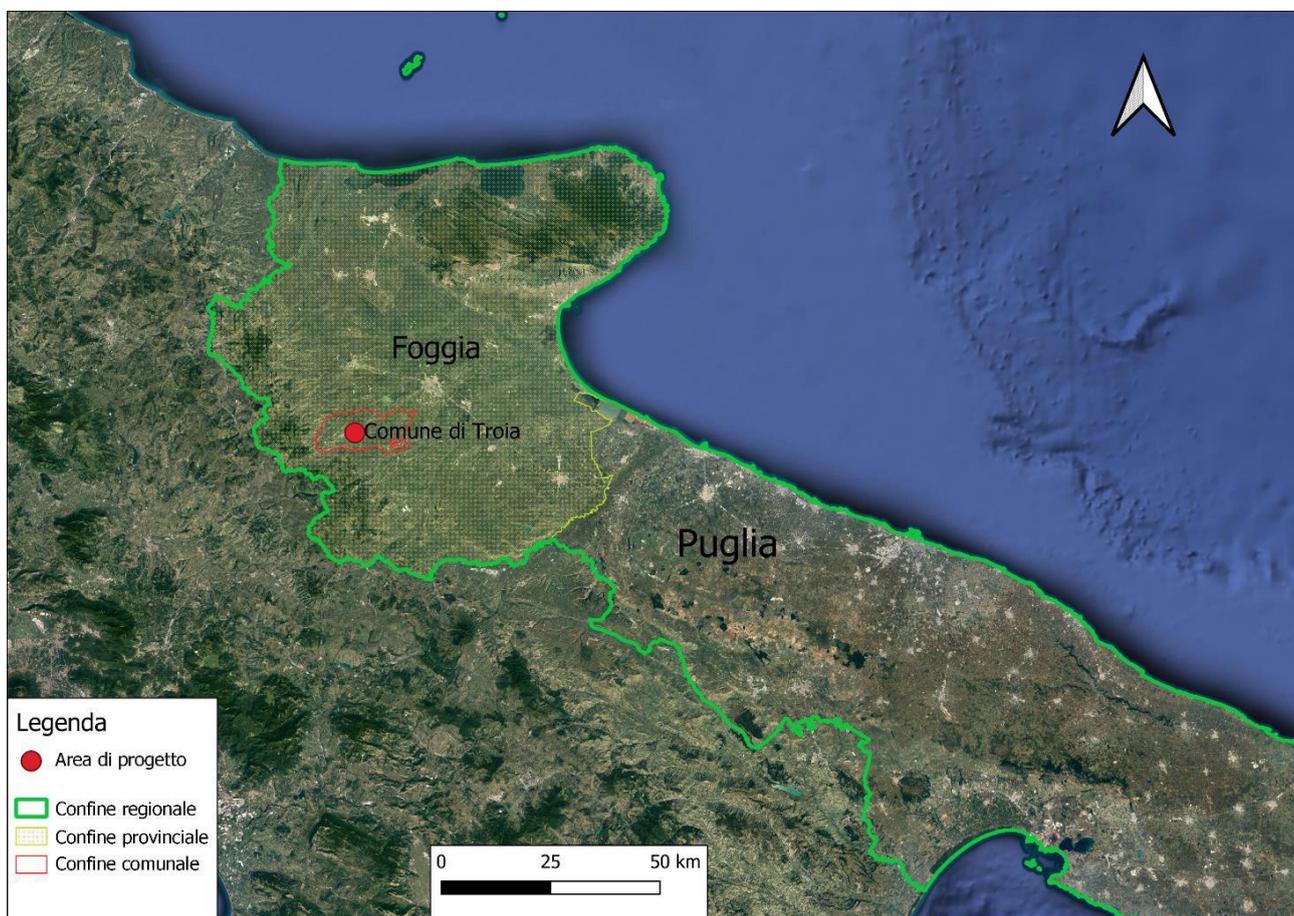


Figura 1 – Inquadramento generale

Il comune di Troia è situato a ridosso del Tavoliere delle Puglie, alle pendici del Subappennino Dauno. Dei sei ambiti territoriali omogenei di competenza dell' AdB pugliese, rientra nei Fiumi Settentrionali e l'area oggetto di studio in particolare sottende un reticolo affluente al fiume Cervaro.

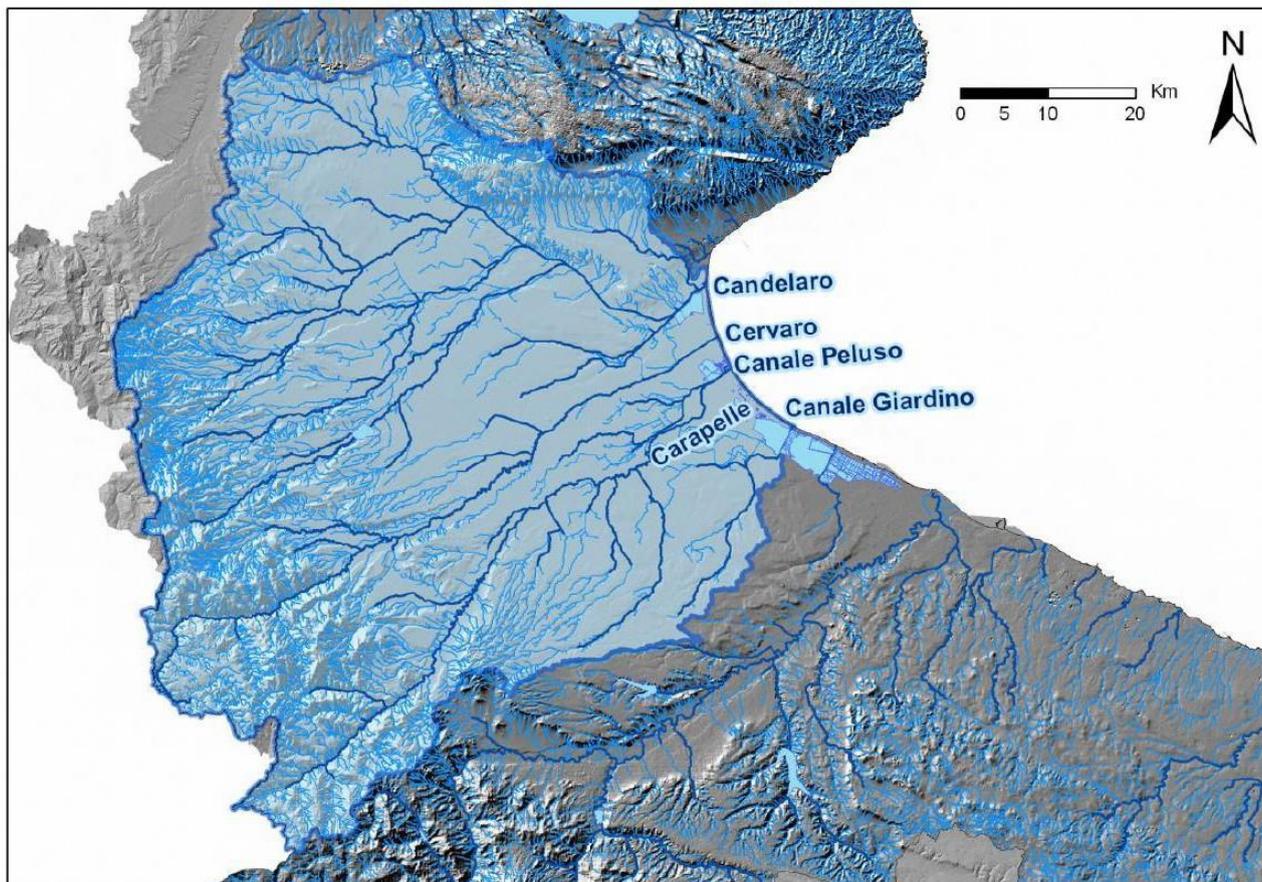


Figura 2 – Ambito territoriale Fiumi Settentrionali

2.2 Pianificazione di assetto idrogeologico

La Legge 183/1989 sulla difesa del suolo stabilisce che il bacino idrografico debba essere l'ambito fisico di pianificazione che consente di superare le frammentazioni e le separazioni finora prodotte dall'adozione di aree di riferimento aventi confini meramente amministrativi.

Il bacino idrografico è inteso come "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente" (art. 1).

L'intero territorio nazionale è pertanto suddiviso in bacini idrografici classificati di rilievo nazionale, interregionale e regionale.

Strumento di governo del bacino idrografico è il Piano di Bacino, che si configura quale documento di carattere conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Ai sensi dell'art. 17 comma 4 della L. 183/89 i Piani Stralcio di Bacino sono coordinati con i programmi nazionali, regionali e sub-regionali di sviluppo economico e di uso del suolo. Di conseguenza, le autorità competenti, in particolare, provvedono, entro dodici mesi dall'approvazione del Piano di Bacino, ad adeguare i piani territoriali e i programmi regionali previsti dalla L. 27 dicembre 1977, n. 984; i piani di risanamento delle acque previsti dalla L. 10 maggio 1976, n. 319; i piani di smaltimento di rifiuti di cui al D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915; i piani di cui all'articolo 5, L. 29 giugno 1939, n. 1497, e all'articolo 1-bis, D.L. 27 giugno 1985, n. 312, convertito, con modificazioni, dalla L. 8 agosto 1985, n. 431; i piani di disinquinamento di cui all'articolo 7, L. 8 luglio 1986, n. 349; i piani generali di bonifica.

Il Piano di Bacino, Stralcio di Assetto Idrogeologico per la regione Puglia, è stato approvato da parte del Comitato Istituzionale il 30 novembre 2005.

Dall'analisi dei documenti di riferimento per la pianificazione di assetto idrogeologico regionale (P.A.I.) parte dell'area di progetto ricade in porzioni di territorio a media e alta pericolosità. Si specifica comunque che per quanto riguarda la normativa vigente del PAI si è visto che la distanza dalle aree a rischio alto è osservata per l'impianto, mentre le opere di mitigazione – fasce di rispetto alberate, compreso la recinzione dei lotti d'intervento, essendo formate da reti a maglia larga e sostegni in ferro infissi nel terreno, non ostacolano il deflusso delle acque e quindi sono ammissibili nelle fasce a rischio alto, mentre nelle restanti fasce a rischio medio e basso. l'impianto fotovoltaico è ammissibile sia perché opera infrastrutturale strategica sia perché i tracher e piastre di fondazione non interferiscono con il deflusso delle acque. In merito al cavidotto, lo stesso dovrà essere posto interrato o sotto strada, in modo da non modificare in alcun modo il deflusso delle acque. Nei casi in cui il cavidotto intersechi il reticolo e non possa viaggiare sotto strada,

sarà possibile prevedere lo staffaggio all'impalcato, a condizione che venga effettuato sul lato di valle e senza che questo possa rappresentare ulteriore ostacolo al deflusso idrico.

3 QUADRO NORMATIVO

Tra i Distretti Idrografici individuati in Italia ai sensi dell'art. 64 del D Lgs 152/2006 in attuazione di quanto disposto dalla Direttiva 2000/60/CE il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, assume particolare e significativa valenza estendendosi in sette Regioni e coinvolgendo ben sette Autorità di Bacino tra le quali, per quanto di interesse nel presente studio, l' Autorità di Bacino della Puglia.

La pianificazione, già attuata in Italia a seguito della allora vigente L. 183/89, ha conseguito la redazione dei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) che hanno normato i principali aspetti relativi, anche, alla pericolosità e rischio idraulico connessi alle dinamiche fluviali.

La Direttiva 2007/60/CE, recepita in Italia con D. Lgs 49/2010, si inserisce a completamento ed aggiornamento del precedente quadro pianificatorio richiedendo, tra l'altro la redazione, a livello di Distretto Idrografico (art.63 D Lgs 152/2006), di un Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (in seguito PGRA) finalizzato in via prioritaria a:

1. Valutare preliminarmente il rischio di alluvioni;
2. Individuare le aree potenzialmente inondabili da alluvioni e redigere le mappe della pericolosità da alluvione e del rischio di alluvioni;
3. Predisporre il Piano di Gestione del rischio di alluvioni in relazione alle mappe di pericolosità individuate.

Le Autorità di Distretto sono state costituite con L. 221/2015 e conseguentemente all'Autorità di Bacino Nazionale sono state assegnate le funzioni di Autorità di Bacino Distrettuale, da assolvere con il contributo delle coordinate Autorità di Bacino Regionali e Interregionali per i territori di rispettiva competenza.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), a partire dalle caratteristiche del bacino idrografico interessato riguarda tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni: la prevenzione, la protezione e la preparazione, comprendendo al suo interno anche la fase di previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, oltre alla gestione in fase di evento.

Una parte del Piano è dedicata agli aspetti di protezione civile ed è redatta dalle Regioni, che in coordinamento tra loro e con il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, provvedono alla predisposizione ed attuazione del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idraulico.

Il PGRA individua gli obiettivi di gestione del rischio di alluvioni ed il sistema di misure di tipo strutturale e non strutturale, in cui le azioni di mitigazioni dei rischi connessi alle esondazioni dei corsi d'acqua, alle mareggiate e più in generale al deflusso delle acque, si interfacciano con le forme di urbanizzazione e infrastrutturazione del territorio, con le attività economiche, con l'insieme dei sistemi ambientali, paesaggistici e con il patrimonio storico-culturale. Gli **Obiettivi Strategici** della Gestione del Rischio di Alluvioni sono:

- salvaguardia della vita e della salute umana;
- protezione dell'ambiente;
- tutela del patrimonio culturale;
- difesa delle attività economiche.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è stato sottoposto alla procedura di **Valutazione Ambientale Strategica** da parte dell'Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno, ai sensi della Dir. 2001/42/CE, allo scopo di garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e di contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione e dell'adozione del Piano.

Il processo di partecipazione, informazione e consultazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni si è sviluppato sia a livello di Distretto che a livello delle singole Autorità di Bacino operanti nel Distretto. L' AdB Puglia ha preso parte attiva alle azioni di partecipazione, informazione e consultazione poste in essere in ambito del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale previste ai fini dell'attuazione della Direttiva 2007/60/CE.

Le Mappe della pericolosità (art. 6 D.L.gs 49/2010) individuano le aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni in base ai dati conoscitivi disponibili all'atto della loro elaborazione secondo tre scenari di pericolosità idraulica:

- **Alluvioni FREQUENTI - Elevata probabilità di accadimento:** Tempo ritorno eventi alluvionali $20 = T = 50$ anni e Livello di Pericolosità P3;
- **Alluvioni POCO FREQUENTI - Media probabilità di accadimento:** Tempo ritorno eventi alluvionali $100 = T = 200$ anni e Livello di Pericolosità P2;
- **Alluvioni RARE DI ESTREMA INTENSITA' - Bassa probabilità di accadimento:** Tempo ritorno eventi alluvionali $200 < T = 500$ anni e Livello di Pericolosità P1.

Le mappe della pericolosità idraulica riportano indicazioni relative a:

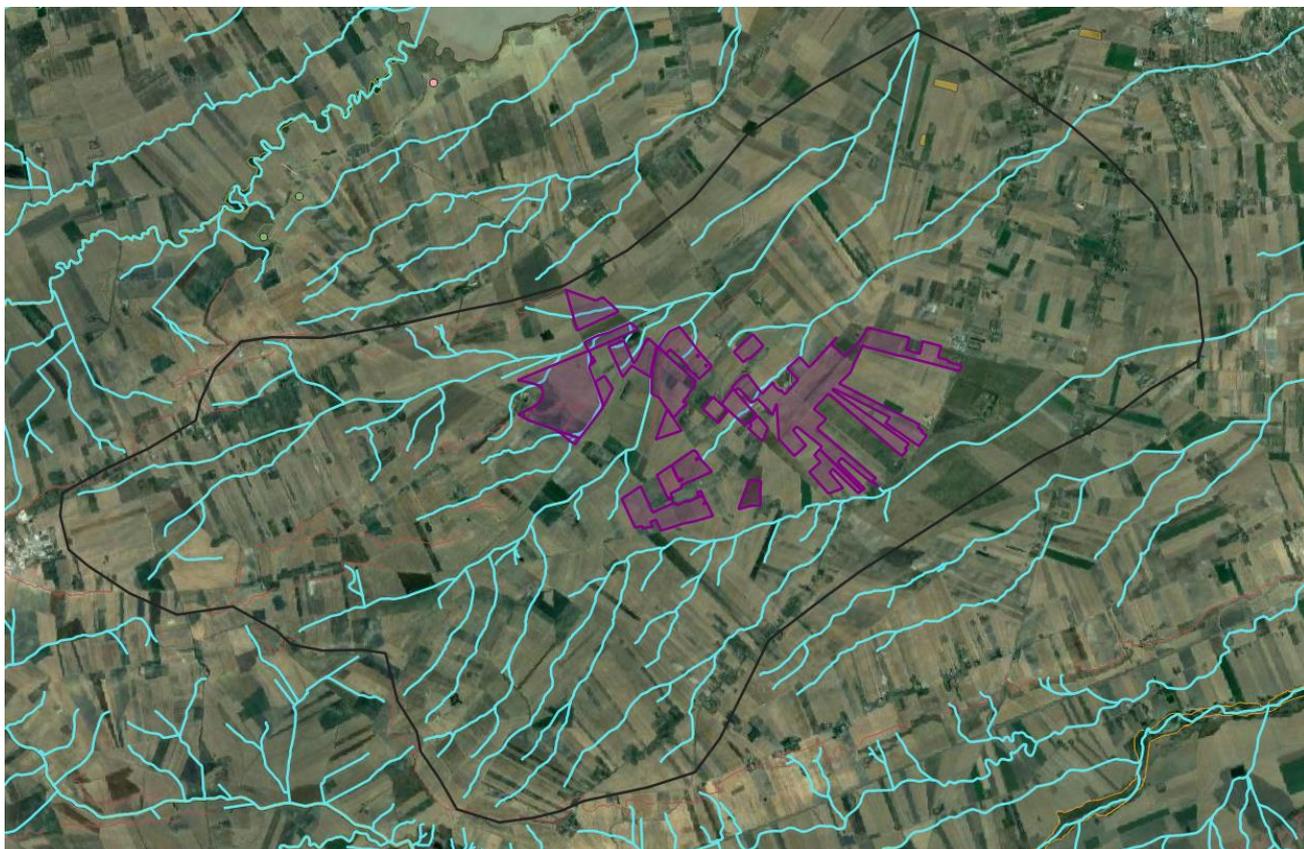
- a) estensione dell'inondazione;
- b) altezza idrica o livello;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Le mappe del rischio idraulico sono state elaborate tenuto conto delle mappe della pericolosità e delle mappe del danno potenziale dei beni esposti alle alluvioni. Tali mappe riportano indicazione sul numero di abitanti a rischio ed eventuale presenza di industrie a rischio potenziale di inquinamento.

Il PGRA del Distretto dell'Appennino Meridionale è stato adottato in data 17 dicembre 2015 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno integrato con i rappresentanti delle ulteriori Regioni presenti nel Distretto, come previsto dalla Direttiva europea 2007/60/CE, ed approvato dallo stesso in data 21/12/2016; l'elaborazione, l'aggiornamento e la revisione del Piano di Gestione del Rischio di alluvioni sono stati condotti con il coinvolgimento del pubblico e delle parti interessate, incoraggiandone la partecipazione attiva.

4 LOCALIZZAZIONE DELLE OPERE

Le opera in progetto sono localizzate in due aree parzialmente attraversate da piccoli canali secondari e alcuni artificiali.



5 STUDIO IDROLOGICO

Il bacino è definito come quella porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso una fissata sezione di un corso d'acqua definita sezione di chiusura del bacino. I limiti del bacino sono delineati da uno spartiacque che consiste in una linea di displuvio che attraversa la sommità dei rilievi e che lo separa dai bacini adiacenti. Lo spartiacque viene tracciato considerando le curve di livello di una carta topografica, individuando le culminazioni topografiche con maggiore quota.

Si è proceduto, innanzitutto, alla delimitazione del bacino idrografico tramite software GIS.

Successivamente, con l'analisi delle intensità di precipitazione sono stati estratti i dati relativi alle curve di probabilità pluviometrica per il tempo di ritorno associato. Gran parte dei metodi che l'idrologia propone in merito alla determinazione di eventi di piena, utilizzano modelli di trasformazione pioggia/portata.

Il calcolo delle portate di deflusso meteorico è stato effettuato con due dei metodi più affidabili ed accreditati disponibili in letteratura che sono il metodo razionale e il Curve Number del Soil Conservation Service, di seguito analizzati in dettaglio.

Tabella 1. Caratteristiche geometriche bacino

| Area [km ²] | Asta [km] | q med [m] | q min [m] | q max [m] | Pendenza media % |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| 29.9 | 11.5 | 190 | 114 | 365 | 1.12% |

5.1 Metodologia di calcolo della portata

Dato il carattere aleatorio degli eventi di pioggia, la descrizione del regime delle piogge intense si deve fondare su una analisi statistica delle osservazioni pluviometriche. In particolare, per ricercare la durata della pioggia critica e quindi l'intensità critica della pioggia è necessario conoscere la legge di variazione dell'intensità di pioggia al variare della durata. Per caratterizzare il grado di rarità (ovvero di probabilità che un evento si ripeta) dei valori di altezza pioggia h si fa ricorso al concetto di tempo di ritorno T_R . Per stimare un evento di piena di fissato tempo di ritorno, ovvero l'intervallo di tempo in anni per il quale un valore di altezza di pioggia assegnato è mediamente superato una volta, è indispensabile costruire un algoritmo che definisca l'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno; la determinazione di tale evento di precipitazione si ottiene attraverso l'elaborazione dei dati storici di eventi di pioggia misurati che portano alla definizione di una relazione detta "curva di probabilità pluviometrica" che si rappresenta usualmente con l'espressione monomia:

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

dove h è l'altezza di pioggia (mm), t è la durata (ore) ed a ed n sono parametri che variano a seconda della serie storica delle precipitazioni registrata nel bacino e si ricavano dall'analisi statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata.

I dati storici di precipitazione non sono altro che i dati relativi a piogge di breve durata e di massima intensità che annualmente vengono registrati dalle stazioni pluviometriche di durata pari a 1 – 3 – 6 – 12 - 24 ore.

La determinazione delle altezze di pioggia è stata condotta in conformità a quanto previsto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e dal Piano Gestione Rischio Alluvioni PGRA.

In particolare, si è scelto di effettuare un analisi di precipitazione:

- Metodo di Valutazione delle Piene (Va.Pi.);

5.1.1 Metodo VaPi

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

In definitiva il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

- Zona 1: $h(t,z)=26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]}$
- Zona 2: $h(t,z)=22.23 t^{0.247}$
- **Zona 3: $h(t,z)=25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$**
- Zona 4: $h(t,z)=24.70 t^{0.256}$
- Zona 5: $h(t,z)=28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]}$
- Zona 6: $h(t,z)=33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}$

dove:

- $h(t,z)$ = altezza di pioggia lorda;
- t = durata della precipitazione;
- z = quota media del bacino.

Il comune di Troia (FG) ricade nella sottozona 3.

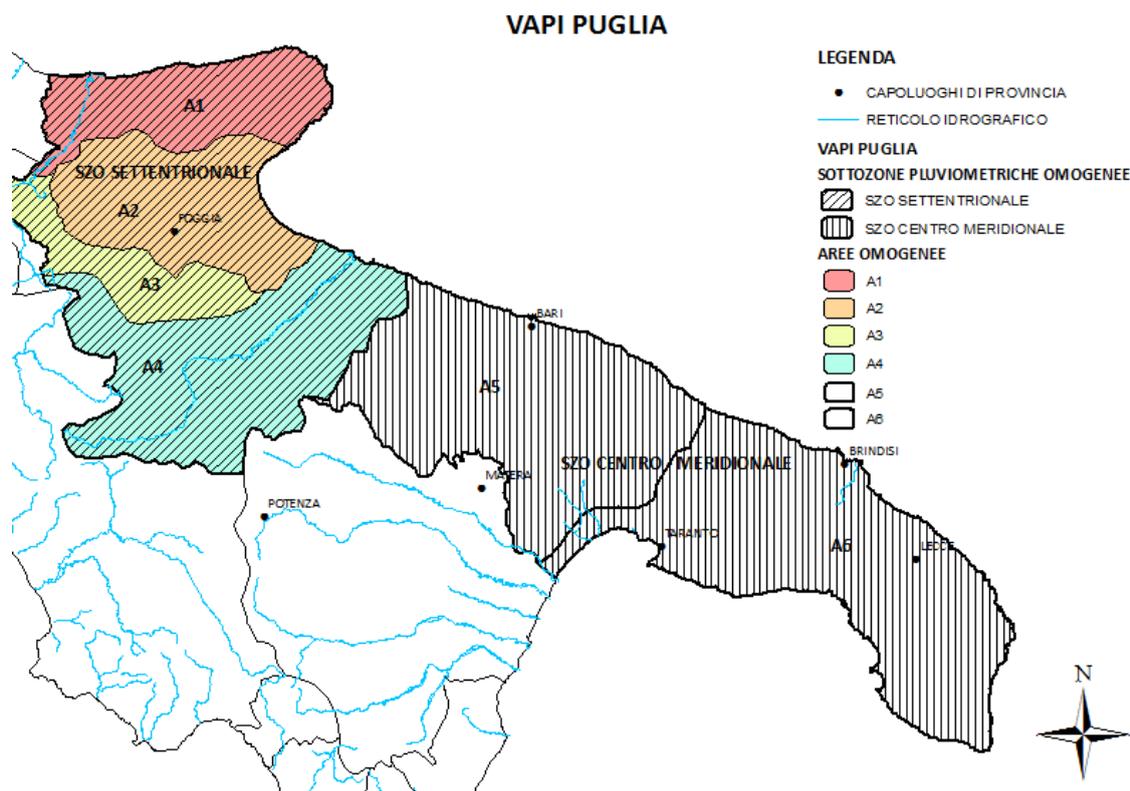


Figura 5 – Sottozone omogenee

Ai valori così ottenuti, è stato applicato il coefficiente moltiplicativo legato al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni) ricavato con i parametri della distribuzione TCEV.

Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito i valori di K_T tabellati.

Tabella 2 – Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|-----|-------------|-----|------|------|------|------|------|
| T_R [anni] | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| K_T | 0.91 | 1.26 | 1.53 | 1.81 | 1.9 | 1.98 | 2.1 | 2.19 | 2.48 | 2.77 | 3.15 | 3.43 |

Il valore in grassetto, non presente tra i valori tabellati, è stato ricavato dalla seguente.

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \ln T$$

Per le piogge, per valori del periodo di ritorno superiori a 5 anni, l'errore nell'uso della formula precedente in luogo della tabella è sempre inferiore al 3 %.

La procedura di estrazione dei valori di stima è stata effettuata tramite il foglio di calcolo AUTOIDRO realizzato da professori universitari delle regioni Basilicata, Campania e Puglia.

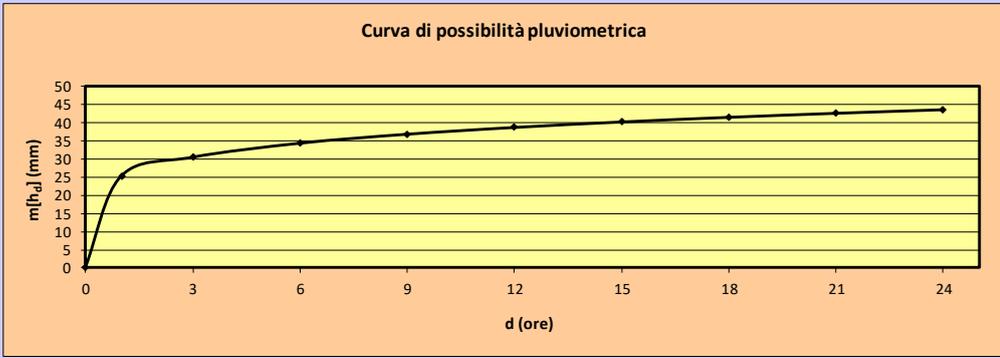
| Caratteristiche Bacino | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|---|---|-------|-------------------|-------|-------|
| Definire la sottozona omogenea di riferimento (2° livello di regionalizzazione) | | | Puglia Settentrionale | | | | | | ESEGUI | | |
| Definire l'area di studio (3° livello di regionalizzazione) | | | Area 3 | | | | | | APRI IMMAGINE SZO | | |
| Definire l'area e la quota del bacino idrografico | | | | | | | | | | | |
| A (Kmq) = | | 29.9 kmq | | Si assume l'ipotesi che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata. | | | | | | | |
| Z (m s.l.m.) = | | 190 m s.l.m. | | | | | | | | | |
| Calcolo del fattore di crescita | | | | | | | | | | | |
| d (ore) | | 1.8 | | | | | | | | | |
| APRI PARAMETRI DISTRIBUZIONE | | $T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/\theta_1} e^{-\eta K_T / \theta_1})}$ Valida per tutti i compartimenti | | | | | $T = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha} (K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$ Valida solo per Italia Nord Occidentale | | | | |
| T (anni) | | 500 | | | | | | | | | |
| K _T (giornaliere) | | 3.15 | | | | | | | | | |
| T (anni) | | 2 | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 |
| K _T (giornaliere) | | 0.91 | 1.26 | 1.53 | 1.98 | 2.19 | 2.48 | 2.77 | 2.93 | 3.15 | 3.43 |
| Calcolo della pioggia indice | | | | | | | | | | | |
| Parametri | | a (mm/ora) | n(Z) | | | | | | | | |
| | | 25.30 | 0.172 | | | | | | | | |
| m(h _d) = a · d ^{n(z)} = | | 28.00 | mm | | | | | | | | |
| Calcolo del fattore di riduzione areale | | | | | | | | | | | |
| ARF [1] = 1 - e ^(-1.1d^{1/4}) + e ^(-1.1d^{1/4}-0.01A) | | | ARF [2] = 1 - (1 - e ^(-c₁·A)) · e ^{(-c₂·d^{c₃)}} | | | ARF [3] = a + (1 - a) · e ^(-b·A) | | | | | |
| Parametri | | c ₁ | c ₂ | c ₃ | | | | | | | |
| | | 0.0021 | 0.53 | 0.25 | | | | | | | |
| ARF [2] | | 0.97 | | | | | | | | | |
| Massima altezza di pioggia annuale | | | | | | | | | | | |
| T (anni) | | 500 | | | | | | | | | |
| h _d (T,d) (mm) | | 85.18 | | | | | | | | | |
| T (anni) | | 2 | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 |
| h _d (T,d) (mm) | | 24.67 | 34.13 | 41.46 | 53.56 | 59.28 | 67.07 | 74.87 | 79.43 | 85.18 | 92.98 |
| Curva di possibilità pluviometrica | | | | | | | | | | | |
| d (ore) | | 0 | 1 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| m[h _d] (mm) | | 0.00 | 25.30 | 30.57 | 34.45 | 36.94 | 38.82 | 40.34 | 41.63 | 42.75 | 43.74 |
|  | | | | | | | | | | | |

Figura 6 – Codice di calcolo AUTOIDRO – VAPI

6 METODO DI TRASFORMAZIONE IN DEFLUSSO – METODO RAZIONALE

Il metodo razionale viene usato per il calcolo della massima portata defluente dalla sezione di chiusura del bacino, conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su tutta l'area in un certo intervallo di tempo. Alla base di tale metodologia vi è l'assunzione di una serie di ipotesi semplificative:

- 1) La pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
- 2) La precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- 3) Il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

Se la durata della pioggia t è minore di t_c , non tutto il bacino contribuirà contemporaneamente alla formazione del deflusso; alla fine della precipitazione (istante t) tutte le parti più distanti del bacino non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di controllo e quando questo avverrà, dopo un intervallo di tempo $t_c - t$, le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno cessato di impegnare la stessa. Viceversa, se la pioggia ha una durata $t > t_c$, tutto il bacino contribuirà contemporaneamente al deflusso per un intervallo di tempo $t - t_c$ in cui la portata resterà costante e pari al valore massimo.

Si riporta di seguito uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione). Per un tempo di pioggia pari a quello di corrivazione, l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.

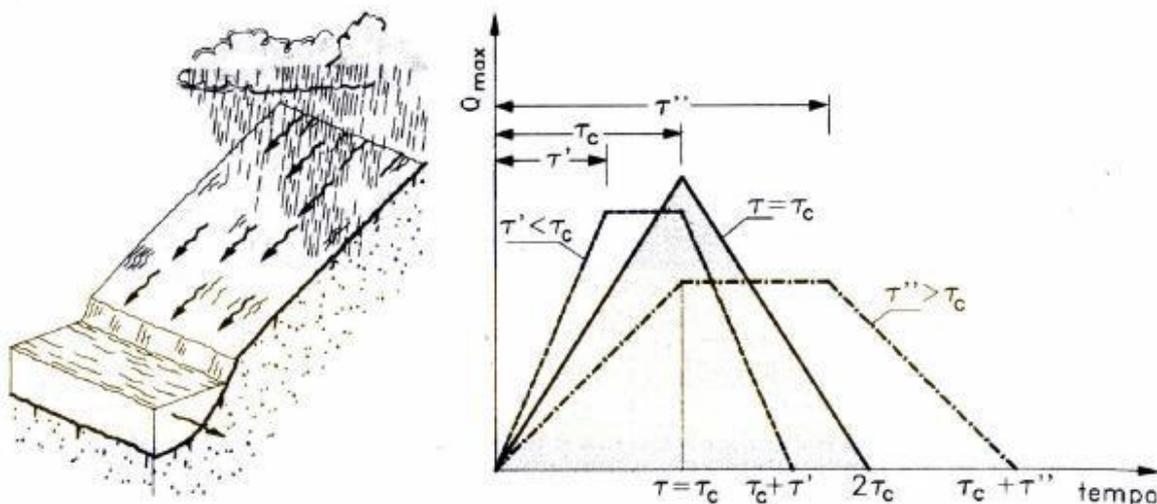


Figura 10 – Schema deflusso

Il tempo di corrivazione è inteso quale tempo intercorrente fra l'inizio della pioggia efficace (cioè, che dà luogo ai deflussi superficiali) ed il colmo della piena, ritenuto uguale al tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino pervenga alla sezione di chiusura. Esso costituisce un parametro del modello indipendente dalla portata e dal tempo. Tale parametro risulta di difficile determinazione, ma come ampiamente consolidato in letteratura, si assume che la durata della precipitazione critica sul bacino coincida con il tempo di corrivazione del bacino stesso; nella letteratura tecnica vengono riportate numerose formulazioni, tutte legate alle caratteristiche morfologiche e fisiografiche del bacino. Tra le formule più comunemente usate, per piccoli bacini, ci sono:

Tabella 6 – Tempo di corrivazione

| Tempo di corrivazione T_c [ore] | |
|-----------------------------------|---|
| Kirpich | $t_c = 0.0662 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}^{0.77}$ |
| Pezzoli | $t_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{i_m}}$ |
| Puglisi | $t_c = 6 \cdot L^{1/3} (h_{max} - h_{min})^{-1/3}$ |
| Ventura | $t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$ |
| Pasini | $t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$ |
| Viparelli | $t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V}$ |
| Tournon | $t_c = 0.396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}} \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{i_m}{i_b}} \right)^{0.72}$ |

Dove:

- t_c = tempo di corrivazione [h];
- L = lunghezza asta principale;
- i_m = pendenza media asta;
- i_b = pendenza media del bacino idrografico;
- H_{max} = quota massima bacino;
- H_{min} = quota sezione di chiusura;
- A = area bacino;
- V = velocità media deflusso all'interno del canale [1÷1,5].

Ottenuti i tempi di corrivazione con diversi metodi, sono state “tagliate le ali”, cioè, sono stati esclusi i valori estremi per eccesso o per difetto. Si è scelto di calcolare il tempo di corrivazione tramite la formula di Puglisi ed è di 4.84.

L’espressione analitica per la valutazione della portata di piena assume la seguente forma, meglio conosciuta come formula di “Turazza” o “Razionale”:

$$Q = 0.2778 \frac{C \cdot h_c \cdot A}{t_c}$$

con:

- Q = portata di piena [m³/s];
- C = coefficiente di deflusso [adimensionale];
- h= altezza di pioggia [mm];
- A= superficie scolante [km²];
- tc= tempo di corrivazione [ore];
- 0.2778 = fattore di omogeneizzazione delle unità di misura.

Il valore del coefficiente di deflusso assume particolare importanza all'interno della modellazione, rappresentando la percentuale di portata che contribuirà al deflusso finale.

Il VaPi riporta una formula funzione della percentuale di bacino impermeabile per la stima del coefficiente di deflusso.

$$C = 0.09 + 0.47 * (1 - p. p.)$$

Il coefficiente di deflusso ipotizzato, posta una frazione ad elevata permeabilità bacino pari a 0.1, è di 0.513.

Tabella 8 - Portate metodo razionale

| Tc | h [ore] | | | C | Portata [m3/s] | | |
|------|---------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | h30 | h200 | h500 | | Q30 | Q200 | Q500 |
| 2.56 | 53.56 | 74.87 | 85.18 | 0.513 | 47.13 | 65.91 | 74.99 |

7 INVARIANZA IDRAULICA E CONSIDERAZIONE SUL MODELLO IDRAULICO

L'intervento previsto in progetto non comporta una variazione né di permeabilità dei terreni né del coefficiente di deflusso. Ciò è dovuto al fatto che le stringhe di pannelli da installare non rendono impermeabile il suolo, più di quanto non lo sia già in condizioni ante operam, poiché non si tratta di vera e propria urbanizzazione dove si creeranno superfici completamente impermeabili.

Ciò comporta che l'opera in progetto non crea incremento di deflusso superficiale delle acque, non alterando l'equilibrio idrologico ed idraulico, considerato che le stesse acque vengono drenate naturalmente nei fossi e negli impluvi naturali già esistenti. Si evidenzia che la presenza delle strutture di progetto (stringhe di pannelli inclinati e posti ad una prestabilita altezza dal suolo) garantisce una protezione al consumo di suolo in termini di erosione, in quanto l'energia posseduta dalla pioggia zenitale viene dissipata nell'urto con i pannelli.

Con la realizzazione del progetto, effettivamente, si ha una trasformazione dell'uso del suolo che, però, non comporta in alcun modo la riduzione della permeabilità superficiale; pertanto, non sono previsti interventi relativi all'infiltrazione o alla ritenzione e accumulo delle acque, in quanto non si avrà alcuna significativa variazione del coefficiente udometrico tra la fase ante operam e post operam.

8 CONCLUSIONI

Lo studio interessa un'area nel comune di Troia, provincia di Foggia, per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Energia dall'Olio di Segezia".

Dalla visione degli elaborati ed i dati sulle precipitazioni è possibile affermare che le uniche superfici interessate da un deflusso significativo sono quelle all'interno dei canali. Per tale ragione, si ritiene appropriato mantenere una distanza di sicurezza tra i canali e le opere di non meno di 15 metri. Un'ulteriore misura di salvaguardia può essere quella di prevedere piantumazioni erbacee permanenti sottostanti le stringhe di pannelli, che garantiscano un'ulteriore protezione del suolo contro i fenomeni di erosione. Infine, risultano necessari interventi di manutenzione dei canali che mantengano una opportuna scabrezza ed una sufficiente sezione di deflusso. La distanza di 15 metri tra le opere ed i canali è funzionale anche ad una agevole manutenzione degli alvei.

In merito all'invarianza idraulica ed idrologica, l'intervento previsto non comporta una variazione né di permeabilità dei terreni né del coefficiente di deflusso. Ciò è dovuto al fatto che le stringhe di pannelli da installare non rendono impermeabile il suolo, più di quanto non lo sia già in condizioni ante operam, poiché non si tratta di vera e propria urbanizzazione dove si creano superfici completamente impermeabili. Si evidenzia che la presenza delle strutture di progetto (stringhe di pannelli inclinati e posti ad una prestabilita altezza dal suolo) garantisce una protezione al consumo di suolo in termini di erosione, in quanto l'energia posseduta dalla pioggia zenitale viene dissipata nell'urto con i pannelli.

Napoli, Gennaio 2024

CG Associati s.r.l.s
architettura ingegneria geologia