

Comune di Melfi
Provincia di Potenza, Regione Basilicata

MELFI CAMARDA SOLAR PARK S.R.L.

Viale Francesco Restelli 3/7
20124 Milano (MI)
PEC: nrgsolar6@pec.it

Impianto Agrivoltaico "MELFI CAMARDA 15.9" MELFICAM15.9_25 – RELAZIONE IDROLOGICA

IL TECNICO	IL PROPONENTE
INGEGNERE Luca GIANANTONIO Ordine Ingegneri della Provincia di Taranto - n. 2703 lucagiana74@gmail.com	MELFI CAMARDA SOLAR PARK S.R.L. Viale Francesco Restelli 3/7 20124 Milano (MI) P. IVA 02367550684 PEC: nrgsolar6@pec.it
RESPONSABILE TECNICO BELL FIX PLUS SRL Cosimo TOTARO Ordine Ingegneri della Provincia di Brindisi - n. 1718 elettrico@bellfixplus.it	
	

DICEMBRE 2023

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO.....	6
4. INDAGINE IDROLOGICA.....	11
5. CURVA DI PROBABILITA' DI PIOGGIA.....	12

1. PREMESSA

La presente Relazione descrive le caratteristiche idrologiche del sito di installazione dell’impianto denominato “Impianto Agrivoltaico Melfi Camarda 15.9” della potenza di 19.978,20 kWp, proposto in questa sede e previsto in agro di Melfi nella provincia di Potenza, da realizzare con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino con una potenza di picco di 660 Wp.

La Società Proponente intende realizzare un impianto “agrivoltaico” nel Comune di Melfi (PZ), ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario e adottare anche soluzioni volte a preservare la continuità delle attività agricola e pastorale sul sito di installazione.

La vendita dell’energia prodotta dall’impianto fotovoltaico sarà regolata da criteri di “market parity”, ossia avrà gli stessi costi, se non più bassi, dell’energia prodotta dalle fonti tradizionali (petrolio, gas, carbone).

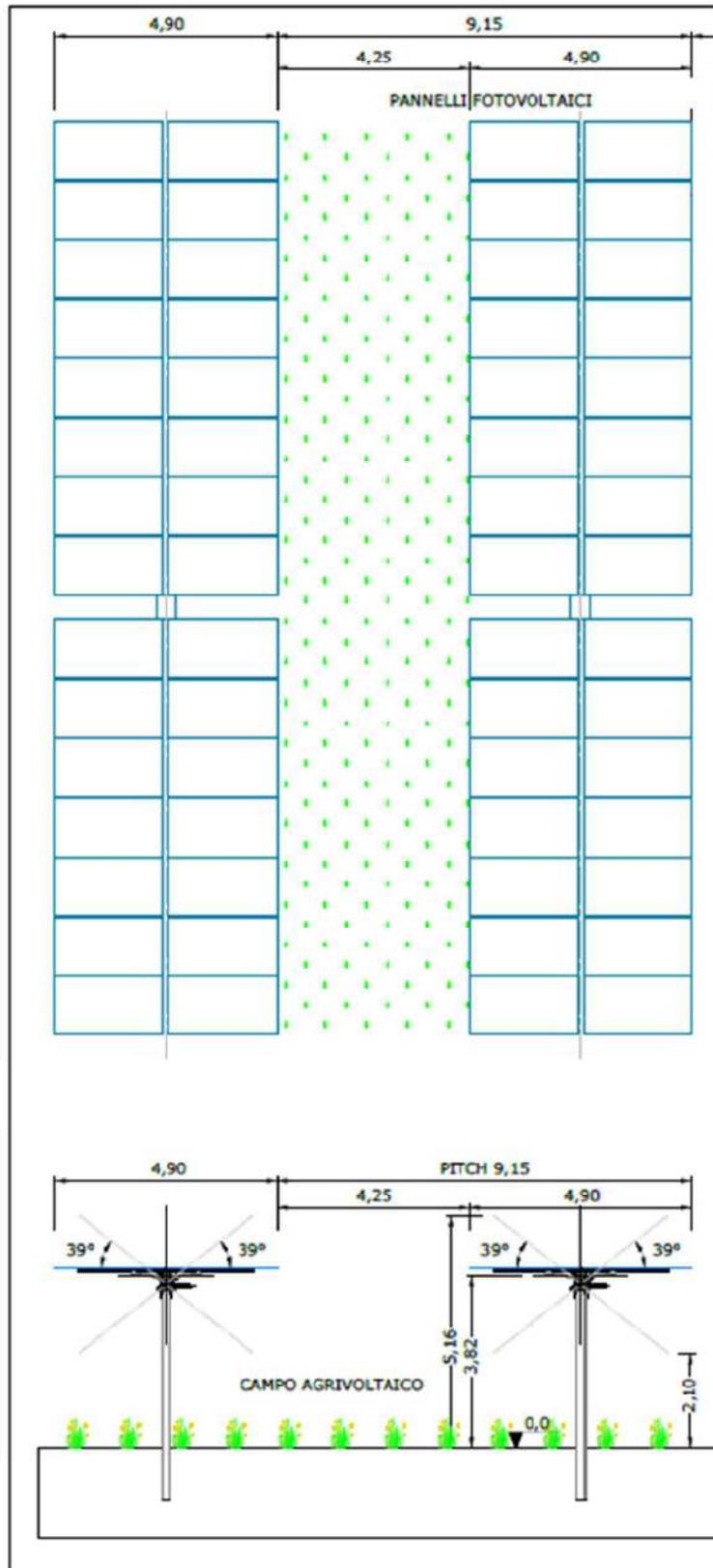
Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, inseguitori solari), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell’intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

Oltre a dare un contributo importante all’energia futura pulita, i parchi solari possono fornire un rifugio per piante e animali. In contesti di abbandono e impoverimento delle terre i parchi solari possono avere un positivo impatto sulla diversità biologica. Sebbene i progetti di costruzione comportino un temporaneo disturbo della flora e della fauna esistenti, con gli impianti agrivoltaici c’è la possibilità di migliorare la qualità degli habitat per varie specie animali e vegetali e persino di crearne di nuovi. In particolare, sono stati esaminati alcuni recenti studi americani che analizzano gli impatti dell’installazione di un impianto fotovoltaico sulle capacità di rigenerazione e di sviluppo dello strato di vegetazione presente al suolo.

L’obiettivo della società Proponente è quello di rendere fattibile e realistico il binomio tra energia rinnovabile e produzione agricola-zootecnica e quindi di valorizzazione del terreno individuato.

I punti focali del progetto “agrivoltaico” sono:

1. Mitigazione dell’impianto con una fascia perimetrale produttiva di olivi;
2. Piantumazione di filari di lavandino tra i trackers;
3. Apicoltura.



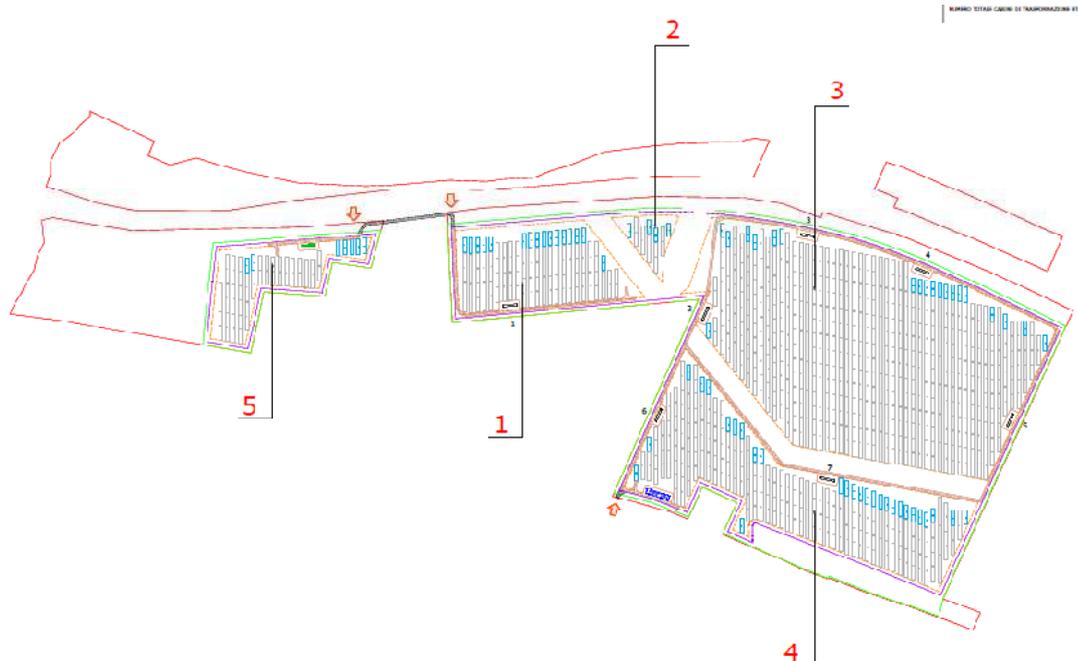
Esempio di piantumazione tra le fila di Tracker

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

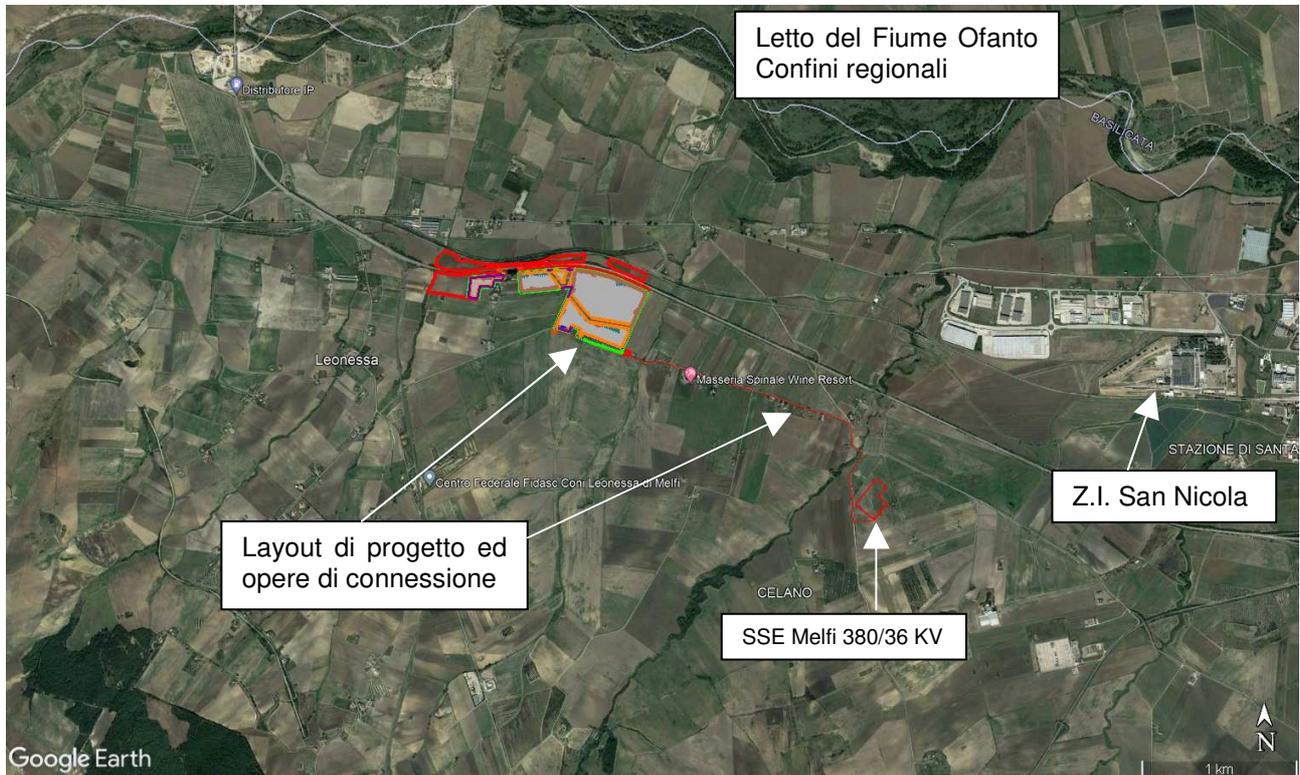
Le opere in progetto occupano alcuni lotti agricoli adiacenti un tronco della S.S. n°655 Potenza – Melfi, a poco più di un chilometro di distanza dalla zona industriale San Nicola di Melfi:



La soluzione progettuale prevede la realizzazione di un impianto diviso in “campi” di pannelli fotovoltaici e relative attrezzature, cinti da reti metalliche e filari di alberature per la mitigazione ambientale:

**Layout di progetto**

I campi FV saranno connessi tra loro e convoglieranno l'energia elettrica prodotta alla stazione elettrica “SSE Melfi”, distante poco più di un chilometro dal sito di impianto, tramite un cavo interrato da posare al bordo della viabilità pubblica esistente.



3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

L'impianto agrivoltaico ricopre una superficie di circa 28,47 ettari, si prevede una potenza in DC di 19.978,20 kWp mentre la potenza di immissione massima sarà pari a 15.900,00 kW.

L'impianto sarà realizzato con 467 strutture (tracker) in configurazione 2x30 e 75 strutture in configurazione 2x15 moduli in verticale con pitch pari a 9,15 m. In totale saranno installati 30.270 moduli fotovoltaici monocristallini della potenza di 660 W cadauno.

I tracker saranno fissati al suolo tramite pali infissi direttamente “battuti” nel terreno. Questa tipologia di struttura evita in generale l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

Le stringhe fotovoltaiche, derivanti dal collegamento dei moduli, saranno da 30 moduli; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture con cavi esterni graffiati alle stesse. Le stringhe saranno disposte secondo file parallele e collegate direttamente a ciascun ingresso degli inverter distribuiti multistringa.

L'energia viene convertita negli inverter, trasformando la tensione da 1500Vcc (continua) a 800 Vca (alternata) e viene trasportata, con linee indipendenti per ciascun inverter, per mezzo di cavi BT a 800 V direttamente interrati alle cabine di trasformazione BT/AT che innalzano la tensione da 800 V a 36kV. Le varie cabine di trasformazione BT/AT saranno raggruppate in dorsali AT che confluiranno nella cabina di ricezione di campo, per mezzo di linee elettriche in cavo interrato elettrificate a 36 kV.

La STMG (Codice pratica MyTerna 202300412) prevede che l'impianto verrà collegato in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Melfi".

Ciascun inverter verrà collegato al quadro di parallelo inverter, collocato nello scomparto di bassa tensione nelle cabine di trasformazione, della tipologia plug-and-play, preassemblate in fabbrica, trasportabile in sito pronte per essere installate.

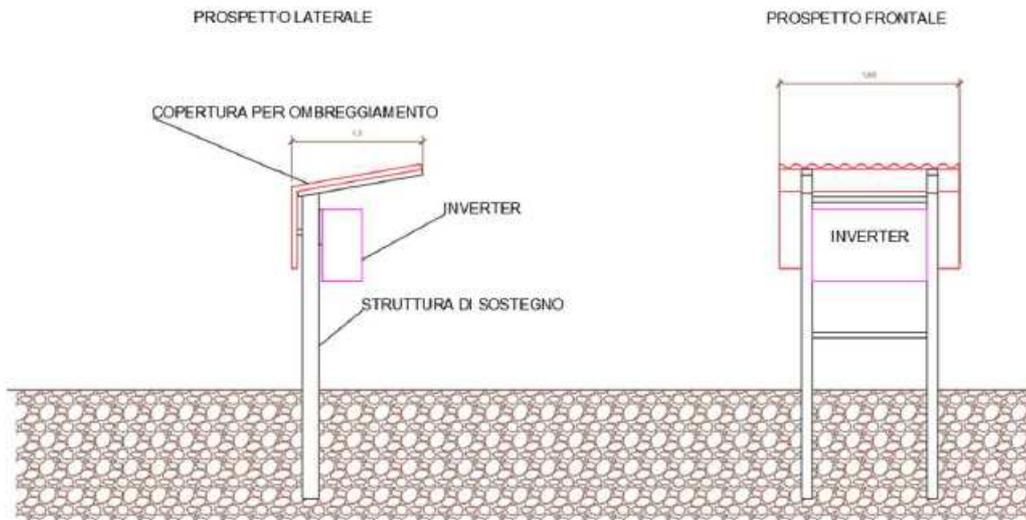
Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e sovratensione impulsiva al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I.

L'impianto fotovoltaico così descritto sarà dotato di sistema di monitoraggio e controllo dell'impianto, sistema di illuminazione perimetrale e area cabine, impianto antintrusione (videosorveglianza, allarme e gestione accessi).

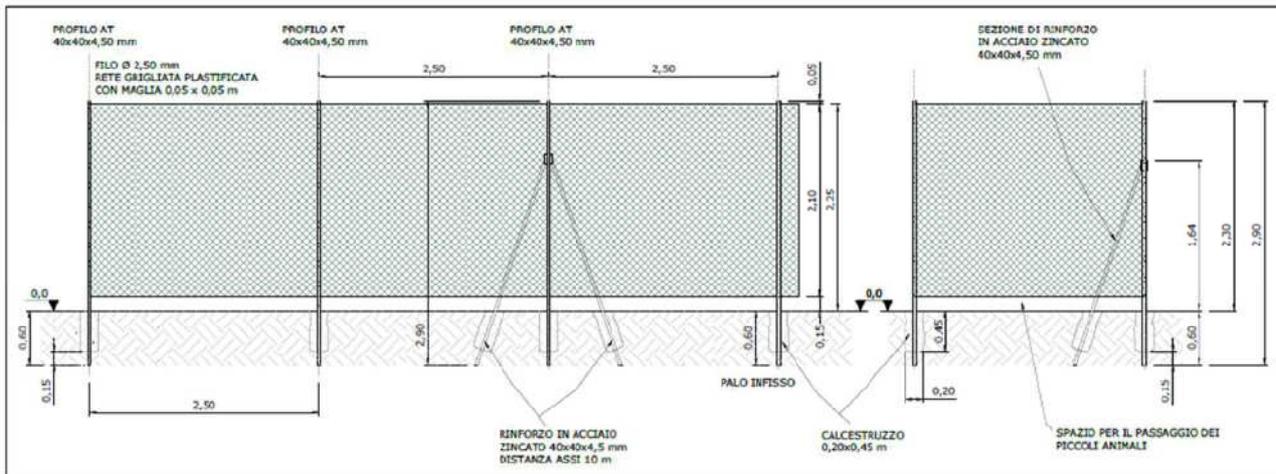
Tutte le opere civili necessarie alla corretta collocazione degli elementi dell'impianto e al fine di garantire la fruibilità in termini di operazione e mantenimento dell'impianto nell'arco della sua vita utile, si traducono in:

- recinzione perimetrale a maglia metallica plastificata di altezza pari a ca. 2,25 ml dal terreno con circa 15 cm come misura di mitigazione ambientale, con pali a T infissi 60 cm;
- viabilità interna al parco larghezza di 3,5 metri realizzata con un materiale misto cava di cava o riciclato spessore ca. 30-50cm;
- minima regolarizzazione del piano di posa dei componenti dell'impianto fotovoltaico (strutture e cabinati) in ogni caso con quote non superiori a 0,5 metri, al fine di non introdurre alterazioni significative della naturale pendenza del terreno;
- scavi a sezione ampia per la realizzazione della fondazione delle cabine elettriche e della viabilità interna e a sezione ristretta per la realizzazione delle trincee dei cavidotti AT, BT e ausiliari, in ogni caso fino a 1,3 metri all'interno delle aree recintate;
- canalizzazioni all'ingresso delle cabine, cavi inverter e cabine, cavi perimetrali per i sistemi ausiliari;
- basamenti dei cabinati (cabine di trasformazione BT/AT e cabine di ricezione) e plinti di fondazione delle palificazioni per illuminazione, videosorveglianza perimetrale e recinzione;
- pozzetti per le canalizzazioni perimetrali e gli accessi nelle cabine di trasformazione;
- opere di piantumazione officinale del terreno, piantumazione fascia arborea di protezione e separazione utile al sistema agrivoltaico;

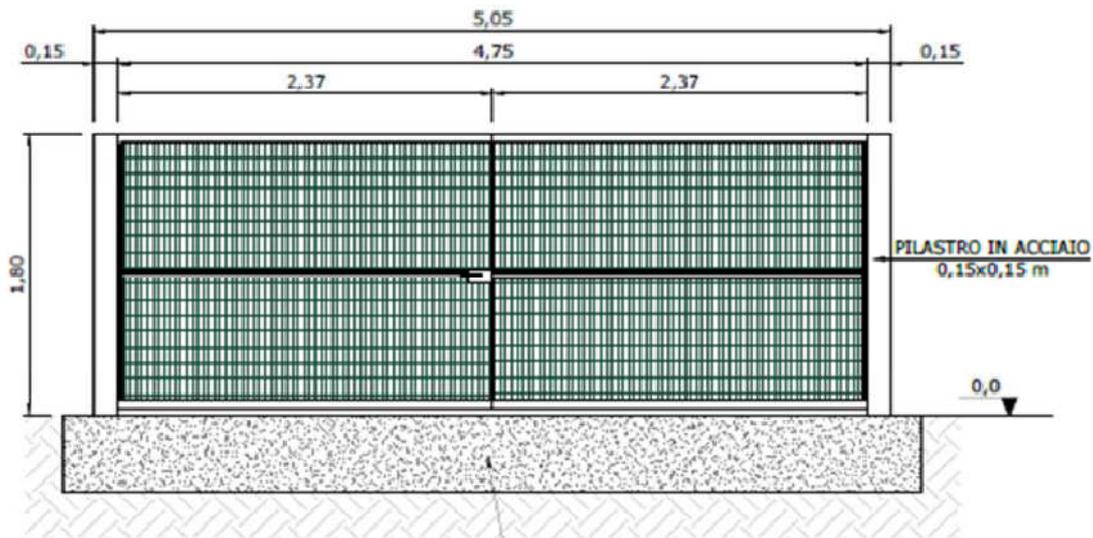
- eventuali drenaggi in canali aperti a sezione ristretta, a protezione della viabilità interna e delle cabine, nel caso si riscontrassero basse capacità drenanti delle aree della viabilità interna o delle aree di installazione delle cabine.



Tipologico delle strutture di supporto degli inverter



Tipologico recinzioni perimetrali

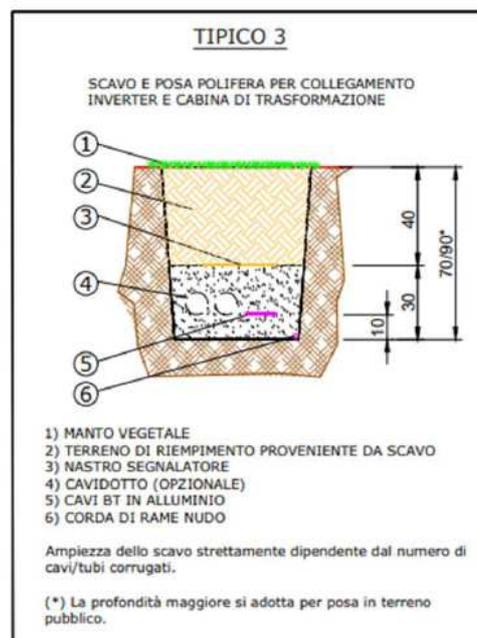


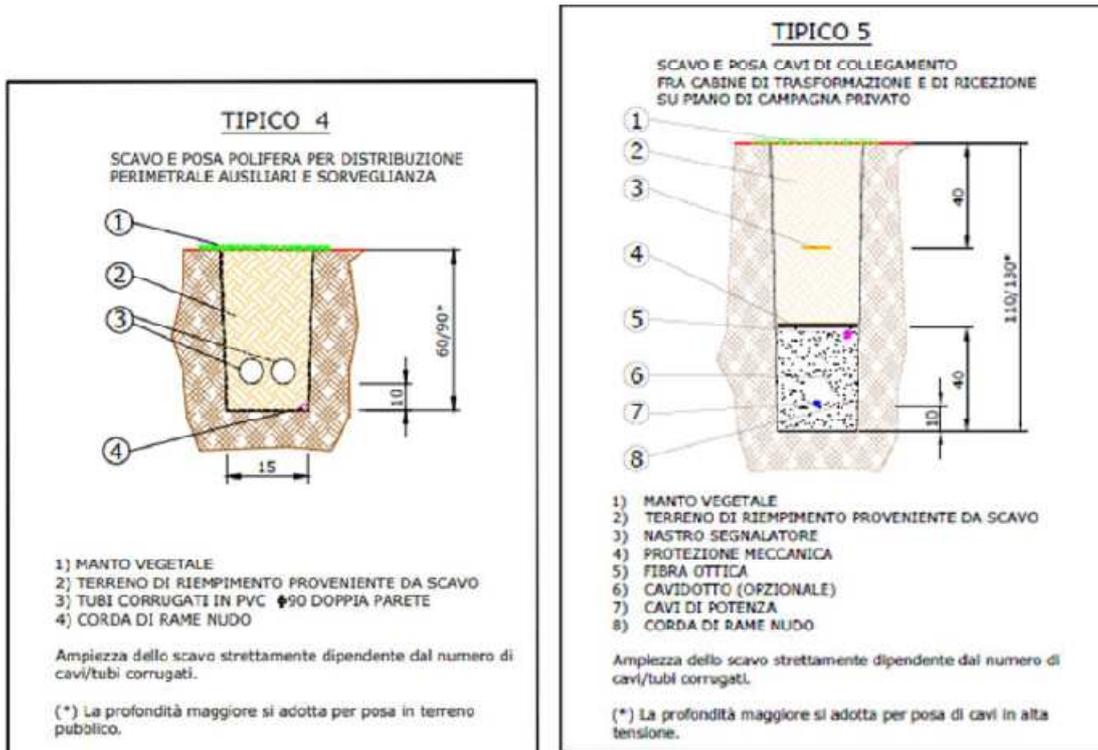
TRAVE DI FONDAZIONE IN CEMENTO ARMATO

Tipologico cancello carrabile

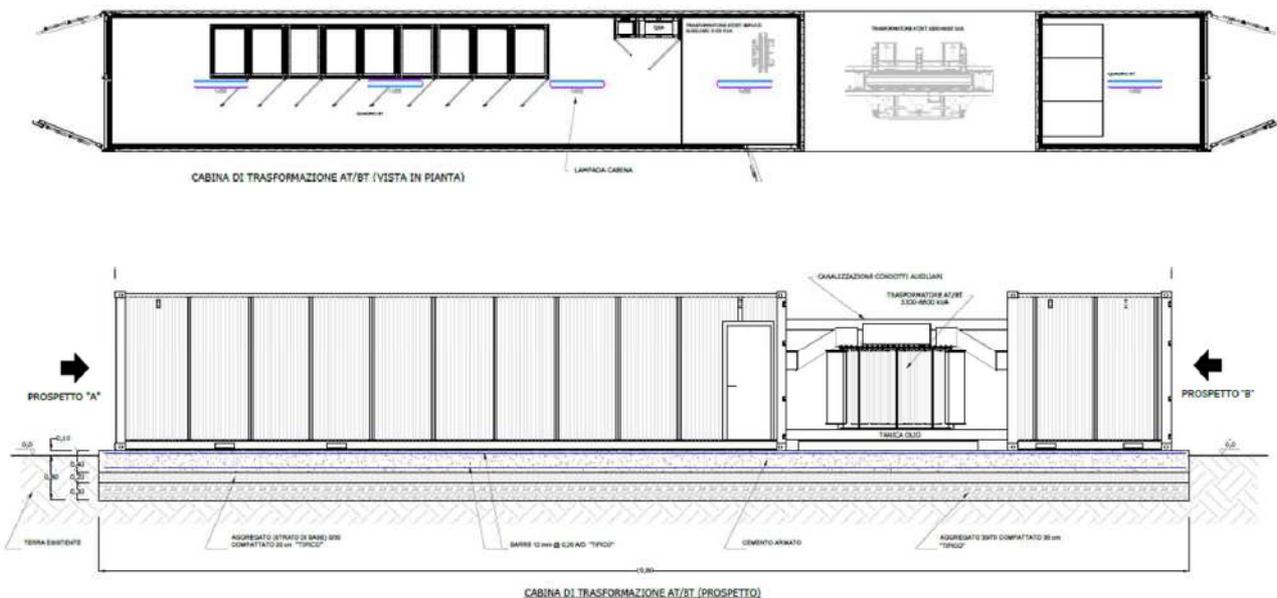


Viabilità interna - Pacchetto stradale





Tipologico scavi per posa cavidotti



Cabine di trasformazione AT/BT – pianta e prospetto

**Cabina di ricezione, sezionamento e controllo - pianta**

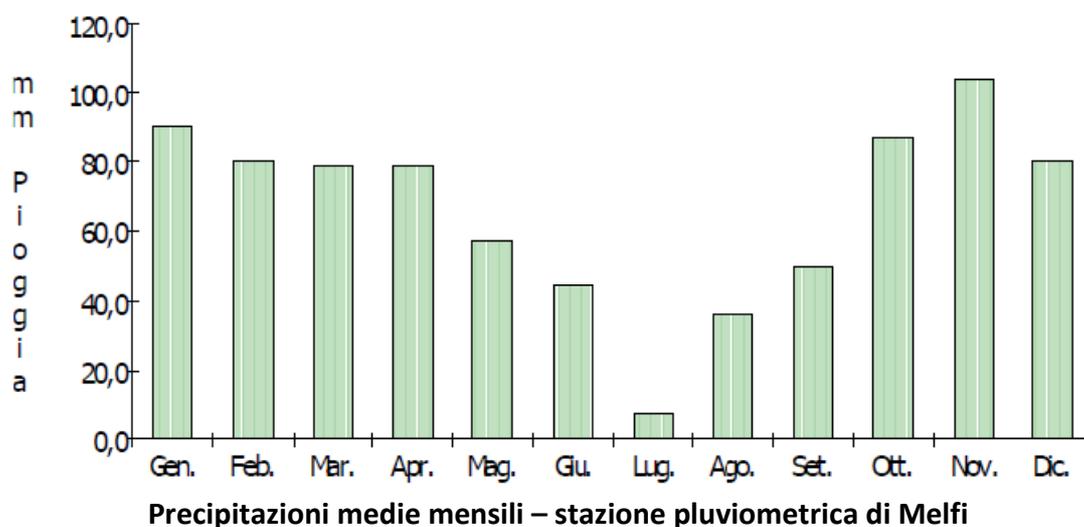
Per quanto riguarda le opere a verde, sono proposti i seguenti interventi progettuali:

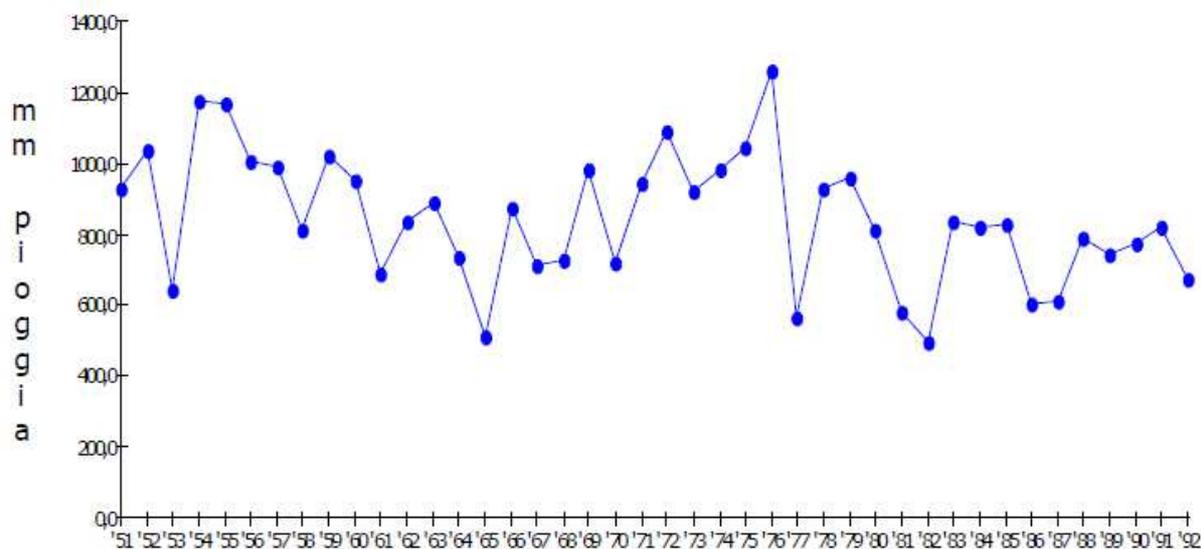
- Piantumazione di filari di piante officinali (lavanda/lavandino) tra i trackers, che potranno attrarre le api per la produzione in loco di un miele aromatico, raro, pregiato e molto richiesto;
- Piantumazione di olivi lungo il perimetro dell'impianto e dentro la recinzione;
- Al fine di ottimizzare le operazioni di valorizzazione ambientale ed agricola dell'area a completamento di un indirizzo programmatico gestionale che mira alla conservazione e protezione dell'ambiente nonché all'implementazione delle caratterizzazioni legate alla biodiversità, si intende avviare un allevamento di api stanziale.

4. INDAGINE IDROLOGICA

Da zona interna, che risente solo parzialmente dell'azione temperata del mare, e con altimetria di poco superiore ai 500 metri, Melfi si ritrova ad avere un clima temperato fresco, con piogge irregolari e presenti perlopiù nelle stagioni autunnale e invernale.

Di seguito si riportano in formato grafico le medie mensili ed annue delle precipitazioni per la stazione pluviometrica MELFI (latitudine 40°59'39", longitudine 3°11'53"E), relative al periodo 1951-1992:



**Precipitazioni annue – stazione pluviometrica di Melfi**

Il minimo pluviometrico coincide con l'estate, particolarmente nei mesi di luglio e agosto, durante i quali la media delle precipitazioni si mantiene tra i 4.0 ed i 30.0 mm mensili. Per quanto riguarda le precipitazioni annue, si evince che negli ultimi 10 anni del periodo considerato vi è una diminuzione complessiva del regime pluviometrico, e che si accentua con una certa ciclicità ogni 3-4 anni con diminuzioni di circa il 20% rispetto ai valori massimi.

5. CURVA DI PROBABILITA' DI PIOGGIA

Lo studio idrologico dell'area in esame è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica applicando il metodo VAPI Puglia. Difatti il sito di indagine, pur appartenendo al territorio comunale di Melfi e, di conseguenza, alle competenze amministrative della Regione Basilicata, ricade nel bacino idrografico afferente il Fiume Ofanto, è ricompreso nella “zona omogenea di terzo livello n° 4” delle 6 zone omogenee in cui è suddiviso il territorio pugliese nella metodologia VAPI ed appartiene al territorio di competenza della ex Autorità di Bacino della Regione Puglia ed interregionale del fiume Ofanto, ad oggi confluita nella AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Il metodo VAPI deriva da un modello di regionalizzazione, ovvero che prevede la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico e che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I., le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale.

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i parametri ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea. Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata “ $X_{d,TR}$ ” viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno TR e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno TR ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell’ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all’interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno TR ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata.

L’indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione. Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e Λ_1 , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

Per la Puglia settentrionale, l’espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R$$

Per la Puglia centro-meridionale, l’espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R$$

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell’analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo “ a ” ed “ n ” due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Per l’intera regione pugliese si hanno 6 zone omogenee di 3° livello:

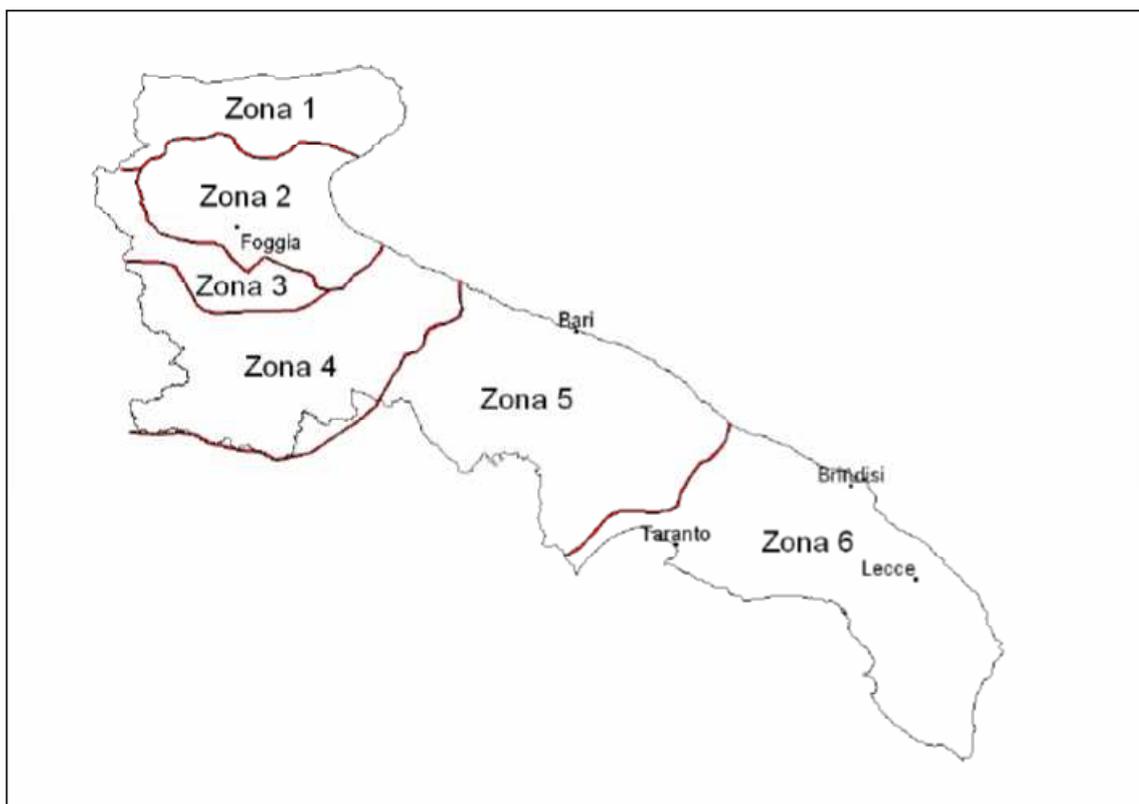
- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(Xg)$ e le quote sul mare h:

ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln a - \ln a)/\ln 24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

Correlazione tra $\mu(Xg)$ e la durata di precipitazione

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;

Nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione. Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese – Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

**Zone omogenee del terzo livello di regionalizzazione**

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(Ch+D+\ln \alpha - \ln a) / \ln 24}$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N > 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati di seguito:

Zona	μ	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (KT) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d)$$

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si colloca nella **zona 4**. Pertanto si è applicata la relazione rappresentativa di tale zona omogenea, utilizzando i relativi valori della tabella appena riportata.

Quindi, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica caratteristiche del sito di indagine si adotta la seguente relazione:

$$X(T,z) = 24,70 t^{0.256}$$

L'espressione della curva per eventi meteorici caratterizzati da tempo di ritorno pari a 30 anni risulta essere:

$$H(t)_{30} = 47.35 t^{0.256}$$

L'espressione della curva per eventi meteorici caratterizzati da tempo di ritorno pari a 200 anni risulta essere:

$$H(t)_{200} = 71.56 t^{0.256}$$

L'espressione della curva per eventi meteorici caratterizzati da tempo di ritorno pari a 500 anni risulta essere:

$$H(t)_{500} = 83.25 t^{0.256}$$

Taranto, li 13/12/2023

Il Tecnico

ING. Luca GIANANTONIO