

Comune di: POGGIO IMPERIALE

Provincia di: FOGGIA

Regione: PUGLIA



PROPONENTE

NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA srl
Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 MILANO (MI)

OPERAZIONE

ID:10650 – Integrazioni – PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 20.013,84 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

“SOLARE POGGIO IMPERIALE – NEOEN”

OGGETTO

TITOLO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

DATA:

25/01/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: REL (RELAZIONI)

REL 009

PROGETTISTI

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.
Via di Selva Candida, 452 - 00166
ROMA
Ing. Fernando Sonnino Project Manager



Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI:

Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



01	202201272	ID: 10650 Integrazioni Istanza VIA e AU – Modifica potenza	Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
00	202201272	Emissione per Progetto Definitivo	Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

INDICE:

PREMESSA.....	1
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
2. CARATTERISTICHE CLIMATICHE	6
2.1 Bilancio idrologico	9
3. CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE.....	11
3.1 Aree esondabili	18
3.2 Dissesto idrogeologico	20
4. CARATTERISTICHE acque superficiali	21
4.1 Calcolo della portata di massima piena	26
5. CARATTERISTICHE ACQUE SOTTERRANEE	27
CONCLUSIONI.....	36
BIBLIOGRAFIA.....	37
SITOGRAFIA.....	37

PREMESSA

La Neoen Renewables Italia Srl, con sede a Milano in Via Giuseppe Rovani n.7, ha affidato allo scrivente l'incarico di eseguire delle analisi idrologiche ed idrogeologiche nell'area d'intervento per la realizzazione di un impianto agrivoltaico nel Comune di Poggio Imperiale (FG).

Dette indagini si rendono necessarie al fine di valutare la fattibilità dell'intervento in progetto e fornire utili dati ed indicazioni per la stesura della presente Relazione Idrologica ed Idrogeologica.

Nella presente relazione saranno presentate le indagini svolte, analizzati i risultati ottenuti e descritto il modello idrologico ed idrogeologico del sito. Detto modello sarà sviluppato in modo da costituire un utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche idrologiche ed idrogeologiche a piccola e grande scala.

Da un punto di vista normativo, il contesto è in continua evoluzione anche per il recepimento di direttive comunitarie nell'ordinamento giuridico nazionale e regionale.

Vale la pena ricordare ad esempio la direttiva CE/2000/60, che ha portato alla redazione del Piano di Gestione delle Acque distrettuale, al fine di raggiungere al 2015 il buono stato ambientale dei corpi idrici superficiali e sotterranei. La principale fonte normativa nell'ambito in oggetto è sicuramente il D.lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale", noto anche come testo unico ambientale.

La realizzazione di un'opera edilizia può comportare delle modificazioni ambientali e, in tal senso, uno degli aspetti più importanti riguarda certamente le condizioni di circolazione dell'acqua nei mezzi porosi e/o fratturati che vengono interessati dall'opera in costruzione. Le problematiche sono generalmente riconducibili a due aspetti principali: la stabilità dell'opera e le conseguenze che l'intervento provoca sulla circolazione idrica sotterranea.

Nelle NTC18 (Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018) si fa riferimento anche alla componente idrogeologica, richiamando la necessità della ricostruzione dei caratteri idrogeologici del territorio. La circolare esplicativa specifica che la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve fornire lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Il modello idrologico ed idrogeologico di riferimento descritto è stato validato e supportato da indagini specifiche proporzionate, nello specifico, all'importanza dell'opera.

La presente Relazione Idrologica ed Idrogeologica è strutturata nei seguenti paragrafi:

Premessa

- Inquadramento geografico;
- Caratteristiche climatiche;
- Caratteristiche geomorfologiche;
- Caratteristiche idrologiche;
- Caratteristiche idrogeologiche;
- Pericolosità e rischio idrogeologico;
- Conclusioni.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il panorama geografico della Puglia è alquanto vario, ma è comunque possibile suddividere la regione in undici areali naturali, distinti per componenti fisico-ambientali, storico-insediative e culturali che ne connotano l'identità di lunga durata.

Gli undici ambiti di paesaggio sono stati individuati, nel PPTR, attraverso la valutazione integrata di una pluralità di fattori, quali:

- la conformazione storica delle regioni geografiche;
- i caratteri dell'assetto idrogeomorfologico;
- i caratteri ambientali ed ecosistemici;
- le tipologie insediative: città, reti di città, infrastrutture, strutture agrarie;
- l'insieme delle figure territoriali costitutive dei caratteri morfotipologici dei paesaggi;
- l'articolazione delle identità percettive dei paesaggi.

Gli ambiti di paesaggio rappresentano un'articolazione del territorio regionale in coerenza con il Codice dei beni culturali e del paesaggio (art. 135, comma 2, del Codice).



Figura 1-1. Schema delle regioni naturali della Puglia. In alto a destra, la location map.

Inoltre, è possibile suddividere la regione Puglia in sette areali naturali, distinti per caratteri fisico-biologici e per netta delimitazione da parte di confini orografici.

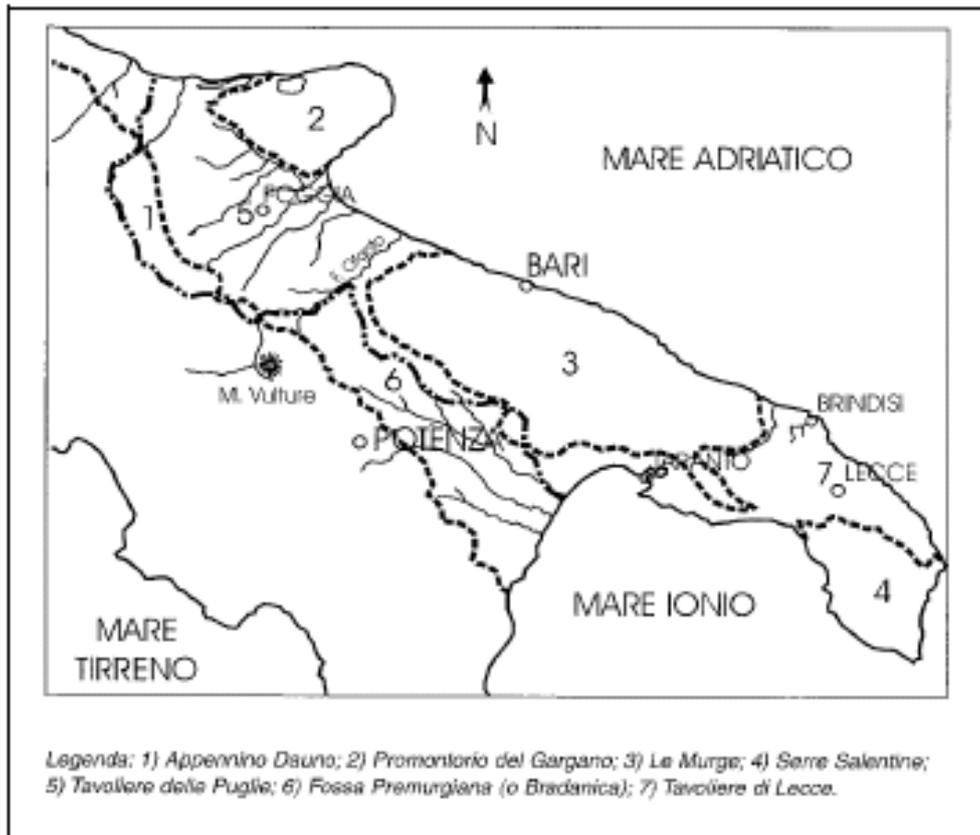


Figura 1-2. Schema delle regioni naturali della Puglia.

Tre di queste aree costituiscono la provincia di Foggia:

- Appennino Dauno: l'unica area del territorio pugliese con caratteri montuosi (M. Cornacchia 1.152 m; M. Cristiano 1.105 m; Monte S. Vito 1.015m);
- Gargano: promontorio carbonatico, lo sperone d'Italia, con elevazione massima intorno ai 1.000 m (M. Calvo 1.055 m; M. Nero 1.024 m);
- Tavoliere: la seconda più vasta pianura dell'Italia peninsulare, costituito da depositi terrigeni plio-pleistocenici.

Nella figura seguente, sono stati riportati le componenti e gli ambiti del PPTR. Tale strumento, rappresenta ben al di là degli adempimenti agli obblighi nazionali, un'operazione unica di grande prospettiva, integrata e complessa che prefigura il superamento della separazione fra politiche territoriali, identificandosi come processo "proattivo", fortemente connotato da metodiche partecipative e direttamente connesso ai quadri strategici della programmazione, i cui assi prioritari si ravvisano su scala europea nella competitività e sostenibilità.

L'area che ospiterà l'impianto in progetto ricade nel territorio del Comune di Poggio Imperiale (FG), da cui dista circa 8 km a NO rispetto ad Apricena. Essa è posta a circa 5 km a S di Lesina (FG).

L'area di impianto è racchiusa nel reticolo di strade:

- S.P. 39 a N;
- Stazione ferroviaria di Poggio Imperiale a S;
- A 14 a E;
- SP 35 a O.

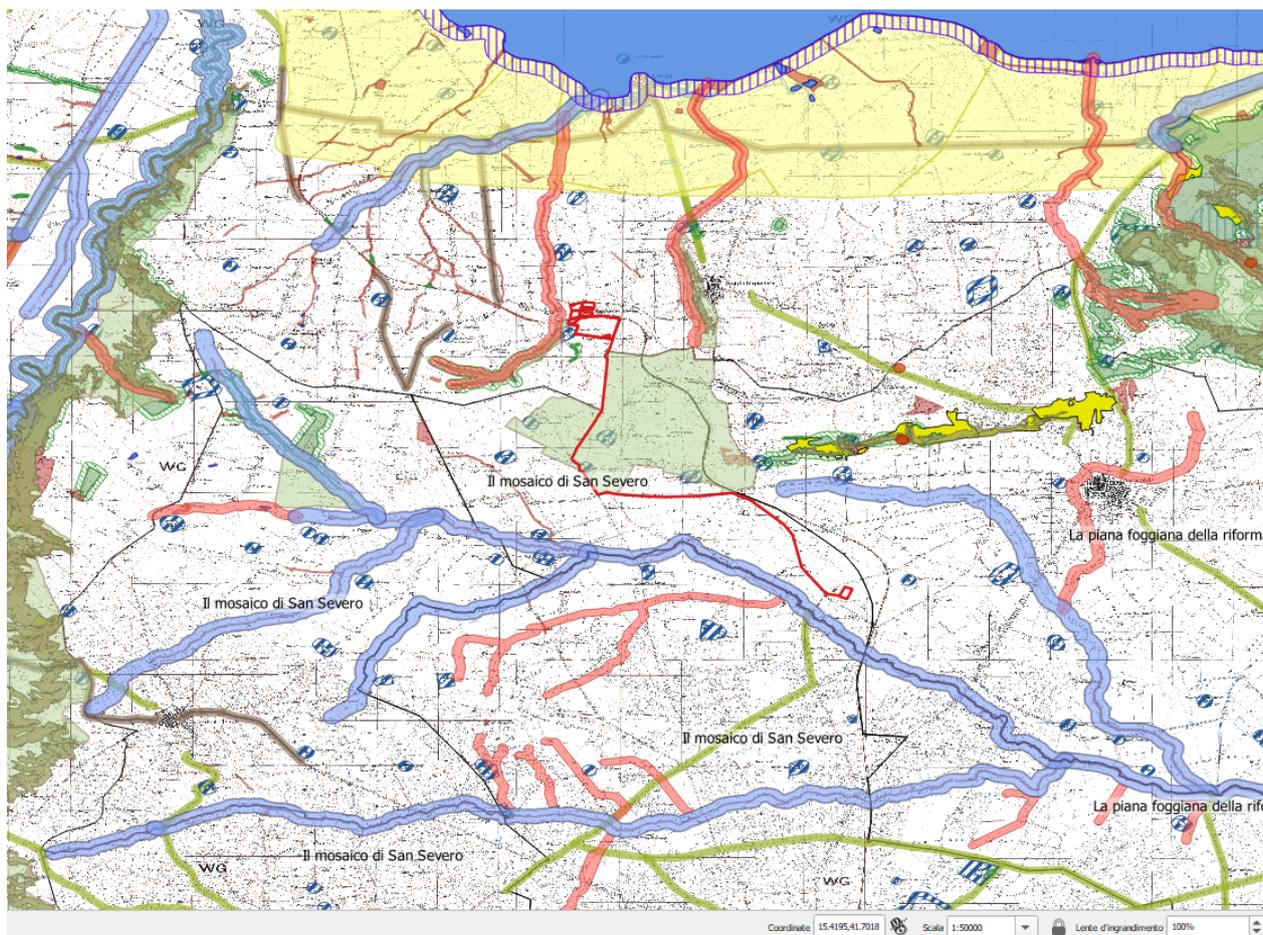
Le Coordinate Geografiche, corrispondenti al centro dei lotti, e i rispettivi Fogli e Particelle sono riportati nella tabella sottostante. La somma totale delle superficie ammonta a circa 50 ha.

Lotto	Latitudine	Longitudine	Foglio	Particella
1	41,819722	15,338889	10	114 197 113
2	41,820833	15,341389	10	120 115 116
3	41,819167	15,340833	10	299 296
4	41,816389	15,343056	10	4 5 62 53 7

Tabella 1-1. Localizzazione dei lotti.

La quota media è di 75 m s.l.m.

Nella figura seguente sono stati riportati le componenti e gli ambiti del PPTR. Tale strumento, rappresenta ben al di là degli adempimenti agli obblighi nazionali, una operazione unica di grande prospettiva, integrata e complessa che prefigura il superamento della separazione fra politiche territoriali, identificandosi come processo “proattivo”, fortemente connotato da metodiche partecipative e direttamente connesso ai quadri strategici della programmazione, i cui assi prioritari si ravvisano su scala europea nella competitività e sostenibilità.



Legenda

Area di impianto

6.1.1 Componenti geomorfologiche

UCP - Versanti

UCP - Grotte (100m)

6.1.2 Componenti idrologiche

BP - Territori contermini ai laghi (300m)

BP - Fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle acque pubbliche (150m)

UCP - Reticolo idrografico di connessione della R.E.R. (100m)

UCP - Aree soggette a vincolo idrogeologico

6.3.1 Componenti culturali e insediative

BP - Immobili e aree di notevole interesse pubblico

BP - Zone gravate da usi civici (validate)

UCP - Area di rispetto delle componenti culturali e insediative (100m - 30m)

siti storico culturali

6.2.1 Componenti botanico-vegetazionali

BP - Boschi

UCP - Aree umide

UCP - Prati e pascoli naturali

UCP - Formazioni arbustive in evoluzione naturale

UCP - Aree di rispetto dei boschi

6.3.2 Componenti dei valori percettivi

UCP - Strade panoramiche

UCP - Strade a valenza paesaggistica

5 Ambiti Paesaggistici

Ambiti (con confini comunali)

Gargano

Tavoliere

Figura 1-3. Stralcio del PPR e di alcune delle sue componenti.

2. CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in esame presenta caratteristiche riconducibili a quelle tipiche del clima mediterraneo, caratterizzato da un regime di precipitazioni invernali e primaverili e da aridità estiva, con inverni miti.

Le attuali condizioni meteorologiche rispecchiano le vicende stagionali dell'area del Mediterraneo orientale, per effetto delle interferenze fra l'anticiclone eurasiatico, di origine termica, e l'anticiclone subtropicale delle Azzorre, di origine dinamica. Durante l'inverno, una fascia depressionaria (sede di ciclogenese) si instaura nell'area mediterranea con orientamento SO-NE, separando la zona di alta pressione eurasiatica da quella delle Azzorre; nei mesi estivi, la zona anticiclonica eurasiatica scompare e l'anticiclone delle Azzorre si intensifica e si sposta verso nord. I venti predominanti provengono dai quadranti settentrionale e meridionale, di norma con valori medi di intensità alti e distribuiti in modo piuttosto uniforme durante il corso dell'anno.

Per la caratterizzazione climatica della zona in esame è stato utilizzato il software DIACLI della Tecnovia s.r.l., ceduto alla Microsoft del gruppo Namirial per la distribuzione commerciale. Per la zona in esame sono state considerate valide le caratteristiche climatiche di Poggio Imperiale in quanto la valenza statistica delle serie P/T ha fornito dei valori attendibili.

Gli indici e i dati afferenti al comune di Poggio Imperiale sono riportati in allegato.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
42	41	43	36	37	36	26	27	46	53	53	57

Tabella 2-1. Tabella precipitazioni medie.

Le precipitazioni totali sono pari a 497 mm. Analizzando la distribuzione mensile delle piogge, si evidenzia un picco di piovosità in corrispondenza del mese di dicembre, mentre il minimo si verifica nel mese di luglio.

La maggior parte delle precipitazioni, che sono a carattere di pioggia, cadono nel semestre autunno-inverno.

I valori più alti di temperatura si registrano nel mese di agosto ed i più bassi in quello di gennaio. L'escursione termica fra estate e inverno risulta di media entità, passando da massimi estivi intorno ai 26 °C ai minimi non inferiori agli 8°C.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
7,52	8,42	10,82	14,02	18,72	23,12	26,02	25,82	22,42	17,32	12,52	8,82

Tabella 2-2. Tabella temperature medie.

Vengono di seguito rappresentati i diagrammi climatici risultanti dall'elaborazione dei dati raccolti e precisamente: il diagramma ombrotermico ed il climogramma di Peguy. La rappresentazione grafica risulta essere efficace e consente un'immediata lettura e comprensione dei fenomeni climatici.

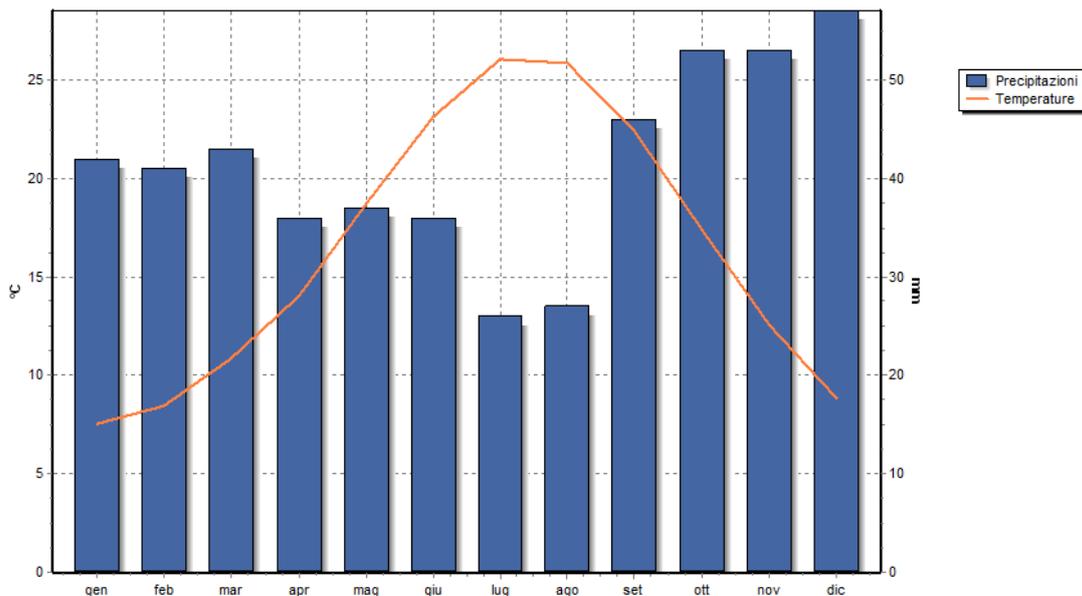


Figura 2-1. Diagramma Ombrotermico.

Dal diagramma ombrotermico si evince che i mesi definibili come “aridi” sono, giugno, luglio e agosto. Dal climogramma di Peguy si può constatare che i mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, settembre, ottobre, novembre e dicembre sono “temperati”, mentre giugno, luglio e agosto sono “caldi e aridi”.

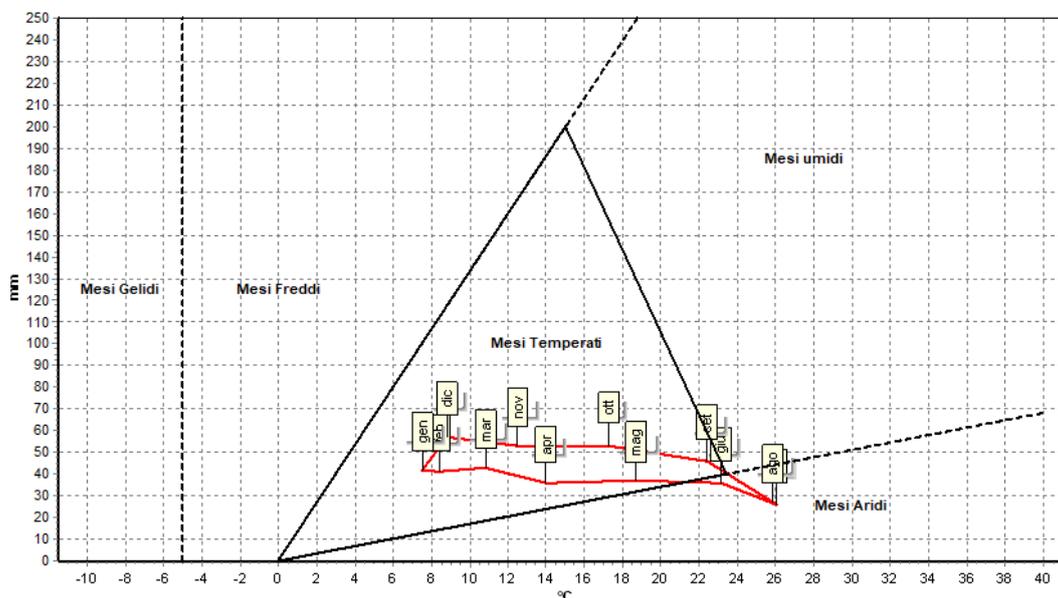


Figura 2-2. Climogramma di Peguy.

Nessun mese ricade tra i “gelidi”, i “freddi e umidi” e i “caldi e umidi”.

Nella tabella seguente sono riportati alcuni degli Indici climatici annuali maggiormente utilizzati.

Pluviofattore di Lang	30,42
Indice di Fournier	6,54
Indice di Amann	438,97
Evaporazione Idrologica di Keller	517,65 mm
Mesi aridi secondo Köppen	Lug, Ago
Mesi aridi secondo Gaussen	Mag, Giu, Lug, Ago
Indice ombrotermico annuale	2,54
Indice ombrotermico estivo	1,19

Tabella 2-3. Elenco principali indici climatici (per l'elenco completo si rimanda all'allegato).

2.1 Bilancio idrologico

Per una valutazione quantitativa delle acque si è proceduto ad effettuare il Bilancio Idrologico secondo Thornthwaite, elaborato statisticamente nell'arco dei 12 mesi. Dall'analisi dei dati relativi alla Stazione di Poggio Imperiale si evidenzia che, a fronte di 497 mm/anno di Precipitazioni, si registra un'evapotraspirazione potenziale (Etp) di ben 950 mm/anno. Ciò evidenzia una situazione di aridità alquanto marcata, infatti il deficit idrico (D) è di ben 453 mm/anno e si concentra nel periodo da maggio ad ottobre.

Anche i dati relativi all'acqua a disposizione delle piante nella zona radicale (PAW) sono d'interesse. Infatti, il quantitativo totale, che potrebbe apparire significativo con i suoi 487,8 mm/anno, è concentrato nei mesi da novembre ad aprile, in netta contrapposizione con il marcato deficit. Il ruscellamento (R) risulta essere nullo.

Modello di Thornthwaite

Con:

z	1,8 m	Profondità apparato radicale
FC	0,3 m ³ /m ³	Capacità di ritenzione idrica
PWP	0,18 m ³ /m ³	Punto di appassimento
$m \times PAW = (FC - PWP) * z$	216 mm	Acqua massima utilizzabile da piante

MESE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Precipitazioni	42,0	41,0	43,0	36,0	37,0	36,0	26,0	27,0	46,0	53,0	53,0	57,0
Etp	13,5	15,9	30,7	57,1	98,0	142,4	175,5	168,9	116,9	70,5	38,2	22,5
dS	28,5	25,1	12,3	-21,1	-61,0	-33,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	34,5
PAW	77,9	103,0	115,3	94,2	33,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	49,3
AET	13,5	15,9	30,7	57,1	98,0	69,2	26,0	27,0	46,0	53,0	38,2	22,5
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,2	149,5	141,9	70,9	17,5	0,0	0,0

Legenda

dS =	Ritenuta idrica del suolo (mm)
PAW =	Acqua a disposizione delle piante nelle radici (mm)
AET =	Evapotraspirazione reale (mm)
R =	Surplus, ruscellamento (mm)
D =	Deficit idrico (mm)

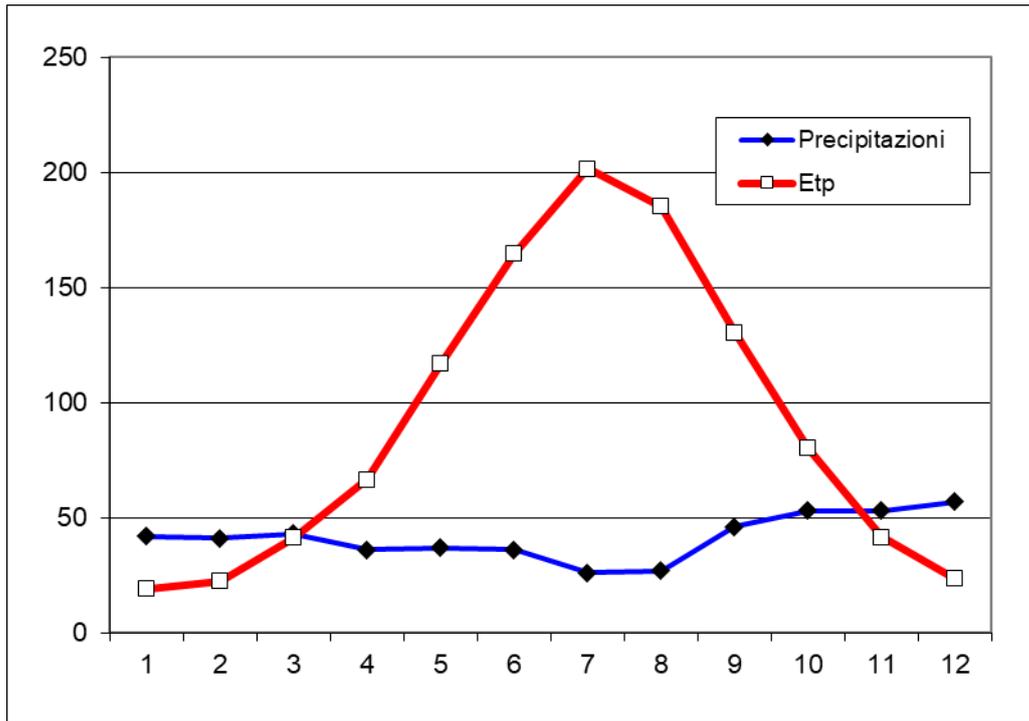


Figura 2.1-1. Grafico di Thornthwaite.

3. CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE

L'area d'intervento è situata nella parte settentrionale del Tavoliere di Puglia, che è caratterizzato da aree morfologicamente omogenee costituite da depositi sabbiosi e debolmente ciottolosi, subpianeggianti, sormontati da alluvioni terrazzate prevalentemente sabbiose, sabbioso-limose.

Il Tavoliere è delimitato a sudest dal basso tronco del fiume Ofanto, ad ovest dall'arco collinare appenninico che, da Ascoli Satriano, si spinge sino ad Apricena, a nord est dal F. Candelaro e ad est dal Mar Adriatico. Se, a detta area si somma la propaggine settentrionale pianeggiante, compresa tra la riva destra del F. Fortore ed il contorno occidentale del Lago di Lesina, si raggiunge un'estensione di oltre 4.000 km², interamente ricoperti da depositi quaternari e costituiti in prevalenza da facies alluvionali.

Morfologicamente il Tavoliere è una pianura lievemente ondulata caratterizzata da vaste spianate che digradano debolmente verso mare a partire dalle quote più alte del margine appenninico.

I ripiani corrispondono a terrazzi marini, che digradano verso l'Adriatico e sono, a luoghi, delimitati verso est da scarpate poco elevate, corrispondenti a ripe di abrasione. La piana alluvionale si estende con continuità dalla zona dei terrazzi più antichi fino alla piana costiera che corrisponde, per gran parte, ad antiche aree lagunari.

Al di sotto dei depositi quaternari si rinviene il complesso delle Argille Azzurre della potente serie pliocenico-calabrianica, i cui affioramenti, partendo dalla bassa valle del Fortore, si protendono verso S, in una fascia che raggiunge il corso medio e inferiore del F. Ofanto.

I depositi pianeggianti affioranti del Tavoliere sono costituiti da una complicata combinazione di sedimenti del mare tirenniano e depositi alluvionali di facies continentale, questi ultimi di assetto connesso alla morfologia dei bacini collettori di monte, in parte ad oggi conservata, in parte modificata nel tempo.

Dal punto di vista morfologico è possibile distinguere l'area a margine dei rilievi (Area di Serracapriola, Troia, Ascoli Satriano e zone limitrofe), sede di modeste sommità pianeggianti di moderata altitudine, l'area dei terrazzi marini (Apricena, San Severo, Villaggio Amendola e Cerignola), ove affiorano terreni in prevalenza di origine marina, e la piana alluvionale antica, corrispondente, grossomodo, al Basso Tavoliere.

Il territorio settentrionale della Puglia, nella porzione di più orientale è caratterizzato da quote comprese tra i 10 m s.l.m. e i 150 m s.l.m; sulla base del Digital Elevation Model (DEM), in ambiente QGis, è stato approntato il livello tematico di carattere morfometrico, ossia la carta rappresentante la zonizzazione del territorio in funzione della clivometria.

La distribuzione delle classi di acclività è in buona parte controllata dall'energia cinetica dei corsi d'acqua, che dipende dalla portata e dalla velocità, in quanto il Tavoliere è l'unica area della Puglia ad essere dotata di una rete idrografica ben definita, costituita da corsi d'acqua a regime prevalentemente torrentizio che incidono i depositi quaternari.

L'area dell'impianto in oggetto sorge su un ripiano morfologico sub-pianeggiante, con un'altitudine media di circa 91 m s.l.m.

Il substrato di quest'area è costituito da una potente successione calcareo-dolomitica del Mesozoico su cui poggiano argille con irregolari e ripetute alternanze di livelli sabbiosi e/o ghiaiosi di età Pliocene superiore - Pleistocene inferiore. Alle argille sono sovrapposti depositi marini ed alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore-Olocene), costituiti da ghiaie, sabbie e limi sabbiosi.

Data la situazione geomorfologica descritta e le modalità costruttive, non saranno necessari interventi di regimazione delle acque superficiali, se non un corretto drenaggio, né si dovrà procedere a verifiche di stabilità.

La variabile Topographic Position Index caratterizza le forme di paesaggio. Essa si basa su 10 differenti forme di paesaggio. In letteratura per la definizione della classificazione dei valori dei

pixel, in termini di forme del paesaggio, può avere un significato più strettamente idrologico, oppure più strettamente geomorfologico.

Il bacino di utenza (anche noto come accumulazione di flusso), può essere utilizzato per impostare una soglia per l'inizializzazione dei canali. L'algoritmo di calcolo del tool di SAGA è basato sulla pendenza e su specific catchment area come sostituto della lunghezza del versante. La catchment area è una misura della superficie dell'upslope, ovvero l'area della superficie che contribuisce ad alimentare il pixel, più l'area del pixel stesso. Essa verrà espressa in m².

La variabile Flow direction è tipicamente utilizzata per comprendere il flusso idrologico. Consente di mappare la direzione del flusso idrologico determinata dalla massima pendenza (QIN et alii, 2007).

Il Topographic Wetness Index (TWI) è il parametro che fornisce informazioni riguardo il run off delle acque meteoriche, fornendo una misura di quanto un'area tende a saturarsi (OLAYA e CONRAD, 2009). L'indice è funzione sia della pendenza che dell'area contribuyente a monte, per unità di larghezza, ortogonale alla direzione del flusso. I numeri di accumulo nelle aree pianeggianti saranno molto grandi, quindi il TWI non sarà una variabile rilevante. L'indice è altamente correlato con diversi attributi del suolo come profondità dell'orizzonte, percentuale di limo, contenuto di materia organica e fosforo.

L'equazione denominata Universal Soil Loss Equation (USLE) è il modello più utilizzato per stimare il rischio di erosione del suolo. Tra i parametri utilizzati nell'equazione vi è l'LS factor, (MOORE et alii, 1991) che descrive l'effetto della topografia sull'erosione del suolo. L è il fattore che tiene conto della lunghezza (m) del versante mentre S rappresenta la pendenza (%).

La variabile Mass Balance Index descrive le potenziali zone di accumulo di materiale colluviale e di deplezione del suolo: assume valori negativi per le aree di deposizione, valori positivi per quelle di erosione e valori prossimi allo zero per le aree dove vi è un equilibrio tra erosione e deposizione, come per le zone di pianura (MÖLLER et alii, 2008).

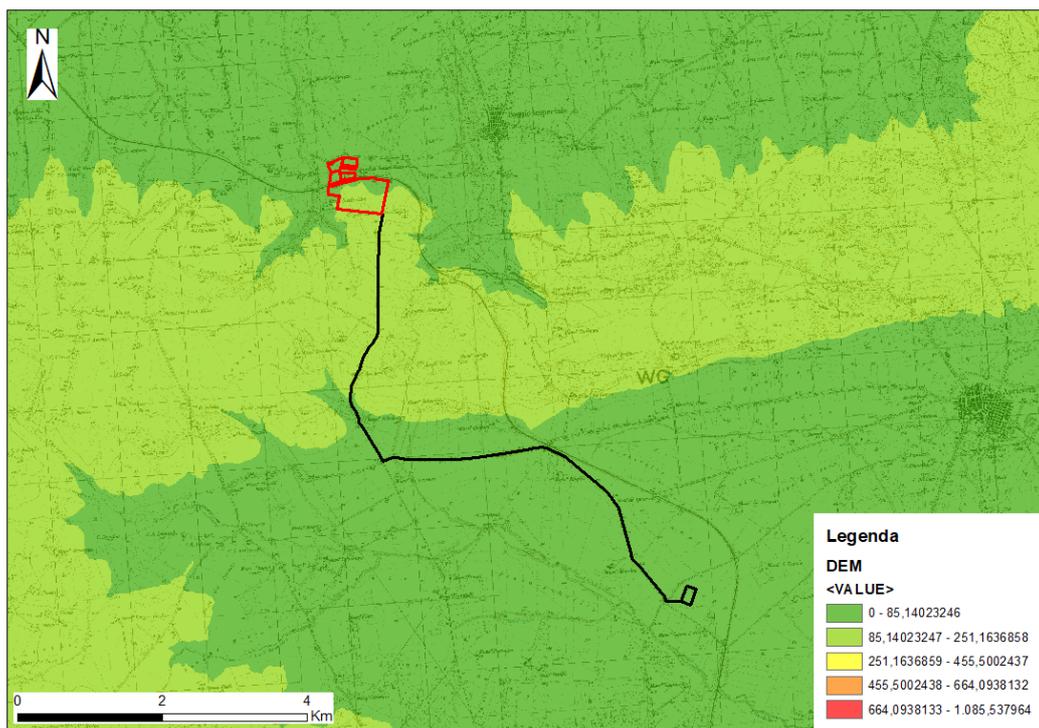


Figura 3-1. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione delle quote topografiche, nonché dell'energia del rilievo.

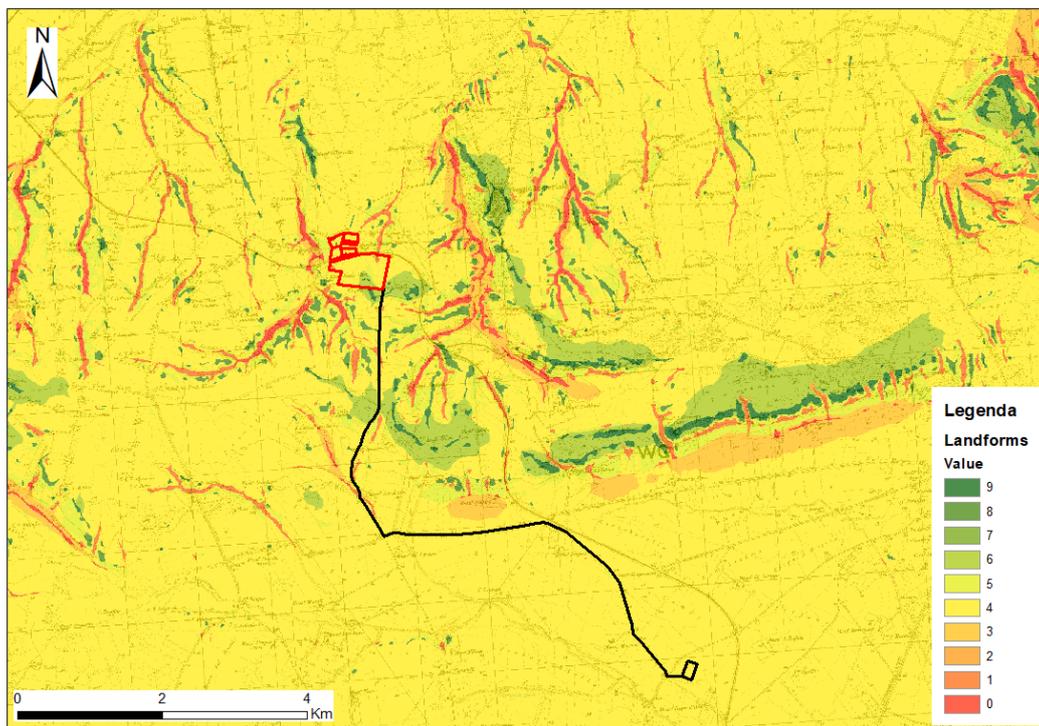


Figura 3-2. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione della classificazione delle forme del paesaggio.

Landforms Values	Inglese	Italiano
0	Streams	Impluvi profondi e canyon
1	Midslope drainges	Vallecole ed impluvi poco profondi
2	Upland drainages	Siti superiori di drenaggio montano
3	U-shape valleys	Piè versante e valle a forma di U
4	Plains	Pianure e pianori
5	Open slopes	Medio versante
6	Upper slopes	Alto versante
7	Local ridges	Convessità e crinali isolati in pianura e pianori
8	Midslope ridges	Convessità e crinali inferiori
9	High ridges	Crinali

Tabella 3-1. Landforms classification.

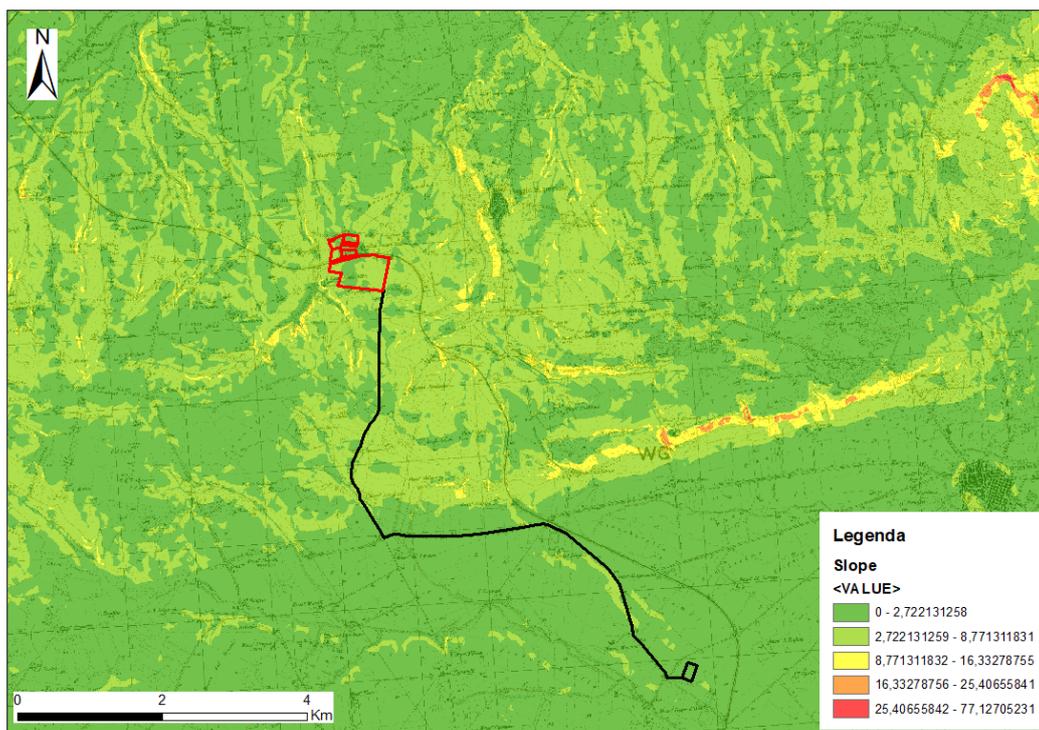


Figura 3-3. Condizioni al contorno imposte – Elaborazione delle pendenze.

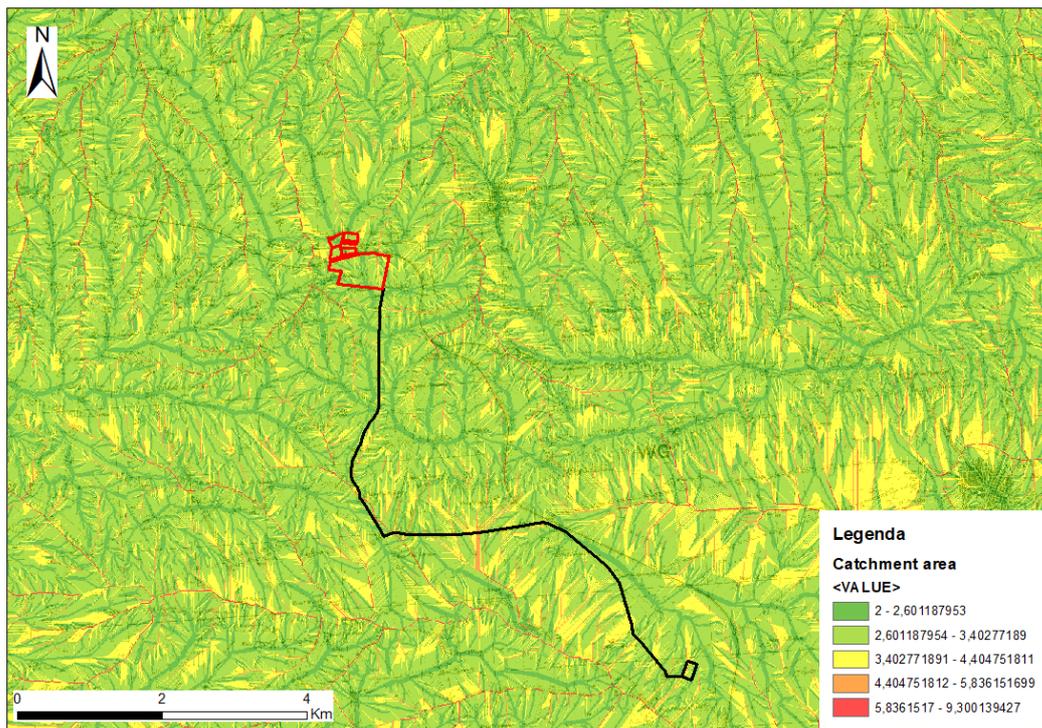


Figura 3-4. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione catchment area.

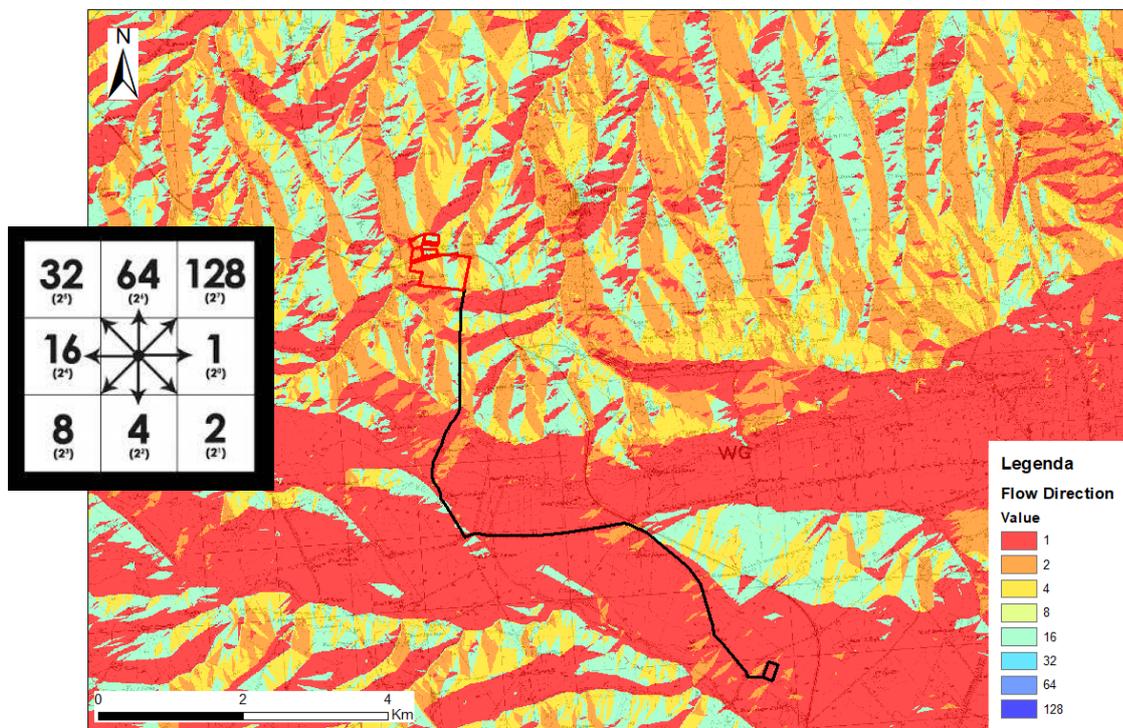


Figura 3-5. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della Flow Direction.

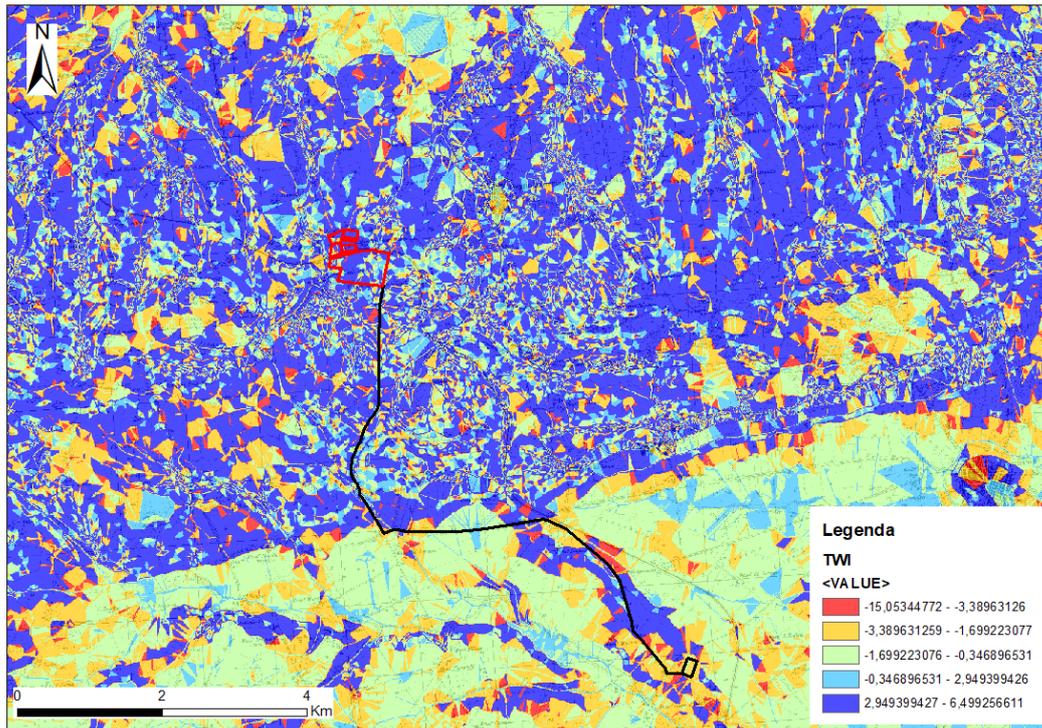


Figura 3-6. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione TWI.

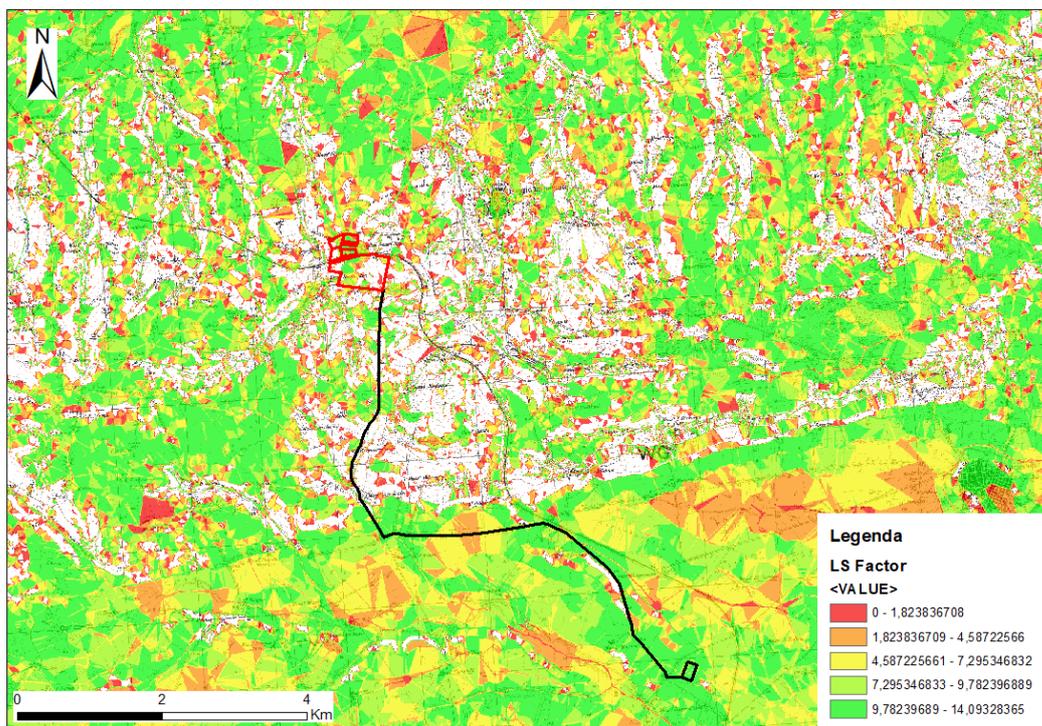


Figura 3-7. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della classificazione LS factor.

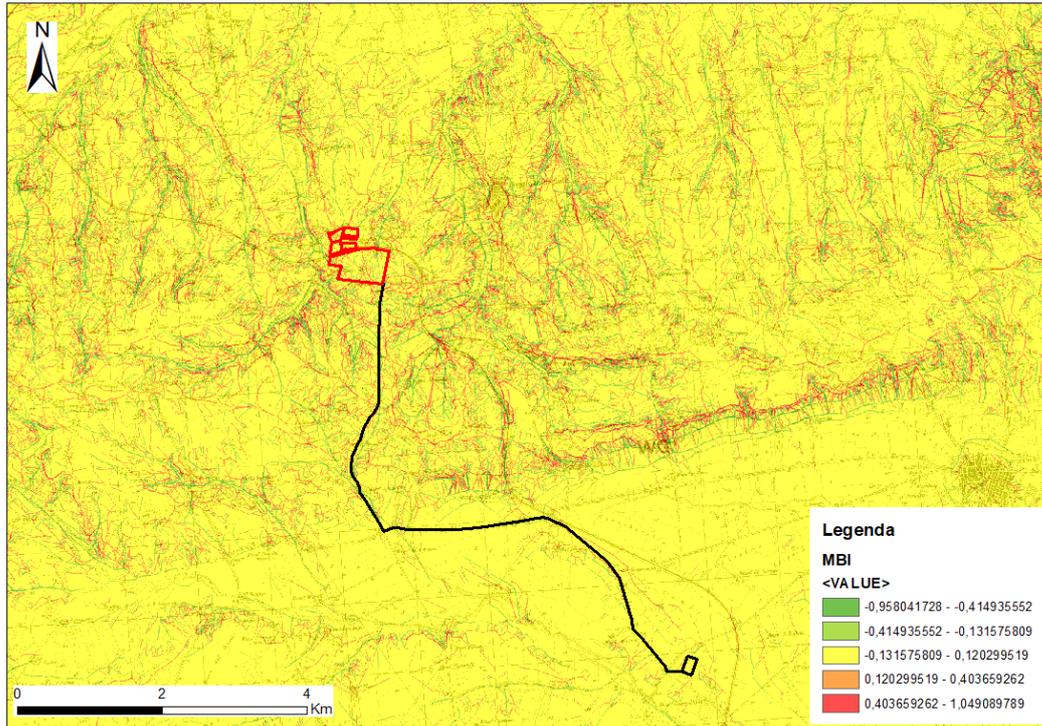


Figura 3-8. Condizioni al contorno di flusso liquido e solido – Elaborazione della MBI.

3.1 Aree esondabili

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni".

Tale Direttiva, nell'incipit, recita: *“Le alluvioni possono provocare vittime, l'evacuazione di persone e danni all'ambiente, compromettere gravemente lo sviluppo economico e mettere in pericolo le attività economiche della Comunità. Alcune attività umane (come la crescita degli insediamenti umani e l'incremento delle attività economiche nelle pianure alluvionali, nonché la riduzione della naturale capacità di ritenzione idrica del suolo a causa dei suoi vari usi) e i cambiamenti climatici contribuiscono ad aumentarne la probabilità e ad aggravarne gli impatti negativi. Ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, connesse con le alluvioni, è possibile e auspicabile ma, per essere efficaci, le misure per ridurre tali rischi dovrebbero, per quanto possibile, essere coordinate a livello di bacino idrografico.”*

La Direttiva Alluvioni è stata recepita in Italia dal D.lgs. 49/2010, che ha introdotto il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), da predisporre per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.lgs. 152/2006, contiene il quadro di gestione delle aree soggette a pericolosità e rischio individuate nei distretti, delle aree dove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni e dove si possa generare in futuro (APSFR), nonché delle zone costiere soggette ad erosione.

Le due direttive europee evidenziano l'approccio integrato della gestione che si fonda su alcuni pilastri:

- l'unità geografica di riferimento caratterizzata da un'ampia porzione di territorio raggruppante più bacini individuata come distretto idrografico;
- la pianificazione ai fini e per il raggiungimento degli obiettivi della direttiva 2000/60/CE per l'azione comunitaria in materia di acque; nonché la pianificazione per la gestione e la riduzione del rischio da alluvioni che la direttiva 2007/60/CE introduce (codificando, disciplinando ed ampliando quanto già contenuto nella legge 183/89);
- l'individuazione dei soggetti a cui è demandata la redazione dei piani.

Il 1° dicembre 2022, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri è stato approvato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale – Il ciclo di gestione che costituisce stralcio funzionale del Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino meridionale e ha valore di piano territoriale di settore e costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le misure finalizzate a garantire, per l'ambito territoriale costituito dal distretto idrografico dell'Appennino meridionale, il perseguimento degli scopi e degli obiettivi di cui alla direttiva 2007/60/CE e al Decreto Legislativo n. 49 del 2010.

Di seguito si riportano gli elaborati grafici del PGRA relativi a pericolosità, rischio e Areas of Potential Significant Flood Risk con la sovrapposizione delle aree di impianto in esame.

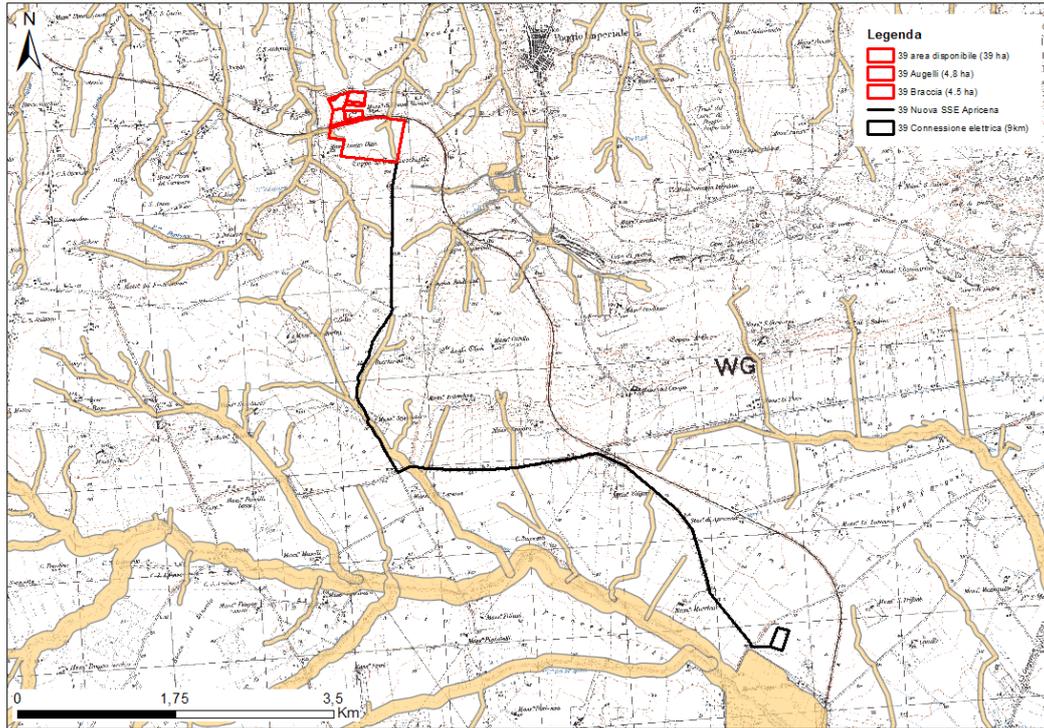


Figura 3.1-1. Stralcio del Areas of Potential Significant Flood Risk.

3.2 Dissesto idrogeologico

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni individua tre tipologie di aree in funzione della pericolosità, P1-P2-P3, associate rispettivamente a pericolosità bassa (probabilità che l'evento si ripeta in un periodo compreso tra 200 e 500 anni), pericolosità media (probabilità che l'evento si ripeta in un periodo compreso tra 100 e 200 anni) e pericolosità alta (probabilità che l'evento si ripeta in un periodo compreso tra 30 e 50 anni).

Analogamente, individua quattro tipologie di aree in funzione del rischio, R1-R2-R3-R4, associate rispettivamente a rischio moderato, medio, elevato e molto elevato, coerentemente con l'entità del danno atteso.

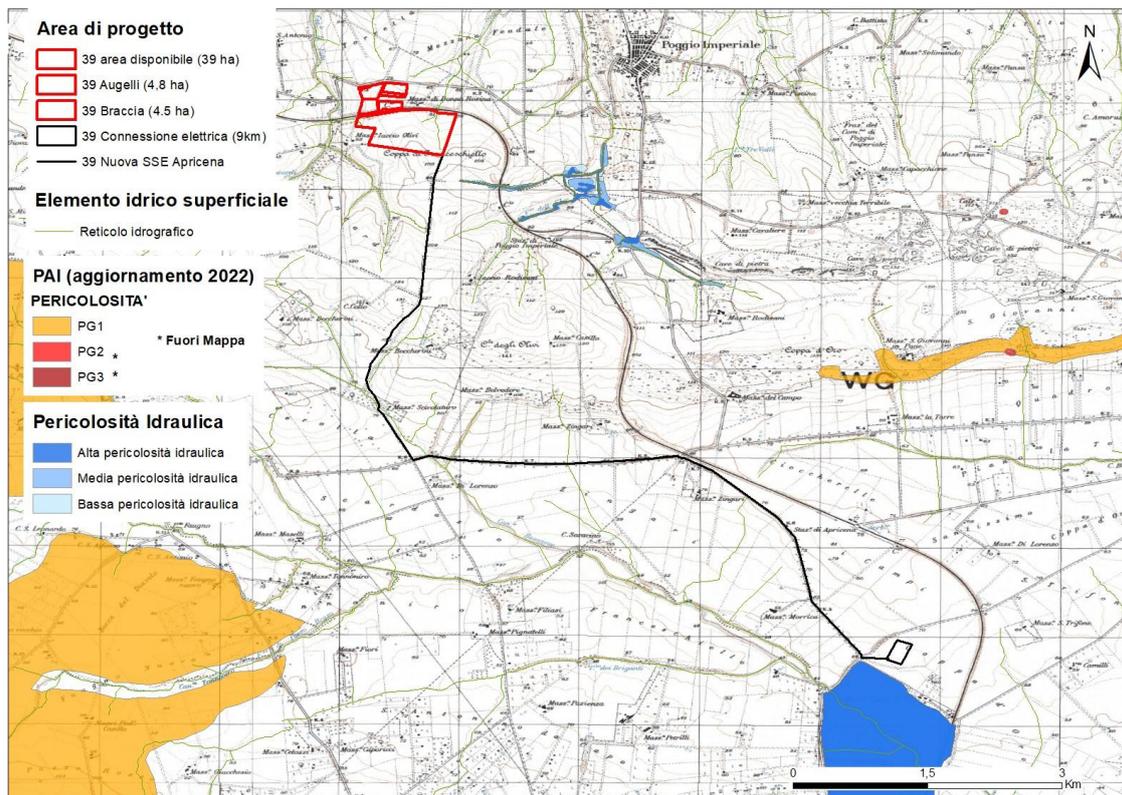


Figura 3.2-1. Cartografia delle aree interessate da movimenti gravitativi e del loro rischio associato.

4. CARATTERISTICHE ACQUE SUPERFICIALI

L'area in esame ricade nel bacino idrico del Lago di Lesina ed è caratterizzato da un regime stagionale, con scarse portate in inverno-primavera e praticamente asciutto in estate.

Di contro, in occasione di particolari ed intense precipitazioni, che si concentrano soprattutto nel periodo autunnale, si possono registrare elevate portate di massima piena che possono provocare, anche in brevi tempi di ritorno di circa 20-30 anni, frequenti e pericolose alluvioni, i cui effetti però non interessano l'area in esame ma la parte bassa del bacino in prossimità della costa del lago.

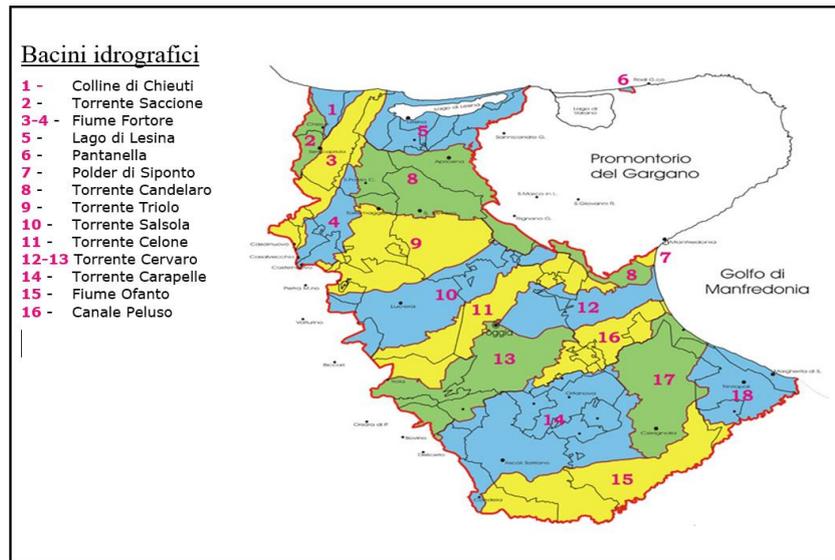


Figura 4-1. Bacini idrografici della Capitanata (fonte Consorzio di Bonifica della Capitanata)

Il corso d'acqua naturale più vicino all'area d'intervento è il Torrente Candelaro, che scorre ad est e a sud a circa 3 km di distanza dall'area in esame.

Sulla base della documentazione raccolta e analizzata è stata redatta le perimetrazioni dei bacini idrografici e dei sottobacini della porzione settentrionale della Puglia. Essa prevede una suddivisione univoca del territorio, priva di sovrapposizioni od aree incerte, in unità idrografiche da utilizzare per la tutela dei corpi idrici superficiali. Sono state demarcate le aree dei principali sottobacini a cui riferire le valutazioni quali-quantitative.



Figura 4-2. Elaborazione tridimensionale, in ambiente QGis, del deflusso superficiale (linee bianche). In trasparenza: in verde, l'area soggetta a vincolo idrogeologico (PPTR); in celeste, Pericolosità idraulica (P.A.I.); in rosso, Reticolo idrografico di connessione della R.E.R. (100 m).

4.1 Calcolo della portata di massima piena

Utilizzando la formula del Giandotti si ricava il tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario affinché tutto il bacino imbrifero contribuisca al deflusso superficiale nella sezione di chiusura.

Infine, per il calcolo della portata massima riferita a vari tempi di ritorno si assegna un coefficiente di deflusso pari a 0,50 in quanto si tratta di una superficie agricola su un suolo poco permeabile. In seguito viene riportato lo strato informativo del sottobacino considerato.

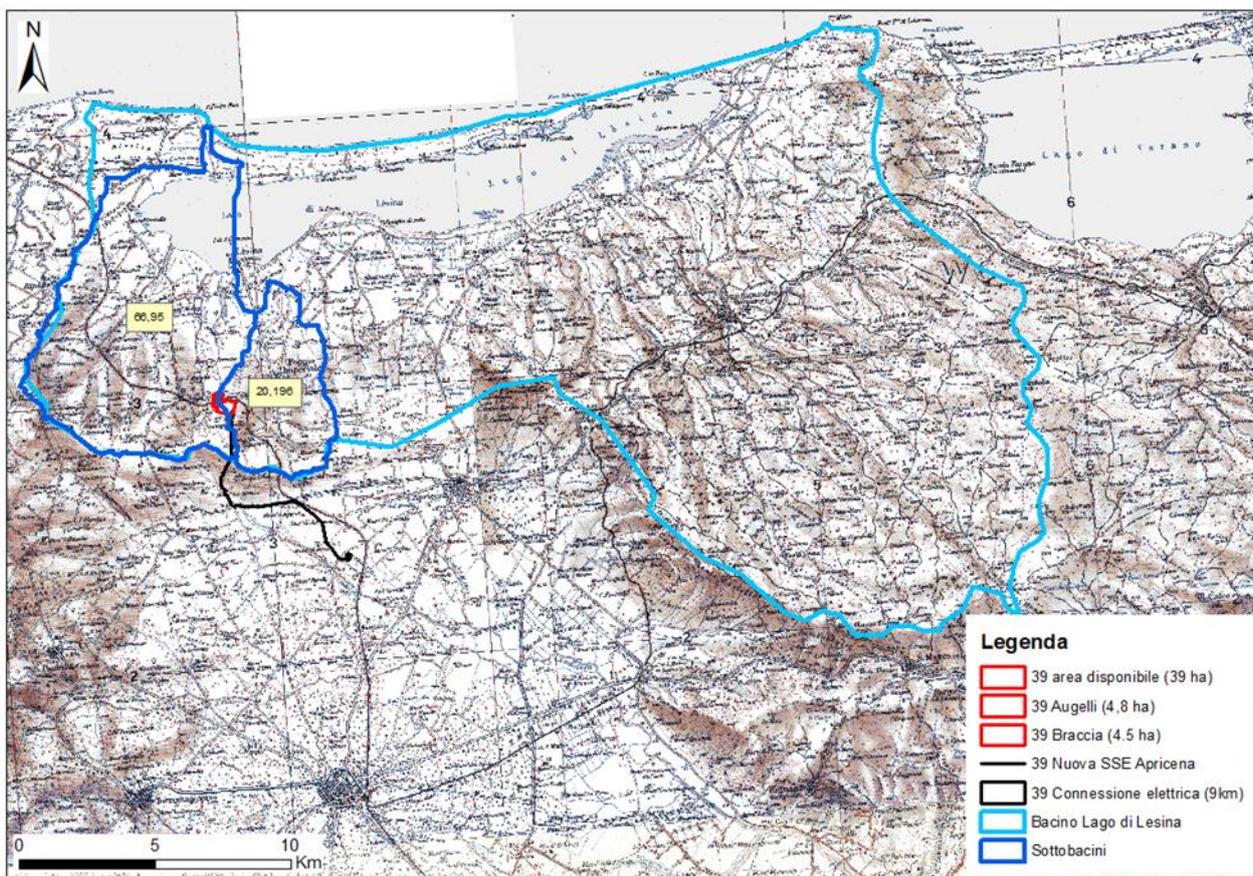


Figura 4.1-1. Sottobacino considerato per il calcolo di portata di massima piena.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	$S = 205,25$ Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 18,95$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 7,00$ Km	
Altitudine max percorso idraulic	$H_{max} = 140,00$ m (s.l.m.)	Kirpich, Watt- Chow, Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$
Altitudine min percorso idraulic	$H_0 = 1,00$ m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraul	$P = 0,02$ (m/m)	<input checked="" type="radio"/> Giandotti <input type="radio"/> Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli...
Altitudine max bacino	$H_{max} = 140,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	$H_0 = 100,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m = 120,00$ m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 = 20,00$ m	
		Software freeware distribuito da geologi.it

Tr (assegnato)	a	n	t_c	hc	Qmax (m ³ /sec)
10 anni	43.71	0.39	18.95	137.62	207
20 anni	50.92	0.41	18.95	169.15	254.42
50 anni	60.27	0.42	18.95	209.97	315.83
100 anni	67.29	0.43	18.95	240.97	361.85
200 anni	74.29	0.44	18.95	271.05	407.70

Tabella 4.1-1. Calcolo della portata di massima piena per i vari tempi di ritorno.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	$S = 671,70$ Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 31,91$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 7,00$ Km	
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} = 140,00$ m (s.l.m.)	Kirpich, Watt- Chow, Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} =$
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 = 1,00$ m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	$P = 0,02$ (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} = 140,00$ m (s.l.m.)	<input checked="" type="radio"/> Giandotti <input type="radio"/> Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli...
Altitudine sezione considerata	$H_0 = 100,00$ m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m = 120,00$ m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 = 20,00$ m	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Software freeware distribuito da geologi.it</div>

Tr (assegnato)	a	n	t_c	hc	Qmax (m ³ /sec)
10 anni	43.71	0.39	31.91	168.62	492.95
20 anni	50.92	0.41	31.91	209.22	611.67
50 anni	60.27	0.42	31.91	261.91	765.70
100 anni	67.29	0.43	31.91	301.45	881.30
200 anni	74.29	0.44	31.91	340.89	996.57

Tabella 4.1-2. Calcolo della portata di massima piena per i vari tempi di ritorno.

Lo scrivente vuol porgere l'attenzione sul fatto che l'area dell'impianto agrivoltaico è posta nella porzione di monte del sottobacino, pertanto le portate di piena (Q_{max}), per ragioni meramente fisiche, non saranno mai quelle riportate in tabella in quanto, i collettori idrografici (impluvi) sono di modeste entità con altrettanto energia di flusso modesta.

Per quanto riguarda l'analisi delle precipitazioni, completato e integrato il quadro dei dati pluviometrici disponibili sul periodo di tempo considerato (20 anni) si è passati da una distribuzione puntuale dei dati disponibili (Protezione Civile Regione Puglia) per ogni stazione ricadenti nel bacino del Lago di Lesina (Lesina e Sannicandro Garganico), ad una distribuzione areale. Il metodo di interpolazione prescelto è quello delle Carte delle Isoiete.

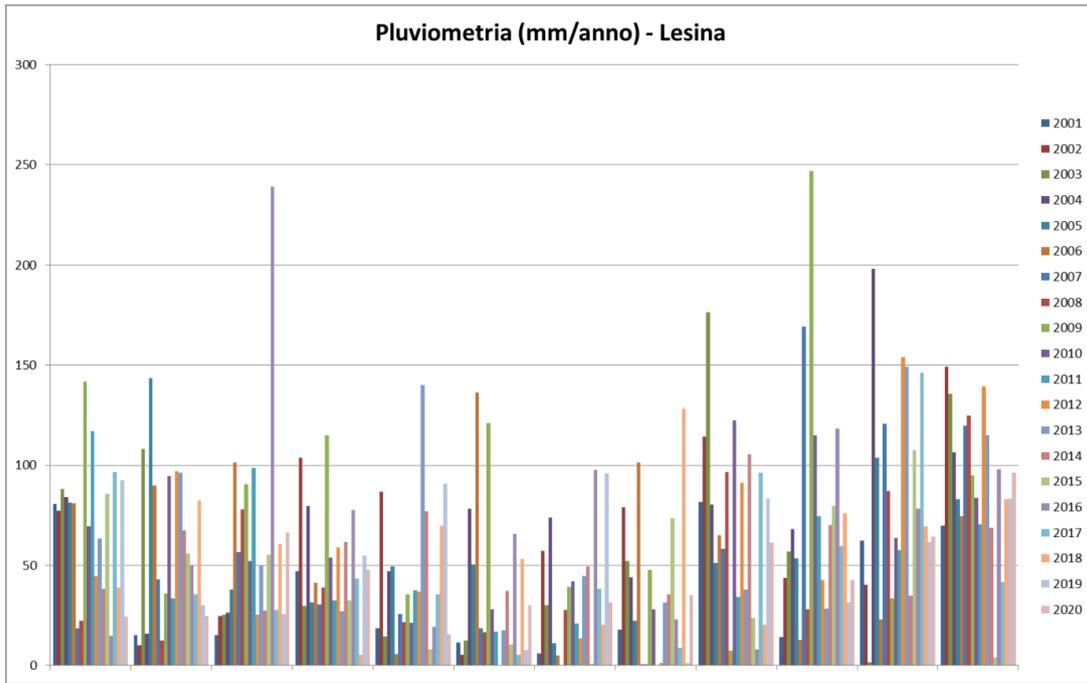


Figura 4.1-2. Istogramma della pluviometria della stazione pluviometrica e termometrica di Lesina.

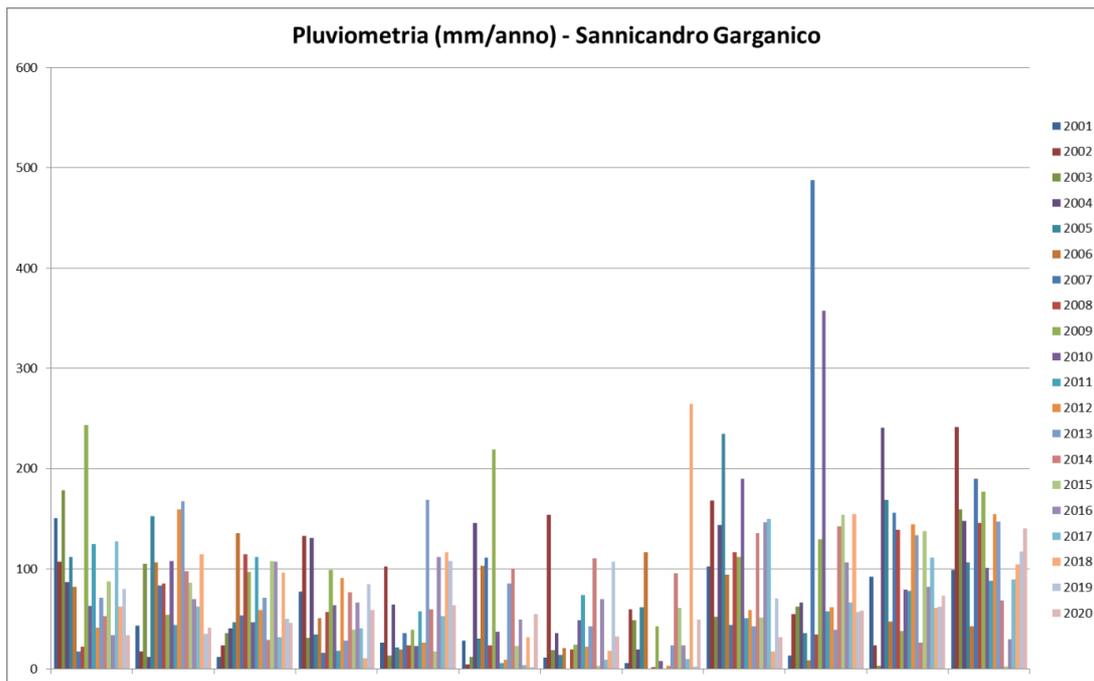


Figura 4.1-3. Istogramma della pluviometria della stazione pluviometrica di Sannicandro garganico.

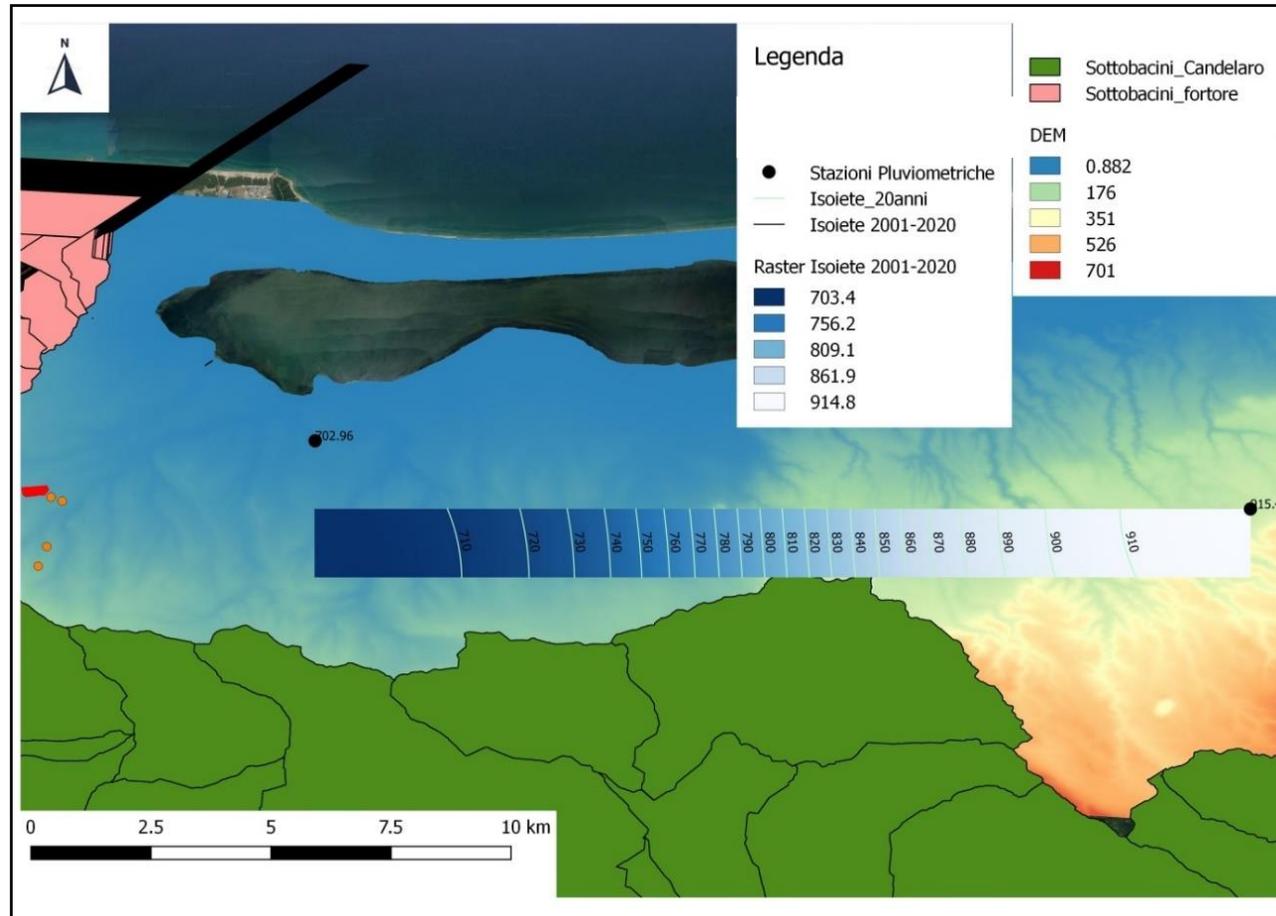


Figura 4.1-4. Carta delle isoiete (elaborazione in ambiente Qgis).

5. CARATTERISTICHE ACQUE SOTTERRANEE

La particolare situazione stratigrafica e strutturale del Tavoliere porta a riconoscere tre unità acquifere principali situate a differenti profondità (MAGGIORE et alii, 1996). Procedendo dal basso verso l'alto, la successione è la seguente:

- Acquifero fessurato-carsico profondo, situato in corrispondenza del substrato carbonatico prepliocenico del Tavoliere;
- Acquifero poroso profondo, corrispondente ai diversi livelli sabbiosi intercalati nella formazione pliopleistocenica delle "Argille grigio-azzurre";
- Acquifero poroso superficiale, corrispondente agli interstrati sabbioso-ghiaiosi dei depositi marini e continentali di età Pleistocene superiore-Olocene.

Il substrato calcareo prepliocenico, soggiacente ai depositi pliopleistocenici, prevalentemente argillosi, dell'Avanfossa appenninica, è ribassato a gradinata da sistemi di faglie dirette, a direzione appenninica e antiappenninica, che danno origine ad una articolata struttura ad horst e graben. Le suddette masse carbonatiche sepolte ospitano un esteso corpo idrico, localizzato a diverse profondità e collegato lateralmente alle falde idriche del Gargano e delle Murge.

La potente successione carbonatica giurassico-cretacea costituisce una vasta unità idrogeologica delimitata a nord, a nord-est e a sud-est dal mare adriatico, mentre a ovest e, per un breve tratto a sud-est, è separata da tavoliere da faglie tra le quali quella del Candelaro. L'esame della profondità di rinvenimento idrico e di stabilizzazione del livello piezometrico nei pozzi evidenziano come la falda idrica sotterranea del Gargano sia ovunque in pressione, come già sostenuto da COTECCHIA e MAGRI (1966). Lo spartiacque principale per la circolazione idrica sotterranea coincide grossomodo con l'asse principale del promontorio costituito dall'allineamento San Severo-Vieste (COTECCHIA e MAGRI, 1966). I gradienti piezometrici variano dallo 0.01 % al 7%. I valori di temperatura e di salinità delle acque sotterranee garganiche suggeriscono l'ipotesi che l'alimentazione della falda sia garantita dalle acque provenienti dal Tavoliere (GRASSI e TADOLINI 1991a e 1991b). Risulta evidente che gli unici scambi idrici possibili tra Gargano e tavoliere siano dovuti a circuiti idrici profondi.

La presenza di giunti e cavità beanti, a sviluppo prevalentemente verticale, fa sì che le acque di recente infiltrazione fluiscano rapidamente verso gli strati saturi più profondi, nei quali il flusso idrico sotterraneo si esplica prevalentemente in direzione orizzontale. La tettonica è un fattore condizionante le modalità di flusso; gli effetti sono amplificati dalle fenomenologie carsiche, che si instaurano lungo direttrici di debolezza rappresentata dalle lineazioni strutturali.

Nel tratto di costa di costa compreso tra Bocche di Terzagna e Torre Antoniacchia, lungo la costa orientale del lago di Varano, sono stati censiti efflussi di notevoli dimensioni ed elevato contrasto termico. Tali sbocchi sono localizzati in corrispondenza dei calcari appartenenti al complesso dei calcari e calcari marnosi o al contatto tra questo e le alluvioni.

Il tratto costiero compreso tra Fiumicello e San Nicola Varano, nel settore meridionale, presenta altri gruppi di sbocchi molto estesi, associati al complesso caratterizzato da permeabilità per fratturazione e carsismo.

Il tratto San Nicola Varano-Ponte Girevole presenta efflussi di dimensioni e contrasto termico medi, in corrispondenza di affioramenti calcarei e calcareo-dolomitici riferibili al complesso caratterizzato da permeabilità per fratturazione e carsismo.

La portata media dei pozzi nell'area di studio è di circa 15 l/s.

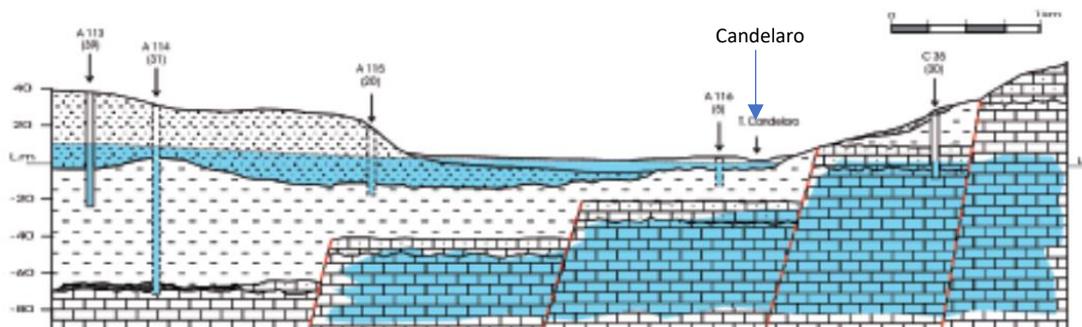


Figura 5-1. Sezione idrogeologica schematica.

Sono state effettuate, presso alcuni pozzi della zona, le misure del livello piezometrico, mediante freatrimetro. Con i dati ottenuti è stato possibile calcolare il potenziale idraulico.

È stata redatta una Carta della isopieze con visione bidimensionale dell'acquifero. Dalla sua lettura si nota come lo spostamento della falda è perpendicolare alle linee di quota di questa superficie, lungo la direzione di massima pendenza del gradiente idraulico a testimonianza della natura a gradini del materasso carbonatico.

L'acquifero poroso superficiale si rinviene nei depositi quaternari che ricoprono con notevole continuità laterale la sottostante formazione delle Argille subappennine. Le stratigrafie dei numerosi pozzi per acqua realizzati in zona, evidenziano l'esistenza di una successione di terreni sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, permeabili ed acquiferi, intercalati da livelli limo-argillosi, a luoghi sabbiosi, a minore permeabilità. I diversi livelli in cui l'acqua fluisce non costituiscono orizzonti separati ma idraulicamente interconnessi, dando luogo ad un unico sistema acquifero.

Anche la potenzialità reale della falda, essendo strettamente legata a fattori di ordine morfologico e stratigrafico, varia sensibilmente da zona a zona. Le acque, infatti, tendono ad accumularsi preferenzialmente dove il tetto delle argille forma dei veri e propri impluvi o laddove lo spessore dei terreni permeabili è maggiore e dove la loro natura è prevalentemente ghiaiosa.

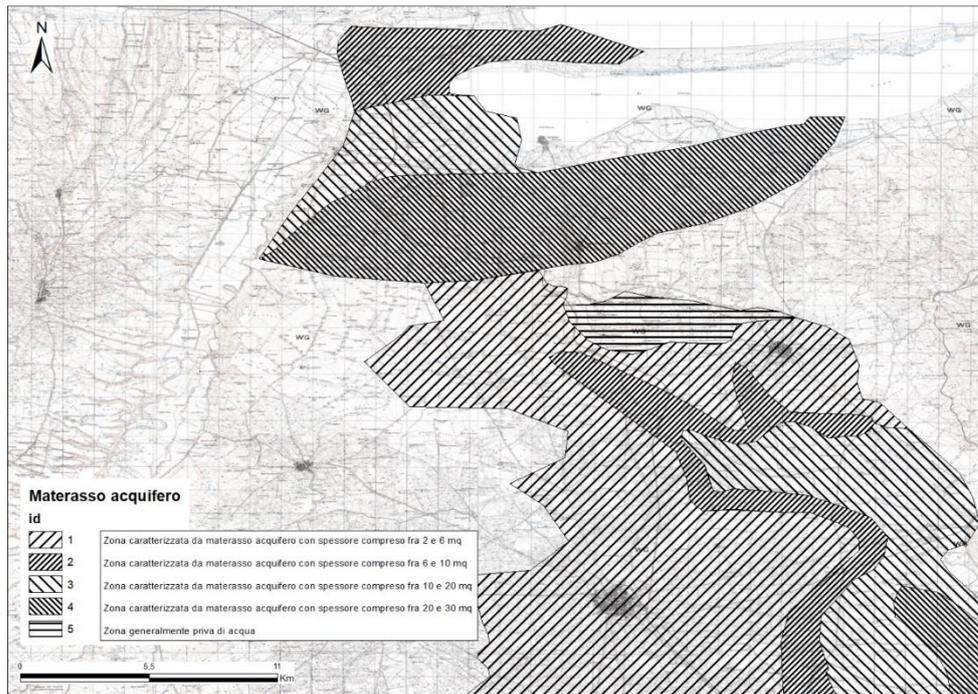
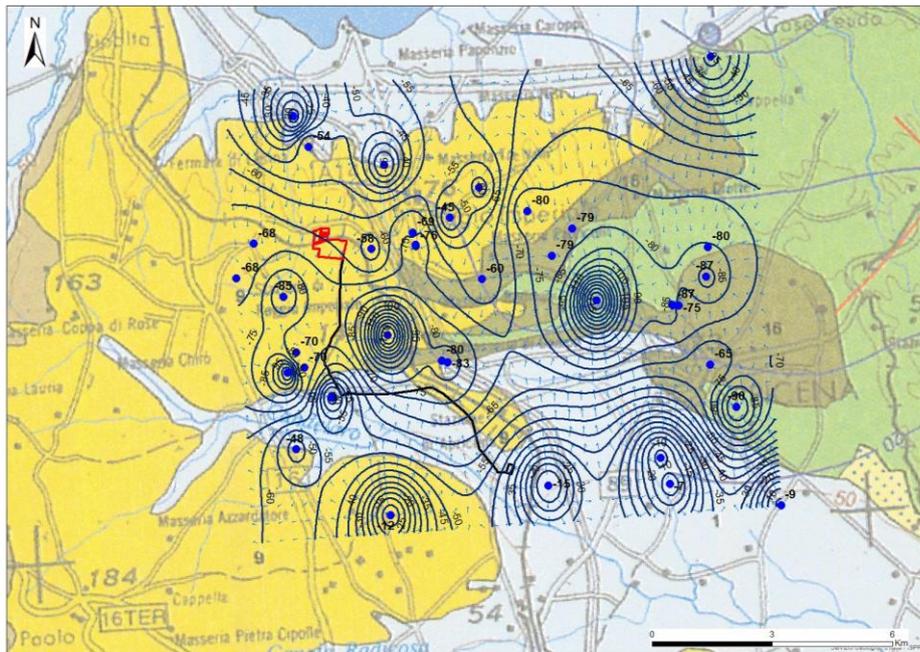


Figura 5-2. Complessi acquiferi superficiali.



Legenda

Elementi idrogeologici

- Pozzi
- Isopieze
- Gradiente

Classi idrogeologiche

- Lago
- Depositi di versante
- Depositi alluvionali e/o marini
- Materiale clastico non consolidato
- Rocce sedimentarie silicoclastiche
- Rocce carbonatiche

Figura 5-3. Carta idrogeologica.

In riferimento alla stima della vulnerabilità dell'acquifero si è fatto riferimento ad uno dei modelli più diffusi al mondo nel settore scientifico, il Modello Drastic Index. Questo modello spicca tra le varie metodologie usate per la determinazione della vulnerabilità degli acquiferi sia per la semplicità d'uso che per la validità dei risultati ottenibili e trova largo impiego anche negli studi di impatto ambientale come strumento adatto alle stime relative alla componente "Acque sotterranee".

Il modello si basa sull'analisi di più fattori che, in base ad una ponderazione in funzione dei caratteri localmente riscontrati, esprimono la vulnerabilità di un acquifero.

I fattori presi in considerazione dal modello Drastic Index sono sette (le loro iniziali formano l'acronimo D.R.A.S.T.I.C.):

D = Depth water	(profondità dell'acquifero)
R = Recharge	(ricarica dell'acquifero)
A = Aquifer media	(caratteristiche dell'acquifero)
S = Soil media	(caratteristiche del suolo)
T = Topography	(topografia, clivometria)
I = Impact of vadose zone media	(impatto della zona non satura)
C = Conductivity	(conducibilità idraulica)

Il Drastic Index (Dix) è stimato con la seguente formula:

$$Dix = (D_p \cdot D_v) + (R_p \cdot R_v) + (A_p \cdot A_v) + (S_p \cdot S_v) + (T_p \cdot T_v) + (I_p \cdot I_v) + (C_p \cdot C_v)$$

con:

p = peso dei fattori;

v = valori di intensità.

Per valutare il probabile inquinamento, i pesi standard dei fattori possono anche essere differenziati per inquinamento di probabile origine agricola o industriale.

Di seguito i parametri standard del metodo:

D _p =	5	(p = 1)
R _p =	4	(p = 3)
A _p =	3	(p = 4)
S _p =	2	(p = 4)
T _p =	1	(p = 10)
I _p =	5	(p = 4)
C _p =	3	(p = 4)

Di seguito le tabelle sinottiche del Drastic Index per l'attribuzione dei pesi dei fattori.

Profondità (Piedi)		Punteggio	Profondità (Metri)		Punteggio
min	max		min	max	
0	5	10	0	1,52	10
5	15	9	1,52	4,57	9
15	30	7	4,57	9,14	7
30	50	5	9,14	15,24	5
50	75	3	15,24	22,86	3
75	100	2	22,86	30,48	2
100		1	30,48		1

Ricarica (Pollici)		Punteggio	Ricarica (mm)		Punteggio
min	max		min	max	
0	2	1	0	50,8	1
2	4	3	50,8	101,6	3
4	7	6	101,6	177,8	6
7	10	8	177,8	254	8
10		9	254		9

Litologia	Punteggio
scisti massicci	1-3
metamorfica/igneo	2-5
metamorfica/igneo alterate	3-5
morene glaciali	4-6
sequenze di arenarie, calcari e scisti	5-9
arenarie	4-9
calcare massiccio	4-9
sabbia e ghiaia	6-9
basalto	5-10
calcare	9-10

Caratteristiche/tipologia	Punteggio
fine o assente	10
ghiaia	10
sabbia pulita	9
argilla aggregata	7
suolo sabbioso	6
suolo franco	5
suolo fangoso	4
suolo argilloso	3
argilla pulita	1

Pendenza (%)		Punteggio
min	max	
0	2	10
2	6	9
6	12	5
12	18	3
18		1

Litologia	punteggio
argilla-limo	2-6
scisti	2-5
calcare	2-7
arenarie	4-8
sequenze di arenarie, calcari e scisti	4-8
sabbia e ghiaia con argilla e fango	4-8
metamorfica/igneo	2-8
sabbia e ghiaia	6-9
basalto	2-10
calcare	8-10

Conducibilità (gdp/piediquadri)		Punteggio	Conducibilità (cm/s)		Punteggio
min	max		min	max	
1	100	1	4,72E-07	4,72E-05	1
100	300	2	4,72E-05	1,42E-04	2
300	700	4	1,42E-04	3,30E-04	4
700	1000	6	3,30E-04	4,72E-04	6
1000	2000	8	4,72E-04	9,44E-04	8
2000		10	9,44E-04		10

Figura 5-4. Pesì dei fattori Drastic Index (ALLER et alii, US-EPA Environmental Protection Agency).

I valori di intensità, valutati in base alle tabelle comparative appositamente costruite e proposte dal software utilizzato (DRASTIC-O per Windows), sono quelli riferiti all'area in studio.

L'elaborazione dei dati ha fornito i seguenti risultati:

Dix = 79, che corrisponde come atteso ad una Vulnerabilità "B - Basso"

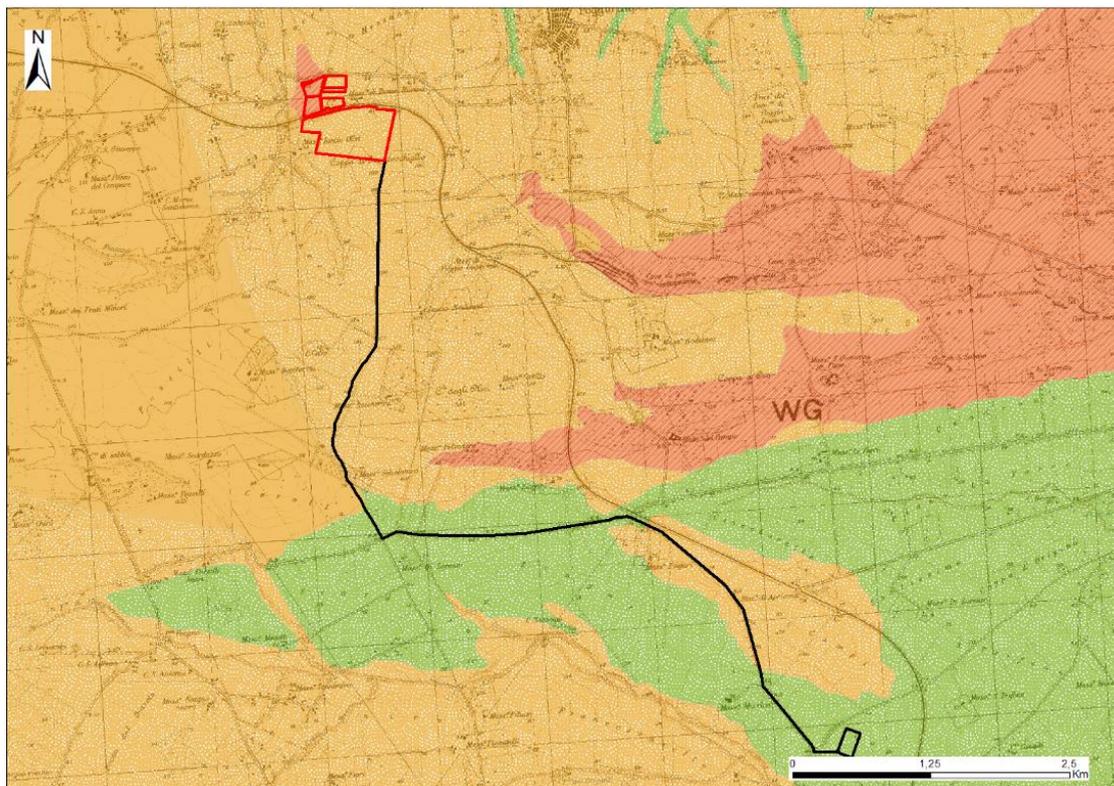
Grado di vulnerabilità	Intervallo di punteggio grezzo
Bassissimo	0 – 55
Basso	56 – 80
Medio	81 – 113
Alto	114 – 159
Elevato	160 – 182
Elevatissimo	183 - 230

Figura 5-5. Grado di vulnerabilità Drastic Index (ALLER et alii , US-EPA Environmental Protection Agency).

Il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA, in qualità di Organo Cartografico dello Stato e quindi depositario di una notevole mole di informazioni geologiche territoriali, organizzate anche in banche dati ha redatto, la Carta della Permeabilità d'Italia.

Tale carta è rappresentativa della permeabilità su scala prevalentemente regionale di unità geologiche affioranti al di sotto degli orizzonti del suolo. Nonostante la piccola scala, si ritiene coerente con quanto misurato e rilevato in zona.

La zona in oggetto rientra tra le aree denominate P2 "Permeabilità media / Porosità".



Legenda

- Acque interne
- F1 Permeabilità alta / Fratturazione-Carsismo
- F2 Permeabilità media / Fratturazione-Carsismo
- F3 Permeabilità bassa / Fratturazione-Carsismo
- F4 Permeabilità molto bassa / Fratturazione-Carsismo
- Ghiacciai
- Mari
- M1 Permeabilità alta / Porosità-Fratturazione
- M2 Permeabilità media / Porosità-Fratturazione
- M3 Permeabilità bassa / Porosità-Fratturazione
- M4 Permeabilità molto bassa / Porosità-Fratturazione
- P1 Permeabilità alta / Porosità
- P2 Permeabilità media / Porosità
- P3 Permeabilità bassa / Porosità
- P4 Permeabilità molto bassa / Porosità

Tabella 5-1. Carta della permeabilità.

CONCLUSIONI

A vantaggio della sicurezza, si consiglia al progettista di impiegare per i calcoli e le verifiche del caso i dati più cautelativi dei parametri idrologici ed idrogeologici ottenuti dall'elaborazione dei dati e riportati nei capitoli precedenti.

In funzione delle soluzioni di progetto che saranno prescelte, sarà possibile apportare eventuali modifiche a quanto riportato nella presente relazione, a vantaggio della sicurezza.

I sopralluoghi ed i controlli in cantiere richiesti dal progettista e/o direttore dei lavori, saranno effettuati previa comunicazione.

Il sottoscritto si rende disponibile ad effettuare incontri e sopralluoghi chiarificatori con il progettista, con gli altri consulenti tecnici, con i responsabili degli Uffici della P.A.

Per una eventuale valutazione delle caratteristiche idrauliche si farà riferimento alla relativa "Relazione idrologica e idraulica", oggetto del dossier progettuale in questione.

Sulla base di quanto rilevato, analizzato e calcolato, la presenza di condizioni idrologiche ed idrogeologiche favorevoli consente la fattibilità degli interventi in progetto.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 25 gennaio 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi



Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie



BIBLIOGRAFIA

ALLER, L., LEHR, J.H., PETTY, R., BENNETT, T. (1987) - DRASTIC—A Standardized System to Evaluate Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting. *Journal of the Geological Society of India*, 29, 23-37.

COTECCHIA V. & MAGRI G. (1966) - *Idrogeologia del Gargano*. Geol. Appl. e Idrogeol., 1, Bari.

GRASSI D. & TADOLINI T. (1991) - La circolazione idrica sotterranea nell'ammasso carbonatico mesozoico del Gargano. Convegno "Ricerca e protezione de le risorse idriche sotterranee de le aree montuose", Brescia.

MAGGIORE M., NUOVO G., PAGLIARULO P. (1996) - Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia. *Mem. Soc. Geol. It.*, 51, 669-684, Roma.

MÖLLER, M., SCHNEIDER, C. (2008) - Sensibilità climatica ed evoluzione del bilancio di massa della calotta glaciale del Gran Campo Nevado, Patagonia sudoccidentale. *Anna. Glaciolo.* 48, 32–42.

MOORE I.D., GESSLER P.E., NIELSEN G.A., PETERSON G.A. - Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal* · March 1993.

OLAYA, V., CONRAD, O. - Chapter 12 Geomorphometry in SAGA, in: *Developments in Soil Science*, edited by: Hengl, T. and Reuter, H. I., Elsevier, 293–308, 2009. Patriche, C. V., Pîrnua, R. G., Rocca, B

QIN, C., ZHU, AX, PEI, T., LI, B., ZHOU, C. E YANG, L. 2007 - Un approccio adattivo alla selezione di un esponente di partizione del flusso per un algoritmo di direzione del flusso multiplo. *Rivista internazionale di scienze dell'informazione geografica* 21(4): 443-458.

SITOGRAFIA

http://www.sit.puglia.it/portal/portale_pianificazione_regionale/Piano%20di%20Tutella%20delle%20Acque

http://www.sit.puglia.it/portal/portale_pianificazione_regionale/Piano%20di%20Tutella%20delle%20Acque/WMS

<https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir?@=41.55172525894153,12.57350148381829,1>

<https://protezionecivile.puglia.it/annali-idrologici-parte-i-documenti-dal-1921-al-2021>

<http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/>