

# Comune di Trepuzzi

Provincia di Lecce

PIANO URBANISTICO ESECUTIVO IN VARIANTE AL  
PUG AI SENSI DELL'ASRT. 12 COMMA 3 E-BIS L.R.  
20/2001 DELIBERA DI C.C. N° 20 DEL 28/07/2022  
– SUB COMPARTO C8 DE NIGRIS -

Relazione idrogeologica

Proponente: Geom. Luigi De Nigris

Il tecnico

Dott. Geol. Gianluca Selleri



Lecce, giugno 2024

## **1 Premessa**

Nella presente relazione idrogeologica sono riportati i risultati dello studio effettuato a corredo del PIANO URBANISTICO ESECUTIVO – Sub Comparto C8 De Nigris.

Lo studio di che trattasi è stato condotto, secondo le disposizioni normative vigenti, al fine di verificare la compatibilità delle previsioni di progetto rispetto allo smaltimento delle acque meteoriche con le condizioni idrogeologiche del sito.

Le acque di interesse sono quelle di pioggia che incidono direttamente sulla strada di nuova realizzazione, in eccedenza rispetto a quelle che saranno utilizzate ai fini irrigui del verde pubblico. Le acque di pioggia provenienti dalla strada, infatti, saranno canalizzate e convogliate presso una vasca di raccolta ubicata all'interno del lotto perequativo, dove esse saranno trattate, stoccate e utilizzate ai fini irrigui e solo l'eventuale eccesso di queste sarà canalizzato verso un sistema di dispersione nel primo sottosuolo.

L'impianto normativo in base al quale è stata redatta la presente relazione idrogeologica è rappresentato da:

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 – “Norme in materia ambientale” e s.m.i.
- Regolamento regionale 9 dicembre 2013 n. 26 - “Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia” (attuazione dell'art. 113 del D. lgs. n. 152/06 e ss.mm. ed ii.).

## **2 Ubicazione e descrizione del sito di intervento**

Il sito di interesse è ubicato alla periferia Sud del tessuto urbano di Trepuzzi (Fig. 1) ed è delimitato:

- a Sud dalla grande area destinata dal PUG ad A.T.U. S-I.g.3 ovvero area destinata Servizi di interesse generale,
- a Ovest dal prolungamento di via Kennedy, ex SS 16 nel tratto Trepuzzi – Lecce,
- a Est dalla linea ferroviaria Lecce – Brindisi
- a Nord con altre proprietà private.

La particolare forma dell'area, la sua posizione all'interno del Comparto C8 del PUG operante, hanno reso possibile lo stralcio dell'area d'intervento rispetto al resto dell'intero Comparto. La proposta non altera in nessun modo gli indici di Piano, le destinazioni urbanistiche previste e tanto meno crea dei limiti o dei vincoli allo sviluppo futuro dell'intero comparto C8. Sono stati rispettati gli assi viari previsti nel PUG ad eccezione di una piccola rotazione dell'asse stradale d'inserimento. Che si è resa necessaria per far rientrare totalmente l'intera fascia stradale all'interno della proprietà

“De Nigris” poiché i proprietari confinanti ed interessati dalla fascia stradale non hanno dimostrato interessamento per intervento proposto.

Il sub-comparto così perimetrato è costituito da complessivi 13.680,46 mq che ricadono in zona “A.T.U. C3” con un indice di 0.2 mc /mq. L’area è individuata catastalmente dalle seguenti particelle:

Foglio	Particella	Superficie (mq)
31	1085	12.279,00
31	1086	194,00
31	1087	1.033,00
<b>TOTALE Superficie Catastale</b>		<b>13.506,00</b>

il comparto ricade a cavallo delle sezioni 512024 e 496143 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 mentre sulla Carta d'Italia in scala 1:25000 ricade sulla Tavoletta 204 II SO “Campi Salentina”.



Fig. 2.1 – Inquadramento del sito su immagine satellitare

### **3 Lineamenti geologici**

Il sito di interesse ricade in una vasta area pianeggiante; qui la successione stratigrafica affiorante è rappresentata dal basso verso l'alto dalle seguenti unità (Fig. 3.1):

- Calcarea di Altamura (Cretaceo superiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla C<sup>8-6</sup> sulla carta Geologica d'Italia)
- Calcareniti di Gravina (Pleistocene inferiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla p<sup>3</sup> sulla carta Geologica d'Italia)
- Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio e superiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla Q<sup>1</sup>-P<sup>3</sup> sulla carta Geologica d'Italia)

I terreni riferibili alla Formazione del Calcarea di Altamura affiorano esternamente a sito e si rinvengono costantemente nel sottosuolo, ricoperti in trasgressione dalle unità più recenti.

La formazione è rappresentata nei limiti del territorio salentino da una successione irregolare e ben stratificata di calcari micritici di colore bianco, di norma con strutture a lamine organiche (stromatoliti) e sedimentarie, di calcari dolomitici e dolomie calcaree di colore grigiastro e subordinatamente di dolomie di colore nocciola o anche nerastro. Tale successione è esposta per alcune centinaia di metri ma di fatto è notevolmente più potente rappresentando la parte alta della successione carbonatica giurassico – cretacea che costituisce l'ossatura del substrato geologico regionale.

In seno alla successione, localmente, sono presenti dei sottili livelli di argille residuali e di breccie che marcano delle superfici di emersione ed erosione più o meno estese. Gli strati hanno una potenza compresa tra il decimetro ed il metro. I macrofossili sono rari; l'associazione microfossilifera è invece abbondante e rappresentata da prevalenti foraminiferi bentonici (*Accordiella conica*, *Murciella cuvillieri*, *Moncharmonia apenninica*, *Raadshowenia selentina*, *Raphydionina liburnica*), ostracodi e oftalmidi. Questa associazione fossilifera e l'assenza di detrito grossolano suggeriscono un ambiente di sedimentazione di bassa energia di piana intertidale con associate paludi algali (piattaforma carbonatica interna). Sulla base del contenuto paleontologico la successione può essere riferita al Campaniano (Bosellini & Parente, 1994). Il limite inferiore della unità non affiora; il limite superiore è inconforme, discordante con le unità più recenti.

L'unità sopra descritta corrisponde in parte al Calcarea di Melissano di Bosellini & Parente, 1994. Non esiste piena corrispondenza, inoltre, anche tra la denominazione utilizzata in questo lavoro e quella di Calcarea di Melissano proposta da Martinis (1969) e ripresa dagli autori della Carta Geologica d'Italia, con la quale è indicata la porzione

prevalentemente calcarea della successione carbonatica giurassico - cretacea affiorante sul territorio salentino.

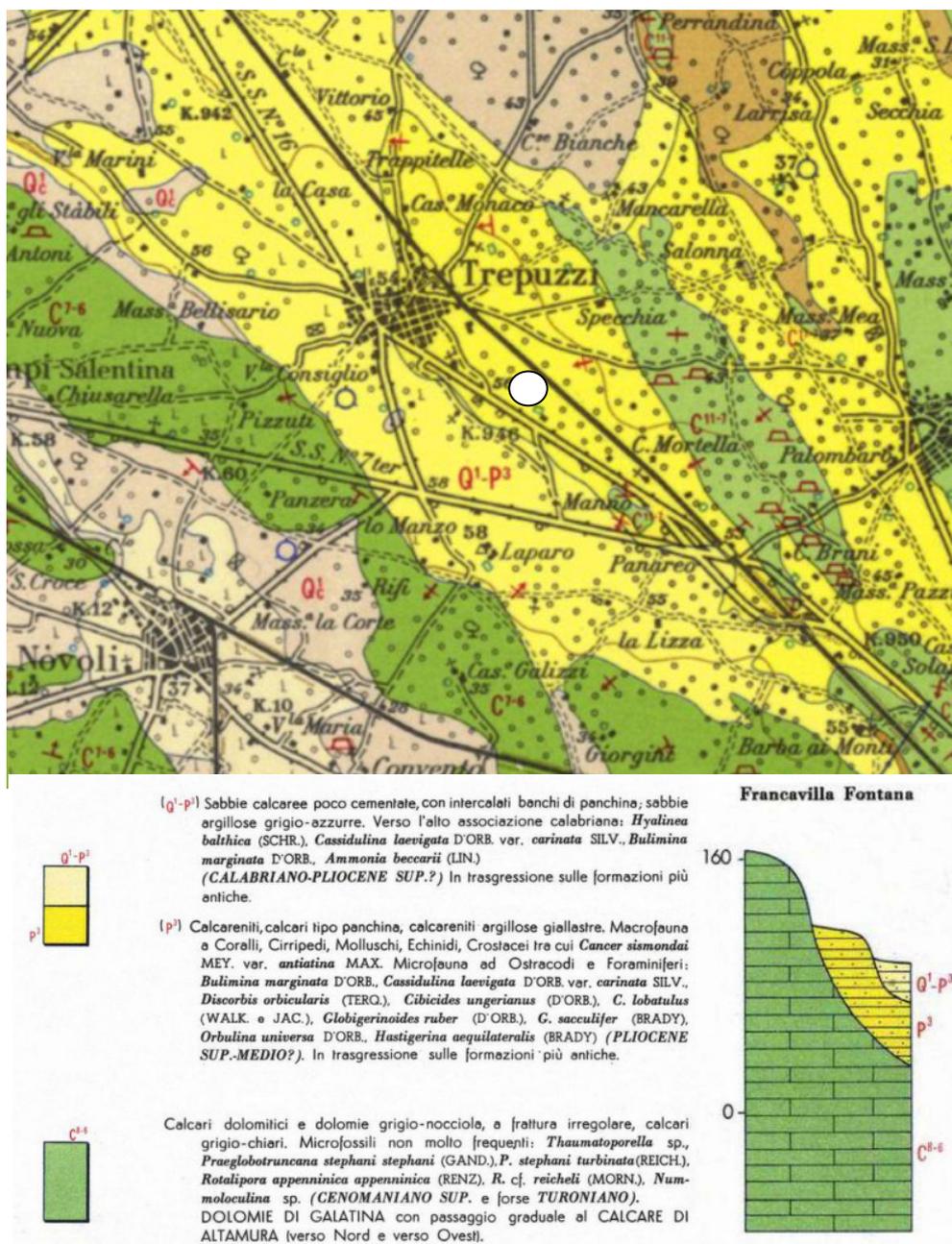


Fig. 3.1 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 e schema dei rapporti stratigrafici (il cerchio bianco individua il sito di interesse)

I terreni riferibili alla Calcarenite di Gravina sono interposti tra i calcari cretacei ed i Depositi marini terrazzati ed affiorano in lembi più o meno estesi proprio nel settore in cui ricade il sito di interesse. L'unità è localmente rappresentata da calcari detritico-organogeni di colore bianco o giallastro, di granulometria variabile da arenitica

grossolana a siltitica, porosi, variamente cementati e a luoghi fossiliferi, cui si intercalano lenti e strati di sabbie siltose calcareo-marnose giallastre con abbondanti noduli diagenetici. Il contenuto macrofossilifero è abbondante e contraddistinto dalla presenza dei così detti "ospiti nordici" che ne permettono la chiara attribuzione, almeno nei limiti del territorio salentino, al Pleistocene inferiore. La potenza massima di questa unità può arrivare fino ad alcune decine di metri.

La denominazione di Calcarenite di Gravina, almeno nei limiti della penisola salentina corrisponde alla Calcarenite del Salento di Bossio et alii, 1987. Anche sulla Carta Geologica d'Italia è usata la denominazione di Calcarenite del Salento ma con riferimenti cronologici al Quaternario, al Calabriano e anche al Pliocene; tale denominazione, tuttavia, almeno nel suo significato originale non ha più ragione di essere utilizzata.

I litotipi riferibili ai Depositi marini terrazzati affiorano immediatamente ad ovest del sito. Si tratta di un complesso di più unità litostratigrafiche messo in posto successivamente al ciclo trasgressivo-regressivo della Fossa Bradanica (cui si riferiscono le sottostanti Calcareniti di Gravina) nel corso probabilmente di più ingressioni marine. La successione è rappresentata in basso da sabbie limoso-argillose verdastre, caratterizzate dalla presenza di abbondanti brachiopodi, passanti verso l'alto ad argille limoso sabbiose di colore grigiastro (per anni confuse con le Argille subappennine) su cui poggiano limi sabbiosi o sabbie limose carbonatiche terrigene cui si intercalano livelli calcarenitici e vere e proprie arenarie a cemento calcareo. La parte estesamente affiorante è quella alta limoso sabbiosa la cui frazione grossolana è rappresentata dalla associazione quarzo e mica bianca. La frazione carbonatica è costituita quasi esclusivamente da resti e gusci interi di ostreidi e di foraminiferi. Il contenuto paleontologico si caratterizza per la presenza di una fauna scarsa e poco differenziata; in particolare si può sottolineare l'assenza di *Hyalinea Balthica* che è invece molto diffusa nelle argille sottostanti (Salvatorini, 1969).

La sedimentazione è avvenuta probabilmente in un mare poco profondo ma comunque al di sotto della wave base. La parte sommitale dell'unità, più grossolana e cementata, potrebbe rappresentare la chiusura del ciclo e quindi corrispondere alla fase di regressione con graduale diminuzione di profondità del bacino fino alla completa emersione. Sulla Carta geologica d'Italia i Depositi marini terrazzati sono indicati sia come Formazione di Gallipoli che come Calcarenite del Salento ed attribuiti genericamente al Quaternario o al Calabriano. Tale suddivisione, nel quadro delle relativamente recenti nuove acquisizioni sulla stratigrafia della penisola salentina, non hanno più ragione di essere utilizzate quantomeno con il loro significato originale.

Con riferimento specifico al sito di interesse è stato accertato attraverso il rilevamento condotto in campo e da una stratigrafia di pozzo per acqua, di seguito allegata, reperibili presso la banca dati dell'Archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84)<sup>1</sup> - banca dati dei sondaggi acquisiti ai sensi della Legge del 4 agosto 1984 n. 464 - che il substrato geologico è rappresentato dai terreni calcarenitici riferibili alla Calcarenite di Gravina e potenti circa 23 m.

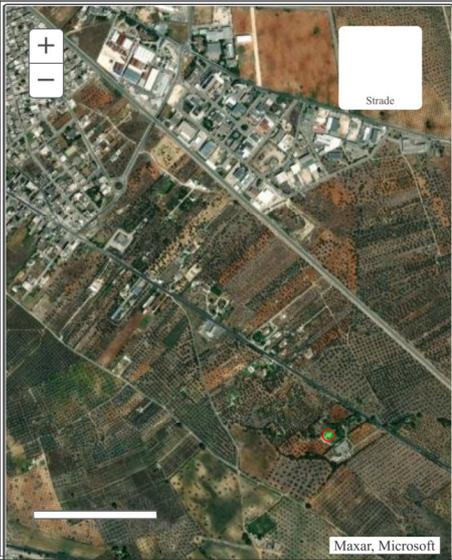
 		<b>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</b>			
<b>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</b>					
<b>Dati generali</b>		<b>Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</b>			
<b>Codice:</b> 208249 <b>Regione:</b> PUGLIA <b>Provincia:</b> LECCE <b>Comune:</b> LECCE <b>Tipologia:</b> PERFORAZIONE <b>Opera:</b> POZZO PER ACQUA <b>Profondità (m):</b> 90,00 <b>Quota pc slm (m):</b> ND <b>Anno realizzazione:</b> 1996 <b>Numero diametri:</b> 1 <b>Presenza acqua:</b> SI <b>Portata massima (l/s):</b> 12,000 <b>Portata esercizio (l/s):</b> ND <b>Numero falde:</b> 0 <b>Numero filtri:</b> 0 <b>Numero piezometrie:</b> 1 <b>Stratigrafia:</b> SI <b>Certificazione(*):</b> NO <b>Numero strati:</b> 4 <b>Longitudine WGS84 (dd):</b> 18,093739 <b>Latitudine WGS84 (dd):</b> 40,392619 <b>Longitudine WGS84 (dms):</b> 18° 05' 37.46" E <b>Latitudine WGS84 (dms):</b> 40° 23' 33.43" N  (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
<b>DIAMETRI PERFORAZIONE</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	90,00	90,00	400	
<b>MISURE PIEZOMETRICHE</b>					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
apr/1996	55,00	55,00	0,00	12,000	
<b>STRATIGRAFIA</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,50	2,50		TERRENO VEGETALE
2	2,50	26,00	23,50		CALCARENITI BIANCASTRE ORGANOGENE
3	26,00	51,00	25,00		CALCARE BIANCO POROSO CON ACQUA
4	51,00	90,00	39,00		CALCARE DOLOMITICO CARSLIFICATO CON FALDA ACQUIFERA

Fig. 3.2 – Scheda stratigrafica

<sup>1</sup> Con la Legge del 4 agosto 1984 n. 464 viene fatto obbligo di comunicare al Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) le informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale realizzati per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile. Tali informazioni riguardano in particolare le indagini spinte a profondità maggiori di 30 metri dal piano campagna e, nel caso delle gallerie, maggiori di 200 metri di lunghezza. I dati corrispondono alle informazioni dichiarate nelle comunicazioni senza alcuna aggiunta o contributo interpretativo in fase di informatizzazione

Nel dettaglio, nei limiti dell'area di interesse, le calcareniti sono ricoperte discontinuamente da pochi decimetri di sabbie limose rossastre di origine colluviale e frequentemente sono subaffioranti.

#### **4 Vincolistica geologica**

La vincolistica geologica è stata valutata con riferimento al PAI vigente, alla carta Idrogeomorfologica, al PTA ed al Vincolo Idrogeologico.

L'Autorità di Bacino della Regione Puglia (oggi Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino meridionale Sede Puglia) ha perimetrato nel PAI le diverse aree del territorio regionale a pericolosità idraulica suddividendole come segue in relazione al tempo di ritorno dei possibili eventi dannosi:

- AP aree ad alta probabilità di inondazione
- MP aree a moderata probabilità di inondazione
- BP aree a bassa probabilità di inondazione

Analogamente sono state perimetrare le aree a pericolosità geomorfologica:

- PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata
- PG2 aree a pericolosità da frana elevata
- PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata

Con riferimento a questa classificazione si rileva che il sito su cui insiste l'area di intervento non è interessato da perimetrazioni PAI (Fig. 4.1).

Con riferimento alla carta Idrogeomorfologica si rileva che in corrispondenza del sito non ci sono forme del paesaggio di interesse. Con riferimento al PTA della Regione Puglia (aggiornamento 2015 – 2021) si rileva invece che il sito di interesse ricade in una zona di tutela Quali-quantitativa (Fig. 4.2)

In queste aree:

a) in sede di rilascio di nuove autorizzazioni alla ricerca, andranno verificate le quote previste di attestazione dei pozzi al di sotto del livello mare, con il vincolo che le stesse non risultino superiori a 20 volte il valore del carico piezometrico espresso in quota assoluta (riferita al l.m.m.). A tale vincolo si può derogare nelle aree in cui la circolazione idrica si esplica in condizioni confinate al di sotto del livello mare.

b) in sede di rilascio o di rinnovo della concessione, nel determinare la portata massima emungibile si richiede che la stessa non determini una depressione dinamica del carico piezometrico assoluto superiore al 30% del valore dello stesso carico e che i valori del contenuto salino (Residuo fisso a 180°C) e la concentrazione dello ione cloro (espresso in mg/l di Cl<sup>-</sup>), delle acque emunte, non superino rispettivamente 1 g/l o 500 mg/l.



**Pericolosità e Rischio**

- Peric. Idraulica AP
- Peric. Idraulica MP
- Peric. Idraulica BP

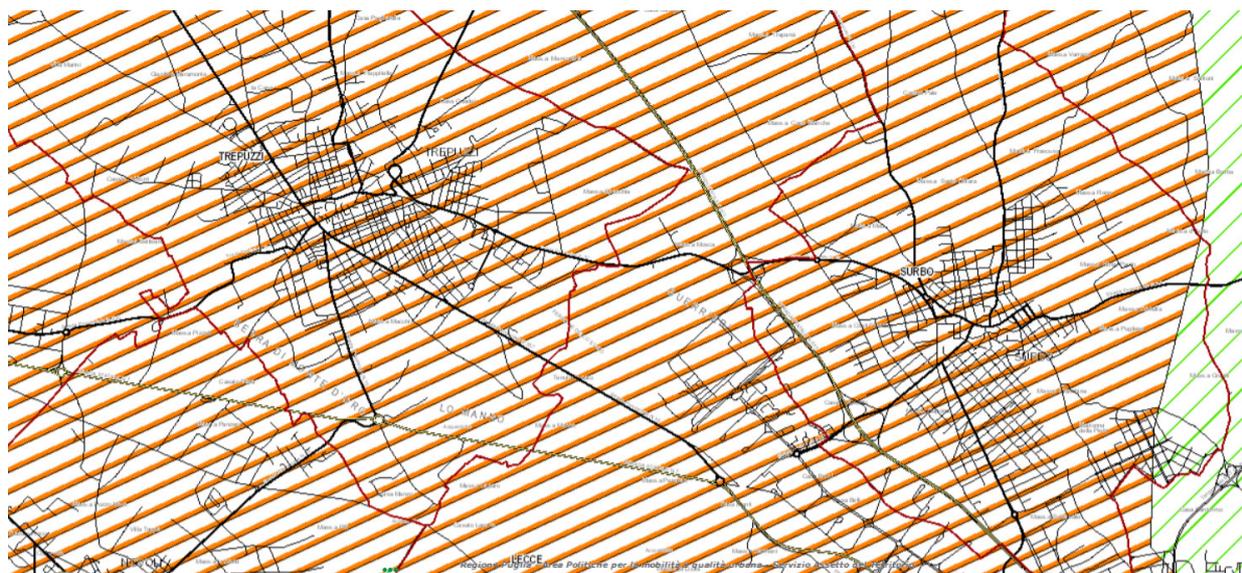
*Fig. 4.1 – Stralcio del PAI*

In ragione della natura dell'intervento di progetto è possibile escludere la possibilità che possano verificarsi interferenza tra le previsioni ed i vincoli d'uso del territorio imposti dal PTA e le opere e le trasformazioni del territorio previste in progetto.

Per quanto riguarda il vincolo idrogeologico si rileva preliminarmente che esso è uno strumento di tutela volto al controllo dell'utilizzazione dei terreni montani e dei luoghi boscati, ricompresi nei bacini fluviali.

L'apposizione del vincolo idrogeologico determina il divieto di apportare modificazioni o d'introdurre forme di utilizzazioni che possano far perdere stabilità ai terreni o turbare il regime delle acque.

L'utilizzazione dei terreni e l'eventuale loro trasformazione, la qualità delle colture, il governo dei boschi e dei pascoli sono assoggettati, per effetto del vincolo, alle limitazioni stabilite dalle leggi in materia. Parimenti, a norma della legge speciale, possono essere sottoposti a limitazione nella loro utilizzazione i boschi che per la loro speciale ubicazione difendono terreni o fabbricati dalla caduta di valanghe, dal rotolamento dei sassi, dalla furia dei venti, e quelli ritenuti utili per le condizioni igieniche locali. La disciplina che regola l'utilizzo delle zone destinate a vincolo idrogeologico è contenuta all'interno del R.D. 3267/1923. Dall'esame del PPTR si evince che l'area in esame è scevra da questa e da altre prescrizioni vincolistica di natura paesaggistica.



*Fig. 4.2 – Stralcio del PTA*

### **5 Caratteri idrogeologici, assetto idrostrutturale e vulnerabilità degli acquiferi**

Gli studi di numerosi ricercatori, confermati dai risultati delle perforazioni dei pozzi per acqua effettuate su tutto il territorio pugliese da privati e da enti pubblici (Consorzi di Bonifica, Ente Irrigazione di Puglia e Basilicata, ecc.), hanno dimostrato l'esistenza di una potente falda di acqua dolce circolante nel basamento carbonatico-mesozoico, fratturato e carsificato, detta falda di base o profonda. Questa falda nella porzione

peninsulare della Puglia ha una tipica conformazione forma a lente biconvessa e galleggia sulle acque più dense di intrusione marina che stabiliscono un collegamento idraulico sotterraneo tra il Mare Adriatico e il Mare Ionio.

La separazione tra l'acqua dolce e l'acqua salata è rappresentata da una zona di transizione il cui spessore cresce all'aumentare della distanza dalla costa. Lo spessore di questa zona, infatti, è dell'ordine di diverse decine di metri nei settori più interni della penisola e si riduce fino ad annullarsi in corrispondenza della costa.

La falda profonda è alimentata dalle acque di pioggia ricadenti sugli affioramenti delle rocce carbonatiche e dai deflussi sotterranei dovuti alle perdite degli acquiferi superficiali. Le acque della falda profonda si sversano nel Mar Ionio e nel Mar Adriatico in virtù di un gradiente idraulico diretto dall'interno verso la costa.

Al di sopra della falda profonda possono essere presenti delle falde superficiali contenute di norma nei depositi sabbiosi e sabbioso-argillosi del Pleistocene medio - superiore ed esclusivamente per la parte più meridionale della penisola, nei depositi marnoso - calcarei del Pliocene e del Miocene. Le caratteristiche di queste falde sono tuttora poco conosciute.

Per definire nel dettaglio i caratteri idrogeologici dell'area di interesse occorre prestare particolare attenzione al tipo di permeabilità e al coefficiente di permeabilità (K) delle rocce costituenti la locale serie geologica.

La permeabilità è la proprietà delle rocce di lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un carico idraulico in condizioni normali di temperatura e pressione. In letteratura si distinguono tradizionalmente i seguenti tipi di permeabilità:

- per porosità,
- per fessurazione,
- per carsismo.

L'ultimo tipo è considerato da diversi autori derivazione diretta del secondo. Questi tipi fondamentali di permeabilità sussistono spesso in associazione. I mezzi rocciosi in cui prevalgono il secondo ed il terzo tipo sono detti permeabili in grande, mentre quelli permeabili per porosità sono detti permeabili in piccolo.

Il coefficiente di permeabilità (K) è la costante di proporzionalità che lega la velocità di filtrazione al gradiente idraulico nella Legge di Darcy. K si determina in laboratorio o, meglio, in situ per le terre ed esclusivamente in situ per le rocce litoidi attraverso la realizzazione di pozzi o pozzetti superficiali.

Sulla base di queste indicazioni e dei caratteri delle diverse unità affioranti nell'area di studio si può affermare che le rocce del Cretaceo rappresentano una unità permeabile esclusivamente per fessurazione e per carsismo; i livelli dei Depositi marini terrazzati

stratigraficamente più bassi, in ragione di un graduale arricchimento nella frazione limoso-argillosa, sono praticamente impermeabili.

Alla successione cretacea, stratificata e fratturata può essere attribuito un valore medio di K pari a  $10^{-3}$  m/s (o anche inferiore per la parte satura) mentre alle calcareniti del Pleistocene inferiore si può attribuire una permeabilità prevalente sia per fessurazione e carsismo che per porosità e porre un valore di k pari a  $10^{-3} - 10^{-4}$  m/s. Ai Depositi marini terrazzati si può attribuire nel complesso un valore di K relativamente modesto, anche inferiore a  $10^{-7}$  m/s nella parte stratigraficamente bassa che risulta difatti impermeabile.

Sulla base di quanto scritto, in seno alla successione litostratigrafica che caratterizza l'area vasta in cui ricade il PUE possono essere distinti quindi due acquiferi sovrapposti, uno profondo ed uno superficiale, separati da un aquiclud. Nel presente lavoro questi sono denominati rispettivamente:

- acquifero profondo: corrisponde alla successione di rocce calcaree de Cretaceo inferiore e del Pleistocene inferiore. È permeabile prevalentemente per fessurazione e carsismo. In genere è molto permeabile anche se, localmente, in ragione della variabilità del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso, può essere caratterizzato dalla presenza di modesti volumi impermeabili. Ospita la falda di base che circola generalmente in condizioni freatiche.



Fig. 5.1 - Isofreatiche della falda profonda - Stralcio del PTA 1° ciclo

- acquifero superficiale: corrisponde alla parte alta dei Depositi marini terrazzati. È permeabile esclusivamente per porosità; ospita una falda superficiale il cui campo di esistenza è limitato all'area di affioramento di questa unità. La sua presenza non è riportata sul PTA; si tratta, infatti, di un livello idrico alquanto discontinuo e di scarsa produttività la cui piezometrica si attesta a qualche metro di profondità al di sotto del p.c..

Le modalità di deflusso di questa falda dipendono esclusivamente dalla geometria del substrato impermeabile che la sostiene. In generale, comunque, la mobilità delle acque è bassa ed i tempi di rinnovamento delle stesse sono elevati. Le portate estraibili dai singoli pozzi sono generalmente modeste e comunque di norma inferiori a 0,5 l/s. I valori di salinità sono variabili ma comunque in generale bassi e dipendono esclusivamente dai tempi di contatto tra l'acqua ed il substrato argilloso.

Con riferimento specifico al sito di interesse si rileva che esso è interessato dal solo acquifero profondo e dunque dalla presenza esclusiva della falda profonda; qui la piezometrica di detta falda si attesta a 2.5 m slm e dunque a oltre 50 m di profondità rispetto al p.c..

Noto il carico piezometrico, utilizzando la relazione di Ghiben – Herzberg per la quale è dimostrato che:

$$h = df / (dm - df) * t$$

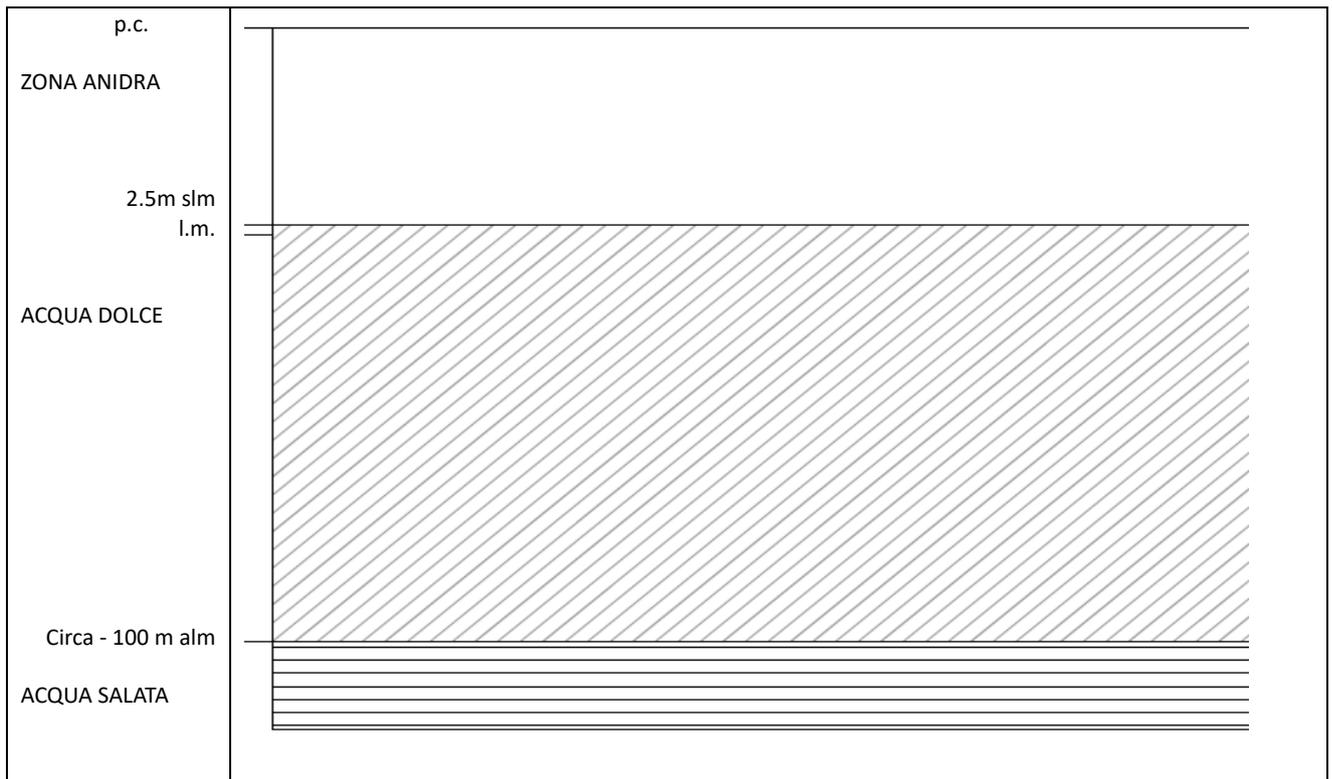
dove:

- h è la profondità dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata dal livello del mare;
- dm è la densità dell'acqua del mare pari a 1,028 g/cm<sup>3</sup>;
- df è la densità delle acque dolci di falda pari a 1,0028 g/cm<sup>3</sup>;
- t è la quota piezometrica pari in questo settore a 2.5 metri

è possibile calcolare lo spessore della falda.

Semplificando la relazione si ricava che il valore cercato corrisponde a circa 40 volte t e quindi è pari a circa 100 m (Fig. 5.2).

Considerando che la quota dello scarico sarà di circa 53 m slm il franco di sicurezza dell'impianto sarà superiore a 50 m (Fig. 5.2). In prossimità dello scarico non sono presenti opere di captazione di acque sotterranee destinate a consumo umano in un intorno di raggio pari a 200 m.



*Fig. 5.2 – Sezione idrogeologica schematica*

Per quanto attiene alla valutazione della vulnerabilità di questa risorsa idrica bisogna considerare la compatibilità dell'intervento di progetto in funzione della tutela della risorsa idrica sotterranea. In generale i fattori più importanti, naturali o idrogeologici, di protezione delle falde dall'inquinamento riguardano:

- i parametri idraulici del sistema acquifero, ossia le caratteristiche litologiche e di permeabilità dei terreni di copertura che influenzano la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione (autodepurazione) da parte dei terreni attraversati;
- la soggiacenza (spessore dell'insaturo) della superficie piezometrica per gli acquiferi non confinati;
- la posizione della superficie piezometrica.

Questi elementi determinano la vulnerabilità intrinseca (o naturale) dell'acquifero all'inquinamento. Alla luce di ciò, la vulnerabilità dell'acquifero non è altro che la facilità o meno per un inquinante di introdursi, propagarsi e perdurare in un determinato acquifero. Bisogna, inoltre, aggiungere che la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è collegata ad almeno tre fattori che sono tra loro intimamente connessi (Civita, 1990):

- il tempo di transito impiegato dall'acqua o dall'inquinante per attraversare l'insaturo e raggiungere la superficie piezometrica dell'acquifero;
- il deflusso sotterraneo;
- la capacità di attenuazione dell'impatto degli inquinanti sul sistema acquifero.

Questi tre fattori dipendono, a loro volta, da tutta una serie di casi che rendono ogni situazione idrogeologica e antropica differente l'una dall'altra. Ecco perché la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero richiede una conoscenza approfondita e articolata di tutta una serie di dati provenienti dall'area studiata.

Con la relazione di Darcy, è possibile calcolare la velocità di un inquinante che si sposta nel non saturo, oppure il tempo impiegato dallo stesso per raggiungere la superficie della falda. Sebbene questa relazione risulti poco adatta, il suo utilizzo consente di ottenere valori approssimati ragionevolmente attendibili. Essendo  $b$  lo spessore del terreno non saturo,  $k$  il coefficiente di permeabilità,  $i$  il gradiente idraulico,  $n$  la porosità efficace, si può calcolare  $t$ , tempo necessario perché la sostanza inquinante possa raggiungere la superficie della falda attraverso la relazione:

$$t = b/(ki/n)$$

Per maggiore sicurezza il terreno viene considerato in condizioni di saturazione e con  $i = 1$  (le traiettorie delle particelle sono subverticali).

Un'altra espressione molto simile alla precedente utilizza il tempo impiegato dalle acque contaminate per raggiungere la superficie della falda (tempo di transito) per stabilire la vulnerabilità. Partendo dalla conoscenza della velocità di percolazione per differenti litotipi  $v$  (con dati sperimentali e di letteratura:  $K = 10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec per i calcari e  $K = 10^{-3} \div 10^{-4}$  cm/sec per i livelli calcarenitici) e dallo spessore  $b$  del mezzo non saturo, si ricava:

$$t = b/v$$

DE LUCA D.A. e VERGA G., seguendo tale metodologia hanno distinto 6 classi, a vulnerabilità verticale crescente, in base al tempo teorico di arrivo in falda di un eventuale inquinante.

<b>TEMPO DI ARRIVO</b>	<b>VULNERABILITA' VERTICALE</b>
> 20 anni	Molto bassa
20 - 10 anni	Bassa
10 - 1 anno	Media

1 anno – 1 settimana	Alta
1 settimana – 24 ore	Elevata
< 24 ore	Molto elevata

Tab. 5.1 – Classi di vulnerabilità in base al tempo di arrivo in falda.

Il tempo di arrivo ( $T_a$ ) può essere calcolato come rapporto tra i valori di soggiacenza ( $S$ ) e di velocità d'infiltrazione ( $V_i$ ).

Ipotizzando condizioni molto negative, se si considera completamente saturo (gradiente idraulico = 1) il terreno tra la superficie del suolo e la falda, la velocità di infiltrazione può essere assunta pari al coefficiente di permeabilità.

Con riferimento specifico al sito di intervento si rileva che il franco roccioso è costituito dalle calcareniti pleistoceniche spesse circa 23 m e dai calcari del Cretaceo. Rispetto al piano campagna applicando le formule precedentemente indicate risulta che il tempo di arrivo ( $T_a$ ) nella falda superficiale di un eventuale inquinante è dell'ordine di alcuni giorni quindi la vulnerabilità della falda profonda è elevata.

È opportuno far presente, tuttavia, che la realizzazione dell'intervento di progetto non comporta attività e contesti che espongono l'acquifero a particolari criticità.

## **6 Definizione della portata e del volume di acque da trattare**

### **6.1 Calcolo della curva di possibilità climatica**

La Curva di Possibilità Climatica può essere costruita operando un'interpretazione statistica di una serie storica delle altezze di pioggia riportate negli Annali Idrologici, una volta fissato il tempo di ritorno caratteristico dell'evento critico d'interesse oppure desunta direttamente utilizzando il metodo VAPI.

Nel seguito sarà utilizzato il secondo dei metodi proposti per il calcolo della curva segnalatrice di possibilità climatica. Tale curva è, in generale, descritta dalla seguente equazione:

$$h_{netta}(Tr, d) = a * d^n$$

dove  $a$ , espresso in  $mm/h^n$ , ed  $n$ , numero dimensionale minore di 1, sono dei coefficienti caratteristici delle condizioni meteo-climatiche dell'area d'interesse.

Nello specifico, la Regione Puglia è stata divisa in sei regioni aventi caratteristiche pluviometriche differenti.



Figura 6.1.1 - Corografia della Puglia con delimitazione delle zone pluviometriche omogenee del VAPI

Per ogni regione pluviometrica viene fornita l'equazione della Linea Segnalatrice di Possibilità Climatica. Il Salento ricade interamente nella sesta regione pluviometrica per la quale viene fornita la seguente espressione:

$$X(d, z) = 33,7 * d^{\frac{0,488+0,0022*z}{3,178}}$$

Tale relazione permette di calcolare per diverse durate di pioggia  $d$  il valore dell'altezza di pioggia  $X$ , prendendo in considerazione il valore della quota assoluta ( $z$ ) sul livello del mare.

I valori calcolati sono, quindi, correlati ad un determinato tempo di ritorno attraverso un coefficiente moltiplicativo  $K_T$ .

Si assume come altezza  $z$  la quota media sul l.m.m. del bacino di interesse, nel caso specifico pari a 53 m.

Il tempo di ritorno utilizzato per il calcolo è stato assunto pari a 10 anni in accordo con quanto stabilito dalla comune pratica.

Sostituendo i valori nelle relazioni precedenti si ottengono gli eventi critici di pioggia con tempo di ritorno di 10 anni.

<b>d (ore)</b>	1	3	6	12	24
<b>z (m)</b>	53				
<b>Tr (anni)</b>	10				

$X_{10}$	45.5	56.0	63.9	73.0	83.2
$LN(X_{10})$	3.8172	4.0262	4.1580	4.2899	4.4218
d (ore)	1	3	6	12	24
$LN(d)$	0	1.0986	1.7918	2.4849	3.1781
Regr. Lin.	0.1902	3.82			
$n_{10}$	0.1902				
$a_{10}$	45.48				
$h_{10}$	45.5	56.0	63.9	73.0	83.2

Tabella 6.1.1 – Calcolo delle altezze lorde di pioggia relative ad eventi con tempo di ritorno di 10 anni

Di seguito si riporta il grafico relativo alla Curva Segnalatrice di Possibilità Climatica.

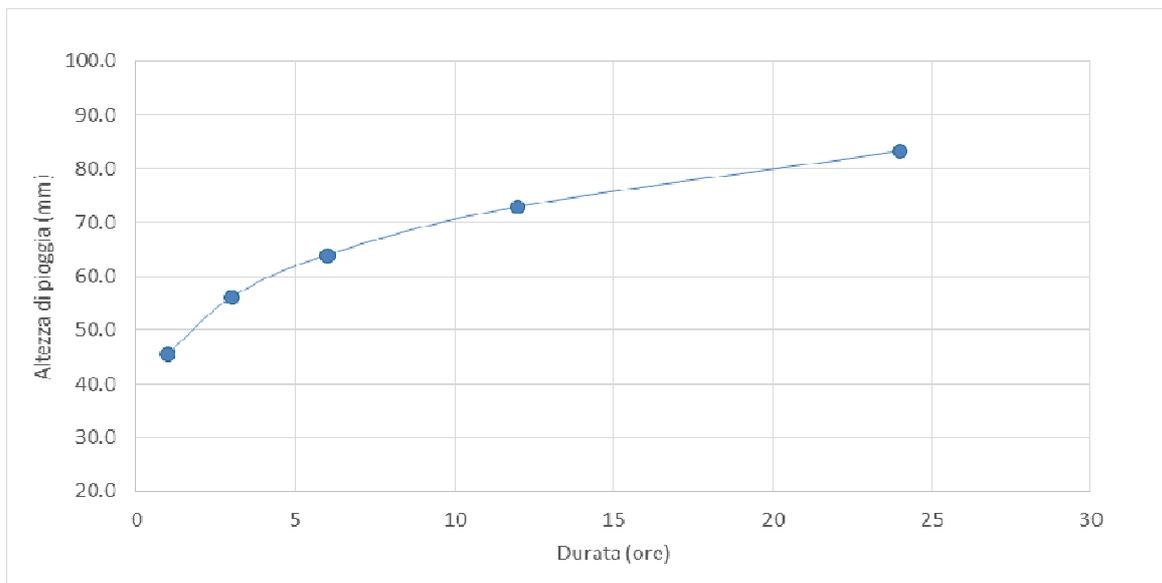


Figura 6.1.2 - Equazione della linea segnalatrice di possibilità climatica relativa ad eventi con tempo di ritorno di 10 anni

## 6.2 Definizione del bacino scolante

Il bacino scolante è rappresentato dalla strada di progetto e dai marciapiedi. Esso ha una superficie complessiva di 5450 mq. Le acque di pioggia che incidono direttamente sulla strada di nuova realizzazione saranno canalizzate e convogliate presso una vasca di raccolta ubicata all'interno del lotto perequativo, dove esse saranno trattate, stoccate e utilizzate ai fini irrigui e solo l'eventuale eccesso di queste sarà canalizzato verso un sistema di dispersione nel primo sottosuolo.

## 6.3 Tempo di corrivazione

Il tempo caratteristico del bacino è stato assunto pari al tempo di corrivazione definito come il tempo che impiega l'ultima particella d'acqua caduta sul bacino, nella sezione più lontana da quella di chiusura, a raggiungere quest'ultima.

Il tempo  $t_c$  è stimabile mediante la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

dove:

- $A$  è l'ampiezza del bacino espressa in  $\text{km}^2$
- $L$  è la lunghezza dell'asta pluviale maggiore in km
- $H$  è la differenza, in metri, tra la quota media del bacino ( $H_m$ ) e la quota della sezione di chiusura del bacino ( $H_c$ ).

Nella tabella seguente si riportano i risultati relativi all'area di calcolo.

$A \text{ (m}^2\text{)}$	$L \text{ (m)}$	$H \text{ (m)}$	$t_c \text{ (ore)}$
<b>5450</b>	<b>380</b>	<b>0,5</b>	<b>1.55</b>

#### 6.4 – Calcolo della pioggia efficace

Per la determinazione dell'altezza di pioggia efficace è stato utilizzato il metodo del Curve Number. Con riferimento ad un evento meteorico avente tempo di ritorno  $Tr$  è possibile determinare il deflusso superficiale caratteristico del bacino scolante:

$$h_{netta}(Tr) = \frac{(X(Tr) - I_a)^2}{(X(Tr) - I_a) + S}$$

dove:

- $h_{netta}(Tr)$  in mm, è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento con tempo di ritorno  $Tr$ ;
- $X(Tr)$  in mm, è il volume specifico di pioggia lorda relativo all'evento con tempo di ritorno  $Tr$ ;
- $I_a$  in mm, rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio;
- $S$  in mm, è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso.

Nella pratica, si utilizzano le seguenti relazioni:

$$I_a = 0.2S$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Il parametro CN è un valore adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è

ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition - AMC): molto asciutto (<50 mm), standard (50÷110 mm) e molto umido (>110 mm). A favore di sicurezza, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato a quella normale dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi:

- A = potenzialità di deflusso scarsa,
- B = potenzialità di deflusso moderatamente bassa,
- C = potenzialità di deflusso moderatamente alta,
- D = potenzialità di deflusso molto alta.

A ognuna delle precedenti classi di potenzialità di deflusso, in funzione dell'uso del suolo, sono associabili dei valori del parametro  $CN_{II}$ , come riportato nella seguente tabella.

<b>Uso del suolo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<i>Tessuto residenziale continuo</i>	89	92	94	95
<i>Tessuto residenziale discontinuo</i>	61	75	83	87
<i>Tessuto residenziale rado e nucleiforme</i>	51	68	79	84
<i>Tessuto residenziale rado</i>	51	68	79	84
<i>Insedimento industriale</i>	81	88	91	93
<i>Insedimento commerciale</i>	89	92	94	95
<i>Insedimento produttivo agricolo</i>	61	75	83	87
<i>Reti stradali e spazi accessori</i>	98	98	98	98
<i>Aree estrattive</i>	60	60	60	60
<i>Discariche</i>	30	58	71	78
<i>Cantieri e suoli rimaneggiati</i>	89	92	94	95
<i>Campeggi, strutture ricettive, luoghi di culto e cimiteri</i>	49	69	79	84
<i>Aree verdi urbane</i>	39	61	74	80
<i>Colture temporanee associate a colture permanente</i>	62	71	78	81

<i>Frutteti e frutti minori non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Frutteti e frutti minori irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Oliveti irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Oliveti non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Prati stabili non irrigui</i>	30	58	71	78
<i>Seminativi in aree non irrigue</i>	62	71	78	81
<i>Sistemi colturali e particellari complessi</i>	72	81	88	91
<i>Vigneti irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Vigneti non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Zone boscate</i>	25	55	70	77
<i>Aree a pascolo naturale, praterie e incolti</i>	39	61	74	80
<i>Spiagge, dune e sabbie</i>	68	79	86	89
<i>Bacini di acqua</i>	100	100	100	100

Ai fini applicativi il bacino scolante è omogeneo ed ascrivibile alla classe d'uso "Reti stradali e spazi accessori" caratterizzato da un valore CN pari a 98 ed indipendente dalle capacità di drenaggio del suolo. Utilizzando le relazioni sopra riportate si ottengono, i seguenti risultati:

- $CN_{III} = 99,13 \text{ mm}$
- $S = 2,23 \text{ mm}$
- $Ia = 0,56 \text{ mm.}$

#### 6.5 Calcolo della portata al colmo

Per il calcolo della portata di piena  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) si è fatto riferimento all'idrogramma unitario proposto dal Soil Conservation Service (SCS). Si tratta di un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

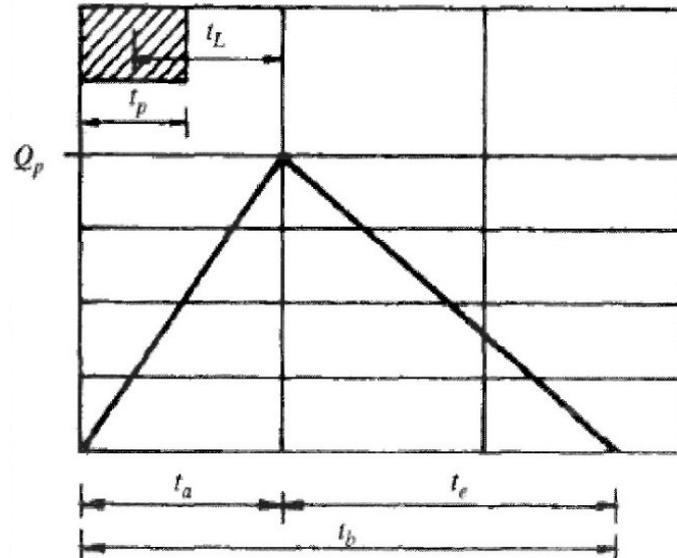


Figura 6.5.1 – Idrogramma unitario del Soil Conservative Service

Sperimentalmente è stato dimostrato che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico pari al 37,5% del volume totale  $V$  di deflusso, quindi ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2.67t_a$$

Utilizzando le formule precedenti ed esprimendo il volume di deflusso netto  $V$  in mm, il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $\text{Km}^2$ , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0.5t_p + t_L$$

I tempi  $t_p$  e  $t_L$  sono "tempi caratteristici" del bacino: il primo rappresenta il tempo di piena, il secondo, invece, il ritardo con cui la portata di picco arriva alla sezione di chiusura del bacino.

Il tempo  $t_p$  è assunto pari al tempo di corrivazione  $t_c$  stimato in precedenza.

Per la stima del tempo di ritardo del bacino sperimentalmente è stata osservata la seguente relazione:

$$t_L = 0.6t_c$$

Quindi, in ultima istanza, si ottiene:

$$t_a = 1.1t_c$$

Nella tabella seguente si riportano i valori delle portate al colmo calcolate.

$T_r$ (anni)	$A$ ( $m^2$ )	$V$ (mm)	$Q_p$ ( $m^3/s$ )
<b>10</b>	<b>5450</b>	<b>29.08</b>	<b>0.02</b>

### **7 Smaltimento delle acque di pioggia**

Le acque da smaltire sono quelle di pioggia in eccesso rispetto a quelle che saranno accumulate in una vasca ed utilizzate per l'innaffiamento del verde pubblico.

La portata massima da smaltire sarà pari a quella calcolata per un tempo di ritorno di 10 anni (0.02 mc/s) nell'ipotesi che la vasca di raccolta si piena al momento della pioggia.

Lo smaltimento delle acque in surplus avverrà in sub-irrigazione.

La trincea sarà realizzata mediante l'inserimento di n. 2 tubi disperdenti in PVC DN 200 mm, con pendenza  $j$  pari a 1,0%, alloggiato all'interno di uno scavo a sezione rettangolare riempito con materiale drenante (ghiaietto 30/60 mm). Lo scavo sarà completato con la posa a protezione del dreno, di un tessuto non tessuto (massa areica  $>300$  g/mq) e il riempimento, fino a piano campagna, con il materiale di scavo.

Lo scavo avrà le dimensioni caratteristiche riportate in tabella seguente.

$B$ (m)	$H$ (m)	$h_1$ (m)	$h_2$ (m)	$b_1$ (m)	$b_2$ (m)	$L$ (m)	$DN$ (mm)
2.00	1.10	0.60	0.50	1.00	0.50	23	200

Avendo indicato con:

- $B$  la larghezza trincea
- $H$  la profondità della trincea
- $h_1$  l'altezza letto di posa
- $h_2$  l'altezza riempimento
- $b_1$  l'interasse tra i tubi
- $b_2$  la distanza dell'asse dei tubi esterni dal limite della trincea
- $L$  lunghezza della trincea

Al fine di verificare il corretto dimensionamento della trincea è necessario che la portata in ingresso sia non superiore a quella in uscita dalla trincea stessa.

La portata che può essere smaltita attraverso il dreno è data dalla seguente relazione:

$$Q_{out} = v * A_{dr} \quad (1)$$

dove:

- $A_{dr}$  ( $m^2$ ) è la superficie perdente, calcolabile come di seguito riportato:

$$A_{dr} = BL + 2H(B + L) = 76 \text{ mq}$$

$v$  (m/s) è la velocità di infiltrazione, il cui valore può essere espresso attraverso la relazione di Darcy:

$$v = k * i$$

essendo:

- $i$  (m/m) il gradiente idraulico,
- $k$  (m/s) il coefficiente di permeabilità caratteristico del terreno in situ.

Indicando con  $L_f$  il franco di sicurezza, ossia la distanza tra il livello della falda e il letto della trincea, si può scrivere:

$$i = \frac{H + L_f}{L_f}$$

Nel caso in studio,  $L_f \gg H$ , quindi  $i = 1$  e, quindi  $v = k$

Secondo Sieker (1984) il valore di  $k$  deve essere assunto pari al 50% del valore caratteristico del terreno, per tener conto che gli strati di terreno si trovano spesso in condizioni insature. Nel caso in esame, a favore di sicurezza, tale valore è assunto pari a  $10^{-3}$  m/s.

Sostituendo si ottiene  $Q_{out} = 0,076 \text{ mc/s} > Q_{in}$  quindi la lunghezza della trincea è sufficiente a consentire lo smaltimento delle acque per sub-irrigazione.