Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

UNIONE EUROPEA

MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI

REGIONE CAMPANIA

Assessorato Agricoltura

Programma di Sviluppo Rurale PSR CAMPANIA 2007/2013

COMUNE DI CAPUA - PROVINCIA DI CASERTA

PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE DELLA CAMPANIA (PSR) 2007- 2013; MISURA 1.25
SOTTOMISURA 2 "Acquedotti Rurali e Viabilità Rurale e di Servizio Forestale"

Intervento: **Lavori di sistemazione strada rurale via Boscariello/ via Scarano**

0	EMISSIONE progetto Definitivo/ Esecutivo – Sicurezza	RTP	RTP	RTP	Aprile 2015
Rev.	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Autorizzato:	Data:

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Elenco Elaborati

- TAV. 01 Relazione Tecnica Illustrativa e Quadro Economico
- TAV. 02 Rilievo Fotografico con Planimetria Aerofotogrammetrica e punti di presa con coni ottici
- TAV. 03 Planimetria Catastale con Elenco nominativo Ditte servite e servibili e Visure catastali
- TAV. 04 Stralcio Aerofotogrammetrico Intervento con indicazione degli assi viari statali/ provinciali collegati alla viabilità di progetto
- TAV. 05 Planimetria Generale Intervento con indicazione del tracciato stradale dal Municipio al punto più lontano dell'intervento
- TAV. 06 Planimetria Tratto 1 via Scarano con indicazione delle opere esistenti
- TAV. 07 Planimetria Tratto 2 via Scarano con indicazione delle opere esistenti
- TAV. 08 Planimetria Tratto 3 via Boscariello con indicazione delle opere esistenti
- TAV. 09 Profilo Longitudinale
- TAV. 10 Sezioni Stato di Fatto
- TAV. 11 Planimetria di Progetto Tratto 1 via Scarano con sezioni
- TAV. 12 Planimetria di Progetto Tratto 2 via Scarano con sezioni
- TAV. 13 Planimetria di Progetto Tratto 3 via Boscariello con sezioni
- TAV. 14 Particolari Costruttivi di Progetto con Sezione Stradale Tipo
- TAV 15 Relazione sull'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica
- TAV. 16 Particolari Costruttivi delle opere di ingegneria naturalistica
- TAV. 17 Computo Metrico Estimativo
- TAV. 18 Elenco Prezzi Unitari
- TAV. 19 Stima Incidenza Sicurezza
- TAV. 20 Stima Incidenza Mano d'Opera
- TAV. 21 Cronoprogramma delle Lavorazioni
- TAV. 22 Capitolato Speciale D'Appalto
- TAV. 23 Piano di Sicurezza e Coordinamento
- TAV. 24 Piano di Manutenzione

Il Committente/ Sindaco:
Comune di Capua
dott. Carmine Antropoli

Il Responsabile Unico del Procedimento:
ing. Francesco Greco

Il Responsabile dell'Elaborato:
...

Progettista : RTP
ing. Antonio Valletta (Capogruppo)
arch. Giancarlo Ragozzino
arch. Francesco De Lucia

Incarico: Determina Dirigenziale n. 479 del 28.4.2015

TAV 15 Relazione sull'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica

Codice Tavola: **TAV - 00'**

File:	Data: 29 Aprile 2015	Rev.:	Scala: 1:..

Relazione tecnica d'ingegneria naturalistica

Gli interventi che in questa relazione si prevedono, sono finalizzati per lo più alla difesa del suolo, con particolare riguardo ad interventi antierosivi, per il drenaggio e consolidamento delle scarpate e/o dei rilevati stradali.

1. LE FINALITÀ CHE TALI INTERVENTI SI PROPONGONO DI PERSEGUIRE

a) Difesa idrogeologica

Le tecniche di ingegneria naturalistica sono molto indicate per il consolidamento delle scarpate e rilevati, che altrimenti subirebbero fenomeni di erosione dovuti al ruscellamento delle acque superficiali, inoltre, assolvono al compito di drenaggio delle acque dilavanti, che attraverso l'intercettazione delle precipitazioni meteoriche proteggono la superficie dallo scorrimento superficiale delle acque.

Inoltre, la porosità del terreno resta molto elevata grazie alle attività incessante degli apparati radicali, che mitigano il fenomeno di erosione trattenendo le particelle terrose tra le loro fittissime ramificazioni.

b) Funzione ecologico – naturalistica

Le scarpate e/o i rilevati una volta rinverditi assolvono alla protezione dall'inquinamento, in special modo per quanto riguarda la funzione di fitodepurazione, inoltre, costituisce una barriera antirumore ed eolica. In quanto con le folte chiome degli alberi e/o arbusti suddividono le correnti aeree rendendole innocue, così come per le onde sonore che non sono altro che onde meccaniche.

c) Funzione estetico – paesaggistica

Con la sistemazione delle scarpate e/o dei rilevati con tecniche di ingegneria naturalistica in seguito alla rinaturazione degli stessi, si ottiene un risanamento estetico del manufatto ed un inserimento dello stesso nel paesaggio che lo circonda, che nel caso in oggetto risulta poco contaminato dall'azione antropica.

d) Funzione socio – economica

Ad una prima valutazione si potrebbe dire che tali tecniche sono molto più costose di quelle tradizionali, però se si prende in considerazione, che tali tecniche hanno un'incidenza della manodopera più elevata, conseguentemente si ha una distribuzione delle risorse economiche a ceti sociali di livello medio – basso, questo fa si che tali tecniche sono molto competitive rispetto a quelle tradizionali. Inoltre, va considerato che tali scarpate rinverdite comportano una minore spesa di manutenzione della strada stessa, che altrimenti in caso di pioggia, detriti solidi trasportati sulla rete stradale comporterebbero sicuramente una maggiore opera senza parlare dei danni che si potrebbero avere per eventuali incidenti ai fruitori stessi della strada, ecc..

2. STUDI RELATIVI AI DIFFERENTI ASPETTI AMBIENTALI – METODOLOGIE DI ANALISI E MODELLI DI CALCOLO UTILIZZATI

Il Comune di Capua fa parte del comprensorio dell'autorità di Bacino dei fiumi Garigliano – Volturno, esso si estende nel lembo centrale della Provincia di Caserta.

a) Clima della zona

Il clima, elemento di fondamentale importanza per un progetto che prevede l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica, risente di parametri fisici quali: la temperatura dell'aria, la quantità di precipitazioni, l'umidità atmosferica; che a loro volta dipendono dalla latitudine, dalla longitudine, dalla posizione geografica, dal regime anemometrico e dalla pressione atmosferica della zona.

L'attecchimento e lo sviluppo delle piante dipendono dal clima e dal suolo. Mentre è possibile, talvolta, migliorare il terreno, si è impotenti nel modificare il clima. Pertanto, proprio dallo studio delle interazioni tra questi due fattori: clima e terreno, inteso quest'ultimo non solo dal punto di vista fisico - chimico, ma anche come esposizione ed inclinazione, scaturiscono le scelte delle specie vegetali da albergare nella "stazione" presa in considerazione.

Definendo il clima come: «lo stato dell'aria presente in un luogo», si andranno a valutare tutte quelle componenti che interagiscono per plasmarlo: temperatura, precipitazioni, correnti aeree.

Le piante sono, tra gli esseri viventi, quelle che maggiormente subiscono l'influenza del clima; in quanto non è noto in letteratura un adeguato adattamento di una singola pianta a forti escursioni climatiche, viceversa, un bosco inteso come associazione di un determinato numero di alberi, una volta formatosi, può esercitare, nei riguardi del clima una certa azione modificatrice.

Dal punto di vista climatico il Comune di Capua fa parte della Regione climatica mediterranea, Sottoregione mesomediterrranea.

b) Temperatura

Nell'area in esame, si rileva che le temperature medie si aggirano tra i 4,5 °C in gennaio (valore minimo), ai 28,6 °C in agosto (valore massimo).

Pertanto si può agevolmente considerare che ci si attesta su valori abbastanza adeguati e non si raggiungono, comunque, valori critici nei periodi più delicati delle fasi fenologiche delle piante.

Anche le escursioni termiche non sono tali da far supporre e temere riflessi negativi circa la vegetabilità delle essenze arboree.

Il clima è da considerarsi mite con buon soleggiamento, escursioni termiche molto contenute, elevate temperature estive nelle zone maggiormente esposte a mezzogiorno.

c) Precipitazioni

Si rileva per l'area in esame un valore pluviometrico annuo di circa 1100-1200 mm.

I mesi più piovosi, in tutto il territorio di cui si scrive, risultano essere Ottobre - Novembre e Marzo - Aprile, rispettivamente con circa 200 mm e 150 mm. Al contrario i mesi più asciutti sono giugno e luglio con 45 mm di pioggia l'uno e 36 mm l'altro.

La densità media delle precipitazioni raggiunge il valore minimo a maggio con 5,6 mm/gp ed il più alto a novembre con 20,4 mm/gp. Il regime pluviometrico presenta

varie analogie con quello dell'Italia centrale, caratterizzato da due massimi (in autunno ed in primavera) e da due minimi (estivo ed invernale).

In questo territorio, però, la siccità nei mesi estivi è meno visibile rispetto alle zone costiere della stessa Regione.

Il regime pluviometrico si conferma di tipo sub - equinoziale.

Pertanto, dall'esame dei due parametri: temperatura e umidità, ed in base al fattore pluviometrico di Lang:

$$F = P/t \text{ con } 40 < F < 160$$

(dove P è la piovosità media annua e t la temperatura media annua) il clima viene considerato temperato caldo.

Secondo Giacobbe (1958) come clima mediterraneo (sub-mediterraneo - sub-litoraneo), con aridità estiva nelle aree collinari e basali e massima piovosità nell'autunno, ma con instabilità e durata incostante anche in primavera. Orograficamente a quote più elevate si hanno zone temperato-calde.

d) Caratteristiche dei terreni

d.$_1$) Geologia

Il tratto stradale interessato dall'intervento interessa due distinte formazione geologiche: i depositi flyscioidi del miocene e i depositi piroclastici del Pleistocene. I primi sono costituiti essenzialmente da argille limo-sabbiose, marne argilloso-siltose e arenarie; mentre i secondi sono costituiti da materiali incoerenti, a granulometria sabbioso-limosa, ricchi di pomici e scorie. Questi terreni sono circondati dai rilievi carbonatici, costituiti essenzialmente da calcari microcristallini e calcari dolomitici.

d.$_2$) Orografia

Il territorio di Capua si può affermare che è prevalentemente pianeggiante.

Le condizioni fisiche del terreno sono quelle risultanti dalle vicende orografiche della genesi dell'Appennino.

L'altimetria della suindicato zona pianeggiante varia da una quota sul livello del mare compresa tra 25 e 44 metri circa.

d.$_3$) Valutazioni chimico - fisiche

Strutturalmente il sito preso in esame per la realizzazione della strada rurale, presenta terreni con le caratteristiche di seguito riportate.

Il substrato litologico è ricco di carbonati, ben dotato di argilla e di basi, l'evoluzione pedogenetica non supera mai lo stadio di terra bruna.

In genere si tratta di terreni a due orizzonti, diffusi nelle zone con pendenza ed erosione maggiore. Nelle fasce più basse e nelle depressioni delle parti alte, si hanno dei suoli a discreta fertilità a tre orizzonti. La profondità media oscilla da 0 a 20-30 cm. La tessitura si presenta con una notevole aggregazione organico - minerale; tale da consentire una facile penetrazione delle radicí ed un buon grado di umidità intorno ad esse, anche nei periodi più asciutti.

In sintesi, di seguito si riportano altri dati riscontrati mediante indagini eseguite nelle zone scelte per il nostro lavoro.

stato di aggregazione:	buono
umidità:	discreta
reazione	neutra - sub acida
copertura morta:	quasi assente
humus tipo:	di origine animale
zone franose:	di entità rilevante

La matrice litologica di questi siti, in genere, subisce delle alterazioni di origine chimica ad opera della pioggia e, in parte, degli acidi umici come illustrato nella reazione:

$$CaCO3 + CO2 + H2O \rightarrow Ca\ (HCO3)2$$

La massiccia quantità di carbonato di calcio nella matrice litologica fa impoverire il suolo di sabbia, limo e argilla; per cui è la sostanza organica dei vegetali morti che in larga parte fa formare il suolo, secondo lo schema seguente:

lit.calcareo <--> rendzina <---> rendzina <---> terra bruna

Il pascolo e la frequenza degli incendi possono indurre regressioni verso il litosuolo calcareo.

e) Utilizzazione del suolo

e.$_1$) Vegetazione spontanea

Bisogna tenere presente che la fisionomia dei popolamenti vegetali presenti nel comune interessato (ed in quelli limitrofi) non rispecchia una normale cenosi di evoluzione, ma risente dell'azione antropica, che, congiuntamente alle condizioni pedologiche, ha causato, da tempi assai lontani, la regressione delle parti alberate per far posto al pascolo.

Le poche essenze arboree più diffuse sono: nocciolo, pioppo, castagno, sorbo, roverella, leccio, cerro, carpino, ecc.

Le essenze suffrutticose ed arbustive presenti sono: corbezzolo, biancospino, ginestra, ginepro, salice, sambuco, alloro, etc..

Siamo in presenza macchie boscate di cedui misti o cedui di leccio molto degradati.

Sotto l'aspetto fitoclimatico, dall'esame dei parametri analizzati in precedenza, oltre ai rilievi botanici-ecologici, si può ritenere che il territorio comunale in esame, che va dai 25 ai 44 m.s.l.m. rientra nella fascia fitoclimatica del Lauretum 1° tipo (Pavari).

Questa indagine conoscitiva consentirà di operare delle scelte ben oculate per quanto riguarda le specie arboree e/o arbustive da mettere a dimora, in modo tale da recuperare le aree principalmente per quanto concerne l'aspetto della sicurezza.

e.$_2$) Scelta della specie

In base a quanto esposto nel precedente capitolo, la scelta delle essenze da collocare a dimora nelle zone interessate dall'intervento saranno:

specie arboree :	Cerro	(quercus cerris)	40%
	Pruno selvatico	(prunus spinosa)	30%
	Nocciolo	(corylus selvatica)	30%
Specie arbustive :	Corbezzolo	(Arbutus unedo)	35%
	Ginestra comune	(Spartium junceum)	45 %
	Salice da ceste	(Salix triandra)	20 %

Per quanto riguarda le sementi da utilizzare si preferirà la gramigna comune (Agropyron repens).

Tutte le specie citate riescono a vegetare in questa zona fitoclimatica, alcune in maniera migliore rispetto ad altre, altre sebbene in maniera minore, ben si adattano a queste zone.

L'alloro nero verrà impiegato nelle parti povere e calcaree, ma più soleggiate.

L'impiego di dette specie scaturisce dal fatto che con il presente progetto si mira anche ricostruire un ambiente degradato (di cui sono visibili i resti delle specie vegetali) restituendo nei limiti del possibile tutto quanto era presente in origine, senza creare sconvolgimenti e/o traumi, ma semplicemente assecondando la natura.

Comunque tutte le specie scelte, oltre a vivere in maniera singola, riescono a vegetare in associazione tra di loro e con le piante autoctone; pertanto nei microclimi dove sarà possibile si favoriranno sia le associazioni tra le specie citate sia con specie già presenti sul territorio.

3. DESCRIZIONE DELLE TECNICHE PREVISTE

In seguito ad un'attenta valutazione dei vari aspetti ambientali, geologici, paesaggistici nonché economici, si è giunti a conclusione che le tecniche di ingegneria naturalistica che nell realizzazione della strada in oggetto saranno adottate sono le seguenti:

3.a) La messa a dimora di talee arbustive ed essenze arboree autoctone costituisce una tecnica che mira, come la precedente, alla difesa delle scarpate e dei rilevati stradali, considerato, inoltre, che le pendenze non sono eccessive e le caratteristiche geo-pedologiche del terreno sono favorevoli. Tale tecnica trova adeguata applicazione anche in virtù del fatto che con lo sviluppo dei cespugli (entro sei mesi – due anni) la superficie d'intervento sarà completamente ricoperta, conferendo un aspetto estetico di elevato pregio. Inoltre, attraverso l'assorbimento dell'acqua le specie arbustive svolgono anche un'azione drenante.

3.b) La **cunetta rinverdita** con semina a spaglio è una tecnica che per la sistemazione di impluvi naturali per la regimentazione delle acque è molto valida, in quanto garantisce una buona tenuta delle sponde e del fondo stesso, quindi buona stabilità dell'impluvio soggetto periodicamente a considerevoli portate d'acqua.

4.a) Verifica della cunetta

La cunetta sarà trattata come un canale a cielo aperto e sarà verificata la sezione ad esondazione.

La relazione si articolerà in varie valutazioni il cui indice è il seguente

4.a.1) Premessa

Obbiettivo delle analisi idrologiche di seguito illustrate è la valutazione delle portate al colmo di piena che possono defluire, in preassegnati tronchi del corso d'acqua, con assegnata probabilità di superamento. In particolare, allo scopo di dimensionare accuratamente le opere di difesa dalle piene, si vogliono determinare i valori delle portate che possono essere superati, mediamente, una sola volta ogni T anni, essendo T il *periodo di ritorno* preso a riferimento (T=numero medio di anni che bisogna attendere prima che si verifichi un insuccesso, quale, ad esempio, il superamento del valore di portata posto a base del dimensionamento di un rilevato arginale). Tali valori della portata, di norma indicati in letteratura tecnica come *valori della portata corrispondente al periodo di ritorno* T, e riportati col simbolo Q_T, possono essere stimati a partire da una relazione del tipo:

$$Q_T = \xi_Q K_T$$

essendo ξ_Q un parametro centrale della distribuzione di probabilità della variabile idrologica Q,, *massimo annuale della portata istantanea* (ad esempio: la media, la mediana, il valore modale, etc.) e K_T un coefficiente amplificativo, di norma indicato come *coefficiente di crescita col periodo di ritorno T.*

4.2.2) Valutazione delle portate al colmo di piena

Per valutare la portata al colmo di piena che può verificarsi nelle sezioni terminali dell'asta in esame, si è fatto riferimento ad un particolare modello di analisi in grado di simulare le modalità con cui gli afflussi meteorici che pervengono al bacino si trasformano in deflussi di piena (modello di trasformazione Afflussi-Deflussi).

Per valutare la portata al colmo di piena, si può utilizzare un approccio di carattere generale noto in letteratura tecnica come "criterio variazionale", che viene qui di seguito dettagliatamente descritto.

4.2.3) Approccio variazionale

L'approccio variazionale consiste, in pratica, nell'assegnare una durata **d** dell'evento meteorico, ricavando una intensità media di pioggia $\mathbf{i_m}$(d) costante per tutta la durata **d** e, quindi, una portata di afflusso meteorica $\mathbf{p_d}$ costante per l'intera durata **d**.

Il valore dell'intensità media di pioggia nella durata **d**, ε_i**(d)**, può essere facilmente valutato attraverso le curve di probabilità pluviometriche rappresentate dalla relazione:

$$\varepsilon_i(d) = a\, d^{\,n-1}$$

In base alla ε_i**(d)** così calcolata si valuta, per ogni durata **d** dell'evento meteorico, la portata di afflusso meteorica efficace alla formazione del deflusso di piena, utilizzando, ad esempio, la semplice espressione:

$$p_d = \varepsilon_i(d)\, \varphi\, A$$

dove :

A = area del bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse;

φ = coefficiente di afflusso.

La valutazione del coefficiente di afflusso è effettuata attraverso la relazione (V.F. Rossi: "Appunti delle lezioni del Corso di Idrologia. Napoli, 1990):

$$\varphi = 0.65\,(\Sigma_i\, A^i\, \varphi_i)\,/\,(\Sigma_i\, A_i) = \varphi_o\,(1 - p.\,p.)$$

dove :

- φ_o=**0.65** rappresenta un valore calcolato in base ad analisi di tipo regionale:

- **1-p.p.=(Σ_i A_i φi) / (Σ_i A_i)**

- **p.p.**=parti permeabili(in %);

- φ**i**=coefficiente di affusso riferito all'area A_i, valutato in base alla natura geologica dell'area e alla sua destinazione d'uso.

Calcolata la portata di afflusso meteorica p_d, la si immette in un modello di trasformazione Afflussi-Deflussi, che tiene conto dell'effetto di attenuazione esplicato dalla rete idrografica.

Nel caso specifico, il modello utilizzato è quello di Nash.

E' possibile, così, tracciare l'idrogramma di piena corrispondente all'evento meteorico preso a riferimento, vale a dire la funzione:

$$Q_d=Q_d(\tau)$$

Da tale idrogramma si ricava, altresì, il valore massimo Q_d* della portata defluente attraverso la sezione terminale dell'asta a seguito dell'evento meteorico di durata **d**.

Facendo variare la durata **d**, si determina il massimo tra i massimi parziali di Q_d*, pari a Q^*_{max}.

La durata **d=d*** tale che, nella sezione terminale dell'asta, si verifichi il massimo della Q^*_d, si definisce "**durata critica**" **d*** .

4.a.4) Modello di trasformazione afflussi-deflussi (modello di Nash).

Il calcolo delle portate al colmo di piena verrà effettuato facendo riferimento al modello di Nash, che rappresenta una generalizzazione del modello dell'invaso lineare.

Nel metodo dell'invaso lineare si schematizza il bacino come un unico serbatoio in cui, all'istante τ, c'è una portata in ingresso **p(τ)**, un volume invasato **w(τ)** e una portata uscente **q(τ)**.

In tale modello, la relazione che lega la portata uscente al volume invasato è di tipo lineare:

$$w = k\,q \qquad \text{con } k = \text{costante}$$

Il modello di nash tenta, invece, di portare implicitamente in conto gli effetti di non linearità sicuramente esplicati dal bacino, proponendo uno schema di calcolo più complesso rispetto a quello relativo all'unico serbatoio. viene, infatti, utilizzato uno schema costituito da una cascata di serbatoi uguali disposti in serie, aventi ognuno un comportamento di tipo lineare.

In pratica, il bacino viene schematizzato come un insieme di serbatoi lineari a mezzo dei quali si attuano sia i fenomeni di trasferimento della massa liquida che di laminazione degli afflussi.

Nel modello di Nash i serbatoi vengono ipotizzati di tipo lineare e stazionario.

Affinchè i risultati forniti dal modello di Nash rispecchino abbastanza fedelmente il funzionamento della rete durante gli eventi di piena, è ovviamente necessario effettuare, in maniera adeguata, la taratura dei due parametri in esso contenuti vale a dire:

- il numero **n** di serbatoi;
- il tempo di ritardo $\mathbf{t_r = n\ K_o}$, essendo $\mathbf{K_o}$ la costante di ritardo relativa all'i-esimo serbatoio considerato e $\mathbf{t_r}$ il tempo di ritardo del bacino.

In ipotesi di linearità e stazionarietà, la risposta del bacino ad un ingresso **p(τ),** in generale variabile nel tempo, è data dalla relazione:

$$\mathbf{q(t)}=\int_0^t h(t-\tau)p(\tau)d(\tau)$$

in cui l'integrale a secondo membro prende il nome di **"integrale di convoluzione"**.

La funzione h(t) viene definita "risposta impulsiva" o I.U.H. del sistema (I.U.H.="Istantaneans Unit Hydrograph", Idrogramma Istantaneo Unitario) e dipende dalle sole caratteristiche del sistema.

Essa, pertanto, definisce completamente, da un punto di vista concettuale e matematico il particolare modello stazionario utilizzato e lineare preso a riferimento.

Si osservi che il tempo di ritardo precedentemente introdotto rappresenta l'ascissa del baricentro dell'I.U.H..

La funzione **p(τ)** rappresenta una immissione di forma qualsiasi all'interno del sistema di trasformazione considerato.

Nel modello di Nash, l'I.U.H. è dato dalla relazione:

$$h(t)=\frac{1}{K_o(n-1)}\left(\frac{t}{K_o}\right)^{n-1}e^{-t/K_o}$$

dove :

- n = numero di serbatoi considerati;
- $K_o = t_r/n$

Il parametro t_r è stato determinato attraverso la formula di Shaake:

$$\mathbf{t_r = 1.40(L_{TOT})^{0.24}\ (Imp)^{-0.26}\ (P_m)^{-0.16}} = \text{(minuti)}$$

dove :

- $\mathbf{L_{TOT}}$ = lunghezza dell'asta principale che sottende il bacino;
- **Imp** = $\frac{(AREA)_{imp}}{(AREA)_{tot}}$ = impermeabilità del bacino (**Imp**∈[0,1]);

$\mathbf{P_m}$ = pendenza media dell'asta principale ($\mathbf{P_m}$∈[0,1]).

La valutazione della pendenza media dell'asta principale è stata fatta attraverso la relazione:

$$P_m = \left(\frac{L}{\Sigma_i (l_i / P_i^{1/2})} \right)^2$$

dove:

L = lunghezza totale dell'asta;

l_i = lunghezza del tratto con pendenza P_i.

Per quanto riguarda la scelta del numero n di serbatoi, occorre tenere presente che, in base a quanto riportato dalla letteratura tecnica, essa va effettuata nel range di valori 1.7÷3.

Nel caso in esame, si è preso a riferimento il valore n=3 che, a parità di t_r, fornisce un andamento dell'I.U.H. simile a quello tipo Weibull e, pertanto, simile a quello che può essere trovato con approcci teorici più recenti, quali quelli cosiddetti "geomorfologici".

Per quanto riguarda l'impermeabilità del bacino, considerando le caratteristiche geomorfologiche dell'area, si è avuto un valore di IMP pari a 0,2.

Per lo scolo naturale in esame, la costante t_r è risultata pari a 7.91 minuti circa, in linea con quanto ci si attendeva in considerazione delle particolari caratteristiche geomorfologiche piroclastiche e calcaree delle aree e delle loro limitate estensioni.

Una volta definiti i termini necessari per le elaborazioni, si è ripetutamente applicato il metodo variazionale testè illustrato.

In particolare, per il calcolo delle portate al colmo di piena Q^*_{max}, in relazione a diversi periodi di ritorno T, è stato utilizzato un programma di calcolo che risolve l'integrale di convoluzione attraverso il metodo delle differenze finite, utilizzando come risposta impulsiva **h(t)** l'espressione di Nash precedentemente indicata e come **p(τ)** i valori p_d = costante per ciascuna delle durate.

4.a.5) Individuazione della legge di pioggia e delle altezze critiche

Definire la legge di possibilità pluviometrica è la fase più delicata e più importante del nostro studio: essa permette la determinazione delle portate pluviali cui dovremmo far fronte con la condotta fognaria in progetto.

Questa legge può essere interpretata, almeno per tratti, dall'espressione (iT,t = a t(n-1)), in cui "i" rappresenta l'altezza di pioggia, e "t" la durata.. Tali valori di "i" e "t", per gli eventi meteorici di più elevata intensità, sono stati estratti dagli Annali idrologici; la raccolta dei dati è stata estesa ad un periodo abbastanza lungo per durate di pioggia di varie ore.

Tali dati sono riportati nelle tabelle allegate.

Si sono riportati i dati in un diagramma cartesiano, sulle cui ascisse sono riportati i logaritmi delle durate di pioggia "t" e sulle ordinate quelli delle altezze massime di pioggia "i" che si sono avute nel tempo "t". La retta che interpola i valori più elevati di "i", rappresenta la legge di possibilità pluviometrica. Essa è stata individuata attraverso un'elaborazione statistica dei dati e attraverso il metodo della regressione lineare. Si è riscontrato un valore all'origine a=61.6 con un parametro angolare n=0.68, da cui si è poi costruito il diagramma delle altezze critiche di pioggia, riportato sulle ascisse i tempi e sulle ordinate le altezze di pioggia rette dalla relazione:

$$h_{T,t} = a\, t^n$$

dove per piogge inferiori all'ora

a=0.0616 m n=0.68

4.a.6) Individuazione dei massimi annuali delle portate al colmo di piena corrispondenti a periodo di ritorno t=100 anni

I valori dei coefficienti di crescita per periodi di ritorno da 1 a 500 anni sono riportati nella succesiva tabella:

COEFFICIENTI DI CRESCITA K_T CON IL PERIODO DI RITORNO T

T (anni)	2	5	10	20	30	50	100	500
K_T	1.16	1.65	1.97	2.29	2.47	2.69	3	3.69

dove :

$$K_T = 1 - K' \times \log_{10}\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$$

con K'=1 in Campania

Individuato il valore del coefficiente di afflusso φ, per il canale di scolo, si può ricavare la portata al colmo di piena corrispondente ad un periodo di ritorno T=100 anni, che rappresenta il periodo di ritorno più significativo

$$\mathbf{Q(100) = K_T\, \varphi\, \varepsilon_{p\,max} = 0.04\ (mc/s)}$$

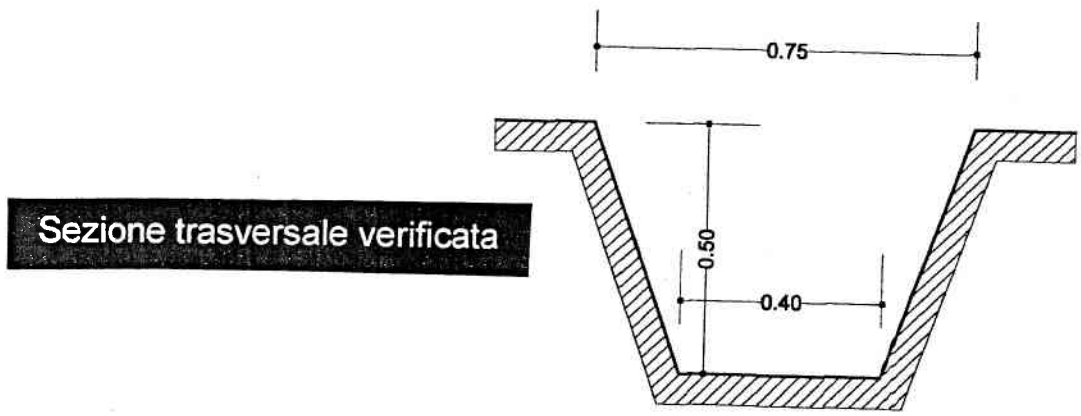
Con:

φ = 0.65 (1-p.p.) = 0.65 IMP = 0.65 x 0.2 = 0.13

Per la verifica ad esondazione della canaletta

-la canaletta è stata verificata come un canale a cielo aperto.

Le dimensioni della sezione più a rischio di esondazione può essere schematizzata come la seguente *figura*:



Per la verifica della sezione si è ipotizzato che la portata defluisce attraverso la sezione in moto uniforme.

Attraverso l'ausilio della relazione di **Gaukler-Strickler** (1), si è determinata l'altezza del tirante idrico quando attraverso la sezione defluisce la portata massima Q = 0,040 mc/s.

$$\mathbf{Q = K \times R^{2/3} \times i^{1/2}}$$

- **K** coefficiente di Strikler (per canali in terra si assume pari a 15);
- **R** raggio idraulico;
- **i** pendenza del canale (si assume pari al due per cento).

Il raggio idraulico R è determinato attraverso il rapporto tra la superficie ed il perimetro bagnato della sezione.

$$R \equiv \frac{\frac{(Bi + Bo)\cdot h}{2}}{Bo + 2\cdot(h\cdot\cos\varphi)} \qquad \text{h = tirante idrico}$$

Sostituendo il valore del raggio idraulico nella formula di **Gaukler-Strickler** si è risolta, per tentativi, l'equazione ottenuta che ha come unica incognita proprio il valore del tirante idrico **h.**

$$Q \equiv K \cdot \left(\frac{\frac{(Bi + Bo) \cdot h}{2}}{Bo + 2 \cdot (h \cdot \cos\varphi)} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \Longrightarrow \mathbf{h = 0.250\ m}$$

4.a.7) Conclusioni

Dato che, a seguito del deflusso attraverso la sezione più a rischio, il tirante idrico (h) si mantiene inferiore all'altezza (H) delle sponde della sezione considerata, si asserisce che, anche a seguito di un evento meteorico con tempo di ritorno di T=100 anni, la portata d'acqua che affluisce sul bacino in oggetto, genera delle oscillazioni del pelo libero che sono contenute nella gaveta canale, avendo ancora un franco di sicurezza **f = 0, 35 m**.

Pertanto, le caratteristiche geometriche attuali del rivolo sono tali da non far pensare ad esondazioni.

5. CRITERI ADOTTATI PER LA SCELTA DELLE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

I criteri adottati per la scelta delle tecniche d'ingegneria naturalistica hanno tenuto conto oltre che degli aspetti intrinseci del territorio, e quindi dell'ambiente, del paesaggio della condizioni geo.pedologiche ove saranno applicate, ma anche della difficoltà di realizzazione delle stesse, dovute alla mancanza di maestranze qualificate ad assolvere questi compiti.
Pertanto, le tecniche scelte si ritengono facilmente realizzabili, questo determina una buona probabilità di raggiungimento delle finalità ed obiettivi prefissati.

6. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITA' AMBIENTALE E STIMA DELLE TRASFORMAZIONI ATTESE

Gli interventi previsti, in considerazione delle valutazioni ambientali e vegetazionali nonchè geo-pedologiche sono compatibili con l'ambiente in cui si vanno a realizzare, pertanto adeguate al sito oggetto d'intervento.

In seguito alla realizzazione di tali interventi è ipotizzabile con buona probabilità di centrare gli obiettivi prefissati, e precisamente che la strada a farsi **non avrà alcun impatto sul territorio circostante, anzi costituendo una cortina di verde, arricchirà esteticamente il paesaggio, rappresentando un vero e proprio monumento alla natura.**

Va detto di opere che valorizzano la natura contribuiscono notevolmente allo sviluppo dell'industria turistica, alimentata da chi è costretto per la maggior parte dell'anno a dimorare in ambienti metropolitani, che come possibile si riversa in zone di pace, silenzio e frescura.