

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78

S.G.C. GROSSETO - FANO

Adeguamento a 4 Corsie nel Tratto Grosseto - Siena
(S.S. 223 "DI PAGANICO") dal Km 27+200 al Km 30+038 - Lotto 4

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI13**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Arch. N. Kamenicky
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. F. Durastanti
Dott. Geol. G. Cerquiglioni
Geom. S. Scopetta
Dott. Ing. L. Sbrenna
Dott. Ing. E. Sellari
Dott. Ing. L. Stoppini
Dott. Ing. L. Dinelli
Dott. Ing. L. Nani
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carlaccini
Dott. Ing. S. Sacconi
Dott. Ing. G. Cordua
Dott. Ing. V. De Gori

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. M. Sorbelli
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglioni
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO
IDROLOGIA, IDRAULICA
Relazione idrologica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

L0702B E 1701

CODICE ELAB.

T00ID00IDRRE00

A

-

A

Emissione

16/10/2017

N.Neri

L.Nani

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE	8
3. ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI.....	9
3.1 FOSSO DEI CALCINAI (KM 0+500).....	10
3.2 FOSSO SAN LORENZO (KM 0+700).....	11
3.3 FOSSO LA COSCIA (KM 1+000).....	12
3.4 TORRENTE LANZO (KM 1+700).....	13
3.5 FOSSO DEI DIACCI (KM 2+450).....	15
3.6 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	16
4. ANALISI IDROLOGICA.....	17
4.1 STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA	17
4.2 STIMA DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA DI PROGETTO.....	18
4.3 STIMA DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA PER DURATE INFERIORI A 1 ORA.....	27
4.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	29
4.5 STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO KD.....	31
4.6 CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO	35
4.7 IL MODELLO IDROLOGICO "ALTO" DELLA REGIONE TOSCANA.....	38
4.8 CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO PER TOMBINI E FOSSI DI GUARDIA	40
5. BIBLIOGRAFIA.....	42

1.PREMESSA

Nell'ambito del progetto di adeguamento a quattro corsie della S.S. 223 "di Paganico" lotto 4 è prevista la realizzazione di numerosi attraversamenti su corsi d'acqua demaniali e sul reticolo di scolo minore.

Il principale obiettivo dell'analisi idrologica è la determinazione delle portate al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno in corrispondenza di prefissate sezioni dell'asta fluviale principale che dovranno essere utilizzate nella successiva analisi idraulica finalizzata al dimensionamento delle opere di attraversamento del corpo stradale e delle opere di presidio e drenaggio delle acque che insistono sulla piattaforma stradale.

La determinazione degli idrogrammi di progetto attraverso metodi diretti, ossia mediante un'analisi statistica delle portate massime annuali osservate, non è praticabile in quanto nel reticolo idrografico oggetto del presente studio non sono presenti un numero sufficiente di sezioni fluviali strumentate e operanti da un numero di anni adeguato a garantire risultati affidabili per le sezioni idrauliche di interesse.

L'uso di una modellistica afflussi-deflussi è quindi ritenuta indispensabile in questo studio anche se basata sull'ipotesi che la portata defluente associata ad uno specifico tempo di ritorno è determinata da una sollecitazione meteorica di pari probabilità di accadimento.

Si deve comunque sottolineare che, al contrario dei dati di portata, i dati di pioggia sono disponibili per numerose località del territorio interessato e per un numero di anni idoneo ad ottenere una buona caratterizzazione climatica in termini di Curve di Possibilità Pluviometrica.

I dati di pioggia

Queste ultime forniscono i dati di ingresso per il modello idrologico che può essere caratterizzato da differenti gradi di complessità a seconda del livello di dettaglio che si vuole determinare sull'onda di piena e sulla sua distribuzione lungo l'asta fluviale.

In ogni caso, gli elementi che devono essere valutati al fine di determinare le portate al colmo di piena e/o gli idrogrammi di progetto sono:

- Determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica;
- Calcolo dell'evento pluviometrico critico di assegnato tempo di ritorno;
- Stima della pioggia effettiva;
- Stima della portata al colmo di assegnato tempo di ritorno.

La caratterizzazione del reticolo idrografico di interesse è stata condotta tramite una approfondita indagine su base cartografica IGM 1:25.000 integrata dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 e 1:5.000. Il quadro riassuntivo dei bacini idrografici con l'individuazione degli spartiacque, del reticolo idrografico principale e delle stazioni pluviometriche presenti nel territorio, è riportato nelle planimetrie idrauliche che completano la presente relazione. Le opere in progetto prevedono principalmente la realizzazione di viadotti per tutte le intersezioni con i torrenti e fossi principali, e la realizzazione di ponti e tombini per i corsi d'acqua di minore importanza.

Per quanto riguarda le interferenze tra la strada e la rete di scolo marginale, fossi camperecci o formelle, il dimensionamento delle opere di attraversamento verrà condotto sulla base di scrosci di pioggia con tempo di ritorno centennale con l'obiettivo principale di garantire l'attuale continuità del reticolo idrografico marginale.

In via generale gli obiettivi che saranno in ogni caso perseguiti nella definizione delle opere e delle sistemazioni idrauliche dell'area interessata dal nuovo tracciato stradale saranno principalmente quelle di:

- assicurare il deflusso delle acque meteoriche ricadenti sulle superfici utilizzate per la sede e le pertinenze stradali;
- dare continuità a tutta la rete idrografica naturale e di scolo superficiale evitando di concentrare i deflussi e conservando, per quanto possibile, l'originaria disposizione del reticolo minore;
- evitare che l'opera arrechi modifiche al regime dei corsi d'acqua tali da creare un aumento del rischio idraulico nelle aree di monte o di valle;
- difendere le opere stradali e le relative opere di sostegno dall'azione erosiva delle acque;

In particolare le acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale saranno convogliate alle vasche di prima pioggia prima di essere scaricate nel reticolo idrografico naturale.

Il presente studio idrologico del Progetto Esecutivo prende in considerazione le osservazioni e intende ottemperare alle prescrizioni formulate in sede di approvazione del Progetto Definitivo (Consiglio superiore dei Lavori Pubblici – parere 86/2016).

In particolare per gli aspetti idrologici le osservazioni e prescrizioni riguardavano:

- 1) la necessità di estendere la serie storica dei dati utilizzata per la determinazione dei massimi di pioggia definiti dalle LSPP;
- 2) il valore della portata duecentennale stimata per il Torrente Lanzo e la metodologia di calcolo del modello afflussi – deflussi raffrontato ai risultati del modello Al.To.;

In merito al punto 1) nel presente Progetto Esecutivo vengono utilizzati i risultati dello studio “Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP – Aggiornamento al 2012”, sviluppato nell’ambito dell’accordo tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012. Lo studio prende in considerazione tutte le serie di dati disponibili fino al 2012, ed è stato applicato alle stazioni pluviometriche di Pari e Roccastrada, che meglio rappresentano l’andamento delle precipitazioni estreme nella zona di interesse. I risultati forniscono dei valori massimi di pioggia decisamente più severi di quanto è stato possibile desumere dall’analisi, anche parziale, della serie storica di un singolo pluviometro come presentato nel Progetto Definitivo. Gli scostamenti aumentano con l’aumentare della durata e del tempo di ritorno, arrivando per le durate più elevate anche a valori dei massimi di pioggia superiori dal 30% al 50% rispetto ai precedenti.

In merito al punto 2) nel presente Progetto Esecutivo si è proceduto alla modellazione idrologica mediante il metodo razionale e la formulazione SCS, ritenuti comunque affidabili per la tipologia di bacini idrografici analizzati..

Non è stato possibile eseguire un confronto diretto con il modello idrologico Al.To. (Alluvioni in Toscana) in quanto il modello non è attualmente reperibile presso gli uffici del Servizio Idrologico Regionale o nel sito della Regione Toscana in quanto è in fase di aggiornamento sulla base dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP – Aggiornamento al 2012". In ogni caso i risultati del presente studio ottenuti per il Torrente Lanzo, individuano un contributo specifico di piena pari a 5.10 mc/s/kmq, risultando comunque superiore al valore indicato per il modello Al.To nel parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, pari a 4.68 mc/s/kmq.

Il territorio in oggetto è compreso nel Bacino di Rilievo Regionale del Fiume Ombrone, istituito, insieme ai bacini Toscana Nord e Toscana Costa con L.R. n. 91 del 11/12/98. I Piani per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei suddetti bacini risultano redatti, adottati ed approvati, ai sensi dell'Art.7 comma 6-ter della L.n.183 del 18/05/89 quali Piani Stralcio dei rispettivi Piani di Bacino.

Nel PAI del Fiume Ombrone sono individuate e disciplinate le aree a pericolosità idraulica molto elevata (PIME) e le aree a pericolosità idraulica elevata (PIE).

Nelle aree PIME (art.5 delle Norme di Piano) "la realizzazione di nuovi interventi pubblici o privati..., è subordinata alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di messa in sicurezza per tempo di ritorno di 200 anni risultante da idonei studi idrologici ed idraulici, senza incrementare il livello di rischio in altre aree e senza aumento dei picchi di piena a valle e tenuto conto del presente piano". Sono fatti salvi "gli interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture tecnologiche e per la mobilità o di interesse pubblico, nonché nuove infrastrutture di interesse dello Stato e della Regione non altrimenti localizzabili a condizione che venga garantita la preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica per tempi di ritorno di 200 anni , risultanti da idonei studi idrologici ed idraulici,... Il Comitato tecnico di Bacino potrà definire linee guida alle quali dovranno attenersi gli studi di cui sopra".

Tali norme valgono anche per le PIE (art.6).

Al di fuori delle aree di cui sopra "sono definite aree di pertinenza fluviale (art.8) le aree di naturale espansione dei corsi d'acqua pubblici, così come definiti dalla legislazione vigente, all'interno delle quali defluiscono le portate aventi tempo di ritorno di 200 anni....Queste aree potranno essere oggetto di atti di pianificazione territoriale per previsioni edificatorie non diversamente localizzabili, subordinando l'attuazione delle stesse alla contestuale esecuzione di interventi di messa in sicurezza per tempi di ritorno di 200 anni.... ,... Il Comitato tecnico di Bacino potrà definire linee guida alle quali dovranno attenersi gli studi di cui sopra".

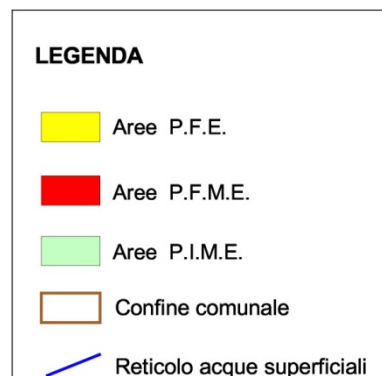


Fig. 1.1 – Estratto del PAI del Fiume Ombrone - legenda

2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

Il tracciato stradale si sviluppa dal km 0+000 al km 0+2.880 in direzione Siena su due assi e l'intervento si configura come l'adeguamento dell'asse b, attuale tracciato della S.S. 223 "di Paganico", e la realizzazione del nuovo asse a. Il tracciato è caratterizzato da alti viadotti per superare le valli del Fosso dei Calcinaï (km 0+500), Fosso San Lorenzo (km 0+700), Fosso La Coscia (Km 1+000) ed il Terreno Lanzo (km 1+700). Dopo il viadotto Lanzo il tracciato entra in galleria con entrambi gli assi a e b, caratterizzati da lunghezze differenti, per poi affrontare l'ultimo tratto in rilevato sino a fine intervento. In questo ultimo tratto il tracciato deve superare il Fosso dei Diacci (2+450) che scende dai versanti collinari di destra.

3. ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI

Per i corsi d'acqua oggetto del presente studio non sono disponibili stazioni di misura idrometrica prossime alle sezioni di interesse, pertanto per la ricostruzione delle portate al colmo di piena per i tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni si deve ricorrere all'uso di metodi indiretti, e cioè all'utilizzo di un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Per la determinazione delle portate di progetto si è adottato il metodo cinematico in riferimento all'analisi pluviometrica locale sulla base dei dati disponibili per le stazioni situate nei pressi del tratto di intervento.

I corsi d'acqua del reticolo principale e secondario con i quali interferisce il tracciato stradale sono di seguito elencati:

- Fosso dei Calcinai (km 0+500)
- Fosso San Lorenzo (km 0+700)
- Fosso La Coscia (Km 1+000)
- Torrente Lanzo (km 11+700)
- Fosso dei Diacci (km 2+450)

3.1 FOSSO DEI CALCINAI (KM 0+500)

Il bacino del Fosso dei Calcinaï, con sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento di progetto, è caratterizzato da un territorio prevalentemente collinare e presenta una superficie complessiva di circa 0.25 kmq. L'asta principale ha uno sviluppo prevalentemente rettilineo, con direzione SO-NE, e termina il suo percorso poco più valle dell'attraversamento, in destra idrografica del Torrente Lanzo. La superficie è prevalentemente ricoperta da boschi misti ed in particolare di latifoglie. La forma del bacino è molto allungata, si tratta infatti di una stretta vallata solcata da una incisione principale. La geologia del bacino è uniforme e caratterizzata da metasiltiti che presentano una permeabilità media e medio-alta per fratturazione.

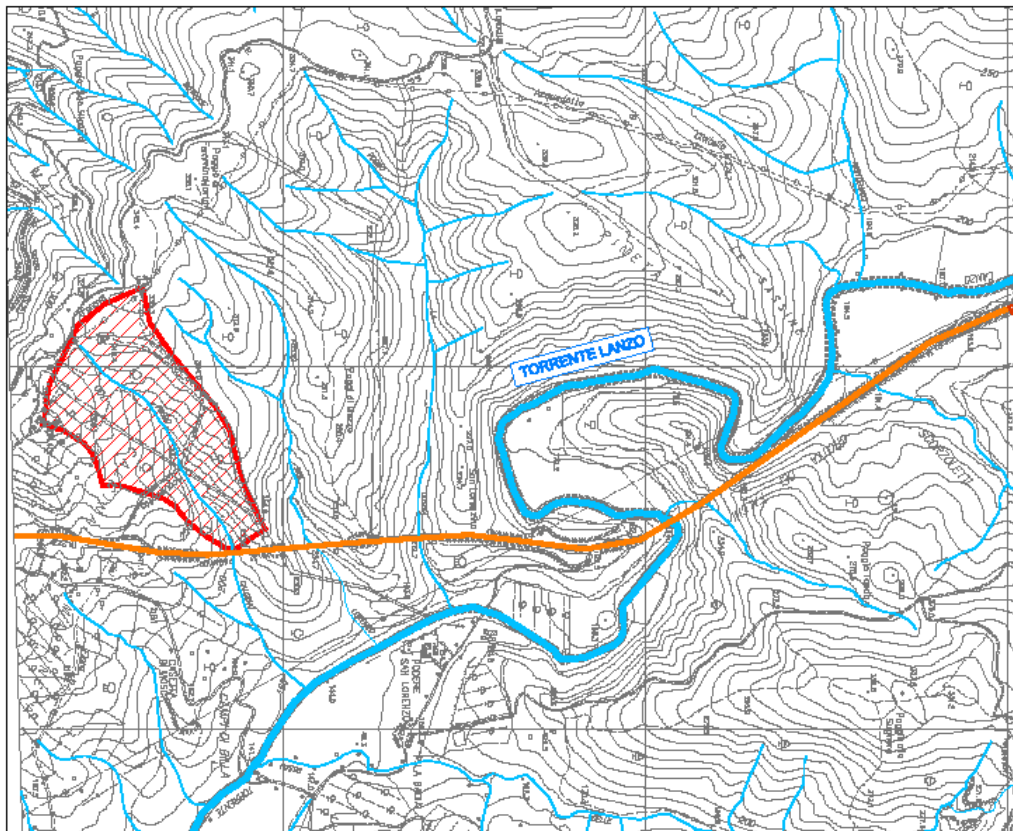


Figura 3.1.1 – Corografia del bacino del Fosso dei Calcinaï.

3.2 FOSSO SAN LORENZO (KM 0+700)

Il bacino del Fosso San Lorenzo ha caratteristiche morfologiche molto simili a quelle del Fosso dei Calcinaï, entrambi sono affluenti di destra del torrente Lanzo. Il bacino è caratterizzato da un territorio prevalentemente collinare e presenta una superficie complessiva di circa 0.35 kmq in corrispondenza dell'attraversamento di progetto. La geologia del bacino è uniforme e caratterizzata da metasiltiti che presentano una permeabilità media e medio-alta per fratturazione.

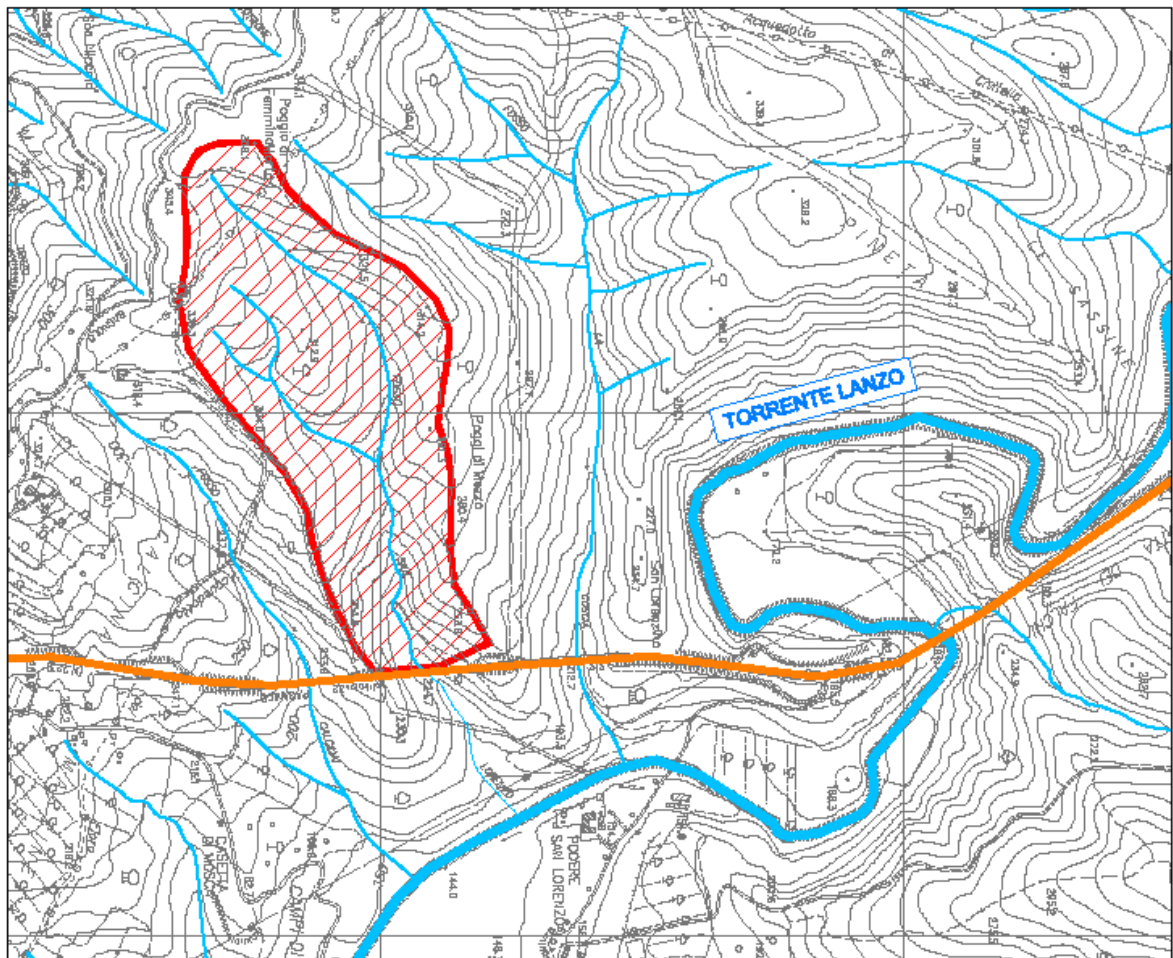


Figura 3.2.1 – Corografia del bacino del Fosso San Lorenzo.

3.3 FOSSO LA COSCIA (KM 1+000)

Il bacino del Fosso La Coscia ha caratteristiche morfologiche molto simili a quelle del Fosso dei Calcinaï e del Fosso San Lorenzo. Il bacino è caratterizzato da un territorio prevalentemente collinare e presenta una superficie complessiva di circa 0.85 kmq.

La geologia del bacino è uniforme e caratterizzata da metasiltiti che presentano una permeabilità media e medio-alta per fratturazione.

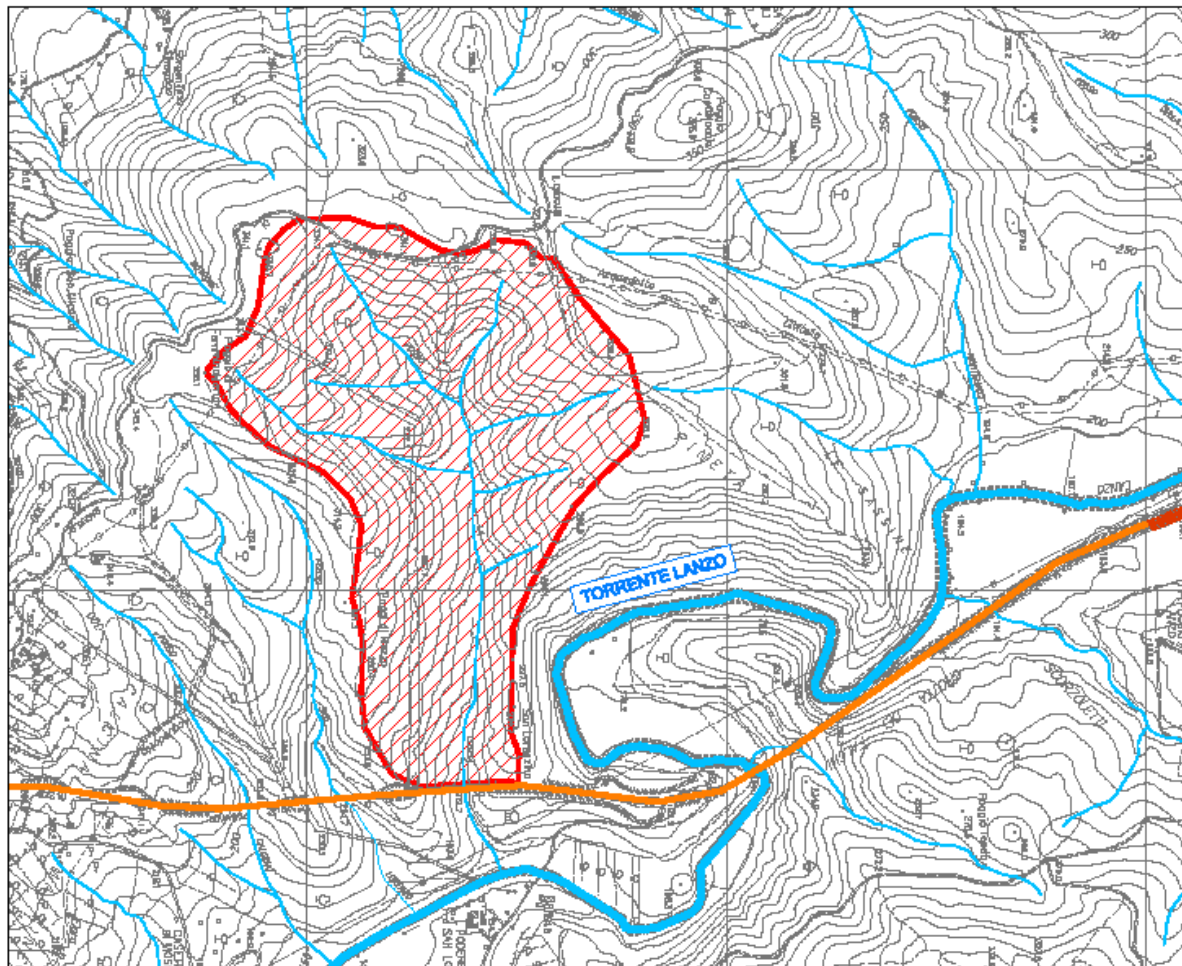


Figura 3.3.1 – Corografia del bacino del Fosso La Coscia.

3.4 TORRENTE LANZO (KM 1+700)

Il bacino del Torrente Lanzo, con sezione di chiusura in corrispondenza dell'interferenza, comprende sostanzialmente la sua porzione montana, compresa tra i bacini dei torrenti Farma e Gretano. Lo spartiacque settentrionale è individuato da una serie di poggi, con quote superiori ai 500 m s.l.m., che delimitano anche il bacino del Farma (M. Rotondo, I Monti, Poggio Volpaio, Poggio dei Leccioni); gli spartiacque meridionale ed orientale, che segnano il confine con il Torrente Gretano e il Fiume Ombrone, sono invece caratterizzati da quote più basse, che non superano mai i 500 m s.l.m. La superficie del bacino è ricoperta prevalentemente da aree boscate, mentre dal punto di vista litologico è caratterizzata dalla presenza di metasiltiti nella parte montana e da Galestri e Palombini nella parte finale, oltre che da alluvioni fluviali lungo il fondovalle. L'asta principale percorre una valle incisa con versanti particolarmente acclivi. Riceve i contributi dei bacini dei fossi Rilucia, Velenoso, della Bufala, Diacci e Monteluci in prossimità della chiusura.

L'asta principale presenta uno sviluppo prevalentemente in N-S con una lunghezza complessiva di circa 15 Km.

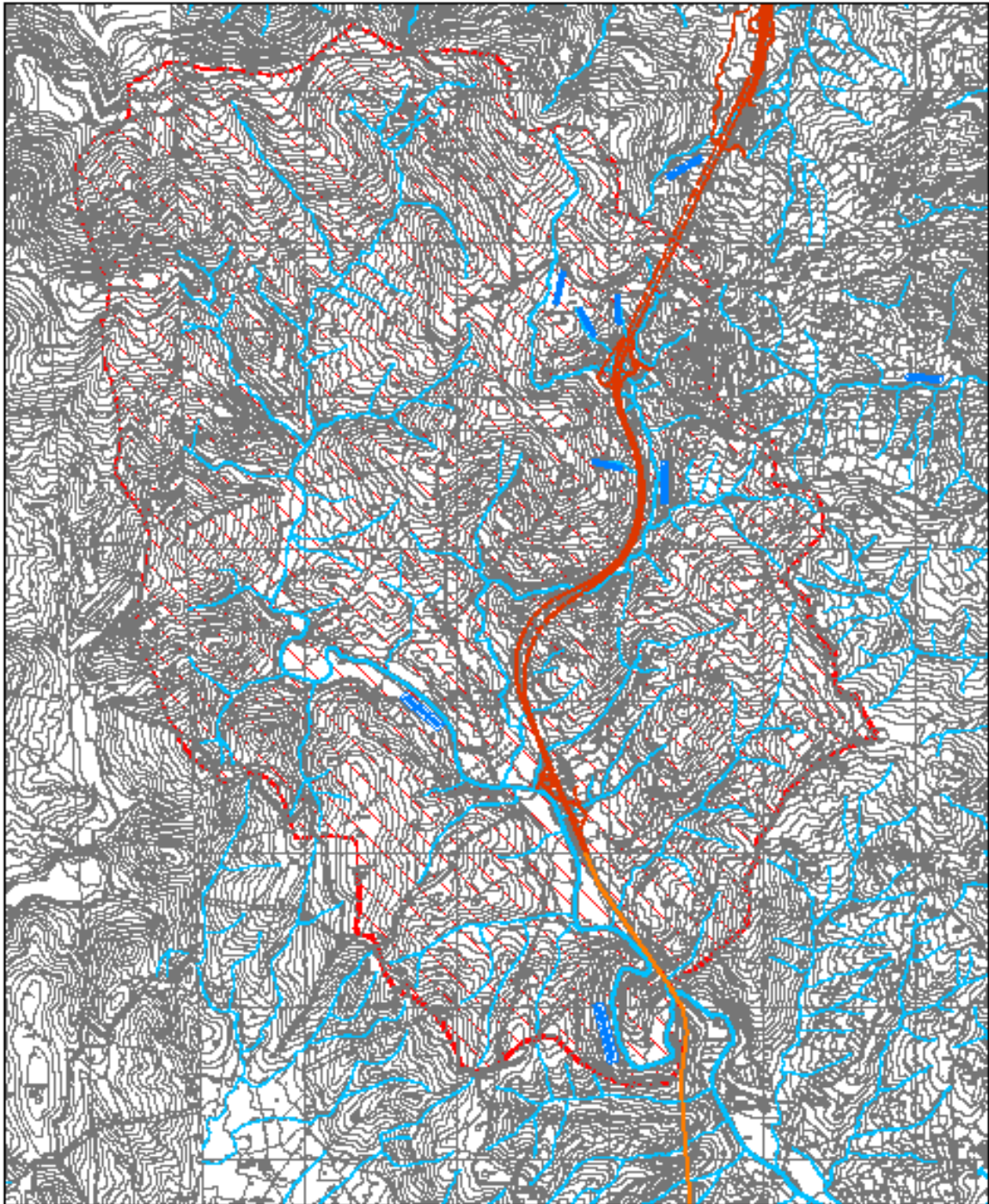


Figura 3.4.1 – Corografia del bacino del Torrente Lanzo.

3.5 FOSSO DEI DIACCI (KM 2+450)

Il bacino del Fosso dei Diacci, con sezione di chiusura all'attraversamento di progetto (superficie di 1,65 kmq), è caratterizzato da un territorio prevalentemente collinare. Lo spartiacque è individuato da una serie di poggi, i quali non superano mai l'altezza di 450 m (quota massima è il Poggio di Fercole, 436 m s.l.m.). La superficie è ricoperta da boschi con una piccola presenza di aree coltivate nella parte bassa e media del bacino. Il fosso restituisce le acque poco a valle dell'attraversamento in sinistra idrografica del Torrente Lanzo. La geologia del bacino è uniforme e caratterizzata da metasiltiti che presentano una permeabilità media e medio-alta per fratturazione. Una piccola intercalazione di argille a Palombini è presente nella parte bassa del bacino.

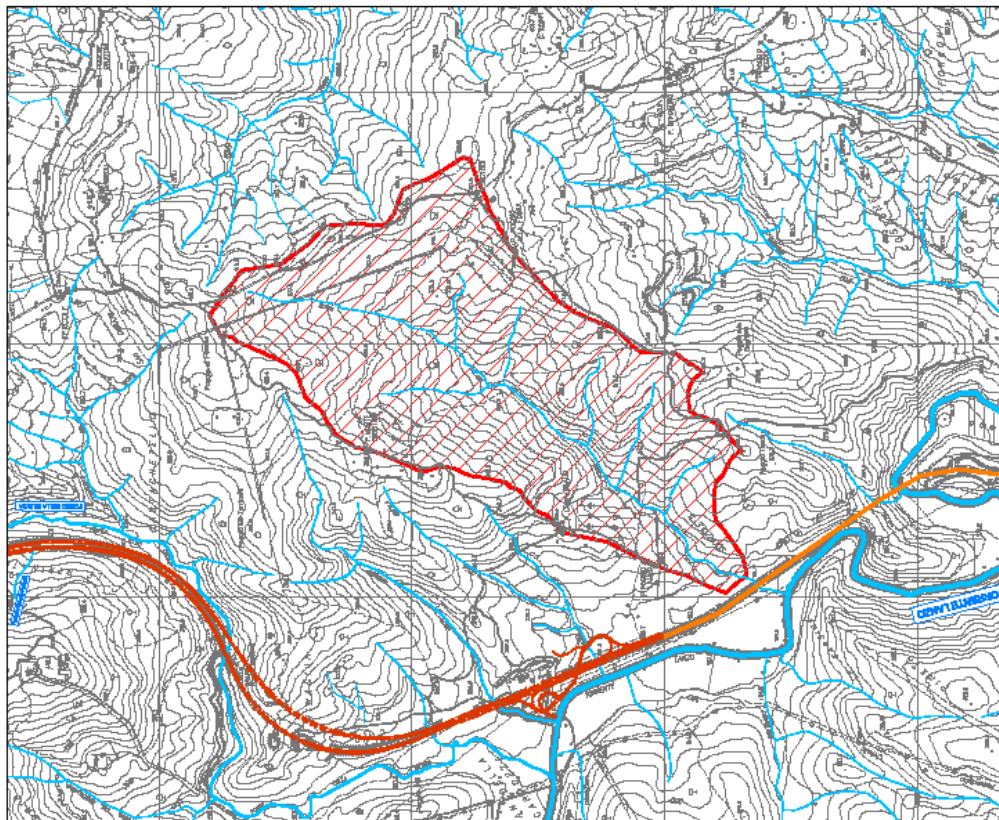


Figura 3.5.1 – Corografia del bacino del Fosso dei Diacci.

3.6 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

Le caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua sono state dedotte dalla cartografia CTR disponibile a scala 1:10.000 ed integrate dai rilievi disponibile nei pressi del tracciato stradale.

Le principali grandezze morfometriche sono riportate nella tabella che segue.

Tabella 3.6.1 – Parametri morfometrici dei bacini idrografici

Bacino	S	L	H _{max}	H _{min}	DH
	(Km ²)	(Km)	(m.s.l.m.)	(m.s.l.m.)	(m)
Fosso dei Calcinai	0.25	0.8	338	200	138
Fosso San Lorenzo	0.35	1.2	358	180	178
Fosso La Coscia	0.85	1.45	358	160	198
Torrente Lanzo	35.9	15.34	557	155	402
Fosso dei Diacci	1.65	2.45	436	187	250

4.ANALISI IDROLOGICA

4.1 STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

La durata della pioggia deve essere tale che ogni parte del bacino contribuisca al deflusso nella sezione di chiusura e questa condizione critica si raggiunge quando la pioggia cade per un tempo pari almeno al tempo di corrivazione, il quale rappresenta la durata del cammino di una particella di acqua piovuta nel punto idraulicamente più distante dalla sezione di chiusura del bacino. Il calcolo della portata si effettua con la formula seguente:

$$Q_{\max} = \frac{h_{d,t} \times k_d \times A}{3.6 \times t_c}$$

con :

- A area del bacino (km²).
- $h_{d,t}$ altezza massima di precipitazione per un tempo pari alla durata critica (mm).
- k_d coefficiente di deflusso superficiale.
- t_c tempo di corrivazione (ore).

4.2 STIMA DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA DI PROGETTO

Le LSPP sono state determinate sulla base dei risultati dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP – Aggiornamento al 2012", sviluppato nell'ambito dell'accordo tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012.

Il metodo di regionalizzazione, come primo passo, individua delle regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni. Per la stima della variabile casuale h_t , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t , è stato utilizzato un metodo basato sulla legge di distribuzione probabilistica TCEV Two-Component Extreme Value secondo un approccio gerarchico a tre livelli. Al primo livello di regionalizzazione si individuano una o più zone omogenee all'interno delle quali si può ammettere costante il coefficiente di asimmetria teorico; al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante, oltre al coefficiente di asimmetria teorico, anche il coefficiente di variazione teorico e al terzo livello di regionalizzazione si individuano infine delle aree omogenee all'interno delle quali si ricercano delle relazioni tra la pioggia indice μ e le caratteristiche geografiche del sito.

L'area di studio indagata comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, come l'Arno, il Serchio e l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli di fiumi della costa tirrenica e i bacini attigui dei Fiumi Magra e Fiora. Una volta validato il set dei dati (aggiornati all'anno 2012) è stata ottenuta la consistenza definitiva delle serie temporali di valori annui di pioggia massima. Tra le varie ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio è stata scelta, dopo opportune verifiche, quella in 4 regioni: NORD-TIRRENICA, NORD-OVEST, APPENNINO-AMIATA, CENTRO-SUD coincidenti con le 4 subregioni. Per ogni regione è stata determinata una curva di crescita per le precipitazioni giornaliere e, quando questa non sia risultata indicativa dell'andamento della distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle piogge a livello orario, si è proceduto ad una stima diretta della curva di crescita per ciascun valore di durata. Per la determinazione della pioggia indice per ogni regione omogenea e per

ogni durata di pioggia è stato utilizzato un modello multivariato, funzione di caratteristiche climatiche e geo-morfologiche.

La stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come prodotto dei valori della pioggia indice μ per le diverse durate e i fattore di crescita adimensionale KT per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni individuate. La previsione quantitativa dei valori estremi di pioggia in un determinato punto è stata effettuata anche attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La LSPP è descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a * t^n$$

con:

h = altezza di pioggia [mm]

t = durata [ore]

a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri a e n . Una volta noti i parametri a e n della LSPP per i tempi di ritorno fissati è possibile calcolare l'altezza di pioggia di durata desiderata in ogni punto della Regione Toscana, secondo una semplice procedura.

Nella presente Relazione Idrologica si fa riferimento alla metodologia sopra indicata in riferimento ai pluviometri di Pari (GR) e Roccastrada (GR). I valori dei parametri h , a ed n riportati nelle tabelle di seguito sono consultabili all'indirizzo <http://www.sir.toscana.it/lssp-2012>.

Stazione PARI (GR)
Cod TOS03002789
Lat 4770195.48
Lon 1689064.73

Tr	a	n
10	44.441	0.21507
20	52.084	0.23865
30	56.539	0.25663
50	62.299	0.27858
100	70.344	0.30250
200	78.644	0.32009
500	90.359	0.33398

Tab. 4.2.1. Pluviometro di Pari, parametri a ed n in funzione di Tr.

Tr	Durata (h)				
	1	3	6	12	24
10	44.44	56.29	65.33	75.84	88.03
20	52.08	67.70	79.87	94.24	111.20
30	56.54	74.95	89.55	106.98	127.81
50	62.30	84.61	102.63	124.49	151.00
100	70.34	98.07	120.95	149.17	183.97
200	78.64	111.79	139.55	174.22	217.50
500	90.36	130.41	164.38	207.20	261.18

Tab. 4.2.2. Pluviometro di Pari, altezze di pioggia in funzione di Tr e durata caratteristica.

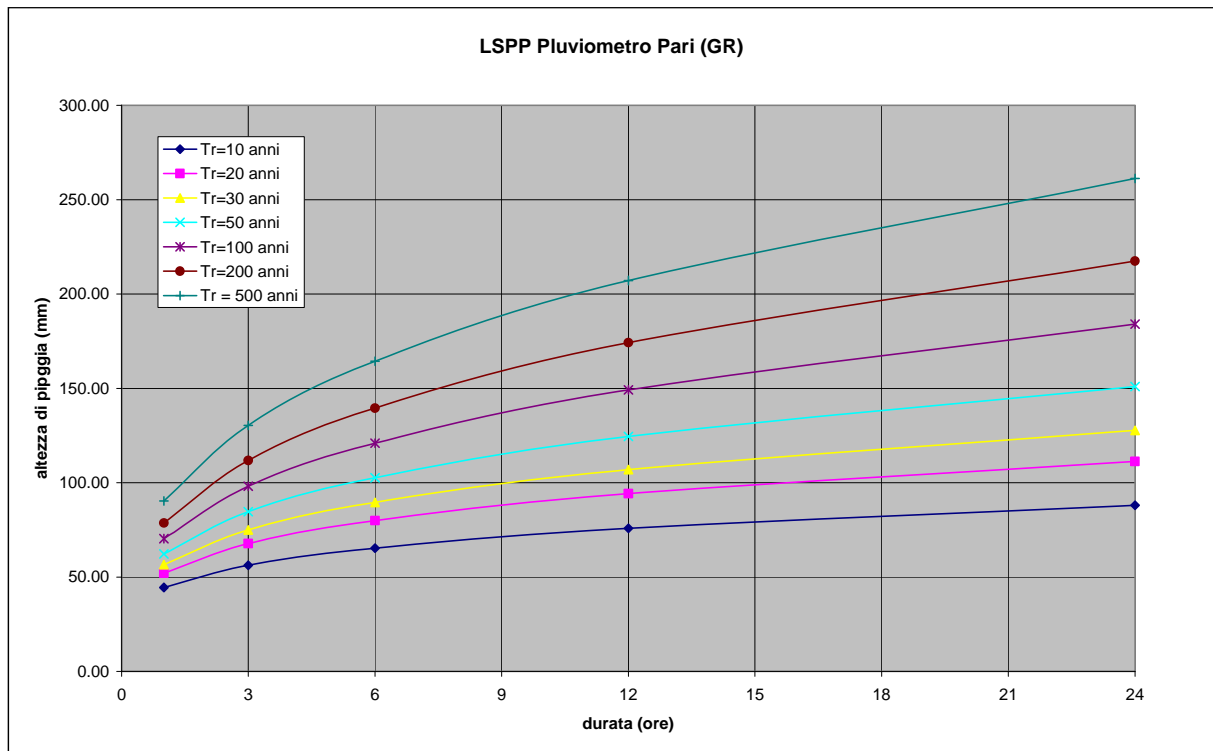


Fig. 4.2.1. Pluviometro di Pari, Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica.

Stazione ROCCASTRADA (GR)

Cod TOS03002531

Lat 4764717.21

Lon 1676384.05

Tr	a	n
10	48.289	0.24599
20	56.593	0.26957
30	61.435	0.28754
50	67.692	0.30951
100	76.438	0.33341
200	85.452	0.35101
500	98.183	0.36490

Tab. 4.2.3. Pluviometro di Roccastrada, parametri a ed n in funzione di Tr.

Tr	Durata (h)				
	1	3	6	12	24
10	48.29	63.27	75.04	88.98	105.53
20	56.59	76.10	91.73	110.58	133.30
30	61.44	84.26	102.84	125.52	153.21
50	67.69	95.11	117.86	146.07	181.02
100	76.44	110.25	138.92	175.03	220.54
200	85.45	125.66	160.27	204.42	260.73
500	98.18	146.60	188.79	243.12	313.09

Tab. 4.2.4. Pluviometro di Roccastrada, altezze di pioggia in funzione di Tr e durata caratteristica.

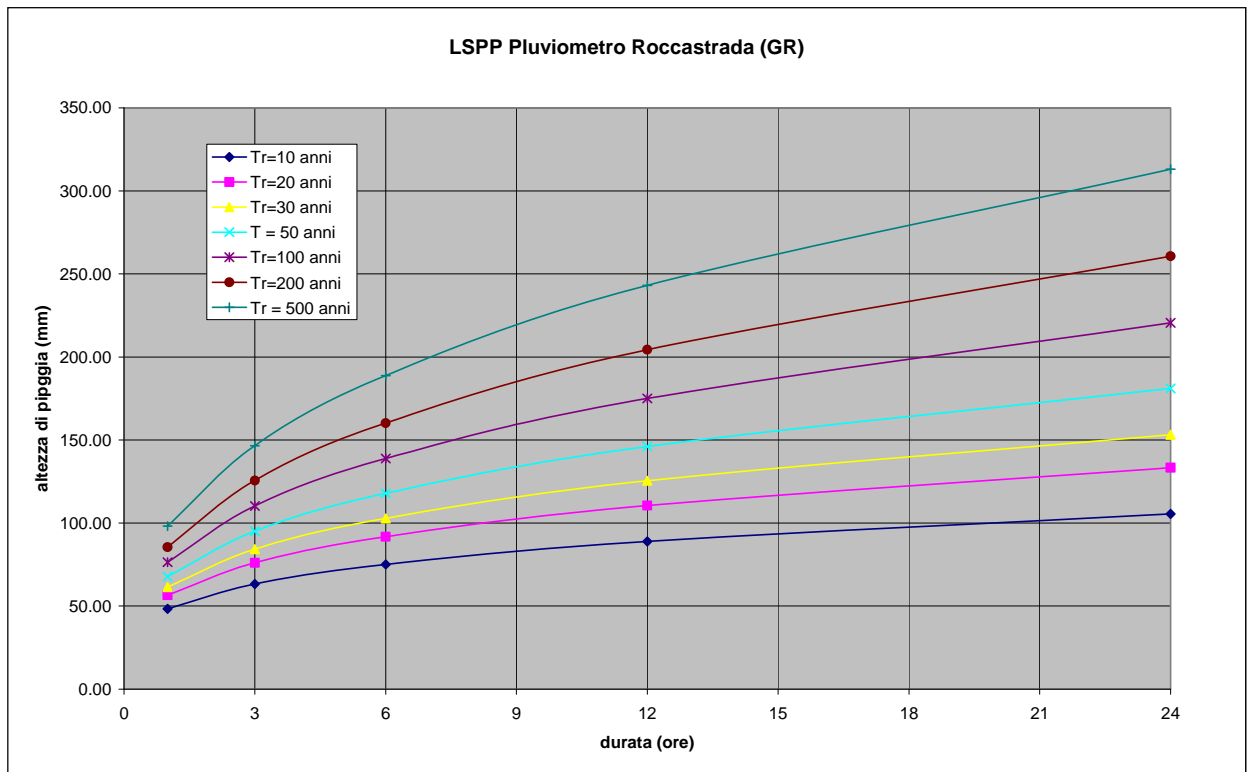


Fig. 4.2.2. Pluviometro di Roccastrada, Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica.

La distribuzione delle aree di pertinenza delle stazioni pluviometriche in relazione ai bacini idrografici esaminati è stata effettuata utilizzando la tecnica dei poligoni di Thiessen. Si è rilevato che mentre i bacini idrografici di minore estensione e l'asse stradale possono essere compresi nell'area di pertinenza della stazione pluviometrica di Pari, i regimi pluviometrici del Torrente Lanzo sono meglio rappresentati da una media pesata sulle aree di pertinenza della stazione di Pari (GR) e di Roccastrada (GR), attribuendo a quest'ultima il contributo minimo della porzione ricadente all'interno del pluviometro di Monticiano (SI).



Fig. 4.2.3. Rappresentazione dei poligoni di Thiessen per il bacino del Torrente Lanzo in rosso, e per l'asse stradale in verde.

Bacino Idrografico	Pluviometro di riferimento
Fosso Calcinai	Pari
Fosso San Lorenzo	Pari
Fosso La Coscia	Pari
Torrente Lanzo	Pari (77%) Roccastrada (23%)
Fosso dei Calcinai	Pari

Tab. 4.2.5. Bacini idrografici e pluviometri di riferimento.

Le altezze massime di pioggia per le durate caratteristiche, e al variare del tempo di ritorno, sono riportati nelle tabelle seguenti per i vari bacini idrografici. Per il Lanzo è stata pertanto determinata effettuando una media pesata secondo le percentuali di ripartizione indicate sopra.

Tr/Durata	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
30	57.67	77.09	92.61	111.24	133.65
50	63.54	87.03	106.13	129.45	157.90
100	71.74	100.87	125.08	155.12	192.38
200	80.21	114.98	144.32	181.17	227.44
500	92.16	134.13	169.99	215.46	273.12

Tab. 4.2.6. Torrente Lanzo, altezze di pioggia per le durate caratteristiche al variare del tempo di ritorno.

A titolo esemplificativo si riporta di seguito il confronto fra la LSPP del pluviometro di Roccastrada determinata nel Progetto Definitivo dall'analisi della serie storica dal 1936 al 1995, e la LSPP derivante dal metodo di regionalizzazione illustrato nel presente paragrafo e utilizzata nel presente Progetto Esecutivo.

Tr	Durata (h)				
	1	3	6	12	24
30	54.48	79.16	94.01	111.14	138.67
50	59.20	88.81	102.15	120.87	151.82
100	65.57	94.79	113.12	134.01	169.58
200	71.81	103.74	124.05	147.09	187.20
500	80.29	115.54	138.47	154.36	210.55

Tab. 4.2.7. Pluviometro di Roccastrada – Progetto Definitivo.

Tr	Durata (h)
----	------------

	1	3	6	12	24
30	61.44	84.26	102.84	125.52	153.21
50	67.69	95.11	117.86	146.07	181.02
100	76.44	110.25	138.92	175.03	220.54
200	85.45	125.66	160.27	204.42	260.73
500	98.18	146.60	188.79	243.12	313.09

Tab. 4.2.8. Pluviometro di Roccastrada – Progetto Esecutivo.

I massimi di pioggia per le varie durate caratteristiche derivanti dal metodo di regionalizzazione del 2012, risultano sempre più elevate di quelle utilizzate nel progetto Definitivo e derivanti dall'analisi della serie storica dei singoli pluviometri di Roccastrada. Per elevate durate ed elevati tempi di ritorno le differenze sulle massime altezze di pioggia attese sono comprese fra +30% e +50%.

4.3 STIMA DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA PER DURATE INFERIORI A 1 ORA

Le stazioni pluviometriche analizzate non permettono di effettuare un'analisi statistica significativa delle misure di pioggia di durata inferiore all'ora in quanto i campioni disponibili desunti dagli Annali Idrologici risultano in tal senso scarsamente numerosi. Si è pertanto scelto di ricavare le massime altezze di pioggia di durata inferiore all'ora a partire dal dato disponibile delle altezze massime di durata oraria, prendendo a riferimento studi effettuati in altre località italiane. E' noto infatti da letteratura [Bell, 1969] che i rapporti r_δ tra le altezze di durata δ molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località.

A partire dalla massima pioggia di durata oraria, si ricavano le corrispondenti altezze di pioggia di durata pari a frazioni di ora mediante l'utilizzo di un opportuno coefficiente correttivo, denominato nel seguito r_δ . Tale coefficiente può essere assunto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare i pluviografi di Milano Monviso e Roma Macao (riportati in "Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione" del Centro Studi Deflussi Urbani).

Durata (min)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
r_δ	0,130	0,180	0,229	0,272	0,322	0,489	0,601	0,811	0,913

Tab. 4.3.1 - Coefficienti riduttivi pluviografo di Milano Monviso (Piga et al. 1990).

Durata (min)	5	10	15	20	25	30
r_{δ}	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Tab. 4.3.2 - Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao (Calenda et al. 1993).

Data la sostanziale congruenza dei valori di r_{δ} ricavati per le due stazioni, nel presente studio sono stati utilizzati coefficienti riduttivi ottenuti come media dei precedenti.

Durata (min)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
r_{δ}	0,130	0,180	0,229	0,272	0,300	0,4892	0,569	0,785	0,913

Tab. 4.3.3 -Coefficienti riduttivi di calcolo per precipitazioni di durata inferiore all'ora.

4.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

La durata della pioggia critica viene assunta pari al tempo di corrivazione specifico del singolo bacino idrografico e calcolato secondo la classica relazione di Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H}}$$

dove:

A = area del bacino (km²)

L = lunghezza dell'asta principale (km)

H = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m)

L'altezza media del bacino idrografico rispetto alla sezione di chiusura sarà stimata mediante l'analisi della curva ipsografica per i bacini di maggiori dimensioni, mentre per quelli minori sarà determinata in base all'altezza massima, H_{\max} , e minima, H_{\min} , del bacino stesso impiegando la seguente relazione:

$$H = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2} + H_{\min}$$

Per il calcolo del tempo di corrivazione si farà riferimento anche alle formulazioni proposte da Pezzoli, Ventura, Kirpich, Pasini e Puglisi riportate di seguito.

Pezzoli

$$T_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$$

dove:

i = pendenza media dell'asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale;

Ventura
$$T_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$$

dove:

i = pendenza media dell'asta principale;

S = superficie del bacino idrografico;

Kirpich
$$T_c = 0.666 \cdot L^{0.77} \cdot \left[1000 \cdot \frac{L}{(H_{\max} - H_{\min})} \right]^{0.385}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta principale;

H_{max} = altezza massima del bacino idrografico

H_{min} = altezza della sezione di chiusura

Pasini
$$T_c = 0.108 \cdot \frac{(S \cdot L)^{1/3}}{i^{0.5}}$$

dove:

i = pendenza media dell'asta principale;

S = superficie del bacino idrografico;

L = lunghezza dell'asta principale;

Puglisi
$$T_c = 6 \cdot L^{(2/3)} \cdot (H_{MAX} - H_{MIN})^{1/3}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta principale;

H_{max} = altezza massima del bacino idrografico

H_{min} = altezza della sezione di chiusura

4.5 STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO KD

La pioggia netta, ovvero il volume della piena, viene calcolata mediante il metodo SCS-CN, formulato dal Soil Conservation Service degli U.S.A (1972).

Secondo il metodo SCS-CN la formazione del deflusso di piena è determinata fondamentalmente dai seguenti fattori:

- caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali e degli strati geologici immediatamente sottostanti;
- uso del suolo e copertura vegetale;
- condizioni di umidità iniziale del suolo all'inizio della precipitazione meteorica.

Questo metodo viene adottato sempre più spesso per la stima del deflusso di piena in quanto consente di tenere in considerazione tutti i fattori che effettivamente influiscono sul fenomeno della formazione della piena, che spesso sono trascurati dai metodi tradizionali, come ad esempio l'uso del suolo, e che sono determinabili sulla base di un numero limitato di informazioni facilmente reperibili.

Secondo il metodo SCS-CN, il volume di deflusso superficiale (altezza di pioggia effettiva) per un evento isolato di piena è dato da:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P + S_{CN} - I_a}$$

dove:

P spessore totale di pioggia per l'intero evento;

P_e spessore totale di pioggia effettiva per l'intero evento;

S_{CN} massima ritenzione potenziale del suolo.

I_a spessore di assorbimento iniziale del suolo, in genere $I_a = \beta S_{CN}$ con $0 < \beta < 1$

Il metodo SCS-CN lega la pioggia lorda e la pioggia netta tramite una grandezza, S , che è funzione dalle caratteristiche del suolo, in particolare tipo e uso, e dalle condizioni di umidità iniziali. L'assorbimento iniziale I_a rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto inizialmente per l'intercettazione della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'assorbimento iniziale del terreno. Sulla base di dati sperimentali di numerosi bacini statunitensi, il Soil Conservation Service ha suggerito per la stima di I_a un valore di $\beta=0.2$.

Per un fissato stato iniziale di umidità del suolo, la *massima ritenzione potenziale* S del bacino è funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo, il cui effetto combinato è descritto globalmente dal parametro adimensionale CN, $0 < CN < 100$, che per condizioni di umidità intermedie è espressa tramite il Curve Number, CN II, dalla relazione che segue

$$S_{CN} = 25.4 \left(\frac{1000}{C_{NII}} - 10 \right)$$

Una volta determinato il parametro SCN in base al tipo e uso del suolo è quindi possibile per ogni evento meteorico determinare lo spessore di pioggia contribuente al deflusso superficiale.

In via generale per determinare il parametro CN occorre stabilire anche il grado iniziale di umidità del terreno attraverso tre tipologie: AMC Tipo I, in caso di bacino asciutto; AMC Tipo III, in caso di bacino fortemente imbibito; e AMC Tipo II, per condizioni intermedie. Lo stato di umidità iniziale viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena, API5 (Antecedent Precipitation Index).

La determinazione della natura idrologica del suolo è basata su un sistema di classificazione in quattro classi di tipo di suolo ordinate dalla A alla D con potenzialità di deflusso crescente indicate in Tabella 4.5.2, mentre la Tabella 4.5.1 riporta i valori di CN per condizioni iniziali intermedie (AMC Tipo II), in funzione del tipo di suolo e dell'uso del suolo stesso.

Tabella 4.5.1. "Curve Number" CN (II), per condizioni intermedie di contenuto d'acqua iniziale del suolo, in funzione del tipo di suolo e dell'uso del suolo.

Tipo di copertura	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	80
Praterie				
Buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali (impermeabilità media%)				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade				
Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 4.5.2. "Gruppo idrologico del suolo" in funzione del tipo di suolo.

Gruppo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

La stima del CN II all'interno di ogni bacino idrografico viene effettuata considerando la media pesata delle singole porzioni areali aventi differente tipo di suolo o differente copertura, venendo così a determinare un CN II unico per l'intero bacino idrografico.

Sulla base della relazione che definisce la pioggia effettiva (Pe) in funzione del CN II individuato si riesce a stimare il coefficiente di deflusso kd da utilizzare nella formula razionale per la stima della portata al colmo di piena.

In via cautelativa si adatterà il valore del CN III in riferimento alle peggiori condizioni di umidità iniziale del suolo. Il CN II ed il CN III sono legati dalla seguente relazione:

$$CN_{III} = \left(\frac{23 \cdot CN_{II}}{10 + 0.13 \cdot CN_{II}} \right)$$

4.6 CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

La stima delle portate di progetto è stata effettuata in riferimento al metodo definito nei paragrafi precedenti. Dall'analisi dei bacini idrografici di cui al paragrafo precedente si possono individuare le principali caratteristiche dei bacini idrografici scolanti necessari alla definizione delle portate di progetto riassunte nella tabella seguente.

Tabella 4.6.1 - Caratteristiche principali dei corsi d'acqua di studio.

Bacino	S	L	H max	H min	H med	DH	i asta	i bacino
	(kmq)	(km)	(m.s.l.m.)	(m.s.l.m.)	(m)	(m)	(m/m)	(m/m)
Fosso Calcinaï	0.25	0.8	338	200	69	110	0.138	0.35
Fosso San Lorenzo	0.35	1.2	358	180	89	160	0.133	0.25
Fosso La Coscia	0.85	1.45	358	160	99	170	0.117	0.35
Torrente Lanzo	35.9	15.34	557	155	201	269	0.018	0.12
Fosso dei Diacci	1.65	2.45	436	187	125	213	0.087	0.26

Tabella 4.6.2 - Tempo di corrivazione caratteristici dei corsi d'acqua di studio.

Bacino	Giandotti	Pezzoli	Ventura	Kirpich	Pasini	Puglisi
	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
Fosso Calcinaï	0.49	0.13	0.17	0.11	0.17	1.00
Fosso San Lorenzo	0.56	0.17	0.21	0.16	0.22	1.20
Fosso La Coscia	0.75	0.19	0.34	0.19	0.34	1.32
Torrente Lanzo	4.21	1.63	5.76	2.20	6.68	5.02
Fosso dei Diacci	1.00	0.29	0.55	0.32	0.58	1.73

Applicando la metodologia indicata nei paragrafi precedenti e adottando per il tempo di corrivazione la formulazione di Giandotti, si ottengono i valori delle portate al colmo di piena per T_r pari a 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

Tabella 4.6.3 - Portate di riferimento Fosso dei Calcinai.

T_r (anni)	Area (km ²)	h_T (mm)	C_d (adm)	Q (m ³ /s)
25	0.25	44.03	0.27	1.7
50	0.25	49.03	0.30	2.2
100	0.25	54.16	0.34	2.7
200	0.25	59.06	0.37	3.3
500	0.25	65.53	0.42	4.2

Tabella 4.6.4 - Portate di riferimento Fosso San Lorenzo.

T_r (anni)	Area (km ²)	h_T (mm)	C_d (adm)	Q (m ³ /s)
25	0.35	45.80	0.28	2.3
50	0.35	51.04	0.32	2.9
100	0.35	56.38	0.35	3.6
200	0.35	61.52	0.39	4.4
500	0.35	68.31	0.43	5.6

Tabella 4.6.5 - Portate di riferimento Fosso La Coscia.

Tr	Area	h_T	Cd	Q
(anni)	(km ²)	(mm)	(adm)	(m ³ /s)
25	0.85	49.69	0.30	4.8
50	0.85	55.46	0.34	6.2
100	0.85	61.26	0.38	7.8
200	0.85	66.95	0.42	9.5
500	0.85	74.44	0.46	12.0

Tabella 4.6.6 - Portate di riferimento Torrente Lanzo.

Tr	Area	h_T	Cd	Q
(anni)	(km ²)	(mm)	(adm)	(m ³ /s)
25	35.9	81.38	0.47	94.1
50	35.9	91.62	0.51	116.3
100	35.9	101.19	0.56	148.7
200	35.9	111.55	0.60	182.7
500	35.9	125.11	0.64	229.7

Tabella 4.6.7 - Portate di riferimento Fosso dei Diacci.

Tr	Area	h_T	Cd	Q
(anni)	(km ²)	(mm)	(adm)	(m ³ /s)
25	1.6	52.10	0.33	8.1
50	1.6	62.32	0.37	10.6
100	1.6	70.37	0.41	13.3
200	1.6	78.67	0.45	16.2
500	1.6	90.39	0.49	20.4

4.7 IL MODELLO IDROLOGICO "ALTO" DELLA REGIONE TOSCANA

Il "Modello ALTO" (Alluvioni in Toscana), è stato sviluppato nel 1997 dal PIN, Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze, per conto della Regione Toscana, nell'ambito di un lavoro più ampio finalizzato allo svolgimento di studi e all'individuazione di procedure per la regionalizzazione delle portate di piena nel territorio toscano (Regione Toscana, 1998).

Il modello si basa sulla trasformazione afflussi-deflussi ottenuta tramite la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario o IUH. I parametri dell'IUH possono essere determinati in base alle caratteristiche geomorfologiche del bacino (in particolare la struttura del reticolo idrografico ordinato) ottenendo il cosiddetto idrogramma unitario geomorfologico o GIUH. La depurazione dell'afflusso lordo a pioggia netta è basata sulla stima dei due parametri relativi alla perdita iniziale e alle perdite per infiltrazione. La perdita iniziale è schematizzata introducendo un volume unitario per unità di area la che assorbe completamente la precipitazione durante i primi momenti dell'evento, mentre la perdita durante l'evento viene schematizzata con un coefficiente di infiltrazione costante a saturazione K_s . La forzante data dall'evento meteorico è schematizzata attraverso un istogramma sintetico la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate con l'adattamento della distribuzione TCEV (Two Components Extreme Value). Il modello è strutturato in modo tale da ricercare, per un dato tempo di ritorno, il valore critico della durata di pioggia che massimizza la portata di piena. I dati idrologici, idrometrici e territoriali raccolti ed elaborati per la messa a punto del modello ALTO comprendono gli archivi cartacei e informatici del Servizio Idrografico e Mareografico, la documentazione disponibile presso la Regione Toscana, i dati rilevati presso gli Uffici del Genio Civile. In particolare, i dati pluviometrici si riferiscono alle precipitazioni massime annue con durata inferiore ad 1 ora; tra 1 e 24 ore, tra 1 e 5 giorni, le precipitazioni giornaliere, le precipitazioni ad alta risoluzione (serie disponibili ed eventi significativi utilizzati per le fasi di taratura del modello).

Come già indicato in premessa il modello non è attualmente reperibile presso gli uffici del Servizio Idrologico Regionale o nel sito della Regione Toscana, in quanto è in fase di aggiornamento sulla base dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP – Aggiornamento al 2012". Pertanto non è stato possibile eseguire un confronto diretto dei risultati applicando tale modellistica al Torrente Lanzo nella sezione di interesse.

E' stato comunque possibile effettuare un confronto indiretto, tramite il valore del contributo specifico di piena, indicato nel parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (86/2016).

Tabella 4.7.1 – Confronto dei valori di Q200 per il Torrente Lanzo.

	Area	Q ₂₀₀	U ₂₀₀
	(Km ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s/Km ²)
Modello ALTO Parere 86/2016 CSLP	59.0	276.12	4.68
Studio ANAS Esecutivo	35.9	182.7	5.10

La congruenza delle portate specifiche per i due bacini conferma la sostanziale validità delle assunzioni fatte nella presente analisi idrologica, in particolare per quanto riguarda la stima del coefficiente di deflusso legato alle caratteristiche litologiche, idrogeologiche e climatiche dei bacini studiati.

4.8 CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO PER TOMBINI E FOSSI DI GUARDIA

Il presente paragrafo riporta lo studio idrologico svolto per il dimensionamento dei tombini quali manufatti per il recapito finale delle portate di origine meteorica, e per i fossi di guardia quale opera di protezione del rilevato stradale per la raccolta e l'allontanamento delle acque di versante.

I fossi di guardia assolvono lo scopo di intercettare le acque meteoriche del terreno circostante al corpo stradale di progetto. Il recapito finale dei fossi di guardia può essere costituito da tombini o da corsi d'acqua. I tombini costituiscono l'opera di attraversamento idraulico del corpo stradale recapitando le acque a valle dell'opera.

Le portate al colmo $Q_{max,T}$ (m³/s) sono state valutate tramite la formula razionale

$$Q = \frac{\phi \cdot h_T \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

In cui S è la superficie del bacino in Km², Φ il coefficiente di deflusso dell'area, h_T è l'altezza di pioggia per tempo di ritorno $Tr=100$ anni.

Viste le ridotte dimensioni delle aree scolanti si assume un tempo di corrivazione pari a 15 min. e un coefficiente di deflusso pari a 0.4. I valori delle portate in riferimento al tempo di ritorno di progetto è riportato di seguito.

Tabella 4.8.1. Dati idrologici di riferimento per i fossi di guardia.

progr. Iniziale	progr. Finale	L	Cd	Tipo	Area	Q
(Km)	(Km)	(m)		Sezione	(mq)	(l/s)
sx 1+100	1+400	300	0.4	trap. 50x50	5000	75
sx 1+950	2+250	275	0.4	trap. 50x50	20000	298
dx 2+250	2+425	175	0.4	trap. 50x50	45000	672
dx 2+800	2+460	340	0.4	trap. 50x50	41000	612

Tabella 4.8.2. Dati idrologici di riferimento per i tombini.

progr. Iniziale	Cd	DN	Area	Q
(Km)		(mm)	(mq)	(l/s)
0+100	0.4	1500	5000	75
0+250	0.4	1500	20000	298
1+400	0.4	1500	45000	672
2+250	0.4	1500	95000	1418
2+460	0.4	1500	41000	612

5. BIBLIOGRAFIA

Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., Applied Hydrology, McGraw Hill International Edition, 1988.

Corradini, C., F. Melone and V.P. Singh, Some remarks on the use of GIUH in the hydrological practice, *Nordic Hydrology* **26**, 297-312, 1995a.

Kirpich Z.P., Time of concentration of small agricultural watersheds, *Civil Engineering*, 1940, 10(6), 362.

Melone, F., N. Neri, R. Morbidelli and C. Saltalippi, A conceptual model for flood prediction in basins of moderate size, *Applied Hydrology and Modelling*, Hanza MH (ed.), IASTED ACTA Press: Anaheim (CA); 461-466, 2001.

Soil Conservation Service, Hydrology, Chapter 9, Hydrologic Soil Cover Complex, *SCS National Engineering Handbook*, Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, Sect. 4, 1972.

Soil Conservation Service, Hydrology, *SCS National Engineering Handbook*, Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, Sect. 4, 1986.