

LAVORI DI COSTRUZIONE RAMPE DI COLLEGAMENTO FRA LA S.S.330 E L'AUTOSTRADA "A15" IN LOCALITA' ALBIANO MAGRA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTA:

*Ing. Livio Radini (VEGA Engineering)
Ordine degli Ingegneri della Provincia Lucca n. A776*

IL GEOLOGO

*Geol. Roberto Maggiore (VEGA Engineering)
Ordine dei Geologi della Toscana n. A1666*

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

*Ing. Livio Radini (VEGA Engineering)
Ordine degli Ingegneri della Provincia Lucca n. A776*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gioacchino Del Monaco (ANAS S.p.A.)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



Vega Engineering

Via Bronzino, 9 - 20133 Milano
Tel: 02 49536714 - Fax: 02 49536703
E-mail: vega.milano@vegasrl.com
P.I. 07318770968

Dott.Ing. Livio Radini
Ordine Ingg. Prov. Lucca n.A776

A09_RELAZIONE IDRAULICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA	
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	CODICE ELAB.				
□□□□□□	D	□□□□	□□□□	□□□□	□□□□		
A	EMISSIONE		Luglio 2020	Ing.M.Pianigiani	Ing.P.Bacci	Ing.L.Radini	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

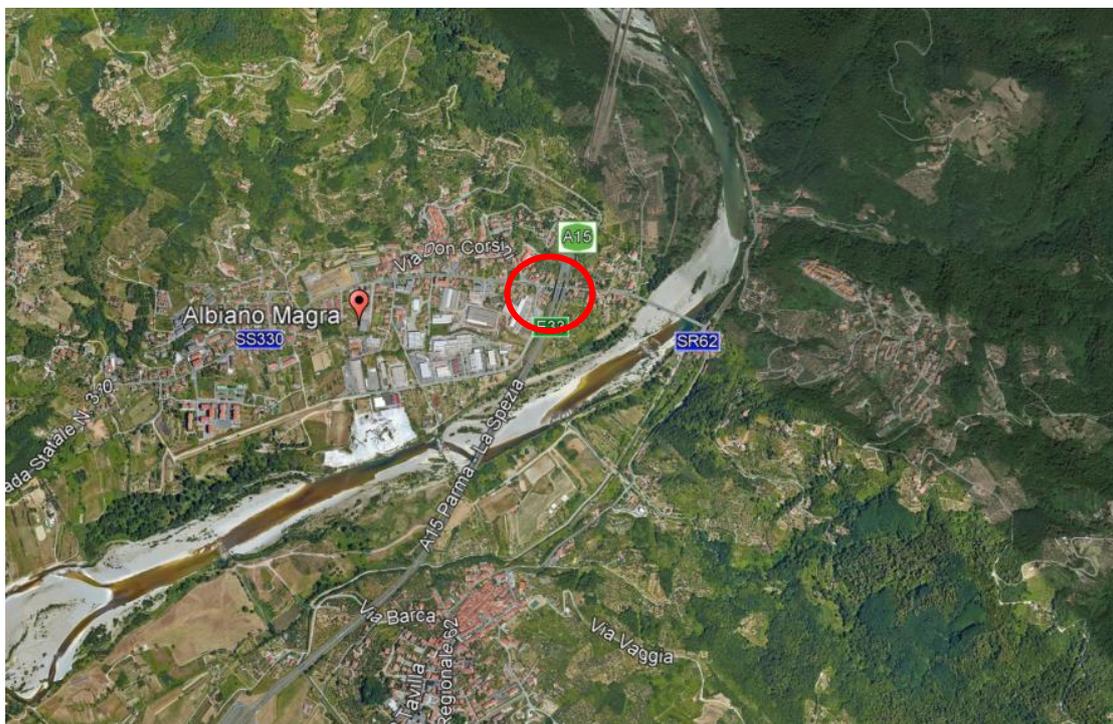
INDICE

<i>PREMESSA.</i>	3
<i>IL BACINO IMBRIFERO.</i>	5
<i>STUDIO PLUVIOMETRICO.</i>	6
<i>TEMPO DI CORRIVAZIONE.</i>	7
<i>TEMPO DI PIOGGIA DI VERIFICA.</i>	9
<i>DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI VERIFICA.</i>	9
<i>CALCOLO DELLE SEZIONI IDRICHE.</i>	14
<i>CONCLUSIONI.</i>	17

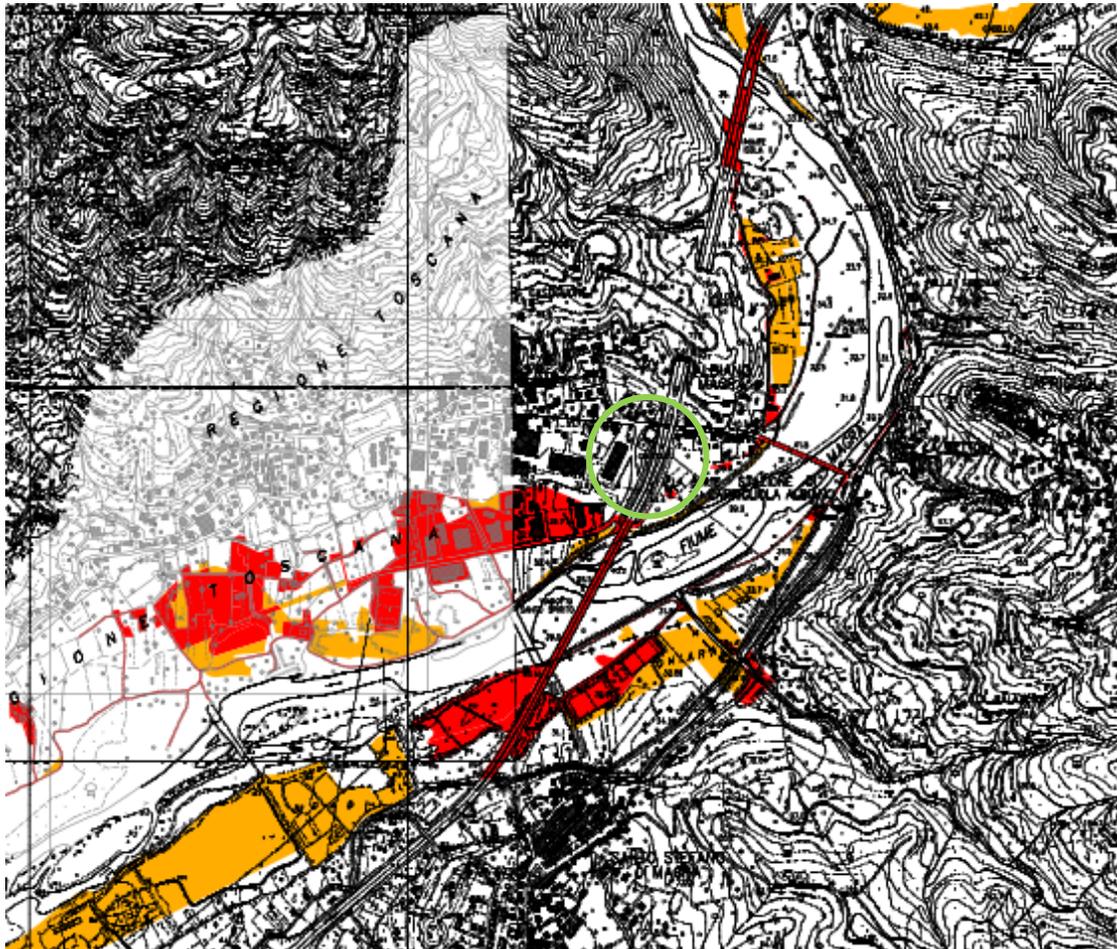
Premessa.

L'obiettivo della seguente relazione idraulica è quella di verificare, a seguito di studio pluviometrico preliminare, la modifica dello stato di pericolosità idraulica generata dalla esecuzione delle opere inserite all'interno del progetto di "Lavori di costruzione delle rampe di collegamento fra la SS 330 e l'autostrada "A15" in località Albiano Magra" nel comune di Aulla in provincia di Massa.

Come descritto all'interno della Relazione Generale Descrittiva, l'intervento interessa una piccola parte della zona sud ovest del territorio comunale del comune di Aulla, si inserisce all'interno di un'area fortemente antropizzata ed interessata da un intenso traffico generato dalle tante attività presenti nelle adiacenze della futura opera.



Da punto di vista idraulico, il tratto di strada interessato alla trasformazione è inserito all'interno del bacino idrografico del fiume Magra, per un tratto della sua riva destra, nel tratto terminale del fiume, distante circa 3500 metri a monte della confluenza del fiume Vara.



L'area interessata all'intervento – interna al cerchio verde - secondo quanto riportato all'interno della Tav 7° del Piano Stralcio assetto Idrogeologico del F. Magra e del T. Permignola" Carta del rischio Idraulico Elevato e Molto elevato, redatta dall'Autorità di bacino del Fiume Magra risulta limitrofa, ma esterna alle due perimetrazioni (Ri 4 e RI 3), come meglio evidenziato nella legenda allegata.

Il bacino idrografico analizzato è una piccola porzione del territorio di confine del territorio comunale di Aulla, che raccoglie e convoglia le acque di un bacino avente una superficie di circa 0.7 kmq. caratterizzato da porzioni di territorio sia pavimentate che terreno incolto.

Lo scopo del presente documento è quello di determinare i volumi idrici che si verranno a generare a seguito di eventi meteorici ed il conseguente dimensionamento della nuova rete

dei canali di guardia da eseguirsi a ridosso dell'opera in relazione alle portate stimate per un prefissato Tempo di Ritorno di progetto.

Il bacino imbrifero.

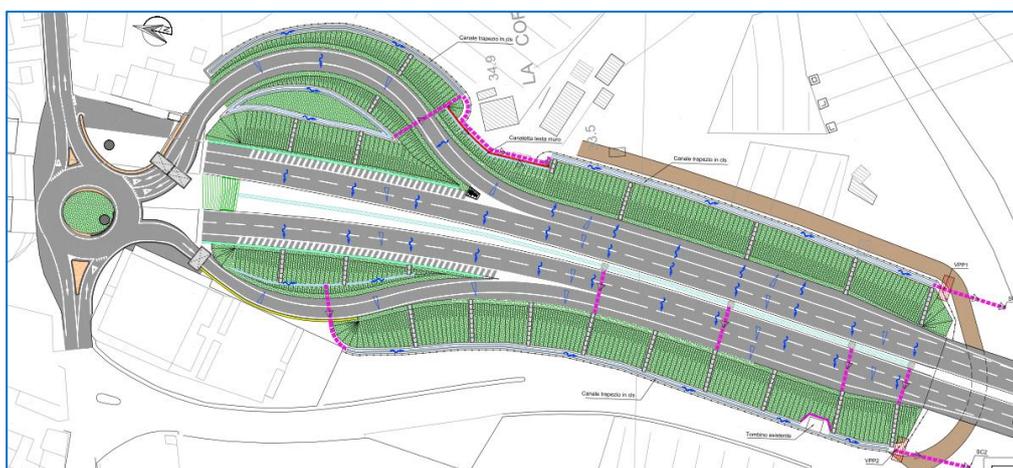
Il bacino imbrifero sotteso all'area oggetto dell'intervento è una porzione di superficie interessata ad una nuova viabilità.

Al fine di poter rispettare le diverse pendenze stradali, sia di piattaforma che di rampa, si è optato per la suddivisione dell'intera area in di due sotto bacini, ognuno con un collettore di scarico indipendente, ma entrambi diretti verso l'area golenale destra del Fiume Magra.

Bacino di studio A1	
Punto terminale SC1	
Superficie Kmq.	0.5440
Lunghezza asta m.	280
Pendenza media lotto	0.08%
Dislivello max m-	2.26

Bacino di studio A2	
Punto terminale SC2	
Superficie Kmq.	0.975
Lunghezza asta m.	280
Pendenza media lotto	0.02%
Dislivello max m-	2.26

Tutte le informazioni avute dalle cartografie tematiche di progetto sono state utilizzate per la determinazione dei coefficienti di afflusso inseriti nei modelli afflussi-deflussi utilizzati.



Studio Pluviometrico.

La pluviometria del bacino è stata condotta per poter utilizzare il più possibile le fonti e gli studi presenti per quel tipo di bacino (*piccoli bacini parzialmente pavimentati interni a zone fortemente urbanizzate*)

Per lo studio delle precipitazioni legate al bacino, sono stati utilizzati i dati pluviometrici elaborati dal Settore Idrologico Regionale Toscana (S.I.R.), tramite l'utilizzo delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica – aggiornamento 2012 _ comune di Aulla, mentre per la quantificazione delle portate si è applicato il metodo CN della trasformazione afflussi-deflussi.

Settore Idrologico e Geologico Regionale
ELABORAZIONI / Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica - Aggiornamento 2012

[Scarica documentazione](#)

Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme - LSPP - Aggiornamento al 2012
Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, si è provveduto ad effettuare un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica caporali Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale UNI FI).

TEMPO DI RITORNO in ANNI **DURATA PIOGGIA in ORE**

STAZIONI **LAT** **LON** **AREE**

H = 112.77 [mm] altezza di pioggia



The image shows a screenshot of a web-based hydrological analysis tool. At the top, it identifies the 'Settore Idrologico e Geologico Regionale' and the specific study: 'ELABORAZIONI / Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica - Aggiornamento 2012'. Below this, there is a section for 'Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme - LSPP - Aggiornamento al 2012', which provides context about the data source and the collaboration between the Tuscany Region and the University of Florence. The interface includes several input fields: 'TEMPO DI RITORNO in ANNI' (set to 200), 'DURATA PIOGGIA in ORE' (set to 1h), 'STAZIONI' (empty), 'LAT' (empty), 'LON' (empty), and 'AREE' (set to 'Comune' and 'Aulla'). A calculated value 'H = 112.77 [mm] altezza di pioggia' is displayed. The main part of the screenshot is a map of the Aulla catchment area, with the watershed boundary highlighted in blue. The location of the Aulla station is marked with a red circle. The map shows the surrounding terrain, rivers, and various municipalities in the area.

Per completezza si riporta quanto descritto all'interno delle note esplicative relative alla metodologia utilizzata dal S.I.R. Toscana:

“Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite. Le 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 il 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 comunemente 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.*

$$h(t)=a \times t^n$$

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.”

In merito ai Tempi di Ritorno utilizzati per lo studio oggetto del presente lavoro, si è ipotizzato un Tempo di Ritorno pari a 200 anni, ritenuto congruo per questo tipo di opera da più fonti normative e tecniche.

Tempo di Corrivazione.

Lo studio del fenomeno è stato fatto con un tempo di pioggia prossimo al tempo di corrivazione definito come *il tempo massimo che impiega una data porzione di precipitazione a prendere parte alla formazione dell'onda di piena.*

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato con formula di Kirpic, in quanto risulta adatta per bacini di caratteristiche simili a quelle oggetto dello studio, ben si adatta alla teoria utilizzata per lo studio della trasformazione afflussi-deflussi (il metodo SCS) ed è indicata per i bacini di piccole dimensioni e realizzati in ambienti fortemente antropizzati

La formula risulta essere la seguente:

$$\tau_c=0.01947x(lx\sqrt{l})/\sqrt{\Delta h}$$

dove:

- τ_c tempo di corrivazione (minuti);
 l lunghezza dell'asta principale (metri);
 Δh differenza tra la massima quota dell'asta principale e la quota di chiusura del bacino.
(metri)

il tempo di corrivazione del bacino oggetto dell'intervento è di **10 minuti**.

TEMPI DI CORRIVAZIONE

Bacino 1 Nuovo svincolo A15 Albiano

$L := 280$	m	Lunghezza asta principale
$\Delta h := 34.16 - 31.90$	m	Dislivello max altezza-punto terminale
$\frac{\Delta h}{L} = 8.071 \times 10^{-3}$		Pendenza media
$\tau_c := 0.01947 \cdot \left(\frac{L^{\frac{3}{2}}}{\Delta h^{0.5}} \right)^{0.77}$	$\tau_c = 9.539$	min Tempo di corrivazione

Bacino1 sotteso alla sezione terminale prima della immissione in golena destra fiume Magra

$S := \frac{5440}{1000000}$	Kmq	Superficie bacino
$\Delta h = 2.26$	m	Dislivello max altezza-punto terminale
$p := \frac{\Delta h}{L}$	$p = 8.071 \times 10^{-3}$	Pendenza media
$\tau_{c1} := 0.01947 \cdot \left(\frac{L^{\frac{3}{2}}}{\Delta h^{0.5}} \right)^{0.77}$	$\tau_{c1} = 9.539$	min Tempo di corrivazione Kirpic
$\tau_{c2} := 0.127 \cdot \left(\frac{S}{p} \right)^{0.5}$	$\tau_{c2} = 0.104$	ore Tempo di corrivazione Ventura
$\tau_{c2} := 0.108 \cdot \frac{\left(S \cdot \frac{L}{1000} \right)^{\frac{1}{3}}}{p^{0.5}}$	$\tau_{c2} = 0.138$	ore Tempo di corrivazione Pasini

Analizzando i risultati, per la determinazione della portata di progetto, si utilizza un Tempo di Corrivazione TC pari a 10 minuti.

Tempo di Pioggia di Verifica.

Come valore di tempo di pioggia per il calcolo di verifica, si è assunto il tempo di **15 min**; tale valore è la somma del tempo di corrivazione e di un tempo, chiamato tempo di ruscellamento superficiale (*stimato in 5 min*), che consente alla rete di drenaggio di funzionare a regime di moto uniforme e poter così utilizzare per il calcolo della simulazione la formula di Kutter.

Imponendo un tempo di ritorno di 200 anni, la determinazione delle portate è stata calcolata con un tempo di pioggia coincidente – cautelativamente - con il tempo globale somma del tempo di corrivazione e del tempo di riempimento della porzione di rete di canali di monte, interessato dal deflusso della porzione di superficie creato con la trasformazione dell'intersezione stimato in 15 minuti.

Determinazione della portata di Verifica.

Per la determinazione della portata di progetto si è utilizzato un modello matematico di trasformazione degli afflussi-deflussi basato sull'impiego dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (metodo SCS). Il metodo SCS è in funzione delle curve di precipitazione cumulate che in base al tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione, calcola istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre il deflusso.

L'analisi di tali curve (presenti in letteratura) ha permesso di individuare così il parametro CN per il bacino in oggetto e di determinare la conseguente portata di verifica. Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna" cioè viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente o quasi in deflusso creando l'evento di piena.

Tipo di suolo	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. 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 di 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 superficie.

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni buone condizioni	68	79	86	89
	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area				
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
	76	85	89	91
	72	82	87	89

Per il bacino oggetto del nostro studio, si è preso in considerazione il valore **CN pari a 98**, corrispondente a “Parcheggi tetti e Autostrade” valutato per un tipo di suolo idrologico di terreno D ed il valore **CN pari ad 80** relativo a “spazi aperti con manto erboso” per le scarpate inerbite, sempre con coefficiente D.

Vista la dimensione del bacino più grande – stimato in una superficie di 9 775 mq e la particolarità del sito oggetto di studio, non si sono applicate le formule di ragguglio delle superfici, andando a simulare valutazioni di portata più gravose delle reali a favore di sicurezza idraulica.

Bacino di studio A1		
Punto terminale SC1		
	Kmq	CN
Superficie Pavimentata	0.1680	98
Superficie a Verde	0.3760	80
Superficie Totale	0.5440	85.56

Bacino di studio A2		
Punto terminale SC2		
	Kmq	CN
Superficie Pavimentata	0.5505	98
Superficie a Verde	0.4270	80
Superficie Totale	0.9775	90.14

Portata di verifica.

Tempo di ritorno **200 anni**

Tempo di Pioggia coincidente al tempo di Corrivazione maggiorato del tempo di ruscellamento

$T_p = T_c + 5 \text{ min} = 15 \text{ minuti}$

Altezza di pioggia **h_{60T} oraria 112.77 mm** (valori estrapolati dalla LSPP del SIR Toscana per l'area oggetto) funzione della stazione o dell'area e del Tempo di Ritorno (200 anni)

Altezza di pioggia **htT** relativa al tempo critico ipotizzato (inferiore all'ora) e ricalcolato tramite la relazione di Bell pari a **52.68 mm** arrotondata per i calcoli a **53 mm** (*ripartita uniformemente su tutta l'area, senza ragguagliare*).

Con tempo di ritorno pari a 200 anni, e considerate le Curve SIR Toscana 2012 - su bacino relativo al comune di Aulla, con valori orari regionali (2012) e trasformati in piogge sotto l'ora con l'utilizzo della formula Bell-Jennins-Calenda-Piga			
$t := 10$	min		Minuti di pioggia di progetto pari a TC
$h_{60T} := 112.77$	mm		Altezza di pioggia orari al Tempo di Ritorno
$htT := h_{60T} \cdot (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.5)$	mm		Relazione di Bell
$htT = 51.905$	mm		Altezza di pioggia di progetto
$HtT := h_{60T} \cdot 1.015 \cdot \left(\frac{t}{60}\right)^{0.433}$	$HtT = 52.689$ mm	t in minuti	Formula sperimentale di Bell -Jennins-Calenda-Piga

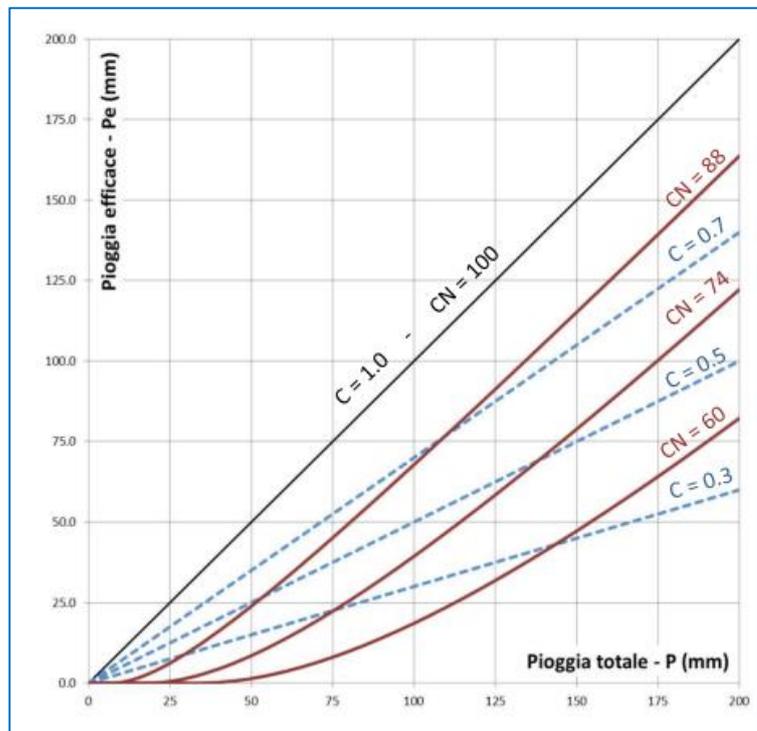
I valori utilizzati per tale calcolo sono legati alla tipologia del bacino:

- pendenza media prossima al 0.8%;
- grado di impermeabilità mediamente elevato e con la presenza di strade e superfici pavimentate;
- mediocre grado di assorbimento;

Sviluppando i calcoli attraverso le formule del metodo CN si ricava un valore di portata di **0.184 Mc/sec** per l'area Bacino 1 (parte di opera lato Fiume Magra)- e una portata di progetto pari a **0.429 Mc/sec** per l'area scolante lato Albiano

IPOTESI 1 (TR 200 anni; Tp = TC = 10 min. min. h 53 mm) metodo CN			
$CN := 90.14$		Coefficiente mediato di permeabilità su tutta l'area	
$Sp := \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$	$Sp = 27.784$	mm	Ritenzione potenziale della terra
$Ia := 0.2 \cdot Sp$	$Ia = 5.557$	mm	Infiltrazione iniziale
$P := 53$		mm	Altezza di pioggia di progetto
$Qs := \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + Sp}$	$Qs = 29.921$	mm	Deflusso superficiale
$A := \frac{(9775)}{1000000}$		Kmq	Area bacino 2
$Tp := \frac{5}{60}$		ore	Tempo di ruscellamento (5 minuti)
$Tc := \frac{10}{60}$		ore	Tempo di corrivazione (10 minuti)
$Qp := \frac{0.208 \cdot A \cdot Qs}{(0.5 \cdot Tp + 0.6 \cdot Tc)}$	$Qp = 0.429$	$\frac{Mc}{sec}$	$Qp \cdot 1000 = 429.424 \quad \frac{1}{sec}$

*A conferma della attendibilità di tale valore, a titolo di riscontro, è stato usato anche il metodo Cinematico tramite l'ausilio della formula Razionale, ipotizzando un valore Ψ (permeabilità media su tutto il bacino) pari a 0.8, compatibile sia con la situazione reale che con il valore di CN=98 utilizzato nella precedente procedura di calcolo.



**IPOTESI 2 (TR 200 anni; $T_p = T_c = 10$ min. h 53 mm)
metodo Cinematico (formula Razionale)**

$P := 53$ mm

Altezza di pioggia ipotizzata su 10 minuti di pioggia

$$A := \frac{(9775)}{10000}$$

ha Area bacino (ettari)

$$\Psi := 0.745$$

coefficiente di permeabilità media del lotto

$$T_p := \frac{5}{60}$$

ore Tempo di Ruscellamento (5 minuti)

$$T_c := \frac{10}{60}$$

ore Tempo di corrivazione (10 minuti)

$$Q_p := \frac{(A \cdot \Psi \cdot P) \cdot 0.002778}{T_p + T_c}$$

$Q_p = 0.429$ $\frac{Mc}{sec}$ Portata defluita

$$Q_p \cdot 1000 = 428.885 \quad \frac{l}{sec}$$

Ai fini delle elaborazioni si utilizza il valore di 0.429 Mc/sec, in quanto valore maggiore tra i due metodi, sempre in favore di sicurezza

Calcolo delle sezioni idriche.

L'ipotesi di calcolo utilizzata per la determinazione delle sezioni idriche del tratto di canale oggetto di verifica è basata sulla teoria del moto uniforme ipotizzando di mantenere costante il carico cinetico ed assumendo come pendenza motrice la pendenza di fondo del canale stesso.

A seguito di rilievo di dettaglio, si è ricavata la reale situazione plano altimetrica del tratto di area da analizzare; inserendo la portata ricavata dai calcoli idraulici precedentemente descritti, come valore di progetto, si sono ottenute le diverse altezze liquide relative ad ogni singola sezione, ipotizzando la verifica per la sezione ultima, immediatamente a ridosso del punto di scarico.

Per la determinazione delle perdite e per il calcolo delle velocità si è fatto uso della formula di Chezy con i coefficienti di Gauckler-Strikler, scelto per i calcoli pari a 70 valore medio riferito a "canali rivestiti in CLS, non in perfette condizioni, ipotizzando anche un certo deterioramento delle pareti, dovuta al normale deterioramento dei manufatti.

A Coefficienti di scabrezza per canali e condotte				
Tipo di canalizzazione	Bazin γ ($m^{1/2}$)	Kutter m ($m^{1/2}$)	Gauckler-Strikler K ($m^{1/3} s^{-1}$)	Manning n ($m^{-1/3} s$)
Pareti di cemento perfettamente lisciate e pareti metalliche senza risalti nei giunti, ambedue con curve.	0,10	0,18	90+85	0,012
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata.	0,23+0,36	0,35+0,55	70+65	0,014+0,015
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame).	0,46	0,55+0,75	60	0,018
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1,30	1,50	40	0,025
Canali in abbandono con vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo.	2,0+2,3	3,00	30	0,035

Verifica idraulica canale esterno

SEZIONE TRAPEZIAMOTO UNIFORME

$k := 70$		coefficiente di conduttanza Gaukler Strikler 70 cls, 50 argilla
$i := 0.02$		pendenza di fondo del canale
$m := 1$		scarpa laterale (H/L) $45^\circ=1$
$b := 0.5$		larghezza di fondo del canale trapezio metri
$h := 0.222$		altezza liquida in sezione trapezia metri (PROGETTO)
$A := h \cdot \left(b + \frac{h}{m} \right)$	$A = 0.16 \text{ mq}$	area liquida legata all'altezza di progetto h
$P := b + 2 \cdot h \cdot \left(1 + \frac{1}{m^2} \right)^{0.5}$		Contorno Bagnato sez trapezia funzione della altezza h di progetto metri
$P = 1.128$	m	
$R := \frac{A}{P}$	$R = 0.142$	Raggio Idraulico metri
$Q := k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot A \cdot i^{0.5}$	$Q = 0.432$	Portata mc/sec (funzione di h e di i - oltre che della sezione ipotizzata.(Chezy)
$V := \frac{Q}{A}$	$V = 2.696$	Velocità di scorrimento Metri/sec

La verifica risulta corretta per un canale in CLS a sezione trapezia delle misure geometriche $b=0.50$; $B = 1.50$ e Scarpa $m=1$ (45°) e pendenza motrice di fondo pario al 2% con un'altezza idrica di 22 cm

Per i tratti tombati, si è optato per una sezione circolare:

VERIFICA IDRAULICA CONDOTTA TRATTO TERMINALE		
SEZIONE circolare MOTO UNIFORME		
$k := 70$		Coefficiente di conduttanza Gaukler Strikler 70 cls, 12 PVC
$i := 0.02$		Pendenza di fondo del condotto fognario (IPOTESI 2%)
$D := 0.5$		Diametro interno condotta metri (NOTA)
$h := D \cdot 0.73$ $h = 0.365$		Altezza liquida in sezione circolare chiusa metri (max 70%D)
$\alpha := 2 \cdot \arccos\left(1 - 2 \frac{h}{D}\right)$		$\alpha = 4.098$
$A := \frac{D^2}{8} \cdot (\alpha - \sin(\alpha))$	$A = 0.154$	Area liquida legata all'altezza di progetto h
$A_{max} := \frac{D^2}{4} \cdot \pi$	$A_{max} = 0.196$	$C_{max} := 2 \cdot \pi \cdot \frac{D}{2}$ $C_{max} = 1.571$ Sezione piena 100%
$P := \frac{D}{2} \cdot \alpha$	$P = 1.024$ m	Contorno Bagnato sez Circolare funzione della altezza h di progetto metri
$R := \frac{A}{P}$	$R = 0.15$	Raggio Idraulico metri
$Q := k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot A \cdot i^{0.5}$	$Q = 0.429$	Portata mc/sec (funzione di h e di i - oltre che della sezione ipotizzata.(Chezy)
$V := \frac{Q}{A}$	$V = 2.794$	Velocità di scorrimento Metri/sec (Minima e massima)
$g := 9.81$		
$h_c := 1.025 \cdot D \cdot \left[\frac{Q}{D^2 \cdot (g \cdot D)^{0.5}} \right]^{0.515}$	$h_c = 0.449$	Altezza critica metri
La verifica risulta corretta per un collettore circolare Dn 500 in CLS pendenza motrice di fondo pario al 2%, con riempimento prossimo al 73%		

Tutti i livelli idrici raggiunti all'interno della rete idraulica di scolo prescelta (composta da alcuni tratti di canale trapezio 50x50x150 e per i tratti tombati condotta in CLS circolare Dn 500), in

applicazione alle ipotesi idrauliche sopraesposte, sono verificate, non generano allagamenti, non alterando di fatto la attuale pericolosità idraulica della zona.

Conclusioni.

Il presente studio idraulico verifica che tutte le opere relative all'adeguamento della viabilità dovute alla costruzione di due rampe di collegamento traal SS 330e l'Autostrada A15, in prossimità dell'area a ridosso dell'attuale cimitero di Albiano Magra, nel comune di Aulla, non interferiscono con l'attuale rete di drenaggio e - a seguito di verifica – la nuova rete di scolo progettata - non aumenta il grado di pericolosità idraulica