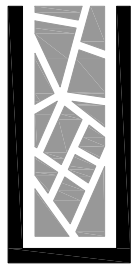


FONDO UNICO NAZIONALE PER IL TURISMO (FUNT)
D.G.R. 1654/2022

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



**ALEX
MASSARI**
architetto e
pianificatore
territoriale

Via Volta n° 10 - 29010 San Nicolò (PC)
Tel. 0523.769343 - 349 7775727
massari.alex@libero.it
Ordine degli Architetti di Piacenza n° 594
www.ubiurbs.com

S.I.C.I.S.

Ing. Roberto Zermani Anguissola
Ing. Luca Zermani Anguissola

Via Anguissola n° 37 - 29020 Travo (PC)
Tel. 0523.950251
info@studiozermani.it

Con la collaborazione di:

GIUSEPPE GREGORI
ARCHITETTO

Via Genocchi n° 8 - 29121 Piacenza
Ordine degli Architetti di Piacenza n° 741

Arch. Fabrizio Zambianchi

Via F. Grandi n° 45 - 29122 Piacenza
Ordine degli Architetti di Piacenza n° 763

TITOLO PROGETTO:

**PERCORSO CICLOPEDONALE DI
COLLEGAMENTO TRA I CENTRI ABITATI DI
COTREBBIA E INCROCIATA**

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE:

COMUNE DI CALENDASCO

Piazza Mazzini n° 4 - 29010 Calendasco (PC)

Sindaco: Filippo Zangrandi

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONI

Nota tecnica idraulica

Serie:	Scala:	Progettista:	Timbro e firma:
A	-	Ing. Luca Zermani Anguissola	
N°:	Revisione:	Data:	
R.11	00	31-03-2025	

Indice revisioni:

Rev.	Data	Aggiornamento	Redatto	Controllato
00	31-03-2025	emissione	L.Z.	L.Z.

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	STATO DI FATTO.....	3
2.1	Analisi del rilievo dello stato di fatto	3
3	Considerazioni generali ed elaborazioni idrologiche.....	5
3.1	Valutazioni morfometriche sul bacino di interesse	7
3.2	Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.....	8
3.3	Modello Afflussi - Deflussi.....	13
3.4	Analisi delle sezioni della cunetta stradale.....	17
4	STATO DI PROGETTO	25
5	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	29
6	CONCLUSIONI.....	35

1 PREMESSA

La presente Nota tecnica fa riferimento alla richiesta ricevuta dal Sottoscritto di verificare la situazione idraulica della cunetta di scolo presente lungo la strada comunale di Cotrebbia tra loc. Incrociata e loc. Malpaga per conto dell'Amministrazione comunale di Calendasco.

Il progetto è in carico all'Arch. Alex Massari, professionista col quale il Sottoscritto si è confrontato per chiarire gli aspetti d'interesse per la presente Nota.

Per le verifiche idrauliche ci si è basati sul rilievo commissionato dall'Amm. com. le al geom. Guarnieri.

2 STATO DI FATTO

2.1 Analisi del rilievo dello stato di fatto

Il Sottoscritto ha effettuato un sopralluogo per prendere visione dei luoghi oggetto del progetto, presenti il Sindaco di Calendasco Dott. Filippo Zangrandi e l'arch. Alex Massari.

Durante il sopralluogo, lo Scrivente ha richiesto il rilievo del canale posto al margine della pista ciclabile per poter disporre di sezioni e quindi della pendenza dello stesso.

Il rilievo, riscontrabile sugli allegati 1 e 2 ha dato i seguenti risultati:

INCROCIATA - COTREBBIA

Tra le sezioni A-A e B-B il canale presenta una pendenza pari allo 0,038%;

Tra le sezioni B-B e C-C il canale presenta una pendenza pari allo 0,18%;

Tra le sezioni C-C e D-D il canale presenta una pendenza pari allo - 0,088%.

COTREBBIA – MALPAGA

Tra le sezioni X'-X' e A'-A' il canale presenta una pendenza pari allo 0,523%;

Tra le sezioni C'-C' e B'-B' il canale presenta una pendenza pari allo 0,066%;

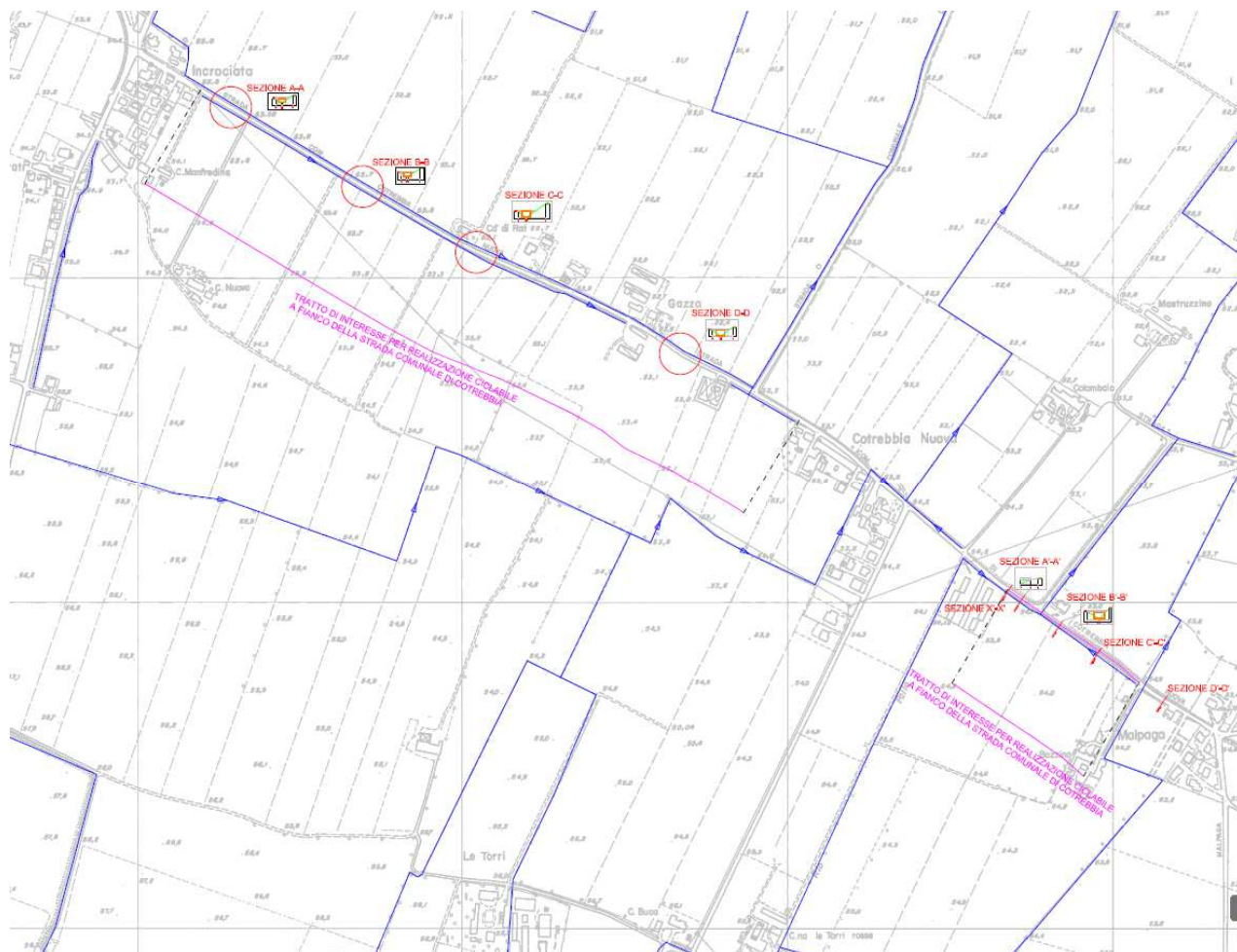
Come è facile riscontrare da questi dati, il rilievo, reso difficoltoso dalla presenza di fitta vegetazione e probabilmente dalla presenza di sedimenti, presenta un'ampia aleatorietà.

La zona in oggetto è pianeggiante e le pendenze delle cunette stradali e dei fossi sono basse.

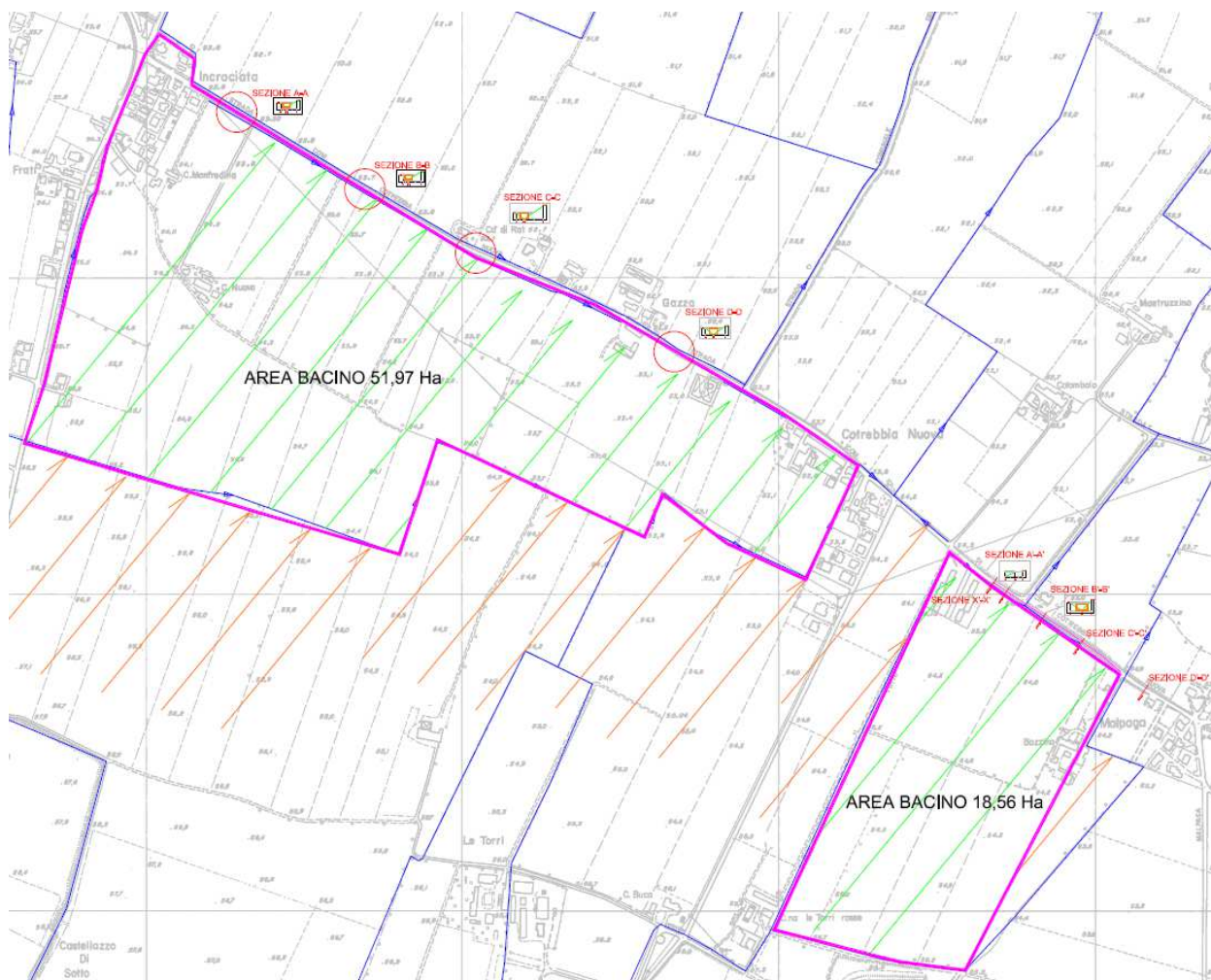
Analizzando la campagna circostante sulla carta tecnica regionale, si riscontrano pendenze dei fossi variabili dallo 0,3% allo 0,05%.

Cautelativamente la verifica idraulica si è basata quindi su una pendenza stimata attorno allo 0,15%.

Si riporta l'inquadramento dello Stato di fatto della rete di scolo delle acque nella zona di interesse (fatto su CTR non disponendo di un rilievo di dettaglio della campagna circostante).



Si riporta l'inquadramento dello Stato di fatto su CTR con la perimetrazione del bacino attribuibile (senza un rilievo di dettaglio della campagna circostante) al fosso lungo la strada comunale di Cotrebbia.



Il bacino attribuibile alla cunetta stradale nel tratto di interesse compreso tra l'Incrociata e Cotrebbia è stimato in circa 51.97 Ha.

Il bacino attribuibile alla cunetta stradale nel tratto d'interesse compreso tra Cotrebbia la Malpaga è stimato in circa 18,53 Ha.

3 Considerazioni generali ed elaborazioni idrologiche

L'analisi idrologica è finalizzata alla valutazione delle portate di piena di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili ai fini della modellazione idraulica per la valutazione dei tiranti e degli effetti sul territorio di eventi di inondazione.

Lo studio idrologico deve pertanto fornire l'inquadramento generale dell'area di studio sulla base dei dati idroclimatici ufficiali (Servizio Idrografico), delle caratteristiche morfologiche e di copertura del suolo e di eventuali altri studi disponibili.

A tale scopo è possibile utilizzare analisi di frequenza sulle portate di piena già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle portate di piena nel corso d'acqua in esame.

In questo caso non sono disponibili dati di portata relativi ai corsi d'acqua in esame quindi il calcolo della portata di piena con assegnato tempo di ritorno avverrà utilizzando i dati pluviometrici.

Per i bacini privi di strumentazione, si potrebbe utilizzare una qualsiasi delle analisi di frequenza sulle portate di piena già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle portate di piena nel corso d'acqua in esame.

Qualora non siano disponibili analisi di tal genere (come in questo caso), potranno essere impiegati i metodi di regionalizzazione delle portate di piena redatti dalle autorità competenti purché applicabili all'area di studio.

In assenza di un'analisi regionale ufficiale (come in questo caso), dovrà essere selezionata la metodologia più appropriata per la stima dei dati di portata necessari.

Allo scopo potranno essere impiegati i metodi sviluppati da vari Autori o Enti o modelli afflusso/deflusso, e nello specifico, in questo studio si userà quello di Nash basato sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Per un'analisi idrologica completa, le specifiche fasi operative possono essere così sintetizzate:

- a) Inquadramento generale del problema con schematizzazione idrografica di riferimento del tronco fluviale oggetto dello studio; individuazione dei bacini sottesi dalle sezioni di chiusura: dallo studio della cartografia dovrà essere identificato e delimitato il bacino ed eventuali sottobacini sottesi per la sezione di chiusura predefinita e dovranno essere determinate tutte le relative caratteristiche morfologiche (aree, lunghezze dei tratti, pendenza, quote massima, minima e media, ecc.);
- b) Determinazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (L.S.P.P.) per assegnati tempi di ritorno: in questo caso si utilizzeranno le indicazioni contenute nel PAI;
- c) Definizione dell'evento pluviometrico di progetto: a partire dalla LSPP di assegnato tempo di ritorno, che saranno ragguagliate all'area del bacino per tenere conto della

distribuzione spaziale dell'evento piovoso col metodo di Columbo, potrà essere ricostruito lo ietogramma di progetto, successivamente depurato per tenere conto delle perdite associate a processi di infiltrazione e laminazione del bacino.

Per il Bacino in esame, il calcolo delle perdite dovrà essere effettuato con uno qualsiasi fra i metodi analitici disponibili nella letteratura. Nello specifico si utilizzerà il metodo SCS-CN. Infine, per quanto concerne il calcolo delle portate di piena, la metodologia applicata per il calcolo sarà quella ricordata in precedenza, cioè il modello afflussi/deflussi di Nash, basato sulla definizione dell'IUH.

3.1 Valutazioni morfometriche sul bacino di interesse

BACINO AFFERENTE AL TRATTO DI INTERESSE TRA INCROCIATA E COTREBBIA

L'analisi morfometrica del bacino in oggetto stata condotta tramite perimetrazione su ctr. La superficie complessiva del bacino è stimata in 51,97 Ha.

Il bacino presenta andamento pianeggiante con pendenza media nell'ordine dello 0,3% circa.

Si riporta la scheda dell'analisi morfometrica del bacino.

TUTTO IL BACINO	CALENDASCO CICLABILE				
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE					
	51.97 ha				%
A	0.51965 km ²		0.003252	0.325	
Perimetro	3.72 Km				
L	0.62 km				
	615.00 m				
i pendenza	0.3252 %				
h testata	56 m				
h chiusura	53.6 m				
H media	54.6 m				
DH	2.0 m				
Rapporto di circolarità	0.47				
Coefficiente di uniformità	1.45				
Fattore di forma	1.37				
Rapporto di allungamento	1.32				
TEMPO DI CORRIVAZIONE					
Giandotti	4.76 ore				
Pezzoli	0.59 ore				
Puglisi	3.44 ore				
Ventura	1.61 ore				
Kirpich	0.41 ore				
	TOGLIENDO LE CODE (Giandotti e Kirpich)				
	1.88		1.88 h	113 min	

BACINO AFFERENTE AL TRATTO DI INTERESSE TRA COTREBBIA E MALPAGA

L'analisi morfometrica del bacino in oggetto stata condotta tramite perimetrazione su ctr.
La superficie complessiva del bacino è stimata in 18,53 Ha.

Il bacino presenta andamento pianeggiante con pendenza media nell'ordine dello 0,2% circa.

Si riporta la scheda dell'analisi morfometrica del bacino.

TUTTO IL BACINO		CALENDASCO CICLABILE							
CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE									
	18.53	ha						%	
A	0.18530	km^2			0.001846			0.185	
Perimetro	1.82	Km							
L	0.65	km							
	650.00	m							
i pendenza	0.1846	%							
h testata	55	m							
h chiusura	53.8	m							
H media	54.4	m							
DH	1.2	m							
Rapporto di circolarità	0.70								
Coefficiente di uniformità	1.20								
Fattore di forma	0.44								
Rapporto di allungamento	0.75								
TEMPO DI CORRIVAZIONE									
Giandotti	4.35	ore							
Pezzoli	0.83	ore							
Puglisi	4.24	ore							
Ventura	1.27	ore							
Kirpich	0.54	ore							
TOGLIENDO LE CODE (Giandotti e Kirpich)									
	2.11				2.11 h			127 min	

3.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

Per quanto concerne la scelta delle LSPP si è fatto direttamente riferimento alla documentazione allegata al PAI analizzando la variazione areale delle stesse sul bacino di studio.

Si allega a tal proposito uno stralcio della documentazione del PAI.

L'11 maggio 1999 il Comitato Istituzionale del fiume Po ha adottato il "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico". In seguito sono state avviate le attività relative alla pubblicazione e osservazione da parte degli enti territorialmente interessati.

Alle Regioni erano stati assegnati 120 giorni per formulare un parere sul Progetto di PAI sulla base delle osservazioni effettuate dagli enti locali sotto ordinati. La legge 365/2000 ha introdotto una nuova procedura per l'adozione di piano stralcio, che ha assegnato alle Conferenze programmatiche, convocate dalle Regioni e organizzate in ambiti e sub ambiti provinciali, l'espressione del parere sul progetto di PAI.

Ogni Regione ha stabilito modalità, criteri e atti per tali adempimenti, trasmettendo gli esiti del lavoro all'Autorità di bacino. Delle determinazioni assunte in sede di Conferenze programmatiche ha tenuto conto il Comitato Istituzionale che, nella seduta del 26 aprile 2001, ha adottato il "Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico", che è stato poi approvato il 24 maggio 2001 ed è divenuto esecutivo dalla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale l'8 agosto 2001.

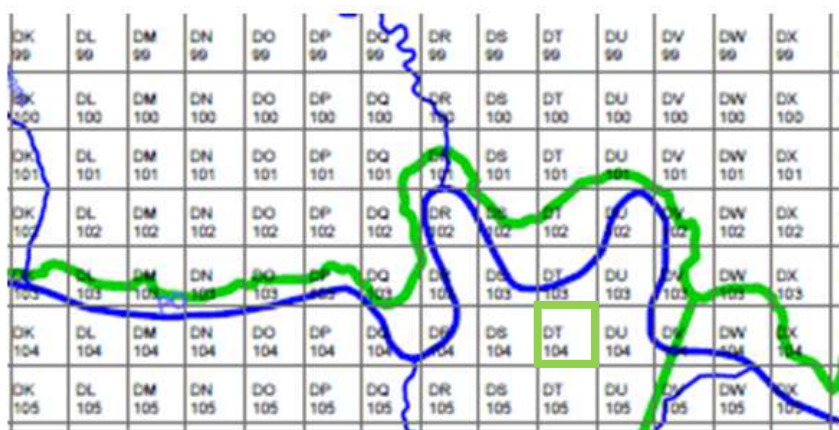
Nel PAI sono state aggregate e portate a sistema tutte le determinazioni per contrastare il rischio idraulico e idrogeologico precedentemente assunte dall'Autorità di bacino del fiume Po e, in particolare, quanto contenuto nel Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione di rischi idrogeologici, nonché al ripristino delle aree di esondazione (Ps 45, redatto in seguito all'evento alluvionale del 1994 che ha coinvolto alcune province del Piemonte e della Liguria, adottato nel 1995), nel Piano stralcio delle fasce fluviali (Psff, adottato definitivamente nel 1998) e nel Piano straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (Ps 267, adottato nel 1999).

Il PAI ha lo scopo di assicurare, attraverso la programmazione di opere strutturali, vincoli e direttive, la difesa del suolo rispetto al dissesto di natura idraulica e idrogeologica e la tutela degli aspetti a esso connessi, in coerenza con le finalità generali stabilite dalla legge 183.

Obiettivi generali sono: garantire un livello di sicurezza adeguato sul territorio; conseguire un recupero della funzionalità dei sistemi naturali (anche tramite la riduzione dell'artificialità conseguente alle opere di difesa), il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio, il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi; conseguire il recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrico quale elementi centrali

dell'assetto territoriale del bacino; raggiungere condizioni di uso del suolo compatibili con le caratteristiche dei sistemi idrografici e dei versanti, funzionali a conseguire effetti di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di riduzione dei deflussi di piena.

Nell'allegato 2 “Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali” del “Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)” (Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter - Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001 - Norme di attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica), sono contenute le caratteristiche delle stazioni di misura considerate, le serie dei dati storici utilizzati e l'ubicazione cartografica delle stazioni di misura a livello di corografia.



Individuazione cella di interesse per il bacino in oggetto

E' stata selezionata la cella (DT104) che interessa il bacino d'interesse per il presente Studio, le caratteristiche sono riportate in Tabella 1.

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
DT65	547000,00000	5071000,00000	54,17	0,285	69,24	0,276	75,67	0,273	84,17	0,269
DT66	547000,00000	5069000,00000	53,68	0,276	68,73	0,267	75,14	0,263	83,63	0,260
DT67	547000,00000	5067000,00000	52,98	0,268	67,93	0,258	74,30	0,254	82,73	0,250
DT68	547000,00000	5065000,00000	52,27	0,260	67,14	0,248	73,45	0,244	81,83	0,240
DT69	547000,00000	5063000,00000	51,65	0,252	66,48	0,240	72,75	0,235	81,08	0,231
DT70	547000,00000	5061000,00000	51,35	0,245	66,25	0,232	72,52	0,228	80,88	0,223
DT71	547000,00000	5059000,00000	51,52	0,239	66,70	0,227	73,01	0,222	81,49	0,217
DT72	547000,00000	5057000,00000	52,03	0,235	67,63	0,222	74,02	0,217	82,70	0,213
DT73	547000,00000	5055000,00000	52,69	0,231	68,75	0,218	75,24	0,213	84,15	0,209
DT74	547000,00000	5053000,00000	53,37	0,228	69,92	0,214	76,52	0,209	85,66	0,205
DT75	547000,00000	5051000,00000	54,02	0,223	71,06	0,210	77,76	0,205	87,15	0,200
DT76	547000,00000	5049000,00000	54,68	0,219	72,25	0,206	79,05	0,201	88,68	0,196
DT77	547000,00000	5047000,00000	55,34	0,215	73,44	0,201	80,35	0,196	90,24	0,191
DT78	547000,00000	5045000,00000	55,98	0,211	74,62	0,197	81,63	0,191	91,78	0,186
DT79	547000,00000	5043000,00000	56,61	0,207	75,81	0,192	82,93	0,186	93,35	0,181
DT80	547000,00000	5041000,00000	57,22	0,203	76,97	0,187	84,21	0,181	94,89	0,176
DT81	547000,00000	5039000,00000	56,81	0,202	76,30	0,186	83,49	0,181	94,05	0,176
DT82	547000,00000	5037000,00000	56,27	0,203	75,42	0,187	82,54	0,181	92,94	0,176
DT83	547000,00000	5035000,00000	55,79	0,202	74,63	0,186	81,70	0,180	91,95	0,175
DT84	547000,00000	5033000,00000	55,20	0,203	73,72	0,186	80,71	0,181	90,81	0,175
DT85	547000,00000	5031000,00000	54,68	0,202	72,89	0,186	79,83	0,180	89,79	0,175
DT86	547000,00000	5029000,00000	54,09	0,202	72,00	0,186	78,87	0,180	88,68	0,175
DT87	547000,00000	5027000,00000	53,44	0,203	71,03	0,186	77,83	0,180	87,49	0,175
DT88	547000,00000	5025000,00000	52,93	0,202	70,25	0,185	77,00	0,179	86,53	0,174
DT89	547000,00000	5023000,00000	52,37	0,199	69,42	0,181	76,11	0,175	85,51	0,170
DT90	547000,00000	5021000,00000	51,96	0,200	68,76	0,182	75,40	0,176	84,68	0,170
DT91	547000,00000	5019000,00000	51,57	0,199	68,17	0,181	74,78	0,175	83,97	0,170
DT92	547000,00000	5017000,00000	51,08	0,199	67,43	0,181	73,99	0,175	83,05	0,169
DT93	547000,00000	5015000,00000	50,67	0,199	66,79	0,181	73,30	0,176	82,24	0,170
DT94	547000,00000	5013000,00000	50,17	0,200	66,04	0,182	72,48	0,176	81,30	0,170
DT95	547000,00000	5011000,00000	49,65	0,201	65,26	0,183	71,62	0,177	80,31	0,172
DT96	547000,00000	5009000,00000	49,09	0,203	64,42	0,185	70,71	0,179	79,26	0,174
DT97	547000,00000	5007000,00000	48,47	0,205	63,50	0,188	69,70	0,182	78,09	0,177
DT98	547000,00000	5005000,00000	47,76	0,209	62,46	0,192	68,56	0,187	76,78	0,182
DT99	547000,00000	5003000,00000	46,92	0,215	61,25	0,199	67,22	0,194	75,24	0,189
DT100	547000,00000	5001000,00000	45,91	0,222	59,81	0,207	65,64	0,202	73,43	0,198
DT101	547000,00000	4999000,00000	44,81	0,232	58,27	0,218	63,92	0,213	71,47	0,209
DT102	547000,00000	4997000,00000	43,68	0,242	56,67	0,229	62,15	0,225	69,45	0,221
DT103	547000,00000	4995000,00000	42,57	0,254	55,12	0,243	60,44	0,239	67,49	0,235
DT104	547000,00000	4993000,00000	41,70	0,266	53,89	0,256	59,06	0,253	65,92	0,250

Tabella 1 – Cella d'interesse DQ125

Di seguito sono brevemente riportati i criteri utilizzati nel PAI per la definizione delle Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali.

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, s'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) e in assenza di perdite.

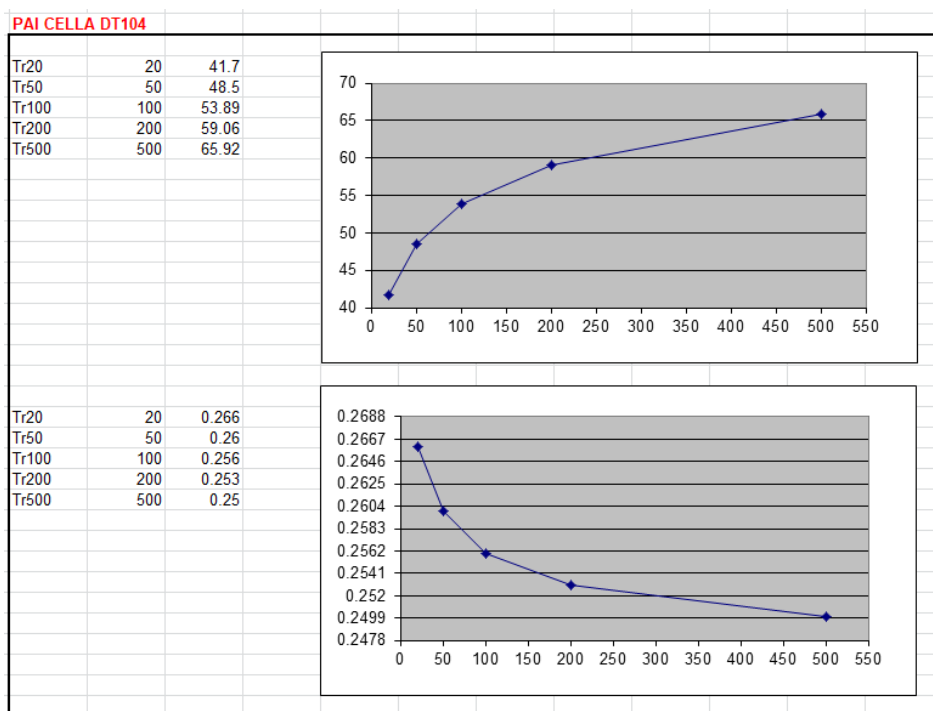
La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo: $h(t) = a t^n$ in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive.

L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive.

Per la cella d'interesse sono stati ricavati i valori di a ed n anche per il tempo di ritorno di 50 anni, interpolando su base logaritmica i dati, tabulati negli elaborati PAI su citati, di a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.



Per lo studio in oggetto, trattandosi di cunette stradali, ci si è limitati ad una verifica sui 20 e 50 anni di tempo di ritorno.

Dette LSPP sono state ragguagliate all'area col metodo COLUMBO (elaborato sullo studio del comprensorio della città di Milano).

Le LSPP ragguagliate presentano i seguenti valori di a e n :

Tr20	Tr50
$a = 39,77$	$a = 46,26$
$n = 0,268$	$n = 0,262$

3.3 Modello Afflussi - Deflussi

Come riportato nel Paragrafo 2, l'area d'interesse è stata perimetrata per una superficie complessiva di 51,97 Ha per il tratto Incrociata – Cotrebbia e 18,53 Ha per il tratto Cotrebbia – Malpaga.

Si ricorda che una modellazione approfondita dei deflussi di ogni sottobacino del bacino studiato, richiederebbe una conoscenza puntuale e di dettaglio di tutti i corsi d'acqua, oggi non disponibile, che rappresentasse il reticolo costituente il bacino nel suo insieme con sezioni, pendenze, ostacoli naturali ed artificiali ecc.

Alla luce di queste premesse si è ritenuto di sviluppare un calcolo Afflussi/Deflussi per la costruzione dell'idrogramma di piena al terminale del citato bacino e nella posizione in cui sarà realizzato il nuovo tombino, il tutto prescindendo da un'approfondita base conoscitiva (in quanto non disponibile).

Dal principio si è calcolato il Tempo di Corrivazione per ogni sottobacino, utilizzando diverse metodologie di calcolo, nella fattispecie:

1) Formula di **Giandotti**: $tc = (4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot H^{0.5})$

Con tc =tempo di corrivazione (h)
 A =area del bacino (kmq)
 L =lunghezza asta principale (km)
 H = $h_{media} - h_{minima}$ (m)

2) quella di **Pezzoli**: $tc = 0.055 \cdot L / (i^{0.5})$

Con tc =tempo di corrivazione (h)

L =lunghezza asta principale (km)

i =pendenza media dell'asta principale

3) quella di **Puglisi**: $tc = 6 \cdot L^{(2/3)} \cdot H^{(-1/3)}$

Con tc =tempo di corrivazione (h)

L =lunghezza asta principale (km)

H = $h_{media} - h_{minima}$ (m)

4) quella di **Ventura**: $tc = 0.127 \cdot A^{0.5} / i^{0.5}$

Con tc =tempo di corrivazione (h)

A =area del bacino (kmq)

i =pendenza media dell'asta principale

5) quella di **Kirpich**: $tc = (0.0195 \cdot L^{0.77} / i^{0.385}) / 60$

Con tc =tempo di corrivazione (h)

L =lunghezza asta principale (m)

i =pendenza media dell'asta principale

I risultati di queste cinque metodologie sono stati oggetto di una media aritmetica da cui si è ricavato un valore più rappresentativo possibile del Tempo di Corrivazione.

Questi risultati sono riportati in allegato al paragrafo 3.1.

Per quanto concerne l'individuazione degli ietogrammi di pioggia per la verifica idraulica della cunetta lungo la strada comunale di Cotrebbia, si sono utilizzate le LSPP definendone un andamento temporale di tipo "Chicago".

Questo tipo di ietogramma (Keifer/Chu 1957) ha la peculiarità che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta è congruente con quella definita dalla LSPP da cui deriva. Inoltre ha il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base, infatti l'intensità dello ietogramma nella parte centrale resta la stessa per durate progressivamente maggiori con variazioni sulle due "code" prima e dopo il picco dell'evento.

Inoltre con una durata sufficientemente lunga del tempo di base, non risente in maniera significativa della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle LSPP.

Quello che si può aggiungere sullo ietogramma Chicago è che porta ad una sovrastima della portata di picco del singolo evento, perciò è sicuramente cautelativo.

Per il calcolo delle perdite per infiltrazione e trattenimento nelle depressioni superficiali si è utilizzato il metodo SCS – CN che consente di calcolare il volume defluito sulla base dell'espressione:

$$D = (P - I_a)^2 / (P - I_a - S)$$

Con D= volume complessivamente defluito durante l'evento (mm)

P=volume affluito (mm) = 25400/CN - 254

S=capacità d'immagazzinamento del terreno (mm)

I_a=parte di volume sottratto con diversi meccanismi al deflusso (mm) = 0.2*S

CN=(Curve Number) compreso tra 0 e 100 e tabulato dal Soil Conservation Service

Successivamente è stato verificato l'utilizzo del suolo per il bacino, perimetrando le aree coperte (relative ai centri urbani presenti sul Bacino, con CN=98), quelle ad uso agricolo (con CN=71).

Tramite una media pesata si è quindi ricavato il valore di CN relativo al bacino.

Nell'allegato seguente è riportata la tabella contenente schematicamente tutte le informazioni sopra citate.

Tratto Incrociata – Cotrebbia

FOSSO LATO CICLABILE		
Area totale	51.97	ha
Terreno coltivato	49.17	Ha
Area residenziale	2.80	Ha
Suolo tipo B		
Terreno coltivato	71	
Aree residenziali	85	
Pioggia netta		
CN (media pesata)	71.75	
S' = 25400/CN-254	99.99	mm
I _a = 0.2*S'	20.00	mm
I_a progetto	3	mm

Tratto Cotrebbia - Malpaga

FOSSO LATO CICLABILE		
Area totale	18.53	ha
Terreno coltivato	17.52	Ha
Area residenziale	1.01	Ha
Suolo tipo B		
Terreno coltivato	71	
Aree residenziali	85	
Pioggia netta		
CN (media pesata)	71.77	
$S' = 25400/CN-254$	99.92	mm
$Ia = 0.2*S'$	19.98	mm
la progetto	3	mm

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con un modello di tipo sintetico/concettuale, cioè immaginando il bacino suddiviso in serbatoi individuandone la funzione di risposta.

Con un modello di tipo lineare (con validità del principio di sovrapposizione e relazione ingresso-uscita descritta da un'equazione differenziale lineare) il legame tra portata uscente e pioggia netta è del tipo:

$$Q(t) = \int (h(t-u) * p(u) du$$

Detto “Integrale di convoluzione”

La funzione $h(t)$ è la funzione impulsiva del sistema, detta anche IUH, cioè Idrogramma Unitario Istantaneo: “Idrogramma uscente dal bacino a causa di una pioggia di durata infinitesima e volume unitario”.

Nel caso specifico si è utilizzato il metodo di Nash che schematizza il bacino in una cascata di serbatoi lineari.

Per quanto detto in precedenza gli idrogrammi di piena non tengono in alcun modo conto dell'efficienza dei canali alla sezione di chiusura di ogni singolo sottobacino ed ancor meno del formarsi dell'idrogramma nel sottobacino stesso poiché questo dipende dalla morfologia della rete (oggi del tutto ignota).

L'idrogramma rappresenta pertanto, in modo cautelativo, l'effetto di un evento con un determinato tempo di ritorno, su una rete in grado di trasportare a valle gli apporti di pioggia senza fenomeni esondativi.

L'elaborazione dei deflussi ha portato alla costruzione dei seguenti idrogrammi di piena che si riportano di seguito e che presentano i seguenti colmi:

Tratto Incrociata – Cotrebbia:

- Tr20 1,01 m³/sec;
- Tr50 1,32 m³/sec;

Tratto Cotrebbia - Malpaga:

- Tr20 0,34 m³/sec;
- Tr50 0,44 m³/sec;

Ipotizzando che la quota parte del bacino scolante da Cotrebbia verso la Malpaga fino all'altezza della strada comunale della Puglia sia circa il 45% del totale e che il restante 55% sia quello scolante dalla Malpaga verso Cotrebbia fino all'altezza della strada comunale della Puglia, si può ipotizzare che le portate scolanti siano divise in percentuale, cioè:

Tratto 1 (da Cotrebbia verso la Malpaga fino all'altezza della strada comunale della Puglia)

- Tr20 0,153 m³/sec;
- Tr50 0,198 m³/sec;

Tratto 2 (dalla Malpaga verso Cotrebbia fino all'altezza della strada comunale della Puglia)

- Tr20 0,187 m³/sec;
- Tr50 0,242 m³/sec;

Si riportano di seguito le tabelle di calcolo complete.

3.4 Analisi delle sezioni della cunetta stradale

BACINO AFFERENTE AL TRATTO DI INTERESSE TRA INCROCIATA E COTREBBIA

TRATTO INCROCIATA - COTREBBIA	
Tempo ritorno 20 anni	
Area bacino	51.97 Ha
LSPP PAI Cella DT104	
a	41.7
n	0.266
LSPP PAI Cella DT104 Ragguagliata (Metodo COLUMBO)	
a	39.77
n	0.268
Ietogramma Chicago	
Tp	113 min
posiz picco	0.4
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	7.21
30	9.88
45	17.86
60	109.72
75	19.56
90	11.64
105	8.67
120	7.04
Ietogramma Netto	
Metodo SCS-CN (Ia 3 mm, CN 72)	
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.06
45	1.2
60	32.09
75	8.99
90	5.7
105	4.4
120	3.67

Ietogramma Chicago lordo

Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	7.21
30	9.88
45	17.86
60	109.72
75	19.56
90	11.64
105	8.67
120	7.04

Ietogramma Chicago netto

Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.06
45	1.2
60	32.09
75	8.99
90	5.7
105	4.4
120	3.67

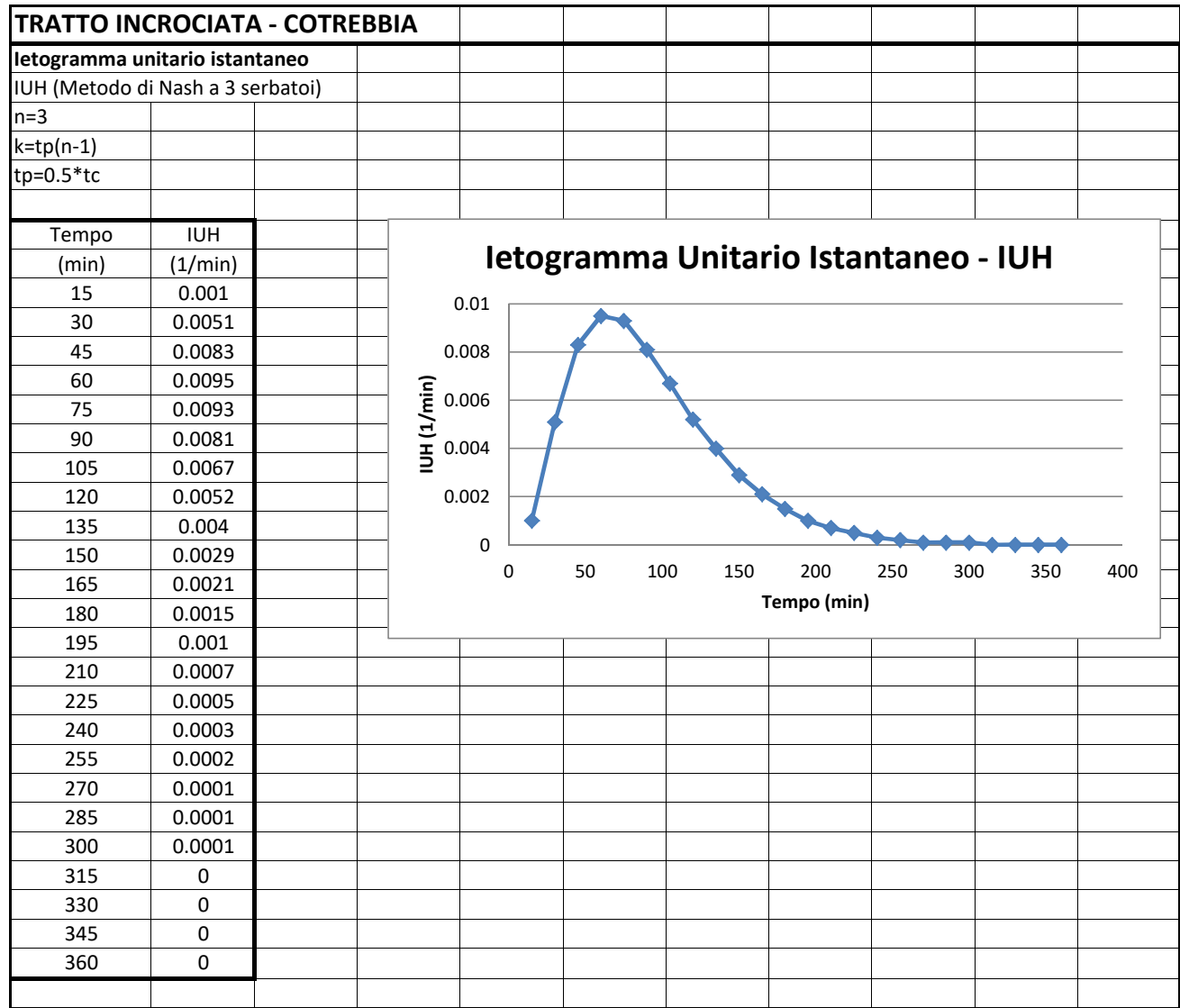
TRATTO INCROCIATA - COTREBBIA	
Tempo ritorno 50 anni	
Area bacino	51.97 Ha
LSPP PAI Cella DT104	
a	48.5
n	0.26
LSPP PAI Cella DT104 Ragguagliata (Metodo COLUMBO)	
a	46.26
n	0.262
Ietogramma Chicago	
Tp	113 min
posiz picco	0.4
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	8.17
30	11.22
45	20.4
60	128.68
75	22.36
90	13.25
105	9.84
120	7.97
Ietogramma Netto	
Metodo SCS-CN (Ia 3 mm, CN 72)	
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.14
45	1.69
60	42.56
75	11.33
90	7.11
105	5.46
120	4.53

Ietogramma Chicago lordo

Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	8.17
30	11.22
45	20.4
60	128.68
75	22.36
90	13.25
105	9.84
120	7.97

Ietogramma Chicago netto

Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.14
45	1.69
60	42.56
75	11.33
90	7.11
105	5.46
120	4.53



[illegible]

[illegible]

TRATTO COTREBBIA - MALPAGA	
Tempo ritorno 20 anni	
Area bacino	18.53 Ha
LSPP PAI Cella DT104	
a	41.7
n	0.266
LSPP PAI Cella DT104 Ragguagliata (Metodo COLUMBO)	
a	40.43
n	0.267
Ietogramma Chicago	
Tp	127 min
posiz picco	0.4
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	7.3
30	10
45	18.1
60	111.66
75	19.83
90	11.79
105	8.78
120	7.12
Ietogramma Netto	
Metodo SCS-CN (Ia 3 mm, CN 72)	
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.07
45	1.24
60	33.1
75	9.21
90	5.83
105	4.5
120	3.75

Ietogramma Chicago lordo

Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	7.3
30	10
45	18.1
60	111.66
75	19.83
90	11.79
105	8.78
120	7.12

Ietogramma Chicago netto

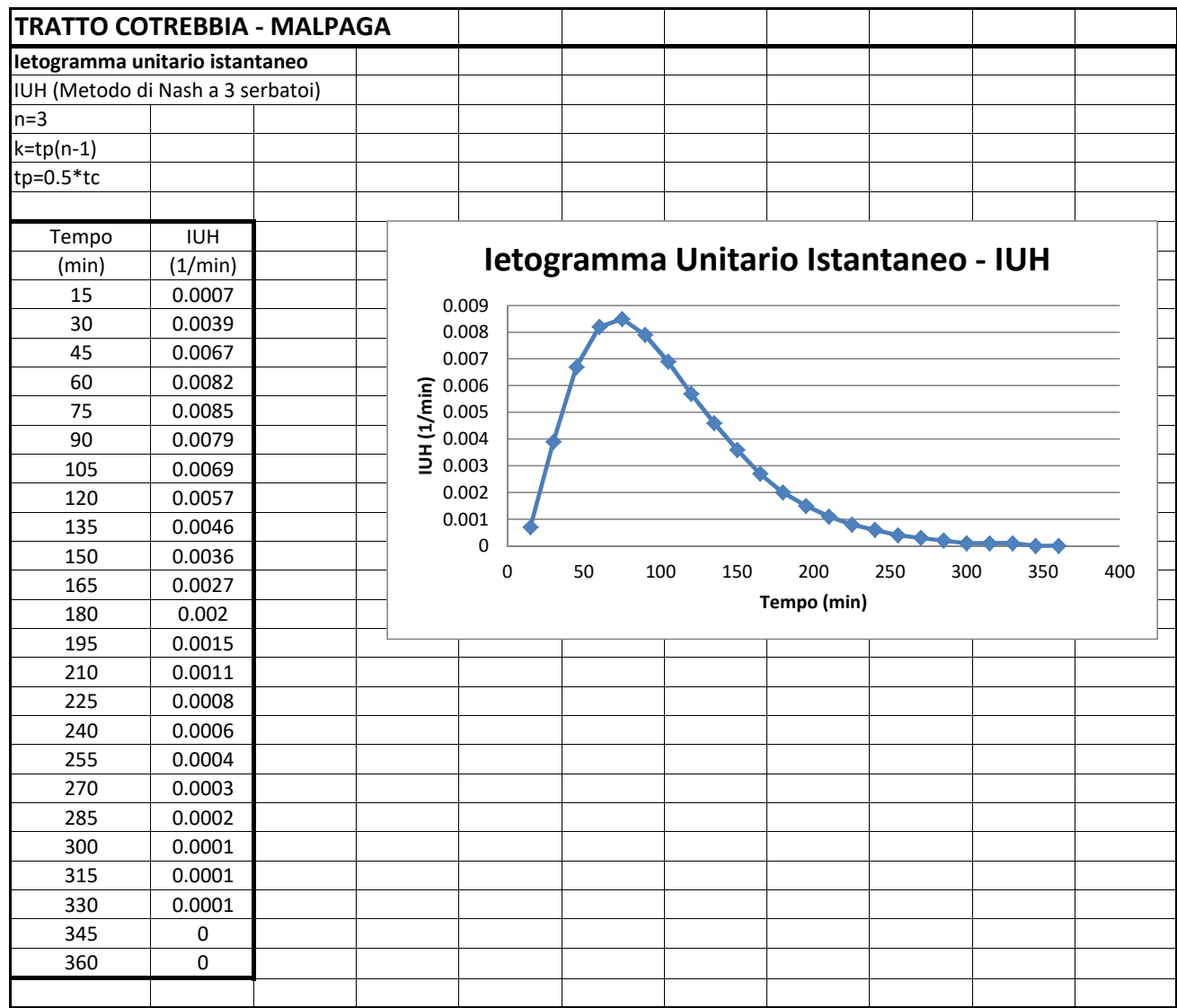
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.07
45	1.24
60	33.1
75	9.21
90	5.83
105	4.5
120	3.75

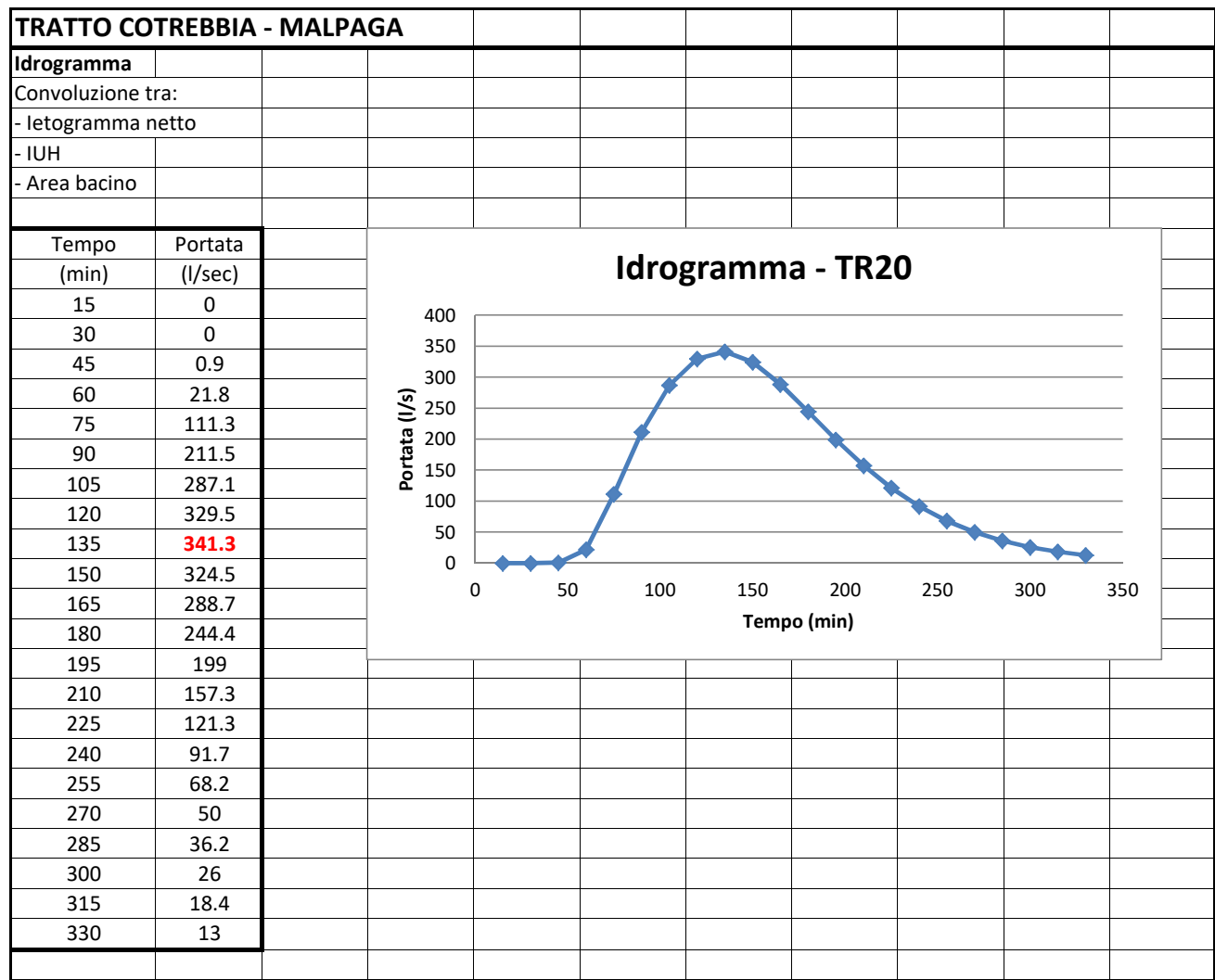
TRATTO COTREBBIA - MALPAGA	
Tempo ritorno 50 anni	
Area bacino	18.53 Ha
LSPP PAI Cella DT104	
a	48.5
n	0.26
LSPP PAI Cella DT104 Ragguagliata (Metodo COLUMBO)	
a	47.02
n	0.261
Ietogramma Chicago	
Tp	113 min
posiz picco	0.4
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	8.27
30	11.37
45	20.67
60	130.96
75	22.66
90	13.42
105	9.96
120	8.07
Ietogramma Netto	
Metodo SCS-CN (Ia 3 mm, CN 72)	
Tempo (min)	Intensità (mm/h)
15	0
30	0.14
45	1.75
60	43.86
75	11.6
90	7.27
105	5.58
120	4.62

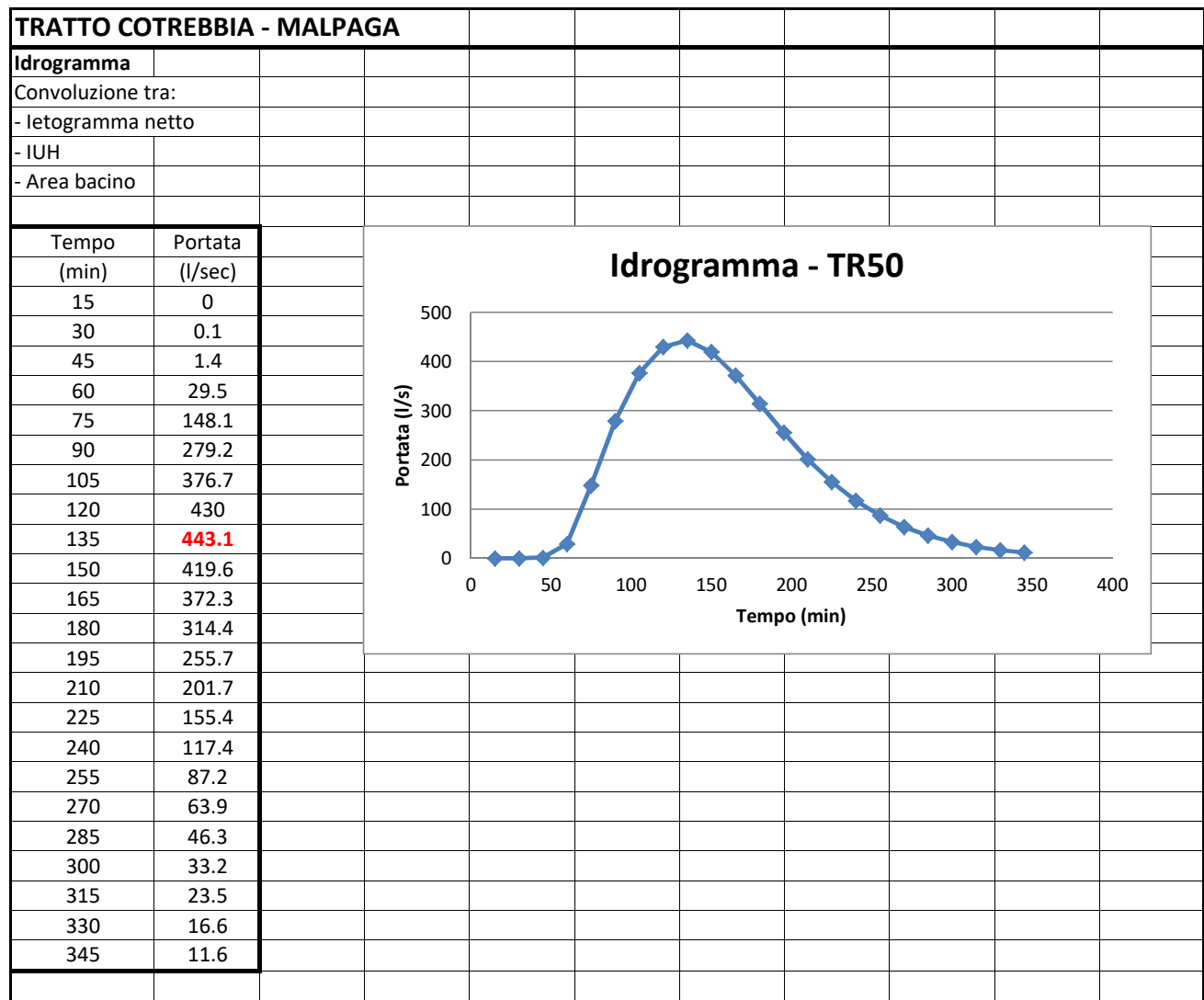
The figure displays two hydrographs comparing raw and net rainfall intensities for a Chicago storm event. The x-axis for both represents time in minutes (0 to 140), and the y-axis represents intensity in mm/h.

Ietogramma Chicago lordo: This graph shows the raw rainfall intensity. It features a prominent peak of 130.96 mm/h at 60 minutes. The intensity starts at 8.27 mm/h at 15 minutes, rises to 20.67 mm/h at 45 minutes, peaks at 130.96 mm/h at 60 minutes, and then declines to 8.07 mm/h by 120 minutes.

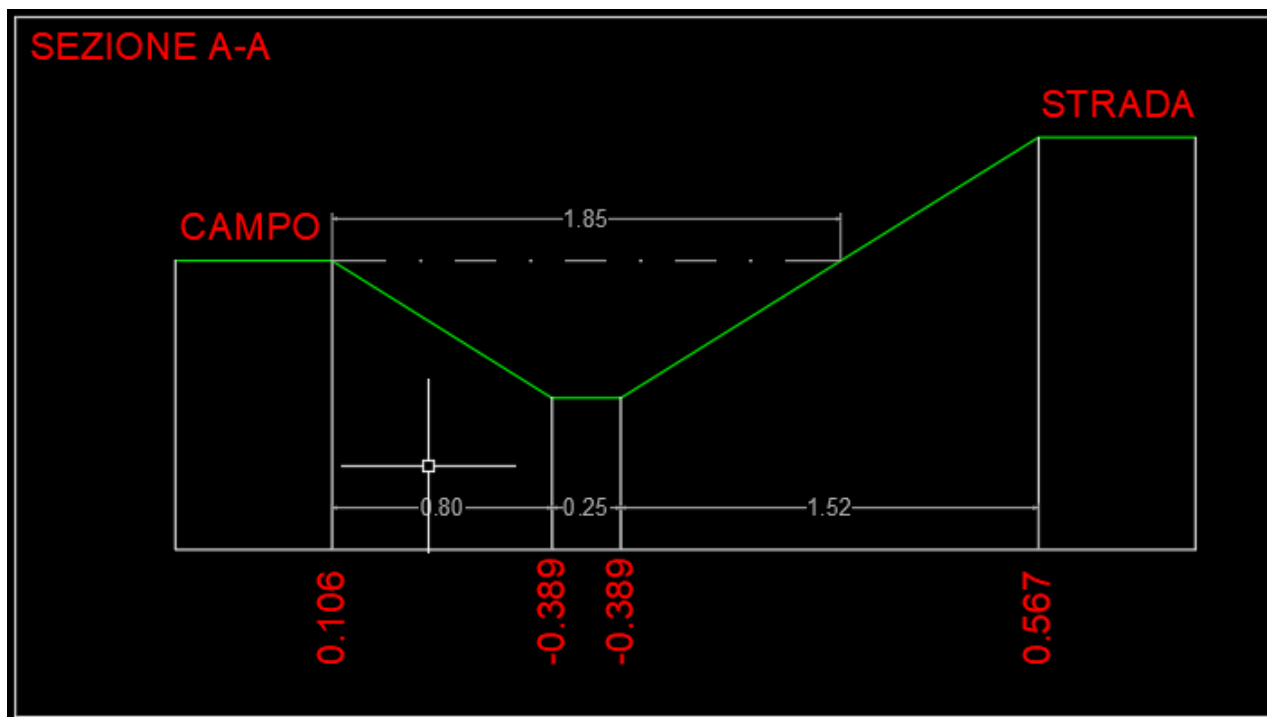
Ietogramma Chicago netto: This graph shows the net rainfall intensity after accounting for losses. It also peaks at 60 minutes but with a significantly lower intensity of 43.86 mm/h. The intensity values are much lower than the raw data, starting at 0 mm/h at 15 minutes and ending at 4.62 mm/h at 120 minutes.



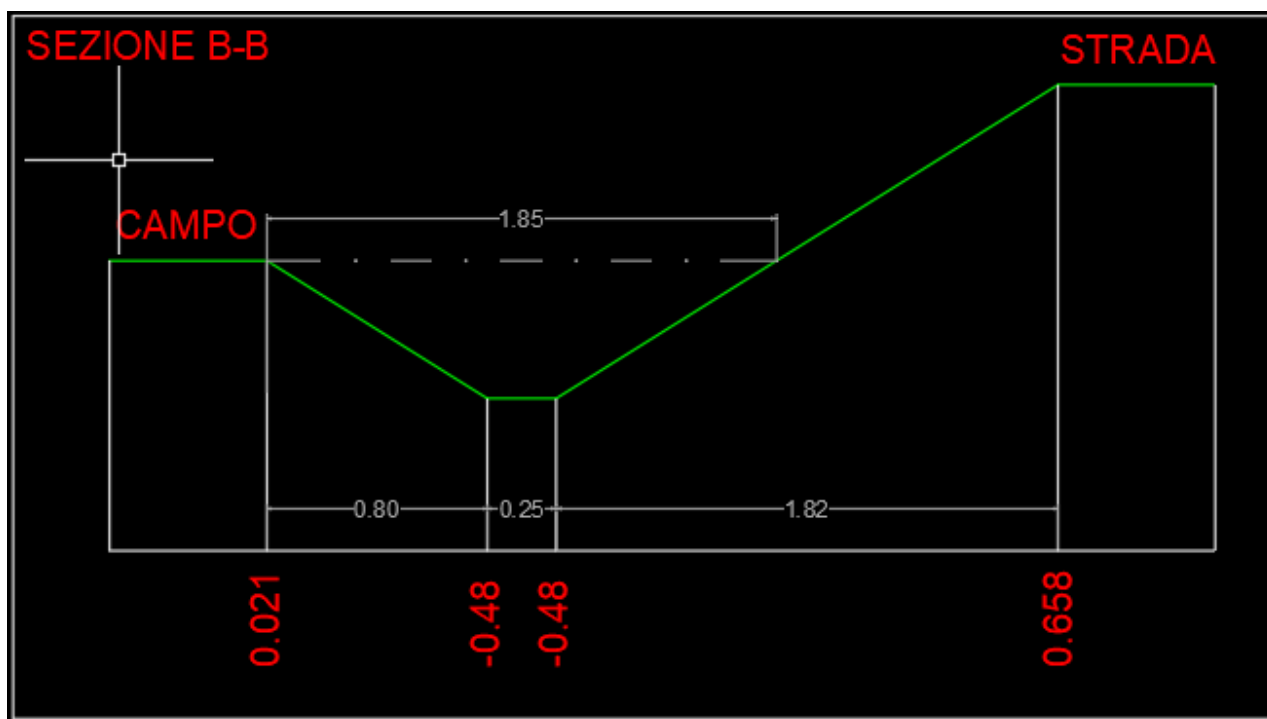


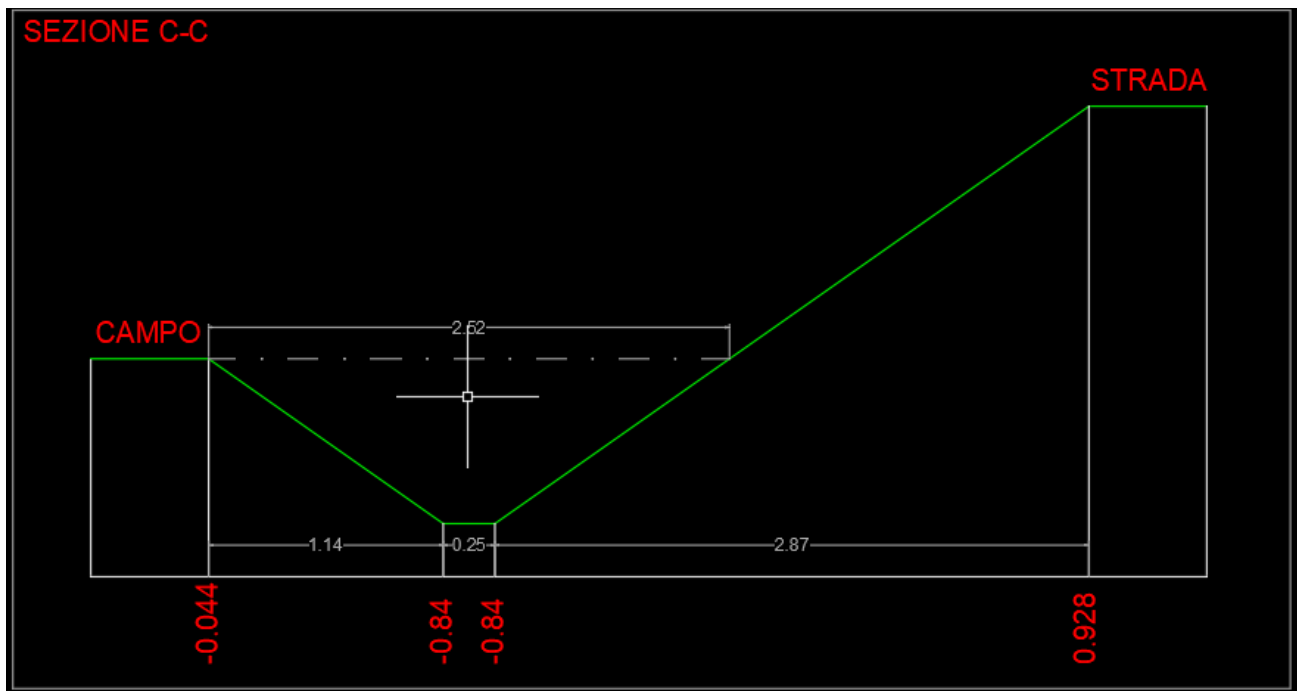
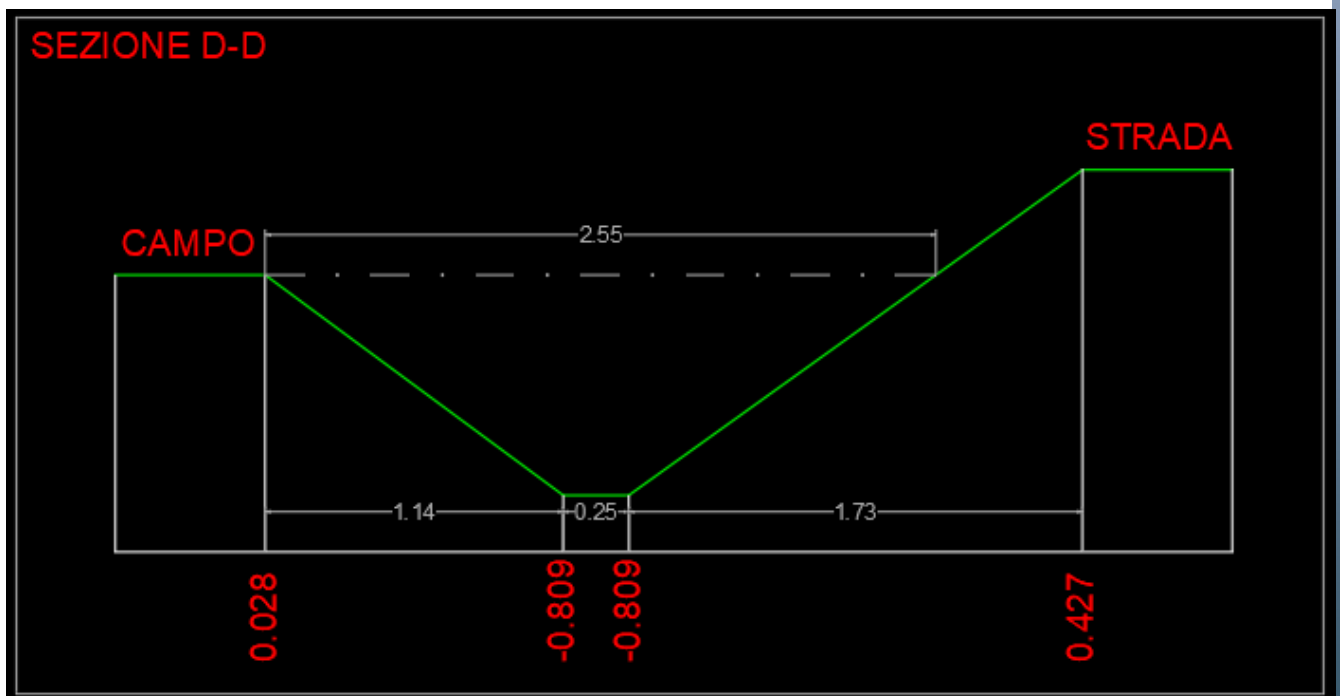


Si riportano le sezioni rilevate della cunetta stradale e la portata veicolabile nell'ipotesi di un coefficiente di scabrezza K_s secondo Strickler pari a 40 e una pendenza dello 0,15%.



PORTATA VEICOLABILE A MASSIMO RIEMPIMENTO: 0,319 m³/sec



PORTATA VEICOLABILE A MASSIMO RIEMPIMENTO: 0,329 m³/secPORTATA VEICOLABILE A MASSIMO RIEMPIMENTO: 0,939 m³/secPORTATA VEICOLABILE A MASSIMO RIEMPIMENTO: 0,906 m³/sec

E' quindi plausibile, con le informazioni in possesso, affermare che alla chiusura del bacino (Sezione D-D), la cunetta sia in grado di veicolare la portata ventennale.

Sempre ipotizzando una pendenza media dello 0,15%, gli scatolari da posizionare nel canale come tombinatura locale per accessi dalla strada alla campagna, sono i seguenti:

SEZIONE A – A E SEZIONE B – B: Scatolare 50x100;

SEZIONE C – C E SEZIONE D – D: Scatolare 75x150.

SEZIONE A-A e SEZIONE B-B

h (m)	Q (mc/sec)
0.033	0.009
0.067	0.027
0.1	0.052
0.133	0.081
0.167	0.113
0.2	0.148
0.233	0.186
0.267	0.225
0.3	0.266
0.333	0.309
0.367	0.353
0.4	0.398
0.433	0.444
0.467	0.49
0.5	0.538

SEZIONE C-C e SEZIONE D-D

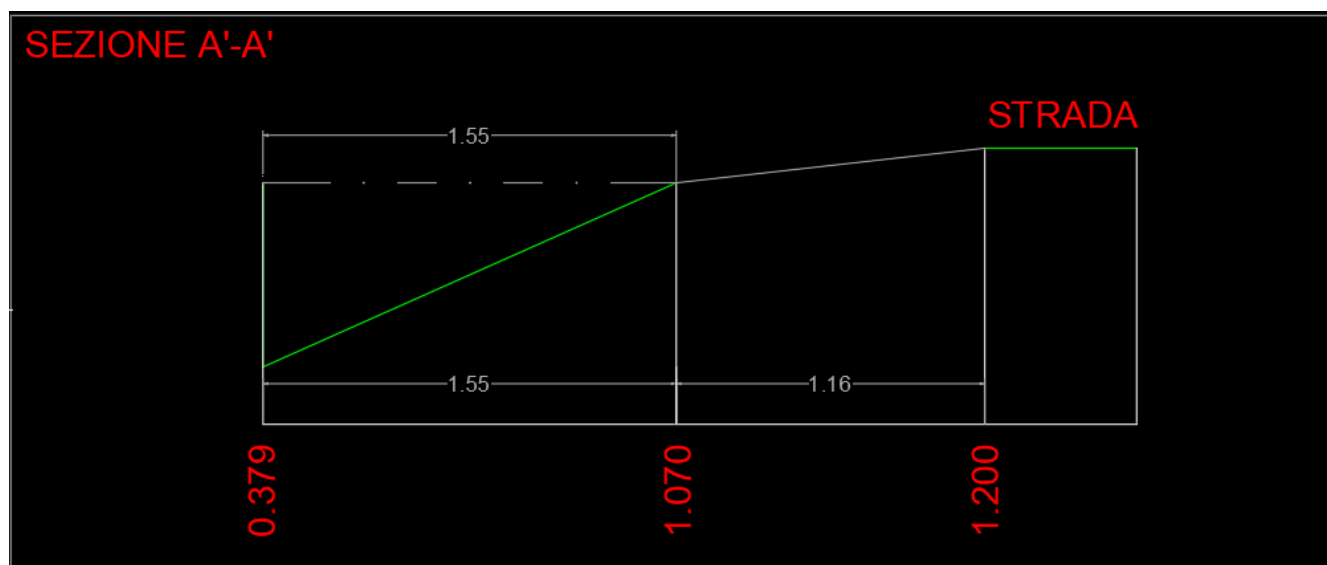
h (m)	Q (mc/sec)
0.05	0.026
0.1	0.081
0.15	0.152
0.2	0.238
0.25	0.333
0.3	0.437
0.35	0.548
0.4	0.664
0.45	0.786
0.5	0.911
0.55	1.041
0.6	1.173
0.65	1.308
0.7	1.446
0.75	1.586

Con le portate calcolate per Tr20 e Tr50 per il bacino in oggetto, si ha il seguente riempimento dello scatolare (alla sezione di chiusura – SEZIONE D-D):

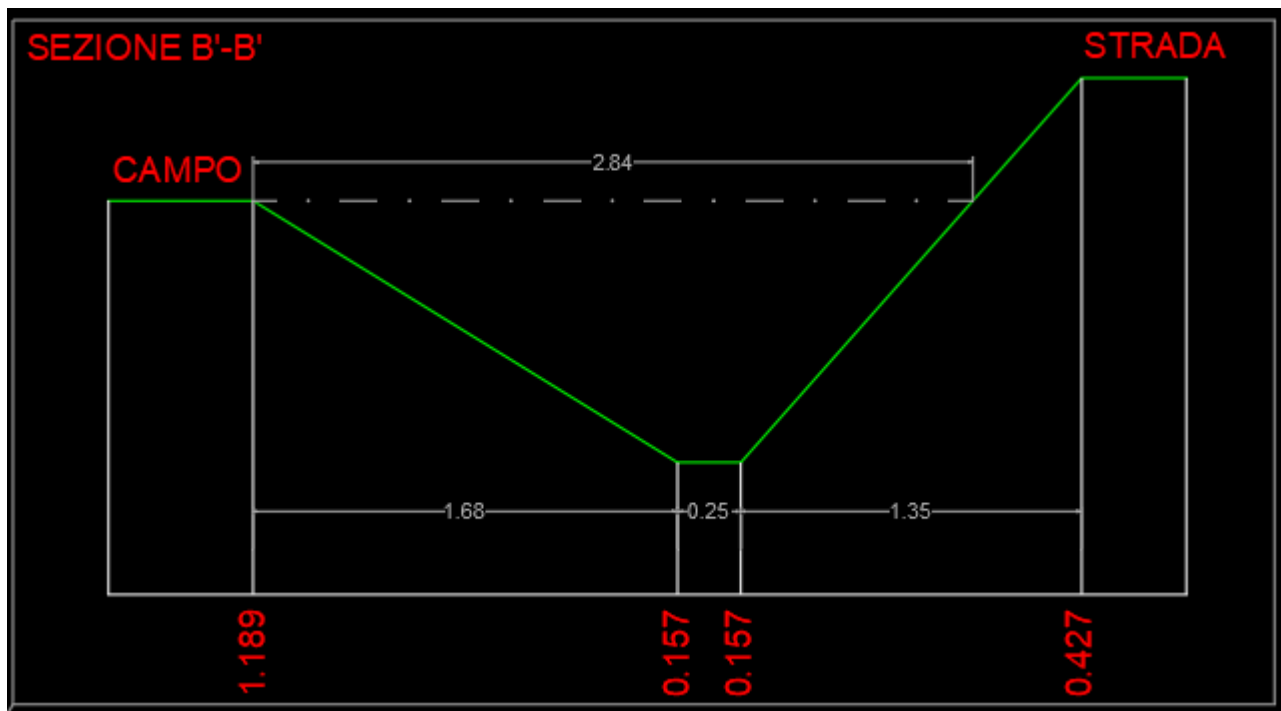
Tempo di ritorno	Portata	Riempimento scatolare 0,75x1,5
(anni)	(l/sec)	(cm)
20	1001	70%
50	1320	87%

BACINO AFFERENTE AL TRATTO DI INTERESSE TRA COTREBBIA E MALPAGA

Si riportano le sezioni rilevate della cunetta stradale e la portata veicolabile nell'ipotesi di un coefficiente di scabrezza Ks secondo Strickler pari a 40 e una pendenza dello 0,15%.



PORTATA VEICOLABILE A MASSIMO RIEMPIMENTO: 0,306 m³/sec



PORTATA VEICOLABILE A MASSIMO RIEMPIMENTO: 1,436 m³/sec

E' quindi plausibile, con le informazioni in possesso, affermare che alla chiusura del bacino (Sez. all'altezza della diramazione strada comunale della Puglia), la cunetta sia in grado di veicolare la portata ventennale.

Sempre ipotizzando una pendenza media dello 0,15%, gli scatolari da posizionare nel canale come tombinatura della cunetta, sono i seguenti:

SEZIONE X' – X' E SEZIONE A' – A': Scatolare 50x100;

SEZIONE C' – C' E SEZIONE B' – B': Scatolare 75x100.

SEZIONE X'-X' e SEZIONE A'-A'

h (m)	Q (mc/sec)
0.033	0.009
0.067	0.027
0.1	0.052
0.133	0.081
0.167	0.113
0.2	0.148
0.233	0.186
0.267	0.225
0.3	0.266
0.333	0.309
0.367	0.353
0.4	0.398
0.433	0.444
0.467	0.49
0.5	0.538

SEZIONE C'-C' e SEZIONE B'-B'

h (m)	Q (mc/sec)
0.05	0.017
0.1	0.052
0.15	0.096
0.2	0.148
0.25	0.205
0.3	0.266
0.35	0.331
0.4	0.398
0.45	0.467
0.5	0.538
0.55	0.61
0.6	0.684
0.65	0.759
0.7	0.835
0.75	0.911

Con le portate calcolate per Tr20 e Tr50 per il bacino in oggetto, si ha il seguente riempimento dei due scatolari:

SEZIONE X' – X' E SEZIONE A' – A': Scatolare 50x100;

Tempo di ritorno	Portata	Riempimento scatolare 0,5x1,0
(anni)	(l/sec)	(cm)
20	153	45%
50	198	52%

SEZIONE C' – C' E SEZIONE B' – B': Scatolare 75x100.

Tempo di ritorno	Portata	Riempimento scatolare 0,75x1,0
(anni)	(l/sec)	(cm)
20	187	32%
50	242	37%

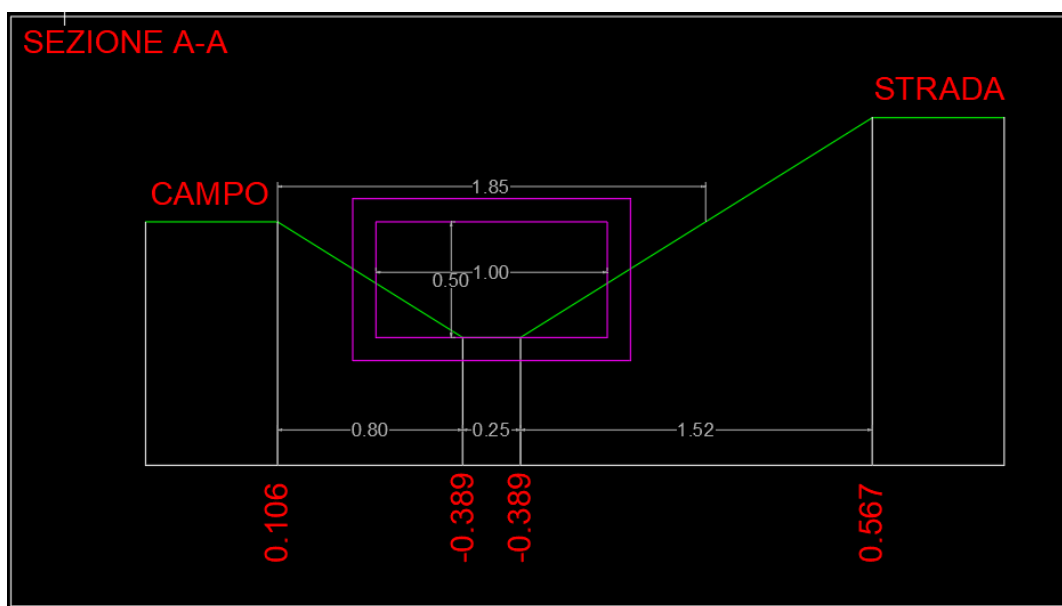
Come si può notare, il riempimento di questi scatolari risulta inferiore a quello del tratto compreso tra l'Incrociata e Cotrebbia. Vista comunque l'aleatorietà del rilievo topografico (pendenze inferiori allo 0,15%) e l'operazione di tombinatura, operazione che di per sé espone a rischio di ostruzioni della sezione idraulica nel tempo (da mantenere costantemente), si consiglia di adottare questi scatolari anche per il tratto tra Cotrebbia e Malpaga.

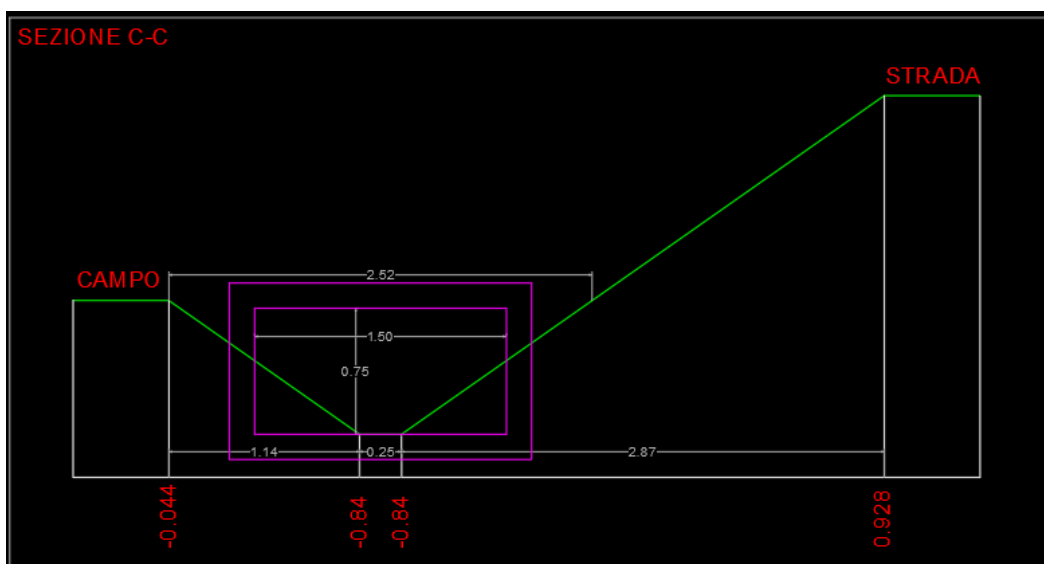
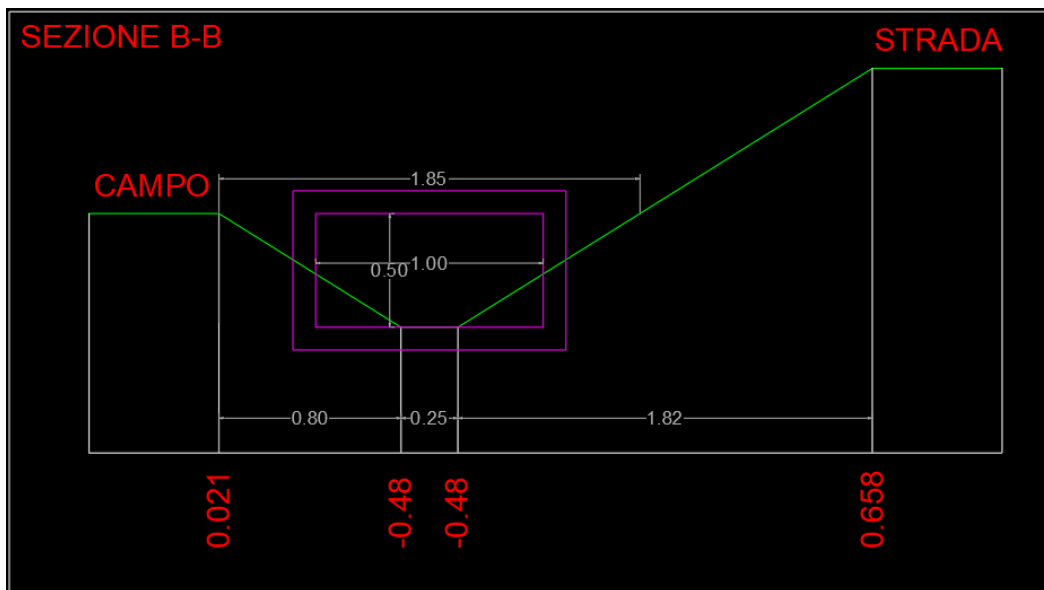
4 STATO DI PROGETTO

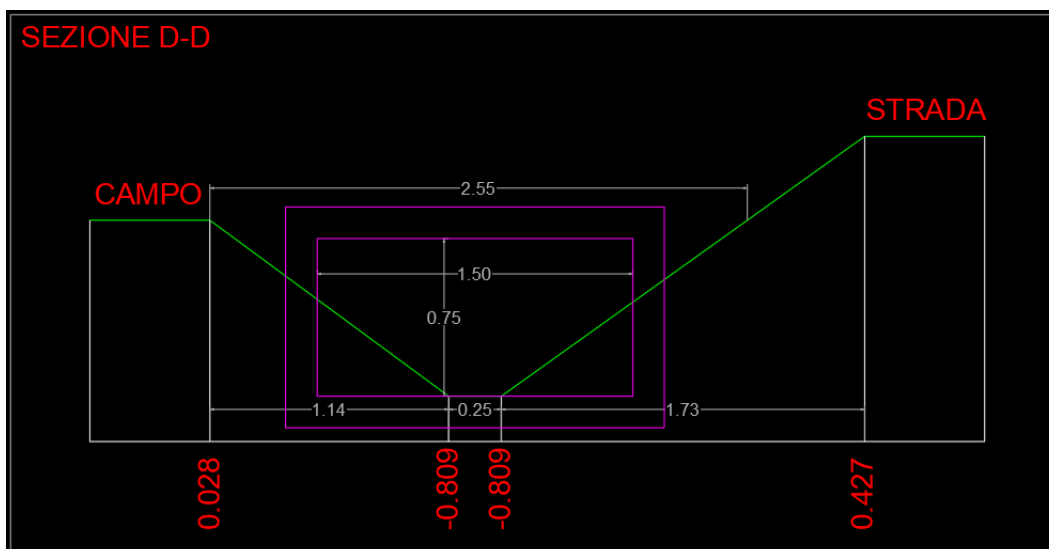
Lo stato di progetto prevede:

- 1) **Per il tratto dall'Incrocio verso Cotrebbia fino all'altezza della strada comunale delle Pernici:** spostamento della cunetta esistente verso i campi per consentire la realizzazione della pista ciclabile sul lato destro della strada comunale di Cotrebbia. Verranno rifatti gli accessi ai campi con tombini aventi dimensioni conformi a quanto stabilito al Paragrafo 3.4.

Fino alla Sezione B-B si utilizzerà per gli accessi ai campi lo scatolare 50x100, mentre dalla sezione B-B alla fine del tratto di interesse vicino a Cotrebbia si utilizzerà lo scatolare 75x150. Da Cotrebbia verso la strada comunale delle Pernici si utilizzerà di nuovo lo scatolare 50x100.

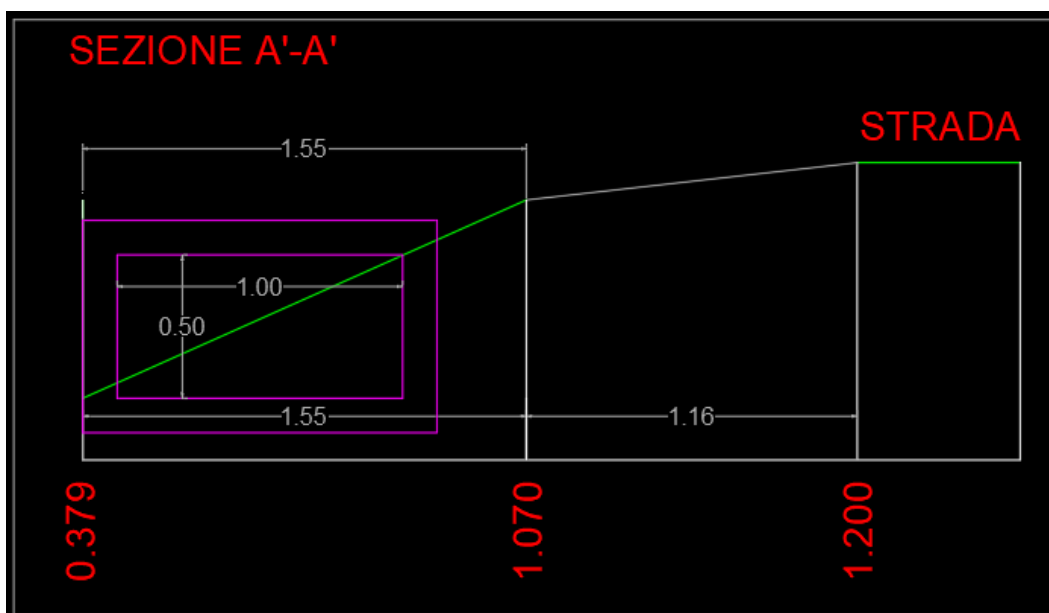


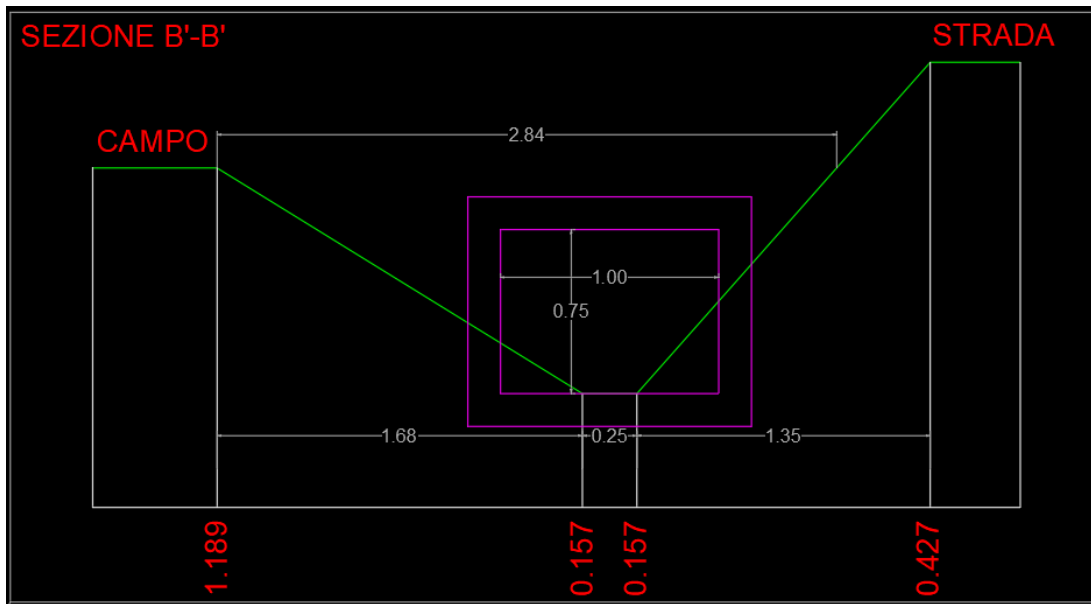




- 2) **Per il tratto da Cotrebba alla Malpaga:** spostamento della cunetta esistente verso i campi per consentire la realizzazione della pista ciclabile sul lato destro della strada comunale della Malpaga. Verranno rifatti gli accessi ai campi con tombini aventi dimensioni conformi a quanto stabilito al Paragrafo 3.4.

Dalla Sezione A'-A' fino all'altezza della strada comunale della Puglia si utilizzerà per gli accessi ai campi lo scatolare 50x100, mentre dalla Malpaga fino all'altezza della strada comunale della Puglia si utilizzerà lo scatolare 75x100.





5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Tratto Incrociata – Cotrebbia



Foto 1



Foto 2

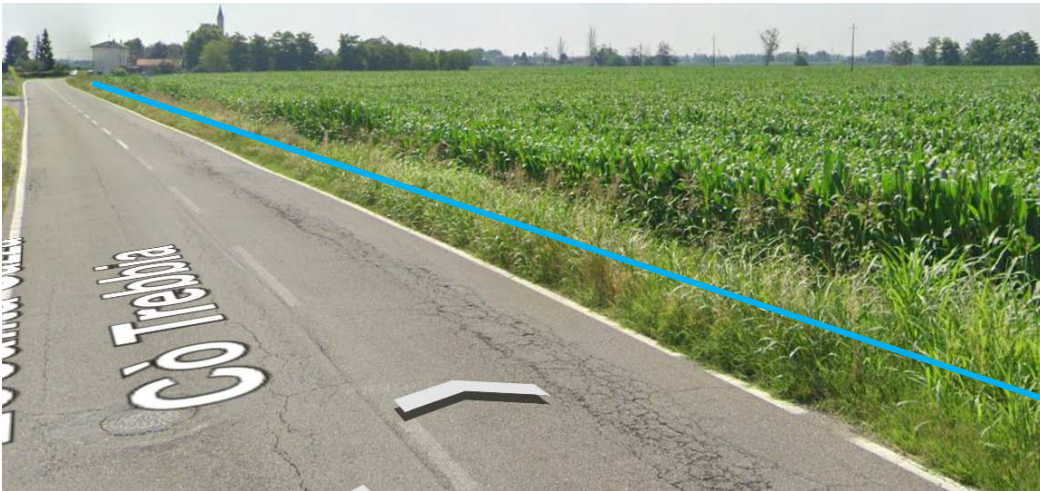


Foto3

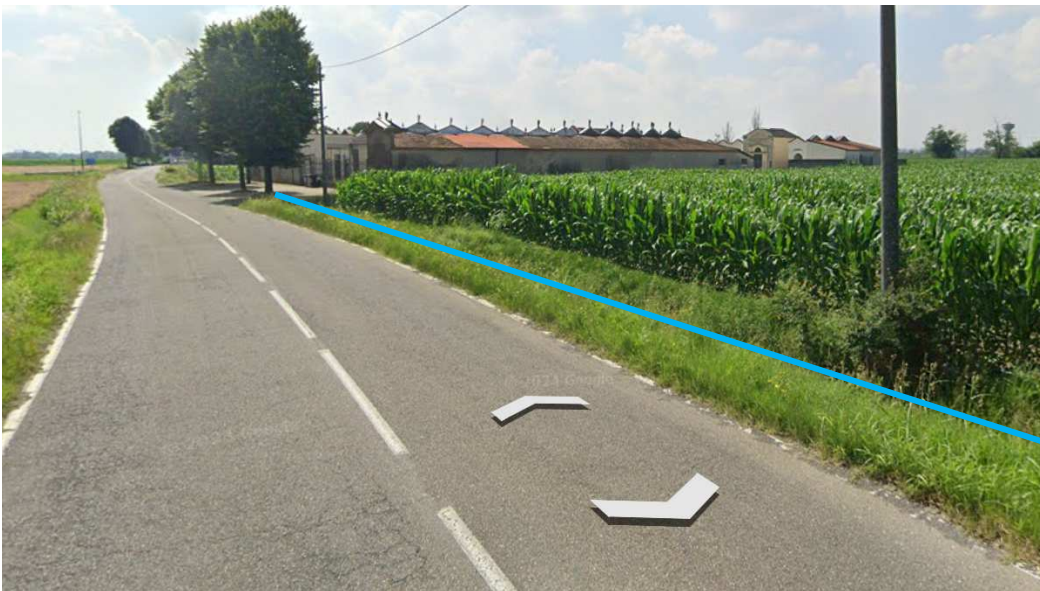


Foto 4

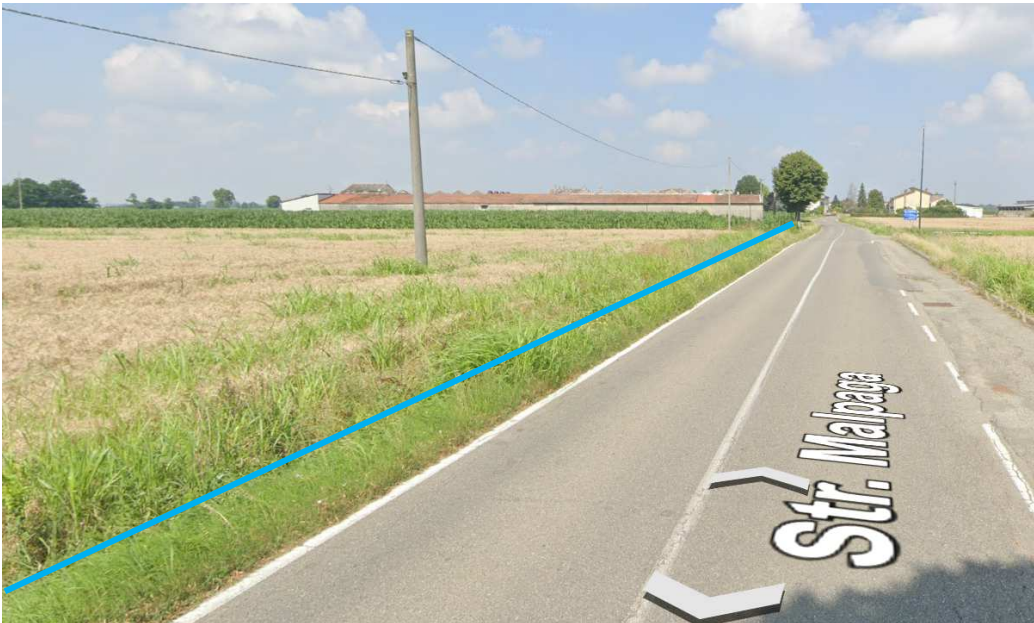
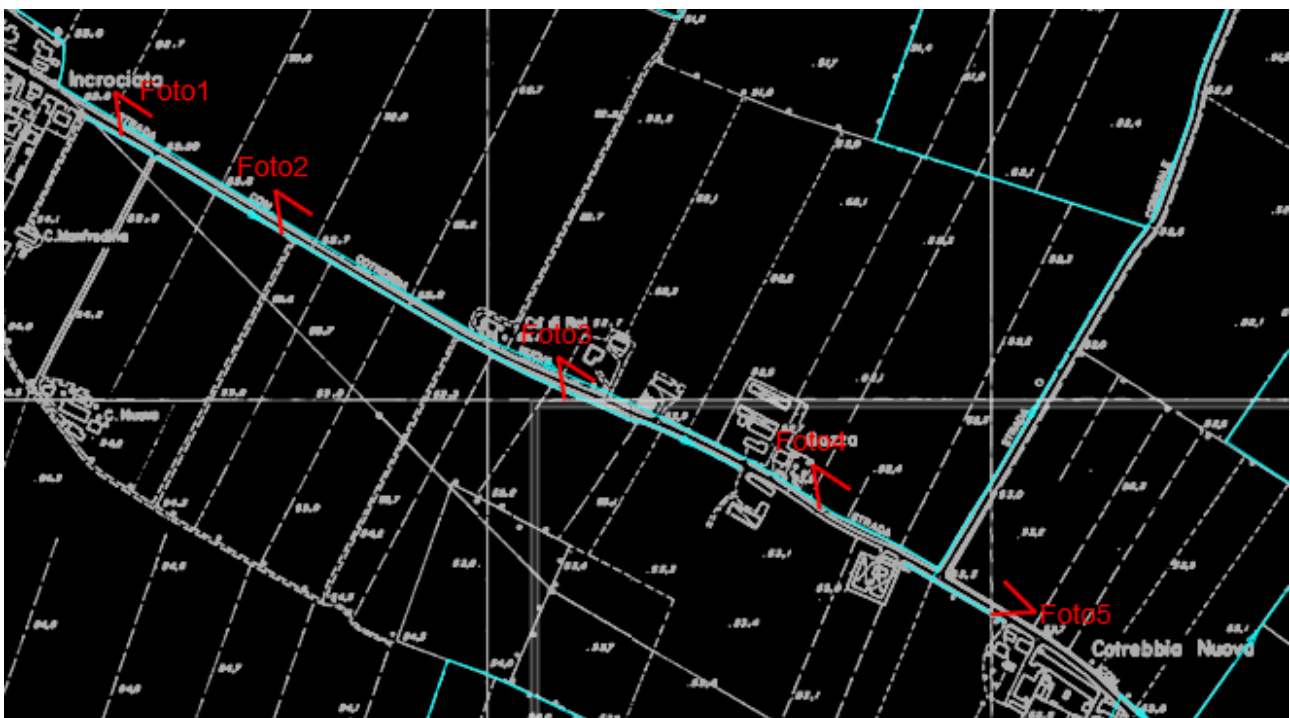


Foto 5



Tratto Cotrebba - Malpaga

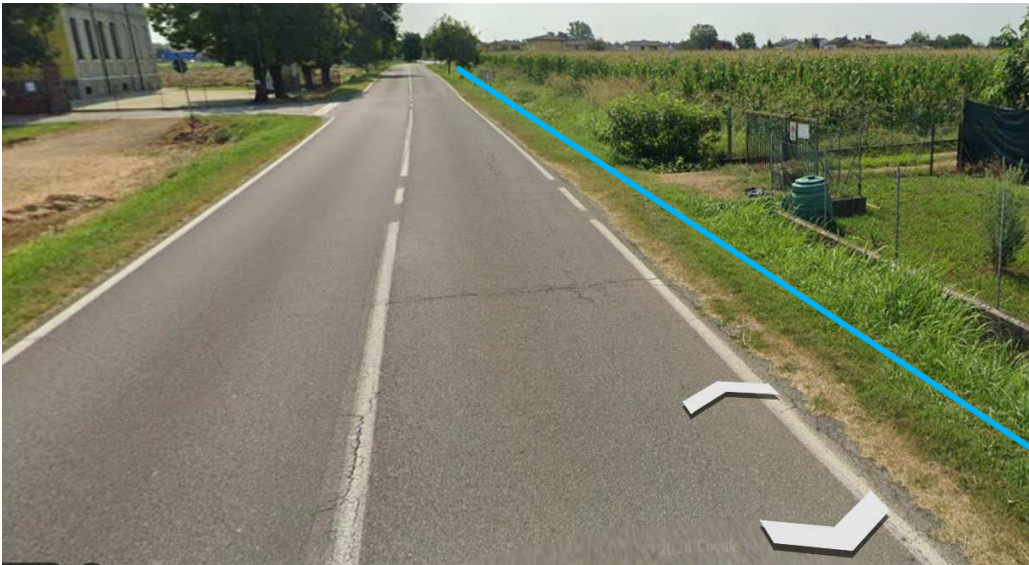


Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



6 CONCLUSIONI

Stante la mancanza di dati sulla situazione di scolo dell'area interessata dall'intervento, si sono ipotizzati percorsi dei colatori in base alle indicazioni della ctr.

Il rilievo delle pendenze delle cunette stradali risente della presenza della fitta vegetazione e della presenza di sedimenti perciò risultano poco attendibili.

In base alle verifiche della pendenza media dei colatori in zona si è ipotizzata una pendenza delle cunette attorno allo 0,15%.

Le aree di intervento sono 2:

INCROCIATA – COTREBBIA

Per il tratto dall'Incrociata verso Cotrebbia fino all'altezza della strada comunale delle Pernici: spostamento della cunetta esistente verso i campi per consentire la realizzazione della pista ciclabile sul lato destro della strada comunale di Cotrebbia. Verranno rifatti gli accessi ai campi con tombini aventi dimensioni conformi a quanto stabilito al Paragrafo 3.4.

Fino alla Sezione B-B si utilizzerà per gli accessi ai campi lo scatolare 50x100, mentre dalla sezione B-B alla fine del tratto d'interesse vicino a Cotrebbia si utilizzerà lo scatolare 75x150. Da Cotrebbia verso la strada comunale delle Pernici si utilizzerà di nuovo lo scatolare 50x100.

COTREBBIA - MALPAGA

Per il tratto da Cotrebbia alla Malpaga: spostamento della cunetta esistente verso i campi per consentire la realizzazione della pista ciclabile sul lato destro della strada comunale di Malpaga. Verranno rifatti gli accessi ai campi con tombini aventi dimensioni conformi a quanto stabilito al Paragrafo 3.4.

Tratto 1 (da Cotrebbia verso la Malpaga fino all'altezza della strada comunale della Puglia): scatolare 50x100.

Tratto 2 (dalla Malpaga verso Cotrebbia fino all'altezza della strada comunale della Puglia): scatolare 75x100.

N.B. Se in fase esecutiva verrà realizzata la pulizia delle cunette e verrà svolto un rilievo di dettaglio della rete scolante, si potrà affinare tale studio e aggiornare le sezioni di tombinatura delle cunette stesse.