



Autorità di Bacino Regionale
REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

**PIANO STRALCIO
PER LA DIFESA IDRAULICA
DEL TORRENTE CORNO**

LR luglio 2002, n. 16

**RELAZIONE TECNICA
NORME DI PIANO
ELABORATI CARTOGRAFICI**

PRESENTAZIONE

Il presente Piano stralcio per la difesa idraulica del torrente Corno è stato predisposto in attuazione dell'articolo 12 della legge regionale 3 luglio 2002, n. 16, che disciplina il riassetto organizzativo e funzionale in materia di difesa del suolo e di demanio idrico nell'ambito delle competenze attribuite alla Regione Friuli Venezia Giulia dal decreto legislativo 25 maggio 2001, n. 265.

L'elaborazione di tale Piano prevede, innanzitutto, lo studio relativo ai principali eventi alluvionali storicamente documentati e l'analisi dei dati strumentalmente rilevati concernenti le più recenti alluvioni. Nello sviluppo del Piano in argomento, si individua, quale punto di partenza per le successive valutazioni inerenti la difesa idraulica, l'onda di piena di riferimento, riportata al capitolo 5, mediante un'accurata analisi idrologica, condotta con le più avanzate metodologie scientifiche.

L'individuazione dell'onda di piena di progetto ed il rilievo laser-scan dell'alveo di pianura del torrente consentono, pertanto, di sviluppare con accuratezza la modellazione idraulica del torrente, di individuare le vulnerabilità idrauliche dell'alveo, sviluppare le possibili soluzioni delle opere di difesa idraulica e scegliere, attraverso la valutazione comparativa delle diverse ipotesi di intervento, quella più efficiente e funzionale sia sotto l'aspetto idraulico che ambientale.

Il Piano stralcio, unitamente agli elementi conoscitivi, propositivi e programmatici, sin dalle fasi iniziali è stato sottoposto al confronto con il territorio, soprattutto grazie ai lavori della Consulta di bacino, istituita ai sensi dell'articolo 11 della legge regionale 3 luglio 2002, n. 16. Tale importante strumento di confronto, in particolare con le Amministrazioni comunali interessate ai risultati del Piano, unitamente alle fasi di consultazione previste dalla normativa vigente, hanno reso lo studio in parola il più possibile condiviso e rispondente alle aspettative delle popolazioni che vivono e lavorano accanto al torrente e, più in generale, agli interessi dell'intera comunità regionale.

Il Piano approvato costituisce lo strumento fondamentale di riferimento per la difesa del suolo, lo sviluppo economico e sociale e la sicurezza idraulica del territorio dell'area idrografica del torrente Corno e del fiume Stella.

Corre l'obbligo, infine, di porgere il più sentito ringraziamento al Comitato istituzionale ed ai componenti del Comitato tecnico di questa Autorità, per il puntuale, competente e costante contributo tecnico fornito durante la discussione e la messa a punto del Piano.

Un riconoscimento particolare viene espresso al Gruppo di progettazione della Segreteria tecnico operativa, per l'impegno e l'alta professionalità dimostrati nello sviluppo e nell'analisi degli strumenti di Piano.

Il Commissario
Renato Villalta

Responsabile del progetto

dott. Renato Villalta

Coordinamento Gruppo tecnico di progettazione

ing. Marika Sato

Gruppo tecnico di progettazione

dott. agr. Rossana Carretti

dott. geol. Giacomo Casagrande

ing. Francesca De Prato

dott.ssa Simonetta Donato

ing. Gianpaolo Giugovaz

p.i. Giovanni Martin

ing. Marco Ret

dott.ssa Elisabetta Santarossa

ing. Marika Sato

p.i. Michele Stabile

Esperto legale

avv. Francesco Lettera

INDICE

Parte prima: RELAZIONE TECNICA

1. EVOLUZIONE STORICA ED EVENTI ALLUVIONALI DEL TORRENTE CORNO.....	1
1.1 IL TORRENTE CORNO: PRIMI SCRITTI ED ETIMOLOGIA DELLA PAROLA	2
1.2 LE ORIGINI DEL TORRENTE CORNO.....	3
1.3 IL TORRENTE CORNO NELLA CARTOGRAFIA STORICA E MILITARE	3
1.4 IL PERCORSO DEL TORRENTE CORNO E I COMUNI ATTRAVERSATI	4
1.5 IL CANALE LEDRA	6
1.6 IL LAGO DI S. DANIELE E IL REPUDIO	9
1.7 I PONTI	10
1.8 RITROVAMENTI ARCHEOLOGICI	12
1.9 ATTIVITÀ ECONOMICA E APPROVVIGIONAMENTO IDRICO LUNGO IL TORRENTE CORNO	12
1.9.1 <i>L'importanza dei molini nella regione</i>	12
1.9.2 <i>I molini presenti lungo il corso del torrente Corno</i>	13
1.9.3 <i>La particolarità dell'approvvigionamento idrico a Pantianicco</i>	14
1.9.4 <i>Le torbiere</i>	15
1.10 LA BONIFICA E IL TORRENTE CORNO	16
1.10.1 <i>Bonifica nella parte alta del torrente Corno</i>	16
1.11 CONSORZI DI BONIFICA ED EVOLUZIONE DEL TORRENTE CORNO.....	17
1.12 PRINCIPALI MODIFICHE OPERATE AL CORSO DEL TORRENTE CORNO	17
1.13 OPERE, STUDI E PROGETTI CHE SI SONO SUSSEGUITI NEL CORSO DEGLI ANNI	25
1.13.1 <i>1929: progetto di massima per la trasformazione fondiaria del comprensorio</i>	25
1.13.2 <i>31.05.1930: progetto redatto dal Consorzio di bonifica Bassa Friulana</i>	25
1.13.3 <i>23.07.1931: progetto del taglio dell'ansa di Chiarmacis</i>	25
1.13.4 <i>1937: progetto del Consorzio di bonifica Bassa Friulana</i>	26
1.13.5 <i>Opere realizzate dal Consorzio di Miglioramento Fondiario "Lini-Corno"</i>	26
1.13.6 <i>20.02.1955: progetto predisposto dall'ing. Chiavola</i>	26
1.13.7 <i>1968: idea di realizzare il Canale Libertà come scolmatore del Corno di S. Daniele</i>	27
1.13.8 <i>1969: piano di sistemazione del bacino idrografico Corno-Stella</i>	27
1.13.9 <i>1980: progetto esecutivo per la costruzione di un bacino di espansione a Nogaredo</i>	29
1.14 LO SCOLMATORE CORNO-TAGLIAMENTO	29
1.15 LE ALLUVIONI DEL TORRENTE CORNO	31
1.15.1 <i>Cronistoria delle alluvioni in Friuli Venezia Giulia dal 1500 al 1919</i>	32
1.15.2 <i>L'alluvione del settembre 1920</i>	34
1.15.3 <i>Le alluvioni dal 1920 ai giorni nostri</i>	41
2. EVENTI ALLUVIONALI STRUMENTALMENTE RILEVATI.....	53
2.1 DATI TECNICI DELL'ECCEZIONALE EVENTO DI PIENA DEL 19-20 SETTEMBRE 1920	53
2.2 RIFERIMENTI PLUVIOMETRICI E IDROMETRICI DEGLI EVENTI DI PIENA NEL PERIODO DAL 1921 AL 1990	56
2.3 DATI TECNICI DELL'EVENTO DI PIENA DEL 5-7 OTTOBRE 1998	57
2.4 DATI TECNICI DELL'EVENTO DI PIENA DEL 31 OTTOBRE 2004	61
2.5 DATI TECNICI DELL'EVENTO DI PIENA DEL 22-25 DICEMBRE 2009	63
2.6 ALCUNE CONSIDERAZIONI.....	67
3. DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO	69
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	71

3.2	RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO COLLINARE	76
3.3	PARAMETRI GEOMORFOLOGICI DI HORTON	78
4.	ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI.....	83
4.1	STAZIONI DI RILEVAMENTO E DATI DISPONIBILI	83
4.2	SERIE STORICHE DEI MASSIMI ANNUALI	85
4.3	ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI	87
4.4	CURVE PLUVIOMETRICHE CARATTERISTICHE AD ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	101
4.5	EVENTO PLUVIOMETRICO DEL 5-7 OTTOBRE 1998	109
4.6	EVENTO PLUVIOMETRICO DEL 31 OTTOBRE 2004.....	114
4.7	EVENTO PLUVIOMETRICO DEL 22-25 DICEMBRE 2009.....	117
5.	ONDA DI PIENA DI PROGETTO	121
5.1	IL METODO DEL CURVE NUMBER PER IL CALCOLO DELLE PIOGGE EFFICACI	121
5.2	GRUPPI IDROLOGICI DEI SUOLI DEL BACINO COLLINARE	125
5.2.1	<i>Metodologia generale.....</i>	126
5.2.2	<i>Unità geologiche in rapporto alla definizione dei gruppi idrologici dei suoli</i>	128
5.2.3	<i>Unità tipologiche di suoli in rapporto alla definizione del gruppo idrologico.....</i>	131
5.2.4	<i>Prove di permeabilità e indagini puntuali.....</i>	134
5.2.5	<i>Risultati.....</i>	134
5.3	CARATTERI DELLA COPERTURA E DELL'USO DEL SUOLO E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER DEL BACINO COLLINARE.....	136
5.3.1	<i>Copertura e uso del suolo</i>	137
5.3.2	<i>Cartografia di riferimento.....</i>	138
5.3.3	<i>Principali categorie di copertura e uso del suolo del bacino collinare del torrente Corno.....</i>	141
5.4	STIMA DEL CURVE NUMBER	147
5.4.1	<i>Procedimento del calcolo per la stima del valore di CN del bacino collinare del torrente Corno ..</i>	149
5.5	CALCOLO DELL'IDROGRAMMA DI PIENA CON IL METODO DELL'IDROGRAMMA ISTANTANEO UNITARIO GEOMORFOCLIMATICO	154
5.6	RICOSTRUZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DEL 5-7 OTTOBRE 1998.....	160
5.7	RICOSTRUZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DEL 31 OTTOBRE 2004.....	163
5.8	RICOSTRUZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DEL 23-25 DICEMBRE 2009.....	164
5.9	INDIVIDUAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DI PROGETTO	166
6.	MODELLO IDRAULICO DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA	171
6.1	RICHIAMI DI IDRAULICA FLUVIALE	171
6.2	RILIEVO LASERSCAN DEL TORRENTE CORNO	175
6.3	RILIEVI TOPOGRAFICI ED IDRAULICI DEL TORRENTE CORNO DA SAN DANIELE A CODROIPO.....	179
6.4	GEOMETRIA E MORFOLOGIA DELL'ALVEO DEL TORRENTE CORNO DA RIVE D'ARCANO A CODROIPO....	184
6.5	SCABREZZA IDRAULICA DELL'ALVEO	189
6.6	MODELLO DI CALCOLO	193
6.6.1	<i>Stima della scabrezza dall'analisi dei tempi di propagazione delle perturbazioni nell'alveo.....</i>	196
6.7	RISULTATI DEL MODELLO	198
6.8	CONFRONTO CON LE PIENE STORICHE	200
6.9	AREA DEL "PALUDO".....	204
6.10	MODELLO NUMERICO DELL'AREA "PALUDO".....	205
7.	PROPOSTE PER LA DIFESA IDRAULICA DEL TERRITORIO	211
7.1	IPOTESI PROGETTUALI PREGRESSE PER IL CONTENIMENTO DELLE PORTATE DI PIENA.....	211
7.2	PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA NELLE CONDIZIONI ATTUALI (IPOTESI 0).....	212
7.2.1	<i>Bacino collinare, area del Paludo.....</i>	212
7.2.2	<i>Da San Mauro a Codroipo.....</i>	213
7.3	IPOTESI DI INTERVENTO N. 1: 2 CASSE DI ESPANSIONE	217

7.3.1	Valutazioni che hanno portato all'individuazione dell'ipotesi di intervento n.1	217
7.3.2	Area denominata Paludo (Comuni di Majano, Rive d'Arcano, San Daniele).....	219
7.3.3	Area presso l'abitato di Nogaredo di Corno (Comune di Coseano).....	223
7.3.4	Esondazione residua dopo la realizzazione delle due casse di espansione.....	226
7.4	IPOTESI DI INTERVENTO N. 2: ALLARGAMENTO DELL'ALVEO DA SAN DANIELE ALLO STELLA	227
7.5	VALUTAZIONE COMPARATIVA DELLE IPOTESI DI INTERVENTO E SCELTE DI PIANO	228
7.5.1	Cassa di espansione del Paludo.....	228
7.5.2	Cassa di espansione di Nogaredo di Corno.....	230
7.5.3	Interventi di adeguamento dell'officiosità idraulica dell'alveo.....	232
8.	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DI PIANO	233
8.1	INTERVENTI STRUTTURALI DI PIANO.....	234
8.2	PROGRAMMAZIONE TEMPORALE DEGLI INTERVENTI	235

Parte seconda: NORME DI PIANO

INDICE DEGLI ARTICOLI	239
NORME DI PIANO.....	241

Parte terza: ELENCO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI

ELENCO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI.....	249
--	-----

1. EVOLUZIONE STORICA ED EVENTI ALLUVIONALI DEL TORRENTE CORNO

Rilevare i segni che l'ambiente lascia e avvicinarsi alla storia di chi ci ha preceduto rappresentano due azioni fondamentali che consentono di cogliere il legame che unisce la nostra vita a quella dei nostri avi. L'impossibilità di modificare le azioni passate ci induce a prendere coscienza della responsabilità delle nostre azioni e del loro perdurare nel tempo. Ogni nostro comportamento o azione nei confronti dell'ambiente genera conseguenze. Si impone la necessità di pensare, dunque, in modo responsabile e memori di ciò che ci è stato lasciato in eredità. Il concetto di *responsabilità* si lega, necessariamente, a quello di *sostenibilità*: nozione che indica uno sviluppo in grado di soddisfare le necessità delle generazioni presenti senza compromettere la capacità di soddisfare i bisogni delle generazioni future.

In quest'ottica deve essere affrontato lo studio storico dei corsi d'acqua che attraversano le nostre terre, avvicinandoci con rispetto all'esame delle problematiche ambientali.

In particolare, dallo studio storico effettuato sul torrente Corno è emerso come molti siano stati gli sforzi delle popolazioni per la salvaguardia del territorio e della propria vita. Gli abitanti più anziani di paesi come Pantianicco, Mereto di Tomba o Barazzetto ricordano ancora gli effetti disastrosi delle alluvioni nelle loro case, nelle loro piazze e nelle loro vite. Fino alla costruzione del canale scolmatore nei comuni di Rive d'Arcano e San Daniele, il torrente Corno si è rivelato, infatti, capace di provocare ingenti danni. Nel corso degli anni, diversi sono stati sia i lavori di salvaguardia che le modifiche apportate al corso del torrente; spesso, però, tali interventi sono stati eseguiti puntualmente senza una visione globale a scala di bacino. Avere una memoria delle condizioni naturali in cui si trovava il torrente e delle azioni intraprese dall'uomo consente una comprensione precisa e attenta per evitare di cadere negli stessi errori e di tutelare l'ambiente, in un'ottica di sviluppo sostenibile, secondo quanto recita l'art. 1 della legge istitutiva dell'Autorità di bacino regionale (LR 16/2002):

“La Regione autonoma Friuli Venezia Giulia considera i bacini idrografici quali ecosistemi unitari e riconosce che le acque e il suolo costituiscono una fondamentale risorsa da salvaguardare e utilizzare secondo principi di razionalità e solidarietà, nella tutela delle aspettative e dei diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale”.

La nostra regione, nel corso della storia, ha subito notevoli cambiamenti dal punto di vista ambientale, economico e sociale. Molti sono stati gli sforzi fatti dai suoi abitanti per bonificare le aree paludose, per debellare la malaria, per arginare i corsi d'acqua e ripararsi dalle esondazioni, spesso, distruttive dei suoi fiumi.

La storia di ogni fiume e la sua vita, la sua sorgente, portano con sé il ricordo di molte vicende e, anche, il vissuto delle persone che si sono insediate, nel corso degli anni, nelle sue vicinanze.

Nel presente capitolo sono riportate le testimonianze e gli eventi più importanti che hanno contraddistinto la storia del torrente Corno e che hanno orientato le scelte pianificatorie di questo documento di piano.

1.1 IL TORRENTE CORNO: PRIMI SCRITTI ED ETIMOLOGIA DELLA PAROLA

I torrenti di origine morenica Corno di S. Daniele e Cormor, insieme ai fiumi di risorgenza e ai due grandi fiumi della regione, Tagliamento e Isonzo, costituiscono il complesso sistema idrografico della bassa pianura friulana (*De Piero G.*, 1975).

La più antica fonte documentaria in cui compaiono gli idronimi della regione Friuli Venezia Giulia risulta essere l'enciclopedia "Naturalis Historia" pubblicata nel 77 d.C. da Plinio il Vecchio. Diversi storici sostengono che il "Tiliventus minor", di cui si fa menzione nell'opera di Plinio, corrisponda al torrente Corno. *De Piero G.* (1975) nel testo "L'agricoltura della bassa friulana attraverso i tempi" sostiene che il "Tiliventus minor", uno degli otto fiumi che Plinio identificò nella regione, potesse costituire una valvola di sfogo del Tagliamento nel caso di forti esondazioni. "Infatti, più a sud (zona di Rodeano, Coseano e Mereto di Tomba) si osserva che il Corno scorre sul fondo di un vasto avvallamento il che attesta esistenza nei tempi antichi di un corso d'acqua più importante dell'attuale" (*De Piero G.*, 1975).

Ad ogni modo, se si possono manifestare posizioni divergenti in merito all'identificazione del torrente Corno con il "Tiliventus minor", non c'è alcun dubbio in merito all'etimologia dell'idronimo Corno.

Frau G. (1978) nel Dizionario toponomastico del Friuli Venezia Giulia evidenzia la provenienza latina "cornum" indicando una chiara allusione alla forma del torrente stesso. La parola Cornu indica, infatti, "meandro, ansa". Il nome Corno, "cuâr", è stato utilizzato nella nostra regione in numerosi casi per indicare alcune cime montuose, torrenti e fiumi e, anche, per i nomi di diversi paesi.

Desinan C. (2002) nel testo "Nomi di acque, nomi di monti nel Friuli prelatino" ci informa che alcuni studiosi attribuiscono al nome Corno un'origine "preindoeuropea" attribuendo alla denominazione "corno" ancora una volta la tortuosità del torrente: "...vuol dire "tortuoso", e i meandri si notano a Mereto di Tomba come a Dolegnano, come fra Nimis e Torlano." Lo storico ci informa, inoltre, che, un tempo, il termine *Churnal* in lingua etrusca assumeva il significato di "personale".

Anche *Costantini E.* (2000) nel Libro "Buje, stories di nons di lûc", scrivendo in merito all'origine del nome Cuâr, fa riferimento all'ipotesi del 1936, allora più accreditata, facente capo a Prati, secondo cui Cuâr, "corno", allude alla forma del fiume, almeno in qualche sua parte. Costantini riprende, poi, anche il pensiero di Desinan C. del 1987 aggiungendo "...dal latino *cornu* "tortuosità, ansa, meandro", ed è nome che si dà a corsi d'acqua con giri e rigiri"; sembra rappresenti un adattamento ad orecchio da espressioni di lingue prelatine. Non va dimenticato che potrebbe trattarsi di un semplice "nome generico" divenuto toponimo. In vecchi vocabolari italiani si trova "corno" anche nel significato di "braccio o ramo di fiume".

Someda De Marco P., (1969) nel testo "Mereto di Tomba nella storia e nell'arte", offre un ulteriore interessante contributo in merito all'origine del nome "Corno". Iniziando il suo ragionamento dal popolo egiziano, ci informa che prassi consolidata del popolo era proprio la raffigurazione dei fiumi come "Dei con le corna di bue"; questo perché avevano il compito di arare le campagne rese fertili dal limo depositato sul terreno dopo le tracimazioni causate dalle abbondanti piogge.

1.2 LE ORIGINI DEL TORRENTE CORNO

“Il Corno, che presentemente ha così minuta parvenza, è un residuo di quella imponente fiumana che scaturiva dalla fronte del ghiacciaio in continuo regresso, specialmente quando esso si era ritirato dietro la prima grande cerchia morenica. In casi eccezionali tuttavia, anche oggi, può raggiungere piene terrificanti...” (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

Per risalire alle origini del torrente Corno, è necessario partire dalle imponenti glaciazioni quaternarie durante le quali i ghiacciai ebbero la loro massima estensione sulle terre emerse. La fase glaciale più vicina ai nostri giorni è detta “wurmiana”.

In tale epoca, il ghiacciaio del Tagliamento “si attestava fra i colli di Tarcento e quelli di Forgaria [...] costruendo una potente cerchia morenica foggata a semicerchio con circa 21 km di diametro.” Una volta deposta la prima cerchia morenica, il ghiacciaio si ritirava per poi iniziare a costruirne una seconda, “più arretrata della precedente ma non più come questa regolare”. In seguito si verificò un’altra fase di regresso e di stasi dando origine alla terza cerchia morenica. “Si completava così la costruzione dell’anfiteatro morenico del Tagliamento che oggi si presenta come una estesa plaga collinosa ordinata su tre grandi archi concentrici che si succedono da sud a nord [...] testimoniando una progressiva diminuzione di durata delle fasi glaciali.” “Le acque piovane raccolte in questi avvallamenti, raggiungono per lo più i due grandi collettori rappresentati dal Corno e dal Cormor; ma, dove esse sono prive di sfogo, ristagnano sul piano di fondo dando origine a paludi e a conche lacustri” (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

“Il Corno e il Cormor, al momento del ritiro del ghiacciaio, hanno diminuito notevolmente la loro portata e si sono ridotti in uno stretto alveo sul fondo dell’incisione fluviale; il letto di piena del Corno ha una larghezza media di quasi due km; la superficie delle alluvioni è sensibilmente alterata, con manto argilloso – terroso giallorossiccio come i terreni diluviali, talché si può escludere che il fondo sia stato soggetto nel postglaciale ad erosioni intense” (*Feruglio E.*, 1925).

“I due corsi d’acqua pedemorenici all’inizio del periodo postglaciale avevano già quasi sistemata la loro curva di fondo e, a causa della ristrettezza del loro bacino superiore e della scarsa quantità di materiali che possono convogliare, non hanno prodotto notevoli alluvionamenti nel loro tratto inferiore” (*Feruglio E.*, 1925).

“La conoide inferiore del Corno, ben rilevata a Pantianicco dove s’innesta al solco di terrazzamento, va a mano a mano attenuandosi verso valle e si appiattisce del tutto all’altezza della linea delle risorgive” (*Feruglio E.*, 1925).

1.3 IL TORRENTE CORNO NELLA CARTOGRAFIA STORICA E MILITARE

Antonio Magini, celebre astronomo e matematico di fine ‘500, è noto per aver faticosamente raccolto ed elaborato le carte delle regioni italiane. La sua opera rappresenta sicuramente la “maggior opera cartografica apparsa in Italia nel secolo XVII” (*Lago L.*, 1989). Egli realizzò le sue carte utilizzando in molte occasioni carte già edite, aggiungendovi alcuni particolari. Da Pirro Logorio, cartografo Napoletano, egli riprese i particolari cartografici inerenti la rete idrografica della nostra regione, rappresentando il torrente Corno di S. Daniele e lo Stella nella sua “carta della Patria del Friuli nell’Italia di Giovanni Antonio Magini” del 1620: in essa, i due corsi d’acqua si

fondono insieme formandone uno solo.

Nell'atlante dei territori compresi tra il Tagliamento e l'Isonzo di *Foramitti P.* (1994) viene esaminato il territorio della regione Friuli Venezia Giulia tra il 1797 e il 1815. Nel testo sono riportate diverse descrizioni e cartografie del tempo con un chiaro riferimento al contesto storico e militare. Tra le varie descrizioni di fiumi e torrenti della regione, utili soprattutto ai fini militari, sono presenti alcune righe dedicate al torrente Corno: “ Il torrente Corno, tributario dello Stella, scorre lentamente [...] tra le colline di San Daniele, in mezzo a belle praterie. Al suo sbocco nella pianura, è rinchiuso in una scarpata su entrambe le rive, distanti l'una dall'altra da 5 a 600 metri e alte 3 metri circa, fino nei pressi di Pantianins. In estate e nelle grandi siccità le sue acque si perdono sotto Nogaredo. D'altro canto vengono deviate anche per l'irrigazione dei terreni e per far muovere numerosi mulini e qualche fabbrica. Da Nogaredo fin sopra San Martino questo torrente si attraversa a secco, eccetto che in tempo di pioggia e allo sciogliersi delle nevi: ma si trovano dei ponti per passarlo in qualcuno dei villaggi che lo costeggiano, e particolarmente un grande ponte di pietra a Zompitta, dove passa la grande strada postale da Codroipo e Udine, e uno simile su quella da Codroipo a Palmanova”.

Un'altra cartografia importante da analizzare risulta essere quella realizzata tra il 1798 e il 1804 dal Generale Anton von Zach, che con l'ausilio di 32 cartografi riuscì ad attuare un'attenta ricognizione delle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia su richiesta dell'imperatore Francesco II d'Asburgo che, con la firma del trattato di Campoformido, prese possesso del Friuli che si presentava, dunque, come “un territorio da conoscere, per poterlo meglio dominare e raffigurare, per studiarlo comodamente sui tavoli dello stato maggiore ed esibirlo come nuovo gioiello a corte” (*De Cillia A.*, 2000).

Il torrente Corno è ben evidenziato in tutto il suo percorso e compare con il nome “torrente Gorno”; attraversata la zona denominata “il Palù”, dopo l'abitato di Farla, si dirige verso San Mauro. Sotto la strada principale che collega San Daniele a Fagagna, il corso d'acqua è raffigurato come torrente asciutto ed è così sino sotto l'abitato di Codroipo, dove diventa nuovamente visibile il suo corso d'acqua. Nel suo tratto terminale si congiunge con la roja le Stalle che, a sua volta, andrà a confluire nel Taglio e nello Stella.

1.4 IL PERCORSO DEL TORRENTE CORNO E I COMUNI ATTRAVERSATI

Il torrente Corno detto “di San Daniele”, ha origine in un acquitrino, ora bonificato, nei pressi di Carvacco in Comune di Treppo Grande, al limite del Comune di Buja.

Il torrente volge poi a sud-ovest e, dopo un corso alquanto tortuoso, sbocca nell'ampia palude di Farla, dove dal 1881 si unisce al canale Ledra-Tagliamento” (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

Dopo l'immissione del canale Ledra, il torrente riceve il Rio Lini, che si forma negli acquitrini intermorenici a tergo di Moruzzo – Fagagna. Un tempo, il torrente Lini si immetteva nel Corno a monte del ponte ubicato sulla strada Fagagna – Majano. In seguito a una variazione, l'immissione venne deviata a valle del ponte stesso.

Prima del 1881, fino al nodo idraulico di Rivotta in Comune di Rive d'Arcano, nel Corno transitava tutta l'acqua di competenza del Corno-Ledra. Da questo punto il Corno venne messo in secca fino a Codroipo, lasciando transitare solo l'eccedenza della

portata del canale principale del Ledra verso Udine.

Questa situazione venne mantenuta anche dopo il 1912 quando il Cotonificio Udinese realizzò il Canale Ledra Industria, prelevando l'acqua dal Corno al nodo idraulico di San Mauro per sfruttarla nella centrale elettrica di Rive d'Arcano e restituirla, poi, al nodo idraulico di Rivotta.

Nelle zone di risorgiva percorse, sono frequenti le bassure coperte di erbe palustri, con numerose polle e vasche. Più oltre si trovano le acque che formano, unendosi sotto l'abitato di Sterpo, il fiume Stella, dopo avere attraversato campi incolti e sodivi, appartenenti al territorio di Bertiole. Anche il territorio finitimo di Rivignano, posto lungo il Taglio e lo Stella ha parti incolte e paludose per l'abbondanza e l'indisciplina delle acque che lo attraversano.

Interessanti sono due pareri discordanti, per cui *Lorenzi A.* (1911) afferma che il Corno, per quanto raggiunga la linea delle risorgive, non costituisca affatto il corso superiore dello Stella del quale è solo un effimero affluente, mentre, il Consorzio per la bonifica e lo sviluppo agricolo della Bassa Friulana afferma che lo Stella "idrograficamente può anche considerarsi una continuazione del Corno".

La rete idraulica del sistema Corno – Stella si può idealmente suddividere in due tronchi. Il primo, dato dal torrente Corno, ha un carattere prettamente torrentizio. Il secondo, dato dal fiume Stella, possiede le caratteristiche di un fiume di risorgenza. Questi due corsi d'acqua sono caratterizzati da una diversa rete idrografica. Quella del Corno ha un modesto numero di affluenti, mentre quella sottostante dello Stella ha un ampio reticolo idrografico "contenuto in un quadrato di 13 km di lato e da un tronco di 10 km" (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

La zona sottostante a Codroipo prende, infatti, il nome di "acquittrini di Bos".

Il bacino idrografico del sistema Corno-Stella interessa complessivamente 26 amministrazioni comunali. L'elenco di tutti i Comuni interessati viene riportato nella tabella sottostante.

COMUNE	POPOLAZIONE RESIDENTE AL 31.12.2008	SUPERFICIE COMPLESSIVA (ha)	SUPERFICIE INTERESSATA DAL BACINO (ha)
Buia	6750	2788	491
Treppo Grande	1758	1131	41
Colloredo di Monte Albano	2169	2158	1212
Maiano	6081	28100	1873
San Daniele	8152	3468	1307
Ragogna	3016	2242	529
Rive d'Arcano	2466	2247	1330
Fagagna	6291	3702	1097
Moruzzo	2337	1788	438
Coseano	2297	2386	1315
S. Vito di Fagagna	1700	854	66
Mereto di Tomba	2749	2736	1440
Sedegliano	3910	5045	16
Codroipo	15551	7364	3123
Bertiole	2553	26200	1422
Varmo	2885	3706	360
Rivignano	4418	3052	2823

Talmassons	4215	4300	1988
Pocenia	2654	2393	1344
Ronchis	2007	1850	942
Teor	2038	1654	1692
Palazzolo dello Stella	3039	3443	2001
Latisana	13719	4230	1434
Precentico	1524	2689	1442
Basiliano	5403	4289	2,13
Muzzana del Turgnano	2668	2439	20

Tabella 1.4.1: Comuni ricadenti nel bacino del Corno-Stella; nelle celle in giallo si trovano i Comuni interessati esclusivamente dal T.Corno, sino alla confluenza con il Taglio

1.5 IL CANALE LEDRA

L'idea di costruire il canale Ledra-Tagliamento risale a molto tempo fa. Nel corso dei secoli numerosi sono le proposte, i progetti, le discussioni, le rinunce che si sono susseguite. Certo è che la prima motivazione, da cui trasse origine l'idea di scavare il canale Ledra, si riferiva alla possibilità di creare una via navigabile per il commercio.

Uno dei primi uomini che si adoperò per la costruzione fu Niccolò di Maniago che, nel 1451, si propose di dimostrare al comune di Udine l'utilità di condurre un canale derivando l'acqua dalla Ledra e dal Tagliamento. Il suo interessamento valse un dono di 10 ducati per il suo "buon animo verso la città", ma il progetto proposto non ebbe poi seguito a causa degli ingenti costi previsti.

Trentacinque anni dopo, il Luogotenente Lippomanno, riprendendo in mano il progetto, si impegnò nella sua esecuzione ordinando lo scavo nei pressi di Andreuzza ma "...dopo tante preoccupazioni, tanti fastidi e tanti sforzi, quando appena tra Corno e Ledra si era fatto uno scavo di circa 800 metri, il progetto del canale Ledra era ancora rimesso nel vecchio cassetto..." (*Battistella*, 1931).

Nel 1592, il conte Giulio Savorgnan incitò la Repubblica di Venezia e la città di Udine a scavare un canale per adoperare le acque dei due fiumi ad irrigare le campagne. Se non che, essendo il Savorgnan morto il 15 luglio 1595, l'ardito suo pensiero non ebbe esecuzione (*Fabris, G. B.*, 1896).

Un'interessante opuscolo di *Benoni I.* (1886), scritto in occasione delle nozze del dott. Guglielmo Ghinetti e Anna Serravalle, illustra il progetto di costruzione del Ledra-Tagliamento dell'anno 1666, nel quale si prevede la realizzazione di un canale che, dal Tagliamento, attraverso l'Orzelat e il Ledra, conduca le acque a Udine e nel Taglio di Palmanova.

Nel 1829, l'ingegnere Bassi G. riprende nuovamente il progetto, preparando anche "un prospetto sinottico delle utilità che sarebbero derivate dalla costruzione dell'opera: commerciali, agrarie e morali", ma senza produrre il risultato voluto.

Questo accadde anche nel 1839, quando "gli uomini più riguardevoli della città e della provincia si costituirono in Società promotrice della impresa del Ledra e commissionarono per conto proprio all'egregio ingegnere Gianbattista Locatelli l'incarico di studiare un progetto che valesse a provvedere di acque irrigue e potabili i paesi della pianura inacquosa del Friuli, escludendo l'antica idea di un canale navigabile" (*Battistella*, 1931).

Si mise al lavoro, poi, l'ing. Bucchia il quale definì il progetto Ledra-Tagliamento

come “il rigeneratore economico di gran parte del Friuli” e, nel 1867, riuscì a sbloccare la situazione con una nuova proposta che venne poi integrata dall’ing. Locatelli nel 1874.

Il progetto esecutivo venne ultimato il 5 agosto 1876 e approvato un mese più tardi. Nel mese di dicembre, nacque il Consorzio di ventinove Comuni per la costruzione e l’esercizio del Canale Ledra-Tagliamento e furono avviati i lavori.

Il canale Ledra-Tagliamento ha un percorso di 65,20 chilometri “sul territorio dei comuni del distretto, meno su quello di Varmo. Le sue acque, oltre che per i domestici, si impiegano per usi di irrigazione, e degli adacquamenti” (Fabris, G. B., 1896).

Il canale preleva l’acqua dal fiume Tagliamento, attraverso la presa di Ospedaletto, per incontrare, poi, a sud di Farla, il torrente Corno. Ledra e Corno si dividono nuovamente all’altezza del nodo idraulico di San Mauro per poi ricongiungersi al nodo idraulico di Rivotta. Dallo snodo di S. Mauro, si diramano quattro corsi d’acqua: il Ledra, il Corno, il canale Giavons e la roggia dei Mulini. La roggia dei Mulini riceve, inizialmente, 1 mc/sec per poi ritornare al torrente circa 500-700 litri/sec presso lo snodo di Rivotta. Da questo punto, l’acqua del fiume Ledra “va ai “comizi”, strutture che regolano l’irrigazione di circa 100 ha; nell’ambito di questi comizi l’acqua viene distribuita alle canalizzazioni secondarie” (Mossenta G. e Melchior G., 2005). Nei periodi estivi di massima richiesta irrigua, l’acqua viene convogliata nei canali Ledra e Giavons. In questi casi, il torrente Corno, dopo lo snodo di Rivotta, riceve acqua solo dalla roggia dei Mulini. Se l’acqua non è necessaria a fini irrigui, viene scaricata nuovamente nel Corno nei pressi di Mereto di Tomba.

Nel libro “Il torrente Corno” di Mossenta e Melchior è riportato in modo schematico il sistema di canalizzazione delle acque del Corno e Ledra, che viene riproposto nella figura sottostante.

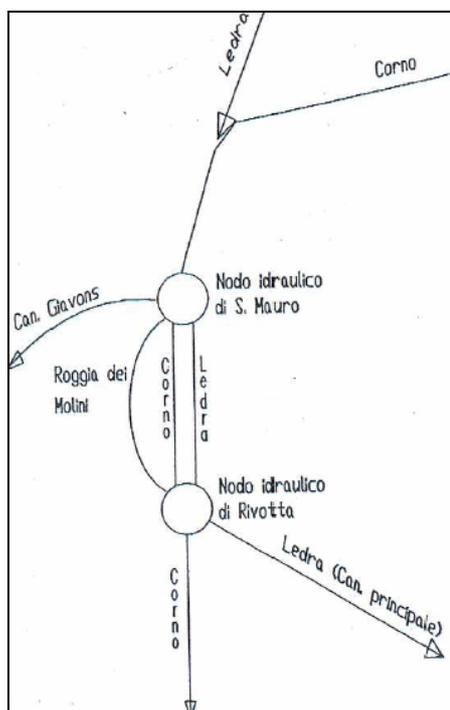


Figura 1.5.1: schema del sistema di canalizzazione delle acque del Corno Ledra (Mossenta G., Melchior G.)

Il canale Ledra-Tagliamento, costruito per avere una portata di 25 *mc/sec*, doveva assolvere a 3 principali funzioni: fornire acqua potabile per uso domestico, produrre forza motrice e irrigare. Le prime due necessità furono soddisfatte in breve periodo mentre per l'irrigazione si dovette aspettare dopo il 1918. La capacità del canale permise, comunque, un'irrigazione che consentì di raggiungere 9 -10 mila ettari di terreno (*De Piero G, 1968*).

Quantificando portate e utilizzi dell'acqua che scorre nel canale Ledra, si riporta una citazione di Tonini del 1928: “La derivazione del canale Ledra sono circa 14 *mc/sec* sui 17,50 di competenza del Consorzio, poiché 3 *mc* e più sfuggono ad Osoppo per la imperfezione del manufatto di presa. Di quei 14 *mc*, una metà circa viene dopo l'uso industriale od irriguo, abbandonata nelle rogge di Codroipo, di Bertiole, di Talmassons, e Castions di Strada; l'altra metà è probabile vi giunga per vie sotterranee, affluendo al colatoio, dove gran parte delle acque di rifiuto del Friuli si vengono a radunare come in una conca naturale....”



Figura 1.5.2: tratto del canale Ledra-Tagliamento

Il territorio posto a sinistra del canale Ledra venne bonificato ad opera del Consorzio fondiario Lini-Corno, Consorzio che ha contribuito notevolmente alla bonifica delle aree paludose nei pressi del torrente Corno. Nel 1955 il Consorzio bonificò più di cento ettari di terreno rendendo possibile la coltivazione del mais. Fino a non molto tempo fa, vi era la convinzione comune della necessità di bonificare i terreni paludosi, considerati quasi esclusivamente aree malsane, prive di ogni potenzialità.

Sul Corno-Ledra è presente, inoltre, una centralina idroelettrica costruita tra gli anni 1890 e 1896: essa produsse energia elettrica fino agli anni '80 e da qualche anno il Comune di San Daniele ha in progetto di recuperare l'edificio per un utilizzo didattico. Dalla centrale elettrica del cotonificio udinese, il canale Ledra lascia il torrente Corno e si dirige verso Udine scaricando nel collettore orientale che, dopo aver percorso 45 *km*, terminerà il suo corso nel Torre (*Martinis M., 1992*).

Dopo la costruzione del canale è stata realizzata una traversa di sbarramento “per consentire la nuova presa della roggia dei molini e, quindi, alimentare il salto del molino dato in concessione alla famiglia Concina” (*Mossenta G. e Melchior G., 2005*).

1.6 IL LAGO DI S. DANIELE E IL REPUDIO

“Dei numerosi laghi esistenti una volta nell’anfiteatro morenico, com’è attestato dai numerosi acquitrini e dalle vaste torbiere, unico superstite è il laghetto di Sandaniele” (*Larice, R.*, 1920).

Il lago di San Daniele, chiamato anche lago di Ragogna, dato che la maggior parte della sua superficie si estende in tale Comune, si trova “a monte del semicerchio morenico più esterno e insieme il più continuo e il più elevato, che va da Pignano e S. Daniele per Fagagna, Moruzzo, Tricesimo fino a Qualso” (*Musoni F.*, 1907), ha una forma quasi circolare, un diametro di 700 metri, un bacino di 5 kmq, una profondità di 8 metri e si trova a 195 metri s.l.m.. Nell’ottocento, il lago aveva un diametro e una profondità decisamente maggiori. Il bacino era quasi il doppio dell’attuale. Nel 1876, Marinelli G. attribuiva al lago un perimetro di ben 26 km (*Musoni F.*, 1907).

Il lago mantiene la sua vita grazie alle precipitazioni, a parecchi rivoli come il Rio Riulis ed alla presenza di sorgive sotterranee. *Martinis M.* (1992) sostiene l’esistenza di un antico emissario sotterraneo in base ad una voragine, nella parte sud del lago, profonda 10 metri.

Intorno a metà del ‘900, i terreni adiacenti al lago vennero bonificati a fini agrari. Bonifica, sbarramento sul Repudio e canali drenanti hanno causato l’abbassamento del livello del lago e la riduzione del bacino.

Come suddetto, il lago ha diversi affluenti, tra questi il rio Riul, conosciuto come rio Majon che, raccogliendo diverse piccole sorgenti lungo il suo corso, scende dal versante del monte di Ragogna. Altro affluente degno di nota è il rio dei Coch, alimentato da una fonte denominata “Bollana” di cui vengono ricordate le acque purissime e buone, e da una piccola sorgente.

Dai colli di Pignano, così come dalla riva meridionale e settentrionale, entrano piccoli affluenti periodici, fossi e canali “scavati artificialmente che servono da scolatoi ai terreni periferici, più o meno acquitrinosi e paludosi, secondo le piogge” (*Musoni F.*, 1907).

Come osservava *Musoni F.* (1907) agli inizi del ‘900, non era facile quantificare l’acqua che il lago riceveva da affluenti, risorgive e canaletti. Considerando, però, i valori delle precipitazioni annue delle stazioni pluviometriche posizionate nei centri più vicini al lago, *Musoni* stimò che nel bacino del lago di San Daniele confluissero una media annua di 1700 mm.

Sempre *Musoni F.* (1907) cita il maggio del 1905 come un mese in cui ci furono forti inondazioni che causarono ingenti danni a tutta la pianura veneta occidentale. E, proprio in questa circostanza, lo storico ci testimonia che “tutti i terreni pianeggianti intorno al lago, erano stati ricoperti dalle acque le quali avevano invaso perfino i campi che si estendono oltre il canale e la strada fiancheggiante la costa orientale, fino a 90 metri lacustri dalla medesima! Certamente la superficie dello specchio lacustre doveva essere aumentata per lo meno di un terzo”.

L’unico emissario superficiale del lago è il torrente Ripudio dal latino “Rivus – Putens” chiamato così per gli odori maleodoranti delle acque presenti soprattutto nei periodi di siccità.

Il Ripudio si origina a quota 186 s.l.m. in località Palus e, dopo un percorso di 800 m, esce dai confini comunali di Ragogna, nei pressi del cimitero ebraico, attraversando il

territorio di S. Daniele sino ad affluire in località Case Ricci, nel canale Ledra; affluente del Ripudio è il Riul Revenat che nasce sulle pendici del monte di Ragogna.

Nel 1930, venne costruita una “chiusa” volta a regolare la fuoriuscita dell’acqua dal lago. Il torrente, della lunghezza di 15 km, trasporta una grande quantità di ghiaie: “la sedimentazione del materiale avviene, in prevalenza, subito a valle e, in parte, in corrispondenza del ponte. I materiali trasportati con granulometria maggiore resistono anche alle piene del Corno e corazzano la sponda e il fondo, spostando l’alveo attivo del torrente in sponda sinistra. Il sovralluvionamento persistente in sponda destra, mette a rischio il corretto funzionamento delle opere idrauliche che si collocano subito a valle e che sono già state realizzate (scolmatore)” (*Mossenta G. e Melchior G.*, 2005).

1.7 I PONTI

Fin dall’antichità gli attraversamenti sul Corno venivano effettuati grazie all’ausilio di passerelle in legno o di piccoli guadi. I primi ponti, in cemento o in pietra, iniziarono a comparire già nel ‘700 ma, fino al 1870, erano pochissimi rendendo difficoltoso il passaggio dei cittadini che volevano recarsi nei paesi vicini.

Il ponte più antico di cui si hanno notizie risulta essere il “Puint di pierè” citato sin dal 1194 e che si trova nei pressi della cava di S. Eliseo, a Majano (*Mossenta G. e Melchior G.*, 2005).

Martinis M., (1992) ci offre notizie di un ponte di legno sul Ledra a Tiveriaco, di cui si conoscono le date delle riparazioni o rifacimenti del 1490, 1538 e del 1763. Di un altro ponte in legno, situato sul Ripudio, si hanno notizie del suo rifacimento nel 1663. Nel 1519 venne riparato, invece, il ponte che univa l’isola al Cimano. Del 1700 risulta il ponte nei pressi di Giavons costruito in pietra e a due luci (*Mossenta G. e Melchior G.*, 2005).

Attualmente diversi sono i ponti che si possono attraversare lungo il corso del torrente Corno. Si riportano di seguito alcuni esempi descritti dallo studioso *Mossenta G.*:

- ponte a Nogaredo di Corno datato 1886;
- ponte a Coseanetto datato 1887;
- ponti a Mereto di Tomba: uno venne costruito sulla strada che porta a Coderno, datato 1846; il ponte venne ristrutturato nel 1893 a causa di una fenditura lungo tutta la lunghezza del ponte stesso, causata dall’infiltrazione dell’acqua piovana. Altre modifiche vennero apportate nel secondo dopoguerra e nel 1973. Dopo cinquant’anni dalla costruzione di questo ponte, altri due vennero costruiti in comune di Mereto: uno a Pantianicco in direzione Sedegliano e l’altro a Mereto in direzione Barazzetto. Questi due ponti furono progettati dall’ing. Rosmini E., nel 1892, in ferro e legno. L’evento di piena del 1893 costrinse l’ing. Rosmini ad apportare delle modifiche progettuali alzando il piano di posa dei ponti. A Pantianicco venne alzato di 0,35 m, mentre a Mereto di 0,80 m. Nel 1897 entrambi i ponti erano percorribili. Diverse furono le riparazioni effettuate sui due ponti nel corso degli anni, anche in seguito ad eventi meteo-climatici;
- due ponti in comune di Buja: uno sulla via “cuc dal plevan” datato 1870 e uno sulla strada provinciale Osovana; oltre il Paludo, dopo la bonifica, sono stati costruiti due ponti in cemento armato con il compito di assolvere l’importante

- funzione di garantire il passaggio dei mezzi agricoli tra i vari appezzamenti;
- il ponte dei Lizzi: ponte che collega la strada comunale di Colloredo di Monte Albano con San Salvatore. Il ponte venne fortemente danneggiato in seguito all'alluvione del 1920. In seguito venne ricostruito più a est;
 - ponte nei presi del Molino Concina: “ampia costruzione con spalle in muratura di pietrame e ponte in stillate di travatura legname, a 6 luci di *m.* 5 ciascuna [...] parapetti in legname, piano stradale in legno con sovrapposta ghiaia, larghezza della carreggiata *m.* 3”;
 - ponte sulla strada che da Arcano Superiore si dirige verso San Daniele in località molino Bic. Questo ponte si trova nel mezzo tra i due comuni di Arcano superiore e San Daniele; venne distrutto in seguito all'alluvione del 1920 e poi ricostruito;
 - ponte a Raucicco: manufatto in degrado e ricostruito nel 1951 in cemento;
 - ponte tra Rodeano e Rivotta datato 1932;
 - ponti a Pantianicco: il paese di Pantianicco ha un altro ponte sul Corno costruito dopo il 1945 dall'impresa Todt. Questo ponte, inizialmente abbandonato, venne ripristinato solo nel 2001. Altri due ponti sono il ponte di Sore, demolito e ricostruito nel 2004, e il ponte di S. Antonio.

Nel Comune di Codroipo non erano presenti molti ponti, vi erano soprattutto guadi da attraversare. L'unico ponte di cui si hanno notizie, grazie all'esame della cartografia napoleonica, è il ponte di Zompicchia. Solo nel 1948 furono costruiti i due ponti che consentivano agli abitanti il transito verso Passariano e verso Rivolto.



Figura 1.7.1: immagine del ponte di Barazzetto

L'unico ponte ferroviario situato sul Corno è stato costruito nel 1860 e si trova nel Comune di Codroipo.

Tra i ponti più recenti, degno di nota è il ponte di Barazzetto. Costruito nel 1896, originariamente il ponte fu realizzato in ferro e a 3 campate, si trova in una strada secondaria e consente l'accesso ai campi coltivati. Il ponte venne restaurato grazie all'ausilio della Protezione Civile nel 2001 per porre rimedio all'elevata permeabilità della viabilità e del materiale di riempimento posto nella parte superiore (*Mossenta G. e*

Melchior G., 2005).

1.8 RITROVAMENTI ARCHEOLOGICI

Reperimenti trovati nei pressi del torrente Corno testimoniano, ancora una volta, l'unicità del rapporto tra l'uomo e l'acqua. Molti, infatti, risultano i reperti archeologici nei pressi del torrente di cui si riportano alcuni esempi.

Lame, schegge e strumenti di varia natura, appartenenti al periodo mesolitico, sono stati rinvenuti, nel 1988, nei Comuni di Cassacco e Treppo Grande.

De Piero G. (1985), nel suo testo "Il Friuli nella preistoria", riporta informazioni in merito ad alcuni ritrovamenti in Comune di Fagagna: "Nelle ghiaie del torrente Corno, a monte della strada Farla-Fagagna, [...] venne trovata nel lontano 1879 una bellissima ascia ad alette mediane [...], questo tipo di ascia caratteristica del III periodo del bronzo è tra i più frequenti nella nostra regione, comune nelle terraferme e nelle palafitte padane ed emiliane".

Rinvenimenti del primo e secondo periodo del bronzo vennero effettuati nelle vicinanze del torrente Gialla, nel 1881: una lama di pugnale comune dei paesi del Mediterraneo. Due anni più tardi, sempre nella stessa zona, si trovarono cocci, frammenti metallici e monete appartenenti al periodo romano di Augusto e Marco Aurelio. Altri resti appartenenti al periodo romano vennero individuati anche nel punto ove il rio Cuarnarie si immette nel torrente Corno: sono state rinvenute macerie di origine romana. Poco più avanti, vicino i casali Benedettini, furono trovati resti di mattoni romani. Dopo l'anno del terremoto del 1976, gli scavi portarono al ritrovamento di diversi materiali tra cui coppie e monete romane (*Mossenta G. e Melchior G., 2005*).

Anche in località Soprapaludo vennero trovati oggetti antichi: "8 ferri di cavallo, del tipo piatto largo e una punta di lancia." Nella stessa zona si osservarono, inoltre, i resti di "un tratto di strada orientata probabilmente est-ovest, con strati di ghiaia, terra e grandi ciottoli intatti, forse parte di un raccordo secondario con la via Concordia-Norico e il vicus di San Daniele; alcuni anni più tardi, nel 1955, venne recuperata una fibula in bronzo a balestra, di epoca tardo antica" (*Mossenta G. e Melchior G., 2005*).

Tra i resti più antichi rinvenuti non si possono non ricordare, infine, i materiali litici reperiti nei pressi del lago di Ragogna dal gruppo archeologico di Reunia. Si pensa che tra le alture di Ragogna passasse la via denominata "dei metalli" che collegava l'Italia settentrionale al Norico (*Martinis M., 1992*).

1.9 ATTIVITÀ ECONOMICA E APPROVVIGIONAMENTO IDRICO LUNGO IL TORRENTE CORNO

1.9.1 L'importanza dei molini nella regione

Lungo i fiumi e i canali della regione Friuli Venezia Giulia sorsero numerosi mulini (mulino o molino, dal latino *molinum* derivante da *mola*) che favorirono un radicale mutamento del sistema economico del tempo. Nonostante fossero conosciuti già al tempo dei romani, la massima fioritura avvenne nel medioevo e i mulini costituirono per la popolazione una preziosa fonte economica divenendo uno degli strumenti più utilizzati e azionati grazie alla risorsa idrica. La loro importanza era così grande che anche la legislazione li proteggeva. Già nell'editto di Rotari, promulgato il 22 novembre

643 si prevedeva la protezione dei mulini in età longobarda.

L'uomo imbrigliò la forza dell'acqua per muovere le ruote del mulino e macinare frumento e grano da cui produrre farina. Molti, però, furono gli anni che passarono prima che il grano venisse macinato grazie all'ausilio dei mulini ad acqua. Falcioni G. (1878) ci informa che, nella provincia di Udine, nel 1878, tutti i mulini erano azionati dalla forza dell'acqua grazie a ruote verticali in legno. Nelle zone di pianura, le ruote erano posizionate a fianco o "*per dissotto*", mentre in montagna venivano impiegate "*per dissopra*". In tutta la provincia di Udine, in quegli anni erano presenti 803 molini di cui oggi si hanno poche tracce.

I mulini nelle terre della Bassa friulana avevano un vantaggio notevole rispetto a quelli situati al nord della regione poiché, grazie al clima mite, le acque non gelavano durante il periodo invernale e consentivano ai mugnai di lavorare tutto l'anno.

Mulini, opifici e fucine caratterizzavano dunque la vita economica del tempo. Essere proprietario di un mulino, significava "*gestire l'acqua che lo azionava, trarne un reddito in denaro e in natura, avere alle proprie dipendenze lavoratori della terra e dell'artigianato, talvolta anche esercitare poteri giurisdizionali nell'ambito dell'opificio*" (Zenarola, 1995). Coloro che possedevano i mulini (nobili e prelati), potevano gestire in proprio le attività strettamente connesse con l'utilizzo dei mulini o affittarli. Per citare un esempio, Martinis M. (2002) ci indica che l'affitto che il mugnaio doveva versare per il mulino di Arba corrispondeva a "*quattro spalle porcine e a quattro capponi*".

1.9.2 I molini presenti lungo il corso del torrente Corno

Molte erano, in epoca medioevale, le lotte per il possesso dei molini. Le due famiglie, perennemente in lotta per l'utilizzo delle acque del torrente Corno, erano gli Arcano e i San Daniele. "Le contese erano motivate dalla mancanza di confini predeterminati sulle rispettive giurisdizioni e di regole ben definite sulla derivazione delle acque per muovere le ruote dei mulini, in un contesto ambientale molto importante per l'economia del tempo" (Mossenta G. e Melchior G., 2005). Le due importanti famiglie si scontrarono per quattro secoli fino al 1636, anno in cui il luogotenente, allora in carica della Serenissima sancì che le acque del Corno potevano essere utilizzate da tutti indistintamente. La roggia dei Molini, potendo disporre di una portata di due metri cubi d'acqua, consentiva lo sviluppo economico del luogo.

Nel Comune di Rive d'Arcano esistevano cinque mulini sul torrente Corno documentabili sin dal XVII secolo. Bosa R. (1991) evidenzia nella Carta Topografica del Regno d'Italia del 1891 la presenza di otto mulini nel tratto della valle del Corno tra le chiese di S. Mauro e S. Martino. "Alcuni, localizzati nella parte alta del tratto del Corno preso in considerazione, sono riportati con una denominazione specifica (Molino Gonaro, M. Ricci, M. Rovere, M. Poiana, M. Nicli); altri, adiacenti ai nuclei abitati di Giavons e di Raucicco, sono indicati solo con la simbologia grafica".

Nei Catasti Napoleonico e Austriaco risultano sempre sette impianti molitori con un numero di ruote variabili da due a quattro.

Anche Falcioni G. (1878), nel suo testo "Cenni storici e statistici sui molini da grano nella provincia di Udine", rileva la presenza di sette mulini funzionanti con palette di fianco.

Bosa R. (1991), nel suo testo, cita i seguenti mulini dalla chiesetta di S. Mauro fino a Raucicco:

- Mulino GONANO all'altezza della strada S. Daniele - Arcano Superiore;
- Mulino RICCI a ridosso del ponte della strada S. Daniele-Arcano Superiore. Nel Catasto Napoleonico risultava di proprietà di Arcano Alfonso, in quello Austriaco risultava di proprietà di Della Vedova Tommaso;
- Mulino ROVERE lungo il canale artificiale Ledra, sotto la chiesetta di S. Mauro. Nel Catasto Napoleonico risulta di proprietà di Arcano Alfonso, in quello Austriaco di Floreano Antonio;
- Mulino POANA lungo il canale Ledra, poco a valle del mulino Rovere. Di questo mulino si possiede la documentazione più antica. In un documento del 1746 viene citato tale mulino, di cui si scrive che è un molino "tanto antico che non è possibile trovare strumenti che dimostrino il tempo della sua creazione". Nel Catasto Austriaco il molino da grano con pista d'orzo e casa colonica risulta essere di proprietà di Filippo Narduzzi;
- Mulino NICLI lungo la Roja. Nel Catasto Napoleonico viene descritto come molino a tre ruote e risulta di proprietà di Pietro di Giulio, in quello Austriaco di d'Ardano Egidio e Carlo.
- Mulino DELLA VEDOVA da grano ad acqua, a nord del ponte sulla roggia all'altezza dell'abitato di Giavons. Nel Catasto Austriaco viene descritto di proprietà di Della Vedova sacerdote;
- Mulino BAZZARO con due impianti idraulici. Nel Catasto Napoleonico compare solo un molino a quattro ruote di proprietà di Arcano Raimondo mentre in quello Austriaco risulta essere di proprietà di Camovitto Daniele, proprietario anche della pista d'orzo posta sull'altro lato della roggia;
- Mulino di RAUCICCO, di cui non esiste più alcuna traccia era ubicato ad est dell'abitato di Raucicco. Nel Catasto Napoleonico risulta avere due ruote ed essere di proprietà di Giuseppe Arcano. Nel Catasto Austriaco i proprietari identificati risultano di Minciotti Giulia vedova Arcano.

1.9.3 La particolarità dell'approvvigionamento idrico a Pantianicco

Un elemento sicuramente da sottolineare fu l'ingegnoso sistema di approvvigionamento idrico realizzato dagli abitanti del Comune di Pantianicco. Gli abitanti deviarono le acque del torrente Corno incanalando l'acqua verso il paese. Cinque erano gli stagni collegati uno all'altro. Quando uno stagno era colmo, l'acqua traboccava in quello seguente.

"Unico era il punto dove l'acqua del Corno veniva deviata e incanalata in direzione del paese (quello che dà sulla strada di campagna che fiancheggia il magazzino dell'Agraria Moderna di Via del Corno). In quel punto - durante le piogge -, quando il torrente si ingrossava, la gente sistemava dei pianali (scjalars) di carro, costringendo l'acqua ad alzarsi oltre il livello solito, fino a farla tracimare verso il paese. La strada era molto più bassa di quella attuale, incassata tra i campi e fiancheggiata (dal lato di S. Antonio) da un fossato, dove crescevano "baraz" rovi e ortiche. In esso veniva convogliata l'acqua che andava ad alimentare gli stagni" (*Mattiussi A. e Bevilacqua C.*, 1993).

Il primo stagno (suei), denominato “di Ferin” si trovava a circa 200 metri. Da questo, l’acqua passava, poi, attraverso un canale, in altri suei: lo “suei di sora” e lo “suei vecju” da una parte e lo “suei grant” e lo stagno nel “borc di sot” dall’altra.

Il “suei vecju” era situato nella piazzetta del “Borc di sora” mentre, sulla destra di Via del Corno, c’era il “suei di sora”. Quest’ultimo e il “suei di Ferin” erano posti su proprietà private. La terra asportata negli scavi veniva utilizzata per elevare gli argini del torrente o per rialzare il fondo stradale. Il “suei gnouf” situato nei pressi del torrente venne ricoperto durante gli anni del riordino fondiario 1979-1980. Il “suei grant” era, invece, lo stagno di dimensioni più elevate posto nel centro del Paese; venne chiuso negli anni venti. Il “suei dal timblic”, posto in via Caterina Percoto, era l’unico che si alimentava solo grazie all’acqua piovana (*Mattiussi A. e Bevilacqua C., 1993*).

1.9.4 Le torbiere

Un’altra fonte di reddito per gli abitanti lungo il torrente Corno era data dall’esistenza delle torbiere, ambienti caratterizzati da acquitrini o paludi e conseguenti a un processo molto lungo dato dall’interramento di uno specchio d’acqua o dall’impaludamento di una zona asciutta. Possiamo sicuramente affermare che, nella nostra regione, in passato, le zone umide erano molto vaste. Tali ambienti subirono una modifica radicale in seguito alle bonifiche del ventesimo secolo.

Nel 1850 il Barozzi scriveva: “a Buja vi sono quattro torbiere, e potrebbero essere aumentate di molto, tanto più che la torba che vi si estrae è di buona qualità, e dove fosse assoggettata alla necessaria carbonizzazione potrebbe adoperarsi oltreché negli usi domestici, anche nelle fornaci, nelle fabbriche, e come produttrice di gas, sollevando così il nostro paese dal tributo che paga all’industria straniera” (*Costantini E., 2000*).

In un’interessante pubblicazione, curata dal WWF Sezione Friuli Collinare (1997), si evidenzia come la zona di Buja fosse “originata dalla risorgenza delle acque di falda presenti nel corpo dell’apparato morenico ed occupava l’intera piana di Carvacco dando origine al torrente Corno che ne drenava le acque”.

Con il passare degli anni l’area paludosa venne prosciugata, quasi completamente, grazie ai lavori di bonifica eseguiti. È rimasta, comunque, attualmente una minima parte di torbiera delle dimensioni di circa due ettari.

Toniutti (1914) riporta nel testo “Feagne” che il conte Asquini il 13 febbraio 1770, durante un incontro con la società agraria di agricoltura pratica, tenne un discorso in merito alla scoperta e utilizzo della torba in mancanza di boschi e del legname.

Mossenta G. e Melchior G., 2005, parlando della cava di S. Eliseo, evidenziano come la torba estratta venisse utilizzata per la realizzazione dei laterizi nella fornace “Morandini” (1928).

La pianura friulana conserva, ancor oggi, lembi di torbiere e paludi che sono stati risparmiati dalle grandi trasformazioni agricole del territorio e che ospitano specie vegetali ed animali assai rare e vulnerabili: il loro elevato valore è oggi ben noto tanto che sono stati istituiti numerosi biotopi ed alcuni Siti di Importanza Comunitaria per una loro attenta salvaguardia. Il loro stato di conservazione, tuttavia, è precario anche a causa dell’abbassamento della falda e dei periodi di siccità per cui sono necessari interventi di gestione e di ricostruzione ambientale che ne garantiscano la sopravvivenza e la qualità per le generazioni future.

Attualmente nella zona morenica, esistono ancora piccoli lembi di zone umide fra il canale Ledra e il Repudio, nel Cimano, a Majano in località Casasola, nei pressi di Farla, a nord di Fagagna nel bacino del rio Lini, a Caporiacco nel bacino del Rio Avone, a Moruzzo, in località Fornasate, a nord di Fontanabona e Lazzacco, presso borgo Zurini, Zegliacco e Zeglianutto, a Raspano. Quest'ultima torbiera è stata individuata come biotopo naturale "ai sensi degli articoli 2 e 4 della legge regionale 30.09.1996 n. 42 con Decreto n. 363 del 28.09.2001 del Presidente della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e quindi sottoposta a vincolo di tutela e conservazione" (*Martinis M.*, 1992).

1.10 LA BONIFICA E IL TORRENTE CORNO

"La Pianura Friulana nei tempi storici era una vasta estensione di terreni incolti, ghiaiosi, di magri pascoli e di campagne squallide interrotte da macchie di roveti, di boschi, di sterpaglie. Specialmente la parte compresa fra il medio Tagliamento e il Torre, fiumi dal basso letto, solcata soltanto dal Corno e dal Cormor, corsi d'acqua torrentizi, essi pure d'alveo incassato, per l'aridità del terreno offriva un aspetto desolante" (*Battistella A. e Magnani V.*, 1931).

1.10.1 Bonifica nella parte alta del torrente Corno

L'area paludosa, in comune di Buja, venne bonificata intorno al 1919 e, in tale occasione, il letto del torrente Corno venne abbassato di 1,50 metri (*Mossenta G. e Melchior G.*, 2005).

Mossenta G. e Melchior G. (2007) ci informano anche del fatto che l'area paludosa "si allargava sino a Colloredo e Majano e, solo a partire dal XVIII secolo, cominciò, soprattutto con la bonifica operata dall'uomo, ad asciugarsi, come si può ricordare, il Paludo Macilis ed il Palmaon".

Anche il Consorzio Lini-Corno ebbe un ruolo importante nell'azione di bonifica: nel 1955, infatti, "riordinò oltre 100 ettari di territorio posto a sinistra del canale Ledra tra i Comuni di S. Daniele, Majano e Rive d'Arcano" (*Martinis M.*, 1992).

La zona nei pressi di S. Eliseo venne bonificata in seguito alla rettifica del corso del torrente attraverso il riempimento delle cave oramai abbandonate. Il paesaggio mutò radicalmente trasformandosi da acquitrino paludoso a terreno coltivato. Attualmente è rimasta, in questa zona, solo una piccola area paludosa ovvero parte della cava di S. Eliseo. Dalla cava si estraeva la torba. La cava, chiamata anche "lago presso il Ponte della Pietra" è stata sottoposta a vincolo paesaggistico con l'introduzione della Legge n. 431 dell'8 agosto 1985, nota anche come Legge Galasso.

Anche l'area posta tra le Case Sopra Paludo e il canale Ledra era costituita da palude agli inizi del '900. Attualmente, in zona Cimano, è visibile ancora un piccolo prato molle chiamato "Laduc", segno evidente di come un tempo il terreno fosse acquitrinoso.

La zona compresa tra il Corno, il Ripudio e il Cimano è ricordata proprio per l'esistenza di laghetti e paludi. "Questo complesso e affascinante sistema è stato stravolto pressoché completamente, nei suoi caratteri originari, dai massicci (e oggi impensabili) interventi di bonifica idraulica che hanno trasformato i terreni impaludati in suoli ad elevata fertilità. Le zone umide e i prati acquitrinosi superstiti, sono ricchi di macchie di vegetazione acquatica esuberante e libera, di sterpaglie e di siepi naturali, di

fitta boscaglia e fresco sottobosco e costituiscono tutt'ora nelle loro ridottissime dimensioni, oltre che un habitat prezioso per la fauna selvatica e per la vegetazione acquatica, anche un ambiente selvaggio e pittoresco di alto pregio naturalistico” (*Martinis. M.*, 1992).

1.11 CONSORZI DI BONIFICA ED EVOLUZIONE DEL TORRENTE CORNO

Dopo l'alluvione del 1920, di cui si parlerà in modo approfondito nei prossimi paragrafi, ricordata come una delle più disastrose nella storia del Friuli Venezia Giulia, i Comuni adiacenti al passaggio del torrente Corno, drasticamente colpiti dal nubifragio, si attivarono per cercare una soluzione all'annoso problema delle esondazioni del torrente (*Mossenta G. e Melchior G.*, 2005).

Nel 1931, Coseano fu uno dei comuni promotori per ottenere la classifica in terza categoria del torrente Corno e poter così usufruire degli aiuti economici volti alla realizzazione dei lavori di arginatura. Sei anni più tardi, lo Stato riconobbe la terza categoria al torrente accollandosi, così, quasi totalmente, l'onere delle spese. Sarebbe, però, dovuto nascere un consorzio di proprietari con il compito di provvedere alla manutenzione delle opere stesse. Tale consorzio tardava la sua costituzione finché, nel 1954, e, precisamente il 24 maggio, la prefettura di Udine costituì d'ufficio il Consorzio, nominando in qualità di Presidente, il dottor Alfonso Rizzoli (*Mossenta G. e Melchior G.*, 2005).

Molti erano, in passato, i Consorzi che si occupavano del territorio interessato dal torrente Corno. Nel 1969 erano i seguenti:

1. Consorzio idraulico di terza categoria “Lago di Ragogna” (R.D. 14/7/1928 n. 648);
2. Consorzio idraulico di terza categoria “Lini Corno”;
3. Consorzio idraulico di terza categoria “Corno di San Daniele” (R.D. 22/11/1937);
4. Consorzio idraulico di terza categoria per le opere del fiume Stella affidate al Consorzio di Bonifica “Stella” ora Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana;
5. Consorzio di miglioramento fondiario “Lini-Corno”.

Il Consorzio idraulico del Corno di San Daniele venne incorporato nel Consorzio Alto Friuli prima di essere inglobato nel Consorzio di bonifica Ledra-Tagliamento. Attualmente i Consorzi di bonifica con competenza nel territorio del bacino idrografico del Corno-Stella sono due: il Consorzio di bonifica Bassa Friulana e il Consorzio di bonifica Ledra-Tagliamento.

1.12 PRINCIPALI MODIFICHE OPERATE AL CORSO DEL TORRENTE CORNO

L'asta del torrente Corno, nel corso dei secoli, è stata sottoposta a numerosi cambiamenti, finalizzati a dare un supporto dal punto di vista idraulico ed agricolo. Il corso d'acqua ha subito la regolarizzazione della sezione e notevoli modifiche che hanno interessato l'andamento planimetrico, la forma e la dimensione dell'alveo; è stato, inoltre, rettificato e ricalibrato e sono stati inseriti numerosi salti di fondo in cemento armato.

Nella parte alta del torrente, in Comune di Colloredo di Monte Albano si hanno notizie in merito alla regimazione del torrente con briglie in prossimità di ponti o dei tratti più erodibili intorno agli anni '50. Gli studiosi *Mossenta G. e Melchior G. (2005)* informano anche sulla sostituzione dei tradizionali lavatoi di legno con nuovi lavatoi in cemento armato per evitare che la forza dell'acqua potesse rovinarli o, peggio, distruggerli.



Figura 1.12.1: lavatoio nei pressi di Mels

Dopo l'immissione del canale Ledra, nei pressi di Farla, il torrente riceve il Rio Lini che si forma negli acquitrini intermorenici a tergo di Moruzzo-Fagagna. Un tempo il torrente Lini si immetteva nel Corno a monte del ponte ubicato sulla strada Fagagna-Majano. In seguito a una variazione, l'immissione venne deviata a valle del ponte stesso (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana, 1969*).

Sono state bonificate, inoltre, le paludi nella zona di San Daniele. La bonifica ha prodotto una serie di canalizzazioni che “scaricano le acque alte direttamente nel torrente, mentre, con un sistema di canali e di tre sifoni, le acque basse raccolte in sinistra e in destra del Corno, vengono rilasciate a valle dell'impianto idroelettrico del Comune di S. Daniele, in una roggia derivata dal torrente Corno espressamente per l'utilizzazione del citato impianto di forza motrice. Detta roggia si unisce nuovamente più a valle al torrente in corrispondenza dell'abitato di S. Mauro” (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana, 1969*).

A Rive d'Arcano, troviamo la traversa di derivazione per l'impianto idroelettrico del cotonificio udinese. Questo canale industriale venne costruito tra il 1906 e il 1908 determinando la liberazione dell'alveo dalle portate del Consorzio Ledra da S. Mauro a Rivotta. Tra il 1912 e il 1915, quando si realizzarono il canale industriale e la centrale di Rive D'Arcano, l'acqua nel torrente Corno non fu più costante.

Per la derivazione delle portate utilizzate dall'impianto idroelettrico, costruito in una data antecedente al 1894, è stata realizzata una traversa a valle del ponte Pieli. Dalla relazione del consorzio del 1969 si apprende che tale opera, “rigurgitando il pelo liquido e provocando il rallentamento della corrente durante le piene, è anche causa, assieme agli scarichi dei collettori di bonifica, degli allagamenti” che si verificavano, ancora in

quegli anni, nel tragitto tra il ponte Farla e il ponte Pielì durante intensi eventi meteorologici.

Nel piano di sistemazione del bacino idrografico Corno-Stella, redatto dal Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana nel 1969, sono state disegnate le variazioni del tracciato dei corsi d'acqua nell'area di Farla (Majano). Rilevanti sono state le modifiche prodotte dal 1878, tra cui l'innesto del canale Ledra-Tagliamento, i cambiamenti al corso del torrente Corno e del Rio Lini e la soppressione della roggia dei Molini.

Su gentile concessione del Consorzio di bonifica Bassa Friulana, sono di seguito riportate le rappresentazioni grafiche che evidenziano in modo chiaro l'evoluzione del tracciato del torrente.

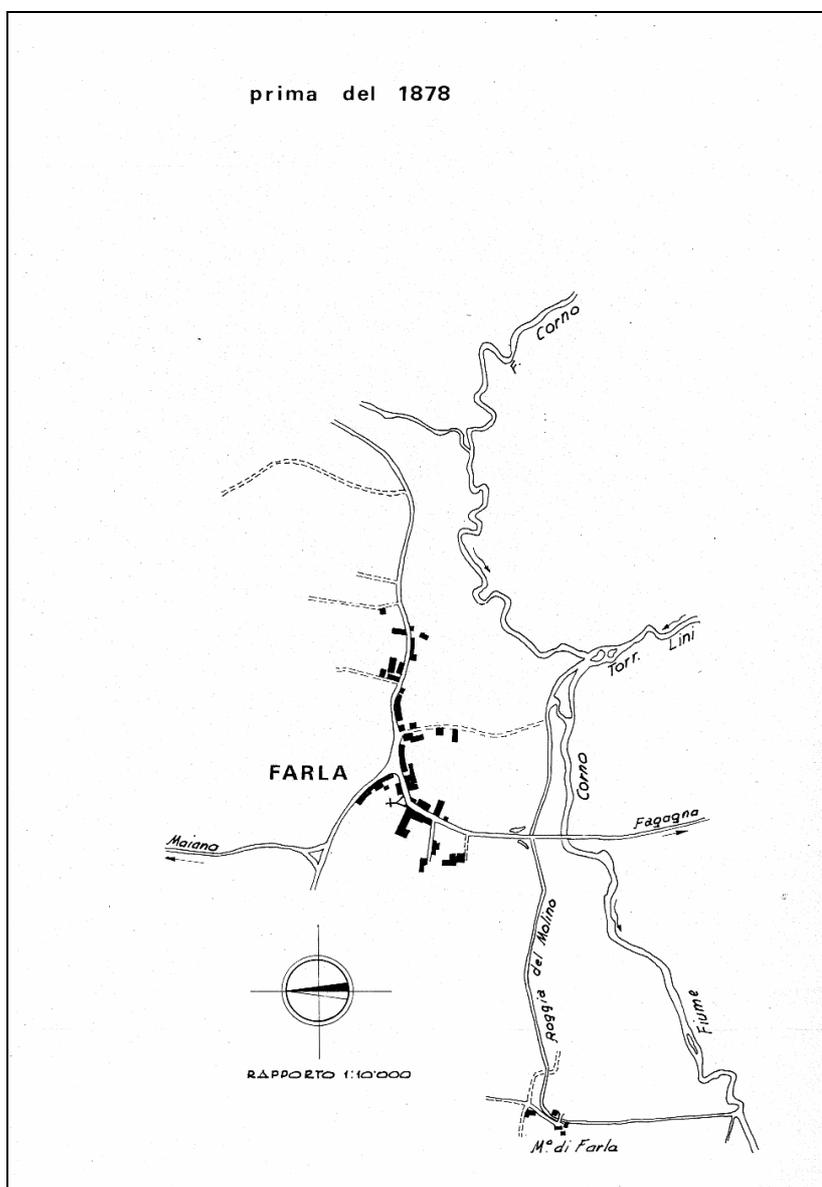


Figura 1.12.2: il torrente Corno prima del 1878

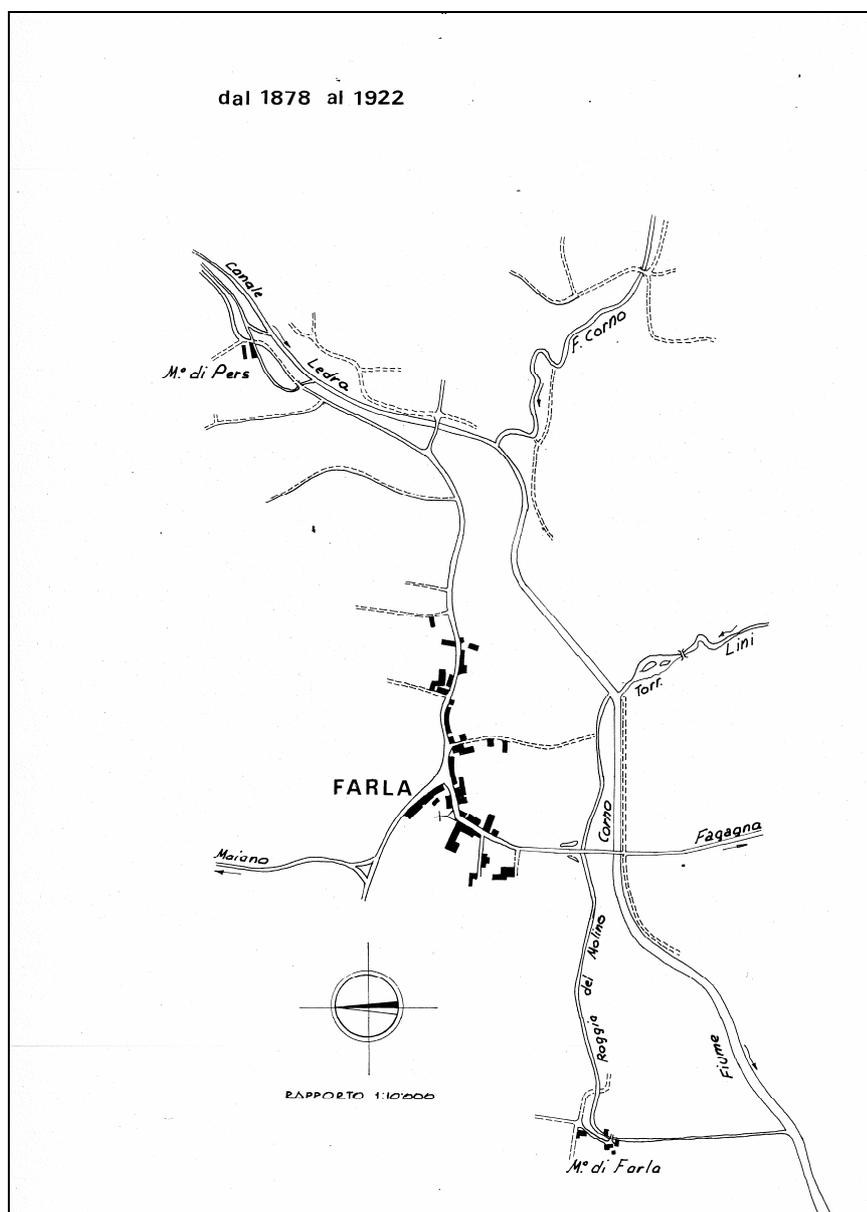


Figura 1.12.3: il torrente Corno dal 1878 al 1922

Nel 1878 il canale Ledra è stato inalveato e fatto confluire nel torrente Corno al limite del confine comunale di Rive d'Arcano aumentando la sua portata da 4-5 *mc/s* a 22-23 *mc/s*.

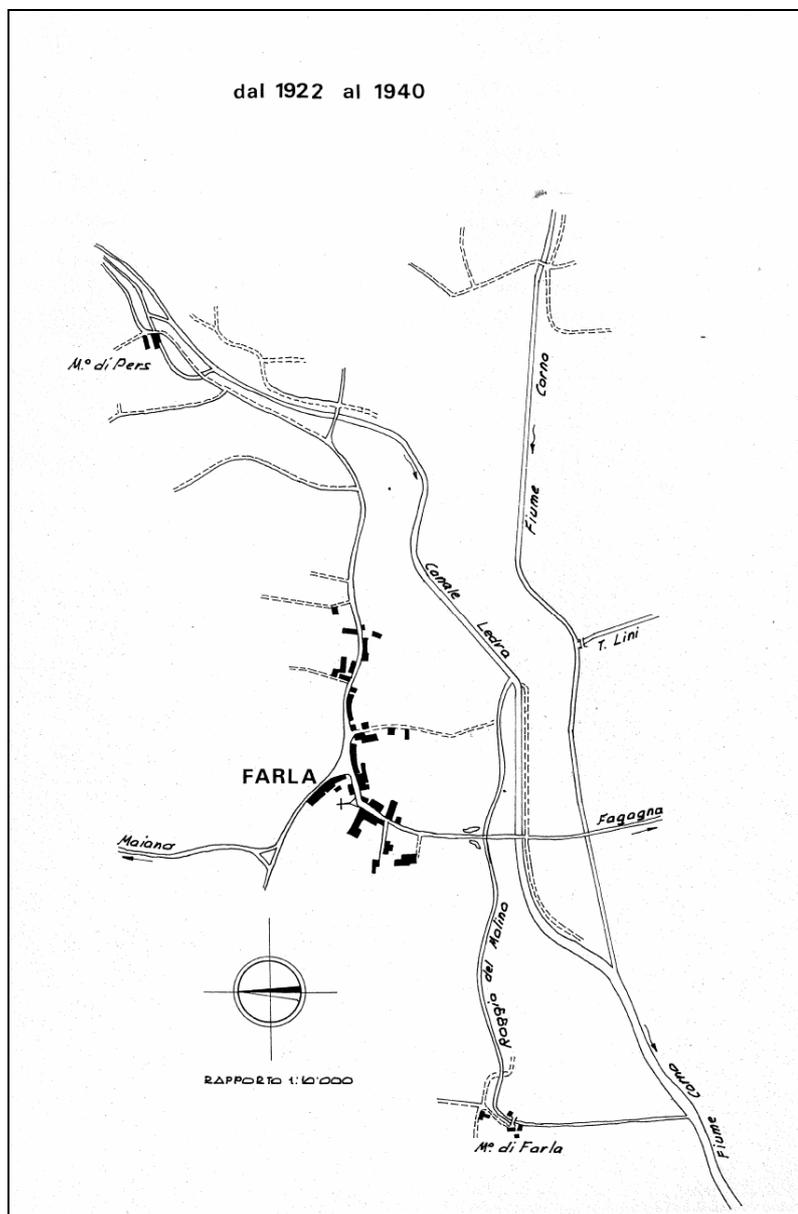


Figura 1.12.4: il torrente Corno dal 1922 al 1940

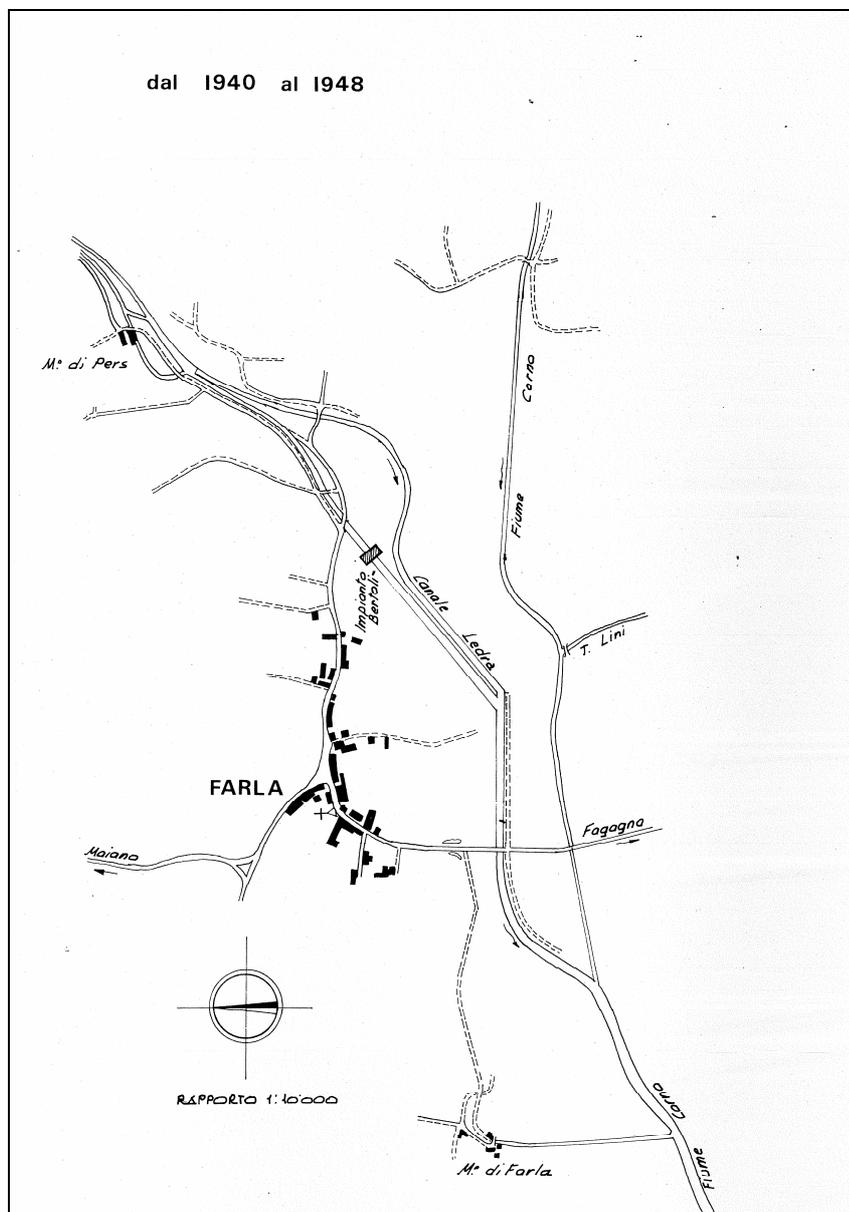


Figura 1.12.5: torrente Corno dal 1940 al 1948

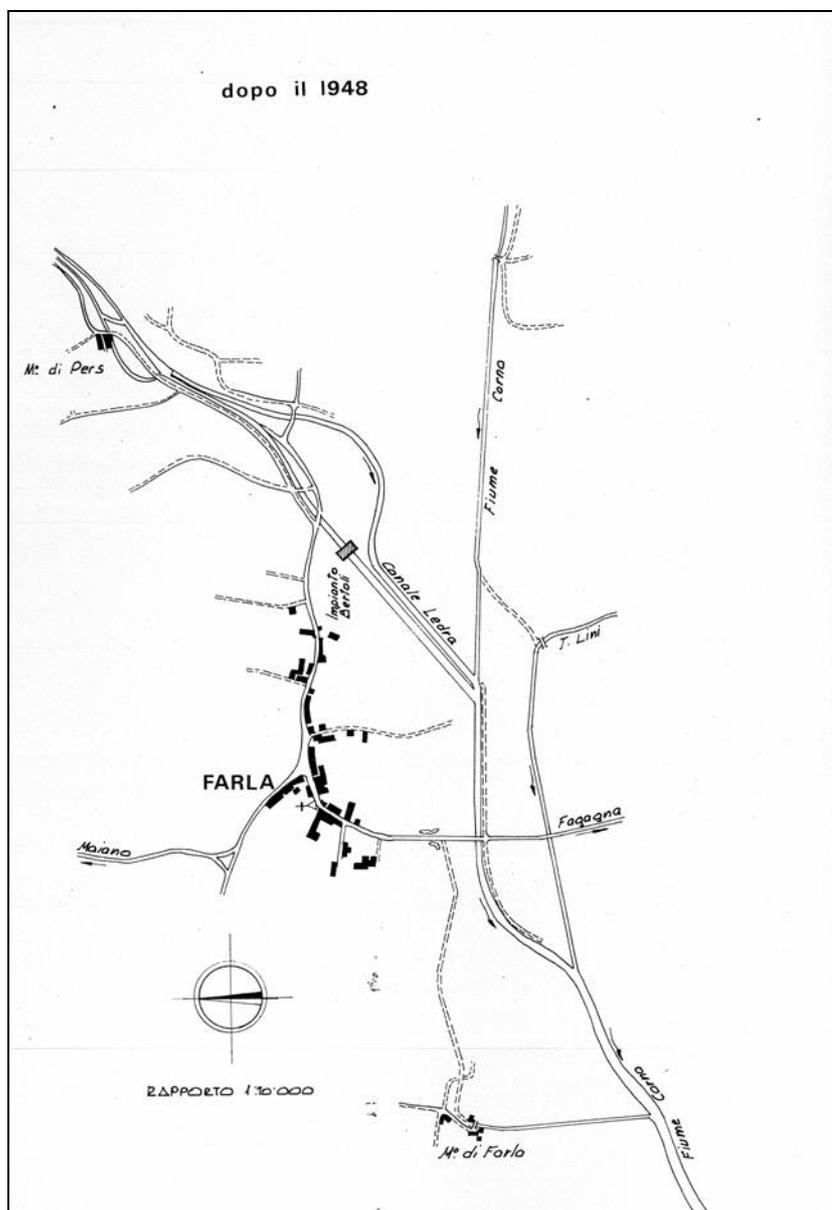


Figura 1.12.6: il torrente Corno dopo il 1948

Scendendo verso valle, nel territorio di Coseano si nota come il suo percorso, originariamente tortuoso, sia stato profondamente modificato, assumendo una direzione rettilinea all'interno delle nuove canalizzazioni. La sezione di deflusso del torrente, in comune di Coseano, ha una superficie di 36 mq con una portata massima consentita di 111 mc/sec. È stato ipotizzato che dal 1935 l'alveo si sia abbassato di circa 70 cm.

I lavori di sistemazione idraulica del torrente sono stati operati dal Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana negli anni '70.

Da Rivotta a Coseano, l'alveo fu allargato.

Sotto il paese di Sant' Andrea, il torrente riprende il suo percorso naturale ed il suo letto si fa più stretto.

Tra Nogaredo di Corno e Barazzetto il rischio di esondazioni era molto più elevato, sia per l'alveo ristretto che per le due anse formate dal torrente. In questo tratto si evidenziano anche fenomeni erosivi in concomitanza di eventi piovosi intensi.

Tra Mereto di Tomba e Pantianicco il torrente ha subito le maggiori modifiche negli ultimi 150-200 anni. In questo tratto del torrente Corno, è presente un'isoletta della quale sappiamo che, nel 1920, era costituita prevalentemente da terreno coltivato.

Pulizia dell'alveo, interventi di tutela delle difese spondali e sghiaiamanti sono lavori che hanno interessato il torrente nel corso degli anni. La ghiaia raccolta veniva utilizzata per la costruzione di case e la manutenzione di strade, mentre gli alberi tagliati venivano utilizzati per scaldare le abitazioni. Questo finché il magistrato alle acque di Venezia non impedì il taglio delle piante e degli alberi lungo gli argini. Il prelievo della ghiaia, invece, calò progressivamente in seguito alla discesa delle acque sempre più frequente.

In Comune di Codroipo, il Corno presenta nella parte alta un andamento tortuoso. Nei pressi di Zompicchia dispone di una sezione ridotta. Attraversa, poi, la linea delle risorgive e assume un andamento rettilineo. Le risorgive determinano l'aumento della portata e della velocità dell'acqua del torrente.

Recentemente si è provveduto ad arginare il tratto terminale, andando così ad eliminare le casse di espansione naturali.

Nel suo tratto terminale il torrente riceve le acque di diversi scarichi e di altre rogge di origine sorgiva. Una volta che la roggia della Cartiera e il fiume Stalla confluiscono nel torrente, questi prende il nome, prima, di "Stalla" e, poi, di "canale Taglio". Poco dopo confluisce nel fiume Stella. Questa zona rappresenta, sicuramente, uno degli spettacoli naturalistici più belli della regione (*Mossenta G. e Melchior G., 2005*).

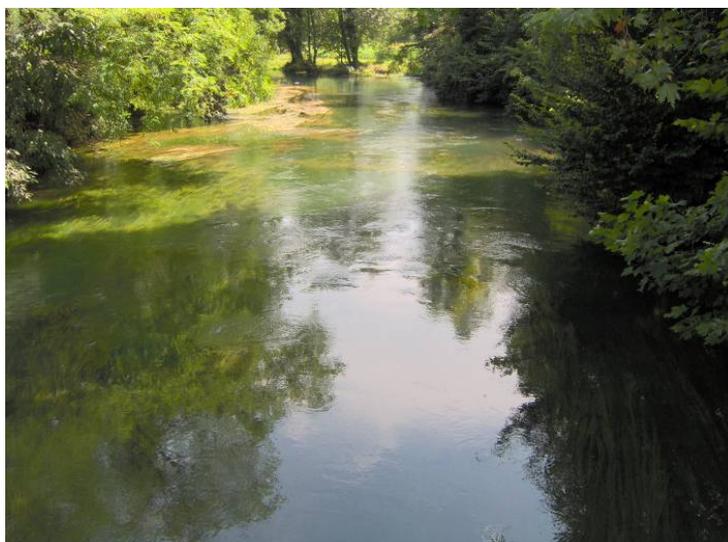


Figura 1.12.7: particolare del fiume Stella

Una modifica che riguarda il tratto dell'alto Stella, e precisamente a Chiarmacis, venne realizzata attraverso il taglio di un'ansa al fine di evitare una spontanea e incontrollata rettificazione negli anni 1933-1934.

A partire dagli anni '30, questa zona è stata profondamente modificata dalle bonifiche e il torrente Corno è stato canalizzato e sottoposto a opere di arginatura. Da ricordare, per il loro impegno nei confronti della bonifica, sono sicuramente i fratelli

Sudati di Rivolto, i quali introdussero poi la semina del riso.

1.13 OPERE, STUDI E PROGETTI CHE SI SONO SUSSEGUITI NEL CORSO DEGLI ANNI

1.13.1 1929: progetto di massima per la trasformazione fondiaria del comprensorio

Il Consorzio di II grado per la trasformazione fondiaria della Bassa Friulana redige, nel 1929, il “Progetto di massima per la trasformazione fondiaria del comprensorio”. Il progetto evidenzia come il provvedimento più radicale e sicuro per il comprensorio sia quello dell’estromissione del Cormor e del Corno di S. Daniele dal comprensorio stesso. “Il torrente Corno potrebbe essere portato a scaricare nel Tagliamento, qualora la necessità di simile provvedimento risultasse convenientemente dimostrata”. Questa possibilità di scaricare le acque nel Tagliamento escluderebbe pericoli nella rete idrografica dello Stella. Nel caso venisse riconosciuta tale opera come necessaria, rientrerebbe tra le opere idrauliche di terza categoria. Tale deviazione porterebbe però ad una spesa ingente “non certo proporzionata alla estensione oltremodo limitata delle zone destinate a risentire il vantaggio diretto e concreto di essere sottratte agli allagamenti non pericolosi e sempre di lieve durata, ai quali quel corso d’acqua dà luogo nell’ambito del comprensorio in seguito a precipitazioni di eccezionale entità. D’altra parte già a qualche chilometro dalla Stradalta la rete idrografica scaricante nello Stella avrà assunto, a sistemazione effettuata, tali dimensioni da poter sopportare senza gravi difficoltà anche la immissione delle piene del Corno, che sono di regola sfasate rispetto a quelle dei corsi d’acqua di risorgiva”. Sulla base di questo ragionamento, il Consorzio reputa sufficiente includere nel piano “l’ampliamento e la sistemazione del tronco iniziale del Corno fino alla immissione nella rete dello Stella”.

1.13.2 31.05.1930: progetto redatto dal Consorzio di Bonifica Bassa Friulana

Nel 1930 il Consorzio di Bonifica della Bassa Friulana presentò un progetto per la deviazione del torrente Corno nel Tagliamento “con presa a valle di Mereto di Tomba e costruzione di un canale scolmatore che, passando sotto Coderno, doveva sboccare nel Tagliamento fra Turrída e Rivis” (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

La portata del canale era fissata in 22 *mc/sec*. Il progetto prevedeva un bacino di decantazione, un manufatto di sbarramento e uno di presa attraverso cui l’acqua accedeva per entrare nel canale di derivazione, il canale di 9106 *m* con unica pendenza di 0,50 *m/km* e con 14 salti di fondo, la sistemazione del materiale di scavo ai lati del canale, la costruzione di ponti e botti a sifone. Il costo previsto per la realizzazione dell’opera fu stimato in 6.920.000 Lire. Questo progetto non fu mai realizzato.

1.13.3 23.07.1931: progetto del taglio dell’ansa di Chiarmacis

Nel 1931 fu presentato un progetto dagli ingg. Giudice e Del Pra che prevedeva il taglio dell’ansa di Chiarmacis. Questo progetto venne eseguito negli anni 1933-1934 dal Consorzio della Bassa Friulana. Esso prevedeva la realizzazione di una “briglia-salto al fine di causare un rigurgito di depressione di circa 30 *cm*, con prevista successiva autodemolizione che consentisse il prodursi lento e per gradi dell’abbassamento

ulteriormente necessario. Per il manufatto principale era previsto l'impiego di gabbioni metallici prismatici riempiti di pietrame: erano altresì previste la costruzione di un cassero di palancole ed alcune difese di sponda a monte con cubi di calcestruzzo" (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

Negli anni seguenti ci furono due modifiche al progetto nelle quali si prevedeva di aumentare la protezione delle sponde gabbionate fino a quota 15,70 (quota relativa allo zero dell'idrometrografo a Chiarmacis) e dei lavori di difesa a monte e a valle della briglia in seguito ai numerosi franamenti verificatisi.

1.13.4 1937: progetto del Consorzio di bonifica Bassa Friulana

Nel 1937 il Consorzio di bonifica Bassa Friulana progettò "un bacino di ritenuta a Nogaredo, integrato da ulteriori bacini di laminazione ubicati più a valle, sia per suddividere l'intervento che per diminuire le arginature necessarie a Nogaredo" (Canali M., 2004).

1.13.5 Opere realizzate dal Consorzio di Miglioramento Fondiario "Lini-Corno"

Molte furono le opere eseguite dal Consorzio di 3° e di Miglioramento Fondiario "Lini-Corno", dal 1946 in poi. In particolare, si registrano:

- nel 1946 nel tratto dalla confluenza del Lini allo sbocco del canale Corno-Ledra;
- nel 1947 nel tratto dal ponte di S. Giovanni alla confluenza del rio Vene;
- dal 1947-1948 nel tratto dal rio Vene alla strada Mels-S. Salvatore, sistemazione dei corsi inferiori rio Vene, rio Cavarca, rio S. Salvatore;
- 1949 sistemazione del rio Venate;
- 1948-49 sistemazione collettori rio Gialla e rio Rosolat in palude di S. Daniele e costruzione di due sifoni sottopassanti il Corno-Ledra con canna a sezione rettangolare.

Il Consorzio, inoltre, è intervenuto per risanare le paludi di S. Salvatore, Rich e Rio Barandone, costruendo capofossi e collettori secondari (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

1.13.6 20.02.1955: progetto predisposto dall'ing. Chiavola

L'ing. Chiavola, nel 1955, presentò un progetto che prevedeva la costruzione di un bacino di ritenuta nella zona di Nogaredo di Corno. Tale progetto aveva l'obiettivo prioritario di ridurre la portate di piena centenaria da 100 a 30 *mc/sec*. In questo progetto vennero identificate quattro zone con indicazione precisa delle opere da eseguire:

1. arginare la gola nel tratto tra Rodeano e Coseano e rialzare la strada tra Coseano e Coseanetto;
2. regolarizzare l'alveo nel tratto tra Coseano e San Andrea. In tale zona, al tempo non abitata, veniva suggerita la costruzione di un ulteriore bacino di ritenuta;
3. costruire il bacino di ritenuta nel tratto tra San Andrea e Nogaredo di Corno;
4. arginare e regolarizzare l'alveo nella parte sottostante la costruzione del bacino di ritenuta.

“Il livello massimo dell’acqua era stato fissato a quota 110,50 m s.l.m.: era previsto un invaso utile di oltre 2.500.000 metri cubi, corrispondenti a 8 metri cubi al secondo per 8 ore” (*Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*, 1969).

Questa proposta suscitò notevoli polemiche tra gli abitanti di Coseano e venne, in seguito, accantonata.

1.13.7 1968: idea di realizzare il Canale Libertà come scolmatore del Corno di S. Daniele

Giuseppe De Piero, nel suo testo “L’irrigazione e la difesa del suolo in Friuli nel quadro dello sviluppo economico della Regione” (1968), ci informa dell’idea ventilata al tempo di realizzare il canale Libertà come scolmatore del torrente Corno nei periodi di piena, sottraendo 40 mc/sec e convogliandoli nel Torre. De Piero stesso ritiene questa proposta impraticabile per la possibilità che si verifichi la contemporaneità delle piene nel Torre e nel Corno.

1.13.8 1969: piano di sistemazione del bacino idrografico Corno-Stella

Già a fine anni ’60, vi era la consapevolezza del fatto che il problema della sistemazione del bacino Corno-Stella non fosse mai stata affrontata con organicità. Molti, infatti, sono stati gli studi effettuati a tal riguardo, ma gli interventi proposti, parziali fino ad allora, non avevano risolto il problema. Nella stessa relazione del Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana, si affermava con forza la necessità di effettuare un intervento radicale ed organico che ponesse fine all’allora attuale situazione.

Con lo studio della Bassa Friulana del 1969, furono suggerite una serie sistemazioni e diverse opere idrauliche da eseguire lungo il corso del torrente:

Alto Corno: dalle sorgenti a Rivotta

- Opere nel tratto tra S. Daniele e Fagagna:
 - abbattimento della traversa di derivazione della roggia di S. Daniele al fine di ridurre il pelo liquido dell’acqua verso monte durante le piene del torrente;
 - abbassamento della platea del ponte Peli, affinché ci sia lo sgrondo delle acque provenienti dall’anfiteatro morenico;
 - abbassamento del fondo del Corno dallo scarico della ditta Bertoli a S. Mauro;
 - sistemazione dei sifoni nel manufatto di derivazione del cotonificio udinese per consentire l’abbattimento della traversa in caso di piena;
 - verifica della derivazione del canale Giavons;
 - ricalibratura dell’alveo da S. Mauro a Rivotta.
- rio Gialia: prevista sistemazione graduale.
- rio Venata: prevista sistemazione insieme al tratto del torrente dalla vecchia immissione del torrente Lini a S. Mauro.
- torrente Ripudio: necessario uno studio sul regime idrico finalizzato a migliorare le condizioni idrauliche del lago di S. Daniele.
- opere dalle sorgenti al ponte di Farla:

- a valle del ponte di Farla fino a S. Mauro il progetto indica una pendenza di 0,6 ‰ e una cunetta di fondo pari a 26 metri con scarpate di 3/2;
- da S. Mauro a Rivotta prevista la pendenza del fondo pari a 1,2 ‰ e un alveo capace di convogliare una portata di 100 mc/sec.

Medio Corno: da Rivotta al bacino di espansione di Nogaredo

- Nel tratto tra Rivotta e Nogaredo: necessari interventi per ridurre la velocità e arginature.
- Rio Madrisana: in sede esecutiva può essere deviato a monte del bacino di espansione.
- Da Rivotta si è calcolata una portata di piena di 100 mc/sec, di cui 77 mc/sec dal torrente Corno e 23 mc/sec derivano dal canale Ledra. Il tronco dovrà avere una sezione di fondo larga m. 22. La pendenza dovrà essere di 0,0012 e sono previsti salti di fondo.
- Bacino di espansione a Nogaredo: (già previsto nel progetto del 1955 dell'ing. Chiavola) andrà a sostituire quello naturale che esisteva più a monte nella zona di San Daniele, eliminato in seguito alle bonifiche della palude. Con la realizzazione del bacino si propone di ridurre le portate di piena da 100 mc/sec a 30 mc/sec costruendo un serbatoio in grado di contenere oltre tre milioni di metri cubi. Viene, però, abbandonata l'idea originaria di conservare l'alveo del torrente nel bacino ritenendo questa soluzione troppo complicata. Lo stesso alveo verrà utilizzato come collettore delle acque meteoriche. Sono proposti, quindi, la costruzione di un bacino laterale al corso d'acqua, la deviazione del torrente verso ponente, la costruzione di sfioratori laterali, l'arginatura del bacino e la costruzione di una diga a gravità in terra di 1225 m con il coronamento a quota 112,20 m s.l.m.

Basso Corno: da Nogaredo a Codroipo

Nel tratto sono previste opere di difesa spondali. Viene proposta una pendenza, dell'ordine di quella naturale esistente, del 4 ‰.

Fiume Stella

Il torrente Corno si immette nei corsi di risorgiva Stalla e Taglio “che si immettono a loro volta nel fiume Stella a sud di Flambruzzo”. “In questa zona nasce dunque un diverso sistema idraulico, ben distinto da quello esaminato per il torrente Corno, che determina un apporto di acque esterne definito nel presente studio in massimi 30 mc/sec.”

- Alto Stella: formato dai sottobacini del Corno, Stalla e Taglio, dai sottobacini dell'alto Stella e del fiume Torsa. Quest'ultimo sottobacino è stato interessato da importanti opere di bonifica per consentire lo sviluppo delle pratiche agricole. Nello studio di questo tratto di alveo sarà necessario sia considerare le esigenze idrauliche del corso d'acqua che la necessità di scarico delle innumerevoli rogge. Si dovranno quindi costruire numerosi salti di fondo. Le rogge che si trovano in questo territorio, andrebbero sistemate sia per la difesa del territorio che per il risanamento agricolo. Opere previste: “a valle della statale 13 è prevista una sezione dell'alveo con cunetta di m 200 e tirante d'acqua di m 2,00. Viene proposta una pendenza di 0,0006 e la realizzazione di n. 10 salti di fondo. Da Muscetto alla confluenza con il Taglio la sezione dovrà essere formata per 20 m

da un alveo artificiale, due banchine laterali di 8,00 m e un tirante d'acqua di m 3,60 per una portata di piena di 117 mc/sec. Sono previsti 7 salti di fondo e una pendenza di 0,00015. Più a valle la portata sarà di 160 mc/sec e la sezione avrà una cunetta di m 30,00 con due banchine di 12,00 m.

- Medio Stella: i provvedimenti da adottare in questo tratto riguardano principalmente la difesa del territorio.
- Basso Stella: in questo territorio ci sono tre importanti bacini, il bacino a scolo naturale Fossalon e quelli a scolo meccanico Fraida e Lame di Precenicco. Per il primo viene suggerita l'eliminazione del rigurgito di piena del fiume, per i secondi un'adeguata arginatura. Tutto il tronco, dopo le modifiche proposte, si ridurrà di oltre 3 km di lunghezza. La cunetta di fondo sarà di 40,00 m e sono previste due banchine laterali di 16 m di larghezza con una pendenza teorica di 0,05 ‰.

Lo studio effettuato ha avanzato molte proposte e indicato diversi interventi. Viene, inoltre, fissata una scala di priorità per gli interventi ove, al primo posto, compare la costruzione del bacino di espansione a Nogaredo di Corno al fine di “laminare le piene del Corno, assicurando una portata costante lungo tutta la tratta del torrente Corno da Nogaredo a Codroipo”.

1.13.9 1980: progetto esecutivo per la costruzione di un bacino di espansione a Nogaredo

Il Consorzio di bonifica Bassa Friulana realizza nel 1980 “un progetto esecutivo per la costruzione di un bacino di espansione a Nogaredo della superficie di 123 ha e della capacità di 3,1 milioni di m^3 [...] la progettazione prevedeva un manufatto di regolazione a bocca tassata con a monte una vasca con sfioratore; arginature per uno sviluppo di circa 2760 m di altezza media di 5,9 m e una massima di 7,5 m; una nuova inalveazione del torrente per 1560 m; un'opera per lo svuotamento differito dotata di paratoia di regolazione; la ricalibratura dell'asta del Corno a valle del bacino di espansione” (Canali M., 2004).

1.14 LO SCOLMATORE CORNO-TAGLIAMENTO

Il progetto sopraccitato, di costruire un bacino nei pressi di Nogaredo di Corno, venne accantonato. I cittadini del Comune di Coseano e le associazioni ambientaliste si attivarono vivacemente contro la costruzione del bacino per il notevole impatto ambientale che ne sarebbe derivato.

Dopo molti anni e numerosi progetti e proposte, il problema del torrente Corno non aveva ancora trovato la via della risoluzione. Pochi anni dopo, con il DPGR dd 30.06.1982, l'Amministrazione regionale istituì un Gruppo Tecnico nell'ambito della Commissione per l'esame della situazione idrogeologica ai fini della sistemazione idraulica del bacino Corno-Stella per garantire, definitivamente, una risposta concreta al problema delle esondazioni del torrente.

Durante questi incontri emerse un'importante proposta che prevedeva la realizzazione di uno scolmatore in galleria tra il Corno e il Tagliamento nei Comuni di Rive d'Arcano e San Daniele. Questa soluzione sarebbe possibile in quanto la probabilità di una concomitanza di eventi critici per i due corsi d'acqua è molto bassa.

Affinché tale proposta potesse essere presa in considerazione era indispensabile verificare quattro condizioni fondamentali:

5. “i bacini idrografici dei corsi d’acqua interessati debbono presentare caratteristiche idrauliche e geografiche molto diverse tra loro. In particolare il bacino del corso d’acqua conferente deve essere molto più piccolo di quello del ricevente. Ciò per l’evidente ragione che, in caso di piena, non deve essere posto in crisi il corso del ricevente. Bacini idrografici differenti hanno differenti meccanismi di formazione delle piene i cui colmi molto raramente coincidono, come sta dimostrando proprio l’esperienza Corno-Tagliamento;
6. il livello dell’alveo del corso conferente deve essere ubicato a quota superiore di quello del ricevente in misura sufficiente. Questa condizione può essere superata, ma con costi di costruzione e di esercizio elevati;
7. la configurazione dei terreni tra i due corsi d’acqua deve consentire la realizzazione della galleria completamente interrata. Eventuali avvallamenti comporterebbero soluzioni tecniche difficoltose e conseguenti maggiori costi ed impatti ambientali;
8. la distanza tra le località da collegare e quindi la lunghezza del manufatto interrato non deve essere eccessiva, affinché il costo dell’opera sia compatibile con le risorse disponibili” (Novelli G., 2008).

Verificate le condizioni sopraccitate, la possibilità di risolvere l’annoso problema pareva più vicina. Con la legge 879/1986 venne previsto il finanziamento necessario e, nel 1991, i lavori vennero dati in concessione al Consorzio di Bonifica Alto Friuli (incorporato nel consorzio Ledra Tagliamento nel 1995).

I lavori si sono sviluppati in quattro lotti sotto la direzione degli ingegneri Mario Causero di Udine, Antonio Nonino e Massimo Canali del Consorzio di bonifica Ledra-Tagliamento.

Nel 2004 i lavori erano finalmente ultimati e l’opera fu messa alla prova molto presto con l’alluvione del 31 ottobre 2004, data che, sostanzialmente, segna anche il collaudo funzionale dell’opera. Si riportano di seguito i dati tecnici del progetto dello scolmatore, riportati dall’ing. Massimo Canali nella Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia 5/2004:

“La portata di progetto tiene conto della piena centenaria a San Mauro di $118 \text{ m}^3/\text{s}$. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di 75 km^2 . Il manufatto di sbarramento e regolazione sul Corno, al nodo di san Mauro, ha una larghezza di circa 35 m , altezza di circa 4 m ed è presidiato da due paratoie piane della larghezza ciascuna di $2,25 \text{ m}$ e da due paratoie a settore della larghezza ciascuna di 13 m . Il manufatto di sfioro, per captare le portate di piena da immettere nella galleria, ha uno sviluppo di 150 m per lo sfioro di $100 \text{ m}^3/\text{s}$ con un tirante sulla soglia di 50 cm . Il canale di adduzione alla galleria è a sezione rettangolare $5,3 \times 5,5 \text{ m}$, lunghezza 208 m , totalmente interrato. La galleria ha un diametro di 5 m , lunghezza di 5300 m , pendenza del $3,2 \%$. Funzionamento a pelo libero. Il manufatto di restituzione è composto da un dissipatore con scivolo lungo 15 m e vasca di dissipazione lunga 27 m e larga 10 m ; canale di scarico lungo circa 350 m , largo circa 10 m con andamento sinusoidale e salto di fondo posizionato 60 m circa prima dell’immissione nel greto del fiume Tagliamento.”



Figura 1.14.1: vista aerea del manufatto scolmatore



Figura 1.14.2: vista aerea del manufatto di restituzione sul Tagliamento

1.15 LE ALLUVIONI DEL TORRENTE CORNO

In questo paragrafo, sulla base dell'analisi storica, vengono ricostruite le piene più importanti e disastrose avvenute nella regione Friuli Venezia Giulia e che hanno

interessato il bacino del torrente Corno.

Il testo più antico nel quale vengono citate le alluvioni risulta essere quello di *Ciconi*, il quale inizia le sue considerazioni dicendo: “Compreso da pietà e terrore per le tante sciagure causate nell’autunno del 1851 dall’acque disalveanti in buona parte d’Italia, e specialmente nel nostro Friuli, ho indagato ed esteso alcune notizie sui principali disastri di simil genere qui avvenuti; e vi ho aggiunto alcune considerazioni, le quali se non riusciranno ad additare il vero ed efficace rimedio, avranno almeno il merito di essere basate sui fatti”. Decise, così, di riportare “le inondazioni più rimarchevoli avvenute in Friuli, disposte secondo l’ordine de’ tempi”.

Per facilitare la narrazione delle principali alluvioni, si è scelto di raggruppare le alluvioni dal 1500 al 1919, di approfondire la disastrosa alluvione del 1920 e di raggruppare, nuovamente, le alluvioni dal 1923 al 2009.

1.15.1 Cronistoria delle alluvioni in Friuli Venezia Giulia dal 1500 al 1919

Nelle pagine che seguono vengono riportate, in modo schematico, le alluvioni che hanno colpito la regione Friuli Venezia Giulia e, in particolare, il bacino del torrente Corno, dal 1500 al 1919. Sono state utilizzate informazioni tratte da testi di Ciconi (1855), Collini (1899), Ellero (1979), Mattiussi A. e Bevilacqua C., (1993), Molfetta, D., (1986), Mossenta G. e Melchior G. (2005), dal sito internet del Consiglio Nazionale delle ricerche-sezione archivio (<http://avi.gndci.cnr.it/>), dal sito internet della Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia (<http://protezionecivile.fvg.it>) e dalla stampa dei quotidiani locali Messaggero Veneto e Gazzettino. Non sempre le informazioni sono complete. In alcuni casi si dispone di dati relativi ai luoghi colpiti dall’alluvione, in altri di dati relativi ad alcuni fiumi e torrenti esondati o informazioni in merito alle caratteristiche idrologiche. Talvolta, viene specificata la gravità dell’evento, identificata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche secondo una scala da uno a tre, ove il numero tre corrisponde al livello più alto.

CRONISTORIA ALLUVIONI PIÙ GRAVI IN FRIULI VENEZIA GIULIA FINO AL 1919	
ANNO	NOTE
1500	
1526	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1539	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1541	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1585	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1592	Si verifica lo straripamento di tutti i fiumi
1593, 4 febbraio	Corso d’acqua maggiormente coinvolto: t. Corno Informazioni aggiuntive: crollo del ponte di Raucicco (Ud)
1596	Straripamento di tutti i fiumi
1597, 7 febbraio	Corso d’acqua maggiormente coinvolto: t. Corno Informazioni aggiuntive: allagamento di Raucicco (Ud)
1599	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate

1600	
<p>Dal 1600 il governo Veneto iniziò a tagliare i boschi in modo massiccio per provvedere alle esigenze dell'arsenale. Sin da questo periodo, l'aumento della furia dell'acqua veniva attribuita al disboscamento. "Sul monte boscato le piogge stillano dalle foglie sul terreno e lentamente sciolano nella valle: disfatto il bosco, cadono sulle nude groppe del monte, precipitano tutt'ad un tratto spolpando e denudando le pendici e piombano con violenza nei valloni, che scavano, dirupano, portando quindi sul piano le sassose spoglie montane. E queste innalzando ancor più il greto del torrente collimano coll'accresciuta massa delle acque a maggiormente dilatarlo sovra le terre adiacenti, divenute relativamente più basse." (Ciconi G., 1855)</p>	
1640	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1642, 22 marzo	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> allagamento di Coseano (Ud)
1642, 8 ottobre	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> allagamento di Coseano (Ud)
1695, luglio	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> allagamenti del Corno da Coseano a Zompicchia (Ud)
1700	
1702, 21 luglio	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> allagamento del Corno a Barazzetto (Ud) (entrò nella chiesa di Barazzetto e in quella di S. Margherita)
1740	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1748	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1749, 26 giugno	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> il Corno inondò Coseano (Ud) durante la giornata
1751	Si ricordano allagamenti ma non si hanno notizie dettagliate
1800	
1815, 26 giugno	Venne inondata tutta la valle del Corno
1823	Tutti i fiumi del Friuli straripano
1851, 2 novembre	Si verificano diversi straripamenti <i>Informazioni aggiuntive:</i> il perdurare dei venti di scirocco contribuì all'innalzamento delle maree e alla conseguente difficoltà di scolo dei fiumi già colmi d'acqua per le abbondanti piogge autunnali. La piena del Tagliamento fu massima, tutto il piano tra i colli di Gemona, Buja e Susans venne allagato; anche il Torre e l'Isonzo provocarono ingenti danni. L'imperatore e re Francesco Giuseppe I inviò il generale maggiore Kellner di Koellenstein per aprire una colletta a favore dei danneggiati.
1860	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno

	<i>Informazioni aggiuntive:</i> a Nogaredo di Corno (Ud) l'alluvione distrusse il ponte sul Corno che venne ricostruito l'anno seguente
1878, 14 ottobre	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> allagamento a Rugliano - abbiamo notizie da un articolo del giornale di Udine del 22 settembre 1920
1893, ottobre	<i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno <i>Informazioni aggiuntive:</i> alluvione a Mereto di Tomba (Ud) e Pantianicco (Ud). La piena iniziò alle ore 16.00 del giorno 6 ottobre ed ebbe il suo massimo picco alle 4.00 a.m. del 7 ottobre
1900	
1910, 20 novembre	<i>Località colpite:</i> Lignano, Portonogaro, Ausa <i>Corso d'acqua maggiormente coinvolto:</i> t. Corno f. Stella <i>Informazioni aggiuntive:</i> Rotture arginali e sovralluvionamento
1914, 3 novembre	<i>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti:</i> f. Livenza - f. Meduna - f. Piave - f. Piavesella - Sfiatore Borida - t. Borida - t. Corno - t. Torre <i>Informazioni aggiuntive:</i> rotture arginali-sovralluvionamento. Il fiume Livenza, alle ore 9.00 del 3/11, aveva raggiunto, a Meduna, i 7,16 metri sul livello di guardia. Il fiume Tagliamento il 31/10 a Venzona misurava 2,70 metri sul livello di guardia e, il giorno dopo, a Latisana misurava 8,02 metri sul livello di guardia. La durata della propagazione della piena è stata di 16 ore e la sua velocità di propagazione è stata di 5,2 Km/h.

Tabella 1.15.1: cronistoria delle alluvioni in Friuli Venezia Giulia dal 1500 al 1919

Di tutte le esondazioni storiche appena elencate non possediamo dati dettagliati in quanto, al tempo, non vi erano strumentazioni che potessero registrare le portate e le piene dei torrenti. Le informazioni, cui si è pervenuti con la ricerca storica, sono dovute ai pochi scrittori, studiosi e appassionati del tempo che hanno riportato nei loro testi annotazioni sugli eventi calamitosi del passato. Pare, comunque, che, nei secoli, le esondazioni più gravi, causate dal torrente Corno, si ebbero a valle di Rive d'Arcano.

1.15.2 L'alluvione del settembre 1920

L'evento storico di piena di cui si ha maggiore quantità di informazioni è quello verificatosi il 19 e 20 settembre 1920. Di questo evento possiamo disporre di una dettagliata documentazione tecnica, redatta nell'anno 1924, a cura dell'Ufficio idrografico del Regio Magistrato alle acque e di dati e informazioni provenienti anche dalla stampa locale con i quotidiani "La Patria del Friuli" ed "Il Giornale di Udine".

Con queste parole venne riportata, dalla cronaca locale, l'alluvione del settembre 1920: "La plaga prima delle altre colpita dalle inondazioni, e dalle notizie che finora se ne hanno la maggiormente colpita, è stata la zona collinare e pre-collinare; poi la piena andò spostandosi nella pianura, dove le acque ristagnarono fra Mortegliano e Codroipo; infine, col defluire verso il mare, le acque invasero e invadono la zona dalle risorgive alla spiaggia. Cosicché anche per l'estensione, questa è tra le più disastrose inondazioni

che abbiano flagellato il Friuli....Tutta la zona percorsa dal torrente Corno è devastata.” (La Patria del Friuli, 21 settembre 1920).

Sono di seguito riportate le informazioni raccolte sull’evento sopracitato, provenienti dalle diverse fonti analizzate.

DATA	NOTE
1920 settembre	<p>Località colpite: allagamenti in tutto il Friuli - tutti i bacini sono coinvolti Molin di Ponte - Aiello del Friuli - Faedis - Ronchis - Palmanova (Comune di) - Pavia di Udine (Comune di) - Ravosa - Pradamano - Alture - Saciletto - Crauglio - San Vito al Torre - Tapogliano - Villa Vicentina - Versa - Villesse - Udine - Viscone - Lovaria - Ruda - Nogaredo - Trivignano Udinese - Tarcento (campagne di) - Udine - All'altezza del ponte per Passons - Santa Caterina - Mortegliano - Terzo d'Aquileia - Terenzano - Cervignano del Friuli - Collalto - Barazzetto - Burelli - Grussignano (tra le due località) - Collerumiz - Tricesimo (Comune di) - Zugliano - Zona a sud Udine (Comune di) - Viscone - Lovaria - Ruda - Nogaredo - Trivignano Udinese - Percoto - Pavia di Udine</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Ledra - f. Isonzo - t. Malina - t. Torre - f. Aussa - t. Chiarò - t. Cormor - t. Corno - t. Urana</p> <p>Informazioni aggiuntive: piogge intense interessano il Friuli Orientale. Nel Veneto nubifragi e cicloni con forte vento. Entrarono in piena numerosi fiumi. Si ebbero due ondate di piena di cui la seconda fu la più forte in quanto la prima venne dispersa a causa del notevole assorbimento da parte del substrato ghiaioso. I gravi danni ed i cedimenti degli argini si verificarono anche perché gli austriaci avevano intaccato in più punti gli argini stessi allo scopo di scavare opere difensive e di trinceramento. L'alluvione interessò le zone pedemontane di Udine (bacini del Torre, Malina, Cormor, Natisone, Corno) e il Veneto Orientale (bacino del Livenza). La causa generale delle piogge va ascritta al trovarsi la regione in un'area ciclonica e in posizione tale rispetto al centro da essere dominata da venti meridionali che determinano una massima piovosità. Le zone allagate rimasero tali fino al 23/09/1920. L'alluvione interessò un'ampia zona anche per l'apporto delle acque esondate dal Natisone. - Lunghezza: 45 Km. La portata media alla confluenza con l'Isonzo è di 49,9 mc/s. Massima altezza idrometrica a Villesse è di 6,10 m. Velocità del vento: 11,6 Km/h; direzione: NE. Pressione minima barometrica: 756,8 mmHg. Pioggia (valore puntuale): 604 mm in 7 giorni (pluviometro Spilimbergo). Pioggia (valore</p>

	<p>puntuale): 150 mm in 4 giorni (pluviometro Brugnera). Pioggia (valore puntuale): 549 mm in 5 giorni (pluviometro Tavagnacco). Nel <i>bacino dell'Isonzo</i> si sono registrate le seguenti precipitazioni tra il 18 e il 22 settembre: Passo Predil (Isonzo) 481 mm; Gorizia (Isonzo) 40,1 mm; Vedronza (Torre) 883 mm; Attimis (Torre) 597 mm; Povoletto (Torre) 357,9 mm; San Leonardo (Natisone) 180 mm; Cividale (Natisone) 190 mm; nel <i>bacino del Tagliamento</i> dal 18 al 23 settembre abbiamo avuto: Venzone (Venzone) 640.5 mm; San Daniele del Friuli (Canale Ledra) 600 mm; nel <i>bacino del Livenza</i> abbiamo avuto ad Aviano (Artugna) 381 mm in 5 giorni; a Basaldella (Meduna) 463,5 mm in 5 giorni; a Conegliano (Monticano) 187 mm in 3 giorni; nei <i>bacini compresi tra Isonzo e Tagliamento</i> abbiamo avuto: Cormons 50 mm; Aquileia 22.8 mm; San Giorgio di Nogaro 61 mm; Varmo 79 mm; Pertegada 102 mm; Pordenone 209.5 mm in 5 giorni; Oderzo 97.5 mm in tre giorni.</p>
1920, 23 settembre	<p>Località colpite: Raucicco - Attimis - Buia - zona verso Treppo - Codroipo - Beano - Codroipo-Udine - lungo la linea ferroviaria - Coseano - Bonzicco - Verso Spilimbergo - Grimacco - Latisana - Palazzolo - lungo la linea ferroviaria - Susans - Martignacco - Moruzzo - Muzzana del Turgnano - Palazzolo dello Stella - nei pressi dell'abitato - Giavons - Rivignano - San Daniele del Friuli - San Vito di Fagagna - Carnia - zona verso Amaro - Raccolana - Ugovizza - Aupa (lungo la valle del torrente) - Chiusavecchia - Moggio Udinese</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Ledra - f. Fella - f. Stella - f. Tagliamento - t. Alona - t. Corno - t. Lavia - t. Aupa</p>
1920, 25 settembre	<p>Località colpite: Udine (Provincia di) - lungo il Canale industriale presso il Fiume Ledra - Basaldella - Zompicchia - Codroipo - zona verso Udine - Martignacco - Pantianicco - Plasencis - Rodeano - Udine - Cividale del Friuli (lungo la linea ferroviaria) - Udine - Periferia dell'abitato - Udine - Periferia dell'abitato - Villaorba</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Ledra - t. Cormor - t. Torre - t. Corno</p>

Tabella 1.15.2: informazioni sull'evento alluvionale del 1920

Il Messaggero Veneto, di sabato 2 novembre 1991, ricorda l'evento alluvionale con queste parole: "La sera di domenica 1920 un nubifragio di estrema violenza si rovescia sulla zona dell'Alto Friuli, dal Tricorno al Matajur, battendo le valli del Fella, del Tagliamento, del Torre, del Cornappo e del Natisone. Dopo i primi disastri, il tempo sembra rimettersi al bello, ma si tratta soltanto di un'illusione: il diluvio riprende e, dopo aver infierito sull'Alto Medio Friuli, questa volta si accanisce sulla Bassa. E' la prima grave inondazione del nostro secolo..."

Il Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, nell'ambito del progetto AVI, evidenzia come, agli inizi del 1900, i corsi d'acqua della regione possedessero argini non adeguati. Non erano, infatti, in grado di resistere ad eventuali alluvioni per l'inadeguatezza della struttura e la qualità dei materiali con i quali erano costruiti. In merito alla disastrosa alluvione del 1920, sostiene che le conseguenze siano state frutto sia della portata dell'evento che del cattivo stato in cui versavano gli argini stessi conseguentemente al periodo bellico. Durante la guerra, infatti, gli argini venivano sia utilizzati dai militari come trincee che scavati per depositare materiali.

“L'esteso straripamento dei corsi acquei pedemorenicici e i danni da essi cagionati, massime dai due torrenti più notevoli, il Corno e il Cormor, si devono principalmente, oltre che a particolari condizioni del loro corso e alla vicinanza dei centri abitati, alla loro breve percorrenza per cui hanno dovuto smaltire d'un tratto l'acqua caduta nei loro ristretti bacini di raccoglimento” (*Feruglio E.*, 1924).

Le piene del Corno e degli altri torrenti, considerati normalmente come insignificanti, furono dunque devastanti. Nel bacino del Corno, tra il 18 e il 23 settembre 1920, caddero ben 600 mm d'acqua, di cui 2/3 nella sola giornata del 20 settembre.

Feruglio E. (1924), nel descrivere l'andamento della piena del torrente Corno, suddivide idealmente il torrente in tre sezioni:

- a. dalle sorgenti alla confluenza con il Repudio con un percorso di 14 km e una pendenza media del 2,49 ‰;
- b. lungo l'alta pianura friulana con una lunghezza di 15,55 km e una pendenza media di 4,43 ‰;
- c. fino alla zona di risorgenza tra Codroipo e Passariano.

Il primo tratto è, solitamente, povero di acque perenni che vengono fornite dagli stillicidi delle colline moreniche. “Le conche intermoreniche, durante il nubifragio di settembre furono quasi interamente allagate così dalle piogge dirette come da quelle che vi concentravano le alture che fanno contorno e che, per la costruzione del suolo argilloso e impermeabile e la forma quasi livellata, non trovarono un rapido deflusso né sotterraneo, né superficiale. Il letto del torrente venne per ampi tratti interamente sommerso nelle acque che formavano uno specchio continuo dal colle di Sant'Eliseo a quello su cui sorge la villa Farlatti, sulla sinistra del Repudio”. Il livello massimo dell'acqua nella conca intermorenica raggiunse i 155 m s.l.m e solo in alcuni punti (lungo il corso degli affluenti) a 160 m s.l.m.

Le acque del Corno “incanalatesi poi, nella valle fra la prima cerchia morenica, si espandevano sul piano laterale al letto di magra e dopo aver confluito col Repudio, uscivano tumultuose nel piano sopra Giavons. [...] I primi trabocchi avvennero rimpetto ad Arcano inferiore”. Qui, l'allagamento si estese a tutto il piano tra Giavons e Arcano.

A monte di Raucicco si aprì un solco profondo 1-3 metri e largo 50.

Inondando tutti i Paesi sino alla zona di risorgenza, “le acque straripanti scendevano attraverso i campi, furono trattenute dal rilevato della ferrovia per Venezia: irrupero quindi in due punti attraverso la strada nazionale, a est e ad ovest del crocevia quotato 53; superato quest'ostacolo, continuarono la loro corsa nella campagna verso sud e sud-ovest, inondando Rivolto, Passariano e Lonca” (*Feruglio E.*, 1924).

“Le acque fra Lonca e Codroipo, defluirono lungo le strade nelle paludi ove si

origina lo Stella e con quest'ultimo poi nel mare" (*Feruglio E.*, 1924).

Si riportano di seguito una serie di informazioni dettagliate paese per paese.

COLLOREDO: il Ledra ha fatto crollare il ponte in muratura tra Colloredo di Montalbano e Majano (*La Patria del Friuli*, 21 settembre 1920).

"La fiumana d'acqua aveva travolto ogni cosa e danneggiato in diversi tratti anche il canale Ledra, che per due anni rimase inattivo, fino al completamento delle riparazioni" (*Mattiussi A., Bevilacqua C.*, 1993).

MAJANO: non ci sono stati gravi danni ma tutte le strade che si dirigono verso la pianura sono state interrotte, tutti i ponti sono caduti "tanto sul Ledra quanto sui torrenti minori". "Fra le alture di Majano e Farla, di Susans, di san Daniele e di Fagagna il fondo valle è solcato da rivoli, da torrenti impetuosi che corrono a sboccare nel Corno (*La Patria del Friuli*, 21 settembre 1920).

FARLA: al molino l'acqua raggiunse l'altezza di 2,5 metri rasentando il casale Floreani (159 m s.l.m.). Dalla mattina del 20, l'acqua rimase per tre giorni. Anche la fornace De Mezzo venne danneggiata (*Feruglio E.*, 1924).

CAPORIACCO: al molino l'acqua raggiunse i 165 m.s.l.m. Il Rio Lini asportò il ponte della rotabile S. Daniele-Caporiacco. Il Corno distrusse sette ponti (*Feruglio E.*, 1924).

SAN DANIELE: "A S. Daniele 36 mm di pioggia in un'ora, 401 mm in 24 ore, 600 mm in 5 giorni!" (*Magnani V.*, 1931).

GIAVONS: "Pure esso ai margini del Corno, fu una delle prime località inondate" (*La Patria del Friuli*, 21 settembre 1920).

RIVE D'ARCANO: la linea tranviaria è divelta per un centinaio di metri.

RAUCICCO: dalle 7.30 a.m. il torrente tracimò a valle di Raucicco, prima circonda e isola il Paese, poi lo invade. Sul piano della strada l'acqua raggiunse il metro e mezzo d'altezza sia il giorno 20 che il 21. Solo il 23 il paese tornò all'asciutto. Venne sfasciato il molino.

RIVOTTA: "Gli argini del Ledra sono rotti, portando danni alle industrie e ai molini di S. Vito di Fagagna-Savalons, S. Marco ecc. che per molto tempo resteranno privi dell'acqua del canale" (*Giornale di Udine*, 23 settembre 1920). "A Rivotta, il canale Ledra che si stacca dal Corno un po' a monte del paese, superando gli argini, si versò nel torrente presso il ponte quotato 133 e sul suo passaggio scavò, nella massicciata stradale, uno squarcio profondissimo" (*Feruglio E.*, 1924).

RODEANO: "Rodeano è pure sott'acqua e nemmeno oggi è possibile entrare in paese. Occorrono soccorsi e viveri". "Tra Rodeano Alto e Basso – ci dicono i paesani – il Corno ha rovinato per oltre una cinquantina di metri la strada. Però si passa ancora a guado". "Tra Rodeano Basso non si può andare, perché pare sia caduto il grande ponte". "Da Rodeano si vede una casa crollata al di là del Corno (*Giornale di Udine*, 23 settembre 1920). Rodeano Basso venne, dunque, interamente allagato. In centro al paese l'acqua raggiunse un metro d'altezza, mentre a sud del paese si arrivò anche a due metri (*Feruglio E.*, 1924).

COSEANO: "Il torrente Corno scorre a sinistra del paese e lo costeggia. L'alveo è a livello del paese – argini robusti lo difendevano – ma l'alluvione dell'altra notte tutto ha travolto e l'acqua con impeto entrò in paese, travolgendo muri, alberi e ponti. Raggiunse l'altezza di oltre due metri. Buona parte del bestiame è perito. Mancano viveri, tutte le strade sono completamente distrutte, qualche casa minaccia rovina e

mentre scriviamo l'acqua raggiunge ancora in paese (dopo oltre due giorni) i 50 centimetri" (*Giornale di Udine*, 23 settembre 1920). "A Coseano, ieri sera erano arrivate le barche dei pompieri, e si girava in barca per tutto il paese, avendo l'acqua raggiunto e sorpassato i due metri" (*La Patria del Friuli*, 21 settembre 1920). "L'acqua che proveniva da NW arrivò in paese verso le ore 16.00 p.m. del 20 raggiungendo un'altezza di un metro e mezzo. Il 22 sera l'acqua scomparve" (*Feruglio E.*, 1924).

COSEANETTO: "Il canale Ledra è tagliato in due e l'acqua si è riversata in paese travolgendo la casa di certi d'Angelo e quella di Battistella" (*Giornale di Udine*, 23 settembre 1920).

NOGAREDO DI CORNO: non venne inondato.

BARAZZETTO: il massimo della piena arrivò tra le ore 21.00 e 01.00 nella notte tra il 20 e il 21 settembre, con un'altezza di un metro.

MERETO DI TOMBA: "A Mereto è crollata una casa, a Tomba due case, così pure a S. Marco. La strada per Blessano è interrotta, così le comunicazioni col capoluogo. A Plasencis una casa è gravemente danneggiata" (*Giornale di Udine*, 24 settembre 1920). Il paese venne allagato parzialmente dal Corno e inondato dalle acque Madrisana e Viuzza. L'altezza massima raggiunta in paese fu di 60 cm fra le ore 16.00 e 22.00 del 20 settembre. Al ponte di Mereto, l'acqua raggiungeva un'altezza di 3-3,5 metri sul greto. Da Mereto a Coderno l'acqua invase tutta la campagna per quattro giorni.

PANTIANICCO: la maestra Ines della Picca di Pantianicco, nello scritto "Cav. Eligio Bertolissi (1911-1976) Decano dei sindaci friulani", evidenzia come "A Pantianicco, il problema prioritario da affrontare è stato quello delle costanti inondazioni del torrente Corno, problema gravoso ed urgente."

"Pantianicco, secondo telegrammi dai paesi vicini, sarebbe completamente allagato" (*La Patria del Friuli*, 21 settembre 1920).

"A Pantianicco – frazione di Mereto di Tomba – il disastro è molto grave. Malgrado i telegrammi del Commissario Venturi e del Direttore della Cooperativa di Lavoro Cisilino nessuna autorità ha potuto fare sopralluoghi; nel pomeriggio si recò sul posto il geom. Bona del Ministero T. L. con un assistente, alle ore 16.00 giunse l'infaticabile ing. Marabelli del gruppo tecnico di Udine che appena informato del disastro accorse sul posto e visitò minutamente la frazione dando subito disposizioni per il puntellamento delle case pericolanti e la demolizione di quelle crollate; per riattare le strade interrotte e stabilire un passaggio provvisorio sul Corno. La popolazione in massa circondò l'ing. Marabelli che promise d'interessarsi presso le Autorità per un pronto intervento. L'inondazione ha provocato il crollo di 12 case, altre sei sono gravemente lesionate; la strada di Sedegliano è interrotta causa il crollo della spalla del Ponte sul Corno, la piazza è coperta di grossa ghiaia. L'ing. Marabelli di sua iniziativa diede le disposizioni per i riatti. La borgata è la più colpita della zona, i soccorsi urgono" (*Giornale di Udine*, 24 settembre 1920).

Dall'articolo pubblicato nel bollettino pastorale di Pantianicco, scritto da Angelo Covazzi, apprendiamo che iniziò a piovere alle ore 21.00 del 19 settembre 1920. Alle ore 24.00 si udì il suono della campana e gli uomini "validi e coraggiosi" del Paese si recarono in piazza per una riunione. "Bisognava salvare il Paese, perché gli argini del Corno non reggevano più alla furia delle acque. Venne deciso di allagare le campagne nella parte ovest del Paese. Decisione saggia seppur pericolosa per gli uomini che vi

dovevano intervenire. Decisa la strategia [...] ormai non c'era nulla da fare. L'acqua stava arrivando in paese dalla strada bassa di S. Antonio e cresceva a vista d'occhio."

Alle ore 6.00 del 20 l'acqua arrivò in paese. I solchi aperti dalla fiumana erano profondi sino a un metro. "Il colmo della piena si verificò fra le 16.30 e le 17.00 del 20, con un'altezza d'acqua di *m* 1,5; fra le 20 e le 21 l'acqua incominciò a diminuire; l'indomani mattina ricrebbe sensibilmente; ma nel pomeriggio di quello stesso giorno (alle ore 13.00) ricominciò a discendere, finché nella notte dal 22 al 23 il paese si ritrovò all'asciutto" (*Feruglio E.*, 1924).

All'alba del 20 settembre l'acqua aveva raggiunto l'altezza di un metro e mezzo. Le case iniziarono a crollare il giorno dopo. Verso le dieci del 22 settembre smette di piovere e l'acqua inizia a diminuire. "Da un primo bilancio emerse: 14 case o crollate o inagibili: 50 mucche annegate, 60 maiali, 15 pecore ed altrettante capre ed una infinità di galline morte (esclusi i danni ai raccolti e alle campagne)".

La maestra Ines della Picca di Pantianicco tutt'ora riporta, in alcuni scritti, il ricordo di quei spaventosi momenti. Molte erano le persone, a Pantianicco, che si rifugiarono all'interno della chiesa "perché era la parte più alta del paese, portando in salvo con sé mucche e vitelli." "Nonostante la Chiesa fosse in una posizione alta, nel momento più cruciale dell'alluvione, l'acqua la invase, raggiungendo il primo scalino degli altari della Madonna e S. Luigi, ma per poco, poi velocemente com'era entrata cominciò a defluire". Sull'altare della chiesa, ad ogni modo, l'acqua non arrivò mai. Gli abitanti di Pantianicco erano bloccati, dunque, in chiesa o nei granai delle abitazioni. Per garantirsi gli spostamenti tra un'abitazione e l'altra, gli uomini del paese avevano provveduto ad unire i granai delle case e la chiesa con un sistema di corde che permettesse loro i passaggi. "Gli uomini avevano attaccato saldamente una grossa corda alla porta della Chiesa, corda che era stata tesa fino al portone di Mular, e lì ben fissata, poi proseguiva verso Udine fissata ad altre colonne o portoni, così da rappresentare l'unico punto di appoggio per chi era costretto a muoversi in mezzo al fiume d'acqua che era diventata la principale via del paese. Lo stesso sistema era stato usato anche nelle altre vie." Raccontano che a Pantianicco l'acqua arrivò sino alla casa del Sidro (ex latteria).

Diverse abitazioni furono seriamente danneggiate ma solo una venne spazzata via dalla forza dell'acqua, la casa che si trovava tra via D'Annunzio e Via Piave. Ad ogni modo, molte erano le famiglie divise nelle varie case. Accadde, infatti, che molti cittadini vennero sorpresi dalla fiumana mentre erano fuori casa. Per questo motivo non poterono più rientrare e dovettero fermarsi per alcuni giorni nel luogo in cui si trovarono o al riparo in qualche casa vicina.

BEANO: l'acqua raggiunse il paese verso le 10.30 del 20. Alle 23.00 le acque sembravano andare a scemare ma poi aumentarono nuovamente. L'altezza massima raggiunta fu di un metro e dieci il 21. Crollò una casa (*Feruglio E.*, 1924).

LONCA: l'acqua arrivò verso le 17.00-17.30 del giorno 20 raggiungendo un metro di altezza alle 16.00 del 21 (*Feruglio E.*, 1924).

PASSARIANO: l'acqua arrivò alle 17.00 del 20 e il livello massimo è stato di 70 *cm.* (*Feruglio E.*, 1924)

RIVOLTO: nella via principale del paese l'acqua raggiunse l'altezza di 80 *cm.* (*Feruglio E.*, 1924)

ZOMPICCHIA: in seguito allo straripamento del torrente Corno, presso Codroipo, che

si è abbattuto con violenza contro l'abitato della frazione di Zompicchia, è crollato il campanile alto circa venti metri. Altre case sono state, più o meno, danneggiate dalla violenza delle acque. Il campanile crollato ha ostruito con le macerie la strada provinciale. Non si deplora alcuna vittima. L'acqua non ha raggiunto durante l'alluvione del paese un livello allarmante.

CODROIPO: raggiunse la piazza centrale del paese. Crollò il ponte ferroviario di S. Lorenzo. (*Feruglio E.*, 1924)

Feruglio E. (1924) riporta, in modo preciso, i dati relativi alla propagazione della piena lungo il corso del torrente, evidenziati nella tabella sottostante:

	ARRIVO DELLE ACQUE INONDANTI		COLMO DELLA PIENA		SECONDO MASSIMO	
	GIORNO	ORA	GIORNO	GIORNO	ORA	GIORNO
Raucicco	20	7.30				
Coseano	20	Mattino	20	16.00		
Barazzetto	20	Mattino	20-21	Dalle 21.00 alle 01.00		
Meretto	20	Mattino	20	Dalle 16.00 alle 22.00		
Pantianicco	20	6.00	20	Dalle 16.30 alle 17.00	21	mattino
Beano	20	10.30		Pomeriggio	21	mattino
Rivolto	20	12.00				
Zompicchia	20	14.00				
Lonca	20	17-17.30	21	4.00	22	mattino
Passariano	20	17.00				

Tabella 1.15.3: dati relativi alla propagazione dell'onda di piena dell'evento del 1920

“La piena del torrente si è formata e si propagò in buona parte durante la notte dal 19 al 20 e nel primo tratto della pianura al mattino, colse quasi di sorpresa gli abitanti. Il colmo della piena s'è verificato nel pomeriggio del 20; ad esso è seguita, entro uno spazio di poche ore, una diminuzione poco sensibile, alla quale si è sovrapposta una nuova ondata di piena. Queste due ondate furono avvertite solo nel tratto inferiore del torrente, da Beano in giù mentre nel tratto più a monte esse sono sovrapposte elidendosi” (*Feruglio E.*, 1924).

1.15.3 Le alluvioni dal 1920 ai giorni nostri

Dal 1920 ad oggi, numerose sono state le alluvioni, di piccola e grande importanza, che hanno colpito la regione. Grazie alla relazione del progetto AVI, Aree vulnerate da calamità idrogeologiche – Consiglio Nazionale delle Ricerche – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, e al motore di ricerca presente nel sito stesso, sono state reperite consistenti informazioni che hanno consentito di stilare un resoconto cronistorico degli eventi alluvionali: sono stati selezionati gli eventi che hanno interessato il torrente Corno. In alcuni casi si specifica la gravità dell'evento con

numerazione da uno a tre ove il codice 3 indica danni totali e/o vittime, il codice 2 indica danni gravi materiali e/o feriti e il codice 1 evidenzia un evento di minore entità con danni materiali lievi o nessun danno.

DATA	ALLUVIONE
1920, settembre	Allagamenti in tutto il Friuli (gravità 3)
1924, 25 luglio	Località colpite: Straccis - Codroipo – Gradiscutta Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: t. Corno-f. Stella.
1930, 12 settembre	Località colpite: San Daniele Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: t. Corno Informazioni aggiuntive: Violento nubifragio sul bacino del Ripudio e in parte sul Corno. Si ebbe una portata di 165 m ³ /s, <i>Magnani V.</i> (1931) riporta nel libro “I precedenti storici del canale Ledra Tagliamento” che alla presa del secondario di Giavons venne effettuata, in occasione del nubifragio abbattutosi sul bacino del Ripudio il 12 settembre 1930, una misura sul Corno. “Essa diede una portata di 165 metri cubi al secondo per un bacino di 72 chilometri quadrati, cioè 2,3 metri cubi al secondo per chilometro quadrato”.
1938, 23 novembre	Località colpite: Sottosella - Zompicchia - Muzzana del Turgnano - Palazzolo dello Stella - Sottoselva - Piedimonte del Calvario Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: f. Stella - t. Cormor - t. Corno
1949 – 1950	“...nel 1949-50 furono eseguiti i lavori di costruzione degli argini lungo il percorso del torrente Corno. Le persone più anziane ed anche quanti erano bambini allora, ricordano che per andare nei campi situati lungo la sponda destra del torrente bisognava attraversare tre guadi, anche quando c'erano 30-40 cm di acqua, sia a piedi che in bicicletta e soprattutto con i carri trainati dai buoi. Quando nel Corno l'acqua era più alta, bisognava fare un lungo giro per la strada provinciale per Sedegliano, dove c'era l'unico ponte esistente” (<i>Maestra Ines della Picca</i> di Pantianicco nello scritto “Cav. Eligio Bertolissi (1911-1976) Decano dei sindaci friulani”).
1954, maggio	Esondazione del torrente Corno. Si ebbero danni a 80 ha di terreno coltivato tra Mereto e Pantianicco. (<i>Mossenta G. e Melchior G.</i> , 2005).
1960 12 e 13 novembre; 6 e 7 dicembre	“In poco meno di un mese, gli straripamenti causati dalle piene del Corno interessarono ancora una volta le località sopra citate (Coseano, Mereto, Sedegliano, Codroipo); a sud di Pantianicco furono invasi parecchi ettari di terreno così pure a ponente del ponte detto di S. Antonio, mentre a nord

	<p>dell'abitato di Mereto venne segnalata un'esondazione vicino al Mulino Juliano; inoltre, le acque del torrente, uscite nelle varie zone del Comune di Coseano, giunsero fino a Mereto invadendo varie campagne danneggiandole con erosioni. A rimedio di ciò, l'anno seguente giunsero dei contributi, tramite la Prefettura, di Lit. 4.000.000, necessari almeno al ripristino ed al consolidamento delle difese esistenti” (Mossenta G. e Melchior G., 2005).</p>
1965, 2 settembre	<p>Piene ed esondazioni su gran parte del Friuli. La più grave quella del Tagliamento (gravità 3) Località colpite: Udine (Provincia di) - Latisana - Udine (Comune di) - Pordenone (Provincia di) - Pordenone (Provincia di) Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: f. Tagliamento - f. Meduna - f. Livenza - t. Cellina - t. Corno Informazioni aggiuntive: Messaggero Veneto 2 novembre 1991: “nel 1965 c'è quasi una prova generale di quella che sarebbe stata la drammatica alluvione dell'anno successivo [...] il primo settembre nella nostra regione, invece, fa registrare qualche preoccupazione nel Cividalese dove il Natisone sale di otto metri e in Carnia dove sono interrotte per frane la strada tra Villa Santina e Ovaro e quella che porta a Forni Avoltri. “ Anche a Latisana la situazione non migliora e alle 19.30 l'acqua rompe gli argini all'altezza del parco Gasperi e si precipita nelle vie con grande violenza”. Anche il Ledra tracima “a Campolessi dove l'acqua sale fino al primo piano delle case. La situazione è critica a Trasaghis, Avasinis e Braulins, mentre si segnalano danni anche a Osoppo, Buia, San Daniele e in tutta la zona che va da Tarcento a Fagagna.”</p>
1966, 4 novembre	<p>Piene dei fiumi, allagamenti (gravità 3) Località colpite: Corvo - Carlino - Cervignano del Friuli - Codroipo - Latisanotta - Castello - San Giorgio di Nogaro - Udine (Comune di) - Madrisio - Venzona - Morsano al Tagliamento - Prata di Pordenone - Villanova - Ghirano - San Vito al Tagliamento - Carbona - Latisana - Palazzolo dello Stella - Bevazzana Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: f. Aussa - f. Meduna - f. Stella - f. Tagliamento - t. Corno Informazioni aggiuntive: concomitanza di due strati di alta pressione, uno su gran parte dell'Atlantico Settentrionale (che provoca afflusso da nord di aria fredda) e uno su regioni orientali che provoca afflusso da sud di aria calda-umida. La differenza di temperatura tra le correnti è di 15 gradi. Tale aumento di temperatura ha provocato un anomalo</p>

	<p>scioglimento delle nevi. Un forte vento da sud provoca incollaggio di maree e mancato deflusso a mare dei corsi d'acqua. Le piene dei fiumi apportano molto materiale solido negli alvei, di conseguenza si hanno allagamenti e distruzioni di rilevati stradali, abitazioni, ponti, opere di sostegno e argini. Alcuni centri abitati sono allagati dalle acque provenienti da canali artificiali e opere di bonifica. L'allagamento di Venzone è avvenuto per sifonamento lungo le condotte delle fogne e degli scarichi (a causa del mancato uso delle centraline di sollevamento). Sono stati impiegati a Latisana 4000 uomini, 400 autocarri, 15 aerei/elicotteri, 15 fotoelettriche.</p> <p>Il Tagliamento è arrivato a Venzone a 3 m sopra il livello di guardia (superando il limite del 1881, 1915, 1956, 1965). A Villa Santina (Tagliamento) sono caduti 578,8 mm di pioggia in 36 ore. Alla Diga Cellina - Livenza sono caduti 711 mm di pioggia in 36 ore. A Claut sono caduti 513,8 mm di pioggia in 36 ore. Vento da sud a 60 Km/h con raffiche fino a 100 Km/h. Il Fiume Tagliamento ha avuto il 4/11/66 un massimo a Venzone alle ore 14 di 4,83 metri e a Latisana di 10,88 metri (rotta di Mandrisio, Latisanotta, Latisana, Carbona). Il Fiume Tagliamento a Venzone ha superato tutti i valori di colmo precedente. La portata calcolata a Pioverno è stata di 3600 mc/s; a Pinzano la portata calcolata è di 4000 mc/s; a Latisana di 4000 mc/s.</p>
<p>1976, 31 ottobre</p>	<p>Località colpite: Lignano Sabbiadoro - Palazzolo dello Stella - Palmanova - Chiasottis - Santa Maria la Longa - Grado - Trieste</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Ledra - f. Stella - Mare Adriatico</p>
<p>1979, 28 gennaio</p>	<p>Località colpite: Bordano - Buia - Cividale del Friuli - Cividale del Friuli (Comune di) - Coseano - Faedis (campagne di) - Gemona del Friuli - Majano - Moimacco - Osoppo - Palazzolo dello Stella - Reana del Roiale - Rodeano - San Daniele del Friuli - San Giovanni al Natisone (campagne di) - Tarcento - Tavagnacco - Trasaghis - Tricesimo - Udine - Saleti - Farra d'Isonzo - Gorizia (Comune di) - Gradisca d'Isonzo - Gradisca d'Isonzo - Lungo la passerella per Poggio Terzarmata - Grado - Monfalcone - Sagrado - Savogna - alla confluenza del Fiume Isonzo con il Fiume Vipacco - Villesse - lungo il raccordo autostradale - Maron - Brugnera - Pasiano di Pordenone - Pordenone - Prata di Pordenone</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: f. Isonzo - f. Livenza - f. Natisone - f. Tagliamento - Mare Adriatico - t. Cormor - t.</p>

	<p>Corno – f. Stella - t. Noncello - t. Torre</p> <p>L'Isonzo ha superato di 15 <i>cm</i> la piena massima registrata nel 1969. Il fiume a Gradisca presenta un franco arginale di 45 <i>cm</i>. Nel 1979 l'altezza idrometrica raggiunta è stata di 4,55 <i>metri</i>. Difficilmente Isonzo e Torre presentano forte piovosità su entrambi i bacini montani per cui non sono soggetti a gravi esondazioni contemporaneamente. Anche questa volta alla piena dell'Isonzo non corrisponde quella del Torre. I danni dello straripamento furono limitati perché gli argini erano stati sopraelevati dopo la rotta del 1940. Allertati i servizi lungo gli argini del Tagliamento.</p>
1992, 28 settembre	<p>Località colpite: Carlino - San Giorgio di Nogaro - Muzzana del Turgnano</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale trasversale di bonifica di Carlino - t. Corno</p> <p>Informazioni aggiuntive: a San Giorgio di Nogaro sono caduti 120 <i>mm</i> di pioggia.</p>
1993, 2 ottobre	<p>Località colpite: Corno (lungo la valle del torrente) - Arta Terme - Rigolato - Sutrio - Romans d'Isonzo (Comune di) - Romans d'Isonzo - Colvera (lungo la valle del torrente) - Barcis - Nelle vicinanze dell'abitato - Arcola - Bosco di Prescudin (lungo la SS n. 251) - Chions (Comune di) - SC Valsettimana - Pinedo - Ciarada - Tremolon - Cordenons (Comune di) - Fiume Veneto (Comune di) - Visinale - Porcia (Comune di) - Porcia (Comune di) - Pordenone (Comune di) - Pordenone (Comune di) - Prata di Pordenone (Comune di) - Zoppola (Comune di) - Zoppola (Comune di)</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canalette di sfogo - canalette di sfogo di Visinale - f. Meduna - Noncello / Meduna - t. But - t. Cellina - t. Colvera - t. Corno - t. Noncello - t. Settimana - t. Varma - t. Versa</p>
1996, 2 ottobre	<p>Località colpite : Percoto - Lauzacco - Trivignano (campagne di)</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Ledra - roggia Milleacque</p>
1996, 16 ottobre	<p>Località colpite: Passariano - campagne a sud dell'abitato - San Martino Biauzzo - San Daniele del Friuli - Lungo la SS n. 463 - SS n. 251 della Valcellina - Corva - Cordenons - Cordenons - Parte bassa dell'abitato - Cordenons (campagne di) - Nave - Vigonovo - Vigonovo - Fontanafredda (Comune di) - Isola - Visinale - Cecchini - Villanova - Vallenoncello - Pordenone - Le Grazie - Pordenone - Lungo la SS n. 251 - Prata di Pordenone - Prata di Sopra - Ghirano - Pianigai - Sacile - Sacile - Pra Castelvecchio - San Vito al Tagliamento</p>

	<p>- Cecchini - Ronche - Sacile (campagne di) - San Giovanni</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Amman - canali interni - f. Livenza - f. Meduna - f. Tagliamento - rio Buidor - rio delle Orzaie - rio Paissà - rio Sdornal - t. Corno - t. Noncello - t. Repudio - t. Siletto - canali di scarico</p> <p>Informazioni aggiuntive: A Vallenoncello Via Valle e Via del Passo sono sommerse da circa un metro di acqua. A Sacile l'acqua ha raggiunto l'altezza di un metro e a Pra Castelvecchio l'acqua era invece alta mezzo metro.</p>
1998, 14 luglio	<p>Località colpite: Dolegnano - Borgo di Sotto - Tavagnacco - Zona industriale - Udine - (Comune di) - Colloredo di Monte Albano (Comune di) - Tavagnacco (Comune di)</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: t. Corno - rio Tresemane</p>
1998, 12 settembre	<p>Località colpite: Bianco (lungo la valle del rio) - Silvella - Artegna - Villalta - Tricesimo - Nimis - Nei pressi del ponte - Zugliano - A nord dell'abitato - Tavagnacco - Zona verso Pagnacco - Martignacco (Comune di) - Zugliano - A nord dell'abitato - Tavagnacco - Martignacco - Industria Delser - Roveredo - Carpeneto - Varmo - Pantianicco - Romans - Pozzuolo del Friuli (Comune di) - Belgrado - Santa Maria - Udine - A nord dell'abitato - Udine - Periferia di - Udine - Periferia di - Codroipo - Santa Maria di Sclaunicco - Gradiscutta - Pozzuolo del Friuli - Nimis - Martignacco - Basaldella - Udine - Periferia di - Campolessi - Lungo la SS n. 13 - Tavagnacco (Comune di) - Molin Nuovo - Martignacco (Comune di) - Martignacco (Comune di) - Lavia (lungo il corso del torrente) - Ledra (lungo la valle del torrente) - Tresemane (lungo il corso del Rio) - Udine (Provincia di)</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Ledra - t. Torre - rio Bianco - rio Lavia - rio Tresemane - rio Viuce - rio Volpe - t. Cormor - t. Corno - t. Lavia - f. Ledra - t. Orvenco - t. Tampognacco</p> <p>Informazioni aggiuntive: per quanto riguarda il t. Corno: “altra brentana avvenne tra l’11 e il 13 settembre 1998, e la zona maggiormente interessata dalle piene fu quella compresa tra il ponte “dei tedeschi”, a sud di Pantianicco, e il territorio di Codroipo; la situazione a Beano, dopo tre giorni di piogge, tornò abbastanza tranquilla dopo che il flusso dell’acqua a monte, esattamente a Raucicco, fu rallentato. In alcuni punti della frazione si misurarono persino sessanta centimetri d’acqua, in altri, una ventina, circa. Gli argini, specialmente a sud di Pantianicco, avevano rotto ed era difficile intervenire; la Protezione Civile di Codroipo si</p>

	<p>prodigò per molte ore, notti comprese; interventi avvennero un po' ovunque, in quei punti del territorio più a rischio. In particolare si segnalano i casi dell'abitazione della famiglia Scarpolini, a Beano, in cui l'acqua raggiunse il mezzo metro d'altezza, quello d'una casa in ammollo a Muscletto ed altre situazioni di disagio a San Martino e presso il molino Caeran" (<i>Mossenta G. e Melchior G., 2005</i>).</p>
<p>1998, 6 ottobre (3gg)</p>	<p>Località colpite: Visinale dello Judrio - Moraro - Savogna - Nei pressi del campo sportivo - Bueriis - Casali Godia - Chiopris-Viscone - Pravidomini - Lungo Via Marconi per Panigai - Blasin - Taipana - Colloredo di Prato - Case - Case - Via San Giovanni - Latisana-San Giorgio di Nogaro - Lungo la linea ferroviaria Trieste-Venezia - Chiopris-Viscone - San Pietro al Natisone - Via Musoni - Pulfero (Comune di) - Ziracco-Moimacco - Tra le due località - Pagnacco (campagne di) - Strassoldo - Basedo (campagne di) - Medea - Stupizza - Novacuzzo - Zona industriale - Bressa - Savorgnano - Premariacco - Ponte Romano - Domenis - Nogaredo di Prato - Mortegliano - Sesto al Reghena - Lungo la SP n. 28 - Poianis - Nei pressi dell'abitato - Ravosa - Pagnacco - Via dei Colli - Nogaredo di Prato - Villa Primavera - Chions (campagne di) - Siacco - Martignacco (Comune di) - Corva - Chions (campagne di) - Dogna - Nei pressi del depuratore - Povoletto - Lungo la SC Bellazzoia-Magredis - Tavagnacco - Attimis (Comune di) - Dolegnano - Varmo (campagne di) - Palazzolo dello Stella (campagne di) - Cordenons - Parcheggio del Royal City - Basedo (campagne di) - San Giovanni al Natisone - Varmo (campagne di) - Cordenons - Via Sol - Povoletto (Comune di) - San Giovanni al Natisone - Via Dolegnano di Sotto - Pantianico - San Giovanni del Tempio - Magredis - Remanzacco - Pozzuolo del Friuli - Nei pressi del campo sportivo - San Giovanni di Livenza - Remanzacco (Comune di) - Schiavoi - Magredis (campagne di) - Remanzacco (Comune di) - Pavia di Udine - Azienda Ital Blok - Ronche - Versa - Nei pressi dell'abitato - Ziracco - Orzano-Prepotto - Lungo la SP - Cecchini - Visinale - Pordenone - Parcheggio Marcolin - Capriva del Friuli - Sacile - Pra Castelvecchio - Villanova - Vallenoncello - Cimpello - Santa Maria di Sclaunicco - Precenico - Beano - Rivarotta - Manzano - Pozzuolo del Friuli - Plaino - Borgo Maran - Basaldella - Ziracco - Molin Nuovo - Nimis (Comune di) - Borgo San Giacomo - Zona industriale - Attimis (Comune di) - San Nicolò - Gorizia (Provincia di) - Udine (Provincia di) - Tricesimo - Tricesimo - Lestizza - Tarcento - Tarcento -</p>

	<p>Carpenedo - Lungo la strada per Pozzuolo - Cividale del Friuli - Cividale del Friuli - Tricesimo (Comune di) - Tricesimo (Comune di) - Tarcento (Comune di) - Tarcento (Comune di) - Cividale del Friuli (Comune di) - Cividale del Friuli (Comune di) - Udine (Provincia di) - Udine - Via Feletto</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: canale Arcon - canale di Via Sol - canale Ledra - canale Sile - canale Taglio - canali d'irrigazione - f. Livenza - f. Meduna - f. Natisone - f. Noncello - f. Stella - rio Cernea - rio Cornia - rio Gorgons - rio Lini - rio Maggiore - rio Montana - rio Tresemane - rio Zotti - roggia Strangolin - t. Alberone - t. Chiarò - t. Cormor - t. Corno - t. Doidiis - t. Ellero - t. Fella - t. Judrio - t. Lavia - t. Magredis - t. Malina - t. Noncello - t. Paissa - t. Racchiusana - t. Riolo - t. Soima - f. Stella - t. Torre - t. Versa</p>
<p>2004, 24 febbraio</p>	<p>Località colpite: il Codroipese</p> <p>Corsi d'acqua maggiormente coinvolti: t. Corno</p> <p>Informazioni aggiuntive: “il livello di guardia, verso le ore 9 della mattina era salito in tutta l’asta con una punta critica verso sud, al confine con il comune di Varmo, dove altre volte aveva creato allarme. Gli amministratori comunali, sollecitati dalla cittadinanza, in particolar modo dagli abitanti di Beano, fecero convocare una riunione a cui parteciparono tutti i soggetti responsabili e in tale convegno i problemi evidenziati, tra i più urgenti da risolvere, furono quelli del rafforzamento degli argini, lo sghiaimento e pulizia boschiva all’interno dell’alveo del torrente lungo l’intera asta di pianura” (Mossenta G. e Melchior G., 2005).</p>
<p>2004, 31 ottobre e 1 novembre</p>	<p>Località colpite: alluvione in tutto il territorio friulano e in particolare sulla fascia collinare tra il Tagliamento e il Torre.</p> <p>Informazioni aggiuntive: dati delle stazioni pluviografiche, dalle ore 7.00 alle ore 15.00, di San Mauro: 115 mm, Andreuzza: 126 mm, Fagagna: 95 mm, Gemona: 142 mm, Osoppo: 133 mm, Zeglianutto: 118 mm, Colloredo: 120 mm. I picchi maggiori si sono verificati tra le ore 12.00 e le ore 14.00 con valori anche di 50 mm in un’ora e 30 mm in mezz’ora. I valori di pioggia con durata di nove ore e tempo di ritorno di 50 e 100 anni delle stazioni di Gemona: Tr 50 anni – 170 mm, Tr 100 anni 187 mm; di San Daniele: Tr 50 anni – 159 mm, Tr 100 anni – 179 mm.</p> <p>In tale evento meteo climatico entrò in funzione lo scolmatore del t. Corno. Il direttore del Consorzio di Bonifica Ledra Tagliamento “ha provveduto a far mettere a regime la quantità d’acqua da far defluire nell’alveo del Corno, circa 25</p>

	<p><i>mc/sec</i>, facendo sfiorare dal perimetro della presa al centro del torrente la quantità eccedente che ha quasi superato la quantità della portata massima del tunnel (<i>mc/sec</i> 100). Dai calcoli dei tecnici del Consorzio Ledra Tagliamento, la portata massima della piena ha raggiunto i 140 <i>mc/sec</i>, quindi superando anche i tre giorni di piena del 1920 quando l'acqua passò con una portata di 115 <i>mc/sec</i>" (<i>Mossenta G. e Melchior G., 2005</i>).</p>
--	--

Tabella 1.15.4: eventi alluvionali che hanno interessato il torrente Corno dal 1920 a oggi

Oltre 123 sono stati gli eventi meteo climatici, particolarmente significativi, che hanno interessato la regione Friuli Venezia Giulia dal 1920 ad oggi. La suddivisione degli eventi, in base alle località colpite e ai bacini idrografici interessati, ci fa dedurre come non si verifichi quasi mai la compresenza di eventi di una certa entità nei bacini del t. Corno e del f. Tagliamento. Tale riflessione conferma la tesi sostenuta dai progettisti del canale scolmatore Corno-Tagliamento.

Dei 123 eventi presi in esame, il 15% ha interessato, in particolare, il torrente Corno. Una percentuale così elevata di eventi alluvionali riferiti a questo corso d'acqua minore evidenzia e giustifica la necessità di realizzare uno strumento di gestione e pianificazione del territorio per la tutela e la salvaguardia delle popolazioni e delle attività produttive.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., Feagne, Società Filologica Friulana, 2007.
- Battistella A., Magnani V., I precedenti storici del canale Ledra Tagliamento con brevi notizie dei primi cinquant'anni di vita consorziale, Tipografia G. B. Doretto, Udine, 1931.
- Benoni I., Progetto del 1666 pel canale Ledra Tagliamento, Tipografia del Patronato, Udine, 1886.
- Bosa R., Storia e cultura nella terra di Gian Mauro D'Arcano, Centro Friulano di Studi "I. Nievo", 1991.
- Bucchia G., Progetto Ledra Tagliamento, estratto dal bollettino dell'associazione agraria friulana 25 agosto 1870
- Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana, Piano di sistemazione del bacino idrografico Corno Stella - relazione, Regione Friuli Venezia Giulia, 1969.
- Consorzio delle Cooperative di produzione e lavoro del Friuli, La redenzione della bassa friulana, La Panarie, Udine, 1928.
- Costantini E., Buje, stories di nons di lûc, Comune di Buja, Arti Grafiche Friulane, 2000.
- De Cillia A., I fiumi del Friuli Venezia Giulia, dalla Livenza al Timavo, dalla Carnia alle lagune. Prefazione di Raimondo Strassoldo, Gaspari editore, Centro Stampa Monfalcone, 2000.
- De Cillia A., Bonifica e società in Friuli tra '800 e '900 – atti del convegno di studio, Accademia di Scienze Lettere ed Arti, Udine, 1990.
- De Piero G., L'agricoltura della bassa pianura friulana attraverso i tempi, Edizioni de clape cultural furlane "hermes di colored", tipografia Luigi Chiandetti – Reana del Roiale, Udine, 1975.
- De Piero G., Il Friuli nella preistoria, formazione delle montagne, delle colline, della pianure, delle lagune: testimonianze di vita dell'uomo preistorico, Reana del Roiale, Chiandetti editore, 1985.
- De Piero G., L'irrigazione e la difesa del suolo in Friuli nel quadro dello sviluppo economico della Regione, ed. Missio, Udine, 1968.
- Desinan C., Nomi di acque, nomi di monti nel Friuli prelatino, Circolo culturale Menocchio, Montereale Valcellina, 2002.
- Ellero G. & Al., 1999, Una civiltà che sta scomparendo alle soglie del terzo millennio: analisi storica della civiltà contadina in un territorio compreso fra due regioni e diviso da un fiume, La Bassa, Latisana, 1999
- Fabris G.B., Illustrazione del distretto ora mandamento di Codroipo per G.B. Fabris, Tipografia del Bianco, Udine, 1896.
- Fabris O., Le opere di bonifica nella regione Friuli Venezia Giulia, Tipografia Arti Grafiche Friulane, Udine 1959
- Falcioni G., Cenni storici e statistici sui molini da grano nella provincia di Udine, tipografia di Giuseppe Seitz, Udine, 1878.
- Frau G., Dizionario toponomastico Friuli-Venezia Giulia, Istituto per l'Enciclopedia del Friuli Venezia Giulia, Udine, 1978.
- Feruglio D. e E., La zona delle risorgive del basso Friuli fra "Tagliamento e Torre" – studio geologico, idrologico e agronomico, Stabilimento Tipografico Friulano, Udine, 1925.
- Feruglio D., Ferrari L., Tonizzo G., Progetto di bonifica della bassa friulana, stabilimento tipografico friulano, Udine, 1926.
- Fondazione Benetton Studi Ricerche, Kriegskarte 1798-1805, Il Ducato di Venezia nella carta di Anton von Zach, Grafiche V. Bernardi, Pieve di Soligo, 2005.
- Foramitti P., Il Friuli di Napoleone - Atlante dei territori compresi tra il Tagliamento e l'Isonzo, Edizioni della Laguna, Mariano del Friuli, 1994.
- Foramitti R., Michelutti M., Consorzi di bonifica della Bassa, storia e opere, Consorzio di bonifica Bassa Friulana, Arti Grafiche Friulane, 1990
- Foramitti R. & Al, Bassa friulana tre secoli di bonifica, Consorzio di bonifica Bassa Friulana, Udine, 1990
- Lago L., Theatrum Adriae. Dalle alpi all'Adriatico nella cartografia del passato, Ed. LINT, Trieste, 1989.
- Larice, R., Il Friuli, Friuli orientale e occidentale, monografia geografico-storica, Udine Libreria Editrice Udinese, 1920

- Lazzarini A., S. Daniele: notizie storiche, Tip.-lit Giuseppe Tabacco, S. Daniele, 1923
- Lorenzi A., La provenienza delle acque e la regione sorgentifera del fiume Stella nel Friuli, Materiali per lo studio dei fiumi Friulani, Memorie Geografiche, Piazza San Marco, Firenze, 1911
- Margreth G., Le bonifiche del Friuli, Tip. Domenico del Bianco, Udine, 1924
- Martinis M., Marangoni W., San Denêl, Società Filologica Friulana, 1992.
- Mattiussi A. e Bevilacqua C., Pantianicco in cerca della sua storia, Comune di Mereto di Tomba, 1993
- Mazzuccato G., Notizie idraulico-agrarie sopra alcuni torrenti del Friuli, Annali dell'agricoltura del Regno d'Italia, tipografia di Giovanni Silvestre, Milano, 1809.
- Molfetta D., Gli opifici idraulici e la fluitazione del legname nell'alto But, S.E.C.A.B., Paluzza, 1986.
- Mori C., Atti del primo Congresso geografico italiano tenuto in Friuli dal 6 al 17 settembre 1937 – aspetti geografici e sociali della bonifica nel Friuli, Ed. Del Bianco, Udine, 1938
- Mossenta G., Melchior G. Il torrente Corno – Cuâr di San Denêl, Ed. La Bassa, LithoStampa Pasian di Prato, 2005.
- Mossenta G., Melchior G, Le acque nel Comune di Fagagna, *Feagne*, Società Filologica Friulana, Udine, 2007
- Musoni F., Il lago di San Daniele del Friuli: studio limnologico, Tipografia Domenico Del Bianco, Udine, 1907
- Novelli G., Lo scolmatore Corno – Tagliamento, Rassegna tecnica 5/2008
- Rusticus, Un'opera senza precedenti, la trasformazione fondiaria della bassa friulana, La Panarie n.25, 1937
- Someda De Marco P., Mereto di Tomba nella storia e nell'arte, Arti Grafiche Friulane, Udine, 1969.
- Tonini V., Bonificazione della bassa friulana soggetta alle sorgive – estratto dal bollettino dell'Associazione Agraria Friulana 1906, prem. Tipografia commerciale, Mortegliano, 1928.
- Toniutti M., Tondolo M., Fiorenza T., Zone umide nell'anfiteatro morenico, tipografia Pellegrini, Udine, 1997
- Zenarola P., Stefanelli L., Colle S, Storia d'acque. Le rogge di Udine, patrimonio nascosto, ed. Kappa Vu, Udine, 1995
- Zoratti V., Codroipo – Ricordi Storici, volume 2, s.l., s.n., 1965
- Plinio Gaio Secondo, Storia naturale, Ristampa Einaudi Edizione, Milano, 1983;
- Tirelli R., Ipotesi e riscontri sulla presenza dei Celti e di altre popolazioni preromane nella Bassa Friulana, Ed. La Bassa, 2002
- Ciconi G., Sulle principali inondazioni friulane – notizie dal dott. Giandomenico Ciconi, s.n., s.l. 1854
- Collini G., Il torrente Cormor, Tipografia del Patronato, Udine, 1899
- Ellero G., Storia di Campoformido, Bressa e Basaldella del Cormor, Arti Grafiche Friulane, Udine, 1979
- Magnani V., I precedenti storici del canale Ledra Tagliamento, con brevi notizie dei primi cinquant'anni di vita consorziale, Tipografia G. Doretti, Udine, 1931
- Il Giornale di Udine, 21-24 settembre 1920
- La patria del Friuli, 21-24 settembre 1920
- Il Messaggero di Udine 19-21 giugno 1996- 21-22 settembre 1995
- Sito internet del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Sezione archivio <http://avi.gndci.cnr.it>
- Sito internet della Protezione Civile del Friuli Venezia Giulia <http://www.protezionecivile.fvg.it/>

2. EVENTI ALLUVIONALI STRUMENTALMENTE RILEVATI

Nel presente capitolo sono riassunti, schematicamente, le informazioni e i dati raccolti sulle calamità idrologiche, verificatesi nel bacino collinare del torrente Corno in epoca strumentale. Per epoca strumentale si intende il periodo in cui sono disponibili dati provenienti da misure di precipitazione (durata e intensità) e di livello idrometrico dei corsi d'acqua, effettuate con strumenti di tipo tradizionale (pluviografi, aste graduate) e di tipo moderno (stazioni pluviometriche e idrometriche in telemisura).

Per quanto riguarda il bacino del torrente Corno, tale periodo si estende dal 1920 ad oggi e la raccolta dei dati viene fatta nei Bollettini mensili e negli Annali Idrologici a cura del Servizio Idrografico Regionale.

2.1 DATI TECNICI DELL'ECCEZIONALE EVENTO DI PIENA DEL 19-20 SETTEMBRE 1920

Come già accennato al § 1.15.2, l'alluvione del settembre 1920 è il primo evento rilevato strumentalmente ed è documentato in modo dettagliato da una pubblicazione dell'Ufficio Idrografico del Regio Magistrato alle acque a cura di *Crestani G., Desio A. e Feruglio E.* del 1924.

Oltre ad un'analisi particolareggiata del fenomeno meteorologico dal punto di vista della temperatura, della pressione e del vento, in questo testo vengono riportati i dati pluviometrici registrati, permettendo di ricostruire la permanenza della perturbazione nella nostra regione.

Crestani così commenta l'evento:

“L'ispezione delle tabelle ci mostra come i rovesci di pioggia intensi si siano scatenati nel Friuli in genere la sera del 19; dopo una breve interruzione essi hanno ripreso con maggiore violenza tra le 2.00 e le 4.00 del mattino del 20, ed hanno continuato nel giorno successivo 21 con un'interruzione verso mezzogiorno.

[...]

Il periodo è durato solo 4 giorni, 19-22, ma le precipitazioni in esso verificatesi sono notevoli per l'elevato valore del totale complessivo delle precipitazioni, e per l'elevata quantità sia giornaliera che oraria, come appare alle tab. III^a e IV^a, i cui massimi sono stati registrati per la prima volta dall'istituzione dell'Ufficio Idrografico (1908)”.

Le tabelle III^a e IV^a sono riportate rispettivamente nelle Figure 2.1.1 e 2.1.2.

TAB. III. Le più notevoli quantità di pioggia caduta in 24 ore

La tabella seguente raccoglie le intensità giornaliere di pioggia superiori ai 150 mm. Il massimo valore venne misurato a Tramonti di Sotto (Livenza) con mm. 482.

STAZIONE	Altezza di pioggia in mm.	STAZIONE	Altezza di pioggia in mm.	STAZIONE	Altezza di pioggia in mm.
Caporetto +	200	Spilimbergo +	150	S. Francesco +	200
Ciseriis +	278	Sacile *	151	Spilimbergo +	378
S. Francesco +	160	Tramonti di Sotto +	203	Poffabro +	247
Aviano +	169	Cavasso Nuovo +	275	Tramonti di Sotto +	152
Poffabro +	161	Maniago +	228	S. Quirino +	170
Plezzo *	257	Passo Predil +	168	Passo Predil +	159
Caporetto +	232	Plezzo *	184	Zovello di Ravasai +	154
Veronza +	380	Vedronza +	360	Paularo +	150
Ciseriis +	312	Attimis +	172	Sutrio +	198
Attimis +	370	Povoletto .	168	Tolmezzo +	235
Montemaggiore +	175	Goregnavas +	240	Saletto di Chiusaforte +	175
Goregnavas +	260	Avosacco +	280	Chiusaforte +	168
S. Wolfango +	161	Tolmezza +	355	Ovedasso +	150
Tolmezzo +	161	Saletto di Chiusaforte +	230	Alesso +	191
Resia +	190	Chiusaforte +	250	Frasseneit +	314
Ovedasso +	170	Resia +	330	Poffabro +	175
Venzone +	185	Ovedasso +	216	Rio Stavalis +	268
Alesso +	318	Venzone +	202	Tramonti di Sotto +	482
S. Daniele del Friuli *	401	Alesso +	200	Maniago +	180
Clauzetto +	220				

+ Stazioni fornite di pluviometro. * Stazioni fornite di pluviografo.

Figura 2.1.1: pioggia massima in 24 ore durante l'evento del 19-20 settembre 1920

TAB. IV. Le più notevoli quantità di pioggia caduta in un'ora (*)

Vengono date le intensità orarie di pioggia superiori ai 20 mm. Il massimo valore venne registrato a Plezzo (Isonzo) con mm. 80.

STAZIONE	ore		Quantità di pioggia caduta mm.	STAZIONE	ore		Quantità di pioggia caduta mm.
	dalle	alle			dalle	alle	
Plezzo	21.35	22.35	25.5	S. Daniele (1)	13.0	14.0	29.0
	19.0	20.0	36.0		14.0	15.0	35.0
Venzone	20.0	21.0	38.0	15.0	16.0	36.0	
	20.45	21.45	53.3	16.45	17.45	24.4	
S. Daniele	18.15	19.15	31.0	12.0	13.0	50.0	
Belluno	21.45	22.45	28.8	13.0	14.0	36.2	
Udine	8.20	9.20	21.5	8.30	9.30	24.7	
Plezzo	9.20	10.20	34.0	Plezzo	9.35	10.35	80.0
	14.40	15.40	46.5	Venzone	7.0	8.0	37.7
S. Lucia	2.30	3.30	26.0	S. Daniele	5.0	6.0	20.5
Venzone	4.0	5.0	22.5	Possagno	21.45	22.45	20.7
	5.0	6.0	35.5	Plezzo	2.30	3.30	22.5
S. Daniele (1)	6.0	7.0	34.0	Venzone	1.25	2.25	23.0
	7.0	8.0	22.0	Legnago	4.0	5.0	29.6
	11.0	12.0	33.0	Bosco Mantico	19.25	20.25	20.3
	12.0	13.0	33.0				

(1) Nel giorno 20, la massima intensità oraria venne registrata dalle ore 13.45 alle ore 14.45 con m/m 43.5.
 (*) I valori indicati nella tabella sono i massimi segnalati nella regione veneta dal 1908, dopo l'istituzione della rete pluviometrica dell'Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle acque; a questi si possono aggiungere i seguenti che sono tra i più notevoli segnalati a Udine lungo un secolo di osservazione (G. MARINELLI. *La terra*, I, vol. pag. 839 Milano 1888).
 Il 18 agosto 1860 si ebbero in un'ora non meno 94,7 m/m;
 il 13 ottobre 1804 in ore 14 1/2 caddero 203 m/m.
 e a Tolmezzo l'11 ottobre 1875 se ne ebbero 105 in 24 ore.
 Ricordiamo che nella seconda decade del settembre 1882, nota per le grandi inondazioni nel bacino del Po, si sono avuti a Levo 668 mm. d'acqua; ad Ornavasso 546, 609 al Piccolo S. Bernardo, 383 a Verradio. A Portonovo 136 mm. e 395 a Belluno (Vedi Marinelli Op. cit. pag. 880). Quantità d'acqua superiori a quelle misurate in Friuli nello scorso settembre caddero ancora in Italia.
 Così a Scoppello (Piemonte) nell'ottobre 1875 caddero 1246.8 m/m di pioggia.
 Ad Osoppo, nel maggio 1872 se ne ebbero 909 m/m e nell'ottobre successivo 1756.0.
 A Melna, in Piemonte, il 4 ottobre 1873 caddero 230.3 m/m d'acqua e ad Osoppo dal 5 al 7 ottobre del medesimo anno, se ne ebbero 600 m/m (Vedi ROSTER. *Climatologia dell'Italia*, Torino 1909).
 Durante il nubifragio Valtellinese dell'agosto 1911, il giorno 21 caddero a Marchisole m/m 330 d'acqua - 923 ad Albeso - 603 a Belluno - 250 a Gavirate.

Figura 2.1.2: pioggia massima di un'ora durante l'evento del 19-20 settembre 1920

Per quanto riguarda le altezze idrometriche non vi sono dati ufficiali registrati; le uniche indicazioni si hanno dalle testimonianze relative ai livelli raggiunti nei centri abitati, come riportato nel precedente capitolo (§ 1.15.2).

Nella Tabella 2.1.1 sono riportati i valori di precipitazione oraria durante l'evento del 19-20 settembre 1920.

Quantità orarie di pioggia [mm]																		
	19 sett. 1920						20 sett. 1920						21 sett. 1920					
	Udine	S. Daniele	Venezia	Plezzo	Sacile	Gorizia	Udine	S. Daniele	Venezia	Plezzo	Sacile	Gorizia	Udine	S. Daniele	Venezia	Plezzo	Sacile	Gorizia
0-1	-	-	-	-	-	-	11,0	9,8	0,2	13,0	-	-	-	0,1	5,0	13,5	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	11,0	2,7	24,0	11,0	-	-	0,3	-	2,5	4,5	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	0,6	1,0	13,0	5,0	-	0,1	19,5	1,3	11,4	-	5,7	9,0
3-4	-	-	-	-	-	-	0,4	2,0	20,0	10,0	4,8	0,1	1,0	7,7	7,5	8,0	-	0,4
4-5	0,1	-	-	-	-	-	3,0	22,5	20,0	8,0	-	0,1	-	0,3	7,0	10,5	0,2	-
5-6	-	4,2	1,2	1,9	-	-	0,2	35,5	10,0	19,0	1,6	0,5	-	20,5	18,0	3,0	-	-
6-7	-	-	-	0,5	-	-	-	34,0	10,0	12,0	6,8	-	-	2,0	15,0	1,8	0,1	-
7-8	-	-	1,0	-	-	-	-	22,0	9,0	13,5	3,1	-	0,2	3,9	37,7	1,2	3,2	-
8-9	-	0,8	19,0	2,3	-	-	15,0	14,0	14,4	17,5	1,0	-	-	0,1	11,3	10,5	-	-
9-10	-	1,1	1,2	0,1	-	-	15,0	5,0	1,6	38,0	0,6	-	-	-	4,0	43,0	-	-
10-11	-	0,4	3,0	-	-	-	17,0	5,0	-	14,0	-	-	-	-	-	57,5	-	-
11-12	-	-	2,8	-	-	-	0,3	33,0	-	9,7	4,4	-	-	3,5	-	20,5	-	-
12-13	-	-	10,0	-	-	-	0,1	33,0	-	4,3	50,0	-	-	-	15,5	2,5	-	-
13-14	-	-	-	0,5	-	-	-	29,0	-	11,5	36,2	-	-	-	2,3	-	-	-
14-15	-	-	-	-	-	-	0,5	35,0	-	3,5	1,8	-	-	-	-	-	-	-
15-16	-	-	-	0,7	-	-	0,2	36,0	-	18,0	10,8	-	-	-	0,2	0,1	-	-
16-17	-	-	1,0	0,2	-	-	16,0	18,0	-	4,0	9,5	-	-	-	-	3,6	-	-
17-18	-	0,2	2,0	0,2	-	-	15,0	20,5	-	14,5	7,5	-	-	-	1,0	0,2	-	-
18-19	-	3,8	5,0	2,3	-	-	12,0	6,0	3,8	10,0	8,0	0,8	-	-	3,2	0,1	-	-
19-20	1,4	7,5	36,0	5,4	0,3	-	11,0	5,8	1,0	4,5	2,0	1,2	-	-	4,3	0,2	0,3	-
20-21	-	13,0	38,0	2,3	-	-	4,1	8,5	6,0	3,4	4,6	11,1	-	-	9,5	1,6	2,2	-
21-22	20,0	50,0	10,0	13,0	-	-	-	15,2	4,0	2,2	-	1,4	-	6,0	27,0	0,4	0,8	-
22-23	15,0	11,0	12,0	20,0	-	0,8	-	0,2	17,0	7,9	-	-	-	2,4	50,0	0,2	7,9	-
23-24	19,0	6,5	4,4	8,5	-	-	-	7,9	7,0	2,5	-	-	-	-	14,0	1,3	0,1	-

Tabella 2.1.1: pioggia oraria durante l'evento del 19-20 settembre 1920

Nella Figura 2.1.3. è riportato il pluviogramma registrato alla stazione di San Daniele durante l'evento del 1920. Colpisce l'intensità della precipitazione registrata tra le ore 20 e le ore 21 del 19 settembre, il cui valore risulta essere di 50,00 mm/ora.

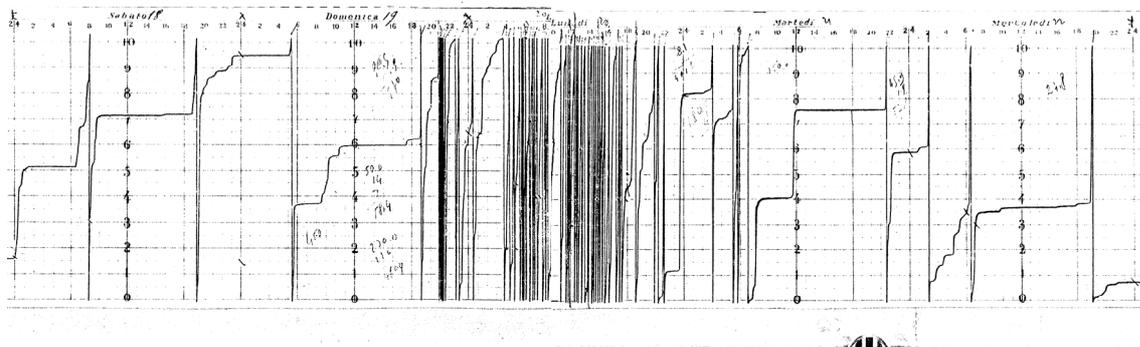


Figura 2.1.3: pluviogramma registrato a San Daniele durante l'evento del 19-20 settembre 1920

2.2 RIFERIMENTI PLUVIOMETRICI E IDROMETRICI DEGLI EVENTI DI PIENA NEL PERIODO DAL 1921 AL 1990

Dal 1921 al 1986 i dati disponibili sono stati reperiti dagli Annali Idrologici e riguardano le altezze massime annuali di precipitazione relative alle durate di 3, 6, 12 e 24 ore, per le stazioni considerate nel presente Piano. Per quanto riguarda le registrazioni pluviometriche dei singoli eventi, sono disponibili immagini scannerizzate dei pluviogrammi delle stazioni di San Daniele, Gemona, Artegna, Pinzano, Flaibano e Andreuzza a partire dal 1920 fino al 1985.

Per quanto riguarda le altezze idrometriche, dal 1966 ad oggi, sono stati installati alcuni idrometri lungo il corso del Corno-Stella.

Nella tabella 2.2.1. si riportano le stazioni idrometriche ed il loro periodo di funzionamento.

IDROMETRO	FUNZIONAMENTO
Pocenia	1980-2001
Ariis	1966-1987
Zompicchia	1980-1993
Codroipo Centro	1980-1982
Coseano	2008-oggi
Codroipo (S.P. 65)	2008-oggi

Tabella 2.2.1: idrometri sul Corno-Stella

Come già riportato nel § 1.15.3, molte informazioni utili sono state raccolte anche grazie alle pubblicazioni del tempo.

2.3 DATI TECNICI DELL'EVENTO DI PIENA DEL 5-7 OTTOBRE 1998

L'evento verificatosi in Friuli dal 5 al 7 ottobre 1998 è risultato tra i più importanti ed intensi dal 1920 ad oggi. Tuttavia tale evento non è apparso particolarmente severo sul bacino del torrente Corno. L'andamento a più picchi delle precipitazioni che hanno caratterizzato l'evento in parola lo rendono, tuttavia, interessante, per l'analogia tipologica con l'evento disastroso del 1920.

Nella Tabella 2.3.1 sono riportati i massimi valori annuali di precipitazione delle stazioni disponibili in prossimità del bacino collinare, per l'anno 1998.

1998	3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm
Gemona *								
Artegna	5 set	100.0	5 set	138.4	11 set	151.2	11 set	199.0
Fagagna	6 ott	122.8	6 ott	203.0	6 ott	221.8	6 ott	273.3

* strumento bloccato nell'evento 5-7 ottobre

Tabella 2.3.1: massimi annuali relativi al 1998 per le stazioni disponibili

Nella Tabella 2.3.2 e nella Figura 2.3.1 sono riportate le altezze idrometriche e l'andamento dei valori registrati alla stazione di Pocenia durante l'evento del 1998.

GIORNO	Altezza idrometrica [cm] e ora					
3 ottobre	182 (ore 2.00)	199 (ore 8.00)	213 (ore 13.00)			
4 ottobre	200 (ore 0.00)	185 (ore 10.00)	174 (ore 18.00)			
5 ottobre	185 (ore 1.00)	183 (ore 6.00)	191 (ore 12.00)	187 (ore 18.00)	200 (ore 22.00)	interrotto
6 ottobre	251 (ore 4.00)	296 (ore 8.00)	320 (ore 11.00)			
7 ottobre	264 (ore 15.00)	interrotto	315 (ore 23.00)			
8 ottobre	interrotto					
9 ottobre	272 (ore 9.00)	249 (ore 17.00)				
10 ottobre	214 (ore 7.00)	220 (ore 11.00)				

Tabella 2.3.2: altezze idrometriche [cm] registrate a Pocenia durante la piena del 5-7 ottobre 1998

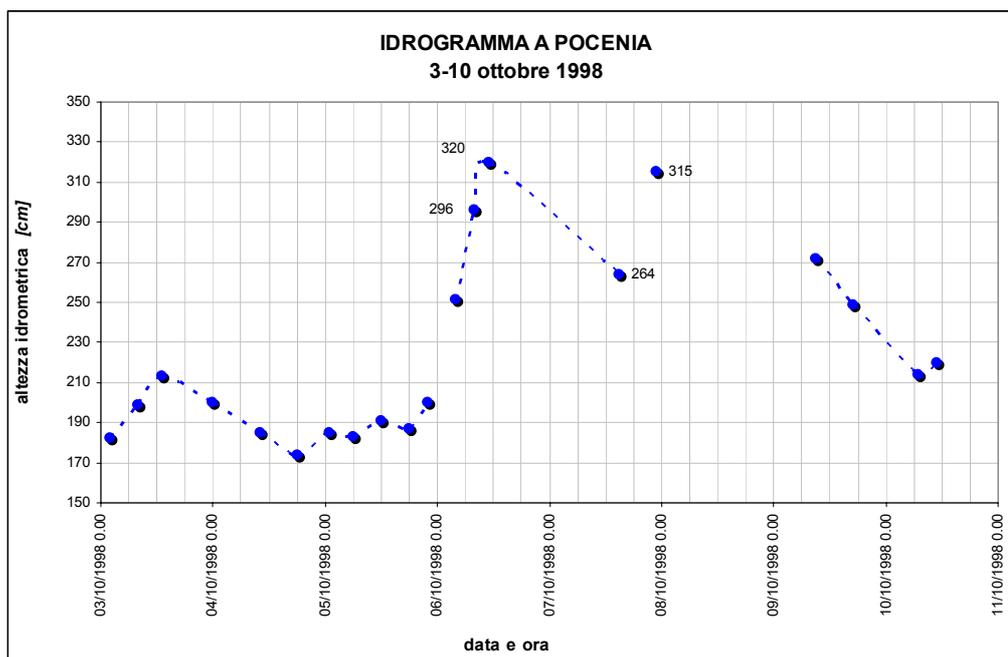


Figura 2.3.1: andamento delle altezze idrometriche [cm] registrate a Pocenia durante l'evento del 5-7 ottobre 1998

Per quanto riguarda i dati orari delle precipitazioni durante l'evento, nella Tabella 2.3.3 sono riportati quelli relativi alle stazioni disponibili. Nella Figura 2.3.2 è riportato l'andamento del pluviometro di San Mauro.

		EVENTO 5-8 OTTOBRE 1998					
		Stazioni					
giorno	ora	Andreuzza	Gemona	San Mauro	Pinzano	Artegna	Fagagna
05/10/98	9.00						0,6
	10.00	0,8	1,2		0,8	0,6	0,8
	11.00	0,4	1,4	0,4	0,8	1	0,8
	12.00	2	1,8	1,6	2,2	0,2	0,2
	13.00	2,2	2	1,6	1	1	1,2
	14.00	1	4,4	0,4	1,6	2	2,0
	15.00	5,6	1,8	2,6	4,2	1,6	1,6
	16.00	1	1,8	2,6	1,8	1,4	1,2
	17.00	1,8	3,4	1,2	3,2	5,2	2,4
	18.00	3	5,4	2	4,4	3,2	3,4
	19.00	4,8	5,8	3,2	4,4	2,2	1,0
	20.00	3,4	2,2	4,2	1,2	4	2,8
	21.00	3,6	6,2	0,8	2,2	5,6	1,0
22.00	5,4	4,2	3,4	3	2	1,8	
23.00	1,6	2,6	6,6	2,6	2,6	7,0	
06/10/98	0.00	5	7,6	2,2	5,2	4,6	15,0
	1.00	13	4,6	6,4	3,6	3,2	6,8
	2.00	6	5,4	10,2	4,4	6,6	0,2
	3.00	4,4	3,4	2,4	2	13,4	0,0
	4.00	2,4	0	6,6	0,2	16	1,6
	5.00	0	0	0,2	0	5,2	3,0
6.00	2,4	2,2	0,2	5,2	2	3,0	

	7.00	5,2	3,8	8,8	4,8	0	0,2
	8.00	1	0,2	2,2	0	1	0,2
	9.00	0	0,2	0,2	0	4,6	1,0
	10.00	3,2	4,6	0	2,6	1,2	2,0
	11.00	1,4	2	2,8	2,4	0	3,2
	12.00	2,6	3,2	1,6	2,6	4,8	4,4
	13.00	4,4	7,4	3	6,8	1,8	2,6
	14.00	8	4,8	8,4	6,6	2,4	0,2
	15.00	4,6	2,4	2,6	1,2	5	0,4
	16.00	0,4	1,6	0,4	1,6	4,6	0,0
	17.00	1,6	0,2	2	0	2	7,8
	18.00	0,2	2,4	0,2	1,6	0,4	0,8
	19.00	12,2	14,4	4,8	21,4	0,2	0,4
	20.00	3,6	2,6	7,6	4,8	3,4	0,0
	21.00	0	4,4	0	0,2	12	4,6
	22.00	0	5,2	0	0	14	2,2
	23.00	7	4	3,4	0,6	0	1,6
07/10/98	0.00	6,4	3,2	1,6	0,2	1,4	1,6
	1.00	6	5,4	1,8	0	9,6	8,8
	2.00	1,4	24,4	0,8	0,2	0,6	17,0
	3.00	12,6	10,8	4,8	5,2	4	2,0
	4.00	23,2	4,2	22,4	27,2	4,6	2,0
	5.00	1,4	2,2	3,2	2,8	20	0,2
	6.00	2,2	5,6	3	1,6	8,6	1,0
	7.00	1,6	/	1	1,4	6	1,2
	8.00	1,2	/	1	1,2	1,4	4,0
	9.00	1,8	/	1,6	4,2	4	4,0
	10.00	4,6	/	3,4	7	1,4	6,0
	11.00	6,2	/	5,6	6	2,6	4,0
	12.00	2,8	/	5	3,2	12	5,2
	13.00	4,6	/	5,6	6,2	2	8,4
	14.00	10,4	/	4,8	6,2	3,4	5,8
	15.00	4	/	5,4	5	8	3,8
	16.00	9,4	4,8	10,6	5	7,6	0,8
	17.00	1,2	2,4	3,2	0,8	4,8	0,0
	18.00	2,8	1,8	1,2	0,4	6,8	0,0
	19.00	0	1	0	0	2,8	0,0
	20.00	0	0	0	0,2	1,8	0,0
	21.00	0	0	0	0	0	0,0
	22.00	0	0	0,2	0	0	0,0
	23.00	0	0	0	0	0	0,0
08/10/98	0.00	0	0	0	0	0	2,8
	1.00	0	0	0	0	0,2	
	2.00	2,6	3,2	1,4	1,2	0	
	3.00	1,8	0,8	1,8	1,4	0,2	
	4.00	1,2	1,2	1,8	6	2,4	
	5.00	3	3,6	4,4	4,4	1,6	
	6.00	4	5,8	4,2	4	0,4	
	7.00	4,4	6,2	1,8	2,6	4	
	8.00	5,6	2,8	0,8	0,4	9,6	
	9.00	0	0,2	0	7,6	9,4	
	10.00	0	0	1,8	0	1,6	
	11.00	0	0	0	3,8	0	

	12.00	0	0	1,2	10,2	0,2	
	13.00	1,4	1,4	1,6	0,8	0	
	14.00	0,4	0,4	0,2	0,2	1	
	15.00	0,2	0	0,2	0	0,6	
	16.00	0	0	0	0	0,4	
	17.00	0	0	0	0	0,2	
	18.00	0	0	0	0	0	
	19.00	0	0	0	0	0	
	20.00	0	0	0	3,8	0	
	21.00	0	4	6,6	0	0	
	22.00	6,4	0	0	0	0	
	23.00	0	0	0	0	0,4	
09/10/98	0.00	0	0	0,2	0	0	
	1.00	0	0	0	0	0	
	2.00	0	0	0	0	0	
	3.00	0	0	0	0	0	
	4.00	0	0	0	0	0	
	5.00	0	0	0	0	0	
	6.00	0	0	0	0	0	
	7.00	0	0	0	0,2	0,2	
	8.00	0	0	0	0	0	
	9.00	0	0	0	0	0	
	10.00	0	0	0	0	0	

Tabella 2.3.3: altezze pluviometriche registrate durante l'evento del 5-7 ottobre 1998

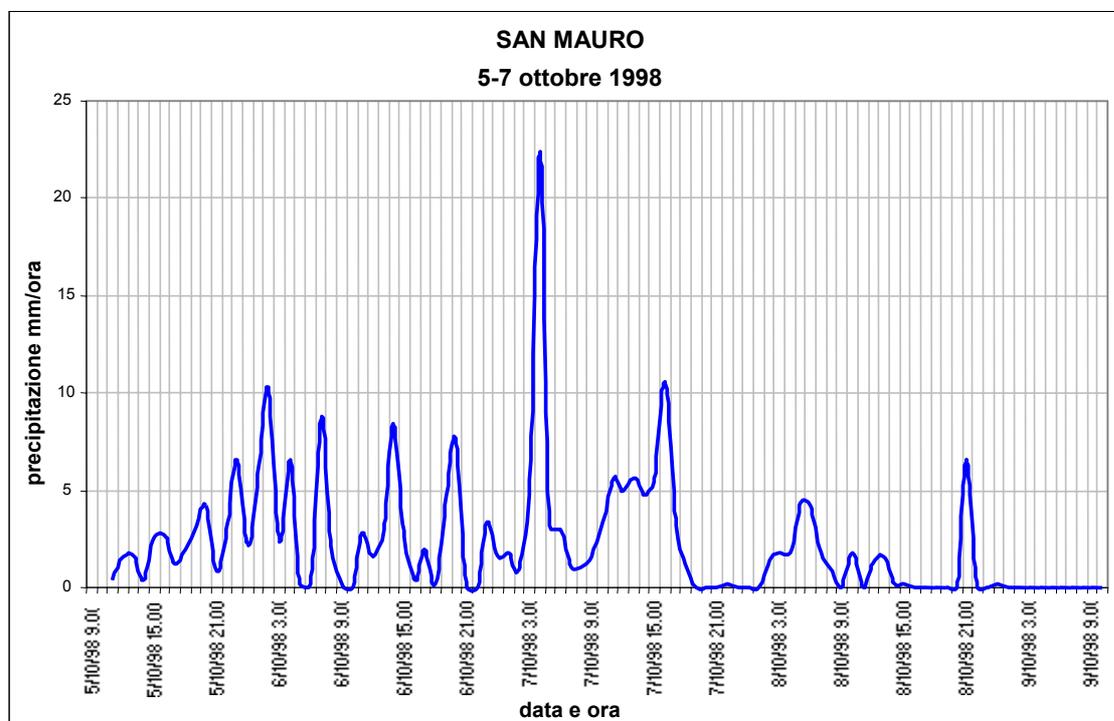


Figura 2.3.2: andamento delle altezze pluviometriche [mm/ora] registrate a San Mauro durante l'evento del 5-7 ottobre 1998

2.4 DATI TECNICI DELL'EVENTO DI PIENA DEL 31 OTTOBRE 2004

L'evento del 31 ottobre 2004 è stato piuttosto importante dal punto di vista dell'intensità della precipitazione ed è risultato anche evento di collaudo per lo scolmatore di San Mauro.

Durante la giornata del 31 ottobre, infatti, si registrarono due picchi di precipitazione, uno tra le 9:00 e le 10:00 e uno, più consistente, tra le 12:00 e le 13:00. La risposta del bacino collinare del torrente Corno fu pressoché istantanea, generando un picco di portata di $142 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza dello scolmatore, che entrò in funzione scolmando, senza difficoltà, i $100 \text{ m}^3/\text{s}$ per cui era stato progettato.

A valle dello scolmatore transitarono $25 \text{ m}^3/\text{s}$ con un picco di $40 \text{ m}^3/\text{s}$ che provocò, comunque, delle esondazioni.

Nella Tabella 2.4.1 sono riportati i dati pluviometrici delle stazioni limitrofe al bacino, espressi in $[\text{mm}/\text{ora}]$, mentre nella Figura 2.4.1 è riportato l'andamento delle precipitazioni registrate nella stazione di San Mauro. La Figura 2.4.2 riporta l'andamento delle portate stimate al nodo di San Mauro.

		EVENTO 31 OTTOBRE 2004							
		Stazioni							
giorno	ora	Andreuzza	Gemona	San Mauro	Moruzzo	Artegna	Fagagna	Osoppo	Zeglianutto
31/10/04	4.00	0	0.4	0	0.4	0	0	0.4	0
	5.00	0.8	0.8	0.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8
	6.00	0	0.2	0.6	1.4	0	0.2	0	0.4
	7.00	0.4	9.0	0	21.0	2.4	0.8	8.4	12.0
	8.00	10.6	12.2	7.8	18.0	19.4	14.0	11.8	20.4
	9.00	17.0	17.2	7.6	13.6	18.4	21.0	18.8	14.2
	10.00	17.0	13.2	29.4	12.0	7.6	18.0	14.8	12.0
	11.00	15.2	19.4	7.0	5.8	20.0	12.2	11.6	10.8
	12.00	11.2	28.8	14.0	1.2	5.2	4.4	25.6	5.2
	13.00	21.6	44.6	10.0	17.8	28.8	40.4	39.8	30.4
	14.00	33.2	4.2	38.8	20.4	27.0	0.2	1.4	9.4
	15.00	0.6	2.8	0.6	0	1.4	0.4	1.0	2.2
	16.00	0.2	3.2	0	1.2	1.0	0.8	1.8	1.4
	17.00	2.4	2.2	0.8	2.0	1.2	1.2	0.4	4.2
	18.00	3.4	0.2	1.4	0	0.8	0	0	0.4

Tabella 2.4.1: altezze pluviometriche registrate durante l'evento del 31 ottobre 2004

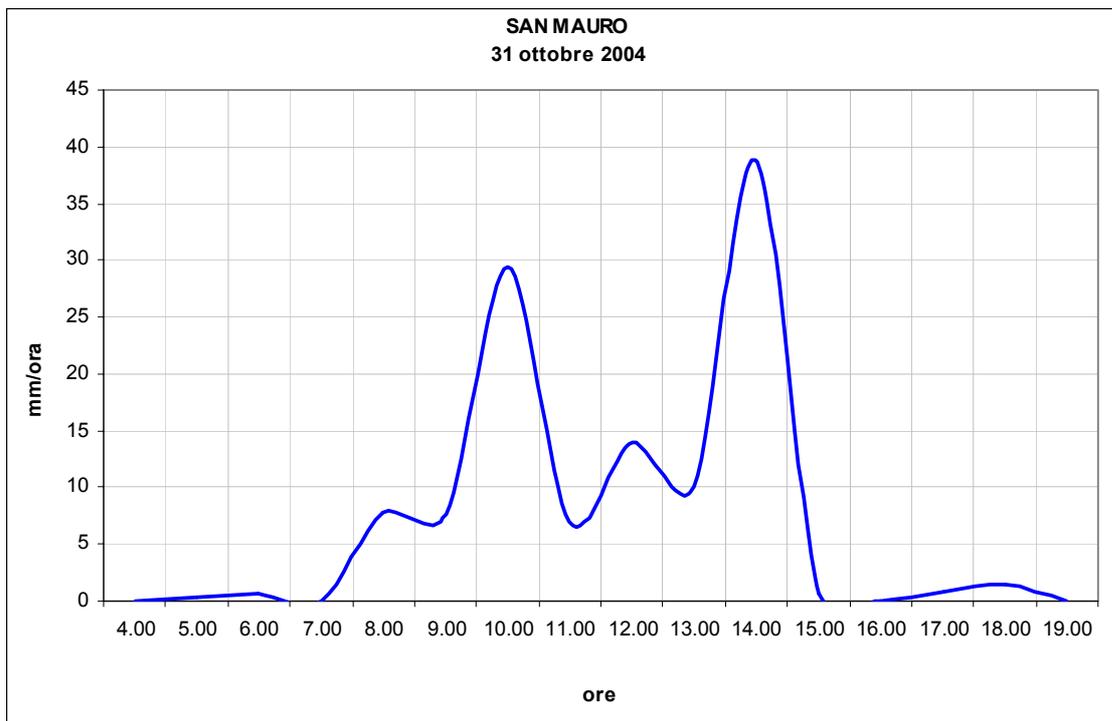


Figura 2.4.1: andamento delle altezze pluviometriche [mm/ora] registrate a San Mauro durante l'evento del 2004

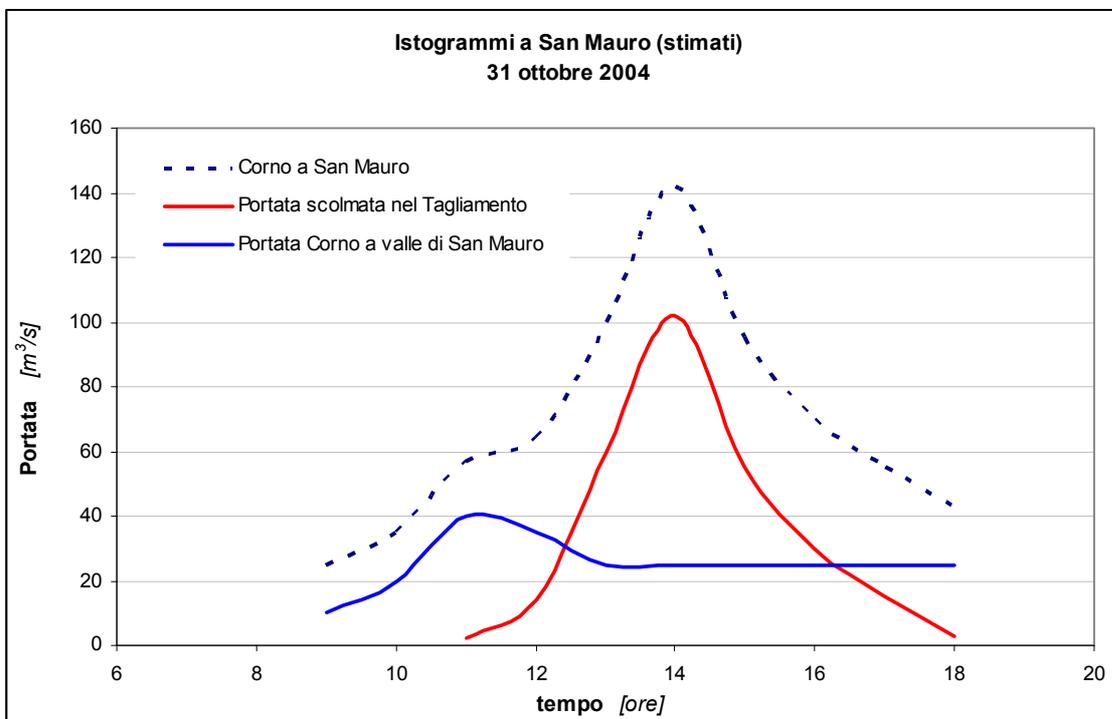


Figura 2.4.2: andamento delle portate a San Mauro nell'evento del 2004, stimate dal Consorzio di Bonifica Ledra Tagliamento

2.5 DATI TECNICI DELL'EVENTO DI PIENA DEL 22-25 DICEMBRE 2009

L'evento del 22-25 dicembre 2009 ha rappresentato l'ultimo evento, in ordine temporale, che ha visto l'entrata in funzione dello scolmatore e che ha fornito tutti i dati per un'ulteriore calibrazione del modello di calcolo delle piene, pur non essendo stato di grande intensità e con un tempo di ritorno dell'ordine dei 2 anni.

Quest'evento, inoltre, ha evidenziato alcune caratteristiche peculiari, tra cui il fatto che, nella settimana precedente, il bacino è stato interessato da precipitazioni nevose, le quali, sciogliendosi, hanno innalzato la portata di base del torrente Corno, e la presenza di una tipologia di evento multi picco, verosimilmente analogo a quelli che, in passato, hanno maggiormente messo in difficoltà i territori limitrofi all'asta principale; l'evento in argomento, infatti, ha avuto due picchi principali distanziati fra loro di circa 24 ore, così come accaduto sia nel 1920 che nel 1998.

Nella Tabella 2.5.1 sono riportati i dati pluviometrici delle stazioni limitrofe al bacino, espressi in $[mm/ora]$, mentre nella Figura 2.5.1 è riportato l'andamento delle precipitazioni registrate nella stazione di San Mauro. La Figura 2.5.2 riporta l'andamento delle portate calcolate al nodo di San Mauro.

		EVENTO 22-25 DICEMBRE 2009						
		Stazioni						
giorno	ora	San Daniele	Gemona	San Mauro	Magnano	Fagagna	Osoppo	Zeglianutto
22/12/2009	0.00	1.4	0.4	0	0	0	0	0
	1.00	2.0	1.6	0	0	0	0	0.6
	2.00	2.0	2.8	0	0	2.8	0.4	1.2
	3.00	2.4	1.4	0	0	4.8	0.8	0
	4.00	2.4	1.2	0	0	5.6	1.4	0
	5.00	1.8	1.4	0	0.2	3.6	1.6	0
	6.00	1.8	1.4	0	0.2	2.4	1.6	0
	7.00	1.8	2.2	0	0.2	3.6	2.6	0
	8.00	1.8	2.8	1.8	0.2	3.2	3.0	0
	9.00	1.8	2.8	8.0	14.6	4.0	3.4	1.6
	10.00	1.6	2.2	2.2	2.2	2.4	2.8	1.6
	11.00	1.8	2.6	2.4	2.4	2.6	1.4	2.6
	12.00	1.4	0.8	2.2	1.8	2.0	0.6	2.0
	13.00	0.6	0.2	2.4	1.6	2.2	0	2.0
	14.00	0.4	0.4	1.8	1.6	1.8	0.2	1.6
	15.00	0.2	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	1.6
	16.00	0.8	1.2	0.8	1.6	0.6	1.4	1.8
	17.00	0.6	0.6	0.4	0.4	1.0	0.8	0.8
	18.00	0.6	0.6	1.0	0.8	0.2	1.4	0.6
	19.00	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	20.00	1.4	1.0	1.0	0.6	0.8	1.2	0.6

	21.00	3.0	3.4	3.6	3.6	3.4	3.4	3.6
	22.00	5.2	5.2	5.2	5.8	5.4	5.8	5.4
	23.00	6.0	7.8	6.2	7.8	6.6	6.8	7.4
23/12/2009	0.00	5.6	8.6	6.0	7.8	5.8	7.8	7.8
	1.00	6.6	10.0	6.4	8.4	6.4	8.0	8.4
	2.00	7.8	8.8	8.0	9.8	7.8	8.4	9.0
	3.00	9.0	9.2	8.4	8.8	8.6	9.4	9.4
	4.00	9.2	7.4	9.8	8.2	9.6	8.4	8.4
	5.00	10.4	9.2	11.0	9.6	9.4	10.2	9.6
	6.00	10.0	10.6	10.0	10.2	8.4	11.8	9.2
	7.00	5.8	9.8	5.8	10.2	3.2	10.0	7.0
	8.00	0.8	2.6	1.0	2.4	0.6	1.4	1.8
	9.00	0	0	0	0	0.2	0	0.2
	10.00	0	0.2	0	0	0	0.2	0
	11.00	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2
	12.00	0	0.6	0	0.8	0.2	0.4	0.4
	13.00	0	0	0	0	0	0.2	0
	14.00	0	0	0	0	0	0	0
	15.00	0	0	0	0	0	0	0
	16.00	0	0	0	0	0	0	0
	17.00	0	0	0	0	0	0	0
	18.00	0	0	0	0	0	0	0
	19.00	0	0	0	0	0	0	0
	20.00	0	0.2	0	0	0	0	0
	21.00	0	0	0	0	0	0	0
	22.00	0	0	0	0	0.4	0	0
	23.00	0.6	0	0.8	0.4	1.2	0	1.8
24/12/2009	0.00	1.6	0.6	1.8	1.6	3.4	1.2	2.2
	1.00	1.0	1.6	1.0	1.4	1.4	1.4	1.6
	2.00	3.0	2.2	3.2	3.8	4.0	2.8	3.4
	3.00	2.8	3.8	3.2	3.6	3.2	3.6	3.4
	4.00	4.6	4.0	4.8	4.0	2.6	4.6	4.0
	5.00	4.2	3.6	4.0	3.0	2.6	4.4	2.6
	6.00	7.6	7.0	8.0	7.2	8.4	7.2	7.4
	7.00	6.6	7.8	6.2	7.6	2.6	8.0	7.2
	8.00	3.6	6.8	4.2	4.0	5.8	5.4	3.8
	9.00	3.6	4.2	4.2	4.2	3.4	4.8	5.2
	10.00	2.6	4.8	3.0	4.4	2.2	4.8	2.6
	11.00	3.4	7.6	3.8	5.6	1.8	8.6	3.4

	12.00	1.0	9.4	0.4	1.2	0.2	4.8	0.8
	13.00	1.8	6.2	1.4	3.4	0.2	2.8	1.8
	14.00	0.2	2.2	0.2	1.0	0.2	1.2	0.6
	15.00	1.0	2.4	0.8	2.2	1.0	2.2	2.2
	16.00	3.4	3.8	2.6	5.2	2.2	5.8	3.4
	17.00	3.6	5.6	3.4	5.4	3.6	5.2	4.4
	18.00	3.4	2.6	2.8	2.8	2.2	4.4	2.8
	19.00	4.2	3.0	4.4	3.4	3.0	5.0	3.0
	20.00	6.8	4.2	7.0	5.6	7.0	7.4	6.2
	21.00	11.8	7.8	10.4	10.4	8.0	13.6	9.0
	22.00	12.2	11.6	14.4	9.0	7.6	14.6	8.4
	23.00	6.8	10.2	6.2	9.4	6.0	15.2	8.8
25/12/2009	0.00	6.4	7.6	5.0	10.6	4.4	11.6	8.8
	1.00	4.2	6.8	4.0	7.2	3.2	8.8	5.8
	2.00	2.8	6.8	2.2	5.4	1.8	6.2	4.0
	3.00	5.0	9.8	3.2	3.6	2.0	12.2	3.2
	4.00	7.4	13.2	4.6	5.8	2.0	10.2	3.0
	5.00	5.6	13.2	4.6	9.4	0.4	8.8	5.6
	6.00	2.8	2.6	2.6	1.8	2.2	1.0	0.4
	7.00	0.2	2.2	0.2	5.6	1.6	2.0	4.4
	8.00	2.2	5.2	1.8	2.6	3.6	4.2	2.0
	9.00	0.8	11.2	1.0	4.2	3.8	8.4	5.4
	10.00	0.8	6.6	3.0	3.4	0.6	5.4	5.8
	11.00	0	0.8	0	0	0	2.0	0
	12.00	2.2	2.6	2.6	3.2	7.4	2.8	3.4
	13.00	0.4	0.2	0.6	0.2	0.4	0.4	0.6
	14.00	1.4	4.2	1.2	3.6	0.8	2.4	2.4
	15.00	1.4	0.8	1.2	2.6	0.2	0.2	1.4
	16.00	0	0	0.2	0	0	0	0
	17.00	0	0	0	0	0.2	0	0
	18.00	0	0	0	0	0	0	0
	19.00	0	1.0	0	0	0	0	0
	20.00	1.4	4.0	0.8	0.2	0	2.0	0
	21.00	1.2	2.2	2.0	1.0	0	1.0	1.0
	22.00	0	0.2	0	0	0	0	0

Tabella 2.5.1: altezze pluviometriche registrate durante l'evento del 22-25 dicembre 2009.

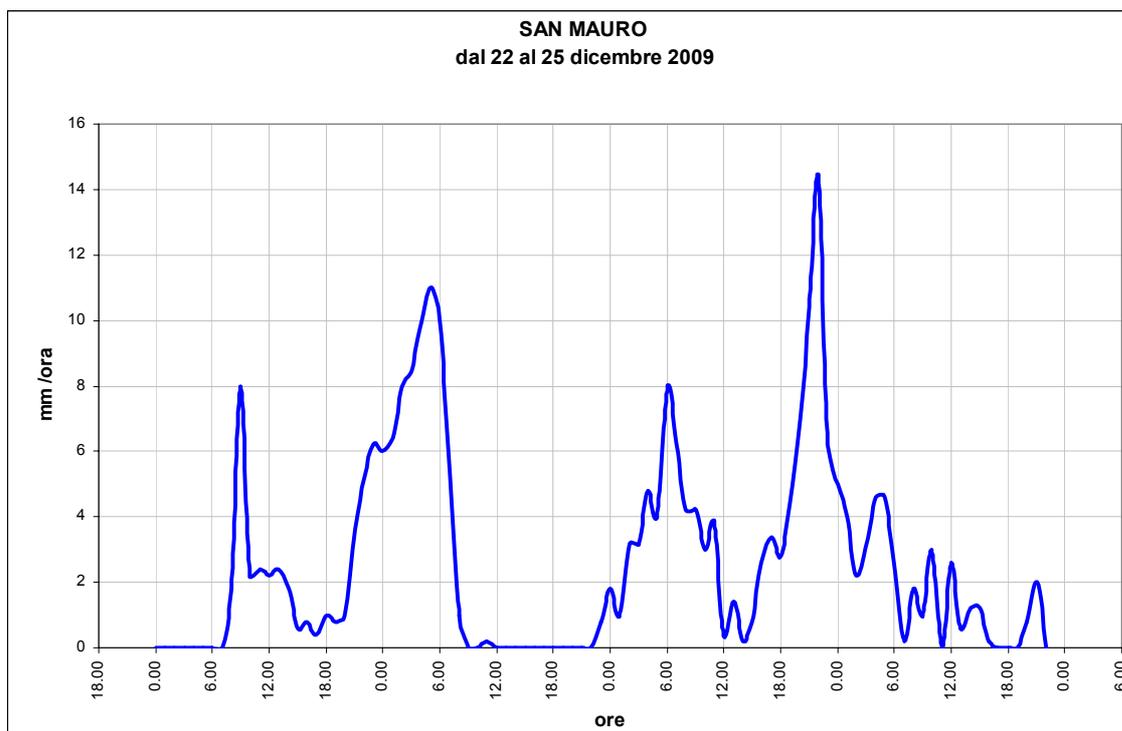


Figura 2.5.1: andamento delle altezze pluviometriche [mm/ora] registrate a San Mauro durante l'evento del 2009

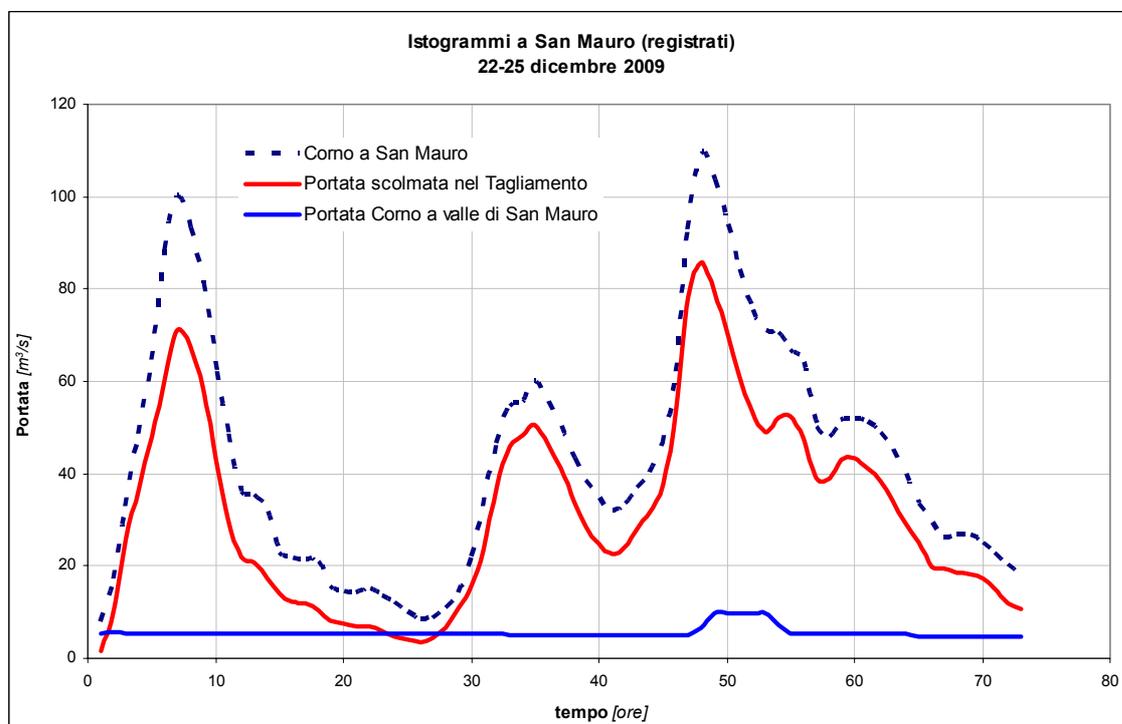


Figura 2.5.2: andamento delle portate a San Mauro nell'evento del 2009, misurate dal Consorzio di Bonifica Ledra Tagliamento

2.6 ALCUNE CONSIDERAZIONI

Da quanto descritto nel presente capitolo, la disponibilità di dati relativi agli eventi idrometeorologici verificatisi nel bacino del torrente Corno risulta essere piuttosto scarsa e, comunque, relativa ad eventi recenti. Si osserva che le stazioni pluviometriche sono totalmente assenti nel bacino collinare. A questo si unisce, almeno fino al 2004, la mancanza di dati idrometrici del bacino collinare, non consentendo la costruzione di una scala delle portate e, quindi, la verifica oggettiva della ricostruzione sintetica degli eventi di piena precedenti.

In occasione della realizzazione del canale scolmatore sul Tagliamento, sono stati installati una serie di idrometri che ne garantiscono la corretta entrata in funzione e permettono la determinazione dei valori di portata al nodo di San Mauro.

BIBLIOGRAFIA

Feruglio E., Desio A., Crestani G., “Le piogge e le piene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920”, Ufficio Idrografico del Regio Magistrato alle Acque, 1924.

3. DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Le amministrazioni comunali interessate dal bacino idrografico del torrente Corno, fino alla confluenza con il fiume Taglio, sono 18 e tutte ricadenti nella Provincia di Udine.

La tabella 3.1 riporta l'elenco dei Comuni in ordine alfabetico.

COMUNE	Superficie (km ²)
Basiliano	42,89
Bertiolo	26,2
Buia *	27,88
Codroipo	73,64
Colloredo di Monte Albano *	21,58
Coseano	23,86
Fagagna *	37,02
Majano *	28,1
Mereto di Tomba	27,36
Moruzzo *	17,88
Ragogna *	22,42
Rive d'Arcano *	22,47
Rivignano	30,52
San Daniele del Friuli *	34,68
San Vito di Fagagna	8,54
Sedegliano	50,45
Treppo Grande *	11,31
Varmo	37,06
TOTALE	543,86

* Comuni ricadenti nel bacino collinare con sezione di chiusura a San Mauro

Tabella 3.1: Comuni del bacino del torrente Corno fino alla confluenza con il fiume Taglio

Il bacino del torrente Corno è stato suddiviso in tre principali aree fisiografiche:

- bacino collinare
- alveo dell'alta pianura
- alveo della bassa pianura.

La parte più settentrionale del bacino del torrente attraversa un'ampia bonifica (zona del Paludo), caratterizzata da un ambiente prevalentemente agricolo, con una piccola parte di bacino che va ad interessare il monte di Ragogna.

Il rimanente tracciato, oltre il nodo di San Mauro, non ha notevoli contributi di portata la cui costanza è, tuttavia, garantita dalla portata del canale Ledra, rilasciata costantemente al nodo di San Mauro. Questo tratto è caratterizzato da un ambiente

prevalentemente agricolo con inserimento di aree urbanizzate, talora rivierasche al corso d'acqua, come il caso di Rodeano, Coseano, Nogaredo di Corno, Barazzetto, Mereto di Tomba, Pantianico, Beano, Zompicchia e Codroipo.



Figura 3.1: bacino del torrente Corno fino alla confluenza con il fiume Taglio e Comuni interessati

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il torrente Corno costituisce, assieme al torrente Cormor, il principale scaricatore glaciale dell'anfiteatro morenico del Tagliamento.

Questa importante unità morfologica rappresenta la quasi totalità del bacino collinare del Corno caratterizzato da una parte prettamente montana (Monte di Ragogna), nel lembo nord-occidentale, e, anche, da una parte geomorfologicamente pertinente all'alta pianura friulana, nella porzione più meridionale. Geneticamente, la costruzione dell'anfiteatro morenico viene riferita alla glaciazione wurmiana, periodo in cui l'estensione massima dei ghiacciai sembra essersi protratta con alcuni lembi fino alla latitudine di Udine, come testimoniano rinvenimenti di trovanti nel sottosuolo dell'alta pianura friulana (Venturini, 1988).

Gli archi e le cerchie moreniche che costituiscono l'ambiente collinare, originati dalla deposizione dei fronti terminali e recessionali dei ghiacciai, rispecchiano i limiti che, nel tempo, la massa glaciale ha raggiunto. Nel complesso, sono riconoscibili tre ordini di cordoni morenici principali interrotti, a tratti, dalla presenza di profonde incisioni operate dalle correnti di disgelo glaciali (residui di imponenti correnti fluviali che defluivano attraverso la piana pedemorenica alimentate dalle acque di fusione).

Le cerchie risultano simmetriche con i rilievi maggiori in corrispondenza della cerchia centrale che, dalle porzioni meridionali del Monte di Ragogna, passa per San Daniele, Fagagna, Moruzzo e Tricesimo. La cerchia più interna (su cui sorgono gli abitati di Colloredo e Caporiacco) risulta meno regolare della prima, suddividendosi in tre lobi, e risulta separata dalla precedente da un'area depressa costituita in prevalenza da depositi morenici di fondo, da sedimenti fluvioglaciali e, in alcuni casi, glaciolacustri. La cerchia più esterna (svilupata tra Ciconicco, Zampis, Leonacco e Tricesimo) costituisce la parte più antica della costruzione dell'anfiteatro, corrispondente alla morena terminale.

Marinelli (1902), Feruglio (1920) e, ancora, Marinelli (1912) ritengono di riconoscere, in alcuni lembi esterni a questa cerchia, depositi da attribuirsi ad età più antica, quindi non solo wurmiano ma anche rissiano. Solo molto più tardi Comel (1955) esprime forti dubbi su tali attribuzioni. Recentemente, indagini nell'ambito della redazione del foglio CARG – UDINE, hanno datato la base dei depositi che costituiscono la cerchia più esterna a circa 22.000 anni. Depositati di till indifferenziato, attribuibili al Pleistocene medio, vengono segnalati in affioramento ad ovest di Plaino.

Nel complesso, ne risulta un paesaggio definito da tre ordini principali di rilievi a forma di semicerchi, con pendenze in genere più elevate per i versanti meridionali e più modeste per quelli settentrionali, fatta eccezione per i pendii che chiudono l'anfiteatro a nord, verso la piana di Osoppo.

Le due aree intermoreniche presentano morfologie subpianeggianti e blandi rilievi, derivanti da residui di morene laterali o da fasi recessionali minori. Numerose sono in quest'area le depressioni originariamente lacustri o paludose e le piane colmate da depositi fluvioglaciali, a testimonianza dell'abbondante circolazione idrica connessa con l'innescamento delle fasi di ritiro dei ghiacciai.

I depositi morenici che formano le varie cerchie hanno, dal punto di vista litologico, caratteri molto eterogenei, rappresentando il prodotto delle azioni di accumulo del ghiacciaio tilaventino, e risultano definiti da una struttura piuttosto caotica senza alcuna

traccia di stratificazione o di elaborazione fluviale, con la presenza di varie componenti granulometriche (ghiaia, sabbia, limo, ciottoli e massi) associate, in proporzioni variabili, senza alcuna selezione sotto il profilo granulometrico (till glaciale). I massi, di dimensioni pari a qualche metro cubo, di varia natura e composizione, sono particolarmente rinvenibili in corrispondenza dei rilievi collinari della prima cerchia. Immediatamente all'interno dei versanti settentrionali dei cordoni morenici principali, in corrispondenza di rilievi poco accentuati, affiorano depositi morenici essenzialmente limosi, costituiti da materiali in prevalenza limoso-argillosi associati ad una componente grossolana (ghiaia e ciottoli) percentualmente limitata.

Nelle zone poste a ridosso dei rilievi collinari e nelle aree lievemente depresse ubicate all'interno dei cordoni morenici, sono presenti alcuni orizzonti superficiali di materiali a granulometria prevalentemente medio-fine di origine colluviale o, più raramente, residui delle alluvioni fluvioglaciali antiche composte, prevalentemente, da ghiaie e sabbie. Le numerose depressioni che dividono le varie fasce di rilievi, ormai più o meno colmate e spianate, sono contraddistinte dall'affiorare di terreni limoso-argillosi organici (depositi torbosi) di origine lacustre o fluviolacustre.

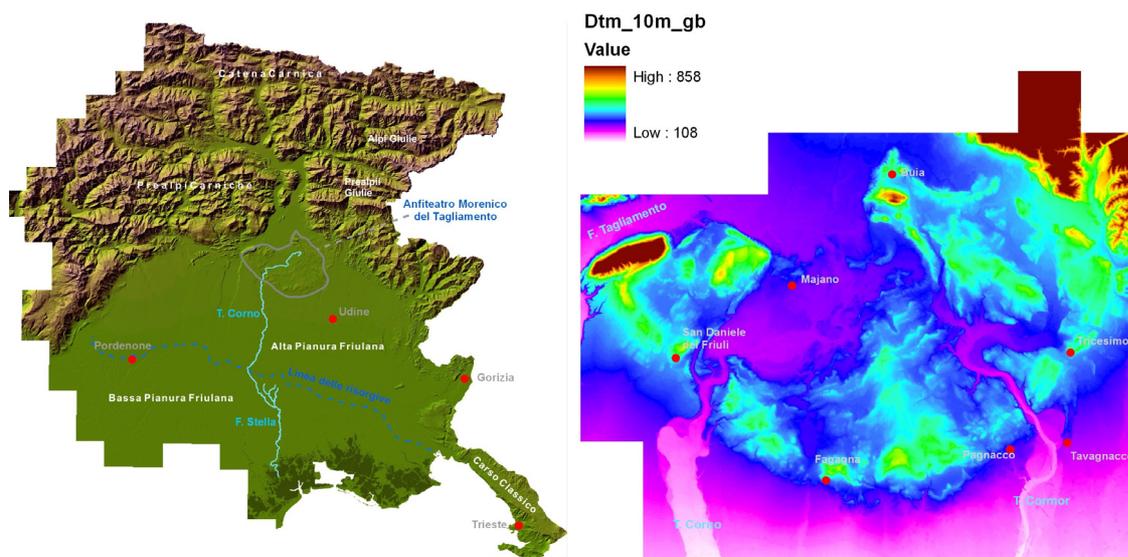


Figura 3.1.1: a sinistra la suddivisione geografica del Friuli Venezia Giulia che riprende lo schema proposto da Marinelli e Gortani. Il Corno si sviluppa tra l'Anfiteatro Morenico del Tagliamento, l'Alta e la Bassa Pianura Friulana e sfocia, conflueno nello Stella, nella Laguna di Marano. A destra DTM dell'area dell'anfiteatro morenico, che mette in evidenza la struttura semicircolare imposta dalla deposizione glaciale e le incisioni fluviali del Corno e del Cormor.

Il basamento su cui poggia l'anfiteatro morenico è costituito, a seconda dell'area di interesse, da conglomerati e ghiaie grossolane, da poco a ben cementate, del Pliocene-Pleistocene sup. (Supersistema del Friuli), conglomerati del Miocene (Conglomerato del Montello) e alternanze di marne ed arenarie del Paleocene-Eocene inferiore (Marne e Arenarie di Savorgnano, Flysch del Grivò). Gli spessori della coltre morenica possono superare il centinaio di metri, ma la struttura a scaglie tettoniche del basamento fa affiorare quest'ultimo con lembi limitati in alcuni isolati rilievi tra Ragogna, Susans, Buia e Tarcento. La struttura a scaglie tettoniche è correlata alla presenza di

sovrascorrimenti sepolti sud-vergenti, originatisi a partire dal tardo cretacico in seguito all'orogenesi mesoalpina e neoalpina. Tra i più importanti vengono citati, in letteratura, il sovrascorrimento di "Tricesimo", di "San Daniele", di "Palmanova" e di "Pozzuolo del Friuli" (Amato et al., 1976; Autori vari, 1982; CARG, 2008).

La seconda importante unità morfologica, che compone il bacino collinare del torrente Corno, è costituita dalla pianura pedemorenica, testimone della presenza di singole correnti di deflusso che, scaturendo dal fronte del ghiacciaio, si spagliavano a sud dando origine a conoidi che si fondevano tra loro in un unico apparato e costituiti prevalentemente da alluvioni ghiaioso-sabbiose.

Alle prime fasi alterne di deposizione di materiale fluvioglaciale ed erosione dello stesso si è succeduta una diminuzione delle portate che ha consentito l'impostazione in alvei più stretti ed incisi, con il conseguente terrazzamento dei letti che nelle fasi precedenti erano interamente occupati da acque. Si osserva, infatti, che i terrazzi sono costituiti, quasi esclusivamente, da depositi di origine glaciale (till o fluvioglaciale) e, solo raramente, da scarsi lembi alluvionali attuali.

Al margine dell'anfiteatro esistono testimonianze di cospicui apporti presso Martignacco, tra Villalta ed il torrente Lavia: più esattamente, si rilevano, qui, i residui di conii fluvioglaciali incisi successivamente dagli stessi scaricatori, a formare alti morfologici allungati e spesso terrazzati. Anche all'interno dell'ambito collinare dell'anfiteatro, lungo i corsi degli attuali scaricatori, si rinvencono aree di depositi fluvioglaciali, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi ed allungati parallelamente ai corsi d'acqua, talvolta terrazzati.

Il torrente Corno costituisce il principale scaricatore del settore centro-occidentale, che era impostato secondo il verso di deflusso attuale. Solo localmente, i due tracciati (antico ed attuale) si discostano anche se, in molti casi, le maggiori differenze sono dovute a sistemazioni antropiche, come quelle della piana tra Farla e San Daniele, avvenuta già dal 1881, in cui oggi rimangono visibili alcune pozze e bassure invase da acqua stagnante che rappresentano le antiche sinuosità recise.

Le alluvioni fluvioglaciali che formano la pianura pedemorenica sono costituite da ghiaie e ciottoli con locale abbondanza di matrice per lo più sabbiosa. Trattasi di materiali incoerenti, talora parzialmente cementati (ben visibili i livelli di ghiaie cementate in corrispondenza delle scarpate e delle incisioni del torrente Corno e dei rii minori), a granulometria eterogenea e stratificazione in genere ben evidente e, spesso, incrociata. Le dimensioni dei ciottoli, a causa dell'affievolirsi della velocità e dell'energia di trasporto delle antiche correnti fluvioglaciali (e di quelle successive) con lo scendere a valle, passa da diametri anche superiori a 50 cm, frequenti nella zona più strettamente pedemorenica, a quelli anche inferiori a 5 cm (zona della "linea delle risorgive"). L'elevata permeabilità del materasso alluvionale permette una facile infiltrazione verticale delle acque meteoriche ed un'altrettanto agevole dispersione laterale delle portate dei corsi d'acqua che solcano la pianura, nonché delle acque di ruscellamento superficiali e sotterranee provenienti dalle alture limitanti la pianura.

A sud di San Daniele, il Corno incide con un profondo solco (30-40 metri rispetto alle alture moreniche dei fianchi) la cerchia morenica più esterna, per poi aprirsi verso l'alta pianura, a sud di Arcano, in una valle ben aperta e limitata da due netti ed importanti terrazzi che tagliano il conoide fluvioglaciale originario. Alcuni limitati

lembi di depositi alluvionali terrazzati si trovano già entro la valle del Corno, nella zona di confluenza con il Ripudio (presso San Mauro, in sinistra idrografica e a monte della confluenza Corno-Ripudio). Questa zona di transizione verso la pianura, con i suoi terrazzi, riveste un'elevata importanza dal punto di vista geomorfologico, in quanto conserva, in pochi chilometri, la storia evolutiva del territorio dell'anfiteatro morenico avvenuta a partire dall'ultimo massimo glaciale (post LGM, ultimi 24.000 anni). Inoltre, la paleovalle che si apre in pianura tra i due terrazzamenti principali è da poco segnalata anche come geosito (RAFVG, 2009).

I due terrazzi principali iniziano al vertice del conoide, tra Giavons ed Arcano inferiore, a circa 175 metri di quota (Figura 3.1.2).

Il terrazzo di destra scende con un'ampia curva verso Rodeano Alto e si raccorda al piano sottostante con una scarpata netta e ripida, alta dai 25 ai 35 metri. Un lembo minore terrazzato è costituito dal ripiano ove sorge Giavons, alto 5-8 metri rispetto all'attuale piano del Corno, al quale si raccorda verso est con lieve pendenza fino a quote intorno ai 137 metri e verso sud con una scarpata più pronunciata fino a quote intorno ai 133 metri. Tra Rodeano Basso e Rodeano Alto, il terrazzamento principale è affiancato da due gradini intermedi che, verso monte, tendono a fondersi e sono raccordabili come superficie originaria al terrazzo di Giavons. L'andamento del terrazzo principale continua, poi, regolare in direzione SSE fino a Nogaredo, ove è presente un ripiano intermedio lambito, per un tratto, dal torrente. Il terrazzo principale, all'altezza di Mereto, diverge verso sud-ovest e si perde nella pianura tra Pantianicco e Sedegliano, ormai distante oltre 2 km dal letto attuale del Corno.

Il terrazzo di sinistra, dopo un breve percorso rettilineo a sud di Arcano Inferiore, delinea una netta insenatura incisa, a sua volta, dal profondo solco del t. Patoc. Tra l'incisione del Patoc e il piano dove scorre il Corno, rimane isolato un ripiano allungato a forma di lingua a sud di Arcano Inferiore. Dopo questa insenatura, il fianco del terrazzo prosegue continuo ed abbastanza regolare, fatta eccezione per alcuni brevi rotture aperte da alcuni scavi di cave o da acque pluviali che sgrondano, o sgrondavano, dalla sommità del terrazzo. L'orlo del terrazzo si dirige parallelamente a quello di destra in direzione SSE, da cui dista circa 1,3 km, fino a nord di Mereto. Qui, anche questo terrazzo comincia a divergere, scostandosi dal torrente, finendo nella campagna a sud-ovest di Tomba, a circa 1,3 km dal letto attuale del Corno. Un unico ripiano intermedio, ben delineato nonostante differenze di quota di 1-3 metri, è quello che si stacca a nord di Mereto e prosegue in direzione sud passando a est di Pantianicco, perdendosi nella campagna immediatamente a sud-est del paese in corrispondenza dell'area dove un tempo sorgeva il cimitero.

Nel complesso, i 2 terrazzi principali tagliano, con andamento parallelo, il conoide del Corno fino a nord di Mereto e distano tra loro circa 1.5 km. In corrispondenza di Mereto i terrazzi divergono e sfumano nelle campagne all'altezza di Pantianicco. Il torrente corre sinuoso nella piana frapposta alle due scarpate, avvicinandosi ora all'una e ora all'altra sponda, in un alveo poco inciso che ha lasciato deboli e discontinui terrazzamenti minori.

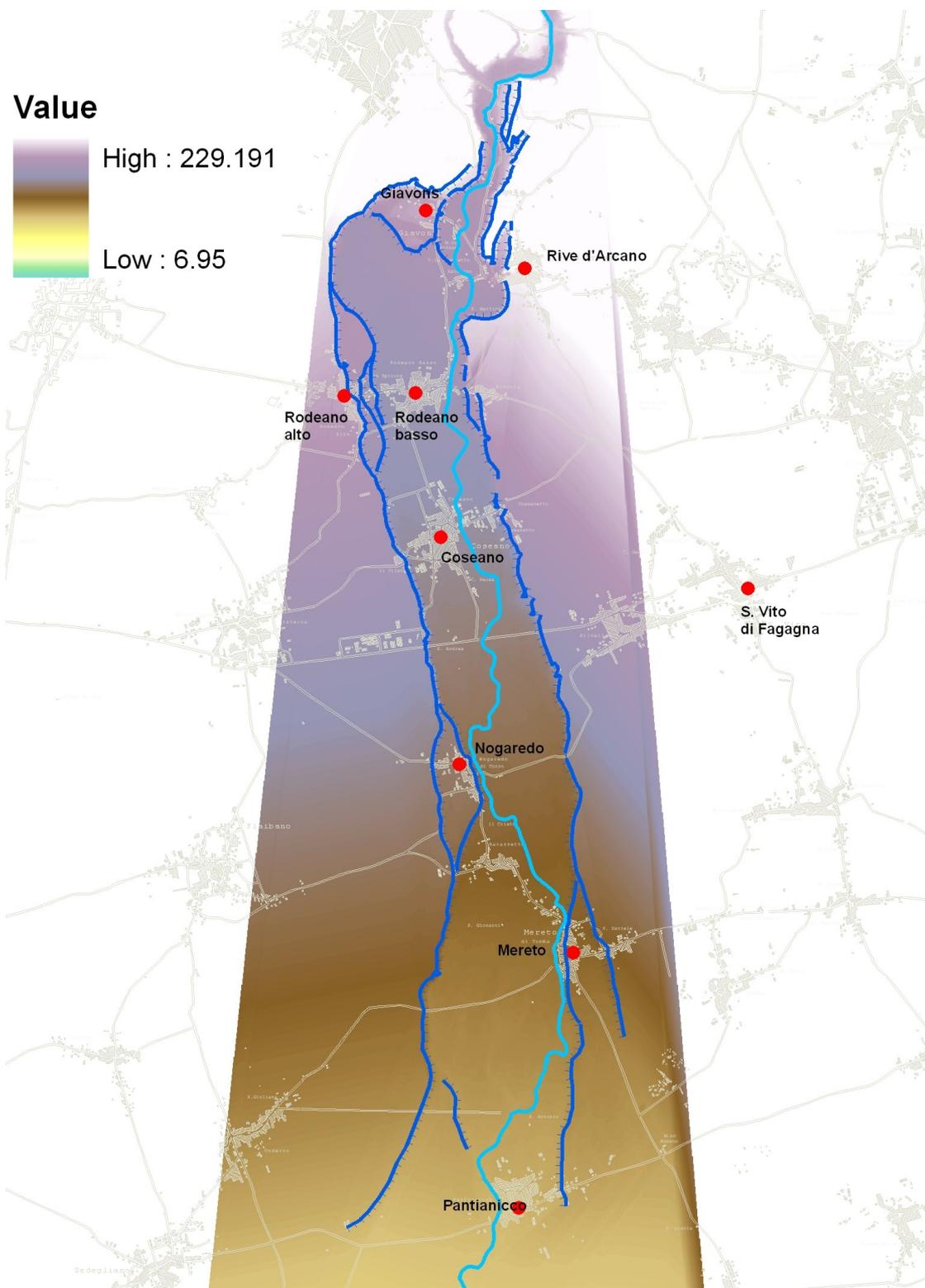


Figura 3.1.2: scarpate ricavate sulla base del DTM, con definizione 2 metri, ottenuto da rilievo laserscan. Sono indicati i principali terrazzamenti del conoide fluvio-glaciale del torrente Corno.

Tra i due terrazzamenti principali, il piano alluvionale scende con pendenza inferiore rispetto a quella della parte esterna del conoide, profilo leggermente concavo fino a Mereto, poi leggermente convesso a causa di un debole aumento della pendenza da nord di Pantianicco fino alla chiusura del conoide in bassa pianura. Esternamente alle due scarpate principali, le pendenze sono decisamente maggiori (intorno al 6-7‰ per il conoide di destra, intorno all' 8-9‰ per il conoide di sinistra). Questi piani si raccordano in prossimità della linea delle risorgive con pendenze dell'ordine del 4 ‰ e vanno a formare una piana alluvionale, con profilo nettamente concavo anche se sconnesso dalle numerose incisioni e dossi più recenti, che passa, in pochi chilometri, da pendenze intorno al 4‰ a pendenze intorno all' 1‰.

Tutto ciò è il risultato di un'evoluzione generale comune ai fiumi della pianura veneto-friulana: dopo la massima fase di espansione glaciale, cui si deve in gran parte la formazione del conoide principale, alla fine del LGM, durante il cosiddetto cataglaciale (18.000-15.000 BP) a causa del ritiro del ghiacciaio dall'anfiteatro morenico, il Corno si approfondisce e incide il tratto apicale del conoide pleistocenico. Più a valle, invece, le incisioni sfumavano, progressivamente, fino a scomparire e i sedimenti si depositavano sulla pianura pleniglaciale, generando morfologie in rilievo. Si crearono, così, dei nuovi lobi deposizionali all'interno dello stesso conoide, con aggradazione dei lobi più recenti rispetto all'antico conoide. Nel caso specifico, il conoide del torrente Corno termina poco dopo il limite delle risorgive ed è sepolto dai depositi più recenti del Tagliamento verso ovest, mentre verso est è interdigitato e, in parte coperto, dal conoide del torrente Cormor, tra Flambro e Flambruzzo, lungo il bacino fluviale del fiume Torsa. All'interno dell'incisione principale del conoide, l'apice del lobo cataglaciale è individuabile poco a nord di Mereto di Tomba, determinando il cambio di pendenza e di profilo succitato. Più a sud, la presenza di ghiaie grossolane, nell'immediato sottosuolo della bassura occupata dallo Stella, induce a pensare a una possibile continuazione del conoide del Corno, ma i dati sono ancora frammentari e non permettono un'attribuzione delle forme individuate (Fontana, 2006).

3.2 RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO COLLINARE

Il torrente Corno ha origine a quota 185 *m s.l.m.*, ad ovest dell'abitato di Carvacco in Comune di Treppo Grande.

Fino alla sezione di chiusura del bacino collinare, individuata nei pressi dello scolmatore sul Tagliamento, in località San Mauro nel Comune di Rive d'Arcano, l'asta principale del torrente Corno ha una lunghezza di 14,37 *km* e sottende un'area di 73,79 *km²*.

I suoi affluenti principali, dalla sorgente alla sezione di chiusura, sono:

- in destra orografica: rio Corniolo, rio Quarnarie, roggia di Farla, canale Gialia, torrente Ripudio;
- in sinistra orografica: rio Cavarca, rio Vene, rio Venata (o Lini).

Si sottolinea che il canale Ledra non viene preso in considerazione durante la determinazione dell'onda di piena in quanto la sua portata è pressoché costante ed è regolata dall'opera di presa sul Tagliamento nei pressi di Ospedaletto.

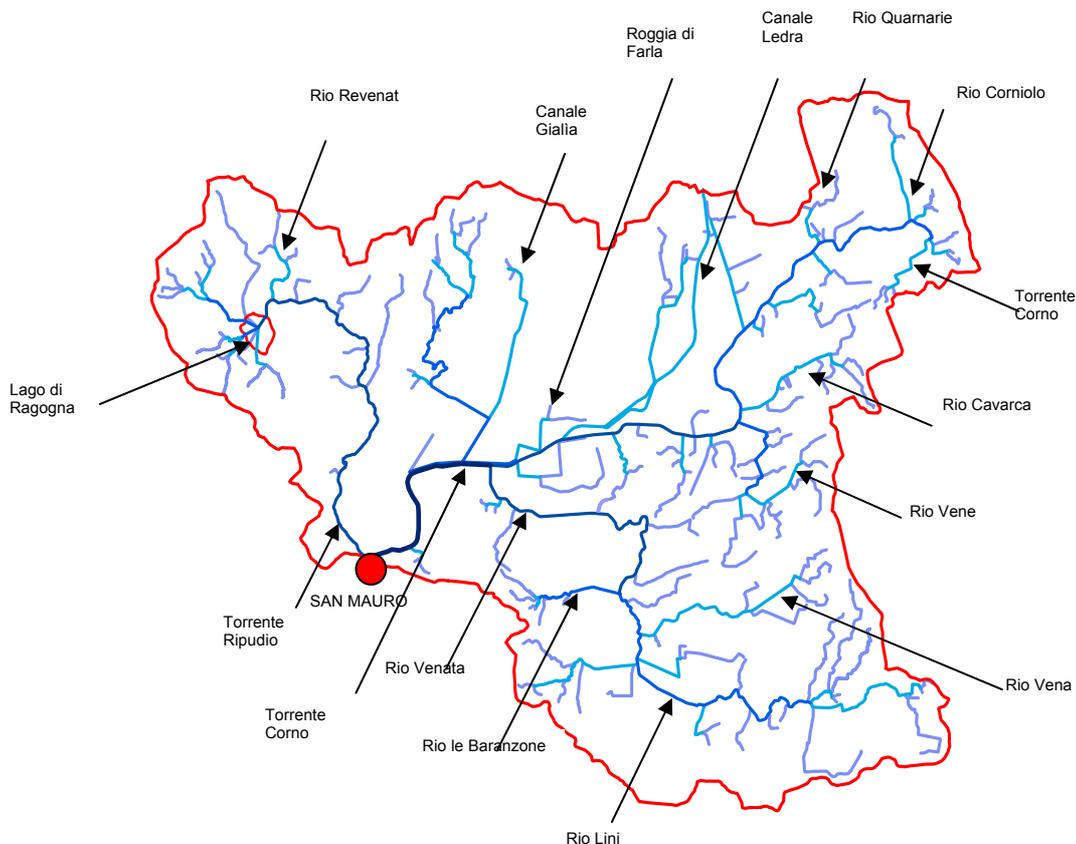


Figura 3.2.1: reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Corno

Lunghezze	km
torrente Corno	14,37
rio Corniolo	2,03
rio Quarnarie	1,58
roggia di Farla Maggiore	1,68
canale Gialla	3,54
rio Revenat	1,61
torrente Ripudio	6,43
rio Cavarca	2,83
rio Vene	3,44
rio Vena	3,78
rio Lini	11,83
rio le Baranzone	2,20

Figura 3.2.2: affluenti principali e lunghezza delle aste

3.3 PARAMETRI GEOMORFOLOGICI DI HORTON

L'acqua meteorica che determina la formazione di una piena si propaga attraverso un reticolo idrografico che può essere rappresentato seguendo la descrizione fatta da Strahler (1972) e che costituisce una modifica di quella precedente di Horton (1945). Secondo la descrizione di Strahler, la rete idrografica è costituita da rami: un ramo prende origine da una sorgente, oppure dalla giunzione di due rami, e termina in un'altra giunzione, oppure alla sezione di chiusura del bacino (Chow et al., 1988).

Ogni ramo ha un ordine che si determina per mezzo delle seguenti regole:

- un ramo che nasce da una sorgente è di primo ordine (quindi i rami di primo ordine sono i più lontani dalla sezione di chiusura),
- due rami di ordine n , congiungendosi, danno origine a un ramo di ordine $n+1$,
- un ramo di ordine n ed uno di ordine $m < n$, congiungendosi, mantengono l'ordine n .

Un insieme di uno o più rami consecutivi dello stesso ordine costituisce un corso d'acqua o asta fluviale.

Il reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Corno è stato organizzato secondo la descrizione fatta da Strahler ottenendo la struttura evidenziata in Figura 3.3.1.

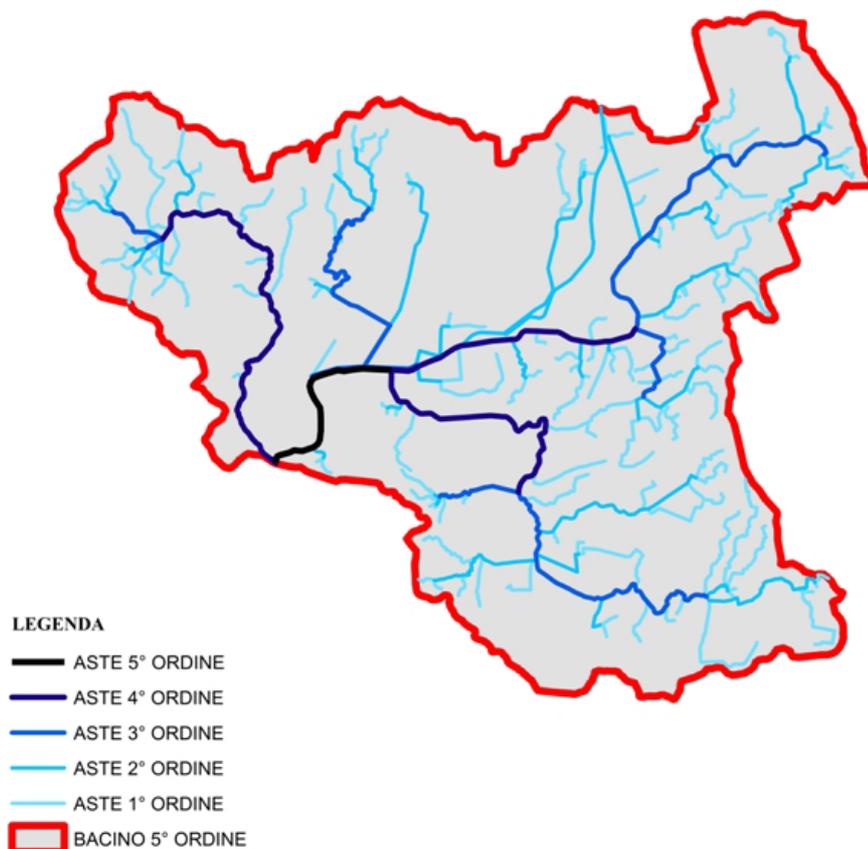


Figura 3.3.1: reticolo idrografico del bacino collinare del torrente Corno ordinato secondo il metodo di Strahler

Un parametro che caratterizza l'organizzazione della rete idrografica è l'ordine del bacino, definito come l'ordine del corso d'acqua che termina nella sezione di chiusura. Per il reticolo fluviale in esame l'ordine massimo è 5.

Definita e ordinata la rete di drenaggio, si sono determinati i parametri che servono per caratterizzare morfologicamente il bacino.

Per fare questo, si sono utilizzate le seguenti leggi:

$$R_L = \frac{\bar{L}_{\Omega+1}}{\bar{L}_{\Omega}} \quad \text{legge di Horton sulla lunghezza delle aste} \quad (3.3.1)$$

$$R_B = \frac{N_{\Omega}}{N_{\Omega+1}} \quad \text{legge di Horton sul numero delle aste} \quad (3.3.2)$$

$$R_A = \frac{\bar{A}_{\Omega+1}}{\bar{A}_{\Omega}} \quad \text{legge di Schumm sull'area delle aste} \quad (3.3.3)$$

dove:

N_{Ω} : numero di aste di ordine Ω

\bar{L}_{Ω} : lunghezza media delle aste di ordine Ω

\bar{A}_{Ω} : area media dei bacini di ordine Ω

Questi rapporti sono anche denominati come:

R_L : rapporto di lunghezza

R_B : rapporto di biforcazione

R_A : rapporto di area

i cui valori rientrano generalmente nei seguenti range:

$$R_L \cong 1.5 \div 3.5$$

$$R_B \cong 3 \div 5$$

$$R_A \cong 3 \div 6$$

In questa fase si è presentato il problema di dover determinare il valore più corretto dei parametri di Horton, mediante un'accurata analisi cartografica ed una serie di sopralluoghi di verifica sul territorio.

Per ogni ordine di bacino e per ogni parametro è stato costruito un grafico (Figure 3.3.2 ÷ 3.3.4) in cui in ascissa si è riportato l'ordine delle aste in scala lineare, mentre in ordinata si sono riportati in scala logaritmica rispettivamente il numero delle aste di ordine i (N_i), la lunghezza totale delle aste di ordine i (L_i) e l'area dei bacini determinati dalle aste di ordine i (A_i), per determinare R_B, R_L, R_A .

I punti ottenuti su tali grafici sono stati interpolati con una retta, la cui pendenza rappresenta il valore dei parametri di Horton relativi, che sono molto prossimi ai valori medi.

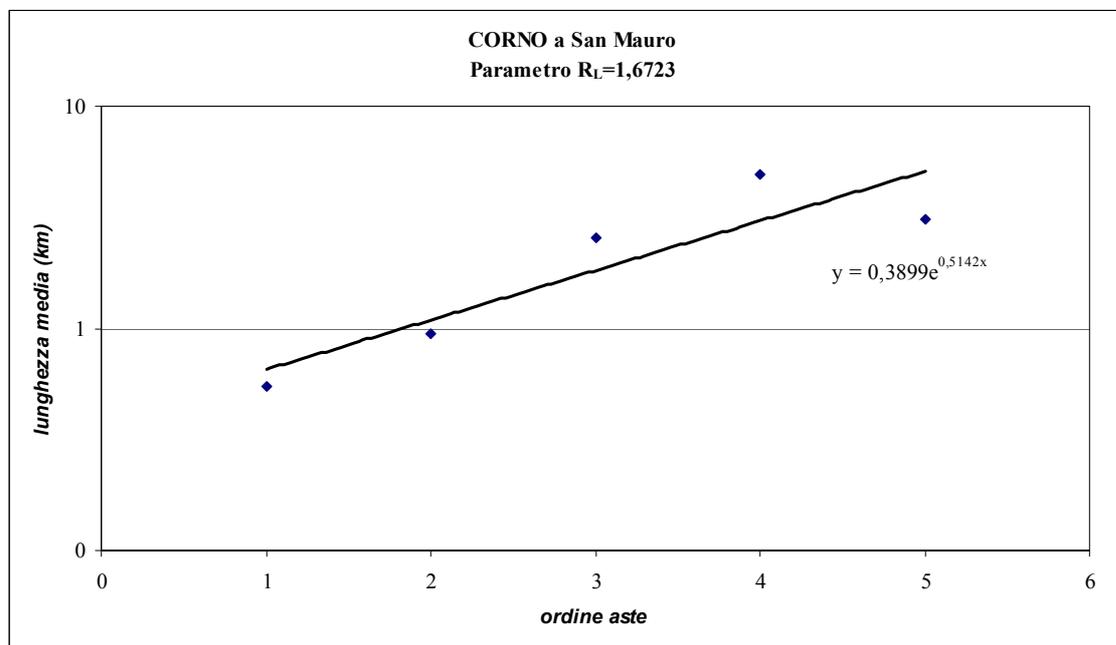


Figura 3.3.2: parametri di Horton - rapporto delle lunghezze

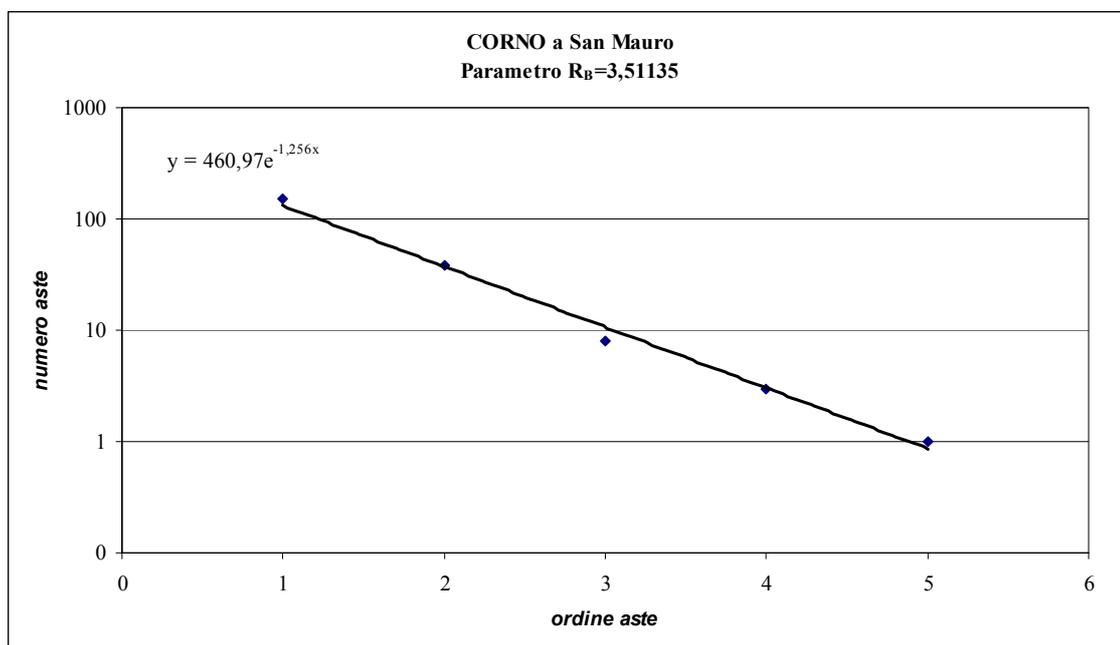


Figura 3.3.3: parametri di Horton - rapporto di biforcazione

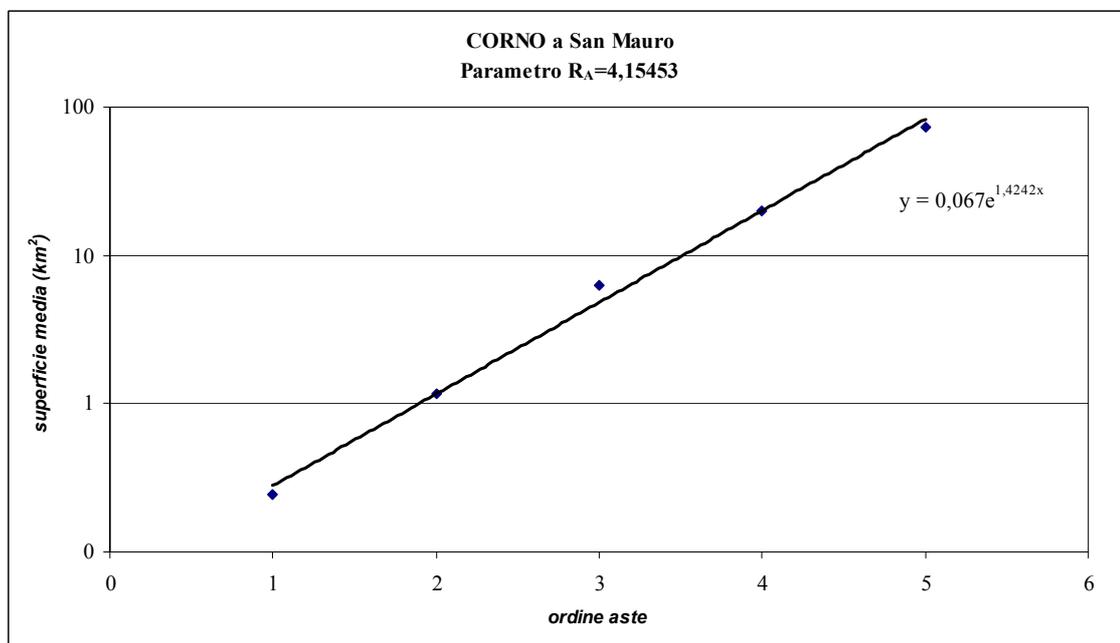


Figura 3.3.4: parametri di Horton - rapporto delle aree

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., Evoluzione tettonica dell'Italia nord-orientale, Soc. Cooperativa Tipografica, Padova, 1982.
- Amato A., Barnaba P. F., Finetti I., Groppi G., Martinis B., Geodynamic outline and seismicity of Friuli-Venezia Giulia Region, Boll. Geof. Teor. Appl., XIX, Trieste, 1976.
- Comel A., Monografia sui terreni della Pianura Friulana. Vol. II: Genesi della pianura centrale connessa all'antico sistema fluvioglaciale del Tagliamento, Nuovi Annali Ist. Chimico Agr. Sper., 6, Gorizia, 1955.
- Feruglio E., I terrazzi della pianura pedemorenica friulana, Pubbl. Uff. Idr. R. Mag. Acque, 107, Venezia, 1920.
- Fontana A., Evoluzione geomorfologia della bassa pianura friulana, Pubbl. n. 47 del Museo Friulano di Storia Naturale, 2006.
- Marinelli O., Descrizione geologica dei dintorni di Tarcento in Friuli, Firenze, 1902.
- Marinelli O., I monti tra Tagliamento e Isonzo e la loro struttura, Guida delle Prealpi Giulie, S.A.F., Udine, 1912.
- Martinis B., Studio geologico dell'area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976, C.N.R., Rivista italiana Paleontologia, vol. 83 n.2, Milano, 1977.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Progetto CARG, Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 066 Udine, 2008.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Geositi del Friuli Venezia Giulia, 2008.
- Venturini C., L'Anfiteatro morenico del Tagliamento: evidenze di archi würmiani sepolti nelle alluvioni dell'Alta Pianura Friulana e relative implicazioni glaciali e neotettoniche, Gortania, Atti Museo Friulano Storia Naturale, Udine, 1988.

4. ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI

La determinazione dell'onda di piena di progetto sul torrente Corno si basa sullo studio delle serie storiche e dell'evoluzione spazio-temporale di eventi significativi verificatisi in passato, utilizzando i dati provenienti dalle stazioni meteorologiche presenti nelle vicinanze del bacino idrografico collinare, constatata l'assenza di stazioni all'interno del bacino stesso.

Fino ai primi anni 2000, la presenza di stazioni pluviometriche in telemisura distribuite nel territorio regionale, ed in particolare nell'area collinare del torrente Corno, è decisamente limitata. Pertanto, la possibilità di conoscere gli scenari delle precipitazioni realmente verificatisi risulta molto difficoltosa e caratterizzata da notevoli incertezze, in quanto basata solo sulle poche stazioni tradizionali dislocate all'esterno del bacino stesso.

L'evento che ha colpito la regione nell'ottobre 1998 ha focalizzato l'attenzione sull'importanza di un'adeguata conoscenza sia del territorio che dei fenomeni che lo interessano, per cui è stata avviata una campagna di monitoraggio regionale più capillare, con l'installazione di una rete di stazioni pluviometriche in telemisura, che, tuttavia, lascia ancora ad oggi scoperta l'area collinare del torrente Corno.

4.1 STAZIONI DI RILEVAMENTO E DATI DISPONIBILI

I dati di precipitazione raccolti per procedere all'elaborazione del presente Piano si riferiscono alle stazioni di rilevamento gestite dall'Ufficio Idrografico Regionale di Udine (UI) e dall'Osservatorio Meteorologico Regionale dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (OSMER).

I dati pluviometrici forniti dall'Ufficio Idrografico sono sia di tipo digitale che derivanti da lettura dei pluviogrammi. È stato acquisito il database relativo ai massimi annuali delle piogge cumulate della durata di 3, 6, 12, 24 ore aggiornato al 1997. Tenuto conto che nel 1998 si è verificato un evento di particolare entità, si è ritenuto indispensabile aggiornare le serie storiche fino al 2003 con dati acquisiti dal personale della scrivente Autorità di bacino. Non è stato possibile arrivare al 2005 per mancata disponibilità dei dati. I dati relativi agli eventi del 5-7 ottobre 1998 e del 31 ottobre 2004 derivano dai pluviogrammi e dai file delle letture in telemisura.

I dati forniti dall'OSMER sono esclusivamente pluviometrici e derivano dalla trasmissione in telemisura dalle centraline meteo posizionate sul territorio. In particolare, sono stati acquisiti i dati relativi agli eventi sopra citati.

Per quanto riguarda i dati di portata, sono stati utilizzati i valori forniti dal Consorzio di bonifica Ledra-Tagliamento che gestisce le stazioni idrometriche nel nodo di San Mauro.

La Figura 4.1.2 riporta, rispetto al perimetro del bacino collinare del torrente Corno, la localizzazione delle stazioni pluviometriche di cui sono stati acquisiti i dati. Nella Tabella 4.1.1 è riportato l'elenco completo delle stazioni pluviometriche utilizzate per la ricostruzione degli eventi, con le relative coordinate topografiche Gauss-Boaga.

Il pluviografo è uno strumento che registra la precipitazione su un diagramma o su

un supporto magnetico. Alcune stazioni trasmettono direttamente in telemetria ad una banca dati l'andamento dell'altezza di pioggia in funzione del tempo. La misura avviene per mezzo di una doppia vaschetta basculante di forma trapezia: la pioggia raccolta da un imbuto va a riempire una delle due vaschette che, per l'azione del peso, una volta riempita, ruota su di un perno e si svuota mettendo l'altra vaschetta vuota sotto la raccolta dell'acqua. Questo scatto viene trasmesso ad un pennino scrivente su di un tamburo rotante mosso da un sistema ad orologeria che, ogni 0,2 mm di pioggia caduta, lascia una traccia sulla di carta diagrammata; se non piove il pennino disegna una linea orizzontale. Il tempo di rotazione dell'intero tamburo è di una settimana. La bocca del pluviometro deve essere collocata orizzontale e sempre all'altezza standard di 170 cm da terra.



Figura 4.1.1: stazione pluviometrica di Gemona (OSMER)

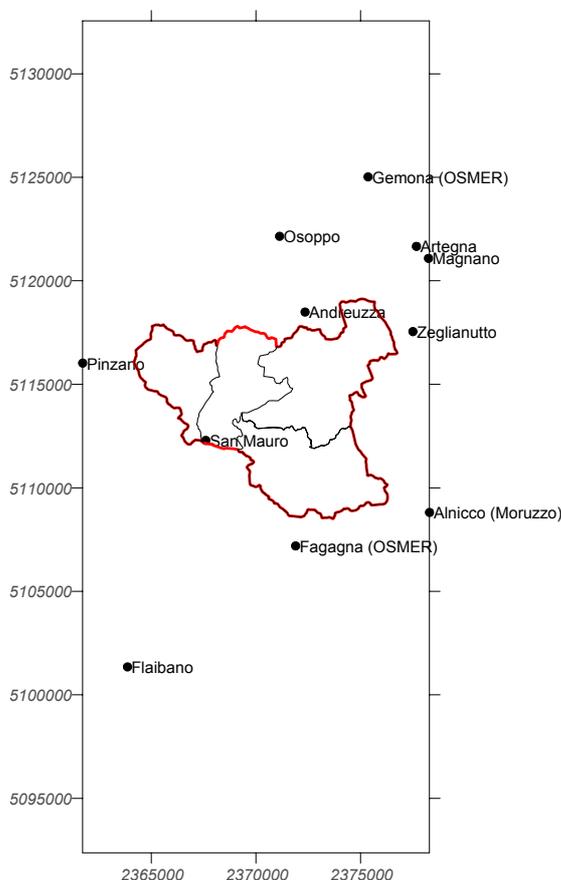


Figura 4.1.2: mappa delle stazioni pluviometriche posizionate rispetto al perimetro del bacino idrografico collinare del torrente Corno con sezione di chiusura a San Mauro.

Per lo studio delle serie storiche e la determinazione della distribuzione dei valori estremi sono stati utilizzati i dati pluviometrici relativi ai massimi annuali di 3, 6, 12, 24 ore delle stazioni di lunga durata. La Tabella 4.1.1 riporta l'elenco di tutte le stazioni

utilizzate nel presente studio, sia per quanto riguarda la ricostruzione degli eventi meteorici, sia per l'elaborazione delle serie storiche. La Tabella 4.1.2 riporta l'elenco delle stazioni su cui sono state effettuate le elaborazioni statistiche, con il relativo periodo di disponibilità dei dati.

Stazione	Strumento installato	Gestore	Coordinate	
Andreuzza	PR	UI	2372343,81	5118491,49
Flaibano	PR	UI	2363863,93	5101350,45
Colloredo	TL	UI	2376875,33	5114269,78
Zeglianutto	TL	UI	2377494,06	5117548,42
Pinzano	PR	UI	2361723,85	5116025,30
Magnano	TL	UI	2378240,71	5121085,53
Osoppo	TL	UI	2371127,05	5122150,50
Gemona	TL	Osmer	2375353,92	5125021,86
Fagagna	TL	Osmer	2371892,91	5107195,27
Artegna	PR	UI	2377665,00	5121665,00
San Mauro	PR	UI	2367602,18	5112292,44

Tabella 4.1.1: stazioni pluviometriche di cui sono stati acquisiti i dati e relative coordinate Gauss-Boaga. Accanto alla stazione è indicato il tipo di strumentazione di cui le stazioni sono dotate: PR: Pluviografo tradizionale, TL: Pluviometro in telemisura

Stazione	Periodo di disponibilità dati	Note
Gemona	1922 - 2003	anni 1944, 1950-1954 mancano massimi annuali
Artegna	1971 - 1997	/
Moruzzo	1924 - 1996	anni 1929, 1952- 1954, 1986-1987 mancano massimi annuali
Andreuzza	1983-1997	anni 1988 mancano massimi annuali
S. Daniele	1922 - 1997	anni 1929, 1932, 1944 mancano massimi annuali; dismessa nel 1998
Pinzano	1922 - 1997	anni 1923, 1924, 1926, 1929, 1936, 1939-1941, 1943-1947, 1950-1954, 1983, 1985 mancano massimi annuali
Venzon	1922-1997	anni 1923-1964 mancano massimi annuali
Codroipo	1922 - 1997	anni 1924-1959, 1994-1997 mancano massimi annuali

Tabella 4.1.2: stazioni utilizzate per lo studio delle serie storiche e la determinazione della distribuzione ai valori estremi.

4.2 SERIE STORICHE DEI MASSIMI ANNUALI

La serie storica dei massimi annuali rappresenta la successione dei massimi valori di precipitazione cumulata di durata 3, 6, 12, 24 ore, raccolti per le stazioni pluviometriche

già descritte nel § 4.1.

La conoscenza dell'andamento in funzione del tempo delle grandezze idrologiche è di fondamentale importanza per identificare la struttura statistica con la quale gli eventi si manifestano, permettendo così di effettuare proiezioni temporali atte a consentire una progettazione attendibile.

Nelle seguenti Figure 4.2.1 e 4.2.2, sono presentati i grafici relativi alle serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 6, 12 ore per la stazione pluviometrica di San Daniele.

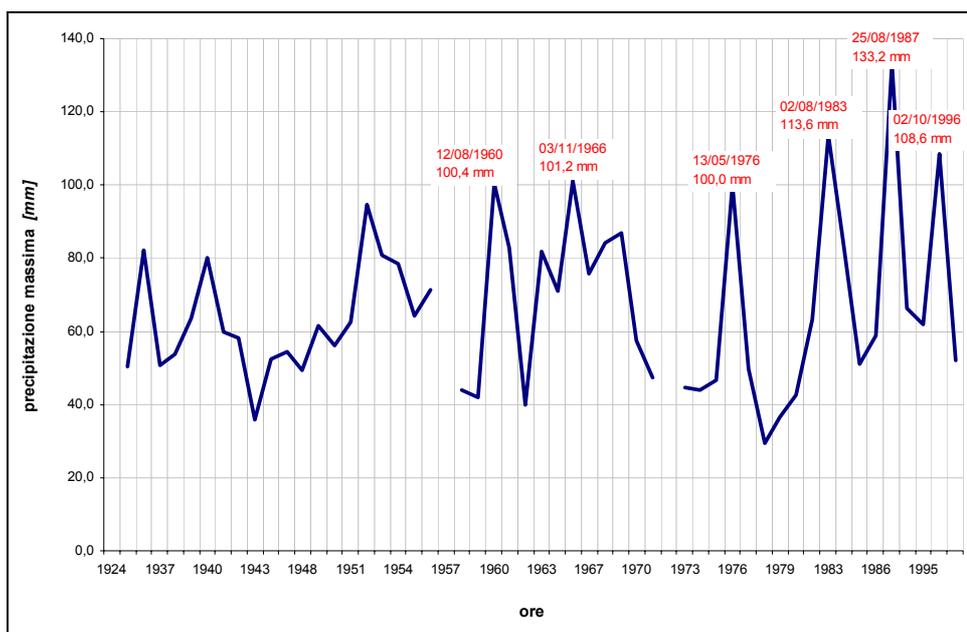


Figura 4.2.1: stazione di San Daniele. Serie storica dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 6 ore

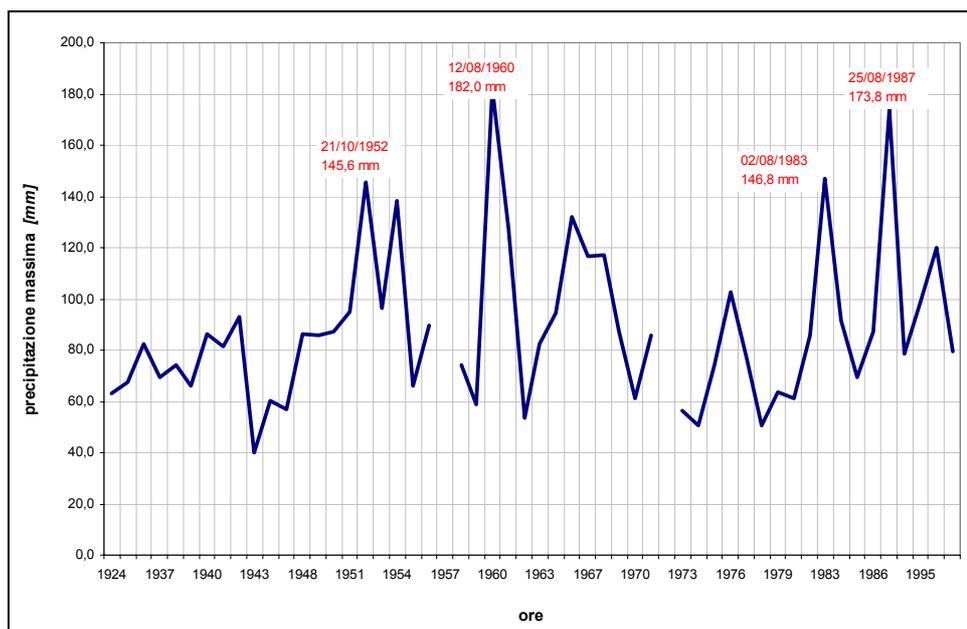


Figura 4.2.2: Stazione di San Daniele. Serie storica dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 12 ore

Si osserva, inoltre, che a San Daniele i due massimi valori registrati corrispondono, per le 6 ore, agli eventi 2 agosto 1983 e 25 agosto 1987, mentre, per le 12 ore, tali massimi si sono verificati durante l'evento del 12 agosto 1960 e del 25 agosto 1987.

4.3 ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI

Questo tipo di analisi serve per studiare come si distribuiscono le altezze di pioggia, in una data stazione, per determinati intervalli.

La distribuzione di Gumbel, conosciuta anche come “legge dei valori estremi”, a differenza di altri tipi di distribuzione, non richiede la conoscenza di tutti i dati, ma individua una distribuzione partendo dai dati a disposizione, relativi ai massimi annuali di precipitazione, registrati durante la vita di una stazione (*Gumbel E. J., 2004*).

Visto il limitato numero di stazioni pluviometriche presenti all'interno del bacino di interesse, al fine di rappresentare il carattere stocastico e quindi di analizzare come si distribuiscono le altezze di pioggia nelle singole stazioni, si è proceduto all'elaborazione della distribuzione di Gumbel per tutte le stazioni a disposizione.

Alle precipitazioni di massima durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi fra loro indipendenti, può applicarsi la seguente distribuzione:

$$F(z) = \exp[-\exp(-z)] \quad (4.3.1)$$

La grandezza z , funzione del tempo di ritorno Tr , è detta variabile ridotta ed è data dall'espressione $z = \alpha(x - u)$.

La grandezza x rappresenta la variabile aleatoria, mentre α, u sono i parametri della distribuzione. In particolare, α è il parametro di intensità della distribuzione, mentre u è la moda della distribuzione e rappresenta il valore con massima frequenza probabile.

Per calcolare i valori dei parametri α, u , Gumbel applica in modo originale il metodo dei minimi quadrati misti. Il parametro α è dato, così, dal rapporto tra lo scarto quadratico medio della variabile ridotta $\sigma_z(n)$, funzione della numerosità del campione, e lo scarto quadratico medio della variabile originaria, $\sigma_x(n)$, calcolato sulla base dei dati campionari:

$$\alpha = \frac{\sigma_z(n)}{\sigma_x(n)} \quad (4.3.2)$$

Il parametro u è funzione del valore medio della variabile originaria \bar{x} e del valor medio della variabile ridotta $\mu_z(n)$:

$$u = \bar{x} - \frac{1}{\alpha} \mu_z(n) \quad (4.3.3)$$

I valori dello scarto quadratico medio della variabile ridotta $\sigma_z(n)$ ed il valore medio della variabile ridotta $\mu_z(n)$ si ottengono, in funzione della numerosità del campione,

dalla tabella proposta da Gumbel (Tabella 4.3.1) (Gumbel, 2004).

Per campioni molto numerosi ($n \rightarrow \infty$) si ha:

$$\mu(z) \rightarrow \gamma = 0.57722 \quad (4.3.4)$$

$$\sigma(z) \rightarrow \frac{\pi}{\sqrt{6}} = 1.28255 \quad (4.3.5)$$

e quindi il metodo dei minimi quadrati equivale al metodo dei momenti.

Come si può notare dalla Tabella 4.3.1, il metodo dei minimi quadrati di Gumbel per la stima dei parametri α e u , impone alla numerosità del campione un limite inferiore di applicabilità pari a 8, mentre non presenta alcun limite superiore.

Un metodo per il calcolo dei parametri α e u adatto a campioni a bassa numerosità è il cosiddetto metodo della massima verosimiglianza, opportunamente corretto da Kimball (Kimball, 1956).

N	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$	N	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$	N	$\mu_z(n)$	$\sigma_z(n)$
8	.4843	.9043	35	.54034	1.12847	64	.5533	1.1793
9	.4902	.9288	36	.5410	1.1313	66	.5538	1.1814
10	.4952	.9497	37	.5418	1.1339	68	.5543	1.1834
11	.4996	.9676	38	.5424	1.1363	70	.55477	1.18536
12	.5035	.9833	39	.5430	1.1388	72	.5552	1.1873
13	.5070	.9972	40	.54362	1.14132	74	.5557	1.1890
14	.5100	1.0095	41	.5442	1.1436	76	.5561	1.1906
15	.5128	1.02057	42	.5448	1.1458	78	.5565	1.1923
16	.5157	1.0316	43	.5453	1.1480	80	.55688	1.19382
17	.5181	1.0411	44	.5458	1.1499	82	.5572	1.1953
18	.5202	1.0493	45	.54630	1.15185	84	.5576	1.1967
19	.5220	1.0566	46	.5468	1.1538	86	.5580	1.1980
20	.52355	1.06283	47	.5473	1.1557	88	.5583	1.1994
21	.5252	1.0696	48	.5477	1.1574	90	.55860	1.20073
22	.5268	1.0754	49	.5481	1.1590	92	.5589	1.2020
23	.5283	1.0811	50	.54854	1.16066	94	.5592	1.2032
24	.5296	1.0864	51	.5489	1.1623	96	.5595	1.2044
25	.53086	1.09145	52	.5493	1.1638	98	.5598	1.2055
26	.5320	1.0961	53	.5497	1.1653	100	.56002	1.20649
27	.5332	1.1004	54	.5501	1.1667	150	.56461	1.22534
28	.5343	1.1047	55	.5504	1.1681	200	.56715	1.23598
29	.5353	1.1086	56	.5508	1.1696	250	.56878	1.24292
30	.53622	1.11238	57	.5511	1.1708	300	.56993	1.24786
31	.5371	1.1159	58	.5515	1.1721	400	.57144	1.25450
32	.5380	1.1193	59	.5518	1.1734	500	.57240	1.25880
33	.5388	1.1226	60	.55208	1.17467	750	.57377	1.26506
34	.5396	1.1255	62	.5527	1.1770	1000	.57450	1.26851
						∞	.57722	1.28255

Tabella 4.3.1: valori dello scarto quadratico medio della variabile ridotta $\sigma_z(n)$ e la variabile ridotta $\mu_z(n)$ in funzione della numerosità del campione per la stima dei parametri α e u della distribuzione di Gumbel

La stima dei parametri con il metodo della massima verosimiglianza conduce, per $\frac{1}{\alpha}$ ed u , a due espressioni:

$$\frac{1}{\alpha} = \bar{x} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i e^{-\alpha x_i}}{e^{-\alpha x_i}} \quad (4.3.6)$$

$$u = -\frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-\alpha x_i} \right] \quad (4.3.7)$$

Tali soluzioni sono, però, affette da distorsioni, per correggere le quali Kimball ha introdotto un metodo che stima la quantità $\hat{\beta}$:

$$\hat{\beta} = \bar{x} - \sum_{i=1}^n x_i \left[\frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \right) \right] \quad (4.3.8)$$

dove i valori x_i sono ordinati in ordine crescente.

Dalla (4.3.4), applicando un coefficiente correttivo b_n che è tabellato in funzione dell'ampiezza del campione, si ottiene l'espressione del parametro α :

$$\frac{1}{\hat{\alpha}} = \hat{\beta} \cdot b_n \quad (4.3.9)$$

La Tabella 4.3.2 riporta i valori del coefficiente correttivo b_n per campioni con un numero di dati compreso tra 2 e 112.

Per la stima del parametro u secondo Kimball si utilizza l'espressione:

$$\hat{u} = \hat{u} - \frac{1}{\hat{\alpha}} \left[\gamma + \ln n - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{i} \right] \quad (4.3.10)$$

dove γ è la costante di Eulero e n la numerosità del campione, con:

$$\hat{u} = -\frac{1}{\hat{\alpha}} \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-\hat{\alpha} x_i} \right] \quad (4.3.11)$$

L'espressione $z = \alpha(x - u)$ permette di ottenere la linearizzazione della distribuzione di Gumbel su un piano (z, x) , mediante la retta di equazione $x = \frac{1}{\alpha}z + u$, dove z assume valori compresi tra -2 e 7.

Per mettere in relazione la variabile ridotta z con il tempo di ritorno Tr si adotta la seguente espressione:

$$z = -\ln\left[-\ln\left(\frac{Tr-1}{Tr}\right)\right] \quad (4.3.12)$$

Alla stima dei valori x caratterizzati ciascuno da un tempo di ritorno Tr fissato, è possibile associare la varianza della stima. In questo modo, oltre alla distribuzione di Gumbel, si può rappresentare anche un intervallo di confidenza $(\bar{x} \pm \sigma)$.

Naturalmente, il valore di sigma risulta maggiore per le stazioni con campione ridotto, mentre diminuisce all'aumentare del numero di dati a disposizione per le singole stazioni.

N	b _n	N	b _n	N	b _n	N	b _n	N	b _n
1	0	26	1.0881	51	1.0460	76	1.0315	101	1.0210
2	2.8854	27	1.0849	52	1.0452	77	1.0311	102	1.0238
3	1.9606	28	1.0820	53	1.0444	78	1.0307	103	1.0236
4	1.6503	29	1.0792	54	1.0436	79	1.0303	104	1.0234
5	1.4941	30	1.0767	55	1.0428	80	1.0300	105	1.0232
6	1.3997	31	1.0743	56	1.0421	81	1.0296	106	1.0229
7	1.3363	32	1.0720	57	1.0414	82	1.0293	107	1.0227
8	1.2907	33	1.0699	58	1.0407	83	1.0289	108	1.0225
9	1.2563	34	1.0679	59	1.0401	84	1.0286	109	1.0223
10	1.2294	35	1.0661	60	1.0394	85	1.0283	110	1.0222
11	1.2078	36	1.0613	61	1.0388	86	1.0280	111	1.0220
12	1.1900	37	1.0626	62	1.0382	87	1.0277	112	1.0218
13	1.1751	38	1.0610	63	1.0376	88	1.0274		
14	1.1625	39	1.0595	64	1.0371	89	1.0271		
15	1.1516	40	1.0581	65	1.0365	90	1.0268		
16	1.1421	41	1.0567	66	1.0360	91	1.0265		
17	1.1337	42	1.0555	67	1.0355	92	1.0263		
18	1.1261	43	1.0512	68	1.0350	93	1.0260		
19	1.1198	44	1.0530	69	1.0345	94	1.0257		
20	1.1139	45	1.0519	70	1.0310	95	1.0255		
21	1.1085	46	1.0508	71	1.0336	96	1.0252		
22	1.1037	47	1.0498	72	1.0331	97	1.0250		
23	1.0993	48	1.0488	73	1.0327	98	1.0247		
24	1.0952	49	1.0478	74	1.0323	99	1.0245		
25	1.0915	50	1.0469	75	1.0319	100	1.0243		

Tabella 4.3.2: Coefficiente correttivo per l'applicazione del metodo di Kimball $\sigma_x(n)$ in funzione della numerosità del campione per la stima dei parametri α e u della distribuzione di Gumbel

Ciascuna delle stazioni considerate ai fini dell'elaborazione della distribuzione di Gumbel possiede una propria storia ed una quantità di dati più o meno consistente. Elaborando i dati pluviometrici delle singole stazioni, si ottengono, di conseguenza parametri α e u anch'essi incerti.

Mentre il valore medio per pochi dati relativi ad una stessa stazione si consolida abbastanza bene, la varianza diventa molto incerta, anche adottando la correzione di Gumbel. Per questo si procede a normalizzare i dati delle singole stazioni. Alla serie di campioni normalizzati si applica nuovamente la distribuzione di Gumbel, ricalcolando i parametri normalizzati α e u e quindi un fascio di rette passanti per uno stesso punto.

Dai risultati della regionalizzazione si individua una retta mediana del fascio quale retta rappresentativa, consentendo quindi di formulare considerazioni riguardo al grado di omogeneità e rappresentatività delle varie stazioni inerenti l'area idrologica in esame.

Per l'elaborazione della distribuzione di Gumbel sono state utilizzate le stazioni pluviometriche di Artegna, Gemona, San Daniele, Codroipo, Moruzzo, Andreuzza, Pinzano e Venzone.

La stazione pluviometrica di Moruzzo, situata nella parte sud orientale del bacino collinare, fornisce pochi dati utili per consentire l'elaborazione delle precipitazioni massime per le durate in esame (6, 12 ore).

Per l'individuazione della distribuzione, i parametri α e u sono stati stimati sia con il metodo dei minimi quadrati di Gumbel che con il metodo di Kimball.

Nelle Figure 4.3.1, da (a) ad (h), sono presentati i grafici con la distribuzione di Gumbel per le singole stazioni per le durate di 6 ore.

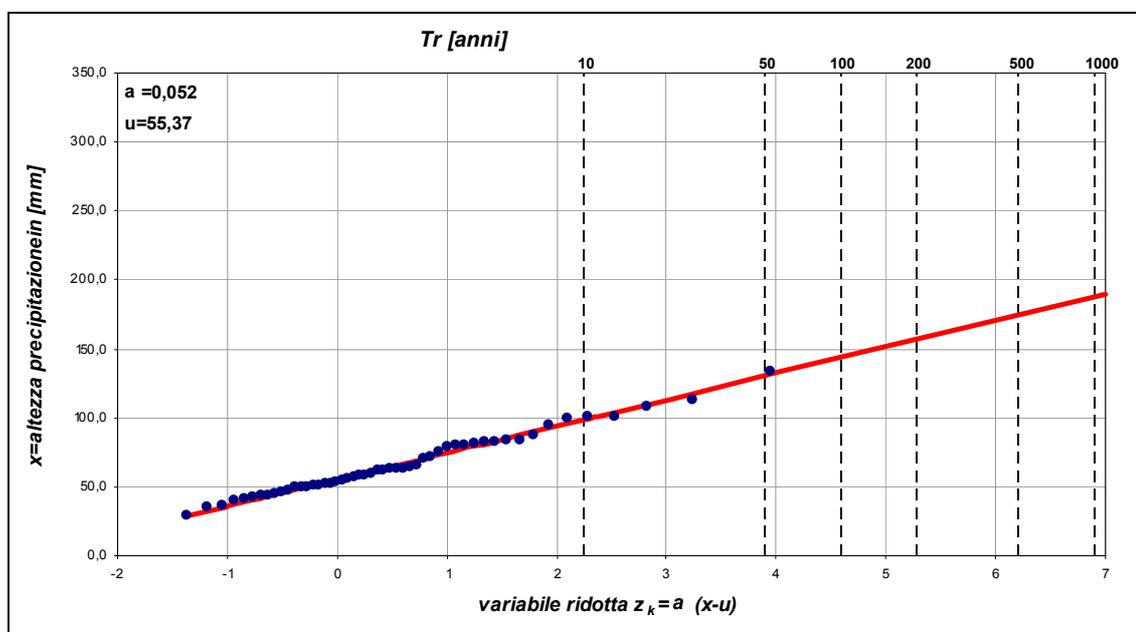


Figura 4.3.1 (a): stazione di San Daniele.

Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (51 dati)

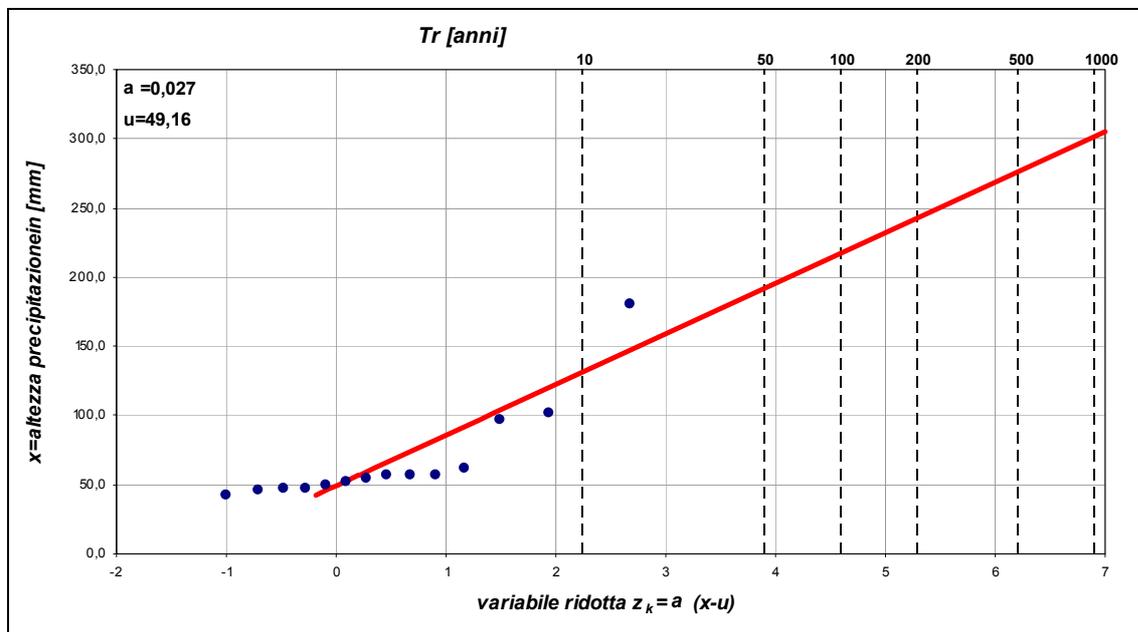


Figura 4.3.1 (b): stazione di Andreuzza.
 Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (14 dati)

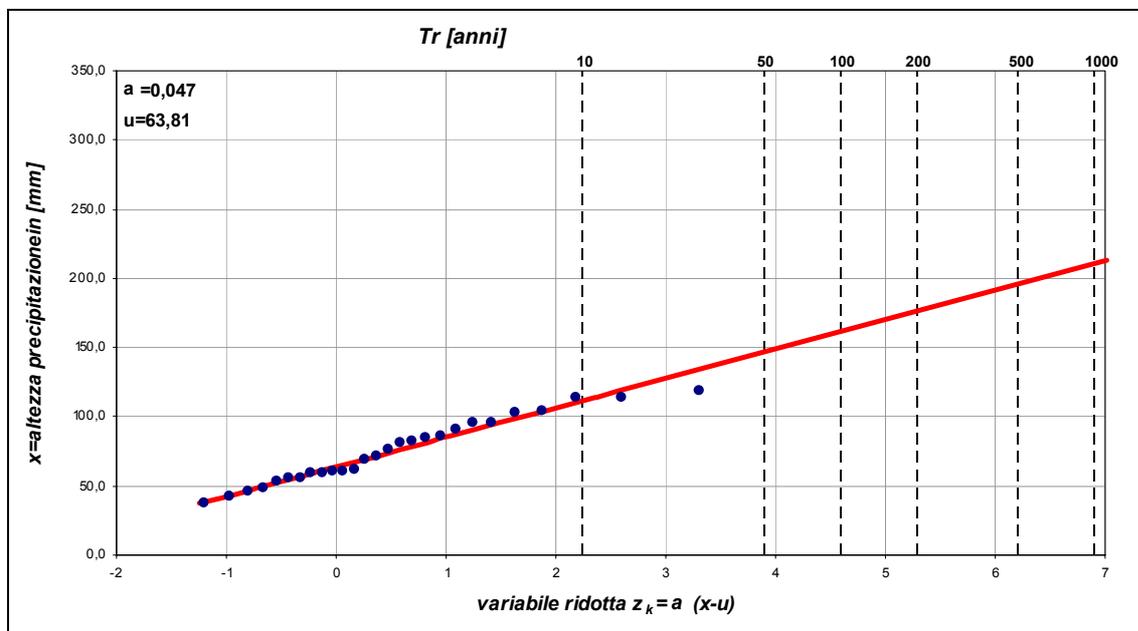


Figura 4.3.1 (c): stazione di Artegna.
 Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (27 dati)

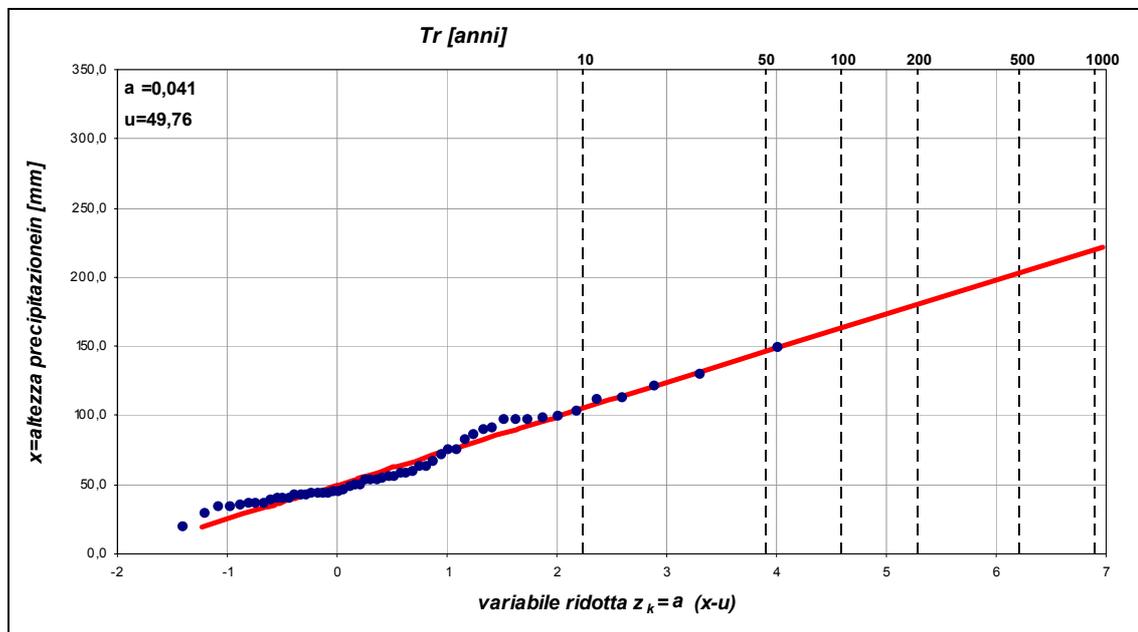


Figura 4.3.1 (d): stazione di Codroipo.
Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (55 dati)

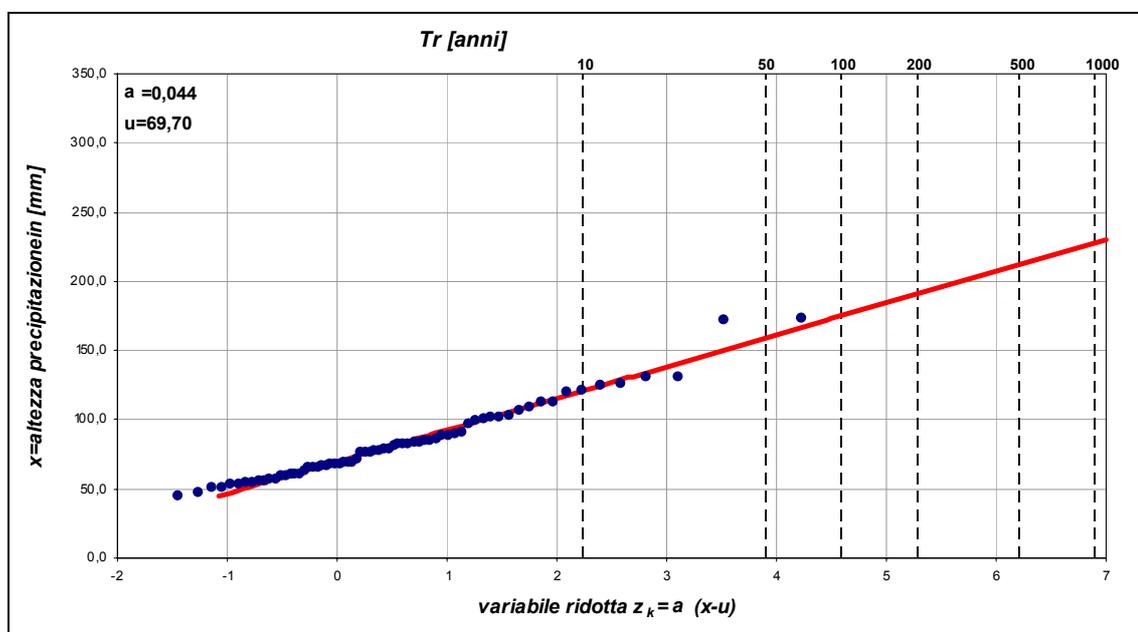


Figura 4.3.1 (e): stazione di Gemona.
Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (68 dati)

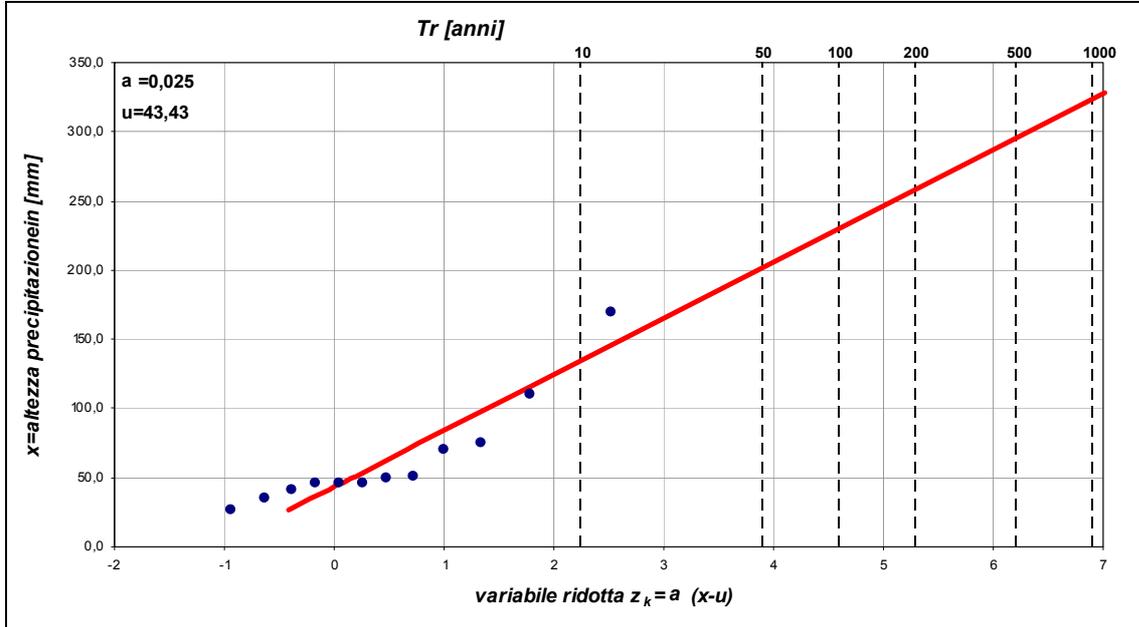


Figura 4.3.1 (f): stazione di Moruzzo.
 Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (12 dati)

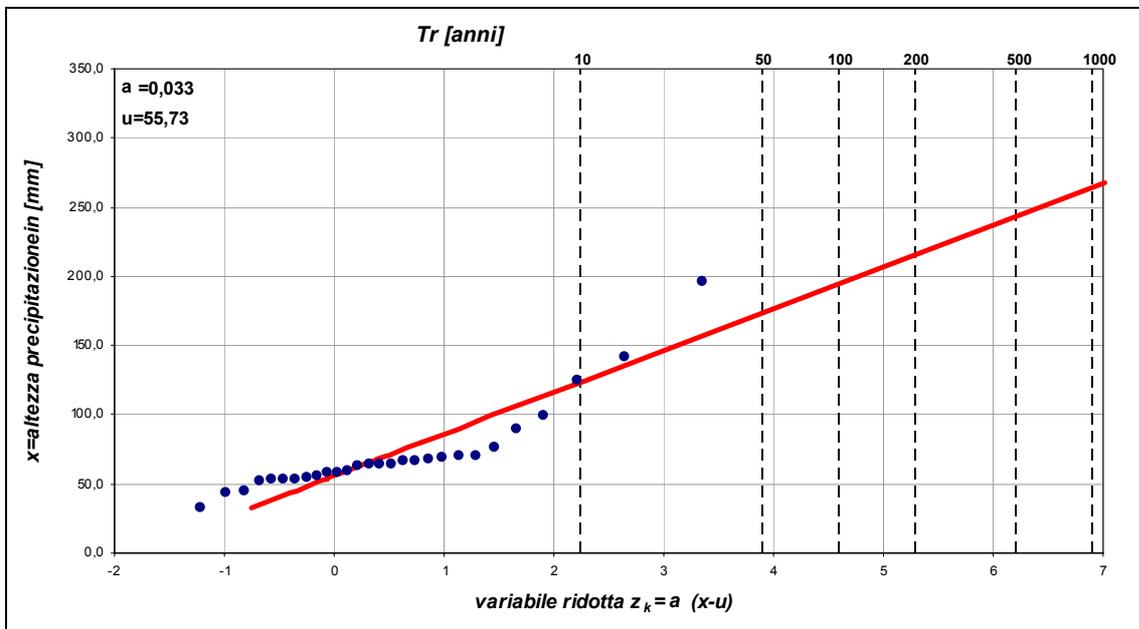


Figura 4.3.1 (g): stazione di Pinzano.
 Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (28 dati)

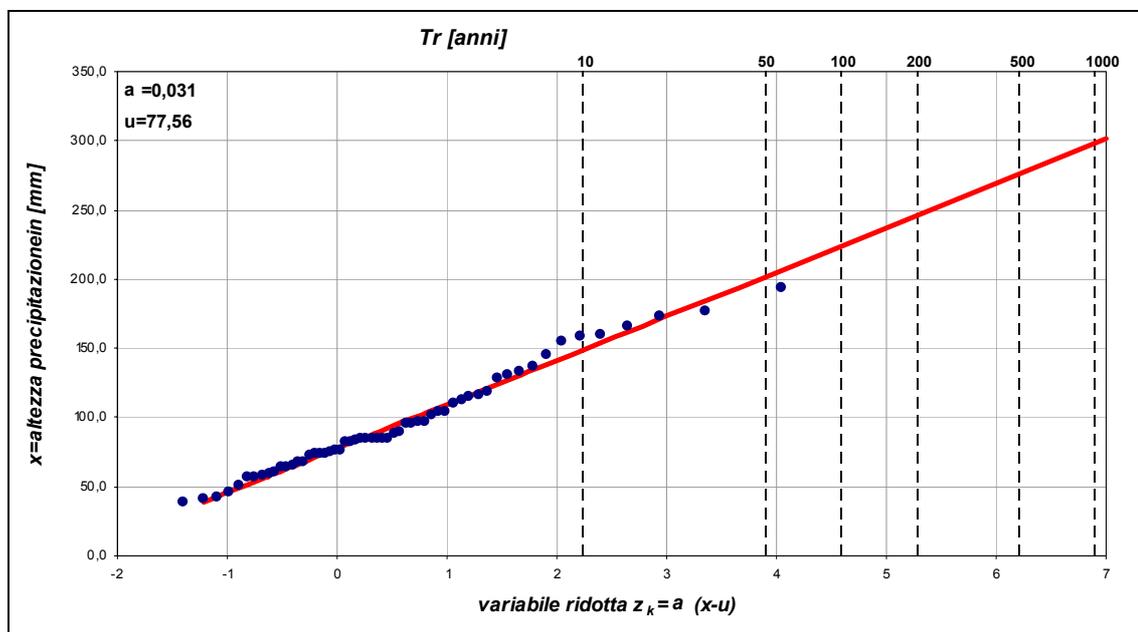


Figura 4.3.1 (h): stazione di Venzone.

Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 6 ore (57 dati)

Nella Tabella 4.3.3 sono riassunti i valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 6 ore.

Stazione	α	u
San Daniele	0,0520	55,372
Andreuzza	0,0273	49,163
Artegna	0,0470	63,806
Codroipo	0,0405	49,755
Gemona	0,0437	69,696
Moruzzo	0,0246	43,426
Pinzano	0,0330	55,732
Venzone	0,0313	77,563

Tabella 4.3.3: valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 6 ore

La Figura 4.3.2 illustra il risultato della distribuzione delle variabili normalizzate per le precipitazioni massime annuali di durata 6 ore.

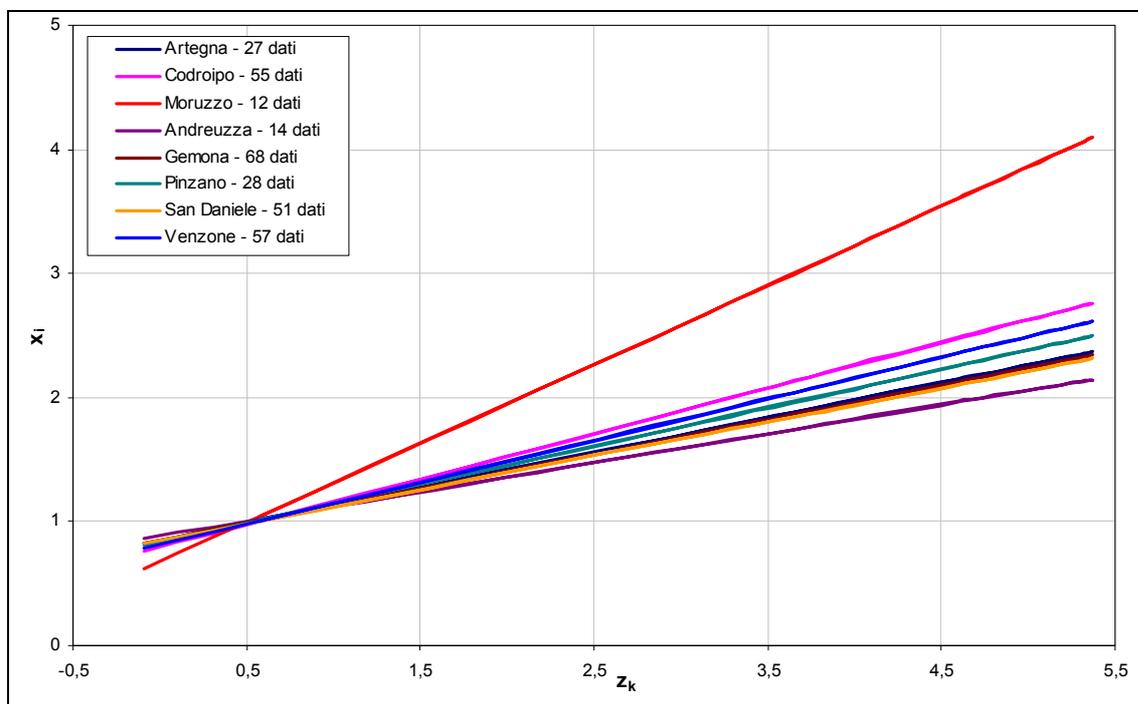


Figura 4.3.2: distribuzione di Gumbel delle variabili normalizzate 6 ore

Nelle Figure 4.3.3, da (a) ad (h), sono presentati i grafici con la distribuzione di Gumbel per le singole stazioni per le durate di 12 ore.

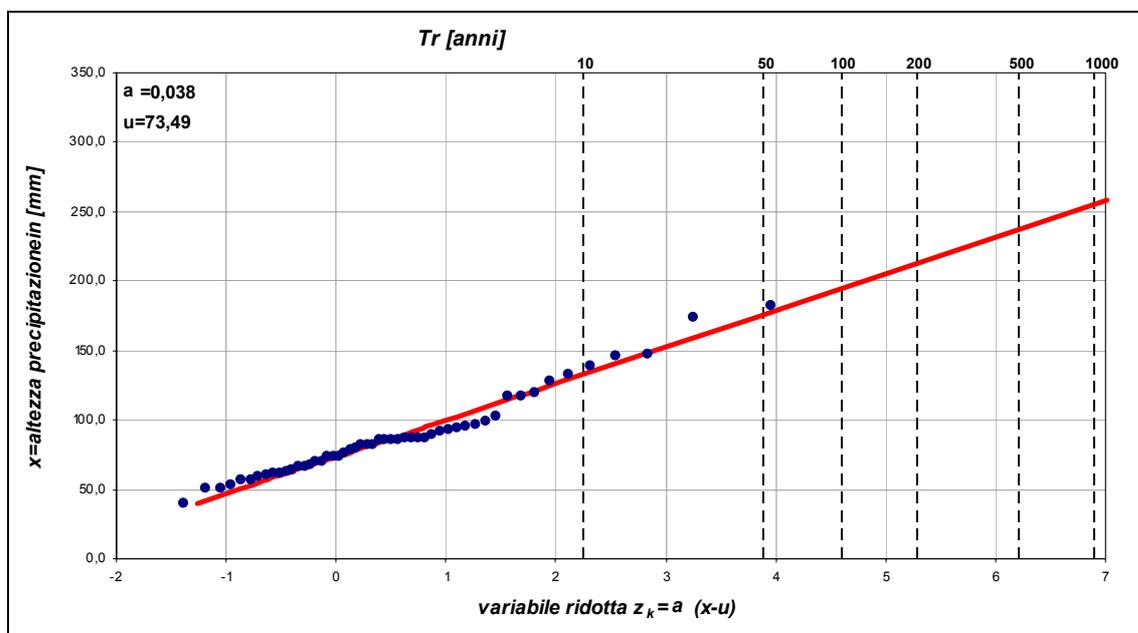


Figura 4.3.3 (a): stazione di San Daniele.

Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (52 dati)

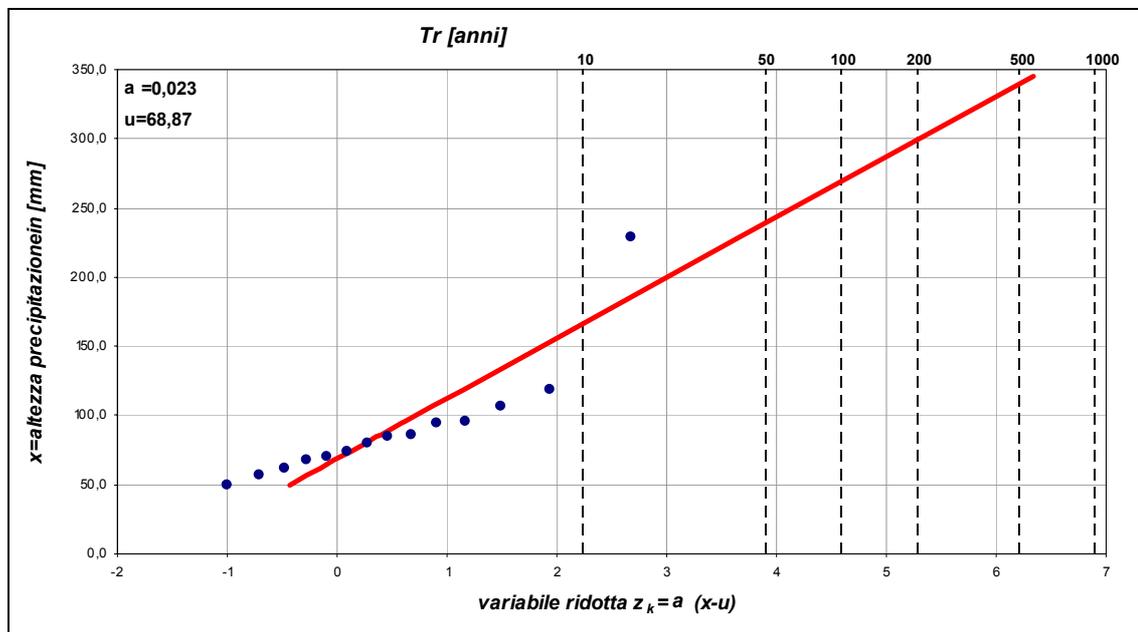


Figura 4.3.3 (b): stazione di Andreuzza.
Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (14 dati)

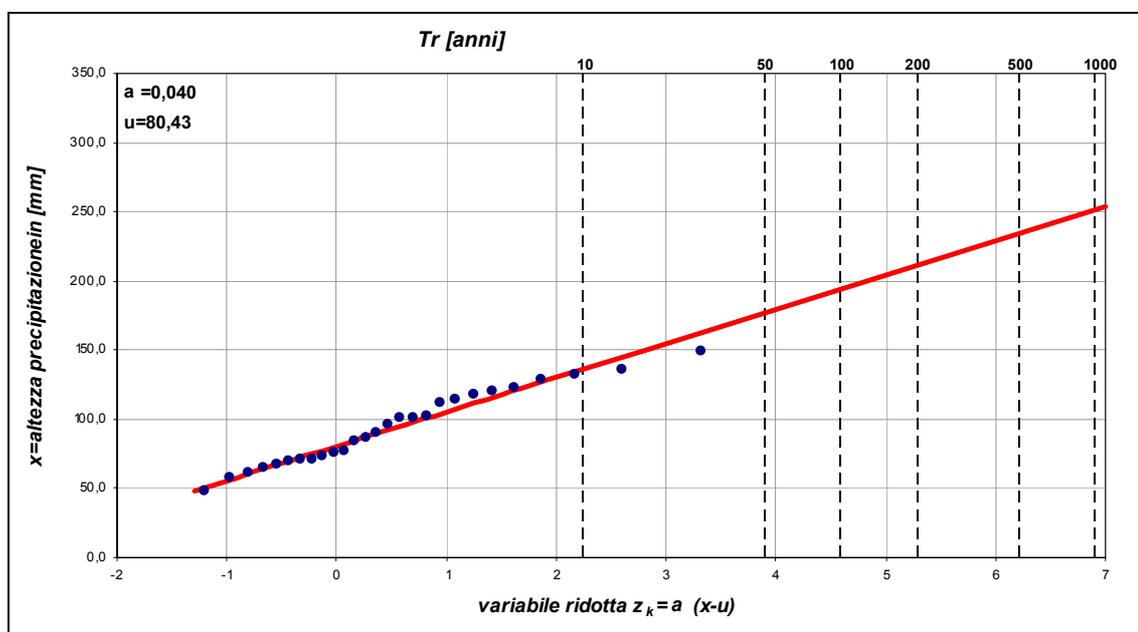


Figura 4.3.3 (c): stazione di Artegna.
Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (27 dati)

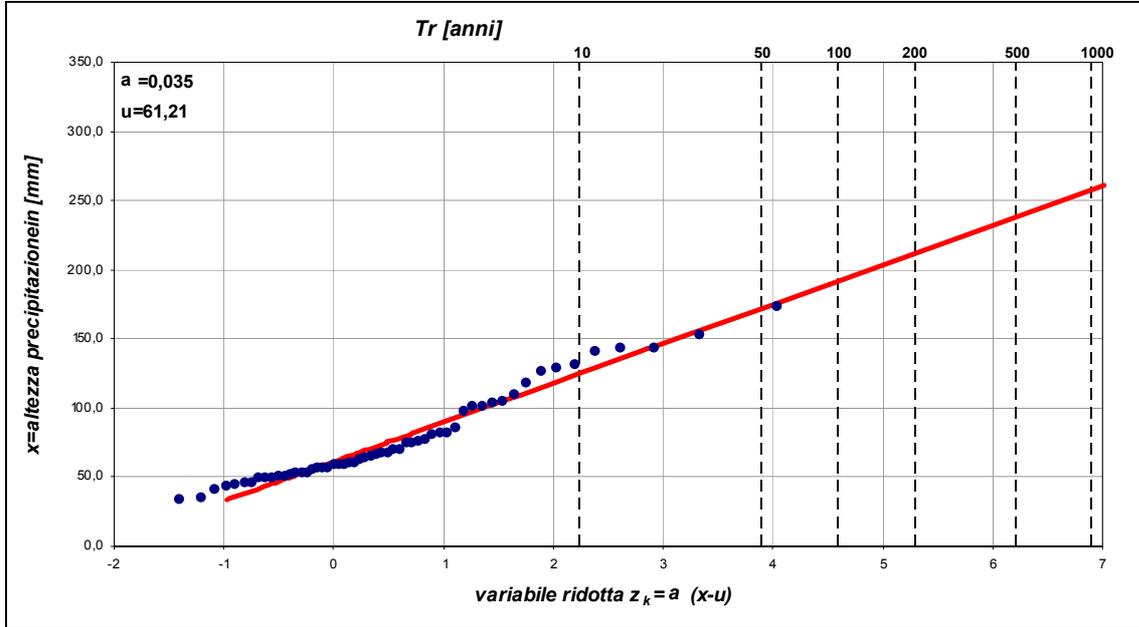


Figura 4.3.3 (d): stazione di Codroipo.
 Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (56 dati)

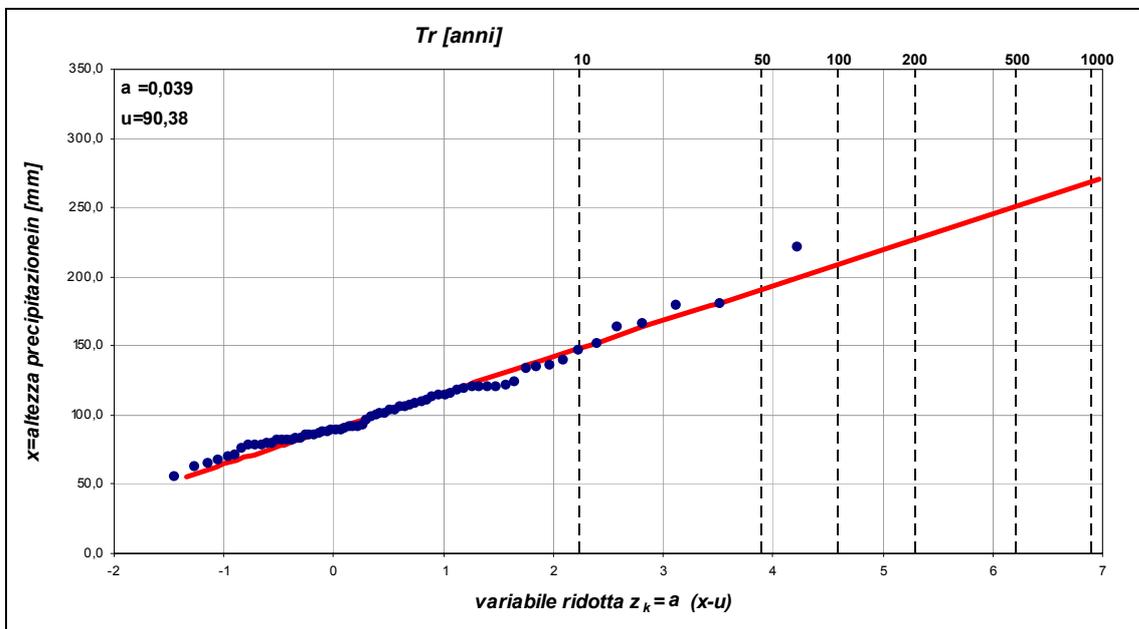


Figura 4.3.3 (e): stazione di Gemona.
 Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (68 dati)

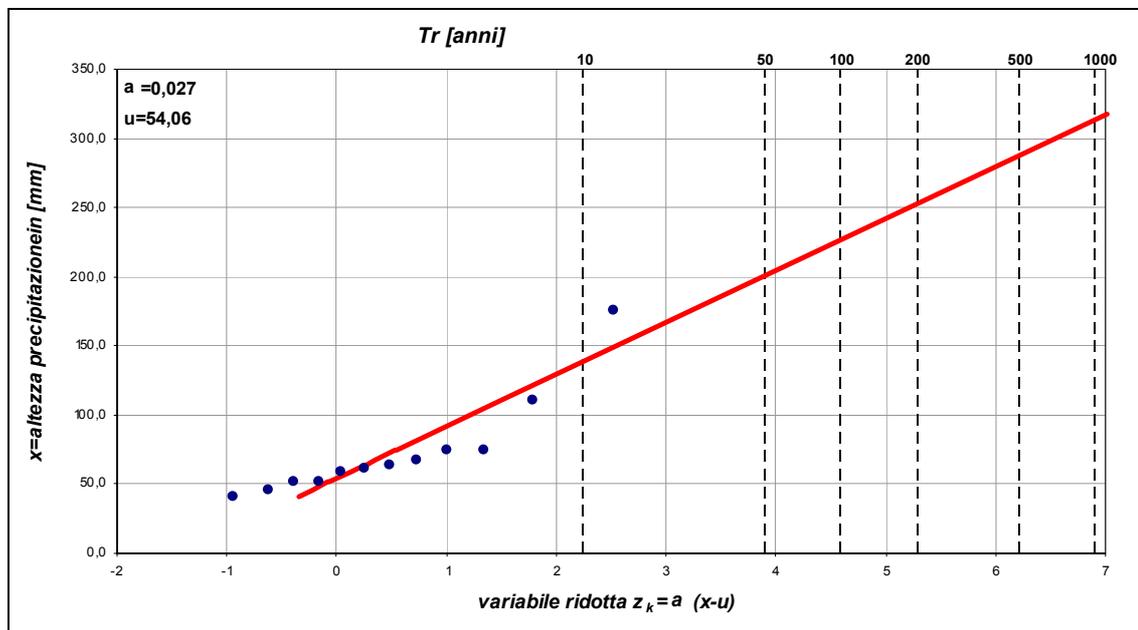


Figura 4.3.3 (f): stazione di Moruzzo.
Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (12 dati)

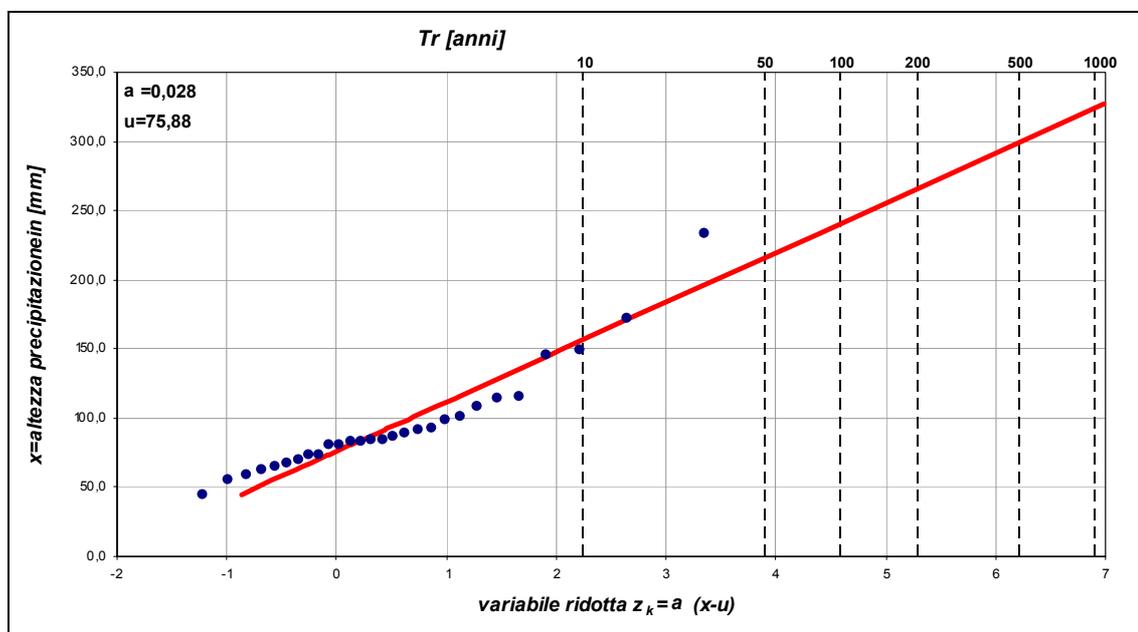


Figura 4.3.3 (g): stazione di Pinzano.
Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (28 dati)

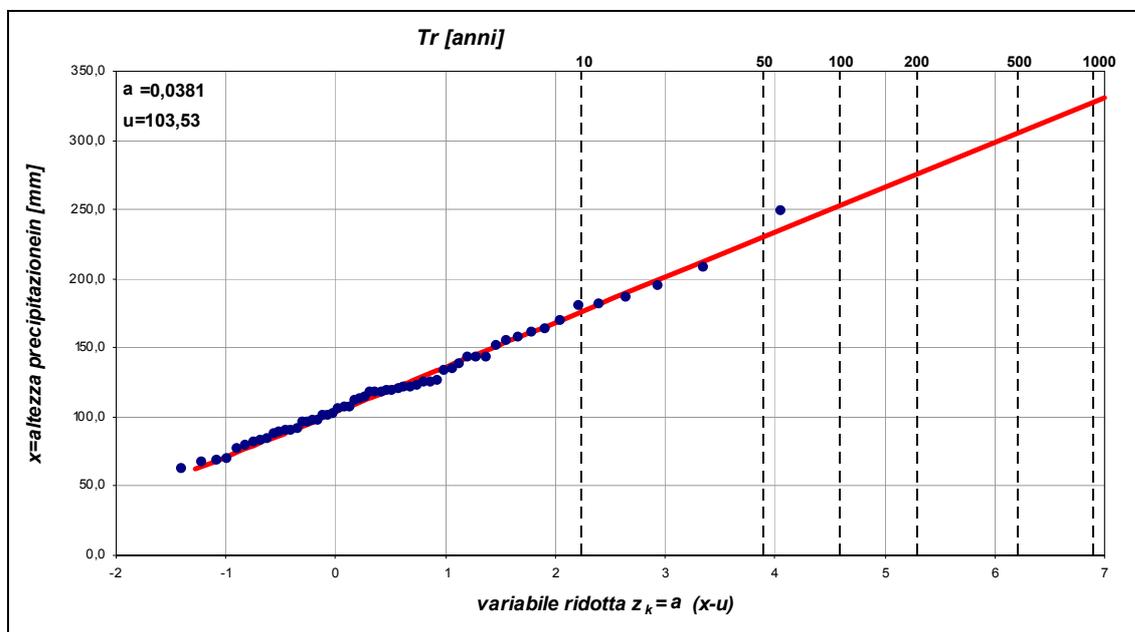


Figura 4.3.3 (h): stazione di Venzone.

Distribuzione di Gumbel per le precipitazioni massime annuali di 12 ore (57 dati)

Nella Tabella 4.3.4 sono riassunti i valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore.

Stazione	α	u
San Daniele	0,0380	73,489
Andreuzza	0,0230	68,865
Artegna	0,0403	80,433
Codroipo	0,0351	61,210
Gemona	0,0386	90,379
Moruzzo	0,0266	54,062
Pinzano	0,0278	75,875
Venzone	0,0308	103,534

Tabella 4.3.4: Valori dei parametri α e u della distribuzione linearizzata di Gumbel per le diverse stazioni pluviometriche per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore

La Figura 4.3.4 illustra il risultato della distribuzione delle variabili normalizzate per le precipitazioni massime annuali di durata 12 ore.

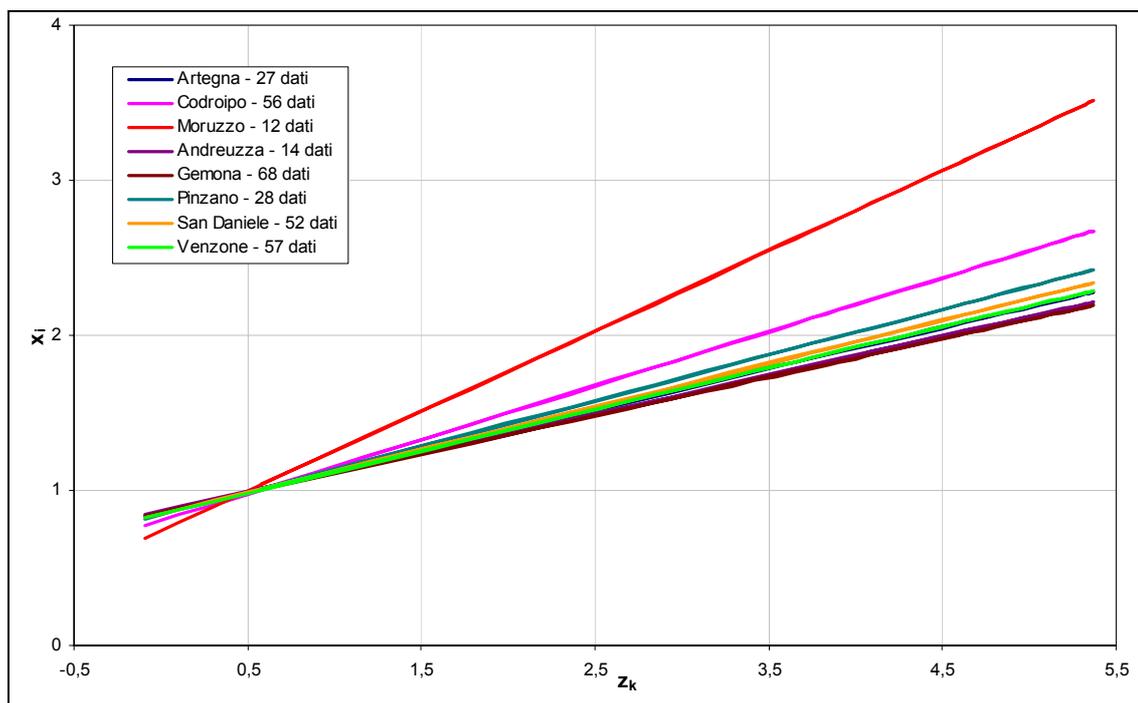


Figura 4.3.4: distribuzione di Gumbel delle variabili normalizzate 12 ore

4.4 CURVE PLUVIOMETRICHE CARATTERISTICHE AD ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO

Riportando nel piano (h, T) i dati pluviometrici elaborati con il metodo di Gumbel è possibile rappresentare l'andamento dell'altezza di pioggia cumulata in funzione del tempo di durata della precipitazione.

L'equazione rappresentativa viene assunta nella forma analitica:

$$h = aT^n \quad (4.4.1)$$

Nella (4.4.1) h rappresenta l'altezza di precipitazione, espressa in $[mm]$, T è la durata della precipitazione, espresso in $[ore]$. I parametri a e n sono due parametri che caratterizzano la curva e dipendono dalla climatologia locale, con n sempre inferiore a 1, determinati volta per volta per le diverse stazioni e per diversi tempi di ritorno Tr . Le curve che si deducono sono dette curve di possibilità pluviometrica.

La curva di regressione, ottenuta interpolando con il metodo dei minimi quadrati le varie altezze di precipitazione per la durata di 3, 6, 12, 24 ore, elaborate con il metodo di Gumbel, fornisce in modo continuo il valore di h associato ad un determinato tempo di ritorno.

Dato che il presente Piano stralcio è mirato all'individuazione di un'onda di piena di progetto cui fare riferimento per la determinazione degli interventi di difesa idraulica, si è ritenuto opportuno studiare i tempi di ritorno di 200 anni, analizzando comunque anche tempi di ritorno inferiori al fine di una migliore conoscenza del comportamento del bacino.

Nelle seguenti Figure 4.4.1 (a) ÷ (g) vengono presentate le curve di possibilità pluviometrica delle singole stazioni per tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni.

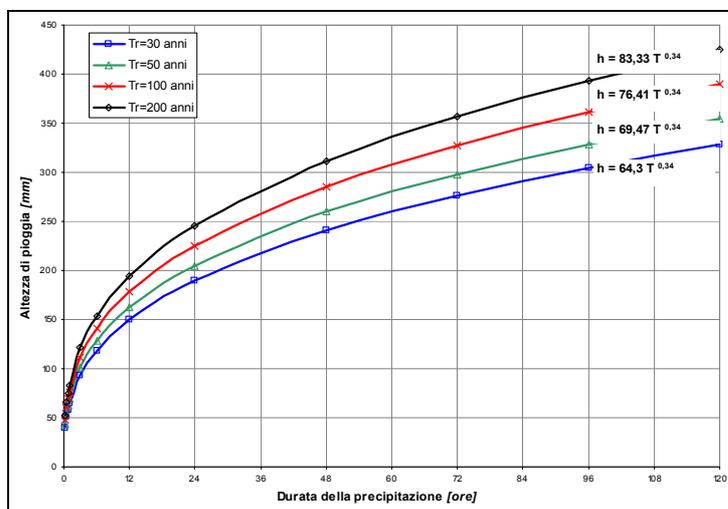


Figura 4.4.1 (a):
Stazione di San Daniele. Curva di possibilità pluviometrica per $Tr = 30, 50, 100, 200$ anni.

	a	n
Tr 30	83,33	0,34
Tr 50	76,41	0,34
Tr 100	69,47	0,34
Tr 200	64,30	0,34

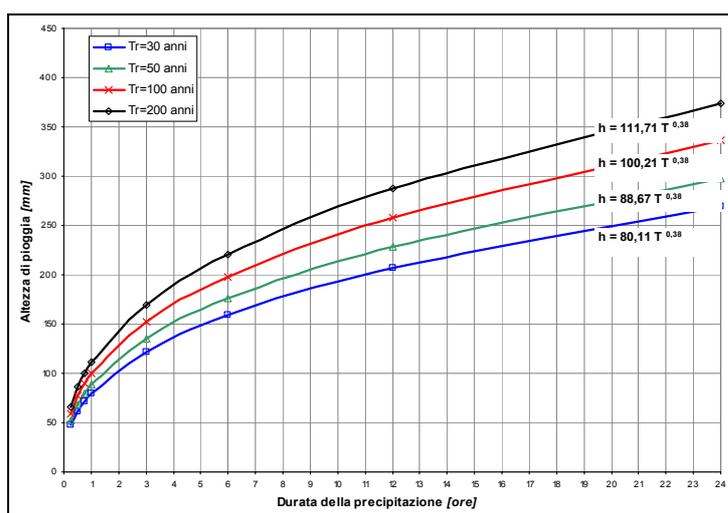


Figura 4.4.1 (b):
Stazione di Andreuzza. Curva di possibilità pluviometrica per $Tr = 30, 50, 100, 200$ anni.
Valori dei massimi disponibili fino alle 24 ore.

	a	n
Tr 30	80,11	0,38
Tr 50	88,67	0,38
Tr 100	100,21	0,38
Tr 200	111,71	0,38

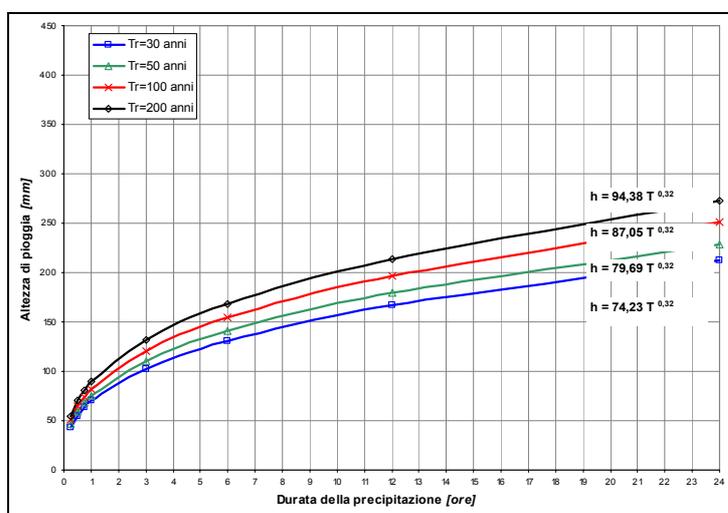


Figura 4.4.1 (c):
Stazione di Artegna. Curva di possibilità pluviometrica per $Tr = 30, 50, 100, 200$ anni.
Valori dei massimi disponibili fino alle 24 ore.

	a	n
Tr 30	74,23	0,32
Tr 50	79,69	0,32
Tr 100	87,05	0,32
Tr 200	94,38	0,32

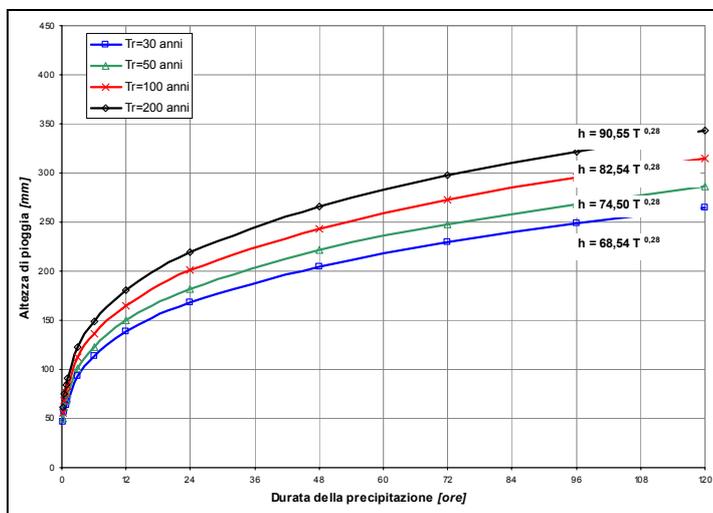


Figura 4.4.1 (d):
Stazione di Codroipo. Curva di possibilità pluviometrica per Tr 30, 50, 100, 200 anni.

	a	n
Tr 30	68,54	0,28
Tr 50	74,50	0,28
Tr 100	82,54	0,28
Tr 200	90,55	0,28

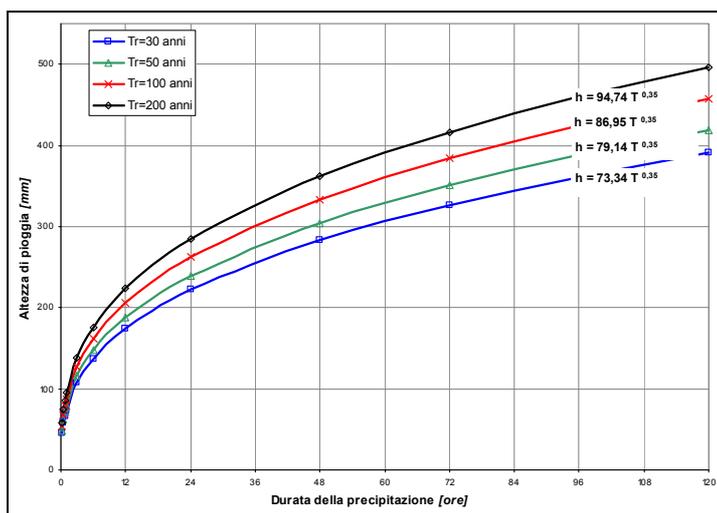


Figura 4.4.1 (e):
Stazione di Gemona. Curva di possibilità pluviometrica per Tr 30, 50, 100, 200 anni.

	a	n
Tr 30	73,34	0,35
Tr 50	79,14	0,35
Tr 100	86,95	0,35
Tr 200	94,74	0,35

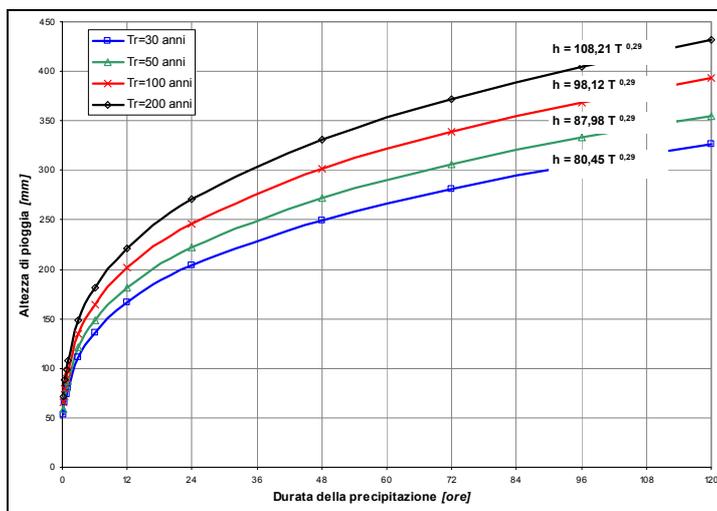


Figura 4.4.1 (f):
Stazione di Moruzzo. Curva di possibilità pluviometrica per Tr 30, 50, 100, 200 anni.

	a	n
Tr 30	80,45	0,29
Tr 50	87,98	0,29
Tr 100	98,12	0,29
Tr 200	108,21	0,29

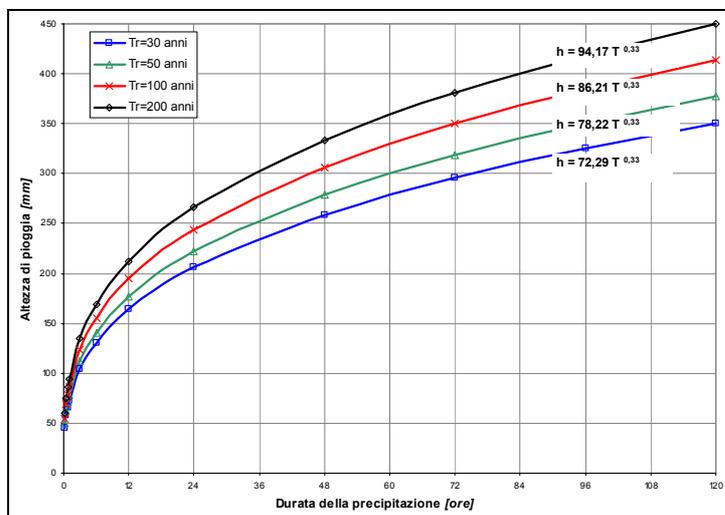


Figura 4.4.1 (g): stazione di Pinzano. Curva di possibilità pluviometrica per T_r 30, 50, 100, 200 anni.

	a	n
Tr 30	72,29	0,33
Tr 50	78,22	0,33
Tr 100	86,21	0,33
Tr 200	94,17	0,33

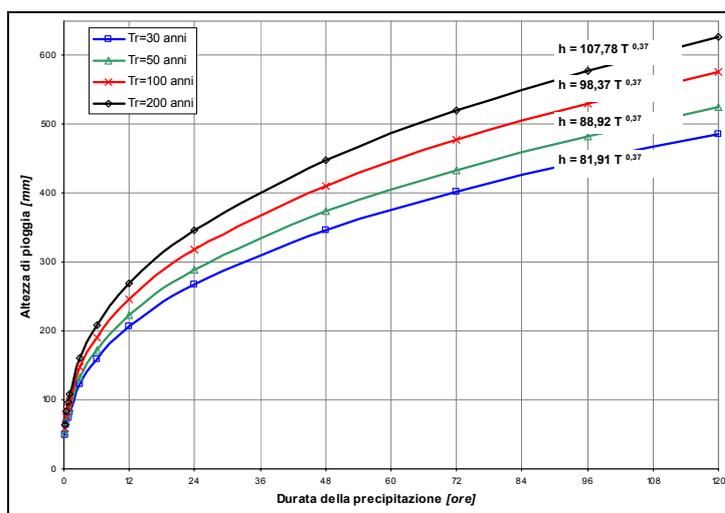


Figura 4.4.1 (h): stazione di Venzone. Curva di possibilità pluviometrica per T_r 30, 50, 100, 200 anni.

	a	n
Tr 30	81,91	0,37
Tr 50	88,92	0,37
Tr 100	98,37	0,37
Tr 200	107,78	0,37

Nelle seguenti Figure 4.4.2 (a) ÷ (d) vengono presentate, a scopo comparativo, le curve pluviometriche caratteristiche per tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni per tutte le stazioni analizzate.

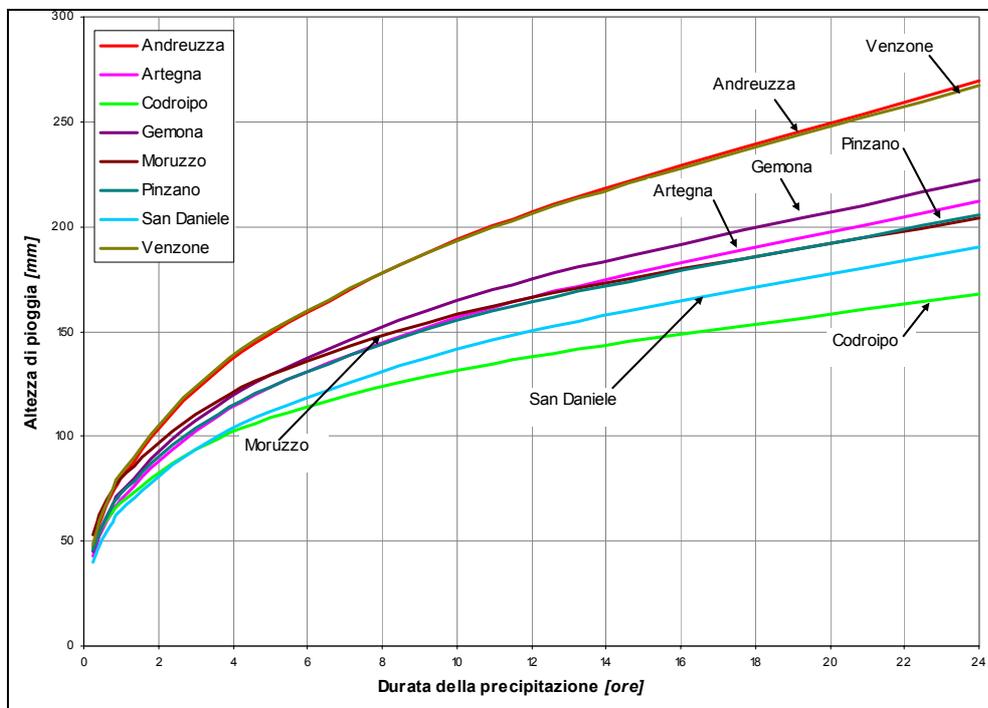


Figura 4.4.2 (a): curva pluviometrica caratteristica per T_r 30 anni.

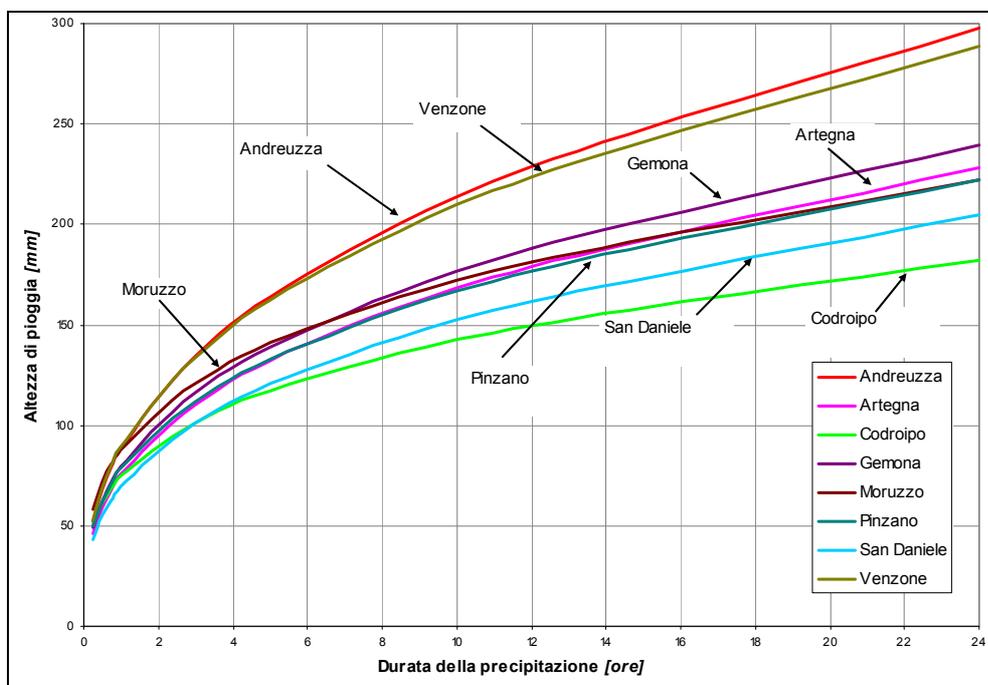


Figura 4.4.2 (b): curva pluviometrica caratteristica per T_r 50 anni.

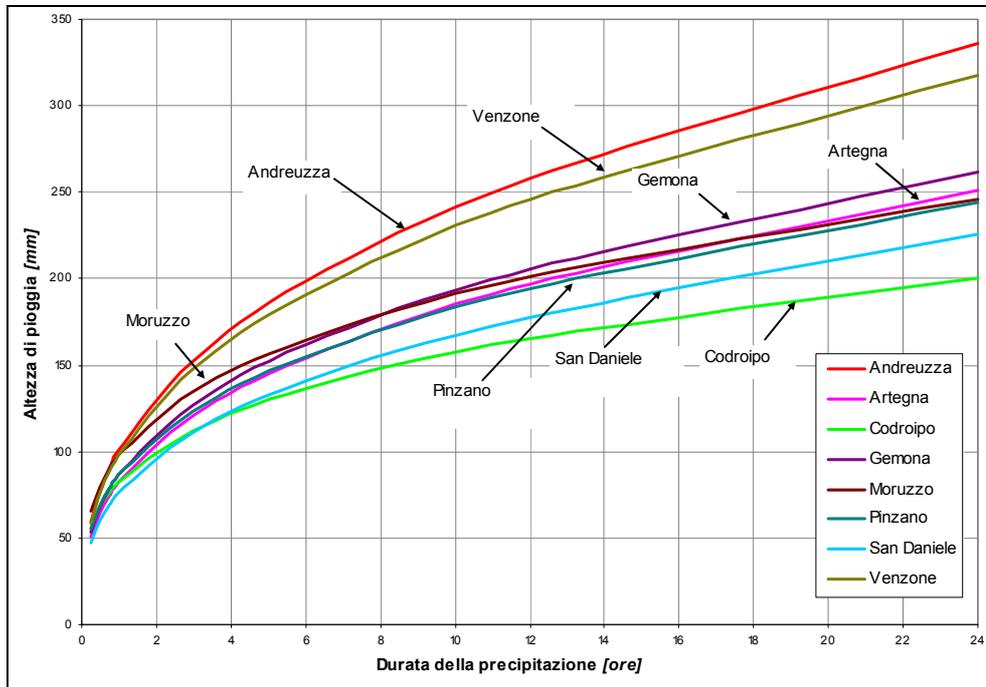


Figura 4.4.2 (c): curva pluviometrica caratteristica per Tr 100 anni.

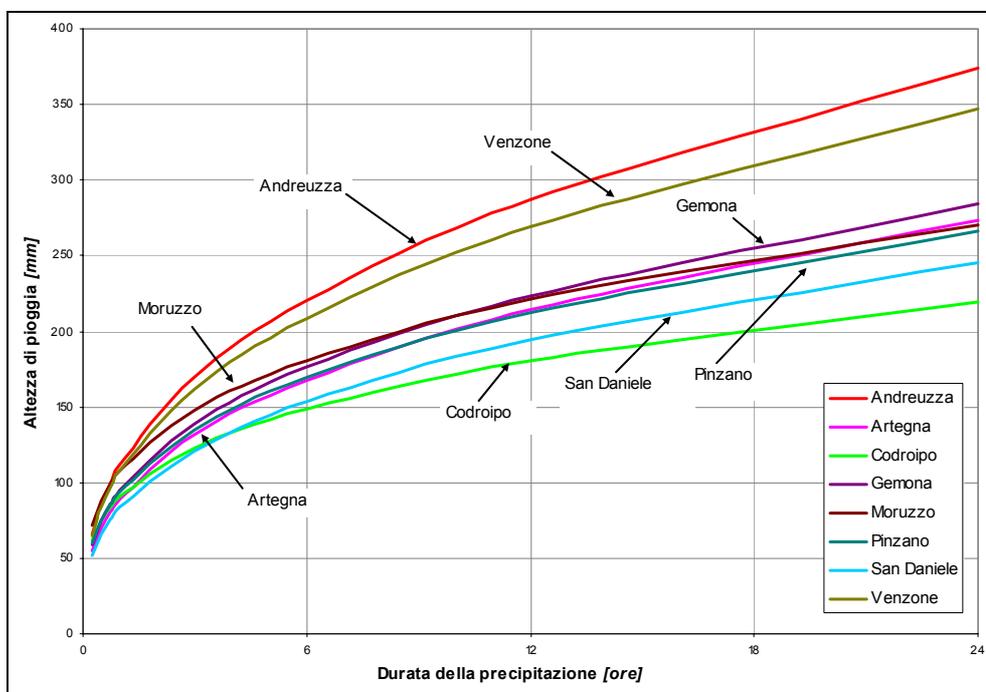


Figura 4.4.2 (d): curva pluviometrica caratteristica per Tr 200 anni.

Dal confronto delle Figure 4.4.2 (a)÷(d) si osserva che l'ordine di sottogiacenza delle curve pluviometriche relative alle singole stazioni, si mantiene, indipendentemente dal

tempo di ritorno considerato, secondo l'ordine seguente:

- Andreuzza;
- Venzone;
- Gemona;
- Artegna;
- Pinzano;
- Moruzzo;
- San Daniele;
- Codroipo.

Dalle figure si può notare, inoltre, che le curve pluviometriche di Andreuzza e Venzone divergono notevolmente rispetto alle altre, mentre la curva pluviometrica della stazione di San Daniele assume sempre una posizione mediana rispetto al fascio di curve formato dalle stazioni rimanenti.

Nelle stesse figure si nota, poi, l'andamento anomalo della curva di possibilità pluviometrica di Moruzzo. Questo fatto è da attribuire al limitato numero di anni di funzionamento della stazione.

Le Tabelle 4.4.1 (a) e (b) riportano, per le singole stazioni pluviometriche, i valori di precipitazione cumulata per le durate di 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 ore corrispondenti ai tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

STAZIONE	<i>Tr</i>	1 ora	2 ore	3 ore	4 ore	5 ore	6 ore
San Daniele	50	69,46	87,96	100,99	111,39	120,18	127,88
	100	76,41	96,74	111,06	122,48	132,15	140,61
	200	83,33	105,49	121,09	133,53	144,06	153,28
Andreuzza	50	88,67	115,50	134,81	150,44	163,81	175,60
	100	100,21	130,48	152,27	169,90	184,97	198,27
	200	111,71	145,41	169,66	189,28	206,05	220,85
Artegna	50	75,22	95,85	110,45	122,14	132,06	140,75
	100	82,26	104,90	120,94	133,79	144,68	154,24
	200	89,27	113,92	131,39	145,38	157,26	167,68
Codroipo	50	74,50	90,52	101,45	109,99	117,10	123,26
	100	82,54	100,18	112,19	121,58	129,40	136,17
	200	90,55	109,80	122,90	133,13	141,66	149,02
Gemona	50	79,14	100,74	116,02	128,24	138,60	147,69
	100	86,95	110,59	127,30	140,66	151,99	161,91
	200	94,74	120,41	138,54	153,04	165,32	176,08
Moruzzo	50	87,60	107,28	120,79	131,39	140,25	147,93
	100	97,61	119,44	134,41	146,15	155,97	164,47
	200	107,57	131,54	147,96	160,84	171,60	180,93
Pinzano	50	78,22	98,22	112,22	123,34	132,72	140,91
	100	86,21	108,18	123,55	135,75	146,05	155,03
	200	94,17	118,10	134,83	148,11	159,32	169,09
Venzone	50	88,92	114,97	133,62	148,65	161,47	172,77
	100	98,37	127,05	147,56	164,09	178,18	190,59
	200	107,78	139,08	161,45	179,47	194,82	208,34

Tabella 4.4.1 (a): schema riassuntivo dei valori orari di precipitazione cumulata per le durate da 1 a 6 ore [mm]

STAZIONE	<i>Tr</i>	7 ore	8 ore	9 ore	10 ore	11 ore	12 ore
San Daniele	50	134,78	141,05	146,83	152,19	157,21	161,94
	100	148,18	155,07	161,41	167,31	172,82	178,02
	200	161,53	169,03	175,94	182,36	188,37	194,03
Andreuzza	50	186,23	195,96	204,97	213,37	221,27	228,73
	100	210,26	221,23	231,37	240,85	249,75	258,16
	200	234,19	246,39	257,68	268,22	278,12	287,48
Artegna	50	148,55	155,65	162,20	168,29	173,99	179,37
	100	162,81	170,62	177,82	184,52	190,79	196,71
	200	177,02	185,54	193,39	200,69	207,53	213,99
Codroipo	50	128,71	133,63	138,13	142,28	146,14	149,76
	100	142,16	147,56	152,50	157,05	161,29	165,26
	200	155,55	161,43	166,81	171,76	176,38	180,70
Gemona	50	155,83	163,25	170,09	176,44	182,40	188,01
	100	170,81	178,91	186,37	193,31	199,81	205,94
	200	185,73	194,51	202,60	210,12	217,16	223,80
Moruzzo	50	154,75	160,91	166,55	171,76	176,62	181,17
	100	172,02	178,84	185,08	190,85	196,22	201,25
	200	189,20	196,68	203,52	209,84	215,72	221,24
Pinzano	50	148,23	154,88	160,99	166,66	171,96	176,95
	100	163,06	170,35	177,05	183,27	189,08	194,55
	200	177,83	185,76	193,04	199,80	206,12	212,07
Venezzone	50	182,93	192,21	200,79	208,78	216,29	223,38
	100	201,75	211,94	221,36	230,14	238,38	246,16
	200	220,49	231,59	241,85	251,40	260,37	268,84

Tabella 4.4.1 (b): schema riassuntivo dei valori orari di precipitazione cumulata per le durate da 7 a 12 ore [mm]

Da quanto osservato dalla distribuzione di Gumbel delle variabili normalizzate e dalle curve pluviometriche caratteristiche riferite ai diversi tempi di ritorno, risulta difficile individuare in maniera univoca una stazione rappresentativa del comportamento idrologico del bacino nel suo complesso.

La stazione di San Daniele risulta tuttavia la migliore, in quanto è la mediana del fascio di rette normalizzate ed è anche in posizione intermedia tra le curve di possibilità pluviometrica. Tale stazione verrà quindi assunta come stazione rappresentativa del bacino collinare del torrente Corno, ai fini della determinazione dei tempi di ritorno degli eventi analizzati.

Per completezza, nelle Tabelle 4.4.2 (a)÷(c) si riportano i valori di precipitazione cumulata sulle 6 ore, per le diverse stazioni, stimati per un tempo di ritorno rispettivamente di 50, 100, 200 anni.

<i>Tr</i> 50 anni	
STAZIONE	6 ORE
San Daniele	127,88
Andreuzza	175,60
Artegna	140,75
Codroipo	123,26
Gemona	147,69
Moruzzo	147,93
Pinzano	140,91
Venzone	172,77

Tabella 4.4.2 (a):

Valori orari di precipitazione cumulata sulle 6 ore espressa in mm per $Tr = 50$ anni

<i>Tr</i> 100 anni	
STAZIONE	6 ORE
San Daniele	140,61
Andreuzza	198,27
Artegna	154,24
Codroipo	136,17
Gemona	161,91
Moruzzo	164,47
Pinzano	155,03
Venzone	190,59

Tabella 4.4.2 (b):

Valori orari di precipitazione cumulata sulle 6 ore espressa in mm per $Tr = 100$ anni

<i>Tr</i> 200 anni	
STAZIONE	6 ORE
San Daniele	153,28
Andreuzza	220,85
Artegna	167,68
Codroipo	149,02
Gemona	176,08
Moruzzo	180,93
Pinzano	169,09
Venzone	208,34

Tabella 4.4.2 (c):

Valori orari di precipitazione cumulata sulle 6 ore espressa in mm per $Tr = 200$ anni

4.5 EVENTO PLUVIOMETRICO DEL 5-7 OTTOBRE 1998

Tra tutti gli eventi pluviometrici che hanno interessato il bacino idrografico del torrente Corno sono stati presi in considerazione gli eventi per cui c'è disponibilità di dati. Si tratta di eventi rari caratterizzati da intensità di pioggia e distribuzioni sul bacino idrografico variabili, con conseguenti diversi idrogrammi e valori delle portate di picco. Gli eventi di piena, cui si fa riferimento per le precipitazioni, sono i seguenti:

- 5-7 ottobre 1998
- 31 ottobre 2004
- 23-25 dicembre 2009.

Dal punto di vista della portata di picco, quello del 31 ottobre 2004 rappresenta l'evento con la massima portata, mentre gli eventi del 1998 e del 2009, pur avendo portate inferiori, presentano un doppio picco di portata che li rende ugualmente

pericolosi per i territori limitrofi al corso d'acqua del torrente Corno. Per l'evento del 2004 è stato stimato un tempo di ritorno di circa 15 anni, mentre l'evento del 2009 presenta un tempo di ritorno di circa 2 anni.

Alla ricostruzione degli eventi si procede analizzando, per primo, l'evento del 5-7 ottobre 1998.

Per procedere alla ricostruzione dell'evento pluviometrico si è provveduto all'acquisizione dei dati di pioggia, ora per ora, relativi all'evento di piena e dei dati di precipitazione dei cinque giorni precedenti, al fine di inquadrare correttamente la situazione idrologica del bacino idrografico. È, infatti, necessario valutare se l'evento pluviometrico è isolato e, quindi, sufficientemente lontano da altre precipitazioni che possono essersi verificate in precedenza e che potrebbero aver influenzato l'evento di piena.

Partendo dai dati, già resi disponibili dall'Ufficio Idrografico del Servizio dell'Idraulica, si sono raccolte e completate le informazioni di pioggia orarie, leggendo direttamente i grafici originali delle diverse stazioni pluviografiche messi a disposizione dallo stesso Ufficio Idrografico.

Sono stati raccolti, inoltre, i dati relativi all'evento analizzato, forniti dall'OSMER e derivanti dalla trasmissione in telemisura dalle stazioni meteorologiche posizionate sul territorio di interesse.

Le stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione di tale evento sono elencate nella Tabella 4.5.1, dove sono riportati i valori delle precipitazioni orarie relative all'evento in oggetto.

giorno	ora	Andreuzza	Gemona	San Mauro	Pinzano	Artegna	Fagagna
05/10/98	9.00						0,6
	10.00	0,8	1,2		0,8	0,6	0,8
	11.00	0,4	1,4	0,4	0,8	1	0,8
	12.00	2	1,8	1,6	2,2	0,2	0,2
	13.00	2,2	2	1,6	1	1	1,2
	14.00	1	4,4	0,4	1,6	2	2,0
	15.00	5,6	1,8	2,6	4,2	1,6	1,6
	16.00	1	1,8	2,6	1,8	1,4	1,2
	17.00	1,8	3,4	1,2	3,2	5,2	2,4
	18.00	3	5,4	2	4,4	3,2	3,4
	19.00	4,8	5,8	3,2	4,4	2,2	1,0
	20.00	3,4	2,2	4,2	1,2	4	2,8
	21.00	3,6	6,2	0,8	2,2	5,6	1,0
22.00	5,4	4,2	3,4	3	2	1,8	
23.00	1,6	2,6	6,6	2,6	2,6	7,0	
06/10/98	0.00	5	7,6	2,2	5,2	4,6	15,0
	1.00	13	4,6	6,4	3,6	3,2	6,8
	2.00	6	5,4	10,2	4,4	6,6	0,2
	3.00	4,4	3,4	2,4	2	13,4	0,0
	4.00	2,4	0	6,6	0,2	16	1,6
	5.00	0	0	0,2	0	5,2	3,0
	6.00	2,4	2,2	0,2	5,2	2	3,0
	7.00	5,2	3,8	8,8	4,8	0	0,2
	8.00	1	0,2	2,2	0	1	0,2
9.00	0	0,2	0,2	0	4,6	1,0	

	10.00	3,2	4,6	0	2,6	1,2	2,0
	11.00	1,4	2	2,8	2,4	0	3,2
	12.00	2,6	3,2	1,6	2,6	4,8	4,4
	13.00	4,4	7,4	3	6,8	1,8	2,6
	14.00	8	4,8	8,4	6,6	2,4	0,2
	15.00	4,6	2,4	2,6	1,2	5	0,4
	16.00	0,4	1,6	0,4	1,6	4,6	0,0
	17.00	1,6	0,2	2	0	2	7,8
	18.00	0,2	2,4	0,2	1,6	0,4	0,8
	19.00	12,2	14,4	4,8	21,4	0,2	0,4
	20.00	3,6	2,6	7,6	4,8	3,4	0,0
	21.00	0	4,4	0	0,2	12	4,6
	22.00	0	5,2	0	0	14	2,2
	23.00	7	4	3,4	0,6	0	1,6
07/10/98	0.00	6,4	3,2	1,6	0,2	1,4	1,6
	1.00	6	5,4	1,8	0	9,6	8,8
	2.00	1,4	24,4	0,8	0,2	0,6	17,0
	3.00	12,6	10,8	4,8	5,2	4	2,0
	4.00	23,2	4,2	22,4	27,2	4,6	2,0
	5.00	1,4	2,2	3,2	2,8	20	0,2
	6.00	2,2	5,6	3	1,6	8,6	1,0
	7.00	1,6	/	1	1,4	6	1,2
	8.00	1,2	/	1	1,2	1,4	4,0
	9.00	1,8	/	1,6	4,2	4	4,0
	10.00	4,6	/	3,4	7	1,4	6,0
	11.00	6,2	/	5,6	6	2,6	4,0
	12.00	2,8	/	5	3,2	12	5,2
	13.00	4,6	/	5,6	6,2	2	8,4
	14.00	10,4	/	4,8	6,2	3,4	5,8
	15.00	4	/	5,4	5	8	3,8
	16.00	9,4	4,8	10,6	5	7,6	0,8
	17.00	1,2	2,4	3,2	0,8	4,8	0,0
	18.00	2,8	1,8	1,2	0,4	6,8	0,0
	19.00	0	1	0	0	2,8	0,0
	20.00	0	0	0	0,2	1,8	0,0
	21.00	0	0	0	0	0	0,0
	22.00	0	0	0,2	0	0	0,0
	23.00	0	0	0	0	0	0,0
08/10/98	0.00	0	0	0	0	0	2,8
	1.00	0	0	0	0	0,2	\
	2.00	2,6	3,2	1,4	1,2	0	\
	3.00	1,8	0,8	1,8	1,4	0,2	\
	4.00	1,2	1,2	1,8	6	2,4	\
	5.00	3	3,6	4,4	4,4	1,6	\
	6.00	4	5,8	4,2	4	0,4	\
	7.00	4,4	6,2	1,8	2,6	4	\
	8.00	5,6	2,8	0,8	0,4	9,6	\
	9.00	0	0,2	0	7,6	9,4	\
	10.00	0	0	1,8	0	1,6	\
	11.00	0	0	0	3,8	0	\
	12.00	0	0	1,2	10,2	0,2	\
	13.00	1,4	1,4	1,6	0,8	0	\
	14.00	0,4	0,4	0,2	0,2	1	\

	15.00	0,2	0	0,2	0	0,6	\
	16.00	0	0	0	0	0,4	\
	17.00	0	0	0	0	0,2	\
	18.00	0	0	0	0	0	\
	19.00	0	0	0	0	0	\
	20.00	0	0	0	3,8	0	\
	21.00	0	4	6,6	0	0	\
	22.00	6,4	0	0	0	0	\
	23.00	0	0	0	0	0,4	\
09/10/98	0.00	0	0	0,2	0	0	\
	1.00	0	0	0	0	0	\
	2.00	0	0	0	0	0	\
	3.00	0	0	0	0	0	\
	4.00	0	0	0	0	0	\
	5.00	0	0	0	0	0	\
	6.00	0	0	0	0	0	\
	7.00	0	0	0	0,2	0,2	\
	8.00	0	0	0	0	0	\
	9.00	0	0	0	0	0	\
	10.00	0	0	0	0	0	\

Tabella 4.5.1: stazioni di cui si sono raccolti dati utili per la ricostruzione dell'evento del 5-7 ottobre 1998 [mm]

giorno	ora	Media												
			06/10/98	0.00	6,13	07/10/98	0.00	3,12	08/10/98	0.00	0,60	09/10/98	0.00	0,09
				1.00	8,36		1.00	5,25		1.00	0,02		1.00	0
				2.00	6,16		2.00	4,04		2.00	1,69		2.00	0
				3.00	3,46		3.00	6,68		3.00	1,63		3.00	0
				4.00	4,75		4.00	17,29		4.00	1,94		4.00	0
				5.00	1,15		5.00	3,37		5.00	3,56		5.00	0
				6.00	1,87		6.00	2,67		6.00	3,68		6.00	0
				7.00	4,91		7.00	1,62		7.00	3,05		7.00	0,04
				8.00	1,20		8.00	1,76		8.00	3,6		8.00	
05/10/98	9.00	0,13		9.00	0,67		9.00	2,46		9.00	1,51		9.00	
	10.00	0,51		10.00	1,65		10.00	4,37		10.00	0,95		10.00	
	11.00	0,54		11.00	2,17		11.00	5,26		11.00	0,28			
	12.00	1,34		12.00	2,83		12.00	4,73		12.00	1,29			
	13.00	1,63		13.00	3,37		13.00	5,64		13.00	1,3			
	14.00	1,07		14.00	5,98		14.00	6,86		14.00	0,36			
	15.00	3,40		15.00	3,40		15.00	4,75		15.00	0,23			
	16.00	1,64		16.00	0,70		16.00	7,70		16.00	0,04			
	17.00	2,05		17.00	3,06		17.00	1,88		17.00	0,02			
	18.00	2,78		18.00	0,37		18.00	1,91		18.00	0			
	19.00	3,19		19.00	6,50		19.00	0,22		19.00	0			
	20.00	3,52		20.00	4,23		20.00	0,16		20.00	0,28			
	21.00	2,16		21.00	1,94		21.00	0,00		21.00	2,79			
	22.00	3,58		22.00	1,57		22.00	0,07		22.00	2,63			
	23.00	4,56		23.00	3,81		23.00	0,00		23.00	0,04			

Tabella 4.5.2: precipitazioni medie orarie dell'evento dal 5 al 7 ottobre 1998 [mm], ottenute con l'ausilio del software Surfer

La precipitazione è un fenomeno che presenta una grande variabilità sia spaziale che temporale. La modellazione dei deflussi di un bacino richiede la descrizione, spazialmente accurata, dei campi di pioggia a partire dalle misure registrate nelle stazioni pluviometriche sparse nel territorio. Si è proceduto, quindi, all'impiego di evolute tecniche geostatistiche di stima.

Il metodo del Kriging, (Verri *et al.*, 1982) rappresenta un efficace strumento di interpolazione stocastica dei dati di pioggia misurati; esso permette, a partire da una serie di dati misurati in diverse stazioni, di calcolare il più probabile valore di precipitazione in un punto generico attraverso stimatori che minimizzano la varianza dell'errore. Ripetendo il calcolo per il centro di ogni cella di una griglia regolare, è possibile costruire una stima ottimale della distribuzione di pioggia su tutto il bacino.

Questa operazione è stata effettuata mediante l'utilizzo del software Surfer[®] 8.0 della Golden Software, Inc..

I dati di pioggia oraria sono stati riassunti in ietogrammi per ogni singola stazione di misura e, poi, organizzati in files con estensione “.txt”, uno per ogni ora di pioggia di ciascun evento, in cui sono indicate le coordinate nel sistema Gauss-Boaga e l'altezza di precipitazione rilevata in [mm]. Utilizzando il programma di calcolo Surfer[®] 8.0, i dati di pioggia sono stati elaborati con la tecnica degli interpolatori stocastici Kriging per ottenere i valori medi orari della precipitazione sull'intero bacino.

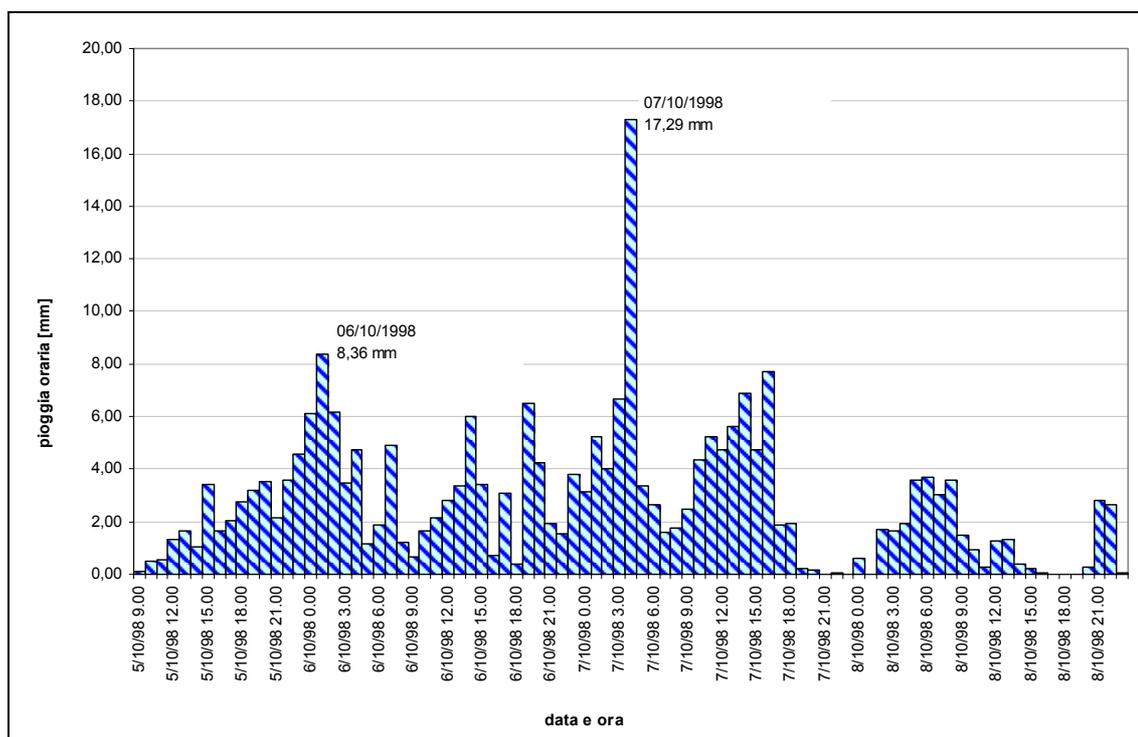


Figura 4.5.2: andamento delle precipitazioni orarie medie dell'evento del 5-7 ottobre 1998

Osservando il grafico in Figura 4.5.2 si osserva che l'evento comprende due picchi principali di precipitazione, il primo alle ore 1:00 del 6 ottobre, il secondo alle ore 4:00 del 7 ottobre.

In particolare si osserva che l'andamento multi picco dell'evento ha una struttura

simile all'evento catastrofico del 19-20 settembre 1920, pur non avendo gli stessi valori di intensità di precipitazione oraria. Il tempo di ritorno stimato, rispetto alla stazione di San Mauro, risulta essere inferiore ai 2 anni.

4.6 EVENTO PLUVIOMETRICO DEL 31 OTTOBRE 2004

Con analogo procedimento seguito per l'evento del 5-7 ottobre 1998, si è proceduto alla ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004. Si osservi che entrambi gli eventi si sono registrati nel mese di ottobre, particolarmente piovoso per questa zona.

Si è ritenuto utile ricostruire l'evento del 2004, in quanto tale evento dispone di una quantità rilevante di dati, in particolare dati provenienti dalle nuove stazioni installate successivamente alla realizzazione del canale scolmatore sul Tagliamento collocate alla sezione di chiusura del bacino collinare, a San Mauro. Inoltre, quest'evento ha permesso di effettuare il collaudo funzionale dell'opera, facendo transitare nello scolmatore una portata di $100 \text{ m}^3/\text{s}$, pari alla portata di progetto.

Le stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione dell'evento sono elencate nella Tabella 4.6.1, dove sono riportati i valori delle precipitazioni orarie relative all'evento in oggetto.

giorno	ora	Andreuzza	Gemona	San Mauro	Moruzzo	Artegna	Fagagna	Osoppo	Zeglianutto
29/10/2004	1.00	0	\	0	0	0	\	0	0
	2.00	0	\	0	0	0	\	0	0
	3.00	0	\	0	0	0	\	0	0
	4.00	0	\	0	1,2	0,2	\	0,2	0,6
	5.00	0,8	\	1,6	2,4	1	\	1,2	1,8
	6.00	1,4	\	2,6	1,2	0,4	\	0,8	0,8
	7.00	1,2	\	1,2	1,8	1,6	\	2	2,2
	8.00	1,8	\	2,2	2,2	2	\	1,4	1,8
	9.00	2	\	2	2	2,8	\	2,4	3,2
	10.00	3,4	\	3	0,8	3	\	5	1,6
	11.00	1,6	\	2	0	1,2	\	1,4	0,6
	12.00	1	\	0,2	0,2	0,4	\	1,2	0,4
	13.00	1,2	\	1	1	1,8	\	1	0,4
	14.00	1,4	\	1	1,8	0,2	\	3,2	1,2
	15.00	3,2	\	2	0,6	2	\	0,6	0,4
	16.00	0	\	0,6	0,2	0,4	\	1,4	3,2
	17.00	0,4	\	0	0,2	1,2	\	0,2	0,4
	18.00	0	\	0	5,8	0,4	\	0,6	1,2
	19.00	2	\	2	6,2	3,4	\	10,8	5
	20.00	6,6	\	7,6	0,2	2,6	\	6	1
	21.00	2,8	\	6,4	3,4	4,8	\	7	5
	22.00	7,2	\	7,2	4,6	7	\	8,4	5,4
	23.00	6	\	4	1,2	3,8	\	0,6	1
	0.00	0,2	\	1,6	0,4	0	\	0,4	0,2
30/10/2004	1.00	0,4	\	0,2	1	1,2	\	2,4	1,6
	2.00	2	3,6	0,8	1,4	2	\	2,4	0,8
	3.00	3,6	5,8	1,4	5	4	0,8	2	5,8
	4.00	2	0,0	3,2	1	0,2	5,6	0	0
	5.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	6.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	7.00	0	0,0	0	0	0	0,2	0	0

	8.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	9.00	0	0,0	0,2	0	0	0,0	0	0
	10.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	11.00	0	0,0	0	0	0,2	0,0	0	0
	12.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	13.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	14.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0,2
	15.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	16.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	17.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	18.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	19.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	20.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	21.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	22.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	23.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	0.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
31/10/2004	1.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	2.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	3.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	4.00	0	0,4	0	0,4	0	0,0	0,4	0
	5.00	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8
	6.00	0	0,2	0,6	1,4	0	0,2	0	0,4
	7.00	0,4	9,0	0	21	2,4	0,8	8,4	12
	8.00	10,6	12,2	7,8	18	19,4	14,0	11,8	20,4
	9.00	17	17,2	7,6	13,6	18,4	21,0	18,8	14,2
	10.00	17	13,2	29,4	12	7,6	18,0	14,8	12
	11.00	15,2	19,4	7	5,8	20	12,2	11,6	10,8
	12.00	11,2	28,8	14	1,2	5,2	4,4	25,6	5,2
	13.00	21,6	44,6	10	17,8	28,8	40,4	39,8	30,4
	14.00	33,2	4,2	38,8	20,4	27	0,2	1,4	9,4
	15.00	0,6	2,8	0,6	0	1,4	0,4	1	2,2
	16.00	0,2	3,2	0	1,2	1	0,8	1,8	1,4
	17.00	2,4	2,2	0,8	2	1,2	1,2	0,4	4,2
	18.00	3,4	0,2	1,4	0	0,8	0,0	0	0,4
	19.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	20.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	21.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	22.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	23.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	0.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
01/11/2004	1.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	2.00	0	0,0	0	0,2	0	0,0	0	0
	3.00	0	0,0	0	0	0,2	0,0	0	0
	4.00	0	0,6	0,2	0	0	0,4	0	0
	5.00	0,6	0,4	0	0,2	0	0,8	0,6	0,8
	6.00	0	1,6	0	0,2	0,8	0,0	1	0,2
	7.00	1,4	0,2	1,6	0	0	0,0	0	0
	8.00	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
	9.00	0	0,2	0	0	0	0,0	0,2	0,2
	10.00	0	0,0	0	0	0,2	0,2	0	0

Tabella 4.6.1: stazioni di cui si sono raccolti dati utili per la ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004 [mm]

giorno	ora	Media
31/10/2004	3.00	0,00
	4.00	0,04
	5.00	0,64
	6.00	0,00
	7.00	4,14
	8.00	12,36
	9.00	13,95
	10.00	19,94
	11.00	10,33
	12.00	8,97
	13.00	21,64
	14.00	24,94
	15.00	0,70
	16.00	0,47
	17.00	1,96
	18.00	1,50
	19.00	0,00
	20.00	0,00
	21.00	0,00
	22.00	0,00
	23.00	0,00
	0.00	0,00
01/11/2004	1.00	0,00
	2.00	0,02
	3.00	0,00

Tabella 4.6.2:
 precipitazioni medie
 orarie dell'evento del 31
 ottobre 2004 [mm],
 ottenute con l'ausilio del
 software Surfer

La Figura 4.6.2 illustra l'andamento delle precipitazioni medie relative all'evento.

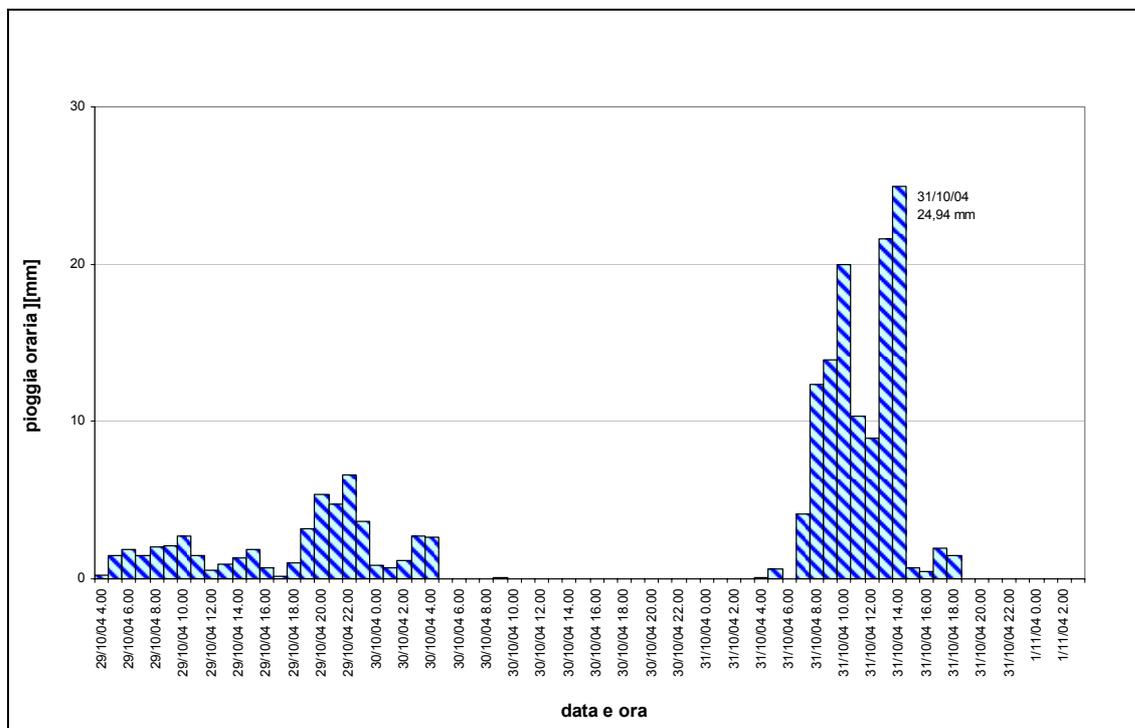


Figura 4.6.2: Andamento delle precipitazioni orarie medie dell'evento del 31 ottobre 2004

Per l'evento del 2004 nella stazione di San Mauro sono stati rilevati valori massimi di precipitazione per un intervallo di 6 ore, pari a 106.8 mm, cui corrisponde un tempo di ritorno di circa 14 anni, riferito alla stazione di San Daniele.

Si tratta di un evento significativo il cui tempo di ritorno, tuttavia, non risulta essere molto elevato. I dati a disposizione sono stati utili in sede di taratura del modello idrologico di ricostruzione dell'onda di piena alla sezione di chiusura di San Mauro.

4.7 EVENTO PLUVIOMETRICO DEL 22-25 DICEMBRE 2009

Il terzo evento ricostruito è stato quello del 23-25 dicembre 2010, che è stato preceduto da abbondanti nevicate sul bacino collinare del torrente Corno.

Così come l'evento del 2004, anche per quello del 2009 si è ritenuto opportuno ricostruire l'evento in quanto sono disponibili una quantità rilevante di dati sia pluviometrici che di portata, a San Mauro. Inoltre, quest'evento presenta le stesse caratteristiche dell'evento del 1998, ovvero è un cosiddetto evento multi picco.

Le stazioni di cui si sono raccolti dati utili al fine della ricostruzione dell'evento sono elencate nella Tabella 4.7.1, dove sono riportati i valori delle precipitazioni orarie relative all'evento in oggetto.

giorno	ora	S. Daniele	S. Mauro	Fagagna	Gemona	Magnano	Zeglianutto	Osoppo
22/12/2009	0.00	1,4	0	0	0,4	0	0	0
	1.00	2	0	0	1,6	0	0,6	0
	2.00	2	0	2,8	2,8	0	1,2	0,4
	3.00	2,4	0	4,8	1,4	0	0	0,8
	4.00	2,4	0	5,6	1,2	0	0	1,4
	5.00	1,8	0	3,6	1,4	0,2	0	1,6
	6.00	1,8	0	2,4	1,4	0,2	0	1,6
	7.00	1,8	0	3,6	2,2	0,2	0	2,6
	8.00	1,8	1,8	3,2	2,8	0,2	0	3
	9.00	1,8	8	4	2,8	14,6	1,6	3,4
	10.00	1,6	2,2	2,4	2,2	2,2	1,6	2,8
	11.00	1,8	2,4	2,6	2,6	2,4	2,6	1,4
	12.00	1,4	2,2	2	0,8	1,8	2	0,6
	13.00	0,6	2,4	2,2	0,2	1,6	2	0
	14.00	0,4	1,8	1,8	0,4	1,6	1,6	0,2
	15.00	0,2	0,6	0,8	0,6	0,8	1,6	0,6
	16.00	0,8	0,8	0,6	1,2	1,6	1,8	1,4
	17.00	0,6	0,4	1	0,6	0,4	0,8	0,8
	18.00	0,6	1	0,2	0,6	0,8	0,6	1,4
	19.00	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	20.00	1,4	1	0,8	1	0,6	0,6	1,2
	21.00	3	3,6	3,4	3,4	3,6	3,6	3,4
	22.00	5,2	5,2	5,4	5,2	5,8	5,4	5,8
	23.00	6	6,2	6,6	7,8	7,8	7,4	6,8
23/12/2009	0.00	5,6	6	5,8	8,6	7,8	7,8	7,8
	1.00	6,6	6,4	6,4	10	8,4	8,4	8
	2.00	7,8	8	7,8	8,8	9,8	9	8,4
	3.00	9	8,4	8,6	9,2	8,8	9,4	9,4
	4.00	9,2	9,8	9,6	7,4	8,2	8,4	8,4
	5.00	10,4	11	9,4	9,2	9,6	9,6	10,2
	6.00	10	10	8,4	10,6	10,2	9,2	11,8
	7.00	5,8	5,8	3,2	9,8	10,2	7	10

	8.00	0,8	1	0,6	2,6	2,4	1,8	1,4
	9.00	0	0	0,2	0	0	0,2	0
	10.00	0	0	0	0,2	0	0	0,2
	11.00	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
	12.00	0	0	0,2	0,6	0,8	0,4	0,4
	13.00	0	0	0	0	0	0	0,2
	14.00	0	0	0	0	0	0	0
	15.00	0	0	0	0	0	0	0
	16.00	0	0	0	0	0	0	0
	17.00	0	0	0	0	0	0	0
	18.00	0	0	0	0	0	0	0
	19.00	0	0	0	0	0	0	0
	20.00	0	0	0	0,2	0	0	0
	21.00	0	0	0	0	0	0	0
	22.00	0	0	0,4	0	0	0	0
	23.00	0,6	0,8	1,2	0	0,4	1,8	0
24/12/2009	0.00	1,6	1,8	3,4	0,6	1,6	2,2	1,2
	1.00	1	1	1,4	1,6	1,4	1,6	1,4
	2.00	3	3,2	4	2,2	3,8	3,4	2,8
	3.00	2,8	3,2	3,2	3,8	3,6	3,4	3,6
	4.00	4,6	4,8	2,6	4	4	4	4,6
	5.00	4,2	4	2,6	3,6	3	2,6	4,4
	6.00	7,6	8	8,4	7	7,2	7,4	7,2
	7.00	6,6	6,2	2,6	7,8	7,6	7,2	8
	8.00	3,6	4,2	5,8	6,8	4	3,8	5,4
	9.00	3,6	4,2	3,4	4,2	4,2	5,2	4,8
	10.00	2,6	3	2,2	4,8	4,4	2,6	4,8
	11.00	3,4	3,8	1,8	7,6	5,6	3,4	8,6
	12.00	1	0,4	0,2	9,4	1,2	0,8	4,8
	13.00	1,8	1,4	0,2	6,2	3,4	1,8	2,8
	14.00	0,2	0,2	0,2	2,2	1	0,6	1,2
	15.00	1	0,8	1	2,4	2,2	2,2	2,2
	16.00	3,4	2,6	2,2	3,8	5,2	3,4	5,8
	17.00	3,6	3,4	3,6	5,6	5,4	4,4	5,2
	18.00	3,4	2,8	2,2	2,6	2,8	2,8	4,4
	19.00	4,2	4,4	3	3	3,4	3	5
	20.00	6,8	7	7	4,2	5,6	6,2	7,4
	21.00	11,8	10,4	8	7,8	10,4	9	13,6
	22.00	12,2	14,4	7,6	11,6	9	8,4	14,6
	23.00	6,8	6,2	6	10,2	9,4	8,8	15,2
25/12/2009	0.00	6,4	5	4,4	7,6	10,6	8,8	11,6
	1.00	4,2	4	3,2	6,8	7,2	5,8	8,8
	2.00	2,8	2,2	1,8	6,8	5,4	4	6,2
	3.00	5	3,2	2	9,8	3,6	3,2	12,2
	4.00	7,4	4,6	2	13,2	5,8	3	10,2
	5.00	5,6	4,6	0,4	13,2	9,4	5,6	8,8
	6.00	2,8	2,6	2,2	2,6	1,8	0,4	1
	7.00	0,2	0,2	1,6	2,2	5,6	4,4	2
	8.00	2,2	1,8	3,6	5,2	2,6	2	4,2
	9.00	0,8	1	3,8	11,2	4,2	5,4	8,4
	10.00	0,8	3	0,6	6,6	3,4	5,8	5,4
	11.00	0	0	0	0,8	0	0	2
	12.00	2,2	2,6	7,4	2,6	3,2	3,4	2,8
	13.00	0,4	0,6	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4
	14.00	1,4	1,2	0,8	4,2	3,6	2,4	2,4

	15.00	1,4	1,2	0,2	0,8	2,6	1,4	0,2
	16.00	0	0,2	0	0	0	0	0
	17.00	0	0	0,2	0	0	0	0
	18.00	0	0	0	0	0	0	0
	19.00	0	0	0	1	0	0	0
	20.00	1,4	0,8	0	4	0,2	0	2
	21.00	1,2	2	0	2,2	1	1	1
	22.00	0	0	0	0,2	0	0	0

Tabella 4.7.1: stazioni di cui si sono raccolti dati utili per la ricostruzione dell'evento dal 22 al 25 dicembre 2009 [mm]

giorno	ora	Media									
22/12/2009	0.00	0	23/12/2009	0.00	6,66	24/12/2009	0.00	2,23	25/12/2009	0.00	6,85
	1.00	0,13		1.00	7,11		1.00	1,31		1.00	4,96
	2.00	0,98		2.00	8,27		2.00	3,41		2.00	3,09
	3.00	1,19		3.00	8,86		3.00	3,3		3.00	4,08
	4.00	1,47		4.00	9,21		4.00	4,05		4.00	4,14
	5.00	1,03		5.00	10,16		5.00	3,35		5.00	4,3
	6.00	0,75		6.00	9,65		6.00	7,83		6.00	1,64
	7.00	1,16		7.00	6,05		7.00	8,88		7.00	1,93
	8.00	1,76		8.00	1,15		8.00	4,56		8.00	2,54
	9.00	4,66		9.00	0,1		9.00	4,39		9.00	3,73
	10.00	2,16		10.00	0,02		10.00	2,91		10.00	3,51
	11.00	2,35		11.00	0,28		11.00	3,83		11.00	0,27
	12.00	1,9		12.00	0,2		12.00	0,88		12.00	3,97
	13.00	1,94		13.00	0,03		13.00	1,31		13.00	0,54
	14.00	1,54		14.00	0		14.00	0,41		14.00	1,54
	15.00	0,93		15.00	0		15.00	1,41		15.00	0,88
	16.00	1,12		16.00	0		16.00	3,17		16.00	0,07
	17.00	0,71		17.00	0		17.00	3,94		17.00	0,05
	18.00	0,77		18.00	0		18.00	2,9		18.00	0
	19.00	0,8		19.00	0		19.00	3,8		19.00	0
	20.00	0,87		20.00	0		20.00	6,91		20.00	0,48
	21.00	3,53		21.00	0		21.00	9,98		21.00	1,1
	22.00	5,39		22.00	0,09		22.00	11,22		22.00	0
	23.00	6,68		23.00	1,09		23.00	8,12			

Tabella 4.7.2: precipitazioni medie orarie dell'evento dal 22 al 25 dicembre 2009 [mm], ottenute con l'ausilio del software Surfer

La Figura 4.7.2 illustra l'andamento delle precipitazioni medie relative all'evento.

Per l'evento del 2009, nella stazione di San Mauro, sono stati rilevati valori massimi di precipitazione per un intervallo di 6 ore, pari a 53,6 mm, cui corrisponde un tempo di ritorno di circa 1,5 anni, riferito alla stazione di San Daniele.

Si tratta di un evento il cui tempo di ritorno non risulta essere molto elevato, tuttavia, lo scolmatore ha funzionato durante tutto l'evento, arrivando a sfiorare portate superiori a 80 mc/s. I dati a disposizione sono stati utili in sede di taratura del modello idrologico di ricostruzione dell'onda di piena alla sezione di chiusura di San Mauro.

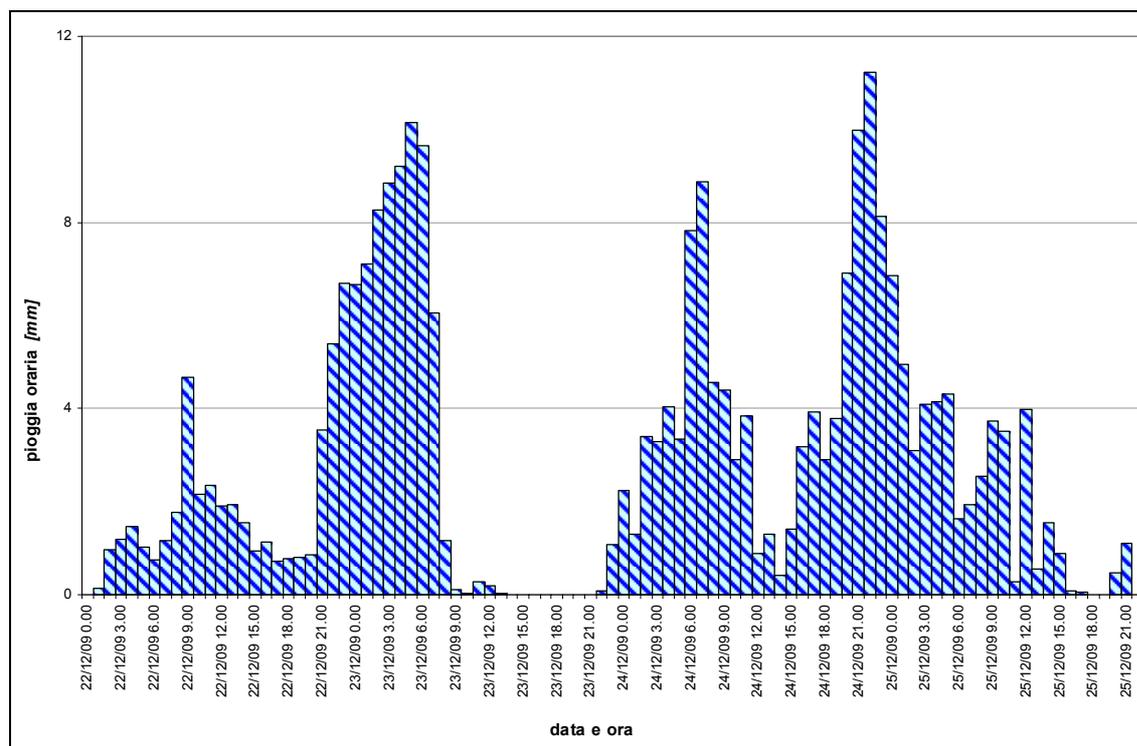


Figura 4.7.2: andamento delle precipitazioni orarie medie dell'evento dal 22 al 25 dicembre 2009

BIBLIOGRAFIA

- Gumbel E. J., *Stocastics of Extremes* – Dover Publicationd Inc., Mineola, New York, 2004.
- Kimball B. F., *The bias in certain estimates of the parameters of the extreme-value distribution* – Ann. Math. Stats, 1956.
- Verri G., Volpi G., Gambolati G., *Mappatura automatica delle risorse idriche regionali* – Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale Lavori Pubblici, Servizio dell'Irradiazione, 1982.
- Ufficio Idrografico di Udine, *Fornitura serie storiche massimi annuali; dati pluviometrici; altezze idrometriche alla sezione di Colugna*

5. ONDA DI PIENA DI PROGETTO

A partire dai primi anni 2000, la rete di monitoraggio del bacino collinare del torrente Corno è stata implementata da una discreta rete di idrometri, ancorché sprovvista delle relative scale di portata. Per quanto riguarda la rete pluviometrica, come già detto, il bacino collinare risulta essere completamente privo di centraline e non fornisce, quindi, informazioni sulle precipitazioni che in esso si verificano.

La ricostruzione degli eventi studiati è stata ottenuta utilizzando i dati pluviometrici misurati dalle stazioni meteorologiche situate all'esterno del bacino collinare e ad esso più limitrofe, mentre per la taratura del modello sono stati utilizzati i livelli idrometrici registrati dall'idrometro di San Mauro, posto in prossimità dello scolmatore.

Per individuare un'onda di progetto si è fatto riferimento agli eventi del 31 novembre 2004 e del 23-25 dicembre 2009, che risultano avere il primo un tempo di ritorno, stimato sulle precipitazioni massime annuali cumulate di 6 ore alla stazione di San Daniele, di circa 15 anni, mentre il secondo presenta molte analogie, per quanto riguarda la forma dell'idrogramma di piena, con quelli verificatesi nel 1998 e nel 1920.

Per ricostruire la risposta del bacino a questi eventi è stato adottato un metodo di depurazione delle piogge che tiene conto del tipo di suolo e dell'uso del suolo; a tal fine è stato utilizzato il metodo del Curve Number (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) dell' U.S. Department of Agriculture a partire dal 1972.

Il passo seguente è stato quello di applicare un modello afflussi-deflussi per ottenere l'onda di piena ricostruita.

I dati a disposizione non consentono di applicare modelli di tipo analitico per determinare la risposta del bacino; pertanto, la ricostruzione delle onde di piena, relative agli eventi sopra indicati, è stata effettuata utilizzando il modello sintetico dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico.

5.1 IL METODO DEL CURVE NUMBER PER IL CALCOLO DELLE PIOGGE EFFICACI

La determinazione dell'aliquota di precipitazione che si trasforma in deflusso superficiale richiede la conoscenza del fenomeno dell'infiltrazione e del suo andamento temporale. Tale fenomeno è influenzato da diversi fattori tra cui le caratteristiche del terreno, le condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento e le modalità con cui evolve l'evento meteorico.

Esistono diversi metodi, sia empirici che teorici, che ne descrivono il funzionamento:

- modelli idrologici, basati su leggi empiriche;
- modelli fisici, basati sulla schematizzazione della reale dinamica del fenomeno.

I primi, nonostante un minore legame fisico con il processo in esame, offrono il vantaggio di una parametrizzazione meno onerosa e più facilmente determinabile in funzione della litologia e dell'uso del suolo.

Nel presente lavoro è stato adottato il metodo del Curve Number, introdotto dal *Soil Conservation Service* (1972).

Secondo tale modello, il volume specifico (altezza) di pioggia netta P_{net} , dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t , risulta legato al volume specifico

(altezza) di pioggia lorda P e al volume d'acqua complessivamente perduto S' , caduta nel medesimo intervallo temporale, dall'equazione di continuità:

$$P_{net} = P - S' \quad (5.1.1)$$

Il modello si basa sull'ipotesi che sussista la seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{S'}{S} = \frac{P_{net}}{P} \quad (5.1.2)$$

in cui S indica il massimo volume specifico che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione. Considerando S' pari a F , volume infiltrato per unità di superficie fino allo stesso istante, e introducendo al posto di P il termine $(P - I_a)$, con I_a pari alle perdite per unità di superficie, la relazione di proporzionalità (5.1.2) può essere così riformulata:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)F}{S} \quad (5.1.3)$$

Sostituendo a F l'espressione ottenuta dall'equazione di continuità (5.1.1) si ottiene:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (5.1.4)$$

dove S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione (capacità potenziale di infiltrazione) ed I_a è la perdita iniziale, ossia il valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia produzione di deflusso.

Questa relazione è valida soltanto per P maggiore di I_a , mentre nel caso in cui l'altezza di pioggia risulti minore di I_a si ha $P_{net}=0$. In realtà, con l'introduzione della perdita iniziale si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale.

I due parametri che compaiono nella relazione precedente, S ed I_a , possono essere determinati attraverso operazioni di taratura del modello. In mancanza di adeguate osservazioni utili a questo scopo, per la stima di I_a , espresso in $[mm]$, si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S \quad (5.1.5)$$

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN secondo la relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (5.1.6)$$

valida per S espresso in $[mm]$.

L'indice CN è un numero adimensionale chiamato appunto Curve Number, compreso tra 0 e 100, in base alle caratteristiche geologiche del suolo, al tipo di copertura vegetale e di destinazione d'uso e alle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

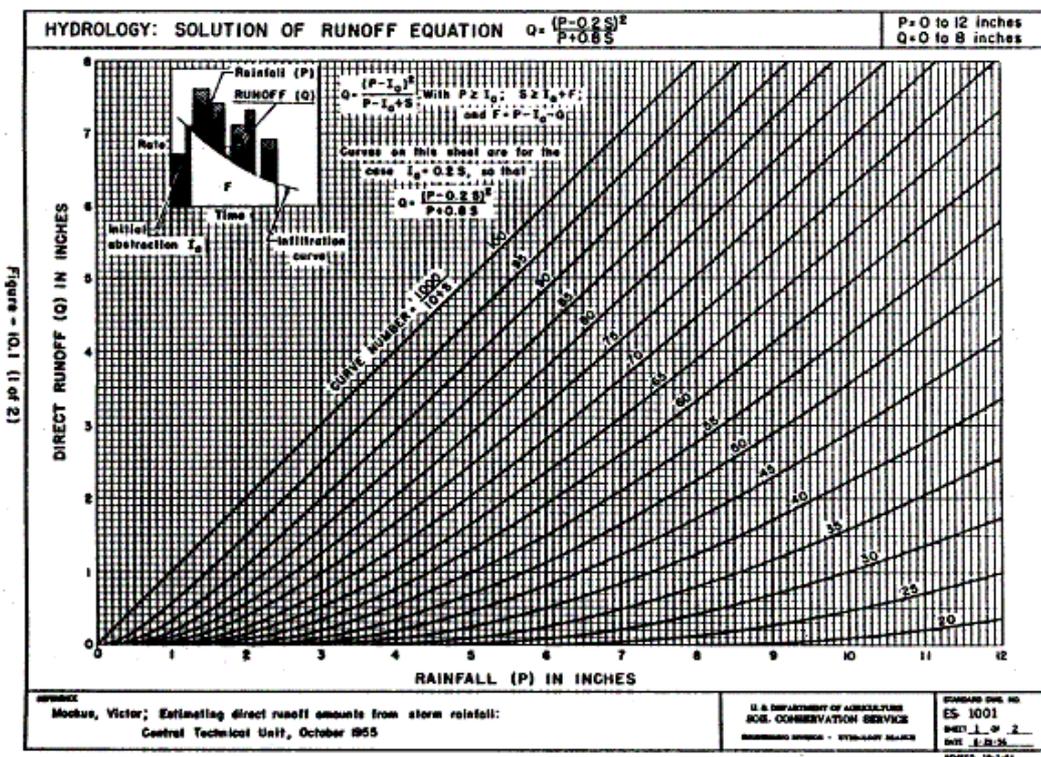


Figura 5.1.1: influenza del parametro CN sulla stima del volume di pioggia netta (estratta dal sito <http://hydrolab.arsusda.gov/SPAW/Appendices/AppendixI.htm>)

Come si può osservare nella Figura 5.1.1, per CN=100 il deflusso superficiale coincide con la pioggia totale cumulata, per cui l'infiltrazione risulta nulla (superfici impermeabili). Viceversa, per CN=0 si ha una retta orizzontale corrispondente a superfici completamente permeabili.

Per quanto riguarda la natura del suolo, l'SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento (Tabella 5.1.1):

DEFINIZIONE	GRUPPO
<i>Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso.</i> Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.	A
<i>Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso.</i> Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto al gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.	B
<i>Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta.</i> Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.	C
<i>Potenzialità di deflusso molto elevata.</i> Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione	D

Tabella 5.1.1: gruppi di suolo in base alla capacità di assorbimento

Nella Tabella 5.1.2 sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.

COVER			HYDROLOGIC SOIL GROUP			
Land Use	Treatment or Practice	Hydrologic Condition	A	B	C	D
Fallow	Straight Row	---	77	86	91	94
Row Crops	Straight Row	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	Terraced	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
Small Grain	Straight Row	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	Terraced	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
Close-seeded Legumes or Rotation Meadow	Straight Row	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	Terraced	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80
Pasture or Range	Natural	Poor	68	79	86	89
		Fair	49	69	79	84
		Good	39	61	74	80
	Contoured	Poor	47	67	81	88
		Fair	25	59	75	83
		Good	6	35	70	79
Meadow	Natural	Good	30	58	71	78
Woods	Natural	Poor	45	66	77	83
		Fair	36	60	73	79
		Good	25	55	70	77
Farmsteads	---	---	59	74	82	86
Roads	(dirt)	---	72	82	87	89
	(hard surface)	---	74	84	90	92

Tabella 5.1.2: valori del CN in funzione dell'uso del suolo (estratta dal sito <http://hydrolab.arsusda.gov/SPAW/Appendices/AppendixI.htm>)

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (*AMC, Antecedent Moisture Condition*), a seconda del valore assunto

dall'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento meteorico, come indicato nella Tabella 5.1.3.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
II	>28	>54

Tabella 5.1.3: classi AMC per il metodo CN

I valori del CN riportati nella Tabella 5.1.2 si riferiscono ad una condizione media di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico (AMC II). Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate le seguenti relazioni di trasformazione del valore CN(II), rispettivamente nel valore relativo ad AMC I e ad AMC III:

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)} \quad (5.1.7)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)} \quad (5.1.8)$$

5.2 GRUPPI IDROLOGICI DEI SUOLI DEL BACINO COLLINARE

L'approccio alla definizione delle tipologie idrologiche dei suoli presenti in un determinato bacino si riconduce, essenzialmente, alla determinazione della permeabilità dei terreni presenti nel territorio stesso. Come previsto dalla metodologia del Soil Conservation Service (SCS, ora NRCS), la permeabilità del terreno cui ci si riferisce è intesa come permeabilità del sistema suolo-substrato, intendendo come suolo l'unità pedologica e come substrato l'unità geologica, su cui si può esser sviluppato un suolo più o meno evoluto. La permeabilità deve, inoltre, esser riferita ad una determinata condizione di saturazione del terreno. La tipologia di copertura e l'utilizzo del suolo rimangono svincolati dalla definizione di gruppo idrologico e vengono integrate tramite apposite tabelle di incrocio tra classi di gruppi idrologici di suolo e classi di uso del suolo, per la valutazione complessiva della capacità di drenaggio del sistema suolo-soprassuolo.

Il metodo prevede la classificazione dei suoli in quattro gruppi idrologici, secondo semplici regole basate, principalmente, su valori di permeabilità e tessitura del suolo. Pur di fronte ad un criterio di classificazione semplice ed a un numero di classi riduttivo, la definizione della permeabilità del suolo risulta spesso complessa a causa dell'assenza di dati da indagini dirette. Raramente sono disponibili cartografie tematiche di dettaglio dei suoli o di permeabilità dei terreni, rendendo necessaria l'integrazione e l'elaborazione di tutte le informazioni reperibili, sia che si tratti di dati puntuali che di cartografie tematiche, nonché la derivazione di valori di permeabilità dei terreni mediante metodi indiretti e qualitativi. Tipicamente, l'approccio alla definizione del gruppo idrologico passa attraverso la riclassificazione delle unità litologiche distinte

nelle carte geologiche, le uniche in grado di garantire una copertura omogenea del territorio indagato e con definizione standard delle tipologie di formazioni geologiche presenti. Le informazioni, derivate e rielaborate dalle carte geologiche, vanno affinate con quelle dedotte da carte pedologiche, geomorfologiche ed informazioni puntuali o misure dirette eventualmente disponibili, per arrivare ad una zonizzazione del territorio di un bacino nei quattro gruppi idrologici di suolo.

5.2.1 Metodologia generale

Il NRCS suddivide i gruppi idrologici del suolo in 4 classi, con attitudine a produrre ruscellamento crescente dal gruppo A al gruppo D (permeabilità decrescente):

Gruppo A – Bassa capacità di deflusso, suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi. Tipicamente hanno contenuti in argilla minori del 10% e più del 90% di contenuto di sabbie e ghiaie, con tessiture quindi ghiaiose o sabbioso-ghiaiose. I suoli franco-limosi, franco-sabbiosi, franchi, possono rientrare in questa classe solo se presentano una buona struttura, bassa densità apparente (bulk density) o contengono più del 35% di scheletro. La conducibilità idraulica satura di tutti gli orizzonti deve essere maggiore di 40 micrometri al secondo (144 mm/ora).

Gruppo B – Suoli con moderata infiltrabilità se saturi, discretamente drenati e profondi, con tessitura medio grossolana. Tipicamente hanno contenuti in argilla tra il 10% ed il 20%, netta prevalenza di sabbia (tra 50 e 90%) e tessitura sabbiosa franca. I suoli franchi, franco-limosi, limosi, franco argilloso-sabbiosi, possono rientrare in questa classe solo se presentano una buona struttura, bassa densità apparente (bulk density) o contengono più del 35% di scheletro. La conducibilità idraulica satura dell'orizzonte più limitante nei primi 50 cm deve essere compresa tra 10 e 40 micrometri al secondo, oppure, per suoli profondi, la conducibilità idraulica satura dovrà comunque essere maggiore di 4 e minore di 10 micrometri al secondo.

Gruppo C – Suoli con bassa infiltrabilità se saturi, la percolazione verticale è limitata o da uno strato non superficiale o dalla tessitura medio-fine complessiva. I suoli del gruppo C hanno contenuto in argille tra il 20 e il 40%, e meno del 50% di sabbie, con tessitura franca, franco-limosa, franco argilloso-sabbiosa, franco-argillosa, franco siltoso-argillosa. I suoli argillosi, siltoso-argillosi, argilloso-sabbiosi possono rientrare in questa classe solo se presentano una buona struttura, bassa densità apparente (bulk density) o contengono più del 35% di scheletro. La conducibilità idraulica satura dell'orizzonte più limitante nei primi 50 cm deve essere compresa tra 1 e 10 micrometri al secondo, oppure per suoli profondi la conducibilità idraulica satura dovrà comunque essere maggiore di 0,4 e minore di 4 micrometri al secondo.

Gruppo D - Elevata capacità a produrre deflusso superficiale, infiltrazione ridottissima in condizioni di saturazione. I suoli del gruppo D hanno contenuto in argille maggiore del 40%, e meno del 50% di sabbie, con tessitura argillosa e capacità di rigonfiamento. Tutti i suoli che hanno un orizzonte impermeabile nei primi 50 cm o la falda entro 60 cm dalla superficie vanno fatti rientrare in questa categoria. La conducibilità idraulica satura per suoli con un'orizzonte impermeabile tra 50 e 100 cm di profondità deve essere inferiore a 1 micrometro al secondo, per suoli più profondi di

100 cm la conducibilità deve essere inferiore a 0,40 micrometri al secondo.

Data questa classificazione, l'assegnazione di un gruppo idrologico può essere effettuata deducendo le opportune informazioni da una carta pedologica di dettaglio adeguato alla scala del bacino, oppure avendo a disposizione misure sulla permeabilità delle unità di suolo o geologiche presenti. In mancanza di altro, generalmente, si fa riferimento a metodi comparativi dedotti da studi analoghi, predisponendo, comunque, le opportune validazioni quali indagini puntuali in aree ritenute significative o, perlomeno, sopralluoghi in diverse condizioni di saturazione e piovosità. A questo proposito, si propone di seguito una tabella esemplificativa. Va tenuto presente, inoltre, che il metodo nasce per suoli agricoli ed i criteri di definizione sono di tipo pedologico. Per bacini in cui i suoli sono poco sviluppati, o con estese aree di substrato roccioso in affioramento, si deve far riferimento anche alla permeabilità del substrato. L'assegnazione finale di un gruppo idrologico al sistema suolo-substrato è normalmente frutto dell'interpretazione delle classiche tabelle reperite in letteratura sulla base delle peculiarità idrologiche locali.

CLASSE LITOLOGICA	GRUPPO IDROLOGICO
Alluvioni prevalentemente ghiaiose	A
Detrito di falda a ghiaia prevalente	A
Detrito di falda a sabbia e limo prevalenti	C
Laghi e corsi d'acqua	D
Morene grossolane	A
Prima Unità Carbonatica competente (Dolomia dello Sciliar, Formazione di Contrin, Calcere di Esino, Formazione di Breno)	A
Prima Unità Carbonatica stratificata incompetente (Formazioni di La Valle, Livinallongo, S.Cassiano, Calcere di Prezzo, Calcere di Angolo)	D
Unità clastico evaporitica incompetente (Arenarie di V.G. Formazione a Bellerophon, Formazione di Werfen, ecc.) e Conglomerato di Richthofen	D
Vulcaniti basaltiche	D

Tabella 5.2.1.1: esempio di assegnazione delle classi di gruppo idrologico mediante criteri litologici per un'area del Veneto (tratto da D'Agostino e Carraio, 2005)

Nel caso del bacino del torrente Corno l'approccio utilizzato è stato di tipo indiretto, deducendo le classi idrologiche dalle informazioni qualitative disponibili (mappe geologiche e pedologiche). È stata, tuttavia, effettuata una fase di validazione tramite prove di permeabilità e valutazione di dati specifici di profili di suoli.

La cartografia di riferimento principale è stata:

- Fogli CARG Udine e Maniago alla scala 1:50.000;
- Carta della vocazione viticola comprensorio Friuli Grave (ERSA, 2005).

Ci si è riferiti anche a:

- Carta geologica del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150.000 (*Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia*, 2006);
- Carta geologica della provincia di Udine;
- Piani regolatori comunali.

5.2.2 Unità geologiche in rapporto alla definizione dei gruppi idrologici dei suoli

Si elencano di seguito le unità geologiche che costituiscono il bacino collinare del torrente Corno, con relativa abbreviazione utilizzata nella cartografia allegata. L'assetto geomorfologico è stato già descritto nel Cap. 4 e ha messo in evidenza come i diversi meccanismi deposizionali (fluviali e glaciali) e la recente evoluzione post-glaciale abbiano modellato il paesaggio e depositato sedimenti a diversa granulometria (e quindi permeabilità), creando una buona correlazione tra contesto morfologico del paesaggio, unità geologica cartografata e permeabilità dei suoli. Ciò vale principalmente per i depositi morenici e fluvioglaciali che, tuttavia, costituiscono la maggior parte del territorio collinare. Il substrato roccioso è costituito da formazioni calcaree, conglomeratiche e marnoso arenacee che affiorano, principalmente, sui colli che delimitano la parte settentrionale dell'anfiteatro (Ragogna, Susans, Buia).

Depositi glaciali (GSBM)

In questa unità sono stati raggruppati i depositi glaciali dei rilievi morenici. Sono costituiti da diamicton massivo contenente blocchi di dimensioni varie (anche più di 2 metri), clasti, da angolosi a subarrotondati, in matrice da sabbiosa a limosa, con tessitura matrice-sostenuta o clasto-sostenuta. La recente nomenclatura (CARG, 2006) distingue i depositi fluvioglaciali dell'Anfiteatro morenico sulla base di unità a limiti inconformi (sintemi e subsintemi), ma per l'applicazione del metodo del Curve Number si è dovuto tener conto prevalentemente della granulometria dei depositi superficiali, senza distinguere le diverse unità di appartenenza (subsintemi di Santa Margherita, Canodusso, Remanzacco). Nella cartografia CARG le formazioni cartografate sono, comunque, dotate di un sovrassegno che indica la tipologia di deposito superficiale.

Prevalentemente si tratta di materiali incoerenti piuttosto fini o per lo meno con accentuata presenza di materiali limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, che vanno a costituire la matrice in cui sono immersi ghiaie o veri e propri blocchi di roccia. In linea molto generale sono rinvenibili depositi prevalentemente ghiaiosi in corrispondenza della prima cerchia (la più esterna), maggiormente limosi in corrispondenza delle altre due cerchie, dove esistono differenziazioni soprattutto in senso meridiano, poiché al piede dei versanti meridionali e lungo quelli settentrionali compare till di alloggiamento prevalentemente fine, cui si raccorda il fluvioglaciale ghiaioso e sabbioso e si sovrappone il till di ablazione grossolano. Ove possibile si è distinto un GSBM prevalentemente ghiaioso.

A questi materiali compete una permeabilità media e sono stati classificati nel gruppo idrologico A, B o C a seconda della prevalenza di ghiaia o di matrice limosa, della disponibilità di informazioni puntuali ed in correlazione anche con la morfologia (es. acclività) o alla presenza di falde superficiali.

La correlazione tra unità geologica e tipo idrologico di suolo è discreta, a causa della variabilità della tessitura pur nell'ambito della stessa unità geologica.

Sedimenti fluvioglaciali ed alluvionali del pleistocene superiore (GS pleistocene)

Costituiscono i corpi alluvionali più estesi della pianura friulana, ora terrazzati dalle incisioni fluviali più recenti, ma sono presenti anche all'interno dell'anfiteatro

morenico, lungo i corsi degli attuali scaricatori, in aree talvolta terrazzate. La loro continuità laterale è interrotta dalla deposizione di sedimenti olocenici ed attuali, operata dal divagare più recente dei vari tributari del torrente Corno, che hanno eroso in alvei più incisi gli antichi depositi. Sono costituiti da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi, talvolta con matrice sabbioso-limoso, ma sono stati differenziati dai depositi alluvionali recenti, anch'essi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, per la frequente presenza di suoli più evoluti.

A questi materiali compete una permeabilità medio-alta e sono stati classificati nel gruppo idrologico B. La correlazione tra unità geologica e tipo idrologico di suolo è buona, data la generale elevata permeabilità di tutti questi terreni.

Sedimenti alluvionali (GS)

Sono i depositi alluvionali olocenici ed attuali, tutt'ora in evoluzione. I depositi sono costituiti generalmente da ghiaie grossolane, in matrice sabbiosa con lingue e lenti sabbioso-ghiaiose. In posizione marginale, sulla superficie dei piccoli terrazzi e conoidi, sono comuni depositi di limi sabbiosi addensati e sabbie. A questi materiali compete una permeabilità alta e sono stati classificati nel gruppo idrologico A. In limitati casi sono stati classificati in B per presenza di sedimenti maggiormente limoso-sabbiosi o in C per presenza di falda entro i 2 metri dal p.c. (palude tra Farla e San Daniele). La correlazione tra unità geologica e tipo di suolo è buona.

Torbe

All'interno dell'anfiteatro le aree intermoreniche sono caratterizzate da rilievi poco accentuati o da zone subpianeggianti e talora depresse, quest'ultime rappresentanti antichi ambienti glacio-lacustri o paludosi. Ne è un esempio la piana a sud di Farla (palude di San Daniele).

I suoli si presentano con tonalità scure e tessiture limoso-argillose. Le torbe in senso stretto sono costituite da sostanza organica e resti vegetali con presenza di argille e subordinatamente limi e sabbie. Le torbiere di San Salvatore, di San Daniele e di Fagagna sono state in passato oggetto di studio ed hanno dato età ^{14}C rispettivamente di 8.971 ± 212 anni BP, di 1680 ± 127 e 3067 ± 167 anni BP (Marocco, 1997; Marocco & Vaia, 1991).

La permeabilità di questa unità è bassa, ed è stata attribuita al gruppo idrologico D, con ottima correlazione tra unità geologica e tipologia idrologica di suolo.

Argilla e limo

Le aree di raccordo tra le superfici più acclivi e le aree subpianeggianti sono caratterizzate da fasce di materiale colluviale prevalentemente limoso, mentre i depositi glacio-lacustri sono costituiti da sedimenti limosi alternati a sedimenti argillosi o talora sabbiosi, ai quali si somma una più o meno abbondante componente organica (torba). Come le torbe, questi sedimenti occupano le antiche bassure glaciali.

La permeabilità di questa unità è bassa ed è stata attribuita al gruppo C o D. Il grado di correlazione fra unità geologica e tipo idrologico di suolo, infatti, è discreto, a causa della variabilità della granulometria dei sedimenti (argille e limi) e della continuità o meno di questi depositi in profondità.

Conglomerato del montello

Le unità sono riportate così come definite nei fogli CARG Udine e Maniago e rappresentano la parte più recente dei depositi della molassa neogenica, di pertinenza continentale, che chiudono il Messiniano (Miocene). Costituiscono i colli di Ragogna, Susans, S. Tomaso. Nel bacino del torrente Corno si tratta di conglomerati calcarei mal classati a ciottoli subangolosi-subarrotondati, in strati da spessi a molto spessi, con intercalazioni decimetrico-metriche di arenarie giallastre e localmente di peliti grigie o verdastre.

La permeabilità di questa unità è localmente molto variabile, ma generalmente medio-alta. Concorrono alla sua definizione l'elevato grado di tettonizzazione degli affioramenti rocciosi, la presenza secondaria di permeabilità per carsismo, il modesto spessore di suoli che si sono sviluppati su questo substrato. Questi ultimi, ove presenti, hanno tessitura prevalentemente sabbiosa. L'unità è stata attribuita al gruppo idrologico B.

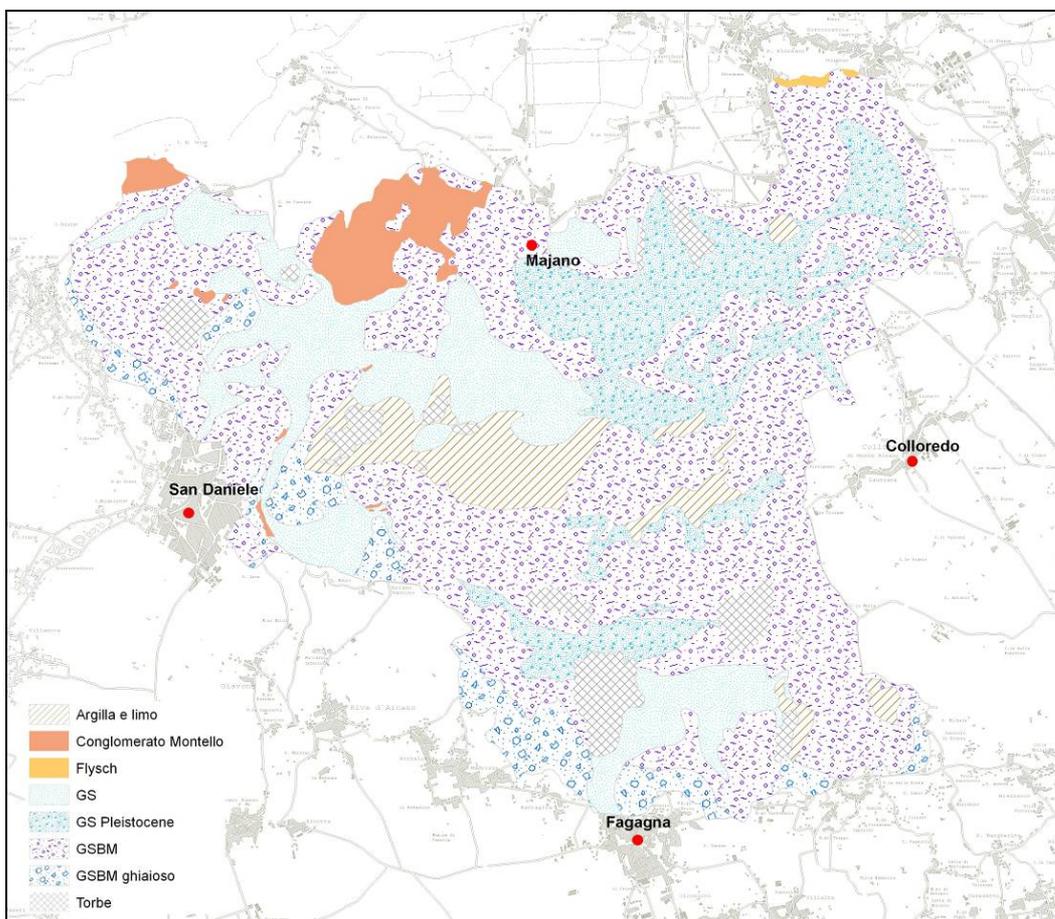


Figura 5.2.2.1: carta geologica del bacino collinare del torrente Corno, riclassificata in unità geologiche distinte per la definizione dei diversi gruppi idrologici dei suoli.

Flysch

Si tratta di un termine generale che per l'anfiteatro morenico comprende le formazioni del Flysch del Grivò e delle Marne ed Arenarie di Savorgnano. Rispetto al

bacino del torrente Cormor, questa unità nel bacino del torrente Corno ha scarsa importanza, in quanto costituisce solo alcuni limitati affioramenti nell'area di Buia. In quest'area il flysch è rappresentato da torbiditi marnoso arenacee, generalmente fini o medie, con strati da sottili a medi, con livelli di microconglomerato, appartenenti alle Marne e Arenarie di Savorgnano. I suoli sviluppati su questo substrato sono a matrice prevalentemente sabbiosa, lo spessore del suolo risente dell'estrema variabilità topografica del substrato (frequenti impluvi e dossi). L'unità è stata attribuita al gruppo idrologico C, in relazione all'impermeabilità del substrato, allo scarso spessore dei suoli e all'acclività dell'area in cui affiora, con ottima correlazione tra unità geologica e gruppo idrologico.

5.2.3 Unità tipologiche di suoli in rapporto alla definizione del gruppo idrologico

Le unità geologiche cartografate sono state utilizzate come unità di base per la differenziazione della permeabilità dei terreni, ma i suoli che si sono sviluppati sui diversi materiali di partenza possono portare a una differenziazione, anche importante, nella permeabilità del complesso suolo-substrato. I gruppi idrologici individuati in via preliminare attraverso le unità geologiche sono stati integrati nella loro definizione con informazioni di carattere pedologico.

In questo approccio ci si è riferiti a quanto pubblicato da ERSA (2005) nella "Carta della vocazione viticola della zona a D.O.C. Friuli Grave" e ai dati dei profili pedologici visionati e discussi presso ERSA. Le osservazioni messe a disposizione riguardano principalmente i territori coltivati in ambito di terreni di origine morenica o fluvio-glaciale, ma ciò non ha costituito un limite in quanto questo tipo di terreni ricopre l'85% del territorio in esame. Scarse informazioni di tipo pedologico si hanno nelle aree con substrato a flysch o conglomerato, ma in questi casi è stato valutato maggiormente limitante il carattere di permeabilità del substrato, essendo i suoli poco sviluppati o a permeabilità maggiore del substrato.

Sono individuati 4 contesti morfologici e di paesaggio con relativo sviluppo differenziato dei suoli, in quanto nell'evoluzione di quest'area sono prevalsi fattori legati all'energia del rilievo (erosione, accumulo, stabilità), portando a differenze nella profondità e nel grado di pedogenizzazione:

- suoli dei rilievi delle cerchie moreniche;
- suoli delle superfici meno acclivi dei rilievi morenici;
- suoli delle depressioni intramoreniche;
- suoli della pianura tardo-pleistocenica.

I suoli che caratterizzano i rilievi delle cerchie moreniche, in corrispondenza di versanti con maggior pendenza, sono in genere moderatamente profondi, limitati da un substrato costituito da till (limi, sabbie, ghiaie e ciottoli) che si incontra entro il metro di profondità. L'azione pedogenetica non è particolarmente spinta, spesso a causa del ringiovanimento del profilo ad opera dei fenomeni erosivi. L'orizzonte superficiale, di colore bruno e tessitura franca con presenza di scheletro, risulta, infatti, solo parzialmente decarbonatato. Il processo di pedogenesi ha portato alla formazione di un orizzonte sottosuperficiale di alterazione (orizzonte cambico), il cui colore si mantiene su toni bruni ed è solo scarsamente decarbonatato, mentre lo scheletro diventa

abbondante (episkeletic). La permeabilità, in rapporto alla presenza di scheletro, è moderatamente alta. Questi suoli appartengono agli *Episkeletic-Calcaric Cambisols* (FAO, 1998).

I suoli delle superfici meno acclivi e dei depositi fluvioglaciali hanno profili maggiormente sviluppati. Nell'orizzonte superficiale di colore bruno e tessitura franco-limoso, oltre alla completa decarbonatazione, ha avuto luogo il processo di eluviazione delle argille, accumulandosi negli orizzonti sottosuperficiali. È presente un orizzonte argico che porta a classificare i suoli come *Cutani-Chromic Luvisols* (FAO, 1998).

I suoli delle depressioni intramoreniche sono caratterizzati da condizioni di idromorfia e risulta comune la presenza di orizzonti torbosi (orizzonte histico), anche di spessore notevole. La torba si presenta a diversi stadi di decomposizione e si rinviene generalmente entro il metro di profondità. I suoli hanno tessitura franco-limoso con presenza significativa di scheletro solo in profondità. Rientrano negli *Eutri-Thaptohistice Gleysols* (FAO, 1998).

Per quanto riguarda i suoli della pianura tardo-pleistocenica, essi presentano tessitura franca o franco-sabbiosa con presenza di scheletro e risultano parzialmente decarbonatati. È presente un orizzonte sottosuperficiale di alterazione (orizzonte cambico), generalmente ben sviluppato nelle superfici pleniglaciali, con alterazione solo parziale o di spessore ridotto in corrispondenza delle superfici maggiormente incise. Il substrato, rappresentato da ghiaie sabbiose poco o per niente alterate, si rinviene a profondità inferiore al metro (skeletic). Tali suoli rientrano nei *Chromic Skeletic Cambisols* (FAO, 1998).

Queste tipologie di suoli (ERSA, 2005), nei procedimenti di redazione di carte pedologiche, vengono tradotte in unità cartografiche secondo criteri di associazione dei diversi suoli presenti nelle unità di paesaggio individuate. Per l'area del collinare morenico sono state individuate tre tipologie di suoli, che concorrono alla definizione di tre diverse unità cartografiche:

ARC1: suoli franchi ghiaiosi, poco pendenti. *Endoskeletal-Calcaric Cambisols*. Suoli franchi con scheletro frequente, subalcalini, piuttosto eccessivamente drenati. L'approfondimento radicale è limitato tra 50 e 100 cm dalla granulometria grossolana.

ARC2: suoli franco-limosi, subpianeggianti. *Cutani-Chromic Luvisols*. Suoli franco-limosi, con scheletro comune, neutri, ben drenati. L'approfondimento radicale è limitato tra 100 e 150 cm dalla granulometria grossolana.

ARC3: suoli franco-limosi, pianeggianti. *Eutri-Thaptohistice Gleysols*. Suoli franco-limosi, con scheletro scarso, neutri o subalcalini, piuttosto mal drenati. L'approfondimento radicale è limitato tra 50 e 100 cm dalla scarsa disponibilità di ossigeno e dalla presenza di orizzonti torbosi.

Per ognuna di queste tipologie è disponibile un profilo rappresentativo con relativi dati di caratteri e qualità del suolo. La permeabilità delle prime due tipologie viene indicata come "moderatamente alta" (20-60 mm/h), facendole corrispondere principalmente al gruppo idrologico B, più raramente al gruppo idrologico C. La permeabilità dei suoli ARC3 risulta bassa per la presenza di orizzonti torbosi, facendoli corrispondere al gruppo idrologico C o D.

Come sopra accennato, gli areali della carta pedologica vengono ricavati attraverso

l'individuazione di unità cartografiche, definite a loro volta tramite la diversa associazione percentuale, al loro interno, delle unità tipologiche di suolo. Si parla, infatti, di associazione di suoli, consociazione di suoli, complesso di suoli (ERSA, 2005).

Sono state individuate tre unità cartografiche. L'unità UH1 risulta dalla prevalenza di associazione di suoli ARC1 e subordinatamente ARC2, caratterizzante in generale le parti collinari maggiormente pendenti. L'unità UH2 risulta dalla prevalenza di associazione di suoli ARC2 e subordinatamente ARC1, caratterizzante in generale le parti collinari meno pendenti. L'unità UH3 risulta dalla prevalenza di suoli ARC3, con associazione molto variabile di suoli sia ARC1 che ARC2. Ai suoli ARC1 compete una permeabilità maggiore di quelli ARC2. I suoli ARC3 hanno bassa permeabilità ma localmente piuttosto variabile, in conseguenza alla possibile associazione di suoli ARC1 e ARC2.

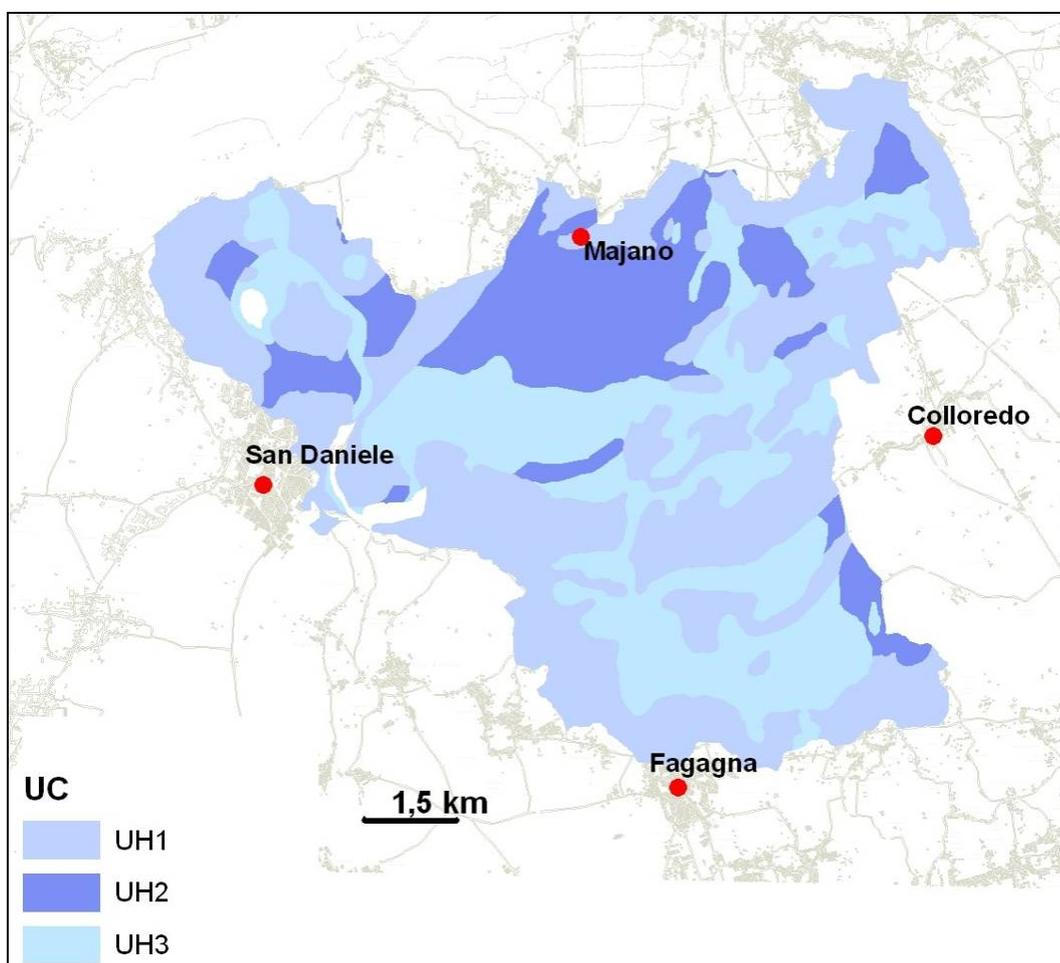


Figura 5.2.3.1: carta pedologica elaborata sulla base della carta "Vocazione viticola della zona a D.O.C. Friuli Grave" (ERSA, 2005)

Data la generalità di queste unità cartografiche, è stato verificato, per ogni profilo disponibile, il gruppo idrologico di appartenenza, basandosi sui dati di tessitura, scheletro, consistenza e struttura dell'orizzonte maggiormente limitante, sempre con le metodologie utilizzate da ERSa (Michelutti et al., 1999). Sulla base di 13 profili

disponibili il gruppo idrologico prevalente è risultato il B, ma con variazioni dal gruppo A a quello C.

Da questo tipo di analisi emerge il problema della variabilità locale della permeabilità dei depositi morenici in ambito collinare che, a scala generale, rientrano nel gruppo idrologico B, ma possono variare in tre classi diverse. Per la definizione di areali di dettaglio ci si è, quindi, riferiti ad integrazioni tra dato geologico, pedologico ed osservazioni dirette (vedi oltre).

Per quanto riguarda le aree rimanenti (depressioni intramoreniche, depositi fluvio-glaciali tardo-pleistocenici e alluvionali) ci si è riferiti esclusivamente al dato geologico, sia per la buona corrispondenza tra unità geologica e tessitura dei sedimenti, sia per la scarsità di dati di tipo pedologico.

5.2.4 Prove di permeabilità e indagini puntuali

Sono state eseguite alcune verifiche puntuali tramite indagini dirette, rappresentate da prove di permeabilità, e alcune osservazioni tramite trivellate nel primo metro di suolo, finalizzate soprattutto ad attribuire i terreni morenici collinari al gruppo idrologico B o C.

Per limitare quanto possibile l'esecuzione di indagini dirette, si è proceduto secondo i seguenti criteri:

- screening delle aree con assenza di profili pedologici (dato ERSA);
- sopralluoghi generali sul bacino collinare morenico per valutare la quantità superficiale di scheletro. Nel caso lo scheletro sia risultato abbondante si è attribuito il suolo direttamente al gruppo idrologico B;
- esecuzione di trivellate manuali per la valutazione, su un profilo di circa 1 metro, di tessitura del suolo e quantità di scheletro;
- esecuzione di prove di permeabilità in punti ritenuti rappresentativi del bacino morenico collinare con scheletro poco abbondante.

Le prove di permeabilità sono state eseguite tramite permeametro di Guelph. Si tratta di un permeametro da campo che opera a carico idraulico costante ed è utilizzato per l'esecuzione di prove in condizioni di falda freatica profonda o assente. Il valore di conducibilità idraulica che si ottiene viene denominato "field saturated hydraulic conductivity" e rappresentato con la sigla "Kfs": esso risulta, in genere, vicino al valore di conducibilità idraulica satura del terreno. Lo strumento può essere utilizzato per eseguire prove a diverse profondità, da pochi centimetri fino ad oltre 1 metro.

Sono state effettuate 4 prove di permeabilità nei terreni morenici collinari con scarso scheletro, che hanno dato valori compresi tra $3 \cdot 10^{-4}$ cm/sec e $1,7 \cdot 10^{-4}$ cm/sec (rispettivamente 10,8 e 6,1 mm/h), facendo attribuire i suoli al gruppo idrologico C.

Inoltre, con i singoli dati di tessiture dei profili ERSA e di tessitura stimata delle trivellate manuali di verifica, è stata ricavata una permeabilità teorica, utilizzando gli abachi NRCS, (Brooks & Corey, 1964), dai quali si ricava un Ks da 6 mm/h a 20 mm/h, valori che rientrano nei gruppi idrologici C e B.

5.2.5 Risultati

In seguito a tutte le indagini e considerazioni sopra esposte, per la definizione dei gruppi idrologici dei suoli del bacino collinare del torrente Corno, si è proceduto

secondo lo schema seguente:

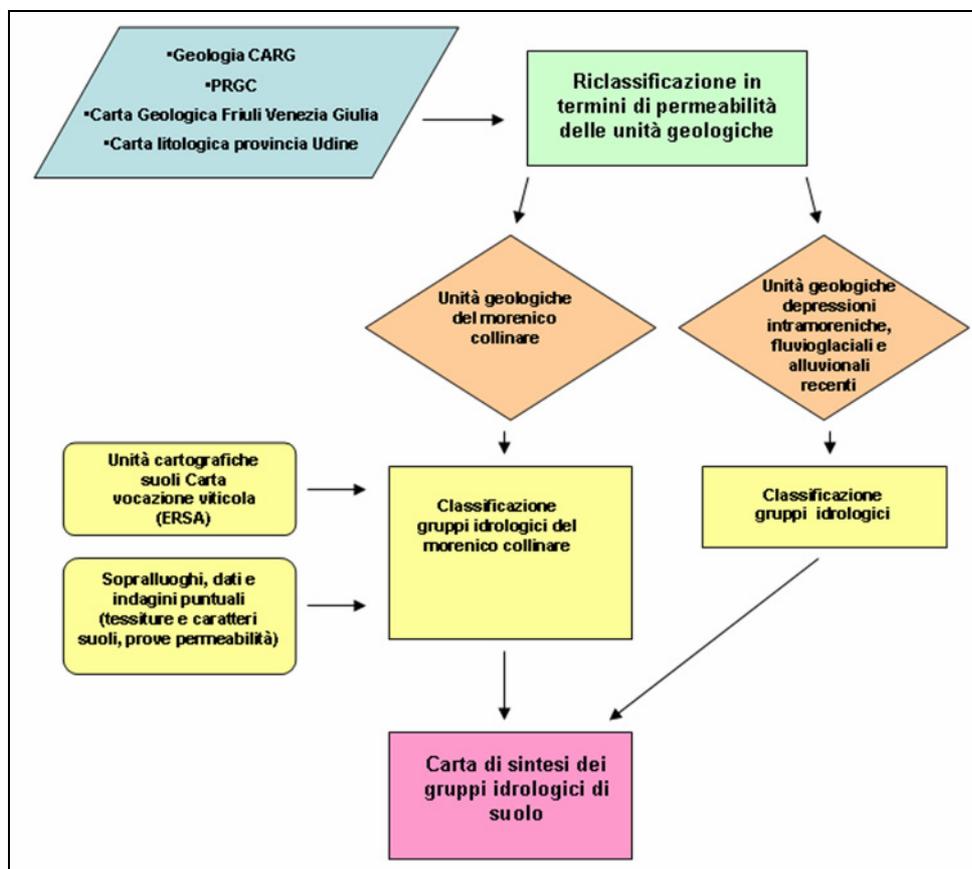


Figura 5.2.5.1: schema del metodo di classificazione dei gruppi idrologici del suolo

Poiché l'ambito collinare morenico rappresenta l'85% del territorio indagato e la permeabilità dei relativi suoli ricade in classi dal gruppo idrologico A a quello C, si è cercato di discriminare, con il maggior dettaglio possibile, la distinzione di tale ambito nelle diverse classi di gruppo idrologico. Di regola le indagini effettuate con permeametro di Guelph, nonché la permeabilità ricavata da dati di tessitura, indicano una permeabilità più bassa rispetto alle classi qualitative ricavate dai dati dei singoli profili pedologici secondo la metodologia ERSa. La permeabilità delle unità tipologiche di suoli viene comunque fatta ricadere, in generale, nel gruppo idrologico B.

È stata, quindi, attribuita la classe di gruppo idrologico B ai depositi morenici collinari, la classe A ai depositi morenici collinari abbondantemente ghiaiosi, la classe C nei riconosciuti casi di prevalenza di matrici limose o sulla base di informazioni puntuali e indagini dirette. Le aree di depressioni intramoreniche, di depositi fluvio-glaciali e di alluvioni recenti sono state assegnate ai rispettivi gruppi idrologici direttamente dalla riclassificazione delle unità geologiche, senza considerazioni di tipo pedologico, sia per la loro minor estensione, sia per la buona corrispondenza tra dato geologico e permeabilità dei terreni, nonché per la scarsità di dati pedologici.

Il territorio, nel suo complesso, risulta composto dalle seguenti percentuali di gruppi idrologici di suolo, distinti per l'intero bacino collinare e per i sottobacini considerati per il calcolo dell'onda di piena di progetto, sintetizzati anche in figura 5.2.5.2:

Gruppo idrologico	Bacino collinare	Sottobacini onda progetto
A	18%	15%
B	59%	63%
C	16%	16%
D	7%	6%

Tabella 5.2.5.1: percentuali di distribuzione dei gruppi idrologici dei suoli nel bacino collinare del torrente Corno e nei sottobacini considerati per il calcolo dell'onda di piena di progetto.

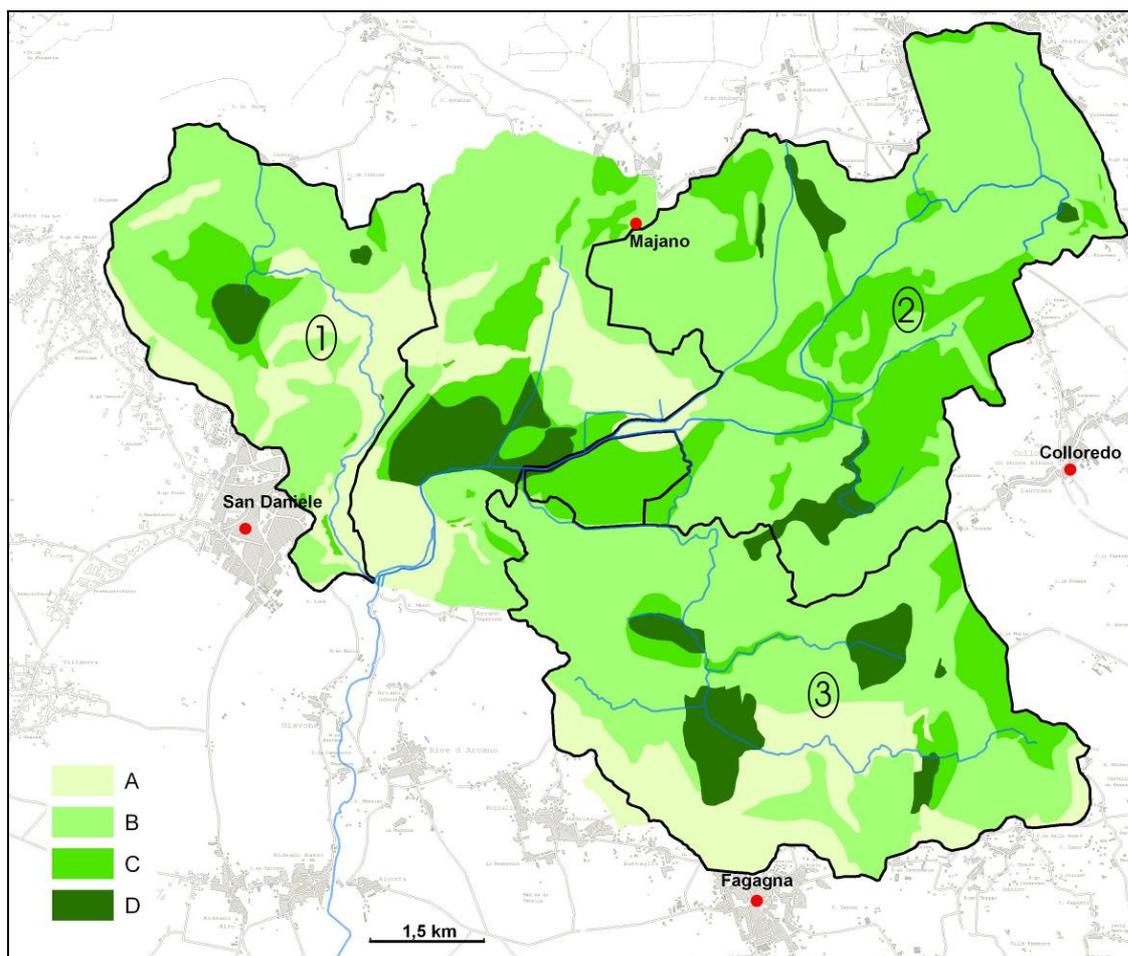


Figura 5.2.5.2: mappa della distribuzione dei gruppi idrologici dei suoli del bacino collinare del t. Corno. Sono evidenziati i sottobacini utilizzati per il calcolo dell'onda di piena. 1= t. Ripudio; 2= t. Corno; 3= rio Lini.

5.3 CARATTERI DELLA COPERTURA E DELL'USO DEL SUOLO E DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER DEL BACINO COLLINARE

L'applicazione del metodo del Curve Number per la stima del deflusso superficiale richiede di valutare l'indice CN individuando inizialmente il tipo di suolo che riceve le precipitazioni, distinto nei gruppi idrologici A, B, C, D in funzione alla capacità di attivare il deflusso. Successivamente, in base allo stato di copertura e uso del suolo (prato, seminativo, urbano, ecc.) si determina il valore di CN medio pesato della

superficie interessata.

La stima del valore del CN del bacino collinare del torrente Corno si basa sull'analisi dell'uso del suolo attraverso l'impiego della cartografia realizzata nell'ambito del progetto MOLAND-FVG.

5.3.1 Copertura e uso del suolo

L'analisi della copertura e dell'uso del suolo del bacino collinare del torrente Corno, attraverso l'impiego della cartografia, permette di effettuare prime osservazioni sulle aree urbane, sulle superfici agricole e su quelle naturali. Tali osservazioni, non solo sono essenziali per una prima descrizione dell'area in esame, ma costituiscono una base valutativa per stimare l'attitudine del territorio a produrre deflusso superficiale in base al tipo di copertura (ad esempio la percentuale di superficie impermeabile) o al tipo di sistemazione agraria nel caso di suoli agricoli.

Tra le aree urbane si distinguono il tessuto residenziale e gli spazi ad esso dedicati, tra cui le infrastrutture produttive, quelle commerciali, i servizi pubblici e privati, le aree sportive e ricreative, le aree verdi urbane e la viabilità primaria.

Tra le superfici agricole, anche attraverso l'interpretazione delle ortoimmagini, si possono individuare le aree dove le colture sono praticate in modo intensivo, occupando le zone di bassura ampie e omogenee, oppure in modo estensivo occupando i versanti delle colline, e le aree dove, al contrario, la pratica agricola mantiene un certo grado di naturalità presentando la tipica struttura dei "campi chiusi".

Tra le superfici boscate, infine, si possono individuare i boschi che si estendono in ampie superfici sui versanti delle colline, le fasce ripariali lungo i corsi d'acqua e i boschetti delle zone pianeggianti inseriti in aree di importante pregio naturalistico.

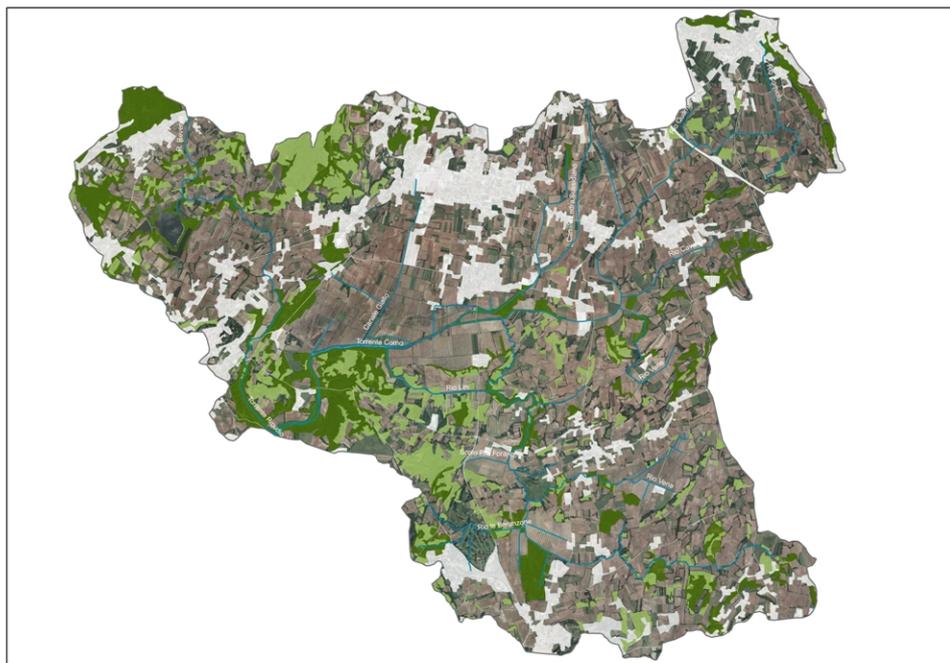


Figura 5.3.1.1: cartografia delle aree urbane, delle superfici naturali e di quelle agricole.

5.3.2 Cartografia di riferimento

La principale fonte di uso del suolo, realizzata su base regionale e utilizzata per la stima del valore di CN del bacino collinare del torrente Corno, è il progetto MOLAND-FVG (MONitoring LANd use/cover Dynamics). Nell'ambito di tale lavoro è stata realizzata una cartografia di uso del suolo alla scala di 1:25.000 per quattro periodi temporali (2000, 1980, 1970 e 1950), con una legenda di 55 voci su quattro livelli gerarchici.

La cartografia dell'uso del suolo, relativa all'anno 2000, costituisce la base di riferimento per il presente studio. Tuttavia, si è reso necessario un aggiornamento, data la disponibilità di una serie di cartografie tematiche regionali più recenti quali:

- Inventario dei prati stabili (Servizio Tutela Ambienti Naturali e Fauna-Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali);
- Edificato_CTRN5000_ed1_049, 065, 066 (Servizio Sistema Informativo Territoriale e Cartografia-Direzione centrale pianificazione territoriale, autonomie locali e sicurezza);
- DbPrior_0503_Strada_amministrativa (Servizio Sistema Informativo Territoriale e Cartografia-Direzione centrale pianificazione territoriale, autonomie locali e sicurezza);
- Biotopi naturali (Servizio Tutela Ambienti Naturali e Fauna-Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali);
- Natura 2000 SIC (Servizio Tutela Ambienti Naturali e Fauna-Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali).

La descrizione puntuale dell'attuale uso del suolo consente di conoscere il rapporto tra le attività antropiche e il territorio, nonché le pressioni che queste esercitano sulle dinamiche idrogeologiche del bacino.

La classificazione adottata, prevista dal progetto MOLAND, evidenzia i seguenti tipi di copertura ed uso del suolo:

LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3	LIVELLO 4
1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE	1.1 Zone urbanizzate	1.1.1 Tessuto urbano continuo	1.1.1.1. Tessuto residenziale continuo e denso
			1.1.1.2. Tessuto residenziale continuo mediamente denso
		1.1.2 Tessuto urbano discontinuo	1.1.2.1. Tessuto residenziale discontinuo
			1.1.2.2. Tessuto residenziale discontinuo sparso
	1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	1.2.1 Aree industriali o commerciali	1.2.1.1. Aree industriali
			1.2.1.2. Aree commerciali
			1.2.1.3. Aree dei servizi pubblici e privati
			1.2.1.7. Cimiteri non vegetati

			1.2.1.10. Complessi agro-industriali
		1.2.2 Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	1.2.2.1 Strade a transito veloce e superfici annesse
	1.3 Zone estrattive, discariche e cantieri	1.3.1 Aree estrattive.	
		1.3.2 Discariche	
	1.4 Zone verdi artificiali non agricole	1.4.1 Aree verdi urbane	
		1.4.2 Aree sportive e ricreative	
2. TERRITORI AGRICOLI	2.1. Seminativi	2.1.1 Seminativi in aree non irrigue	
	2.2. Colture permanenti	2.2.1 Vigneti	
		2.2.2 Frutteti e frutti minori	
		2.2.3 Pioppeti	
	2.3. Prati stabili	2.3.1 Prati stabili	
	2.4. Zone agricole eterogenee	2.4.2 Sistemi colturali e particellari complessi	2.4.2.2 Sistemi colturali e particellari complessi con insediamenti sparsi
2.4.3 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali			
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	3.1. Zone boscate	3.1.1 Boschi di latifoglie	
	3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	3.2.1 Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	
		3.2.2 Brughiere e cespuglietti	
		3.2.4 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	
5. CORPI IDRICI	5.1. Acque continentali	5.1.2 Bacini d'acqua	5.1.2.1. Bacini d'acqua naturali
			5.1.2.2 Bacini d'acqua artificiali

Tabella 5.3.2.1: legenda MOLAND relativa alla cartografia dell'uso del suolo.

In Figura 5.3.2.1 è rappresentata la cartografia dell'uso del suolo realizzata secondo il LIVELLO 2 della legenda MOLAND che consente di individuare il tipo di uso del suolo e la sua distribuzione geografica all'interno del bacino collinare.

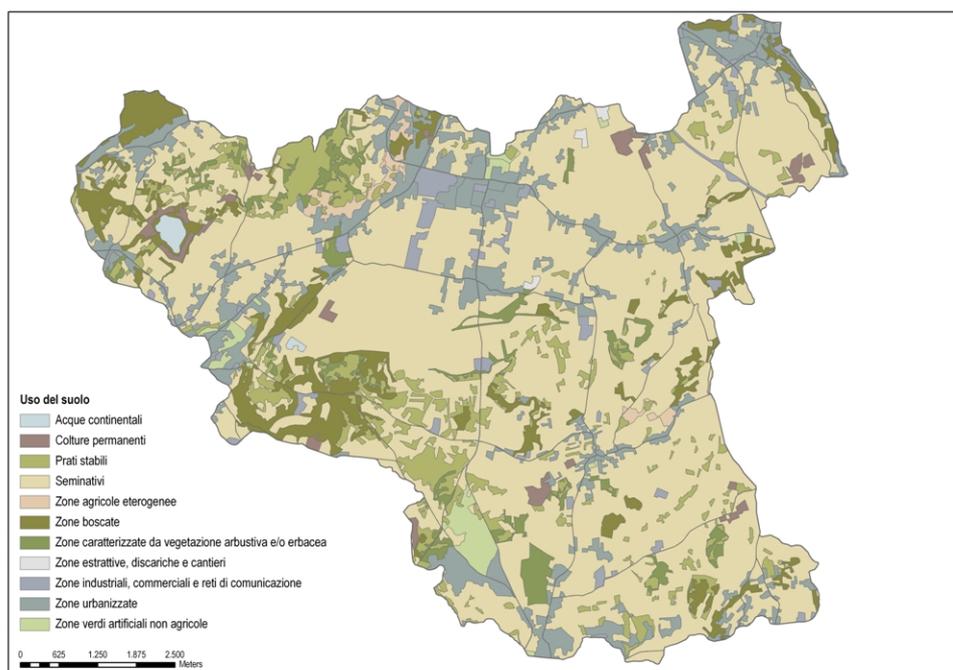


Figura 5.3.2.1: destinazione d'uso del suolo del bacino collinare del torrente Corno.

La prima fase dell'analisi dell'uso del suolo è sviluppata attraverso l'elaborazione dei dati numerici relativi all'estensione superficiale nel bacino delle classi di uso del suolo previste in legenda.

USO DEL SUOLO	Superficie (km²)	% sup. bacino
TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE	12,35	16,7
Zone urbanizzate	9,09	12,3
Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	2,19	3,0
Zone estrattive, discariche e cantieri	0,12	0,2
Zone verdi artificiali non agricole	0,95	1,3
TERRITORI AGRICOLI	53,19	71,8
Seminativi	45,56	61,5
Prati stabili	6,06	8,2
Colture permanenti	0,94	1,3
Zone agricole eterogenee	0,64	0,9
TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	8,27	11,2
Zone boscate	5,85	7,9
Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	2,42	3,3
CORPI IDRICI	0,23	0,3
Acque continentali	0,23	0,3
TOTALE	74,04	100,0

Tabella 5.3.2.2: estensione superficiale delle categorie di uso del suolo in base al LIVELLO 2 e LIVELLO 3 della legenda MOLAND

Dalla lettura della tabella e dall'esame della cartografia è possibile dedurre quanto segue:

- nell'ambito del bacino le “Superfici boscate e gli ambienti seminaturali” occupano l'11% dell'intera superficie, i “Territori modellati artificialmente” rappresentano il 17% circa e i “Territori agricoli” si estendono su oltre il 71% circa;
- nell'ambito dei “Territori modellati artificialmente” il 73,6% è costituito da “Zone urbanizzate” (tessuto residenziale), mentre la rimanente parte è occupata in prevalenza dalle “Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione” (17,7%), dalle “Zone estrattive, discariche e cantieri” e dalle “Zone verdi artificiali non agricole” che occupano complessivamente l'8,7% dei “Territori modellati artificialmente”;
- nell'ambito dei “Territori agricoli” l'85,7 % è costituito dai “Seminativi”, mentre la rimanente parte è occupata in prevalenza dai “Prati stabili” (11,4%), dalle “Colture permanenti” e dalle “Zone agricole eterogenee” (3%);
- nell'ambito dei “Territori boscati e ambienti semi naturali” il 70,7% è occupato dalle “Zone boscate” e la rimanente parte è rappresentata dalle “Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea” (29.3%).

5.3.3 Principali categorie di copertura e uso del suolo del bacino collinare del torrente Corno

Territori modellati artificialmente

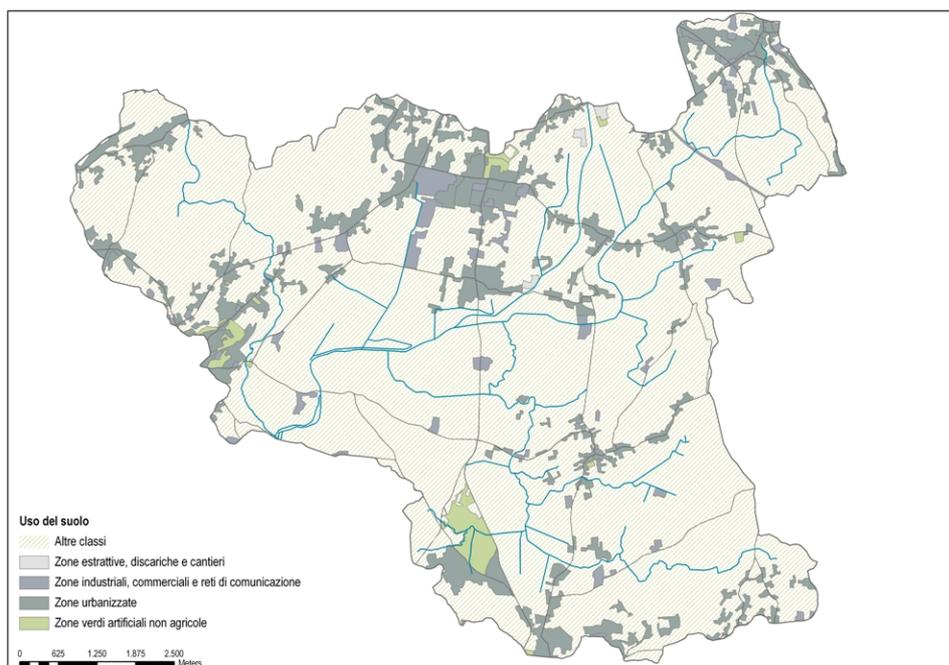


Figura 5.3.3.1: rappresentazione cartografica dei “Territori modellati artificialmente”

Questa categoria di uso del suolo occupa il 17% circa della superficie del bacino ed è rappresentata principalmente dal “Tessuto urbano discontinuo”. A questa categoria

appartengono le aree periferiche urbane, gli insediamenti di carattere rurale e le frazioni comunali in cui gli edifici e le superfici a copertura artificiale coesistono con superfici a copertura vegetale o con suolo nudo, le quali occupano, in modo discontinuo, aree non trascurabili. In questo caso gli insediamenti sono posti a breve distanza e nella maggior parte dei casi si sviluppano lungo l'incrocio di strade.

Il "Tessuto urbano continuo" interessa una piccola percentuale di territorio in corrispondenza dei centri abitati di Majano e San Daniele del Friuli.

Le classi di uso del suolo "Zone industriali, commerciali e rete di comunicazione", "Aree estrattive e discariche" e "Zone verdi artificiali non agricole" rappresentano gli spazi urbani annessi ai maggiori centri abitati (si tratta di parchi urbani, centri sportivi, attività commerciali e industriali) e la loro superficie complessiva risulta limitata.



Figura 5.3.3.2: esempio di tessuto residenziale discontinuo. In primo piano si vede la località S. Eliseo, dietro da sinistra Pers, Melesons e Mels; sullo sfondo il comune di Majano

Territori boscati e ambienti seminaturali

Questa categoria di suolo occupa l'11% circa della superficie del bacino ed è rappresentata principalmente dai "Boschi di latifoglie".

Le aree boscate sono presenti in quattro zone particolari del bacino:

- lungo i corsi d'acqua, dove la vegetazione riparia è presente in modo frammentario perché le colture si sono spinte fino al limite degli stessi;
- in prossimità del sito di importanza comunitaria denominato "Quadri di Fagagna";
- nella parte più settentrionale del bacino sul versante del Monte di Ragogna, dove raggiungono superfici molto estese, e sul crinale spartiacque con il torrente Cormor, tra Buia e Treppo Grande;
- nella parte meridionale del bacino in corrispondenza delle colline tra il comuni di San Daniele del Friuli e Rive d'Arcano dove si estendono su ampie superfici.

La classe di uso del suolo “Brughiere e cespuglieti” è caratterizzata da formazioni vegetali, basse e chiuse, composte principalmente da cespugli, arbusti e piante erbacee costituendo uno stadio di ricostituzione dei boschi. La diffusione delle brughiere interessa i versanti dei colli a monte del comune di Majano.

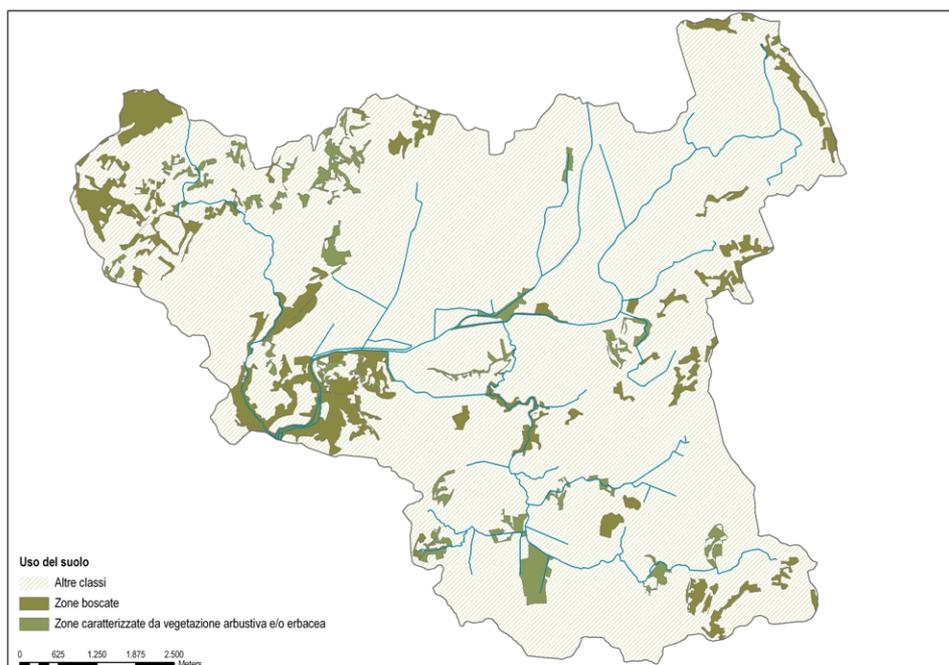


Figura 5.3.3.3: Rappresentazione cartografica dei “Territori boscati e gli ambienti seminaturali”

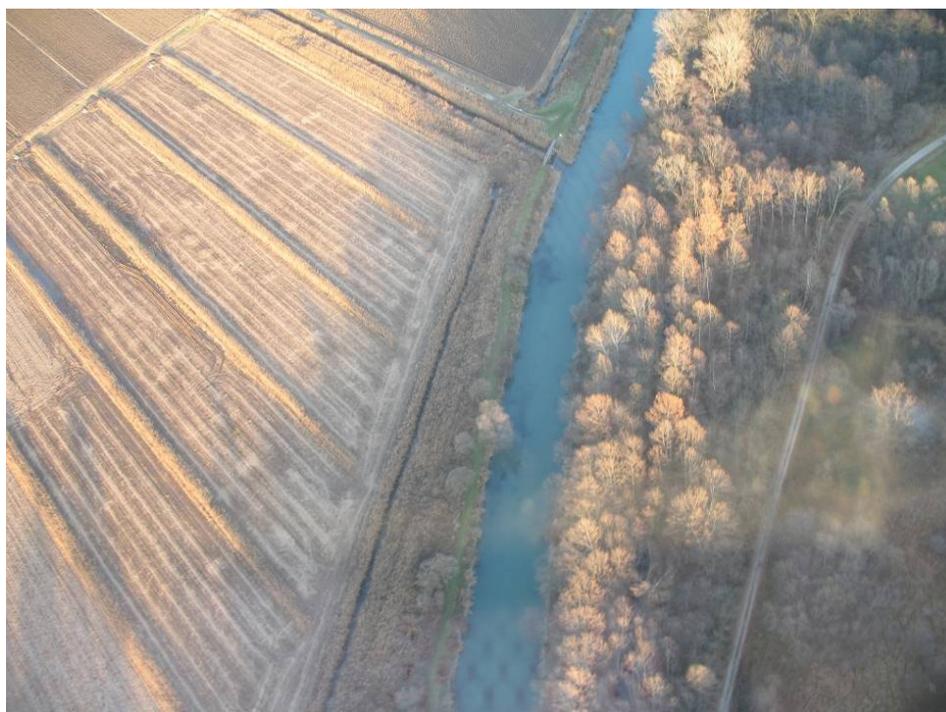


Figura 5.3.3.4: esempio di bosco ripariale lungo il corso del torrente Corno

Il “Territori boscati e gli ambienti seminaturali” si estendono in maniera disomogenea sulla superficie del bacino; tuttavia, in un bacino prevalentemente di carattere agricolo, è evidente la loro funzione fondamentale di consolidamento dei versanti e degli argini dei fiumi e di riduzione della formazione del deflusso superficiale a seguito di eventi di precipitazione intensa.

Territori agricoli

I “Territori agricoli” si estendono su una superficie complessiva di 53 km^2 circa, di cui $45,6 \text{ km}^2$ sono rappresentati solo dai seminativi, mentre le “Colture permanenti” (frutteti, vigneti e pioppeti) e le “Zone agricole eterogenee” occupano superfici poco estese (complessivamente $7,6 \text{ km}^2$).

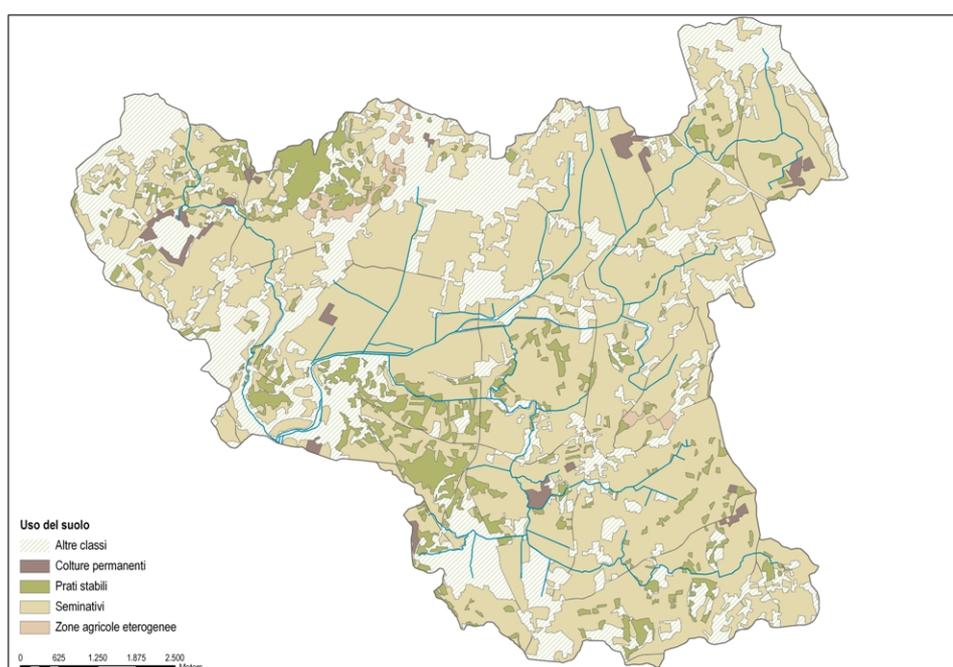


Figura 5.3.3.5: rappresentazione cartografica dei “Territori agricoli”

I seminativi presentano caratteristiche differenziate nell’ambito del bacino occupando sia le acclività dei versanti delle colline sia le zone pianeggianti di fondovalle.

In queste ultime i seminativi, grazie a intense opere di bonifica, hanno sostituito vaste zone un tempo paludose e antiche torbiere. Tuttavia, le ampie superfici a seminativo conservano una loro eterogeneità: accanto ad un’agricoltura “moderna” dei riordini fondiari, si mantiene un’agricoltura più vicina a quella tradizionale, dove, insieme alle colture agrarie, convivono elementi di naturalità quali le formazioni arboree - arbustive a carattere residuale e di margine alle colture, le siepi segnaconfine e i prati naturali.

Le scoline e i capifosso sono le sistemazioni agrarie dei campi di quest’agricoltura tradizionale e consentono di convogliare le acque in eccesso, durante i fenomeni di pioggia intensa, in collettori a scolo naturale e rilasciarle, poi, lentamente, ai corsi d’acqua che alimentano le acque del torrente Corno.



Figura 5.3.3.6: esempio di agricoltura “tradizionale” dove sono presenti boschetti residuali e siepi segnaconfine

Sui versanti delle colline, dove le pendenze sono più accentuate, i seminativi hanno guadagnato estese superfici e in queste zone conservano i caratteri tipici dei “campi chiusi”, spesso disposti secondo la massima pendenza ma caratterizzati da fossi di scolo laterali per l’allontanamento delle acque in eccesso e filari arborei - arbustivi lungo i fossi, ricordando la sistemazione idraulica agraria “a ritocchino”.



Figura 5.3.3.7: tipica agricoltura “moderna” dei riordini fondiari (zona “Ex mulino di Farla”)



Figura 5.3.3.8: esempio di sistemazione agraria con capifosso e scoline per raccogliere le acque in eccesso

Nell’ambito dei “Territori agricoli” la categoria di uso del suolo “Prati stabili” riveste un ruolo fondamentale per il mantenimento dell’equilibrio idrogeologico del territorio.

I “Prati stabili” sono definiti come “quelle formazioni erbacee che non hanno mai subito il dissodamento (aratura o erpicatura)”; essi occupano superfici considerevoli: l’8,2% della superficie totale del bacino e l’11,4% dei “Territori agricoli”.

Assieme alle superfici boscate, i prati stabili svolgono la funzione di ridurre la velocità delle acque di scorrimento superficiale e di aumentare la capacità di infiltrazione del terreno.

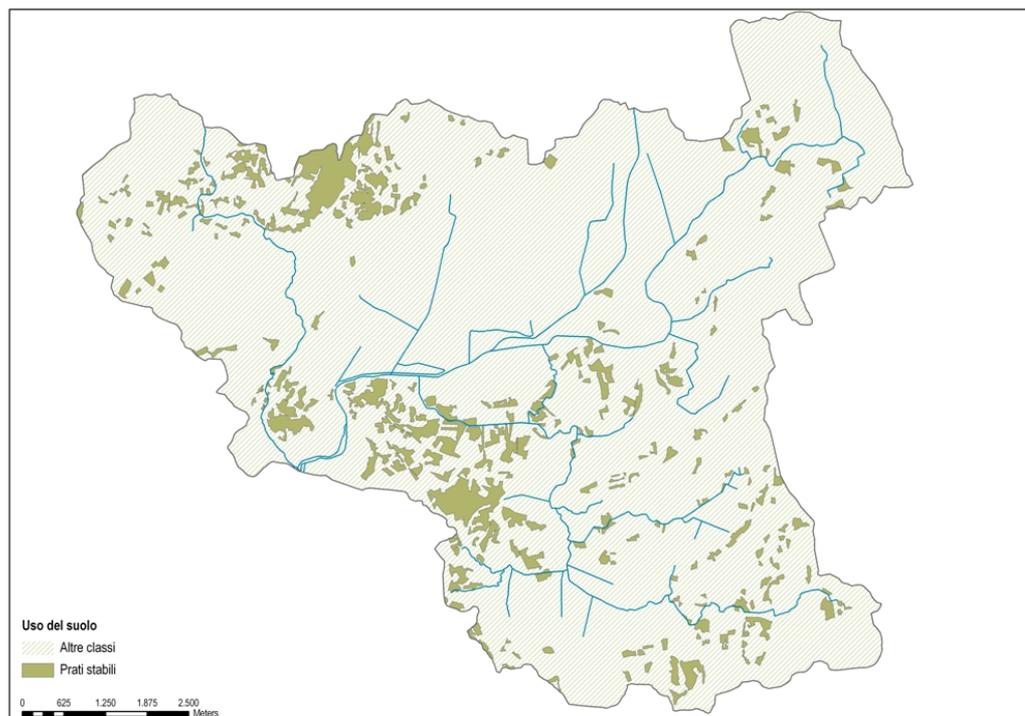


Figura 5.3.3.9: rappresentazione cartografica dei “Prati stabili”

5.4 STIMA DEL CURVE NUMBER

Il parametro CN è legato alla natura del suolo, al tipo di copertura vegetale e alle condizioni di umidità del terreno antecedenti la precipitazione.

Table 9-1 Runoff curve numbers for agricultural lands ^{1/}

covertype	Cover description treatment ^{2/}	hydrologic condition ^{3/}	-- CN for hydrologic soil group --				
			A	B	C	D	
Fallow	Bare Soil	---	77	86	91	94	
	Crop residue cover (CR)	Poor	76	85	90	93	
		Good	74	83	88	90	
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91	
		Good	67	78	85	89	
	SR + CR	Poor	71	80	87	90	
		Good	64	75	82	85	
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88	
		Good	65	75	82	86	
	C + CR	Poor	69	78	83	87	
		Good	64	74	81	85	
	Contoured & terraced (C & T)	Poor	66	74	80	82	
		Good	62	71	78	81	
C & T + CR	Poor	65	73	79	81		
	Good	61	70	77	80		
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88	
		Good	63	75	83	87	
	SR + CR	Poor	64	75	83	86	
		Good	60	72	80	84	
	C	Poor	63	74	82	85	
		Good	61	73	81	84	
	C + CR	Poor	62	73	81	84	
		Good	60	72	80	83	
	C & T	Poor	61	72	79	82	
		Good	59	70	78	81	
C & T + CR	Poor	60	71	78	81		
	Good	58	69	77	80		
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR	Poor	66	77	85	89	
		Good	58	72	81	85	
	C	Poor	64	75	83	85	
		Good	55	69	78	83	
		Poor	63	73	80	83	
Good	51	67	76	80			
Pasture, grassland, or range-continuous forage for grazing ^{4/}		Poor	68	79	86	89	
		Fair	49	69	79	84	
		Good	39	61	74	80	
Meadow-continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay		Good	30	58	71	78	
Brush-brush-forbs-grass mixture with brush the major element ^{5/}		Poor	48	67	77	83	
		Fair	35	56	70	77	
		Good	30 ^{6/}	48	65	73	
Woods-grass combination (orchard or tree farm) ^{7/}		Poor	57	73	82	86	
		Fair	43	65	76	82	
		Good	32	58	72	79	
Woods ^{8/}		Poor	45	66	77	83	
		Fair	36	60	73	79	
		Good	30	55	70	77	
Farmstead—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots		---	59	74	82	86	
Roads (including right-of-way):		---	Dirt	72	82	87	89
			Gravel	76	85	89	91

Tabella 5.4.1: valori di CN delle superfici agricole. National Engineering Handbook, Part 630, cap.9

Per quanto riguarda la natura del suolo, l'SCS ha classificato i tipi di suolo in quattro gruppi idrologici A, B, C, e D, caratterizzati da una potenzialità di deflusso crescente dal gruppo A al gruppo D.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, vengono individuate tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (*AMC= Antecedent Moisture Condition*) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento meteorico (i valori della Tabella 5.4.1 si riferiscono ad una condizione media di umidità del terreno all'inizio della precipitazione).

In Tabella 5.4.1 e Tabella 5.4.2 sono riportati, per tali gruppi idrologici di suolo, i valori del CN con riferimento alla copertura e al tipo di uso del suolo.

Table 9-5 Runoff curve numbers for urban areas ^{1/}					
Cover description cover type and hydrologic condition	Average percent impervious area ^{2/}	-- CN for hydrologic soil group --			
		A	B	C	D
Fully developed urban areas (vegetation established)					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ^{3/}					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ^{4/}		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/8 acre or less (town houses)	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acres	12	46	65	77	82
Developing urban areas					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)		77	86	91	94

Tabella 5.4.2: valori di CN delle aree urbane. National Engineering Handbook, Part 630, cap.9

5.4.1 Procedimento del calcolo per la stima del valore di CN del bacino collinare del torrente Corno

In base delle considerazioni fatte sull'analisi dell'uso del suolo, con particolare riferimento alle classi maggiormente presenti nel territorio del bacino, sono stati assegnati i valori di CN ricavati dalla Tabella 5.4.1 e dalla Tabella 5.4.2.

Per quanto riguarda le superfici agricole, tali valori, oltre a variare in funzione dei Gruppi idrologici A, B, C, D, variano anche in funzione delle condizioni idrologiche (o di drenaggio) del terreno e vengono distinte in base alla presenza, o meno, delle pratiche di conservazione del suolo ed alle sistemazioni idraulico - agrarie atte a favorire l'accumulo e l'infiltrazione delle acque di deflusso superficiale.

I valori di CN relativi alle aree urbane, e alle strutture ad esse annesse, sono assegnati, diversamente dalle superfici agricole, in funzione della percentuale di superficie impermeabile o di quella della copertura vegetale ivi presente.

Nella Tabella 5.4.1.1 sono riportati i valori del parametro CN attribuiti alle diverse classi di uso del suolo presenti nel bacino collinare del torrente Corno.

USO DEL SUOLO	TIPO DI COPERTURA	C.I.	A	B	C	D
1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE						
1.1 Zone urbanizzate						
1.1.1 Tessuto urbano continuo						
1.1.1.1. Tessuto residenziale continuo e denso	s.i. 85%		89	92	94	95
1.1.1.2. Tessuto residenziale continuo mediamente denso	s.i. 85%		89	92	94	95
1.1.2 Tessuto urbano discontinuo						
1.1.2.1. Tessuto residenziale discontinuo	s.i. 38%		77	85	90	92
1.1.2.2. Tessuto residenziale discontinuo sparso	s.i.. 20%		57	72	81	86
1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione						
1.2.1 Aree industriali o commerciali						
1.2.1.1. Aree industriali	s.i.. 72%		81	88	91	93
1.2.1.2. Aree commerciali	s.i. 85%		89	92	94	95
1.2.1.3. Aree dei servizi pubblici e privati	s.i. 85%		89	92	94	95
1.2.1.7. Cimiteri non vegetati	(c.v. <50%)	povera	68	79	86	89
1.2.1.10. Complessi agro-industriali			59	74	82	86
1.2.2 Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori						
1.2.2.1 Strade a transito veloce e superfici annesse		imp.	98	98	98	98
1.3 Zone estrattive, discariche e cantieri						
1.3.1 Aree estrattive.			63	77	85	88
1.3.2 Discariche			30	58	71	78

1.4 Zone verdi artificiali non agricole						
1.4.1 Aree verdi urbane	(c.v. >50%)	buona	39	61	74	80
1.4.1 Aree verdi urbane	(c.v. 50 - 75%)	media	49	69	79	84
1.4.2 Aree sportive e ricreative	(c.v. >50%)	buona	39	61	74	80
1.4.2 Aree sportive e ricreative	c.v. <50%)	povera	68	79	86	89
2. TERRITORI AGRICOLI						
2.1. Seminativi						
2.1.1 Seminativi in aree non irrigue colture a file a reggipoggio, residui colturali		buona	64	74	81	85
2.1.1 Seminativi in aree non irrigue colture a file a solchi dritti, residui colturali		buona	64	75	82	85
2.2. Colture permanenti						
2.2.1 Vigneti		buona	32	58	72	79
2.2.2 Frutteti e frutti minori		buona	32	58	72	79
2.2.2 Pioppeti		buona	32	58	72	79
2.2.2 Pioppeti		discreta	43	65	76	82
2.3. Prati stabili						
2.3.1 Prati stabili		buona	30	58	71	78
2.4. Zone agricole eterogenee						
2.4.2 Sistemi colturali e particellari complessi						
2.4.2.2 Sistemi colturali e particellari complessi con insediamenti sparsi			59	74	82	86
2.4.3 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	colture a file (c. a solchi)	buona	64	75	82	85
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI						
3.1. Zone boscate						
3.1.1 Boschi di latifoglie		buona	30	55	70	77
3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea						
3.2.1 Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota		buona	30	55	70	77
3.2.2 Brughiere e cespuglietti		buona	30	48	65	73
3.2.4 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione		buona	30	55	70	77
5. CORPI IDRICI						
5.1. Acque continentali						
5.1.2 Bacini d'acqua						
5.1.2.1. Bacini d'acqua naturali		imp.	100	100	100	100
5.1.2.2 Bacini d'acqua artificiali		imp.	100	100	100	100

(C.I. = condizioni idriche del terreno; c.v. = copertura vegetale; s.i = superficie impermeabile; imp. = impermeabile)

Tabella 5.4.1.1: valori di CN relativi ai “Territori modellati artificialmente”, ai “Territori agricoli”, ai “Territori boscati e superfici naturali” e ai “Corpi idrici”.

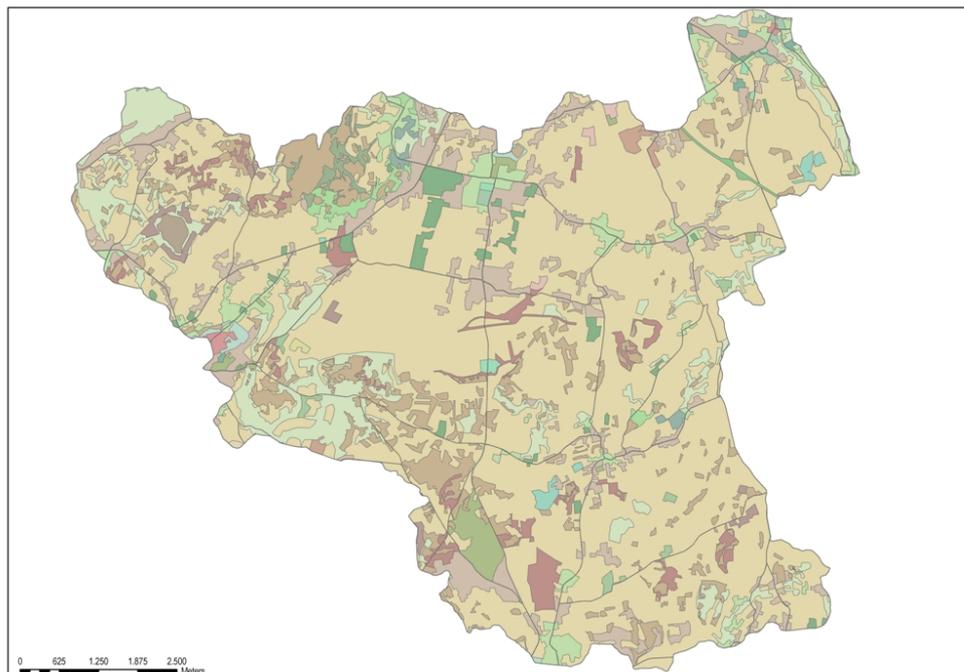


Figura 5.4.1.1: cartografia dell'uso del suolo secondo il LIVELLO 3 e LIVELLO 4 della legenda MOLAND

Infine il procedimento ultimo della stima del Curve Number del bacino collinare del torrente Corno si basa sull'incrocio di tutti i valori ricavati dalla stima dell'uso del suolo e dall'individuazione dei gruppi idrologici di suolo che caratterizzano il territorio in esame, come mostrato in Figura 5.4.1.2.

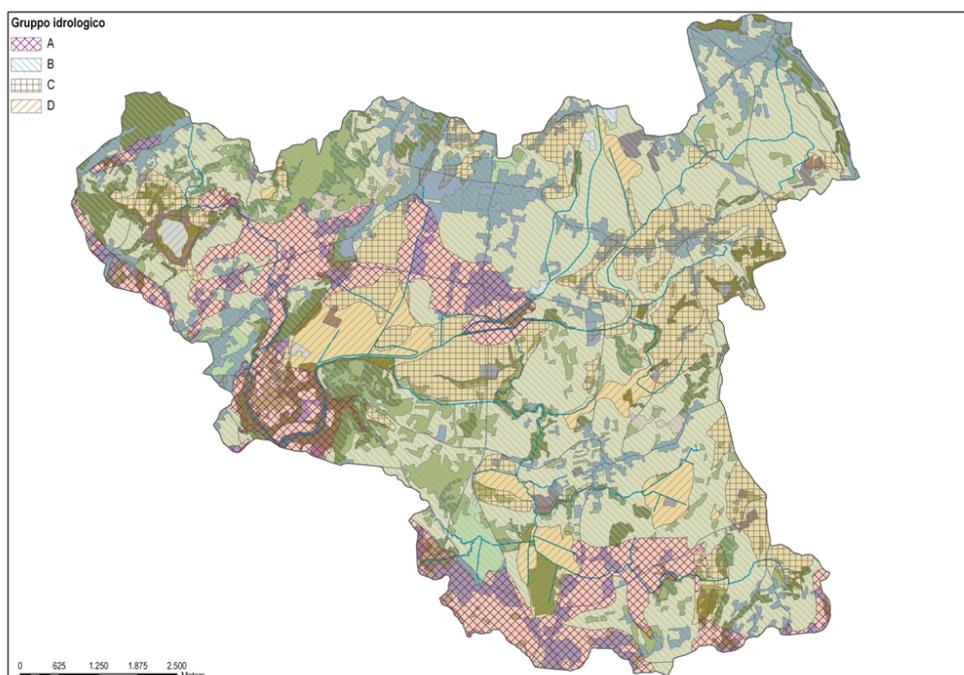


Figura 5.4.1.2: uso del suolo in relazione ai gruppi idrologici A, B, C, D.

A titolo di esempio si descrive il procedimento di calcolo del CN relativo al suolo appartenente al gruppo idrologico B, che si svolge in quattro fasi:

- individuazione e stima delle superfici di ogni classe idrologica di suolo (Figura 5.4.1.2; Tabella 5.4.1.2);
- calcolo del prodotto tra la superficie di ogni classe di uso del suolo per il corrispondente valore di CN (Tabella 5.4.1.2, quarta colonna);
- totale dei prodotti ottenuti.

GRUPPO IDROLOGICO B			
USO DEL SUOLO	SUPERFICIE [km²]	CN	CN X SUPERFICIE
1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE			
1.1 Zone urbanizzate			
1.1.1 Tessuto urbano continuo			
1.1.1.1. Tessuto residenziale continuo e denso	0,12	92	10,85
1.1.1.2. Tessuto residenziale continuo mediamente denso	0,15	92	14,26
1.1.2 Tessuto urbano discontinuo			
1.1.2.1. Tessuto residenziale discontinuo	1,69	85	143,36
1.1.2.2. Tessuto residenziale discontinuo sparso	3,75	72	269,66
1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione			
1.2.1 Aree industriali o commerciali			
1.2.1.1. Aree industriali	0,66	88	58,42
1.2.1.2. Aree commerciali	0,06	92	5,39
1.2.1.3. Aree dei servizi pubblici e privati	0,08	92	7,55
1.2.1.7. Cimiteri non vegetati	0,03	79	2,07
1.2.1.10. Complessi agro-industriali	0,01	74	1,03
1.2.2 Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori			
1.2.2.1 Strade a transito veloce e superfici annesse	0,45	98	43,74
1.3 Zone estrattive, discariche e cantieri			
1.3.1 Aree estrattive.	0,04	77	3,14
1.3.2 Discariche	0,07	58	4,30
1.4 Zone verdi artificiali non agricole			
1.4.1 Aree verdi urbane	0,04	61	2,63
1.4.1 Aree verdi urbane	0,13	69	8,80
1.4.2 Aree sportive e ricreative	0,16	79	12,40
1.4.2 Aree sportive e ricreative	0,55	61	33,57
2. TERRITORI AGRICOLI			
2.1. Seminativi			
2.1.1 Seminativi in aree non irrigue colture a file a reggipoggio, residui colturali	24,09	74	1782,52
2.1.1 Seminativi in aree non irrigue colture a file a solchi dritti, residui colturali	0,94	75	70,36
2.2. Colture permanenti			
2.2.1 Vigneti	0,19	58	10,90
2.2.2 Frutteti e frutti minori	0,33	58	18,95
2.2.2 Pioppeti	0,08	58	4,60

2.3. Prati stabili			
2.3.1 Prati stabili	4,55	58	264,07
2.4. Zone agricole eterogenee			
2.4.2 Sistemi colturali e particellari complessi			
2.4.2.2 Sistemi colturali e particellari complessi con insediamenti sparsi	0,20	74	14,80
2.4.3 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	0,84	74	61,79
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI			
3.1. Zone boscate			
3.1.1 Boschi di latifoglie	3,31	55	182,03
3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea			
3.2.1 Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	0,06	55	3,54
3.2.2 Brughiere e cespuglietti	0,37	48	17,69
3.2.4 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0,42	55	22,95
5. CORPI IDRICI			
5.1. Acque continentali			
5.1.2 Bacini d'acqua			
5.1.2.1. Bacini d'acqua naturali			
5.1.2.2 Bacini d'acqua artificiali			
TOTALE	43,36		3075,38

Tabella 5.4.1.2: calcolo del CN per il suolo appartenente al gruppo idrologico B

Lo stesso metodo di calcolo è applicato anche per le classi di uso del suolo appartenenti ai gruppi idrologici A, C e D.

In questo modo per ogni classe di uso del suolo si ottiene una serie di 4 valori pesati relativi ai 4 gruppi idrologici di suolo (A,B,C,D).

Il CN medio pesato del bacino, caratterizzato da terreni appartenenti a gruppi idrologici diversi, è stato calcolato applicando la formula:

$$CN_{bacino} = \frac{\sum A_i \times CN_i}{A_{bacino}} \quad (5.4.1.1)$$

dove A_i è la superficie di ogni singola classe di uso del suolo; CN_i è il valore di CN corrispondente al gruppo idrologico e alla classe di uso del suolo e A_{bacino} è la superficie totale del bacino in esame.

Il CN medio pesato del bacino collinare del torrente Corno è dato, quindi, dall'espressione:

$$CN_{bacino} = (771,56 + 3075,38 + 983,66 + 425,03)/74,04 = 70,99 \cong 71 \quad (5.4.1.2)$$

dove:

- 771,56 è la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe A;
- 3075,38 è la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe B;
- 983,66 è la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe C;
- 425,03 è la somma di tutti i punteggi pesati di uso del suolo relativi alla classe D.

5.5 CALCOLO DELL'IDROGRAMMA DI PIENA CON IL METODO DELL'IDROGRAMMA Istantaneo Unitario GeomorfoClimatico

Il bacino idrografico si può descrivere come un sistema che trasforma le precipitazioni in portate, ovvero gli afflussi in deflussi. Lo studio della trasformazione afflussi-deflussi è uno dei campi di più difficile interpretazione nell'ambito dell'idrologia, in quanto è un processo fortemente non lineare, variabile temporalmente, spazialmente distribuito e non facilmente descrivibile mediante modelli semplici.

Esistono diversi metodi per individuare la risposta idrologica di un bacino ad una determinata precipitazione, la cui scelta è condizionata dai dati a disposizione e dalla natura del problema da trattare. Questi metodi sono:

- metodi diretti, qualora siano disponibili dati di portata;
- metodi indiretti, quando mancano i dati di portata.

I metodi di calcolo si possono, poi, suddividere in quattro categorie:

- metodi statistici puri;
- metodi basati sulla similitudine idrologica;
- formule empiriche (sperimentali);
- metodi basati sui modelli afflussi-deflussi.

Con i modelli afflussi-deflussi si cerca di dare una descrizione fisica e matematica ai processi idrologici che avvengono in un bacino idrografico quando questo sia interessato da un evento meteorico di particolare intensità.

Il metodo dell'Idrogramma Unitario (UH), proposto da *Sherman* (1932) e modificato da vari autori, è un primo tentativo di individuare il rapporto di causa ed effetto tra la pioggia netta ed il deflusso alla sezione di chiusura del bacino idrografico e di stimare, oltre alla portata di piena, anche la forma dell'idrogramma di piena.

L'idrogramma unitario è il modello semplificato di risposta di un bacino idrografico ad una data pioggia e si basa sulle seguenti ipotesi:

- piogge nette uniformi su tutto il bacino idrografico, aventi la stessa durata, producono deflussi di durata uguale, indipendentemente dall'intensità della pioggia;
- il rapporto tra i deflussi è uguale al rapporto tra le intensità delle piogge nette, purché le piogge abbiano uguale durata;
- l'idrogramma rappresentativo di una combinazione di eventi di pioggia è pari alla somma degli idrogrammi di ogni singolo evento; principio di sovrapposizione degli effetti.

Quest'ultima ipotesi corrisponde all'assunzione di un comportamento lineare del bacino idrografico, ovvero la risposta generata da una serie di impulsi è uguale alla somma degli output prodotti da ogni singolo impulso.

Una variante al procedimento dell'UH è quella di considerare, anziché impulsi di pioggia di durata unitaria, impulsi istantanei generando l'idrogramma istantaneo unitario, indicato solitamente come IUH.

Di conseguenza l'IUH può essere rappresentato come una funzione continua.

L'integrale di convoluzione, che dà il valore della portata all'istante t , è:

$$Q(t) = \int_0^t \{i(\tau) \cdot d\tau\} \cdot u(t - \tau) = \int_0^t i(\tau) \cdot u(t - \tau) d\tau \quad (5.5.1)$$

dove:

$Q(t)$: portata all'istante t , espressa in $[m^3/s]$

$i(\tau)$: intensità della precipitazione al tempo τ , espressa in $[mm/ora]$

$u(t - \tau)$: funzione peso determinata dall'intervallo di tempo esistente tra l'istante τ in cui si considera la pioggia ed il tempo t in cui si calcola la portata, espressa in $[(m^3/s) mm^{-1}]$.

L'IUH è uno strumento fisico che racchiude al suo interno tutta la complessa fenomenologia di formazione delle piene nel bacino oggetto di studio; anche in questo caso la teoria cui si riferisce assume come semplificazione che la risposta del bacino idrografico sia lineare e invariante nel tempo.

La Figura 5.5.1 mostra l'andamento della pioggia efficace, l'Idrogramma Istantaneo dovuto all'impulso $i(\tau)d\tau$ e l'idrogramma di piena che si ottiene per integrazione.

Una volta nota la risposta del bacino idrografico ad un impulso di precipitazione di volume unitario uniformemente distribuito, cioè noto l'IUH, è possibile ricostruire la risposta di tale bacino ad ogni altra precipitazione. L'idrogramma complessivo è quindi ottenibile quale integrale di convoluzione degli IUH istantanei, proporzionali, nel valore del picco, alla precipitazione istantanea uniformemente distribuita sul bacino idrografico.

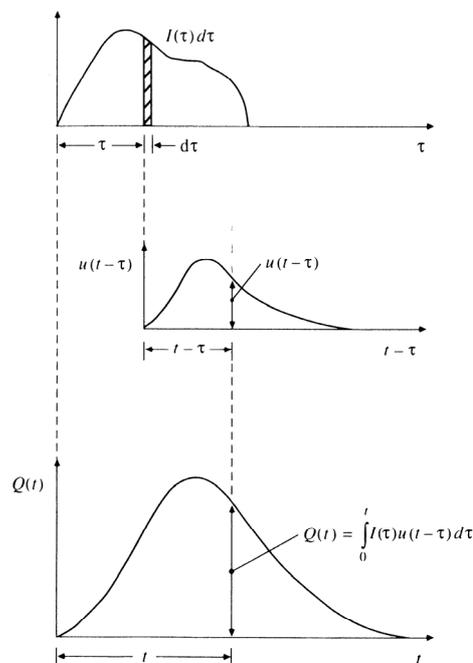


Figura 5.5.1: integrale di convoluzione

I risultati di alcune ricerche condotte negli anni settanta, tra le quali spiccano quelle condotte da *Rodriguez-Iturbe e Valdez* (1979), hanno mostrato che è possibile stimare l'IUH di un certo bacino idrografico a partire dalla conoscenza della struttura morfologica del suo reticolo idrografico e dalle caratteristiche idrodinamiche del deflusso superficiale canalizzato. Se questa struttura segue con buona approssimazione le leggi di composizione di Horton-Strahler (§ 3.3) è possibile dimostrare che la risposta del bacino idrografico assume una forma particolare; ad essa viene dato il nome di Idrogramma Unitario Istantaneo Geomorfologico.

L'IUH Geomorfologico è espresso in funzione di R_A, R_B , dell'ordine Ω del bacino e di λ_i che rappresenta il tempo medio di permanenza di una particella d'acqua in un ramo di ordine i .

La risposta di un bacino, e quindi l'IUH, può cambiare forma in base alla scala ed inoltre a scale uguali possono corrispondere IUH differenti. Dato che la scala non dipende da R_A, R_B , o da Ω , la motivazione di quanto sopra detto va ricercata in λ_i che contiene sia gli effetti dalla grandezza di scala che la componente dinamica della risposta.

Dalla definizione di λ_i risulta chiaro che è necessario un numero di λ_i pari all'ordine Ω del sistema. Presa v come velocità media nell'intero bacino, si ha:

$$\lambda_i = \frac{v}{\bar{L}_i} \quad (5.5.2)$$

da cui segue, ad esempio, che in un bacino del 3° ordine si ha:

$$\lambda_1 = \frac{v}{\bar{L}_1} \quad \lambda_2 = \lambda_1 \cdot R_L^{-1} \quad \lambda_3 = \lambda_1 \cdot R_L^{-2} \quad (5.5.3)$$

dove:

\bar{L}_1 = lunghezza media delle aste di ordine 1, espressa in [km]

$R_L = \frac{\bar{L}_\Omega}{\bar{L}_{\Omega-1}}$ = parametro delle lunghezze di Horton (adimensionale)

La (5.5.2) fornisce λ_i come funzione del solo parametro dinamico v , del rapporto delle lunghezze di Horton R_L e della scala (e quindi \bar{L}_i).

Le caratteristiche più importanti dell'IUH sono il picco q_p e il tempo di picco t_p . Se questi due fattori sono corretti, la forma esatta dell'IUH non è molto importante e l'approssimazione ad un triangolo è soddisfacente. *Henderson*, (1966).

Le espressioni usate per la determinazione di questi due fattori sono:

$$q_p = \mathcal{G} \cdot v \quad (5.5.4)$$

$$t_p = \frac{k}{v} \quad (5.5.5)$$

dove:

q_p è espresso in $[h^{-1}]$

t_p è espresso in $[h]$

v è espresso in $[m/s]$

\mathcal{G} e k dipendono da R_A , R_B , R_L , L_i e Ω ed hanno le dimensioni rispettivamente di L^{-1} e L ((5.5.7) e (5.5.8)).

Approssimando l'IUH ad un triangolo di area unitaria si ha:

$$(q_p \cdot t_b)/2 = 1 \quad (5.5.6)$$

dove t_b rappresenta il tempo di base dell'IUH (Figura 5.5.2).

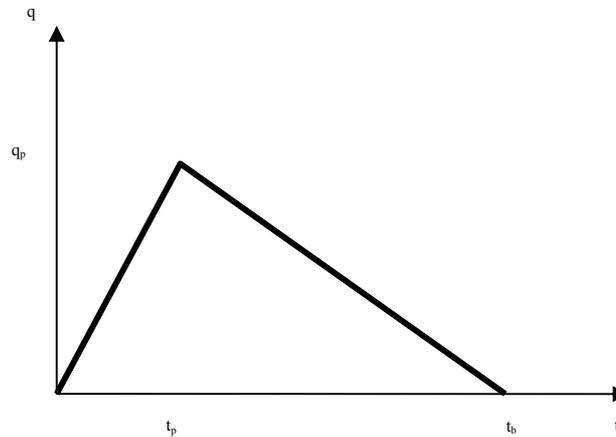


Figura 5.5.2: Idrogramma Istantaneo Unitario

Da osservazioni sperimentali si è notato che la differenza tra i valori ottenuti con l'equazione corretta dell'IUH e quelli ottenuti con le (5.5.4) e (5.5.5) è inferiore al 10%.

Nelle equazioni seguenti è dimostrata la dipendenza di \mathcal{G} e k dai parametri geomorfologici del bacino. *Rodriguez-Iturbe e Valdez (1979)*:

$$\mathcal{G} = \frac{1.31}{L_\Omega} \cdot R_L^{0.43} \quad (5.5.7)$$

$$k = 0.44 \cdot L_\Omega \cdot \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^{0.55} \cdot R_L^{-0.38} \quad (5.5.8)$$

Rodriguez-Iturbe et al. (1979) suggeriscono come valore più probabile del rapporto R_B/R_A il numero 0,80.

Dalle (5.5.4) e (5.5.5) si può osservare che il prodotto $q_p \cdot t_p$ è indipendente dalla velocità v e dalla variabile di scala L_Q ; indicando questo prodotto adimensionale con IR si può scrivere:

$$IR = q_p \cdot t_p = 0.58 \cdot (R_B / R_A)^{0.55} \cdot R_L^{0.05} \quad (5.5.9)$$

e per i valori riscontrabili in natura l'espressione si semplifica in:

$$IR = 0.58 \cdot (R_B / R_A)^{0.55} \quad (5.5.10)$$

Il rapporto IR è costante per ogni bacino, indipendente dal tipo di precipitazione e è intimamente legato alla geomorfologia del bacino e alla struttura della sua risposta idrologica; inoltre, utilizzando questo rapporto, la descrizione dell'IUH può essere fatta in termini di un solo parametro, t_p o q_p .

L'importanza pratica dell'approccio geomorfologico è legata alla possibilità di giungere ad una valutazione, sia pure orientativa, dei parametri della risposta impulsiva anche nel caso di bacini privi di registrazioni idrometriche relative ai livelli dei corsi d'acqua, che sono indispensabili per la taratura dei modelli.

A conferma della validità del metodo sono sempre più frequenti le sue applicazioni, come ad esempio la "Modellazione matematica del bacino idrografico del fiume Brenta", commissionata dall'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione con sede a Venezia (Rinaldo, 2002).

Nel suddetto lavoro è stata ricostruita la risposta idrologica del bacino idrografico del fiume Brenta, con sezione di chiusura a Bassano del Grappa, utilizzando il metodo del Curve Number per la depurazione delle piogge ed il modello geomorfologico per la determinazione dell'idrogramma di piena.

Nel 1982 Rodriguez-Iturbe fece un ulteriore sviluppo teorico e, considerando il fatto che l'IUH rappresenta la distribuzione di frequenza dei tempi di arrivo alla sezione di chiusura delle singole particelle di pioggia che cadono sul bacino, introduce ed amplia la teoria dell'Idrogramma Unitario Istantaneo Geomorfoclimatico (GIUH) (Rodriguez-Iturbe, González-Sanabria, Bras, 1982, Rodriguez-Iturbe, González-Sanabria, Caamaño, 1982).

Infatti, continuando il ragionamento fatto per l'IUH Geomorfoclimatico, si ha che sia l'intensità che la durata della precipitazione sono contenute nella velocità v che compare nelle formule (5.5.4) e (5.5.5) e che, come già detto, può considerarsi costante.

Seguendo queste assunzioni, v può essere espressa analiticamente come funzione di i_r e di t_r e delle caratteristiche geomorfologiche medie del bacino di ordine 1, le quali sono a loro volta legate ai bacini di ordine superiore dalle leggi geomorfologiche. Rodriguez-Iturbe, González-Sanabria, Bras (1982).

La risposta di un bacino dipende dall'intensità e dalla durata della pioggia netta, conseguendone la non linearità. Tuttavia, dato che i rami di un certo ordine vengono rappresentati attraverso un canale medio in cui il parametro dell'onda cinematica vale α_s , si può sostenere che i bacini reali possono essere trattati con linearità.

Per canali rettangolari α_s è definito come:

$$\alpha_s = \frac{S^{1/2}}{n \cdot b^{2/3}} \quad (5.5.11)$$

dove:

S è la pendenza

n coefficiente di scabrezza di Manning espresso in $[s/m^{1/3}]$

b è la larghezza del canale espressa in $[m]$

Per quanto riguarda la velocità, questa può essere espressa dalla:

$$v = 0.665 \cdot \alpha_{\Omega}^{0.6} \cdot (i_r \cdot A_{\Omega})^{0.4} \quad (5.5.12)$$

in cui i coefficienti tengono conto delle conversioni delle unità di misura.

Sostituendo quest'ultima equazione nelle (5.5.4) e (5.5.5) si ottiene il picco e il tempo di picco dell'idrogramma:

$$q_p = \frac{0.871}{\Pi_i^{0.4}} \quad (5.5.13)$$

$$t_p = 0585 \cdot \Pi_i^{0.4} \quad (5.5.14)$$

ed inoltre, dal fatto che $\frac{q_p \cdot t_b}{2} = 1$ si ottiene la durata del GIUH, t_b :

$$t_b = \frac{2}{q_p} \quad (5.5.15)$$

Per calcolare i parametri fondamentali del GIUH si deve prima calcolare:

$$\alpha_{\Omega} = \frac{S_{\Omega}^{1/2}}{n \cdot b_{\Omega}^{2/3}} \quad (5.5.16)$$

$$\Pi_i = \frac{L_{\Omega}^{2.5}}{i_r \cdot A_{\Omega} \cdot R_L \cdot \alpha_{\Omega}^{1.5}} \quad (5.5.17)$$

dove:

$L_{\Omega}, A_{\Omega}, R_L, \alpha_{\Omega}$ parametri geomorfologici

i_r parametro climatico.

A questo punto è possibile determinare la portata di picco Q_p dell'idrogramma di piena ed il tempo ad essa corrispondente T_p .

Riassumendo, quindi, dato che il picco q_p e il tempo di picco t_p del GIUH sono variabili casuali la cui distribuzione dipende dalla geomorfologia del bacino e dalle caratteristiche climatiche, espresse da i_r e t_r , una volta determinate le funzioni di densità di probabilità di q_p e t_p risulta risolto il problema della determinazione del GIUH.

Accettato il fatto che q_p e t_p variano tra un evento e l'altro, è possibile verificare come questo si ripercuota su Q_p e T_p , riflettendo la dipendenza del GIUH dal fattore climatico.

Gli idrogrammi ottenuti sono in funzione del tipo di piovosità (basse, medie, alte, molto alte). Pertanto, la differenza sostanziale con la teoria dell'IUH risiede nel fatto che non si determina un solo IUH per un dato bacino, bensì se ne trovano diversi in funzione del tipo di precipitazione, e, di conseguenza, in base al tempo di ritorno T_R , garantendo, così, la linearità della risposta per quel tipo di precipitazioni.

5.6 RICOSTRUZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DEL 5-7 OTTOBRE 1998

Applicando il metodo del Curve Number (§5.1) per la determinazione delle precipitazioni efficaci ed il metodo dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico (§5.5) è stato possibile ricostruire l'evento di piena verificatosi nei giorni 5-7 ottobre 1998.

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'onda di piena, sono stati considerati i tre sottobacini principali del bacino collinare, ovvero quello del torrente Corno, del rio Lini e del torrente Ripudio. Su di essi è stata applicata la precipitazione media oraria calcolata su tutto il bacino collinare, depurata con il Curve Number del sottobacino relativo. Il Curve Number medio CN(II) adottato è quello risultante da un'approfondita analisi del territorio (§5.2, §5.3, §5.4).

Nella Tabella 5.6.1 sono riportati i parametri utilizzati nell'elaborazione.

Parametri dei sottobacini principali del bacino collinare del torrente Corno		
TORRENTE CORNO	Pendenza asta principale	0,001493
	Larghezza asta principale	20 m
	Lunghezza asta principale	4,018 km
	Area bacino collinare	24,24 km ²
	Rapporto delle lunghezze R_L	2,165
	Coefficiente di scabrezza di Manning	0,033
	Curve Number	CN(II)=75
RIO LINI	Pendenza asta principale	0,003587
	Larghezza asta principale	10 m
	Lunghezza asta principale	4,46 km
	Area bacino collinare	21,81 km ²
	Rapporto delle lunghezze R_L	1,975
	Coefficiente di scabrezza di Manning	0,033
	Curve Number	CN(II)=70

TORRENTE RIPUDIO	Pendenza asta principale	0,006236
	Larghezza asta principale	4 m
	Lunghezza asta principale	6,43 km
	Area bacino collinare	12,34 km ²
	Rapporto delle lunghezze R_L	2,07
	Coefficiente di scabrezza di Manning	0,06
	Curve Number	CN(II)=67

Tabella 5.6.1: parametri utilizzati per la ricostruzione degli eventi

Nella Figura 5.6.1 sono riportati i risultati ottenuti.

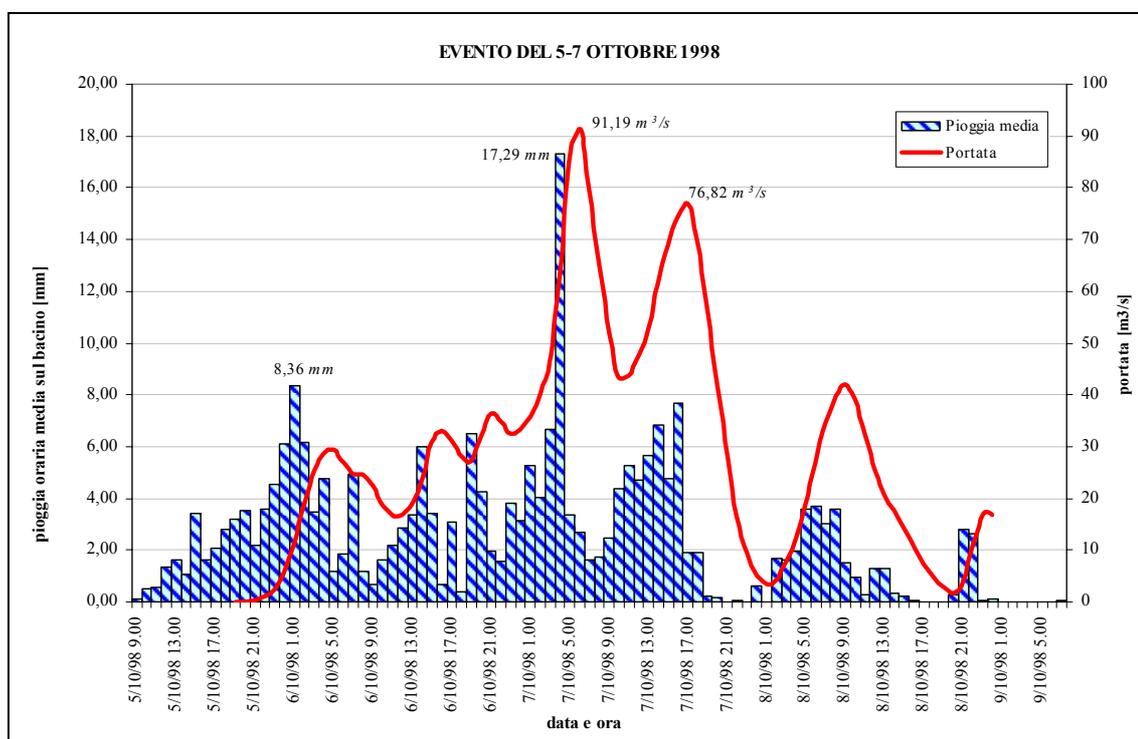


Figura 5.6.1: ricostruzione onda di piena dell'evento 5-7 ottobre 1998

Nella Tabella 5.6.2 sono riportati i valori delle portate orarie ricostruite con il GIUH.

giorno	ora	Portata GIUH [m^3/s]
05/10/98	9.00	0,01
	10.00	0,10
	11.00	0,36
	12.00	1,00
	13.00	2,47
	14.00	5,49
	15.00	11,22
	16.00	19,12
	17.00	25,40

giorno	ora	Portata GIUH [m^3/s]
07/10/98	0.00	43,32
	1.00	43,73
	2.00	47,61
	3.00	53,23
	4.00	61,32
	5.00	69,00
	6.00	74,58
	7.00	76,82
	8.00	69,83

	18.00	28,62		9.00	56,27
	19.00	29,35		10.00	41,36
	20.00	26,80		11.00	27,62
	21.00	24,73		12.00	16,66
	22.00	24,77		13.00	9,42
	23.00	22,35		14.00	5,09
06/10/98	0.00	18,38		15.00	3,50
	1.00	16,54		16.00	4,19
	2.00	16,78		17.00	7,77
	3.00	18,91		18.00	12,69
	4.00	24,12		19.00	18,74
	5.00	30,80		20.00	26,94
	6.00	33,12		21.00	34,64
	7.00	31,01		22.00	39,84
	8.00	28,11		23.00	42,07
	9.00	27,31	08/10/98	0.00	39,10
	10.00	32,06		1.00	32,16
	11.00	36,28		2.00	25,15
	12.00	34,81		3.00	20,68
	13.00	32,57		4.00	17,59
	14.00	33,34		5.00	14,08
	15.00	35,95		6.00	10,35
	16.00	40,63		7.00	7,17
	17.00	46,49		8.00	4,63
	18.00	63,31		9.00	2,82
	19.00	86,59		10.00	1,82
	20.00	91,19		11.00	4,00
	21.00	79,48		12.00	11,07
	22.00	65,02		13.00	16,97
	23.00	51,48		14.00	16,73

Tabella 5.6.2: portate dell'evento del 5-7 ottobre 1998 ricostruite con il GIUH

La determinazione dell'Idrogramma Istantaneo Unitario Geomorfoclimatico è stata fatta seguendo due metodologie:

- calcolando un GIUH per ogni intensità oraria di precipitazione, facendone poi la composizione
- calcolando un unico GIUH in base all'intensità media della precipitazione attorno al picco.

Valutando i risultati ottenuti con i due metodi e confrontandoli con i valori misurati, si è constatata la maggior idoneità del secondo metodo.

Nella Figura 5.6.1 viene indicato in rosso l'idrogramma di piena ottenuto con il GIUH calcolato con l'intensità media della precipitazione attorno al picco; inoltre, sono riportate le precipitazioni totali medie orarie sul bacino collinare.

Il coefficiente di deflusso del bacino in occasione di quest'evento risulta essere pari a 0,6 ottenuto con i valori ricostruiti.

La mancanza di misure di portata e di livello idrometrico in prossimità della sezione di chiusura del bacino non permette di poter stabilire con certezza il valore delle portate defluite, tuttavia i risultati ottenuti ben si accordano con i valori ricostruiti mediante testimonianze dirette. L'attuale idrometro posto alla sezione di chiusura è stato installato nel 2004, quindi non risulta utile in alcun modo per la ricostruzione di questo evento.

5.7 RICOSTRUZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DEL 31 OTTOBRE 2004

Per la ricostruzione dell'evento del 31 ottobre 2004 sono state applicate le stesse considerazioni fatte nel paragrafo precedente.

Per quanto riguarda i parametri utilizzati per il calcolo del GIUH si veda la Tabella 5.6.1 nel paragrafo precedente.

Nella Tabella 5.7.1 sono riportati i valori delle portate dell'evento del 31 ottobre 2004 ricostruite con il GIUH, seguendo le due ipotesi già enunciate al § 5.6.

Nella Figura 5.7.1 sono riportati i risultati ottenuti.

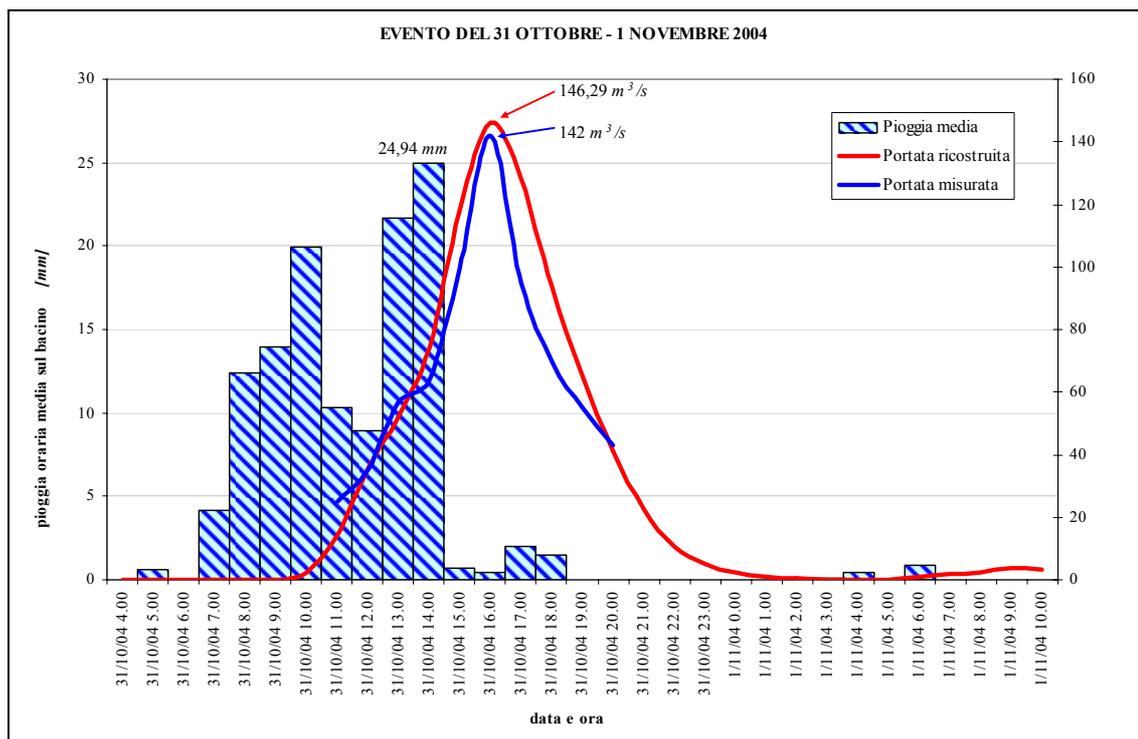


Figura 5.7.1: ricostruzione onda di piena dell'evento 31 ottobre 2004

Dall'analisi dell'evoluzione spazio-temporale delle precipitazioni è stata considerata la stazione di San Daniele come caratterizzante questo singolo evento. Ciò ha consentito di individuare il tempo di ritorno dell'evento, che è risultato essere di circa 15 anni, corrispondente ad una precipitazione di 106,8 mm in 6 ore.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso ottenuto da questa ricostruzione, si ha un valore di 0,35 e 0,39 rispettivamente per i valori di portata misurati e ricostruiti.

giorno	ora	Portata GIUH [m^3/s]
31/10/04	4.00	0
	5.00	0
	6.00	0
	7.00	0
	8.00	0
	9.00	0,03
	10.00	2,22
	11.00	14,23
	12.00	35,51
	13.00	52,08
	14.00	74,2
	15.00	118,57
	16.00	146,29
	17.00	127,99
	18.00	93,8
	19.00	65,01
	20.00	41,23
	21.00	22,76
	22.00	10,8
	23.00	5
01/11/04	0.00	2,36
	1.00	0,93
	2.00	0,24
	3.00	0,06
	4.00	0,07
	5.00	0,19
	6.00	0,85
	7.00	1,71
	8.00	2,48
	9.00	3,57
	10.00	3,43

Tabella 5.7.1: portate dell'evento del 31 ottobre 2004 ricostruite con il GIUH

5.8 RICOSTRUZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DEL 23-25 DICEMBRE 2009

Per la ricostruzione dell'evento del 23-25 dicembre 2009 sono state applicate le stesse considerazioni fatte nei paragrafi precedenti.

Per quanto riguarda i parametri utilizzati per il calcolo del GIUH si veda la Tabella 5.6.1 nel paragrafo precedente.

Nella Tabella 5.8.1 sono riportati i valori delle portate dell'evento del 23-25 dicembre 2009 ricostruite con il GIUH, seguendo le due ipotesi già enunciate al § 5.6.

Nella Figura 5.8.1 sono riportati i risultati ottenuti.

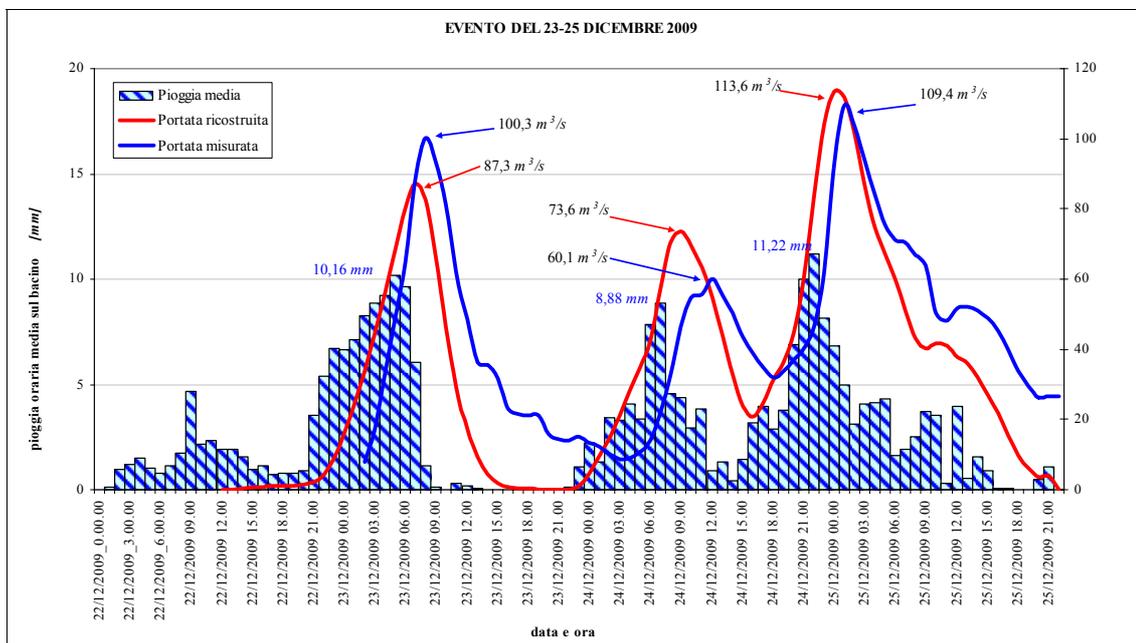


Figura 5.8.1: ricostruzione onda di piena dell'evento 23-25 dicembre 2009

Dall'analisi dell'evoluzione spazio-temporale delle precipitazioni è stata considerata la stazione di San Daniele come caratterizzante questo singolo evento. Ciò ha consentito di individuare il tempo di ritorno, associato a 6 ore di precipitazione, che è risultato essere di circa 1,5 anni.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso ottenuto da questa ricostruzione, si ha un valore di 0,71 e 0,63 rispettivamente per i valori di portata misurati e ricostruiti.

giorno	ora	Portata GIUH medio sul picco [m ³ /s]
23/12/2009	2.00	7,93
	3.00	17,41
	4.00	33,04
	5.00	48,81
	6.00	64,59
	7.00	88,57
	8.00	100,28
	9.00	93,45
	10.00	81,30
	11.00	62,07
	12.00	48,62
	13.00	36,16
	14.00	35,63
	15.00	31,69
16.00	22,84	

giorno	ora	Portata GIUH medio sul picco [m ³ /s]
	17.00	34,93
	18.00	32,08
	19.00	33,76
	20.00	36,98
	21.00	40,15
	22.00	46,47
	23.00	62,22
25/12/2009	0.00	93,12
	1.00	109,41
	2.00	103,64
	3.00	93,77
	4.00	84,24
	5.00	75,42
	6.00	71,05
7.00	70,53	

	17.00	21,66		8.00	66,94
	18.00	21,33		9.00	64,00
	19.00	21,03		10.00	50,29
	20.00	15,65		11.00	47,98
	21.00	14,44		12.00	51,59
	22.00	14,13		13.00	51,96
	23.00	14,94		14.00	51,11
24/12/2009	0.00	13,43		15.00	48,92
	1.00	12,24		16.00	45,31
	2.00	10,04		17.00	39,90
	3.00	8,59		18.00	33,67
	4.00	8,80		19.00	29,49
	5.00	10,92		20.00	26,08
	6.00	14,16		21.00	26,60
	7.00	21,99		22.00	26,69
	8.00	32,87			
	9.00	46,48			
	10.00	54,61			
	11.00	55,74			
	12.00	60,12			
	13.00	55,48			
	14.00	50,31			
	15.00	43,33			
	16.00	38,63			

Tabella 5.8.1: portate dell'evento del 23-25 dicembre 2009

5.9 INDIVIDUAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA DI PROGETTO

La mancanza di una serie storica di misure di portata per il bacino collinare del torrente Corno non consente di effettuare uno studio statistico allo scopo di individuare una portata di progetto. D'altra parte la scarsità di stazioni pluviometriche ed idrometriche non ha consentito di ricostruire e verificare in maniera precisa gli eventi significativi verificatesi prima del 2000.

Per quanto riguarda lo studio della risposta idrologica del bacino collinare del torrente Corno, circa il 20% della superficie del bacino, corrispondente ad un'ampia area bonificata conosciuta come Paludo, è stata esclusa dal calcolo, in quanto, in condizioni di piena, non è in grado di scaricare nel canale Corno-Ledra subendo un'azione di rigurgito. Per tenere in conto di questo deficit di area, dopo attente valutazioni ed analisi, il picco dell'onda di progetto è stato approssimato alla decina superiore.

Per l'individuazione dell'onda di progetto è stato analizzato dapprima l'evento del 2004, che ha consentito di individuare il valore di picco della portata duecentenaria, e successivamente sono stati analizzati gli eventi del 1998 e del 2009 che, avendo una struttura a più picchi, rappresentano la tipologia di evento maggiormente pericolosa per il bacino collinare del torrente Corno.

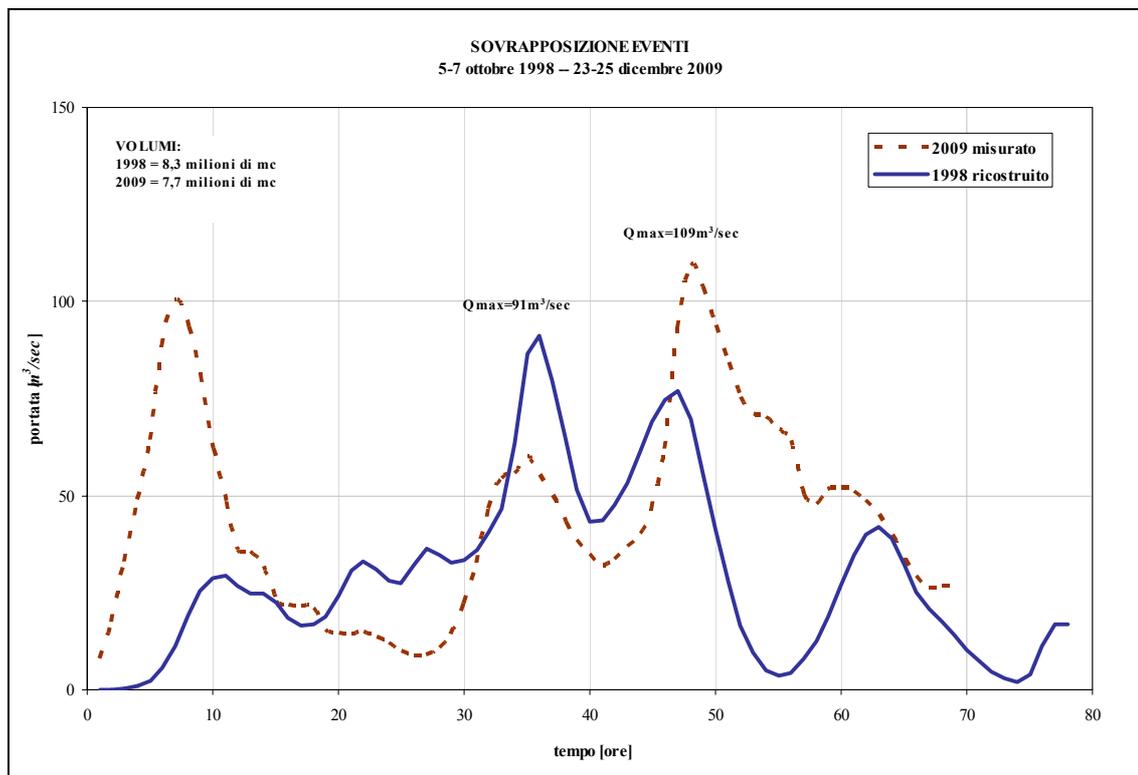


Figura 5.9.1: sovrapposizione degli eventi del 1998 e del 2009

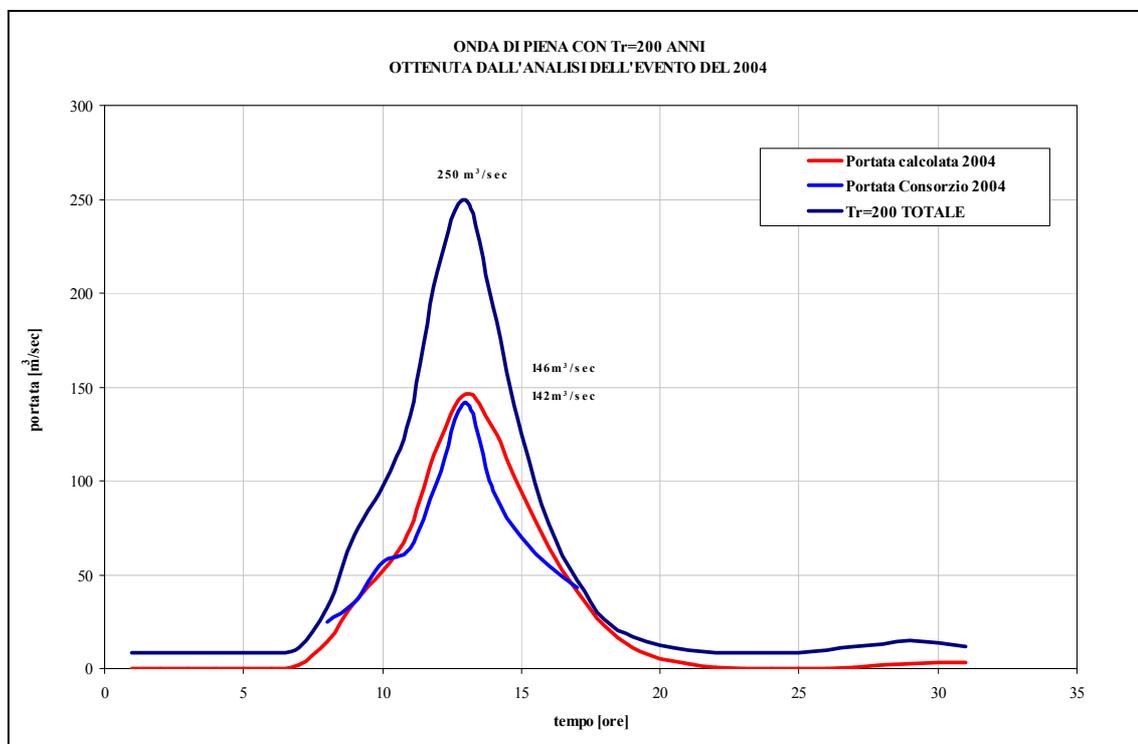


Figura 5.9.2: ricostruzione del picco di piena con tempo di ritorno di 200 anni, sulla base dell'evento del 31 ottobre - 1 novembre 2004

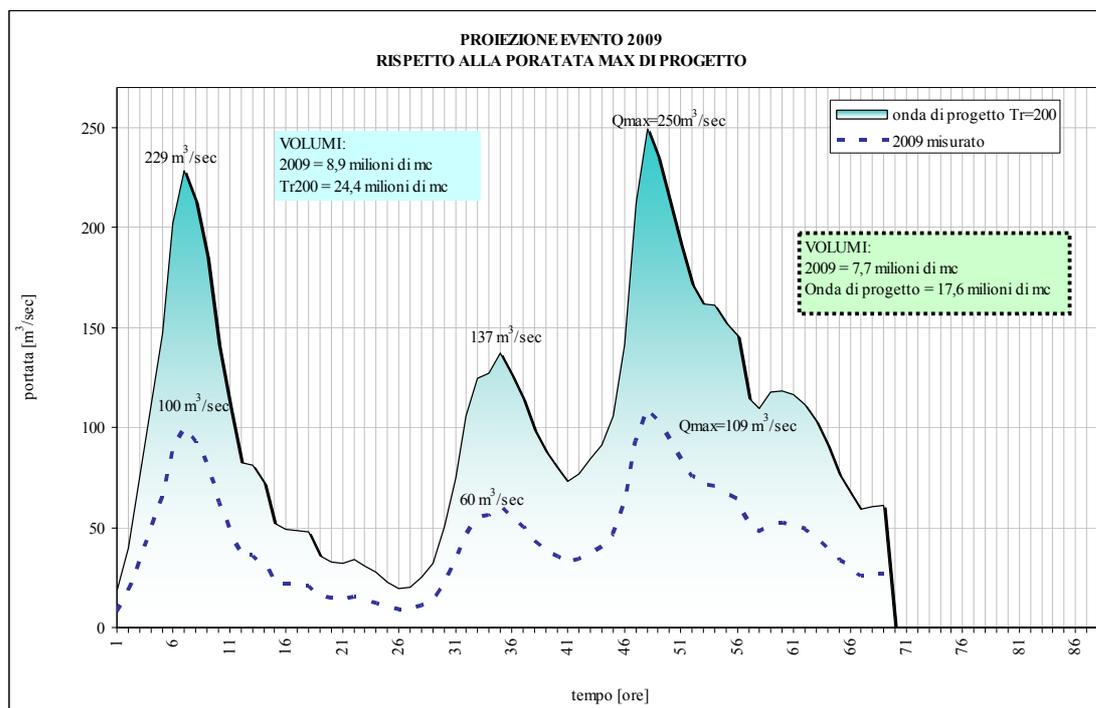


Figura 5.9.3: onda di piena di progetto con il picco massimo relativo ad un tempo di ritorno di 200 anni

Tra questi ultimi due eventi è stato considerato quello del 23-25 dicembre 2009, dotato di una maggiore completezza di informazioni misurate, ed è stato “traslato” fino a far coincidere il picco principale con il valore della portata con tempo di ritorno di 200 anni, individuata sulla base dell’evento del 2004.

Riassumendo, gli eventi scelti come riferimento per la determinazione dell’onda di piena di progetto sono stati quelli del 31 ottobre 2004 e del 23-25 dicembre 2009.

Il metodo utilizzato è stato quello di determinare il tempo di ritorno alla stazione di San Daniele per la pioggia massima cumulata sulle 6 ore durante l’evento del 2004, che è risultato essere di ≈ 15 anni.

La scelta di analizzare le piogge cumulate sulle 6 ore deriva dal fatto che il tempo di concentrazione stimato per il bacino collinare risulta avere tale ordine di grandezza.

Il passo successivo è stato quello di individuare il valore corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni, sempre per la stessa stazione. Facendo il rapporto tra questi due valori si è determinato il coefficiente da applicare alle piogge medie sul bacino collinare calcolate per l’evento del 2004. È stata poi effettuata la depurazione delle stesse con il metodo del Curve Number, ottenendo così il valore del picco di progetto.

Per l’individuazione della piena di progetto si è utilizzato il metodo del GIUH medio sul picco, in modo da avere una coerenza con il metodo di depurazione delle piogge, che non tiene conto della fenomenologia con cui si verifica l’infiltrazione del terreno nei diversi intervalli di tempo, ma che rappresenta un’analisi delle caratteristiche globali di risposta del bacino.

Nel dettaglio, per la ricostruzione delle onde utilizzate per la determinazione dell’onda di progetto, è stata effettuata la composizione delle onde derivanti dai tre sottobacini principali Corno, Lini e Ripudio, per la determinazione delle quali è stata applicata la precipitazione media oraria su tutto il bacino collinare, depurata con i valori

del Curve Number dei singoli sottobacini. Il modello di calcolo, note le precipitazioni efficaci sui sottobacini, calcola le onde di piena del torrente Corno e del rio Lini, le compone e le propaga fino al nodo con l'immissione dell'onda di piena del torrente Ripudio, in prossimità della sezione di chiusura del bacino collinare.

Nella Tabella 5.9.1 e nella Figura 5.9.1 sono riportati i risultati ottenuti con tale procedimento.

Le ore riportate nella Tabella 5.9.1 sono considerate come successione temporale e non fanno alcun riferimento ad una collocazione temporale dell'evento. In sostanza l'evento di progetto risulta avere una durata di circa 70 ore.

tempo	Portata di progetto Tr=200 anni	tempo	Portata di progetto Tr=200 anni
1	18	36	126
2	40	37	115
3	75	38	99
4	111	39	88
5	147	40	80
6	202	41	73
7	229	42	77
8	213	43	84
9	185	44	92
10	142	45	106
11	111	46	142
12	82	47	212
13	81	48	250
14	72	49	236
15	52	50	214
16	49	51	192
17	49	52	172
18	48	53	162
19	36	54	161
20	33	55	153
21	32	56	146
22	34	57	115
23	31	58	109
24	28	59	118
25	23	60	118
26	20	61	117
27	20	62	112
28	25	63	103
29	32	64	91
30	50	65	77
31	75	66	67
32	106	67	59
33	124	68	61
34	127	69	61
35	137		

Tabella 5.9.1: portate piena di progetto con Tr = 200 anni

BIBLIOGRAFIA

- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W. Applied hydrology, McGraw-Hill, New York, 1988.
- Comel A., Nassimbeni P., Nazzi P., Carta Pedologica della Pianura Friulana e del connesso anfiteatro morenico del Tagliamento, CRSA, Udine, 1982.
- D'Agostino V., Carraro V., Conoscere il sistema fiume, Atti del 41.mo corso di Cultura in Ecologia, 2005.
- ERSA, Suoli e Vigneti – Vocazione viticola della zona a D.O.C. “Friuli Grave”, 2005.
- Fao, World Reference Base for Soil Resources - World Soil Resources Report n.84., FAO, Roma, 1998.
- Henderson FM., Some properties of the unit hydrograph, J. Geophys. Res., 68(10), pg 4785-4793, 1966.
- Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità, Centro Comune di Ricerca Commissione Europea, I-21020-Ispra, MOLAND-FVG Consumo ed uso del territorio del Friuli-Venezia Giulia, 2000.
- Marocco R., Analisi palinologiche ed età radiocarbonio nei depositi torbosi più superficiali dell'anfiteatro morenico del Tagliamento, Gortania, Atti Museo Friulano Storia Naturale, 19, pg. 43-52, 1997.
- Michelutti G. et al., Manuale per il rilevamento dei suoli, documento inedito, Ufficio del suolo, ERSA, Pozzuolo del Friuli (UD), 1999.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Carta Geologica d'Italia 1:50.000, Foglio 066 Udine, Progetto CARG, 2008.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia, scala 1:150000, 2006.
- Rinaldo A., Modellazione matematica del bacino idrografico del Brenta (chiuso a Bassano del Grappa) – Relazione finale, Univ. degli Studi di Padova (Dipart. di ingegneria idraulica, marittima, ambientale e geotecnica), Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave Brenta-Bacchiglione, Padova, 2002.
- Rodriguez-Iturbe I., González-Sanabria M., Bras R. L., A geomorphoclimatic theory of the instantaneous unit hydrograph, Water Resources Research, 18(4), 877 – 886, August 1982.
- Rodriguez-Iturbe I., González-Sanabria M., Caamaño G., On the climatic dependence of the IUH: a rainfall-runoff analysis of the nash model and the geomorphoclimatic theory, Water Resources Research, 18(4), 887 – 903, August 1982.
- Rodriguez-Iturbe I., Valdéz J. B., The geomorphologic structure of hydrologic response, Water Resources Research, 15(6), 1409 – 1420, December 1979.
- Sherman L.K., Streamflow from rainfall by the unit-graph method, Eng. News. Rec., vol 108, pg 501-505, 7 April 1932.
- Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1972.

6. MODELLO IDRAULICO DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA

Il tratto del torrente Corno, oggetto delle modellazioni effettuate in questo Piano, è lungo 30 km circa e si estende dal Comune di Rive d'Arcano, a valle dello scolmatore di piena, fino al Comune di Codroipo.

Le verifiche idrauliche condotte su questo tratto sono state svolte attraverso la messa a punto e l'implementazione di un modello di simulazione che rappresenta, in dettaglio, la reale geometria del corso d'acqua. I dati geometrici di tutte le sezioni rappresentative dell'asta del torrente sono stati inseriti nel modello in seguito a rilievi e misurazioni effettuati direttamente sul territorio o forniti, all'Autorità di bacino, da vari enti pubblici. In seguito, è stata effettuata una taratura del modello attraverso l'individuazione dei coefficienti di scabrezza da attribuire all'alveo ed alle aree interessate da esondazioni. I risultati ottenuti sono stati confrontati con due eventi reali avvenuti nel settembre del 1920 e nell'ottobre del 1987.

6.1 RICHIAMI DI IDRAULICA FLUVIALE

Nei corsi d'acqua naturali, a causa delle variazioni di alimentazione idrica proveniente dai bacini idrografici, il moto è generalmente di tipo vario. Tuttavia, al fine della taratura e verifica del modello, è stato utile calcolare anche una serie di profili idrici a moto permanente.

Si riportano nel seguito alcuni cenni teorici fondamentali, utili per la comprensione delle premesse di calcolo e dei risultati.

I profili di moto permanente

Il livello di pelo libero in ogni sezione si determina risolvendo, per via iterativa, per ogni tronco elementare in cui è suddiviso il canale, l'equazione di bilancio dell'energia:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (6.1.1)$$

dove:

i pedici 1 e 2 indicano i valori relativi alla sezione di valle e di monte del tronco considerato;

Y rappresenta la profondità del pelo libero sul fondo;

Z rappresenta l'altitudine del fondo del canale nel riferimento assoluto;

V rappresenta la velocità media nella sezione;

α è il coefficiente di Coriolis;

g è l'accelerazione di gravità;

h_e rappresenta la perdita complessiva di carico energetico tra le due sezioni.

La Figura 6.1.1 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di monte e quella di valle.

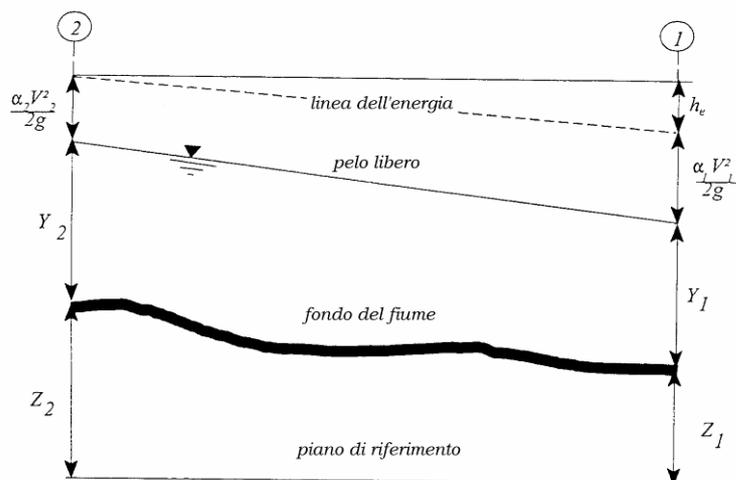


Figura 6.1.1: schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua

Le perdite compressive d'energia h_e tra le due sezioni sono imputabili sia alle perdite continue sia a quelle localizzate dovute a fenomeni d'espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (6.1.2)$$

dove L è la distanza media tra le due sezioni, \bar{J} rappresenta le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni e C è il coefficiente di perdita dovuto all'espansione o contrazione della vena fluida.

Per la valutazione della perdita di carico J è stata utilizzata la formula di Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{2/3} \sqrt{J} \quad (6.1.3)$$

in cui Q è la portata, A è l'area della sezione trasversale occupata dal fluido, R_H è il raggio idraulico della sezione ed n è il coefficiente di scabrezza di Manning.

Dalla precedente relazione si ottiene:

$$J = \frac{n^2 V^2}{R_H^{4/3}} \quad (6.1.4)$$

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti dove la velocità media possa essere ritenuta, ai fini pratici, costante (Figura 6.1.2).

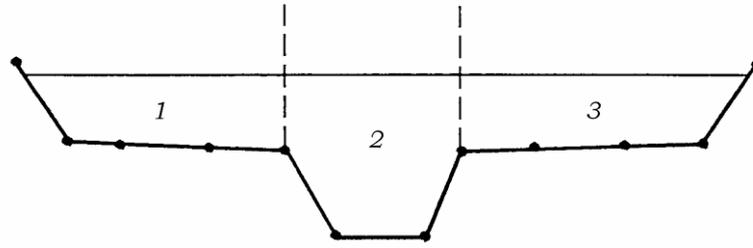


Figura 6.1.2: sezione schematica di un corso d'acqua naturale

Con riferimento alla Figura 6.1.2, indicata con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata d'ogni singola parte i -esima in cui la sezione è stata suddivisa, si ha, in accordo con la formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n} A_i R_{H,i}^{2/3} \quad (6.1.5)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza J risulta pari a:

$$J = \left(\frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (6.1.6)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservando che, per la costanza di J , la portata di ogni singola area $Q_i = K_i \sqrt{J}$ è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale $Q = \sum_i Q_i$.

La 6.1.5 è calcolata in corrispondenza di ogni sezione, da cui la pendenza media della linea dell'energia tra le sezioni 1 e 2 è fornita dall'equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (6.1.7)$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, inoltre, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a $\sum_i Q_i^3 / A_i^2$, e l'energia cinetica calcolata per il valore medio della velocità, e quindi proporzionale a Q^3 / A^2 .

Esprese le portate delle singole parti i -esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si giunge con qualche passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \left(\frac{\sum_i K_i^3}{\sum_i A_i^2} \right) \frac{\left(\sum_i A_i \right)^2}{\left(\sum_i K_i \right)^3} \quad (6.1.8)$$

Calcolati le perdite d'energia h_e ed il coefficiente di Coriolis α , l'equazione 6.1.1,

associata all'equazione di continuità che impone la costanza della portata lungo il tratto, permette di calcolare la quota del pelo libero, $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte, essendo noto, in corrispondenza della sezione di valle, il valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$, quando ci si trovi in condizioni di corrente lenta. Per le correnti veloci l'incognita è la quota del pelo libero all'estremità di valle del tronco, essendo noti i valori già calcolati all'estremità di monte.

Essendo la 6.1.1 un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, che prende avvio da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

Moto vario monodimensionale e bidimensionale

Il moto di una corrente a superficie libera è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come equazioni di De Saint-Venant monodimensionali:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA(J - i_f) = 0 \end{cases} \quad (6.1.9)$$

in cui Q è la portata, A è l'area della sezione trasversale occupata dal fluido, V è la velocità, g è l'accelerazione di gravità e J la pendenza della linea dell'energia.

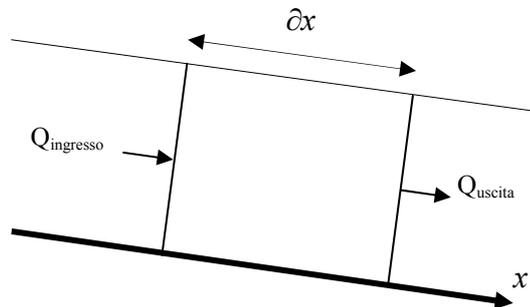


Figura 6.1.3: volume di controllo considerato nelle equazioni di De Saint-Venant

Il moto di una corrente bidimensionale a superficie libera, è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come *Shallow Water Equations*:

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{1}{2}g \frac{\partial h^2}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} + gh(J - i_f) = 0 \\ \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{1}{2}g \frac{\partial h^2}{\partial y} + gh(J - i_f) = 0 \end{cases} \quad (6.1.10)$$

6.2 RILIEVO LASERSCAN DEL TORRENTE CORNO

Al fine di analizzare la geometria e la morfologia dell'alveo del torrente Corno e del territorio circostante, è stato commissionato, nel 2006, un lavoro di rilievo laser aereo che ha interessato l'asta del torrente dalla località San Mauro, nel Comune di Rive d'Arcano, fino a valle della città di Codroipo.

Il rilievo laser aerotrasportato è divenuto, da qualche anno, una metodologia di rilievo topografico di notevole importanza. Il maggior costo economico di tale tecnologia trova un immediato riscontro nella quantità e nella qualità dei dati, nonché nella velocità di esecuzione del rilievo, il quale consiste in una nuvola di punti quotati con densità di rilievo superiore al punto per metro quadrato, che permette di determinare un modello digitale del terreno ad elevata risoluzione.

Questa tecnologia, inoltre, elimina la soggettività insita nel rilievo con strumentazione tradizionale, con la quale è l'operatore a decidere quali siano gli elementi del territorio da misurare, con il rischio di non rilevare alcune strutture difficilmente individuabili ad occhio nudo o coperte dalla vegetazione o non raggiungibili. Al contrario, il non diretto controllo del territorio tramite il rilievo laserscan viene compensato dall'elevata densità di punti rilevati, i quali permettono di mettere in evidenza tutti gli oggetti di dimensioni superiori alla densità di campionamento. Inoltre, rispetto al rilievo fotogrammetrico, la tecnologia laserscan è in grado di fornire la quota del terreno anche qualora si riscontri apparato fogliare di alberi, consentendo così di ottenere una risposta pure in presenza di vegetazione.

Il rilievo dell'asta fluviale del torrente Corno è stato eseguito dal gruppo costituito dalla ditta Helica Srl di Amaro (Ud), dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste e dalla ditta Flycom d.o.o. (SLO). È stato utilizzato un elicottero predisposto ad ospitare l'apparecchiatura per il rilievo di proprietà della ditta Helica. La strumentazione utilizzata, denominata ALTM3100, prodotta dalla ditta canadese Optech, è costituita da un sistema di controllo della posizione dell'apparecchio e da un sistema di rilievo laserscan in grado di operare a 100 Khz. Il sistema di posizionamento inerziale integra un sistema di posizionamento satellitare GPS per la determinazione della posizione assoluta, con un sistema di accelerometri laser sui tre assi per la posizione relativa tra un posizionamento GPS ed il successivo. Inoltre, gli accelerometri laser misurano le oscillazioni di rollio e beccheggio sugli assi longitudinali e trasversali dell'apparecchio.

Il rilievo del terreno viene eseguito dall'apparecchiatura laserscan che invia a terra un impulso laser e ne determina il tempo di ritorno e l'angolo di emissione rispetto alla verticale dell'apparecchio in volo. Il controllo dell'angolo viene effettuato tramite un sistema di specchi riflettenti basculanti.

Nel caso di ostacoli, l'impulso laser produce ritorni multipli che vengono registrati. In questa maniera è possibile distinguere tra il primo ritorno, determinato dalla vegetazione, e l'ultimo, determinato dal punto più basso ovvero dal terreno.

Il risultato finale del rilievo consiste in una nuvola di punti inseriti nello spazio tridimensionale, ai quali corrispondono le coordinate ellissoidiche geocentriche dei punti di riflessione del raggio laser. Per passare al sistema di riferimento locale è necessario operare una trasformazione a sette parametri, valida per la zona oggetto del rilievo, tra il sistema di riferimento IGM95 e quello Gauss-Boaga della cartografia locale. In questa maniera si giunge ad una rappresentazione con accuratezza compatibile alla

rappresentazione topografica della Carta Tecnica Regionale Numerica alla scala 1:5.000 e con accuratezza altimetrica migliore di 15 cm.

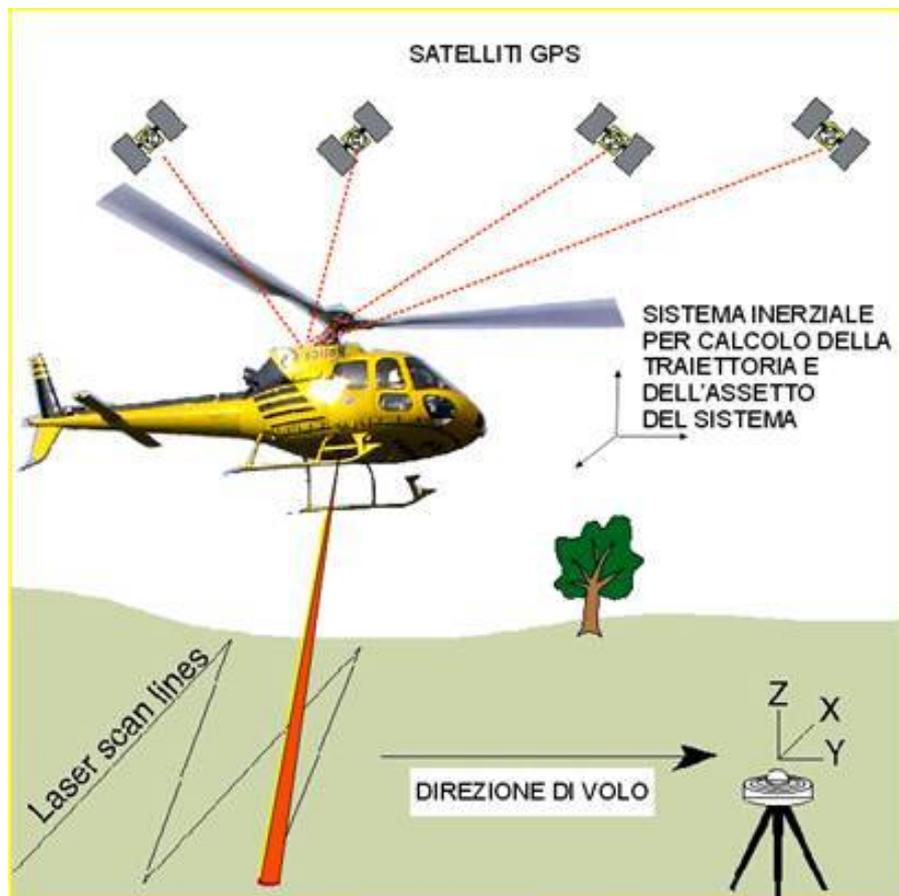


Figura 6.2.1: schema dell'apparecchiatura utilizzata per il rilievo laserscan

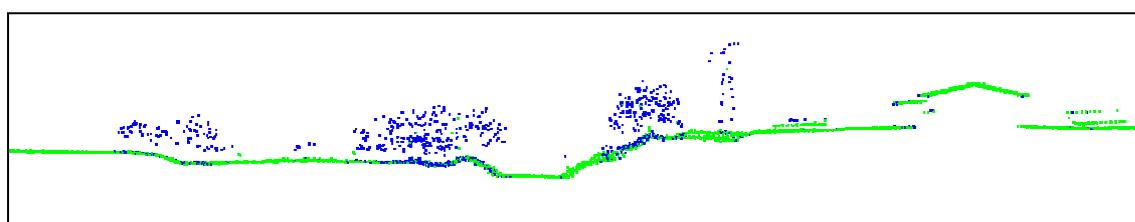


Figura 6.2.2: esempio di sezione del rilievo con evidenziati il primo e l'ultimo impulso laser

Per la determinazione delle quote ortometriche è stato utilizzato un modello geoidico locale calcolato dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, di proprietà dell'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione di Venezia. L'utilizzo di questo modello di geoidi ha introdotto un errore assoluto sulla quota pari a 10 cm su tutta la zona del rilievo.

La restituzione del rilievo lungo l'asta del torrente Corno ha previsto anche il filtraggio dei dati per la rimozione della vegetazione e degli edifici, ottenendo così una nuvola di punti rappresentanti il modello digitale del terreno.

Assieme al rilievo laser sono state effettuate riprese fotografiche con una fotocamera metrica montata a bordo dell'elicottero. Le riprese sono state ortorettificate grazie al modello del terreno ottenuto dal rilievo laser.



Figura 6.2.3: il territorio del torrente Corno

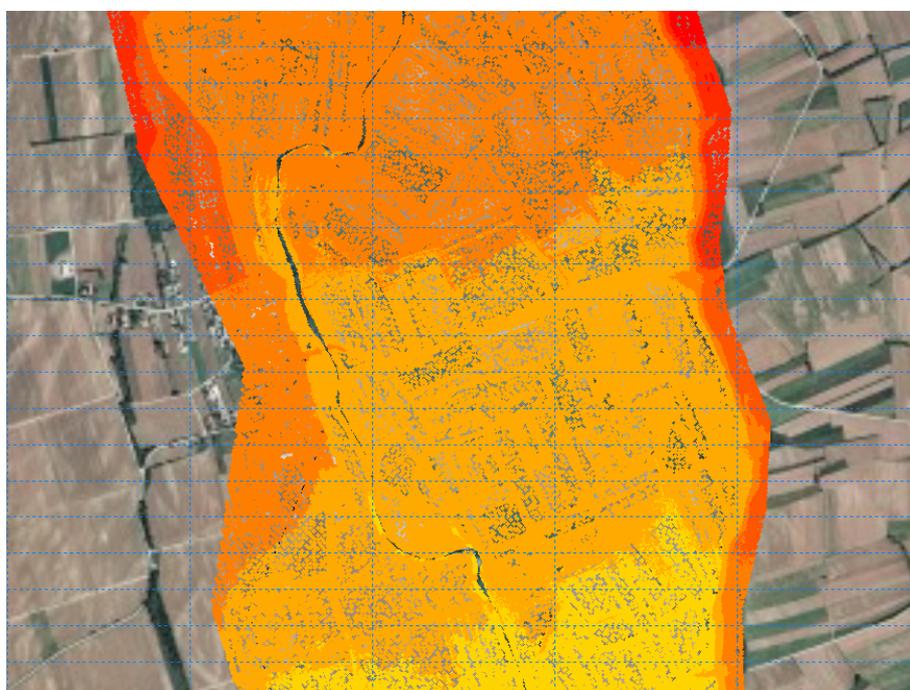


Figura 6.2.4: il territorio del torrente Corno e i punti del rilievo laserscan

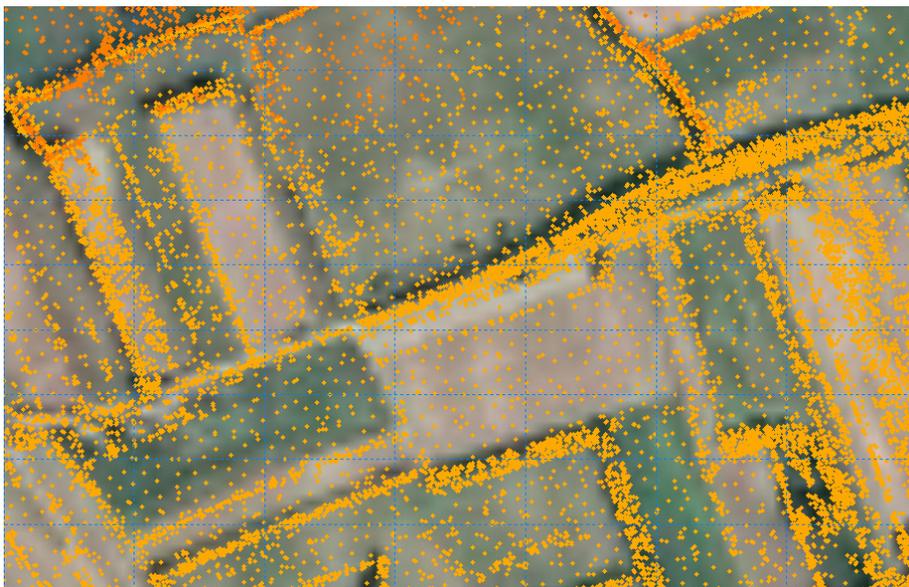


Figura 6.2.5: particolare del rilievo laserscan



Figura 6.2.6: foto ad alta definizione di Nogaredo di Corno effettuata durante il rilievo laserscan del territorio

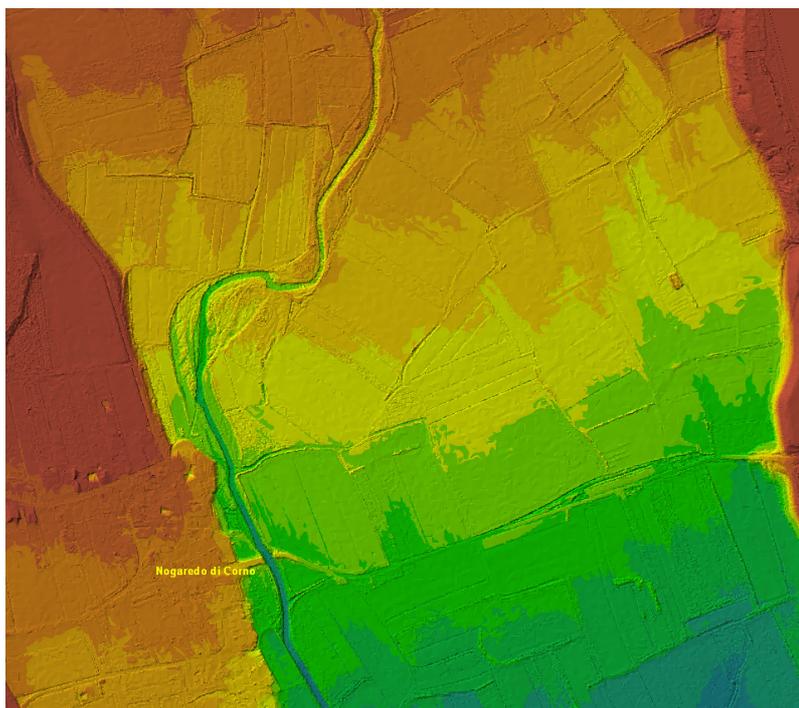


Figura 6.2.7: modello digitale del terreno ottenuto a partire dai dati del rilievo laserscan effettuato. L'immagine mostra la stessa area della figura 6.2.6. Si distingue chiaramente l'alveo del torrente Corno ed i terrazzi adiacenti

6.3 RILIEVI TOPOGRAFICI ED IDRAULICI DEL TORRENTE CORNO DA SAN DANIELE A CODROIPO

In corrispondenza della spalla sinistra del ponte di Barazzetto e sulla spalla destra del ponte stradale a Zompicchia, sono stati installati due idrometri. A Barazzetto è stato installato l'idrometro "aqua level 200" della In-Situ Inc., mentre a Zompicchia è stato installato un Orpheus mini della ditta "Ott". Entrambi gli strumenti misurano le variazioni di livello rilevando la variazione di pressione relativa nell'acqua.



Figura 6.3.1: il ponte sul torrente Corno in località Barazzetto (Comune di Mereto di Tomba) e la posizione della strumentazione idrometrica



Figura 6.3.2: ponte sul torrente Corno in località Zompicchia (Comune di Codroipo). La freccia indica il punto dove è stato posizionato l'idrometro



Figura 6.3.3: a sinistra: l'idrometro di Barazzetto. A destra: l'idrometro di Zompicchia. Il tubo arancione protegge lo strumento e lo mantiene in posizione



Figura 6.3.4: particolare del sensore di pressione denominato “Orpheus mini”, utilizzato nell’idrometro di Zompicchia

Le due installazioni sono poste ad una distanza, misurata lungo il corso, di circa 14 km. Le stazioni idrometriche sono state impostate per rilevare il livello idrico ad intervalli regolari di 15 minuti. Le registrazioni si sono protratte per un periodo di oltre 6 mesi.

Attraverso la strumentazione installata è possibile confrontare l’andamento temporale del livello tra le due stazioni idrometriche (Figura 6.3.5), stimando così il tempo impiegato dalle perturbazioni di livello del torrente Corno a propagarsi lungo il corso del torrente stesso. In particolare, correlando le due diverse serie temporali dei livelli rilevati, è stato possibile ricavare un tempo di propagazione delle perturbazioni pari a 2,5-2,75 ore (Figura 6.3.6).

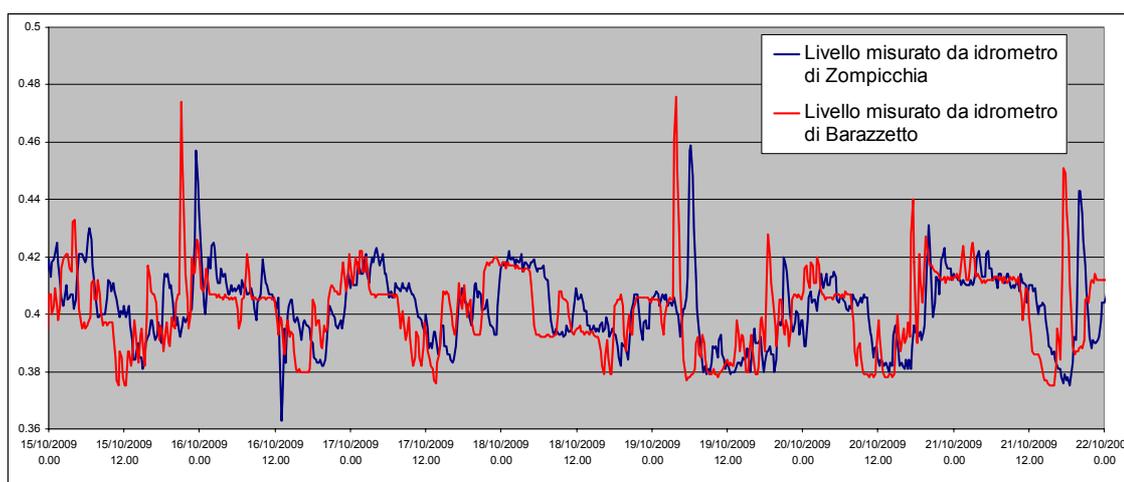


Figura 6.3.5: confronto tra le serie temporali dei livelli rilevati dagli idrometri di Barazzetto e Zompicchia. Nonostante lo sfasamento temporale si nota la corrispondenza tra le forme dei segnali

È stato effettuato un rilievo delle opere idrauliche presenti lungo il corso del

torrente e, in particolare, per i ponti, sono state misurate la luce libera tra pila e pila, l'altezza di intradosso relativa al fondo e l'altezza dell'impalcato stesso. Le misure sono state eseguite utilizzando distanziometri laser e una stazione topografica totale.

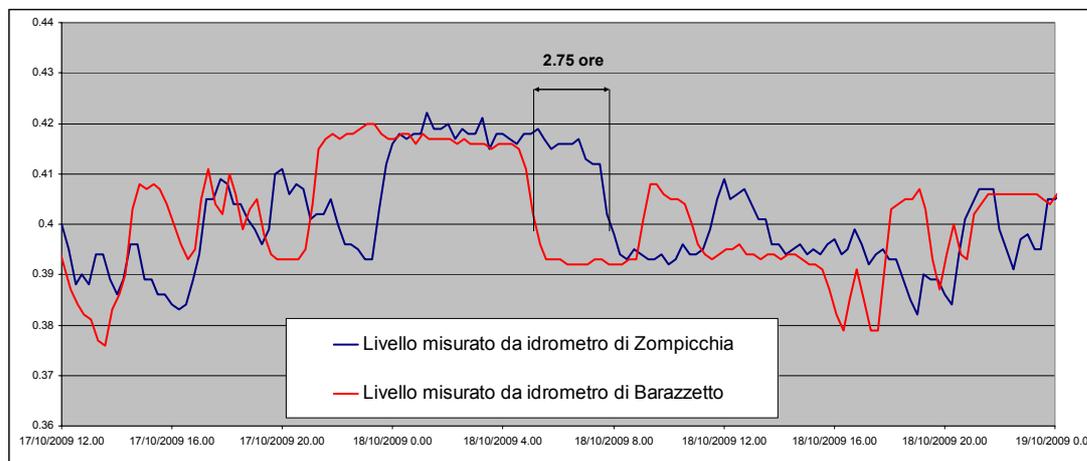


Figura 6.3.6: analisi dei ritardi nella propagazione delle perturbazioni dei livelli idrici rilevate dai due idrometri



Figura 6.3.7: “ponte dei tedeschi” a Pantianicco

Nell'area denominata “Paludo”, nei Comuni di Rive d'Arcano, San Daniele e Majano, è stato necessario procedere con il rilievo di alcune sezioni trasversali del torrente Corno in quanto la profondità dell'acqua è tale da non permetterne l'acquisizione mediante laserscan. Le misure dei corpi arginali sono state eseguite con una stazione totale Gps mentre per il rilievo della batimetria del torrente è stato utilizzato un profilatore ADCP. Per ogni corpo arginale sono stati acquisiti i punti del colmo, il profilo del corpo arginale, se presenti i tratti di golena, ed infine la misura della quota della superficie libera dell'acqua. La strumentazione ADCP, oltre a rilevare

velocità e portata liquida, ha permesso anche di rilevare l'andamento del fondo del canale con quote riferite al pelo libero.



Figura 6.3.8: esecuzione di misure di portata e batimetriche nel torrente Corno

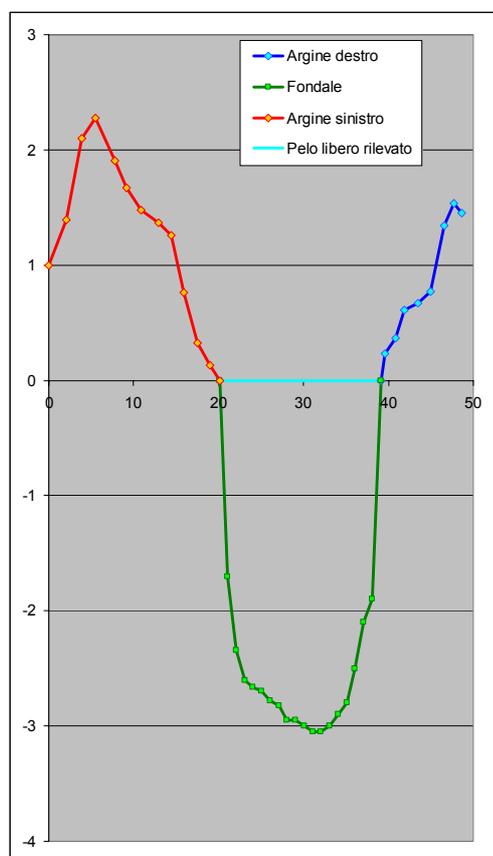


Figura 6.3.9: (a sinistra) esecuzione di misure topografiche tra le sponde del torrente Corno; (a destra) sezione topografica rilevata, con quote riferite alla superficie liquida

Sono state effettuate diverse misure di portata lungo il corso del torrente al fine di stimare in maniera indiretta i coefficienti di scabrezza sul fondo, a partire dalla portata e dalle caratteristiche geometriche dell'alveo di alcune sezioni assegnate (Tabella 6.3.1). I rilievi sono stati eseguiti durante la fase di esaurimento dell'onda di piena nel giorno 1 dicembre 2009.

Sezione di misura	Scabrezza media K calcolata (m ^{1/3} /s)
Ponte ciclabile Codroipo	32,4
Ponte ciclabile Zompicchia	34,7
Pantianicco	31,1
Barazzetto	22,7

Tabella 6.3.1: sezioni e scabrezze misurate

6.4 GEOMETRIA E MORFOLOGIA DELL'ALVEO DEL TORRENTE CORNO DA RIVE D'ARCANO A CODROIPO

Il tratto del torrente Corno, oggetto delle modellazioni idrauliche effettuate nel presente Piano, si estende dallo scolmatore, in località San Mauro (Comune di Rive d'Arcano), fino a valle dell'abitato di Codroipo ed è lungo complessivamente 30 *km*.

Con riferimento all'inquadramento geologico dell'alveo, riportata nel § 3.1, si richiamano all'attenzione le caratteristiche morfologiche del terreno attraversato dal torrente Corno, essendo esse di evidente importanza dal punto di vista idraulico. Si possono, quindi, distinguere due tipologie morfologiche predominanti che caratterizzano il territorio. A partire da San Mauro e andando verso valle, il torrente Corno presenta argini solo in alcuni tratti, scorre incassato all'interno di una depressione delimitata da terrazzamenti aventi altezza superiore a 10 metri, i quali circoscrivono ampie zone d'espansione in parte interessate da urbanizzazione. Tale tipologia caratterizza il territorio fino a Mereto di Tomba, da dove detti terrazzamenti si aprono sulla pianura friulana, determinando una diversa tipologia di territorio in cui l'alveo è delimitato da argini.

Tali caratteristiche sono riconoscibili osservando diverse sezioni lungo l'alveo, ottenute sulla base dei dati plano-altimetrici, disponibili grazie al rilievo effettuato con la tecnologia del laserscan. Per maggior chiarezza si riportano di seguito alcune sezioni tipo.

Partendo, quindi, da nord (Figure 6.4.1 e 6.4.2), si osserva come l'alveo si snodi tra zone di espansione naturale, non molto ampie, ma comunque delimitate da terrazzamenti aventi un dislivello variabile dai 6-20 *metri*. Tale assetto morfologico si estende fino alla località Mereto, in comune di Mereto di Tomba. La larghezza dell'incisione racchiusa dai terrazzamenti si può considerare pressoché costante in tutto il tratto e pari a 1.300 *metri* circa.

Da Mereto di Tomba in poi (Figure da 6.4.3 a 6.4.9) le zone di espansione si allargano ulteriormente, fino a confondersi con la pianura; si allontanano così i terrazzi, i quali non possono più trattenere l'acqua nell'eventualità di esondazioni del torrente Corno nella fascia di pianura da Mereto di Tomba a Codroipo. In tale zona l'alveo risulta in

alcuni tratti racchiuso da argini, come emerge dalle sezioni rappresentate nelle Figure 6.4.7 e 6.4.9. A valle dell'abitato di Codroipo, l'alveo del torrente Corno risulta pensile rispetto al territorio circostante. Il torrente Corno è delimitato da argini che si innalzano per oltre due metri rispetto al piano di campagna circostante.



Figura 6.4.1: a) asta del torrente Corno da Rive d'Arcano a Codroipo: il cerchio colorato indica l'area ingrandita. b) Frazioni di Raucicco, Rodeano Basso, Rodeano Alto e Rivotta, Comune di Rive d'Arcano; in arancione è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 6.4.2

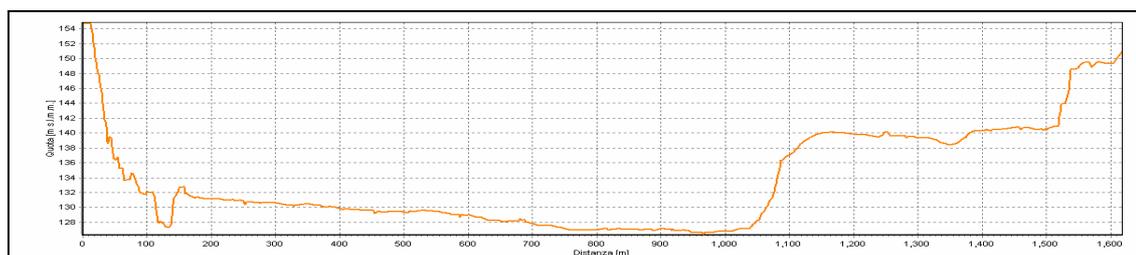


Figura 6.4.2: sezione tipo nel tratto tra Rive d'Arcano e Coseano



Figura 6.4.3: a) asta del torrente Corno da Rive d'Arcano a Codroipo: il cerchio colorato indica l'area ingrandita.
 b) Frazione di Nogaredo di Corno, Comune di Coseano; in arancione è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 6.4.4.

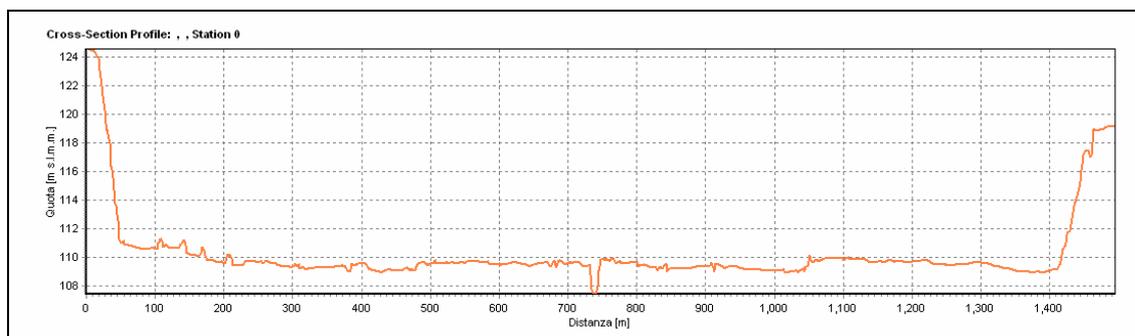


Figura 6.4.4: sezione tipo a Nogaredo di Corno

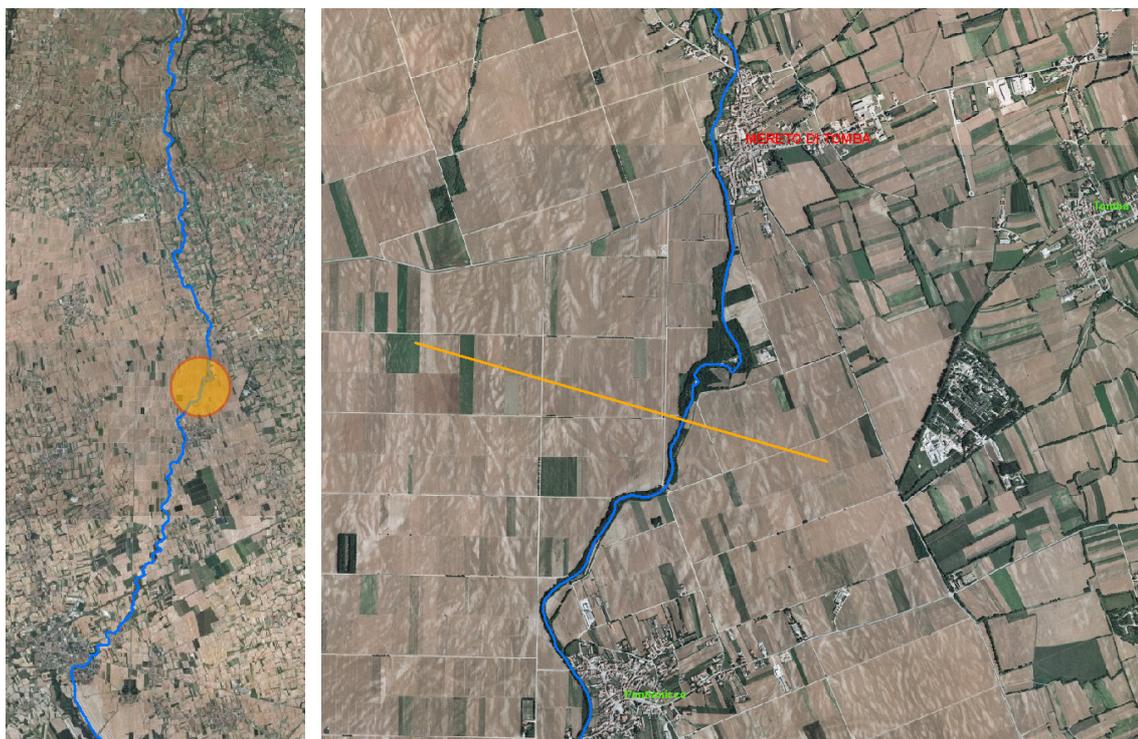


Figura 6.4.5: a) asta del torrente Corno da Rive d'Arcano a Codroipo: il cerchio colorato indica l'area ingrandita; b) Mereto di Tomba; in arancione è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 6.4.6

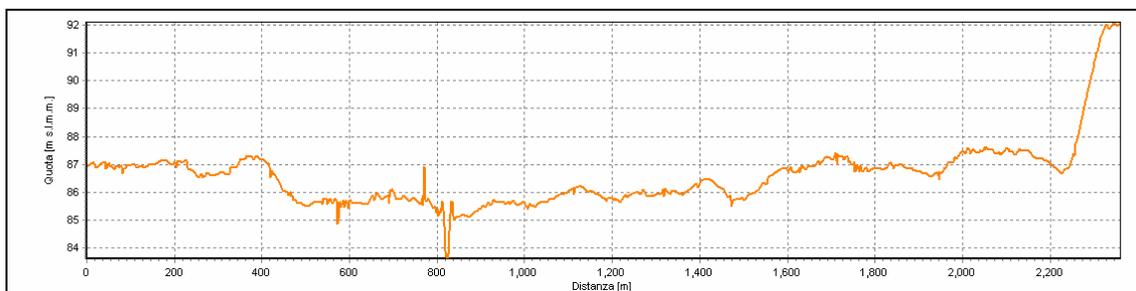


Figura 6.4.6: sezione tipo a sud di Mereto di Tomba



Figura 6.4.7: a) asta del torrente Corno da Rive d'Arcano a Codroipo: il cerchio colorato indica l'area ingrandita; b) Codroipo; in giallo è indicata la posizione della sezione rappresentata in Figura 6.4.9

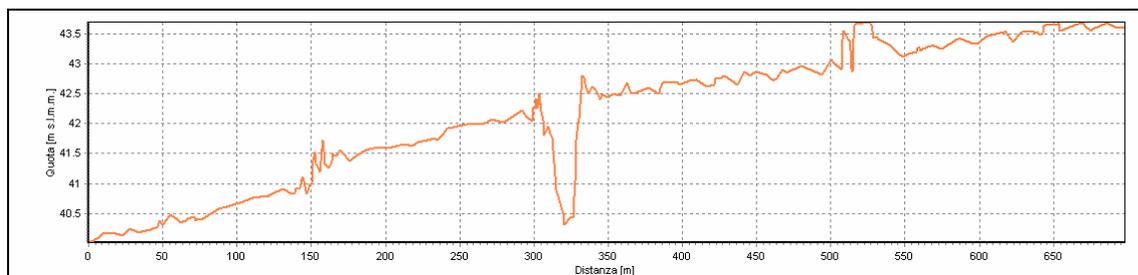


Figura 6.4.8: sezione tipo da Mereto di Tomba fino a monte di Codroipo

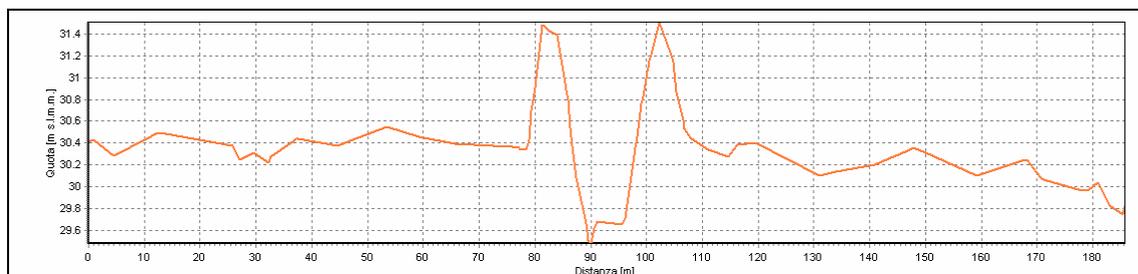


Figura 6.4.9: sezione tipo a valle di Codroipo

6.5 SCABREZZA IDRAULICA DELL'ALVEO

La scabrezza idraulica fornisce informazioni riguardo alla scabrosità della parete, ossia, nel caso di correnti a pelo libero, del fondo dell'alveo in relazione al moto del fluido. In termini fisici essa rappresenta la resistenza al flusso.

In termini di granulometria, una relazione di interesse fluviale che assegna il valore del coefficiente K_S di Gauckler-Strickler è la seguente:

$$K_S = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (6.5.1)$$

dove d_{90} [m] è il diametro cui corrisponde un passante (in peso) pari al 90% del campione.



Figura 6.5.1: alveo del torrente Corno a Raucicco, fraz. di Rive d'Arcano



Figura 6.5.2: alveo del torrente Corno a Mereto di Tomba

La definizione del coefficiente K_S richiede, tuttavia, qualche altra attenzione in quanto la scabrezza intrinseca non è l'unica causa di resistenza al moto; infatti, la difficile determinazione di un coefficiente globale può dipendere da diversi fattori, in particolare, utilizzando il metodo di Cowan è possibile stimare la scabrezza di un tratto d'alveo come:

$$n = m_0 \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad (6.5.2)$$

dove

- n_0 = contributo alla scabrezza dovuto al materiale del fondo;
- n_1 = contributo alla scabrezza in funzione della regolarità del contorno bagnato;
- n_2 = contributo alla scabrezza dovuto alla variazione delle sezioni trasversali dell'alveo;
- n_3 = contributo alla scabrezza dovuto alla presenza di ostacoli e ostruzioni;
- n_4 = contributo alla scabrezza in funzione del tipo e densità di vegetazione;
- m_0 = coefficiente per tener conto della sinuosità del corso d'acqua.

Di seguito vengono riportate alcune caratteristiche tipo del torrente Corno:

vegetazione: in termini di altezza, densità, distribuzione e tipologia della stessa;



Figura 6.5.3: il torrente Corno a Raucicco



Figura 6.5.4: il torrente Corno a Majano

forme di fondo e variazioni di forma: dimensione della sezione trasversale ed eventuali allargamenti e restringimenti che si succedono lungo il corso d'acqua;



Figura 6.5.5: il torrente Corno a Rive d'Arcano



Figura 6.5.6: il torrente Corno a Beano

ostruzioni: macigni, alberi, pile di ponti, sbarramenti, ecc.;



Figura 6.5.7: traversa sul torrente Corno a Rive d'Arcano



Figura 6.5.8: il torrente Corno nei pressi dell'abitato di Zompicchia

regolarità del contorno: in termini di regolarità dell'andamento planimetrico sinuoso o a meandri.

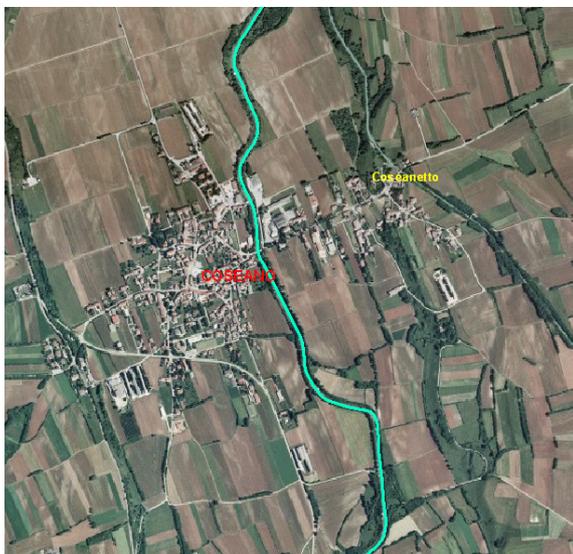


Figura 6.5.9: il torrente Corno nel tratto rettificato presso il Comune di Coseano



Figura 6.5.10: il torrente Corno nei pressi dell'abitato di Beano

Nel caso in cui non si disponga di prove granulometriche precise è possibile far riferimento ai valori presenti in letteratura. La Tabella 6.5.1 riporta i valori del coefficiente di Manning n ($n = 1/K_S$) per i corsi d'acqua naturali suggeriti da *V.T. Chow*.

	MINIMO	NORM.	MAX.
1. Corsi d'acqua minori (larghezza di pelo libero al livello di piena < 30 metri (100 ft))			
<i>a) Corso d'acqua in pianura</i>			
1. Pulito, diritto, in regime di piena, senza incisioni o buche profonde	0,025	0,030	0,033
2. Come sopra, ma con maggior numero di ciottoli ed erbaccia	0,030	0,035	0,040
3. Pulito, tortuoso, con qualche buca e qualche deposito	0,033	0,040	0,045
4. Come sopra, ma con qualche ciottolo ed erbaccia	0,035	0,045	0,050
5. Come sopra, in regime di magra, con scarpate e sezioni più irregolari	0,040	0,048	0,055
6. Come al punto 4, ma con più ciottoli	0,045	0,050	0,060
7. Tratti con corrente lenta, coperti da erbacce, con buche profonde	0,050	0,070	0,080
8. Tratti molto inerbati, buche profonde, o filoni principali con grossi tronchi e sottobosco	0,075	0,100	0,150
<i>b) Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde frequentemente ripide, alberi e sottobosco lungo le sponde sommersibili durante le piene</i>			
1. Fondo: ghiaia, ciottoli e qualche masso	0,030	0,040	0,050
2. Fondo: ciottoli con grandi massi	0,040	0,050	0,070
2. Alvei di esondazione			
<i>a) A prato: senza sterpaglia</i>			
1. Erba bassa	0,025	0,030	0,035
2. Erba alta	0,030	0,035	0,050
<i>b) Aree coltivate</i>			
1. Senza coltura	0,020	0,030	0,040
2. Coltivazione a filari	0,025	0,035	0,045
3. Coltivazioni a campo	0,030	0,040	0,050
<i>c) Sottobosco</i>			
1. Sottobosco rado, molto erboso	0,035	0,050	0,070
2. Sterpaglie rade ed alberi, in inverno	0,035	0,050	0,060
3. Come sopra, in estate	0,040	0,060	0,080
4. Sottobosco da medio folto a folto, in inverno	0,045	0,070	0,110
5. Come sopra, in estate	0,070	0,100	0,160
<i>d) Alberi</i>			
1. Con salici, in estate, dritti	0,110	0,150	0,200
2. Terra disboscata con ceppi, senza getti	0,030	0,040	0,050
3. Come sopra, ma con molti getti	0,050	0,060	0,080
4. Alberi a grosso fusto con poco sottobosco, livello di piena al di sotto delle fronde	0,080	0,100	0,120
5. Come sopra, ma con livello di piena che raggiunge le fronde	0,100	0,120	0,160
3. Corsi d'acqua maggiori			
(larghezza di pelo libero al livello di piena > 30 metri (100 ft))			
Il valore di n è minore di quello dei corsi d'acqua minori di uguale descrizione, poiché le sponde offrono minore resistenza effettiva			
a. Sezione regolare senza massi o sottobosco	0,025	—	0,060
b. Sezione irregolare e scabra	0,035	—	0,100

Tabella 6.5.1: valori del coefficiente di Manning n suggeriti da V.T. Chow

6.6 MODELLO DI CALCOLO

La modellazione numerica del torrente Corno è stata effettuata utilizzando il programma MIKE FLOOD sviluppato dal Danish Hydraulic Institute. Il software MIKE FLOOD si compone di un modello monodimensionale, denominato MIKE 11, e da un modello bidimensionale denominato MIKE 21 FM. Il modello MIKE 11 viene utilizzato per lo studio della propagazione dell'onda di piena nell'alveo del torrente Corno, fenomeno, questo, di tipo prevalentemente monodimensionale, che si sviluppa lungo la direzione dell'asta fluviale, mentre, il modello MIKE 21 FM, permette di simulare i moti bidimensionali che si sviluppano, principalmente, su di un piano, come ad esempio i fenomeni di esondazione.

Il software consente di calcolare i livelli idrici e le velocità corrispondenti alle portate di riferimento sia in condizioni di moto permanente, che in condizioni di moto vario. Inoltre, consente di determinare i profili di correnti lineari in regime di corrente lenta, rapida e mista con sezioni di qualsiasi forma ed in presenza di manufatti idraulici quali pile di ponti, traverse con luci a sfioro libero ed a battente, sfioratori laterali.

Per la teoria idraulica alla base del programma si rimanda al § 6.1, mentre, per un approfondimento maggiore circa l'uso, le basi teoriche ed una serie di applicazioni che ne dimostrano la potenzialità, si rimanda al manuale d'uso "MIKE 21 & MIKE 3 FLOW MODEL FM Scientific Documentation", prelevabile dal sito Internet del DHI.

La geometria del tratto d'asta fluviale interessato dalla propagazione della piena è stata descritta mediante l'inserimento di oltre 400 sezioni trasversali, distanti in media 90 metri.



Figura 6.6.1: rappresentazione delle sezioni trasversali individuate e inserite nel modello numerico monodimensionale

Le sezioni sono state scelte in modo da essere rappresentative di un tratto di torrente, tenendo quindi conto di tutte le variazioni altimetriche e planimetriche del tracciato dell'alveo, dei salti di fondo, di allargamenti o restringimenti d'alveo, ecc. In aggiunta alle sezioni geometriche, sono state rilevate ed inserite anche tutte le infrastrutture presenti lungo l'asta (ponti, guadi, sbarramenti, briglie).

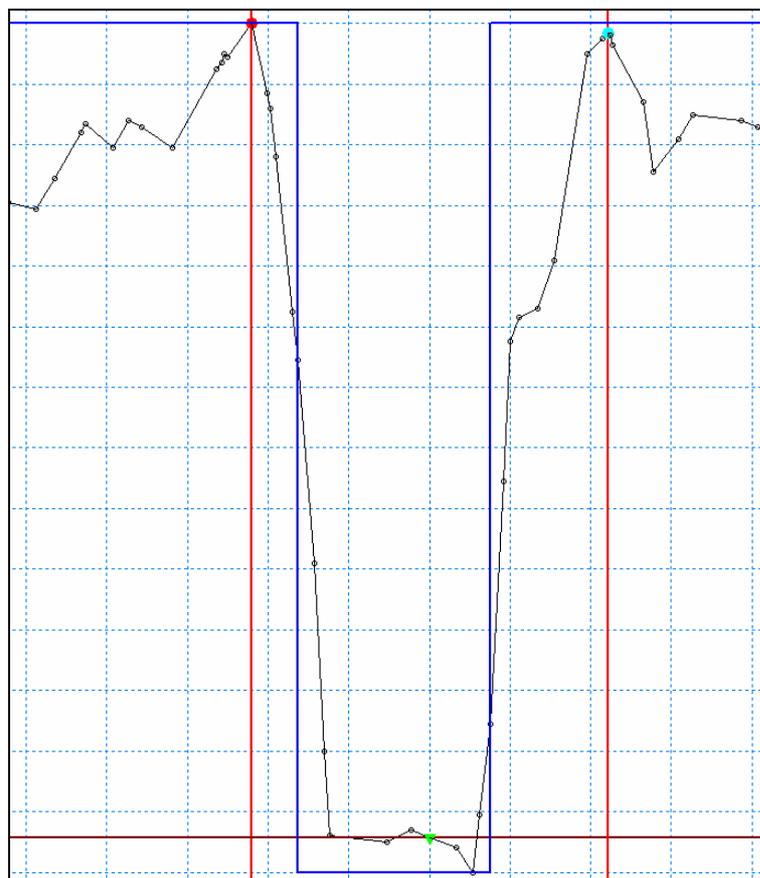


Figura 6.6.2: esempio di sezione trasversale del torrente Corno, inserita nel modello Mike 11

Il territorio interessato dai fenomeni di esondazione è stato descritto attraverso la realizzazione di una mesh di calcolo, formata da una griglia non strutturata di elementi triangolari. L'utilizzo di una maglia non strutturata, infatti, permette di migliorare la rappresentazione del territorio nel modello numerico, utilizzando elementi aventi una piccola superficie nelle zone dove vi sono accentuate variazioni plano-altimetriche del territorio, mentre, nelle aree pianeggianti, la maggiore omogeneità del territorio permette l'utilizzo di elementi triangolari di dimensioni maggiori.

Indicativamente, il territorio interessato da fenomeni di esondazione è rappresentato da una fascia di dimensione variabile da 1 a 4 km ai lati del torrente Corno. Tale zona è stata ricostruita nel modello utilizzando circa 85.000 elementi triangolari di superficie variabile da 30 a 2500 m².



Figura 6.6.3: mesh triangolare non strutturata, realizzata per la descrizione del territorio soggetto ad esondazione da parte del torrente Corno

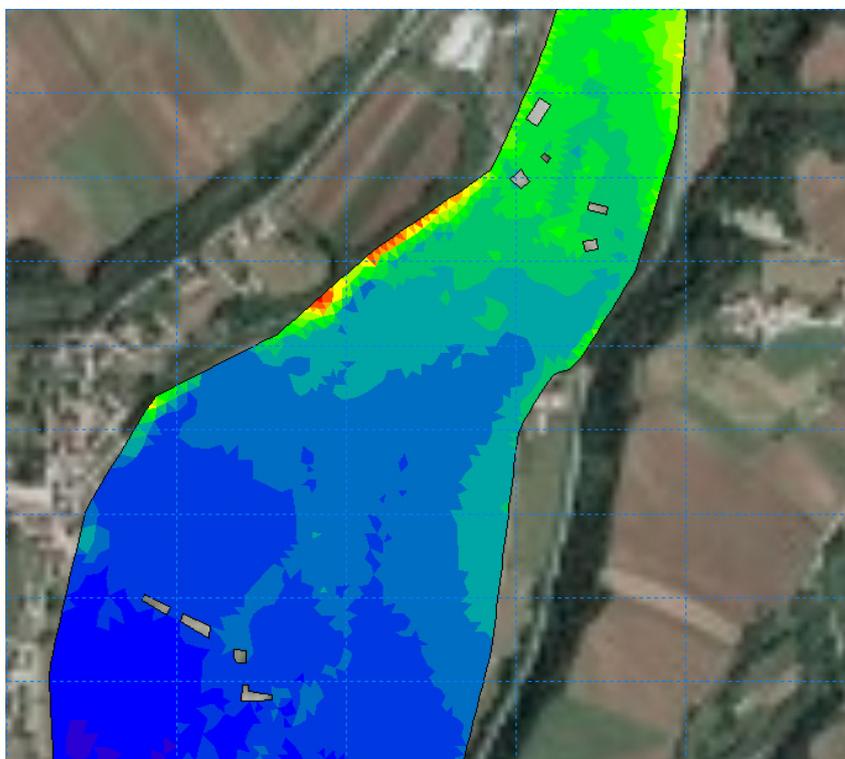


Figura 6.6.4: risultato finale dell'interpolazione della mesh con le quote del territorio, ottenute tramite rilievo laserscan

I dati geometrici delle sezioni trasversali sono stati ricavati da:

- rilevamenti diretti effettuati sul territorio;
- rilievi laserscan effettuati lungo l'asta fluviale da Rive d'Arcano a Codroipo;
- rilevamenti diretti forniti dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio idraulica;
- rilievi laserscan forniti dalla Protezione Civile.

Inoltre sono state inserite automaticamente delle sezioni interpolate fra le sezioni estreme di ogni tratto, riducendo quindi il passo spaziale ed aumentando l'affidabilità del modello. L'algoritmo di interpolazione traccia le corde congiungenti i punti più significativi delle sezioni estreme del tratto e costruisce nuove sezioni basandosi su di esse.

I coefficienti di scabrezza secondo Strickler sono stati assegnati come segue: nel modello monodimensionale, è stata assegnata una scabrezza di $30 m^{1/3}/s$ al fondo del torrente e $20 m^{1/3}/s$ alle sponde, mentre nel modello bidimensionale è stata assegnata una scabrezza uniforme pari a $20 m^{1/3}/s$.

Il programma di calcolo consente di utilizzare diverse condizioni al contorno da definirsi nelle sezioni estreme del tronco in esame, tra le quali si ricordano: valore del pelo libero a moto uniforme, portata in ingresso (per le simulazioni a moto permanente), altezza critica, variazione nel tempo del livello idrico o della portata, relazioni fra le due variabili livello e portata.

Alla sezione di monte, nel caso delle simulazioni a moto vario, è stato applicato l'idrogramma di piena di progetto definito nel § 5.9.

Data la presenza dello scolmatore di San Mauro, l'onda di piena utilizzata, prima di essere propagata lungo il corso del torrente, è stata depurata della portata sottratta dallo scolmatore stesso.

6.6.1 Stima della scabrezza dall'analisi dei tempi di propagazione delle perturbazioni nell'alveo

Come visto nel § 6.3, l'installazione di due idrometri a pressione ha permesso di stimare il tempo di propagazione delle perturbazioni del livello d'acqua lungo il corso del torrente. L'analisi eseguita ha portato a stimare tale tempo in 2,5 -2,75 ore.

Nel modello numerico monodimensionale del torrente Corno, è stata imposta, come condizione al contorno, la variazione temporale dei livelli. Sono state estratte, in corrispondenza delle sezioni dove sono installati gli idrometri, le serie temporali rappresentanti l'andamento dei livelli, ottenute dall'elaborazione. Le due serie temporali sono state quindi correlate tra loro per individuare, questa volta nel modello numerico, il tempo impiegato dalle perturbazioni per propagarsi lungo l'alveo.

Eseguito più simulazioni con diversi valori di scabrezza, è stato possibile individuare la scabrezza dell'alveo che meglio riproduce la reale modalità di propagazione delle perturbazioni.

Le Figure, da 6.6.1.1 a 6.6.1.3, mostrano la serie temporale dei livelli idrici, ottenuta attraverso simulazione numerica, nelle due sezioni di Barazzetto e Zompicchia. I tre grafici sono stati ottenuti imponendo, nelle simulazioni numeriche, diversi coefficienti di scabrezza: 20-30-40 $m^{1/3}/s$.

Le simulazioni, effettuate variando coefficiente di scabrezza, mostrano che, utilizzando nel modello numerico un coefficiente di Gauckler-Strickler uguale a 30

$m^{1/3}/s$, si ottiene un tempo medio di propagazione delle perturbazioni in alveo pari a 2,66 ore (2 ore e 40 minuti), prossimo al valore di 2,5-2,75 ore, ottenuto dall'analisi delle serie temporali rilevate nelle stazioni idrometriche installate.

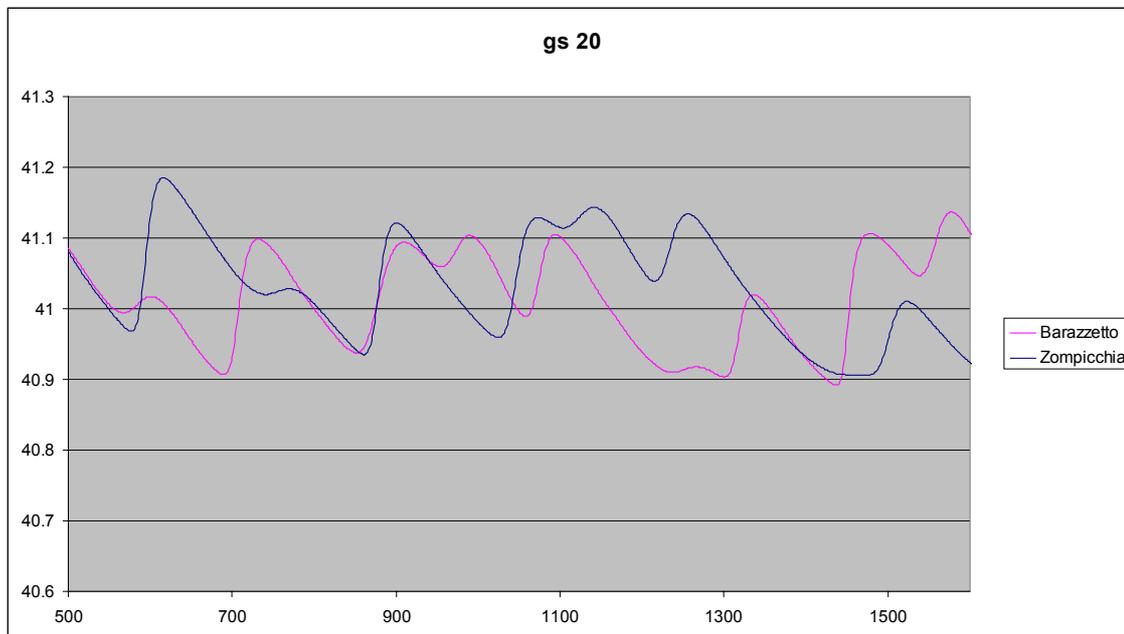


Figura 6.6.1.1: serie temporali dei livelli idrici calcolati dal modello numerico in corrispondenza delle sezioni di Barazetto e Zompicchia, considerando un coefficiente di scabrezza pari a $20 m^{1/3}/s$

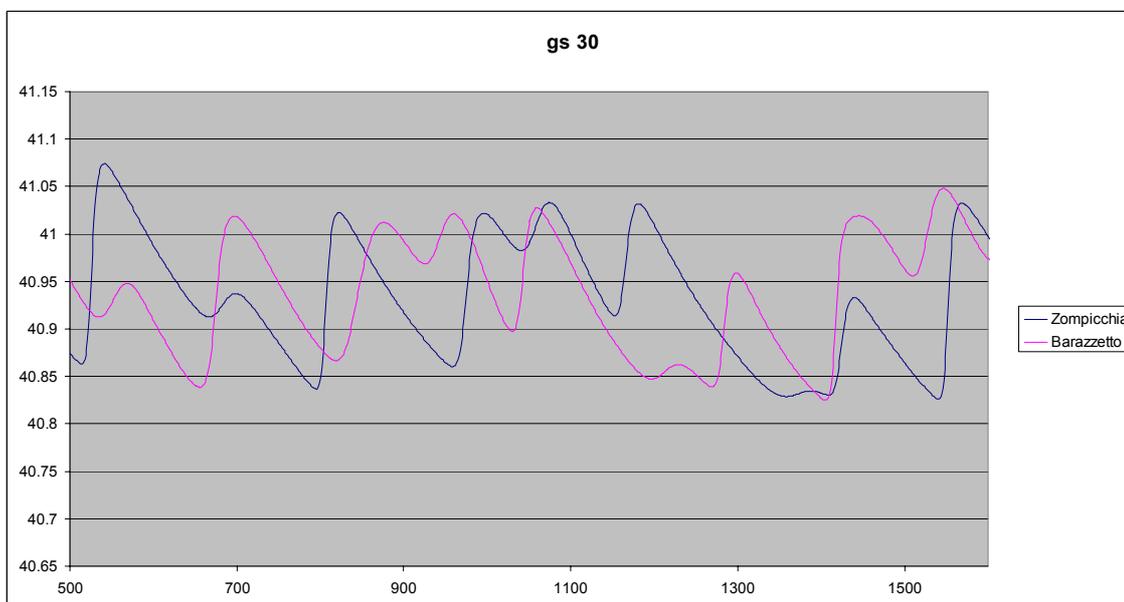


Figura 6.6.1.2: serie temporali dei livelli idrici calcolati dal modello numerico in corrispondenza delle sezioni di Barazetto e Zompicchia, considerando un coefficiente di scabrezza pari a $30 m^{1/3}/s$

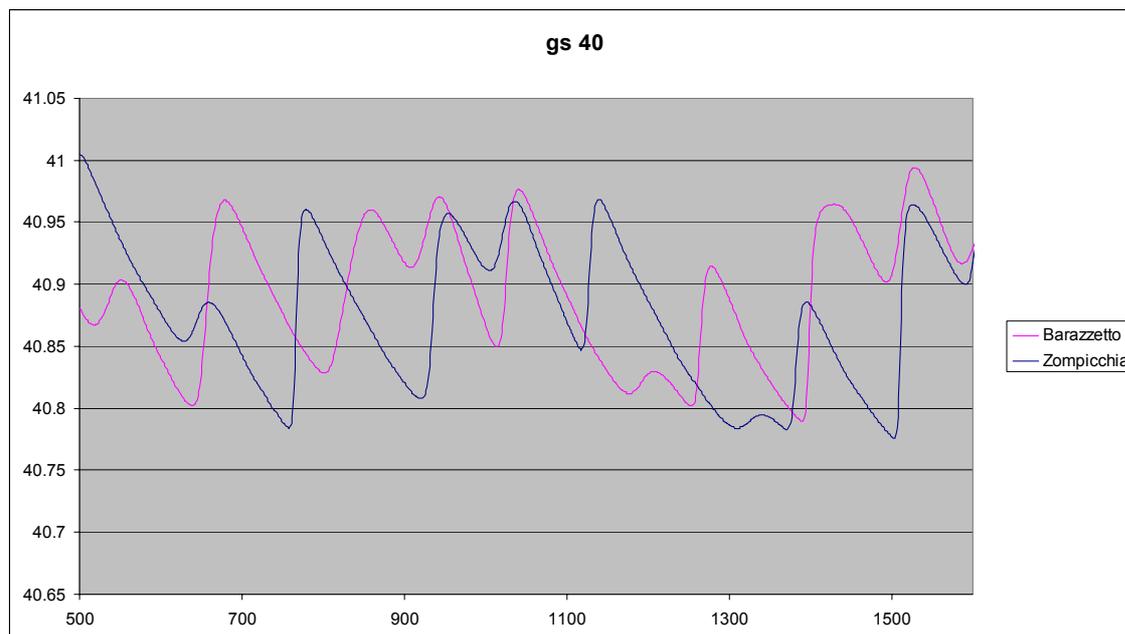


Figura 6.6.1.3: serie temporali dei livelli idrici calcolati dal modello numerico in corrispondenza delle sezioni di Barazzetto e Zompicchia, considerando un coefficiente di scabrezza pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

6.7 RISULTATI DEL MODELLO

I risultati della simulazione numerica mostrano gli effetti di un'esondazione del torrente Corno, nell'area della media pianura friulana (Figura 6.7.1).

In particolare, tra i Comuni di Rive d'Arcano e Coseano, la simulazione mostra numerosi accumuli d'acqua in aree che costituiscono invasi naturali in quanto confinate da terrazzi di quote superiori. In queste aree si raggiungono i livelli idrici maggiori con zone di accumulo dove la profondità dell'acqua raggiunge e supera $1,5 \text{ m}$. In corrispondenza della frazione di Raucicco, immediatamente a monte e a valle dell'abitato, si osserva, su entrambe le sponde del fiume, una cospicua fuoriuscita d'acqua, parte della quale si accumula nella depressione del terreno in sponda sinistra, mentre l'esondazione nella sponda destra è tale da propagarsi verso l'abitato della frazione di Rodeano Basso, seguendo l'incisione di un paleoalveo esistente. Raggiunto Rodeano Basso, l'acqua, in un primo momento si accumula a monte del rilevato stradale e successivamente, con l'aumento delle portate esondate, lo sormonta.

L'esondazione prosegue quindi verso l'abitato di Coseano, mantenendosi al piede del terrazzo occidentale che cinge l'asta fluviale del torrente nella sua destra idrografica. L'abitato di Coseano viene interessato dall'esondazione con tiranti dell'ordine di un metro, mentre l'esondazione si blocca temporaneamente contro il rilevato della Strada Statale Udine-Spilimbergo. A monte del rilevato si ha un parziale accumulo d'acqua, con tiranti prossimi a due metri. La simulazione mostra uno scavalco del rilevato da parte della fiumana che, in parte, torna a riversarsi, più a valle, nel torrente Corno.

Nel tratto in esame, i punti critici, ove le simulazioni mostrano le maggiori esondazioni, sono concentrati in prossimità dell'abitato di Raucicco. A valle di Raucicco il torrente non presenta alcuna fuoriuscita in quanto l'alveo si presenta rettificato e ricalibrato. L'esondazione interessa, quasi esclusivamente, il territorio nella

sponda destra del fiume, ed, in particolare, gli abitati di Rodeano Basso e Coseano.

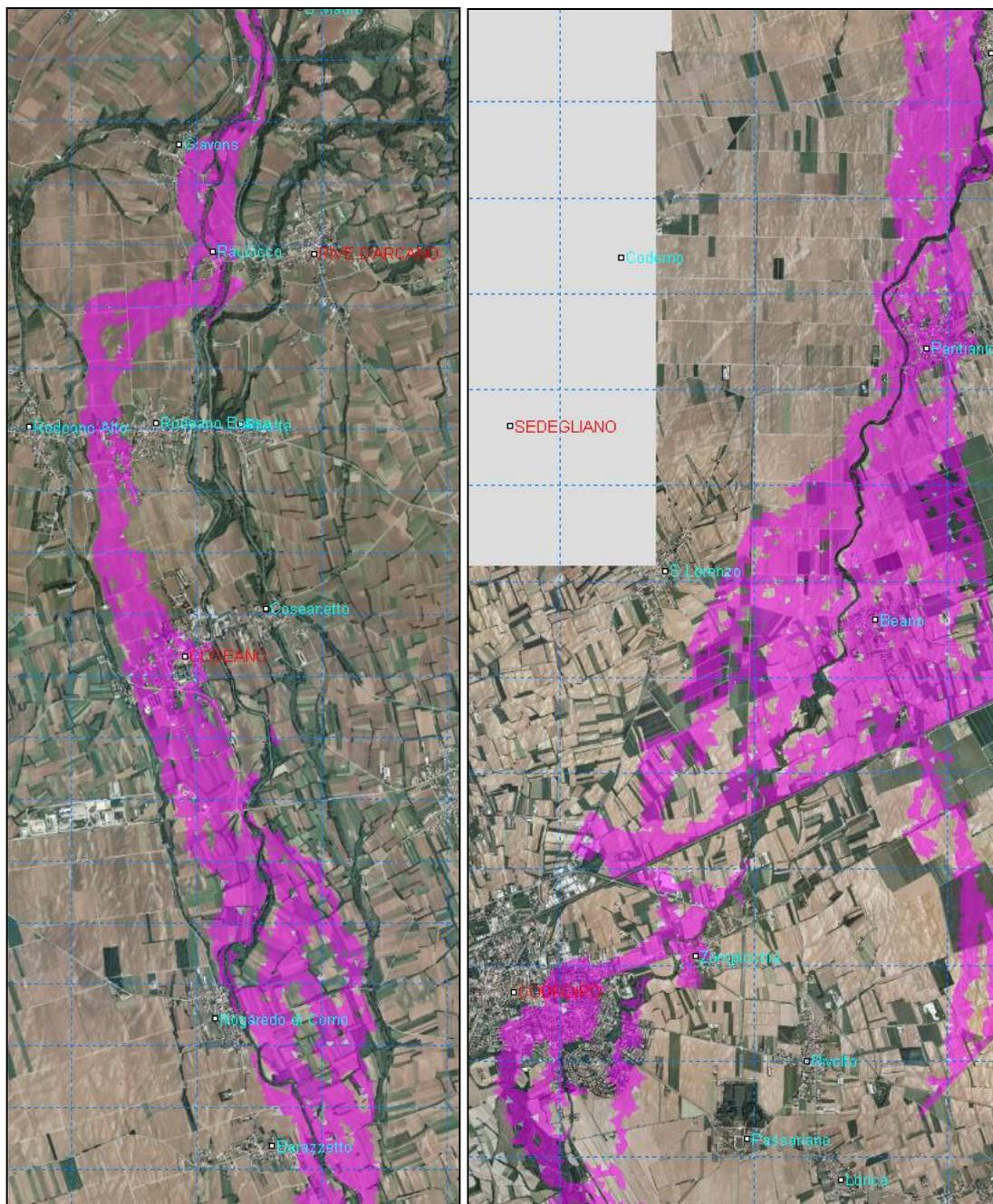


Figura 6.7.1: rappresentazione del territorio complessivamente interessato dall'esondazione del torrente Corno supposta una portata massima alla sezione di chiusura di san Mauro pari a 150 mc/s. A sinistra il torrente Corno da San Mauro a Barazzetto, a destra il torrente Corno da Mereto di Tomba a Codroipo

A valle della strada statale, i fenomeni di esondazione sono adiacenti al corso del torrente e, in generale, i livelli idrici raggiunti sono inferiori al metro. Nel tratto di territorio che va dalla Strada Statale Udine-Spilimbergo fino a Pantianico, le esondazioni interessano maggiormente l'area in prossimità del torrente stesso, mentre l'abitato di Pantianico risulta maggiormente interessato, con tiranti idrici che

raggiungono gli 80 *cm*. A valle dell'abitato, poiché terminano i terrazzi che racchiudono il corso del torrente, si osserva una distribuzione dell'esondazione su una grande estensione areale, con profondità limitate a poche decine di centimetri.

L'abitato di Beano è interessato da livelli idrici massimi pari a circa 40 *cm*, mentre la fiumana viene in parte fermata dallo sbarramento rappresentato dal rilevato ferroviario. Inserendo la presenza dei sottopassi esistenti, la simulazione mostra il passaggio dell'acqua a sud del tracciato ferroviario e, quindi, l'esondazione prodotta sia dal Corno direttamente, che dalla fiumana proveniente da nord.

A valle del rilevato ferroviario l'esondazione interessa gli abitati di Zompicchia e di Codroipo. I livelli idrici raggiunti sono in alcune aree, dove sono presenti abitazioni, di circa 70 *cm*.

6.8 CONFRONTO CON LE PIENE STORICHE

Per testare la congruenza dei risultati restituiti dal modello numerico, è stato eseguito un confronto con gli effetti dell'alluvione avvenuta alla fine del mese di settembre del 1920 e con alcune foto storiche di eventi successivi. Il risultato di tali confronti mostra una buona corrispondenza tra i risultati del modello numerico e gli effetti subiti dal territorio pertinente al torrente Corno.



Figura 6.8.1: esondazione del torrente Corno nei pressi dell'abitato di Giavons

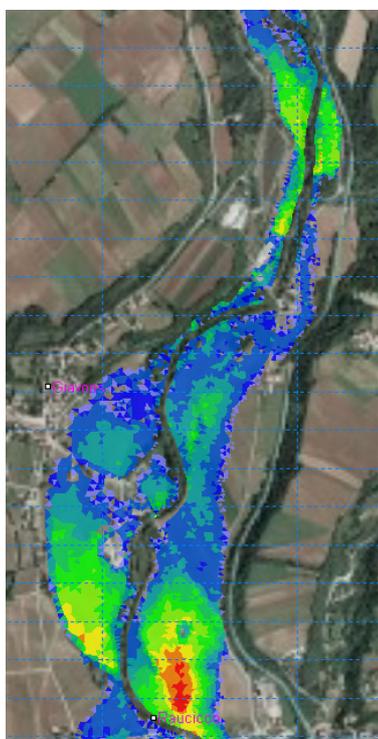


Figura 6.8.2:

Sopra: Rive d'Arcano, strada per Giavons Alto; allagamento a seguito della piena del settembre 1987

A sinistra: risultati della simulazione. Nel circolo rosso è evidenziata l'area rappresentata nella foto. La simulazione evidenzia lo scavalco del rilevato stradale e l'accumulo a monte dello stesso, analogamente alla situazione illustrata in foto. Nel 1920: "L'allagamento del resto si è esteso a tutto il piano che intercorre fra l'altura di Arcano e la terrazza di Giavons (*Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico*)"

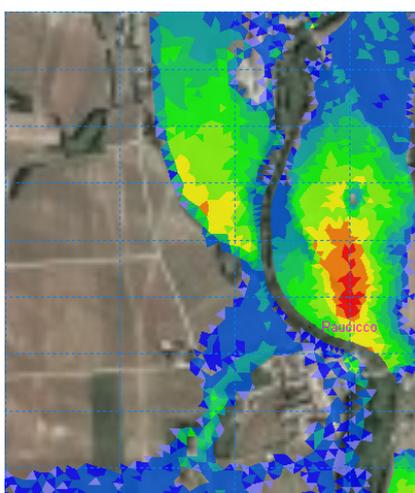


Figura 6.8.3:

Sopra: immagine dell'area evidenziata in rosso, a sinistra, durante l'evento di piena del 1987

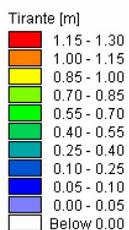
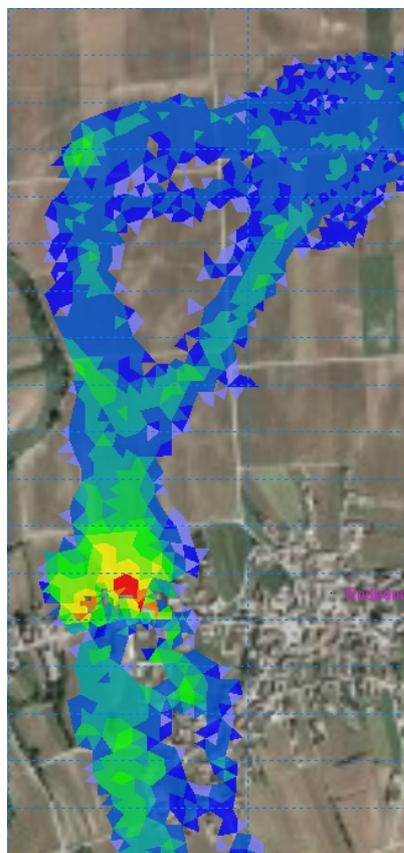


Figura 6.8.4:

Sopra: direzione seguita dalla fiumana nel 1920, rappresentata dalla freccia rossa; la descrizione dell'evento alluvionale del 1920 riferisce che la fiumana, raggiunto Rodeano Basso, passò ad ovest dell'edificio scolastico (Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico)

A sinistra: il modello numerico mostra l'esonazione del Corno che prosegue da Raucicco verso Rodeano Basso, la direzione seguita dalla fiumana nel modello è la stessa rappresentata nell'immagine soprastante. Giunta nell'abitato di Rodeano Basso la fiumana attraversa il paese ad ovest dell'edificio scolastico

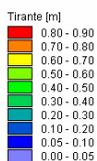
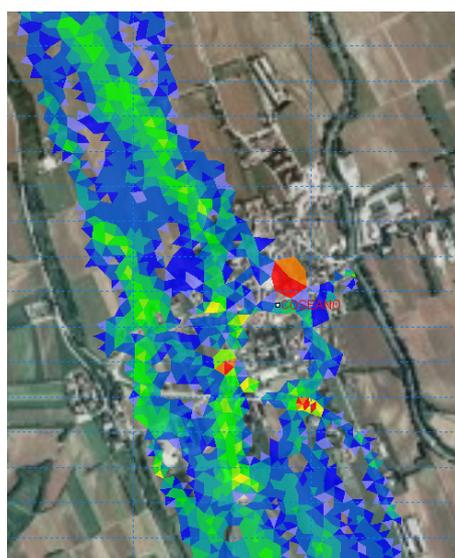


Figura 6.8.5: l'abitato di Coseano completamente invaso dalla fiumana proveniente da nord ovest. Anche nel 1920 l'acqua, tracimando e in parte demolendo gli argini, raggiunge il paese di Coseano con livelli massimi di 1,5 m (Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico)

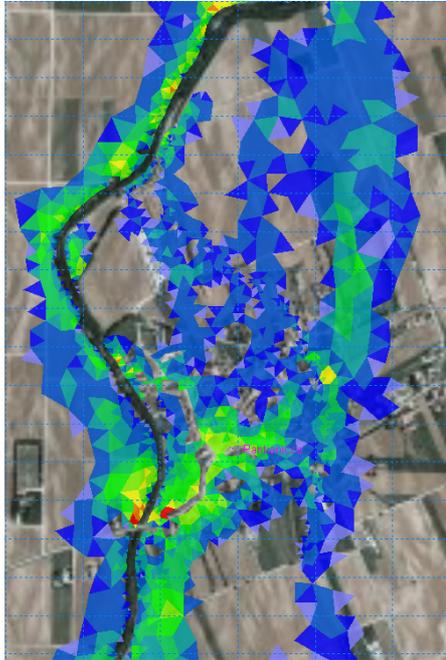


Figura 6.8.6: l'abitato di Pantianico nella simulazione numerica risulta essere interessato da fenomeni di esondazione, con tiranti idrici attorno i 70 cm nel centro della frazione. La stessa frazione, nel 1920 venne interamente allagata. Le acque raggiunsero il paese per due viuzze campestri. L'esondazione provocò il crollo di alcune abitazioni (*Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico*)

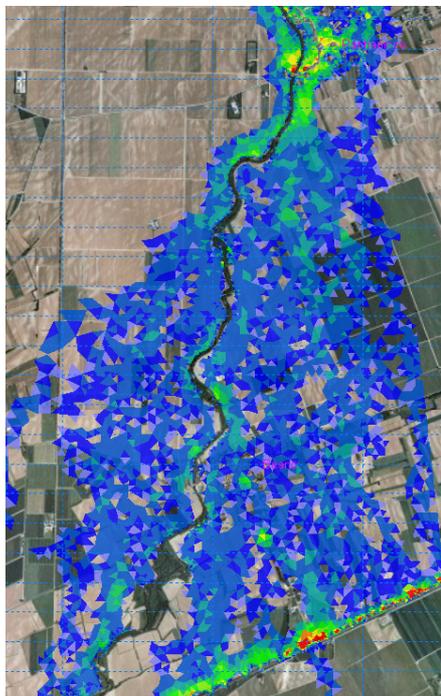


Figura 6.8.7: propagazione dell'onda di piena a valle dell'abitato di Pantianico. Il modello mostra come l'acqua si distribuisca su un'area estremamente vasta, con tiranti dell'ordine di poche decine di centimetri, analogamente a quanto descritto per l'evento alluvionale del settembre 1920, in cui l'esondazione a valle di Pantianico interessò una grande porzione di territorio (*Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico*)

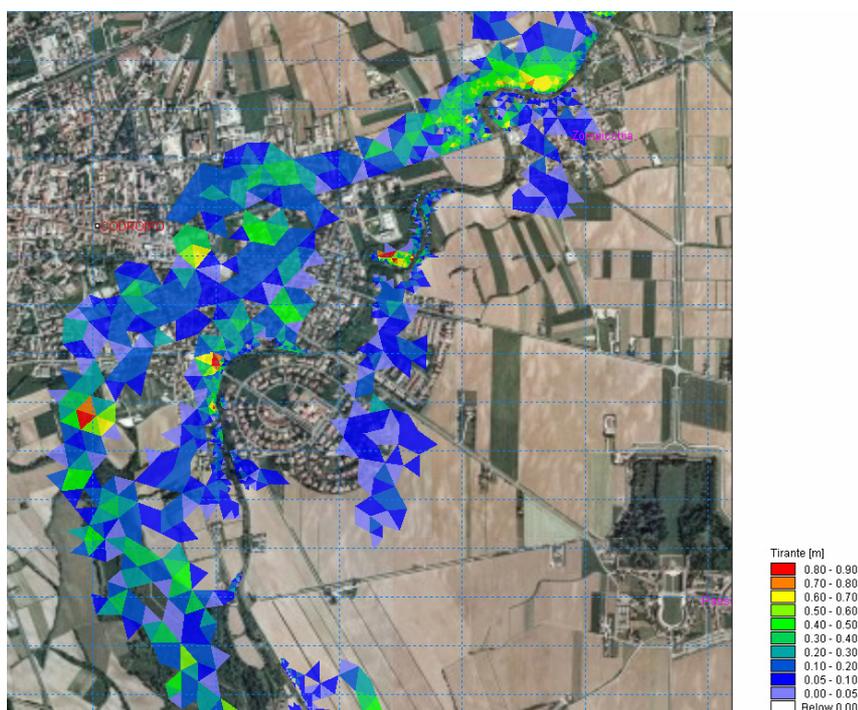


Figura 6.8.8: propagazione dell'onda di piena nei pressi dell'abitato di Codroipo. Nel 1920 le acque del Corno allagarono Zompicchia ed arrivarono fino alla piazza centrale di Codroipo. Crollò il ponte ferroviario sulla strada di S. Lorenzo e quello sulla roggia vicino alla casa Cengale (Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico)

6.9 AREA DEL “PALUDO”

A monte della sezione di chiusura del bacino collinare, esiste una porzione di territorio pianeggiante bonificata, denominata “Paludo”. Questo territorio confina, nel tratto meridionale, con le colline di Rive d'Arcano e San Daniele, mentre, nel tratto settentrionale, il terreno aumenta dolcemente di quota verso Majano e Farla. Quest'area si presenta come una depressione naturale del terreno, rendendo l'alveo del canale Ledra-Corno pensile, costringendolo quindi a scorrere racchiuso da argini che in alcuni tratti raggiungono la quota di tre metri dal piano di campagna. Per questa particolare conformazione, quest'area storicamente è sempre stata soggetta ad esondazioni.

Il reticolo idrografico presente è composto dal torrente Corno, nel cui alveo sono convogliate anche le acque del canale Ledra (canale Corno-Ledra), il rio Lini, il canale Gialia, il quale si immette direttamente nel canale Corno-Ledra e un fitto reticolo di fossi scolanti e canali collettori che convogliano l'acqua dell'area verso l'impianto idrovoro che si trova nella zona più depressa e che riversa meccanicamente le acque di scolo nel Corno.

Per studiare la risposta di quest'area alla piena di progetto, è stato necessario individuare i singoli contributi dei tre maggiori affluenti del bacino collinare. È stata quindi suddivisa l'onda di progetto in tre termini percentuali. Tali percentuali di ripartizione sono state calcolate in funzione del valore dei GIUH calcolati per ogni affluente, tenendo conto della precipitazione netta media su tutto il bacino collinare, depurata con i CN relativi ai singoli sottobacini. Inoltre, è stato tenuto conto dello

sfasamento temporale dei tre contributi, che risulta essere nullo tra il torrente Corno e il rio Lini, in quanto idrologicamente simili, mentre per il torrente Ripudio lo sfasamento è risultato essere dell'ordine dell'ora.

Le suddivisioni percentuali dell'onda di piena calcolata sono:

- Corno 44%
- Lini 36%
- Ripudio 20%

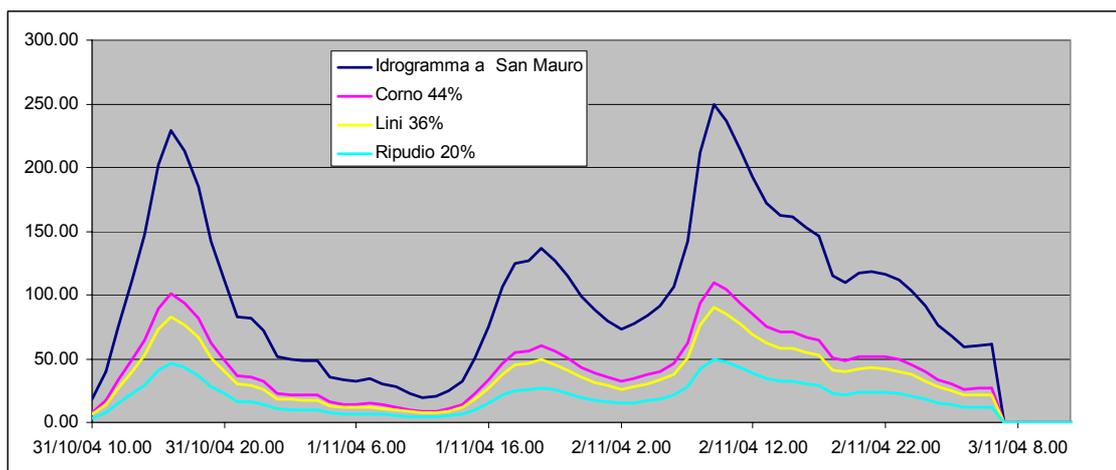


Figura 6.9.1: scomposizione dell'onda di piena nei contributi dei tre principali corsi d'acqua

Il torrente Ripudio, immettendosi nel torrente Corno circa 3 km a valle dell'area del "Paludo", non è stato considerato nella simulazione della risposta di quest'area.

Al fine di verificare l'effettivo comportamento della rete idrologica, sono state propagate le onde di piena nel modello numerico monodimensionale dei torrenti Corno e Lini. Questo tipo di simulazione è stata effettuata per verificare se, nonostante la ripartizione percentuale dell'onda di piena nei tre sottobacini, alla sezione di chiusura di San Mauro l'onda propagata mantenesse la stessa forma e lo stesso valore di portata di quella di progetto.

I risultati della simulazione hanno dimostrato innanzitutto che, nella sezione in cui avviene l'immissione del rio Lini nel torrente Corno, le due onde propagate si sommano "in fase", cioè si mantiene la forma dell'onda e i suoi valori massimi. Confrontando tale onda con quella calcolata per il torrente Ripudio, si è osservato che le due onde risultano traslate nel tempo di circa 1 ora; questa differenza è dovuta al tempo che impiega la piena del Corno e del Lini a percorrere la distanza fino al punto di confluenza con il torrente Ripudio ed alla maggiore impulsività di quest'ultimo.

6.10 MODELLO NUMERICO DELL'AREA "PALUDO"

Il modello numerico dell'area del "Paludo" è stato costruito utilizzando il software Mike Flood; in particolare, il reticolo idrografico è stato ricostruito attraverso il modello monodimensionale ed il territorio circostante attraverso un modello bidimensionale. I dati topografici utilizzati provengono da un rilievo laserscan effettuato dalla Protezione Civile e da rilievi topografici e batimetrici eseguiti direttamente dal personale dell'Autorità di bacino.

Le simulazioni hanno evidenziato come nella parte alta del reticolo idrografico l'esondazione nei due torrenti Lini e Corno rimanga confinata nelle aree adiacenti ai torrenti stessi. Nel tratto in cui il torrente Corno attraversa la zona del Paludo si hanno le maggiori esondazioni con tiranti idrici che in alcuni casi superano i 2.5 metri. L'area maggiormente interessata da esondazione corrisponde a una fascia di circa 500-700 metri ai lati dell'alveo, per una lunghezza di circa 2500 metri. Un'esondazione simile comporta, inoltre, l'impedimento allo scolo delle acque provenienti dal canale Gialia, incrementando così le aree interessate da esondazione. Il volume liquido complessivamente esondato risulta pari a circa $2.9 \times 10^6 m^3$.

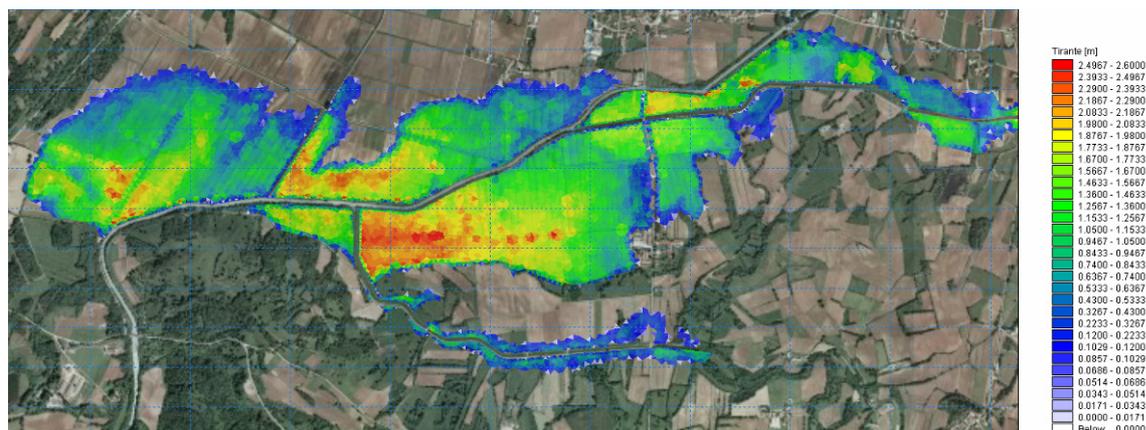


Figura 6.10.1: simulazione numerica eseguita nell'area del Paludo



Figura 6.10.2: posizione del casolare in cui sono stati riportati i segni dei tiranti idrici delle esondazioni negli anni 1965, 1966 e 1979

Al fine di verificare la correttezza dei risultati del modello numerico nell'area del Paludo, sono stati confrontati i tiranti idrici ottenuti in corrispondenza dei punti in cui si sono rinvenuti i massimi livelli idrici durante eventi storici di piena (Figure 6.10.3 e 6.10.4).



Figura 6.10.3: livelli massimi raggiunti dalle piene del 1965 e del 1979, rispettivamente 23 e 9 cm dal pavimento



Figura 6.10.4: livelli massimi raggiunti dalla piena del 1966, 25 cm dal pavimento

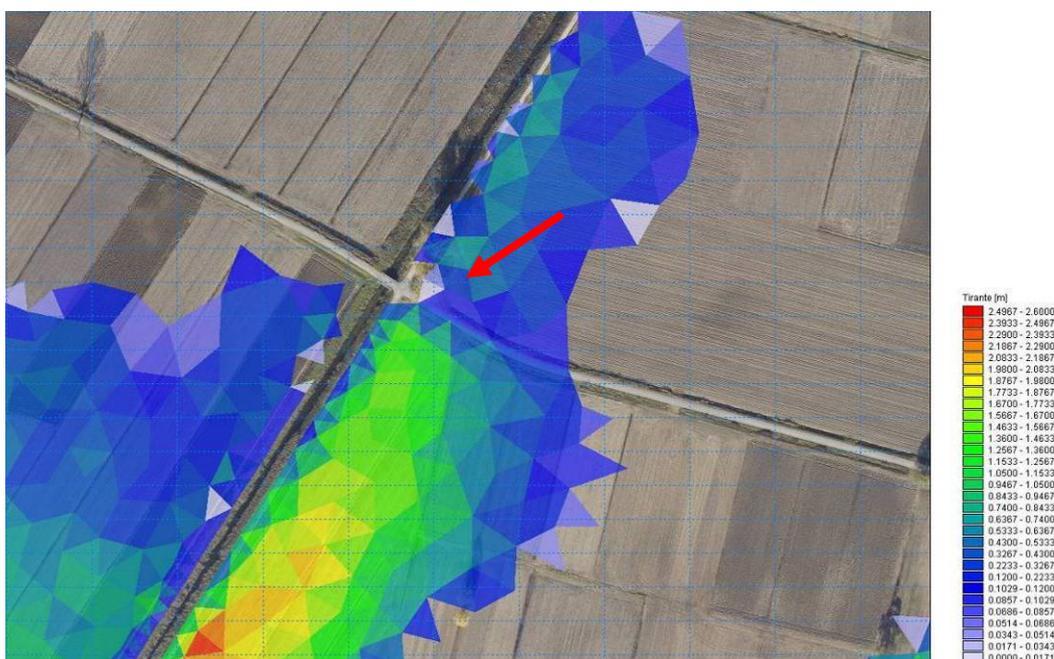


Figura 6.10.5: risultati della simulazione numerica dell'area del Paludo relativi alla zona del casolare

I risultati della simulazione numerica in corrispondenza delle zone illustrate nelle Figure 6.10.2 e 6.10.5, indicano tiranti idrici di circa 20-30 cm, che risultano essere dello stesso ordine di grandezza dei tiranti dedotti dai segni tracciati sul muro del casolare.

La Figura 6.10.6 mostra una foto dell'esondazione del torrente Lini durante un evento di piena in corrispondenza del ponte sulla strada Fagagna-Majano. La Figura 6.10.7 rappresenta il risultato ottenuto attraverso la simulazione numerica.



Figura 6.10.6: esondazione del rio Lini in corrispondenza della strada Udine-Majano (foto non datata)

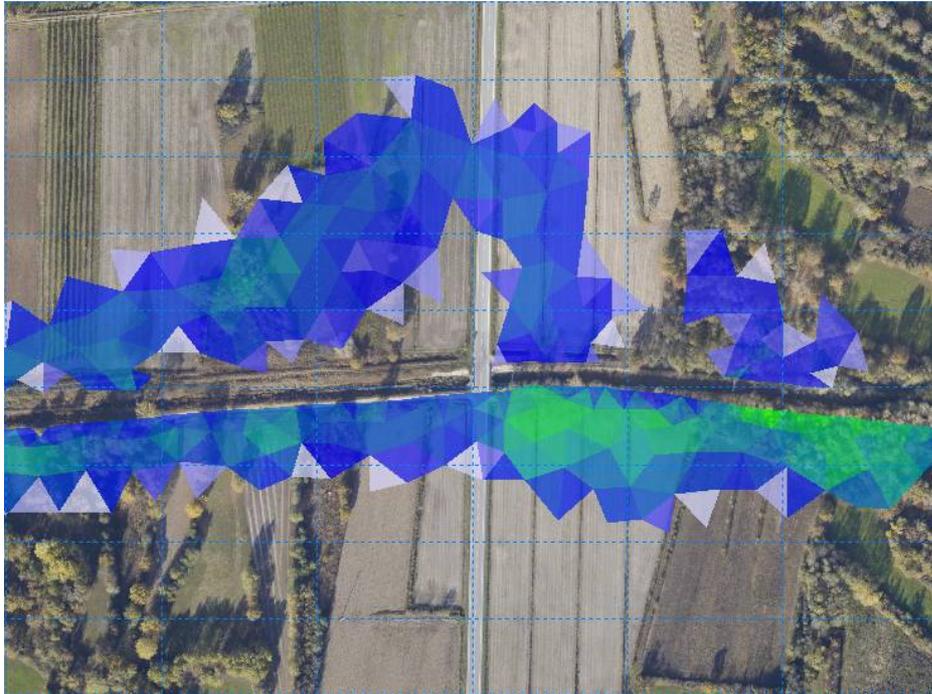


Figura 6.10.7: simulazione numerica del rio Lini. In prossimità della strada Fagagna–Majano l’ondazione si propaga su entrambe le sponde

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale, Zanichelli/ESAC, Bologna, 2003.
- Citrini D., Nosedà G., Idraulica, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2005.
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., Applied Hydrology, McGraw – Hill International Editions, Singapore, 1988.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., Sistemazione dei corsi d'acqua, Libreria internazionale Cortina, Padova, 2004.
- Gambolati, G., Elementi di Calcolo Numeirco, Libreria internazionale Cortina, Padova 1992.
- Ghetti A., Idraulica, Libreria internazionale Cortina, Padova, 2004.
- Mossenta G., Melchior G., Il Torrente Corno - Cuâr di San Denêl, La Bassa, Udine, 2007.
- Regio Magistrato alle Acque, Ufficio Idrografico, Le piogge e le piene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920, Premiate Officine Grafiche Carlo Ferrari, Venezia, 1924.
- Toro E.F., Shock Capturing Methods for Free.Surfaces Shallow Flows, Wiley, Chichester, 2001.

7. PROPOSTE PER LA DIFESA IDRAULICA DEL TERRITORIO

Nel precedente capitolo sono state illustrate le modalità di implementazione del modello numerico del torrente Corno. Il modello è stato utilizzato per lo studio della propagazione di un'onda di piena nel torrente Corno e nel territorio circostante in caso di esondazione. In questo capitolo viene illustrato come lo stesso modello numerico sia stato utilizzato per individuare le soluzioni ottimali per la difesa idraulica del territorio e per definire gli effetti che tali interventi potrebbero comportare nel territorio stesso.

Le opere di difesa dovranno garantire, oltre alla salvaguardia idraulica del territorio, anche una portata massima entrante al fiume Stella inferiore a $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.1 IPOTESI PROGETTUALI PREGRESSE PER IL CONTENIMENTO DELLE PORTATE DI PIENA

Come riportato nel § 1.13, la storia del torrente Corno è ricca di studi e progetti dei quali solo alcuni sono stati realizzati, da ultimo il canale scolmatore di San Mauro.

Tra i vari progetti ipotizzati, si ricordano:

- nel 1931 il progetto di massima per la trasformazione fondiaria del comprensorio, che contemplava l'idea di scaricare le acque del Corno nel Tagliamento;
- nel 1937 un progetto del Consorzio di bonifica Bassa Friulana prevedeva la realizzazione di “un bacino di ritenuta a Nogaredo, integrato da ulteriori bacini di laminazione ubicati più a valle, sia per suddividere l'intervento che per diminuire le arginature necessarie a Nogaredo”;
- nel 1955 un progetto dell'ing. Chiavola prevedeva la costruzione di un bacino di ritenuta nella zona di Nagaredo di Corno di 2.5 milioni di m^3 , allo scopo di ridurre le portate di piena centenaria da $100 \text{ m}^3/\text{s}$ a $30 \text{ m}^3/\text{s}$;
- nel 1968 Giuseppe De Piero riporta di un'idea ventilata in quei tempi, che consisteva nella realizzazione del canale Libertà allo scopo di scolmare $40 \text{ m}^3/\text{s}$ dal torrente Corno al torrente Torre;
- nel 1969 nel piano di sistemazione del bacino idrografico Corno-Stella, vengono proposte diverse sistemazioni ed opere lungo tutta l'asta fluviale del torrente Corno, tra cui spicca la proposta della costruzione di un bacino di espansione, a Nogaredo di oltre 3 milioni di m^3 , che sostituisse quello naturale posto nella zona di San Daniele e oramai bonificato. Con tale proposta si mirava a ridurre le portate di piena centenaria da $100 \text{ m}^3/\text{s}$ a $30 \text{ m}^3/\text{s}$;
- nel 1980 il progetto esecutivo per la costruzione di un bacino di espansione a Nogaredo, realizzato dal Consorzio di bonifica Bassa Friulana, prevedeva la realizzazione di un bacino di 123 *ha* e la capacità di 3.1 milioni di m^3 .

Una trattazione più approfondita merita il progetto del 1992 per la realizzazione del canale scolmatore dal torrente Corno al fiume Tagliamento.

Nella 1° perizia suppletiva e di variante si riportano alcuni risultati di uno studio fatto dalla ditta Serteco del 1990, che conteneva le stime delle portate di piena eseguite in epoche diverse e con differenti metodi. In definitiva, per la progettazione del canale

scolmatore si è fatto riferimento ad una piena centenaria di $118 \text{ m}^3/\text{s}$, relativa ad una precipitazione cumulata massima di 6-9 ore.

Come riportato nel § 4.6, all'evento del 2004 è stato associato un tempo di ritorno, riferito alla pioggia cumulata sulle 6 ore, di 14 anni circa, con una portata registrata a San Mauro di $142 \text{ m}^3/\text{s}$.

All'evento del Natale 2009 è stato associato un tempo di ritorno inferiore ai 2 anni, con un picco massimo di portata registrato pari a $109 \text{ m}^3/\text{s}$.

Risulta quindi evidente come i $118 \text{ m}^3/\text{s}$ utilizzati per il dimensionamento dello scolmatore non corrispondano ad una portata centenaria e come, di conseguenza, l'opera non sia sufficiente a garantire la sicurezza idraulica dei territori per eventi con tempi di ritorno superiori ai 15-20 anni.

7.2 PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA NELLE CONDIZIONI ATTUALI (IPOTESI 0)

7.2.1 Bacino collinare, area del Paludo

La simulazione della propagazione dell'onda di piena di progetto sui territori allo stato attuale, evidenzia come l'esondazione nei due torrenti Lini e Corno rimanga confinata nelle aree adiacenti ai torrenti stessi. Nel tratto in cui il canale Corno-Ledra attraversa la zona del Paludo si hanno le maggiori esondazioni, con tiranti idrici che in alcuni casi superano i $2,5 \text{ m}$, in particolare nella zona prossima alla confluenza con il rio Lini. L'area maggiormente interessata da esondazione corrisponde a una fascia di circa $500\text{--}700 \text{ m}$ attorno al torrente Corno per una lunghezza di circa 2500 m . Un'esondazione come quella simulata impedirebbe, inoltre, lo scolo delle acque provenienti dal canale Gialia, incrementando così le aree interessate da esondazione. Il volume liquido complessivamente esondato è pari a circa $2.9 \times 10^6 \text{ m}^3$.

La Figura 7.2.1.1 illustra i risultati del modello numerico costruito per l'area denominata Paludo. La simulazione evidenzia come un'eventuale esondazione andrebbe a interessare quasi esclusivamente il territorio a vocazione agricola, avvicinandosi in prossimità di alcune abitazioni di Farla e di località Fornaci.

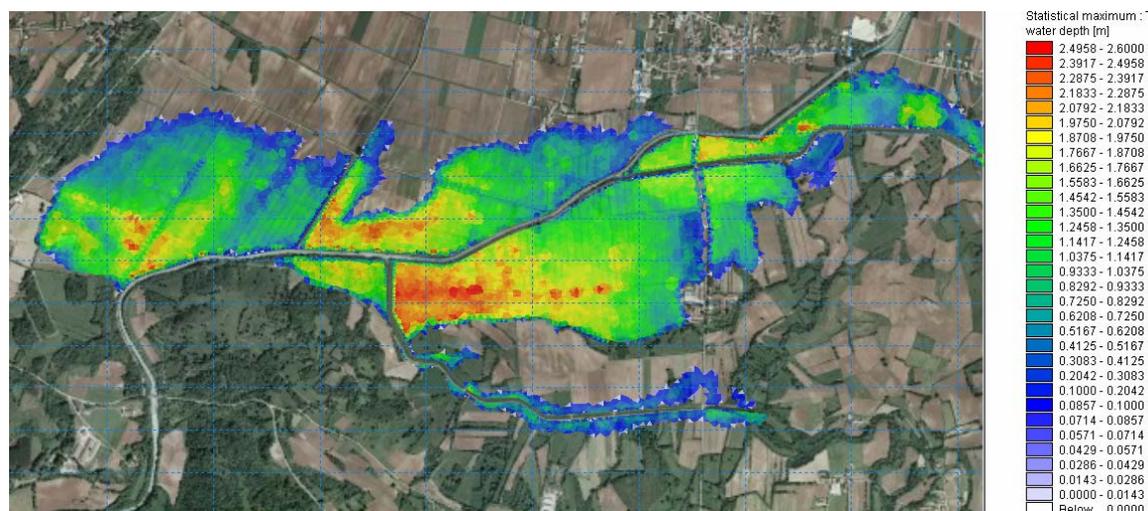


Figura 7.2.1.1: simulazione dell'esondazione sul Paludo, con l'onda di piena di progetto

Dall'analisi del territorio emerge la presenza di importanti infrastrutture quali la strada Fagagna-Majano e una condotta per il trasporto di gas metano, che attraversano le aree di espansione dell'onda di piena.

La simulazione mostra come, anche nella parte alta del rio Lini, siano presenti delle aree soggette a esondazione, ove i tiranti idrici raggiungono in alcuni punti altezze dell'ordine di 1,5 m. L'esondazione del rio Lini, a causa della conformazione del terreno, rimane confinata entro una distanza di circa 50 metri dalle sponde del torrente stesso.

7.2.2 Da San Mauro a Codroipo

All'onda di piena proveniente dall'area denominata Paludo, è stata aggiunta la portata proveniente dal torrente Ripudio. L'onda così ottenuta è stata depurata della portata sottratta dallo scolmatore di piena di San Mauro, stimata nel valore massimo di $100 \text{ m}^3/\text{sec}$. L'onda risultante è stata, quindi, utilizzata come condizione al contorno per la propagazione a valle di San Mauro.

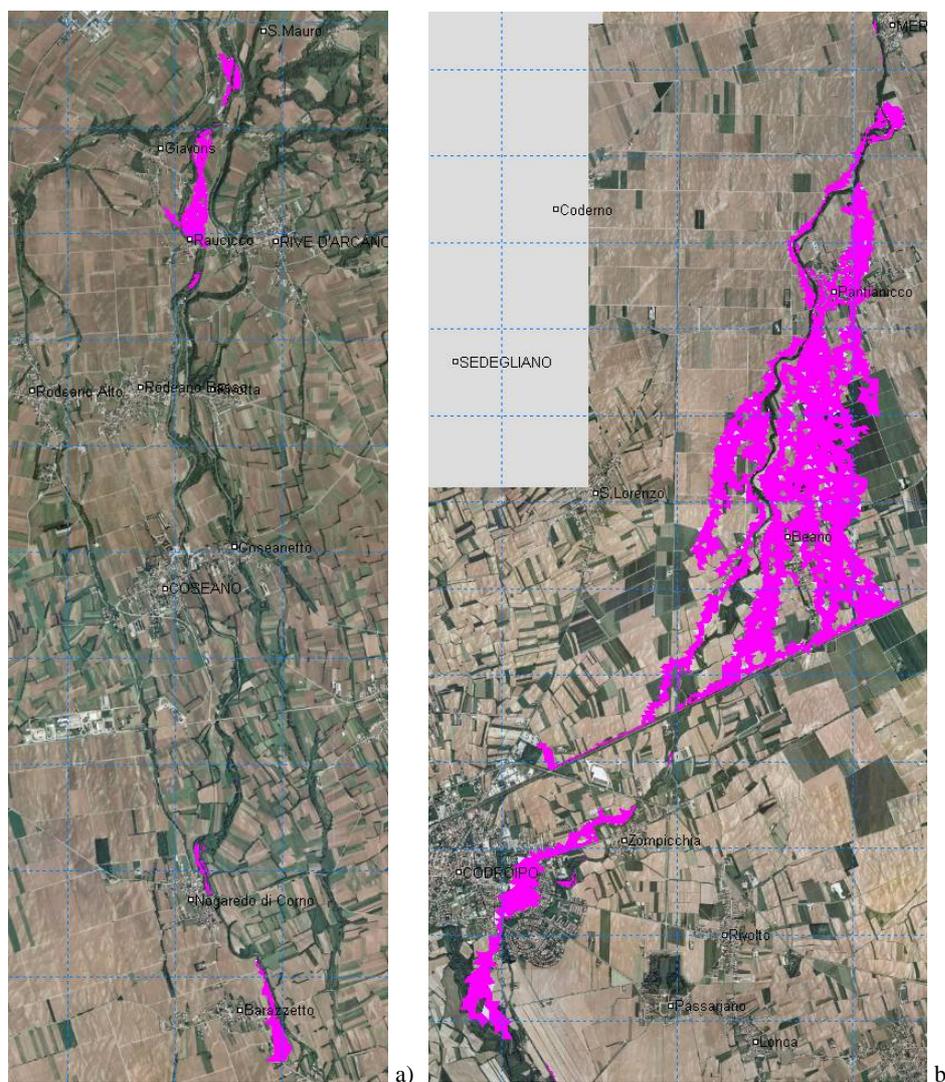


Figura 7.2.2.1: simulazione dell'esondazione da San Mauro a Codroipo, con l'onda di piena di progetto

Le immagini nella Figura 7.2.2.1 a) e b) rappresentano le aree complessivamente interessate da fenomeni di esondazione del torrente Corno, lungo il tratto da San Mauro a Codroipo.

Dai risultati del modello emerge che l'area maggiormente colpita dall'esondazione è la zona a valle dello scolmatore, nel comune di Rive d'Arcano e, in particolare, le frazioni Giavons e Raucicco, con tiranti idrici massimi di 1,5 m.

Le rimanenti aree soggette ad esondazione, si presentano con tiranti idrici dell'ordine di alcune decine di centimetri.

Nella Figura 7.2.2.2 sono riportati i massimi tiranti idrici raggiunti in quest'area. Immediatamente a valle dello scolmatore di San Mauro, l'esondazione interessa entrambe le sponde con altezze di circa 90 cm. Più a valle, l'allagamento interessa principalmente la sponda sinistra del torrente, con livelli massimi 1,5 m in corrispondenza delle zone più depresse del terreno.

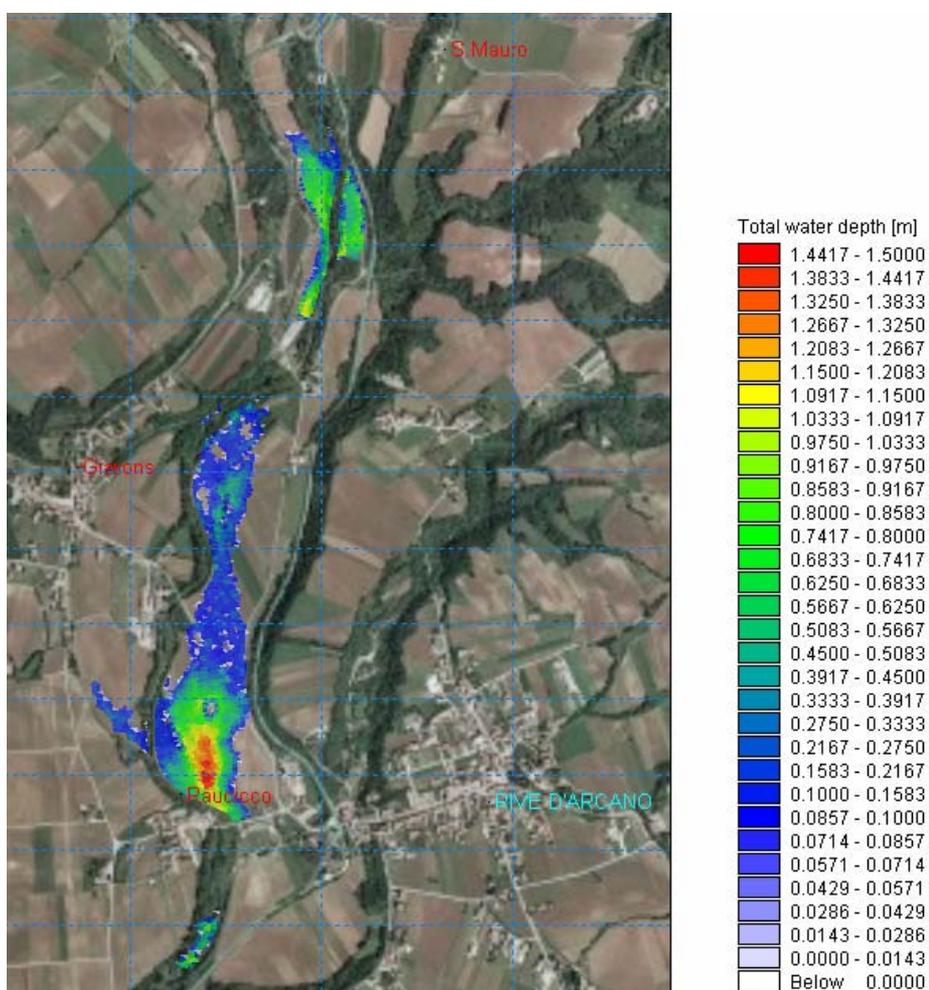


Figura 7.2.2.2: modello numerico di propagazione dell'onda di piena da San Mauro a Codroipo; esondazione nel Comune di Rive d'Arcano, nelle frazioni Giavons e Raucicco

Nella Figura 7.2.2.3 si osserva l'esondazione del torrente Corno nel tratto prospiciente l'abitato di Nogaredo di Corno e a monte dell'abitato di Barazzetto. L'esondazione non interessa l'abitato di Nogaredo in quanto quest'ultimo sorge su di un

terrazzo naturale, sopraelevato rispetto al livello del torrente.

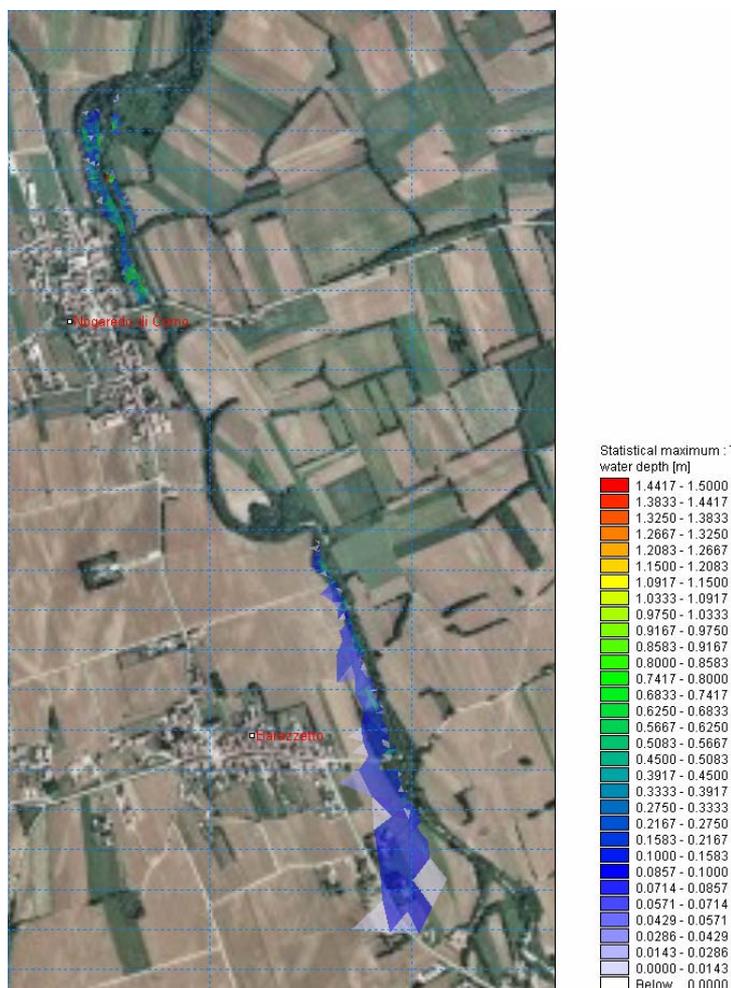


Figura 7.2.2.3: modello numerico di propagazione dell'onda di piena da San Mauro a Codroipo; esondazione nei Comuni di Coserano e Mereto di Tomba, rispettivamente nelle frazioni di Nogaredo di Corno e Barazzetto

A Nogaredo, i livelli ottenuti sono di circa 30 *cm*, con alcuni punti che superano i 50 *cm*. A Barazzetto l'esondazione interessa alcune abitazioni con tiranti idrici di circa 10 *cm*.

Il modello numerico mostra esondazioni lungo le sponde del torrente nel tratto a valle di Mereto di Tomba (Figura 7.2.2.4). Particolarmente colpito risulta l'abitato della frazione Pantianicco, dove nella parte centrale del paese si rilevano altezze dei tiranti idrici dell'ordine di 50 *cm*.

A valle di Pantianicco, l'esondazione interessa una maggiore superficie territoriale (Figura 7.2.2.5), anche se le massime altezze dell'acqua sono limitate a 20 *cm*. La simulazione evidenzia come l'abitato di Beano, in Comune di Codroipo, sia interessato dall'esondazione, anche in questo caso con livelli dell'ordine massimo di 20 *cm*. Nella Figura 7.2.2.5 si osserva come, a valle di Beano, l'esondazione venga bloccata dalla presenza del rilevato ferroviario.

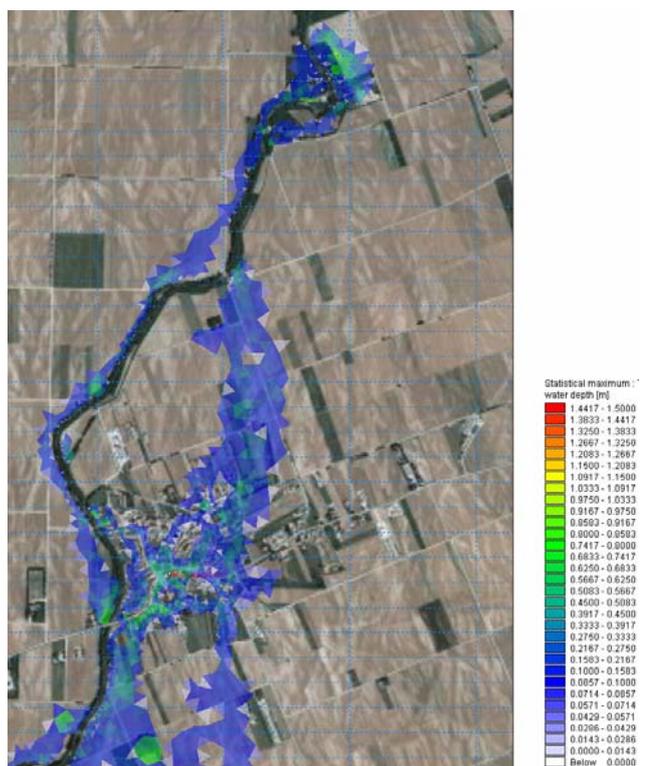


Figura 7.2.2.4: modello numerico di propagazione dell'onda di piena da San Mauro a Codroipo; esondazione nel Comune di Mereto di Tomba, lungo la sponda destra del torrente e nella frazione Pantianicco.

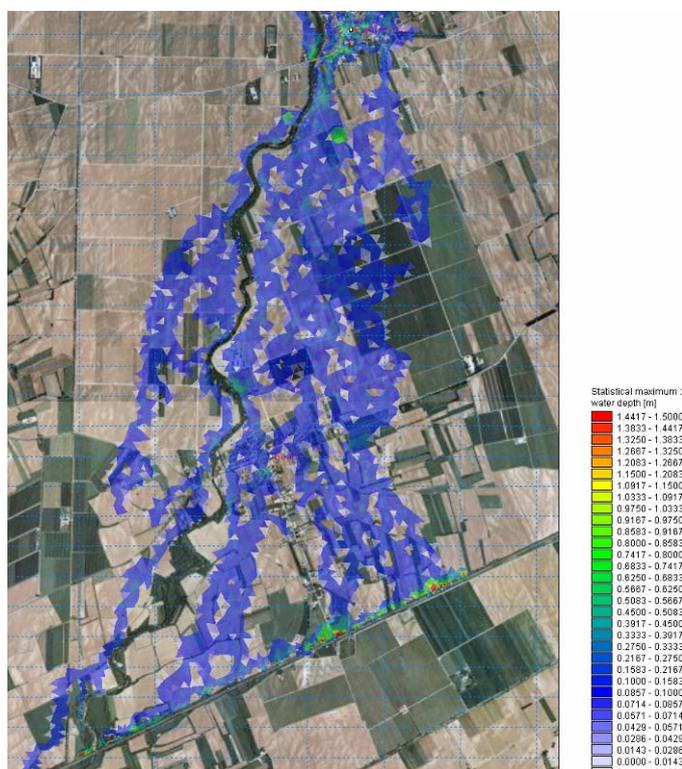


Figura 7.2.2.5: modello numerico di propagazione dell'onda di piena da San Mauro a Codroipo; esondazione nel Comune di Codroipo, la frazione Beano e la campagna circostante.

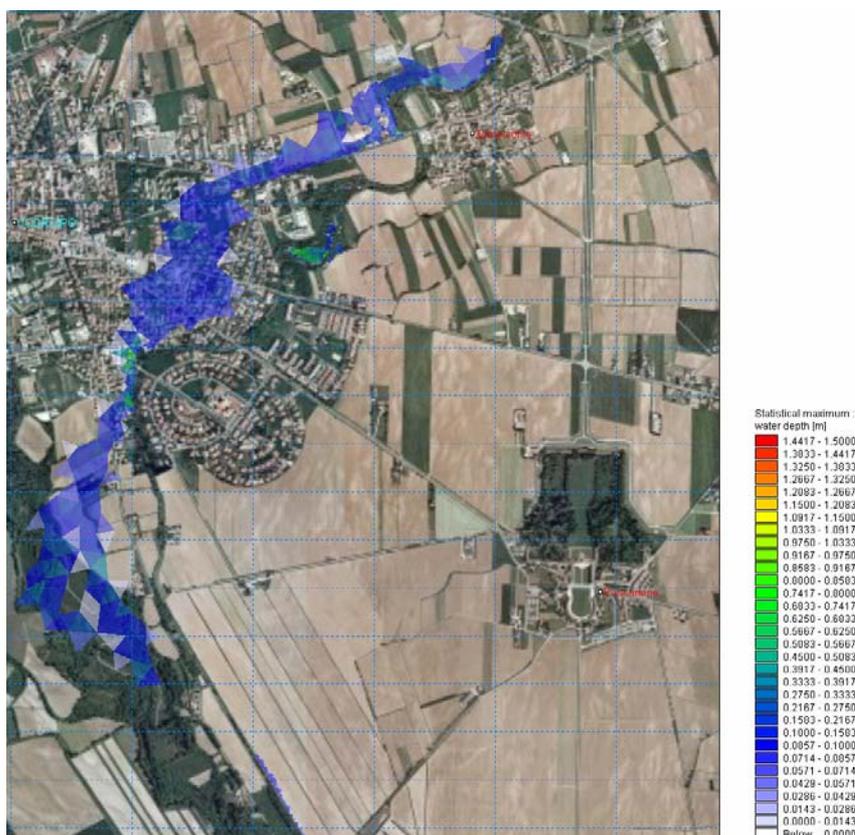


Figura 7.2.2.6: modello numerico di propagazione dell'onda di piena da San Mauro a Codroipo; esondazione nel Comune di Codroipo: in frazione Zompicchia e nel centro di Codroipo.

Il torrente Corno risulta disalveato in sponda destra in corrispondenza delle anse presso l'abitato di Zompicchia. L'esondazione si estende, parallelamente al tracciato della strada Udine-Codroipo, verso il centro abitato di Codroipo, dove si raggiungono livelli massimi di tirante pari a 30 cm. Il modello mostra esondazioni localizzate anche in alcuni punti del centro urbano di Codroipo.

Si deve, infine, considerare il valore massimo della portata che si immette nel fiume Stella, pari a $39 \text{ m}^3/\text{s}$. Questa portata risulta eccessiva rispetto la massima portata che il fiume stesso è in grado di sopportare.

7.3 IPOTESI DI INTERVENTO N.1: 2 CASSE DI ESPANSIONE

7.3.1 Valutazioni che hanno portato all'individuazione dell'ipotesi di intervento n.1

Come accennato nel § 5.9, lo studio effettuato per la determinazione dell'onda di piena di progetto, ha portato ad escludere una porzione di circa il 20% del bacino collinare del torrente Corno dal calcolo dei deflussi. Tale scelta è derivata dal fatto che il sottobacino del Paludo, che fin dall'antichità è stato soggetto ad esondazioni ed impaludamenti, ora, pur essendo stato bonificato, in condizioni di piena non risulta essere in grado di far defluire le acque in esso affluite, nel canale Corno-Ledra.

Mediante l'utilizzo del modello messo a punto dalla Segreteria tecnica dell'Autorità di bacino, è stata propagata a valle di San Mauro l'onda di progetto ottenuta nel § 5.9,

depurata dei $100 \text{ m}^3/\text{s}$ sottratti subito a monte dallo scolmatore. Tale onda sottende 25 milioni di mc d'acqua, di cui 18 vengono scolmati a San Mauro (circa il 70%), mentre per la quantità rimanente sono state previste aree di invaso.

L'applicazione del modello ha evidenziato le zone soggette ad esondazione. Un'attenta valutazione di tali aree ha consentito di fare una prima individuazione della possibile collocazione di due casse di espansione, in particolare a monte di Rodeano Basso e ad est di Nogaredo di Corno. Queste due zone sono in grado di invasare, rispettivamente, 1.3 e 2.6 milioni di mc d'acqua ciascuna. I livelli massimi raggiunti dall'acqua risultano essere dell'ordine dei 4,5 m per la cassa di Rodeano e di 7 m per quella di Nogaredo, con relative arginature di almeno 1 metro superiori. Con questa ipotesi di due casse, nel fiume Stella arriverebbero circa $35 \text{ m}^3/\text{s}$, superiori alla sua capacità ricettiva in condizioni di sicurezza idraulica.

Proseguendo le simulazioni, è stato ipotizzato di utilizzare tre zone di invaso, ovvero 200 ha nel Paludo, per una capacità totale di invaso di 0.8 milioni di mc , Rodeano con 117 ha e 1.5 milioni di mc e Nogaredo con 122 ha e 2 milioni di mc . Anche in questo caso i livelli massimi raggiunti dall'acqua non sono compatibili con la sicurezza dei centri abitati limitrofi.

Visti i risultati precedenti si è successivamente ipotizzato di aumentare la cassa del Paludo fino a 2.1 milioni di mc , per un totale di 200 ha, quella di Rodeano a 0.9 milioni di mc , per un totale di 75 ha e quella di Nogaredo a 1.2 milioni di mc , per un totale di 138 ha. Così facendo, la portata entrante allo Stella risulterebbe pari a $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

In assenza di un rilievo dettagliato dell'andamento del terreno dell'area del Paludo, questa ipotesi sembrava rappresentare, in un primo momento, il giusto compromesso tra difesa del territorio e impatto sull'ambiente circostante.

Sono state studiate anche le varie "combinazioni" tra le tre casse ipotizzate, considerando la presenza dell'invaso del Paludo in abbinamento con la cassa di Rodeano, prima, e con quella di Nogaredo, poi. In entrambe le ipotesi, al Paludo sono stati assegnati 2.1 milioni di mc , per un totale di 200 ha, mentre a Rodeano e a Nogaredo, rispettivamente, 1.7 milioni di mc , per un totale di 138 ha, e 1.8 milioni di mc , per un totale di 153 ha.

Anche con queste ipotesi le altezze arginali ed i livelli raggiunti dall'acqua sono risultati notevoli e le portate affluenti sullo Stella sono risultate essere dell'ordine dei $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Acquisiti i dati del rilievo laser-scan dell'area del Paludo, a seguito di specifica richiesta alla Protezione Civile della Regione, è stato possibile estendere la simulazione a monte di San Mauro fino al Paludo stesso. Naturalmente, l'onda di input non risulta più essere quella calcolata nella sezione di chiusura del bacino collinare in quanto la simulazione inizia più a monte. È stata, quindi, divisa l'onda di progetto nei tre contributi del torrente Corno, del rio Lini e del torrente Ripudio, trascurando il contributo di quest'ultimo nell'area del Paludo ed inserendola a valle di San Mauro (§ 6.9). Con queste nuove condizioni iniziali, si è constatato che nel Paludo, in condizioni di piena con tempo di ritorno di 200 anni, esonderebbero circa 2.9 milioni di mc d'acqua.

Tale simulazione ha portato a prendere in considerazione, come soluzione ottimale, l'ipotesi che prevede la realizzazione di due casse di espansione, quella del Paludo, di

244 ha per un volume invasato di 3.3 milioni di mc e quella di Nogaredo di Corno, di 189 ha, per una capacità di 1.4 milioni di mc. Sotto queste condizioni, al fiume Stella affluirebbero circa $28 \text{ m}^3/\text{s}$.

Riassumendo, quindi, l'ipotesi di intervento n. 1 prevede di realizzare due bacini di laminazione delle piene da affiancare allo scolmatore di San Mauro. Le aree più adatte a svolgere tale funzione di laminazione sono state individuate tra quelle che naturalmente vengono allagate in caso di esondazione. Inoltre, si è tenuto conto della morfologia del terreno in modo da sfruttare per i rilevati arginali, almeno in parte, i terrazzamenti naturali presenti sul territorio. Vengono riportate, di seguito, le descrizioni delle aree individuate per la difesa dalle piene e le modalità con cui tali aree assolvono allo scopo.

7.3.2 Area denominata Paludo (Comuni di Majano, Rive d'Arcano, San Daniele)

L'area, storicamente sottoposta ad estesi lavori di bonifica, è delimitata a sud dalle colline di Rive d'Arcano e San Daniele, mentre verso nord le quote del terreno aumentano gradualmente in direzione di Majano. Il torrente Corno scorre al centro di quest'area, all'interno della quale si trovano anche le immissioni del rio Lini e del canale Gialà.

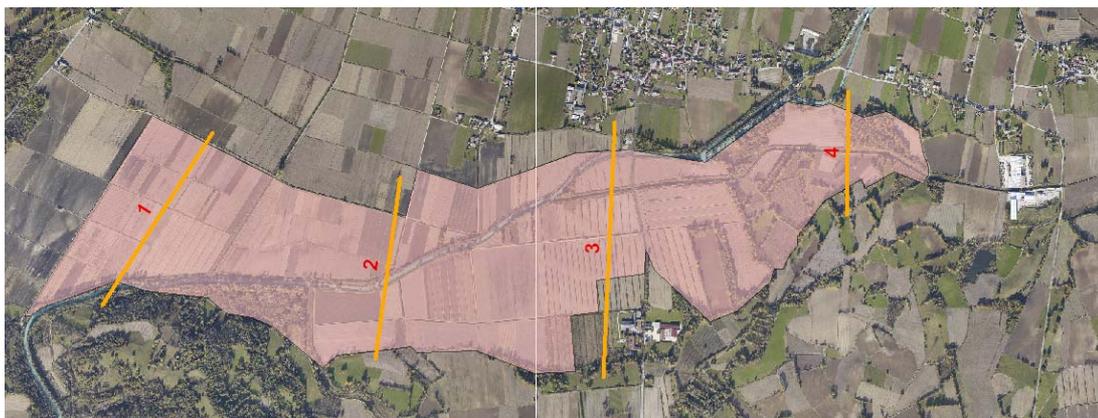


Figura 7.3.2.1: l'area del Paludo, con evidenziata in rosa la superficie da destinarsi a cassa di espansione

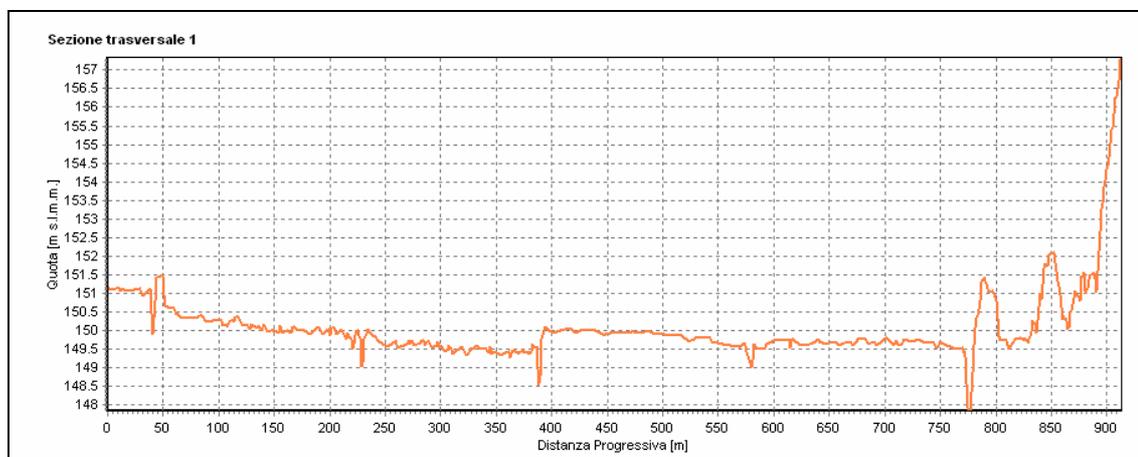


Figura 7.3.2.2: sezione trasversale n. 1 dell'area denominata Paludo

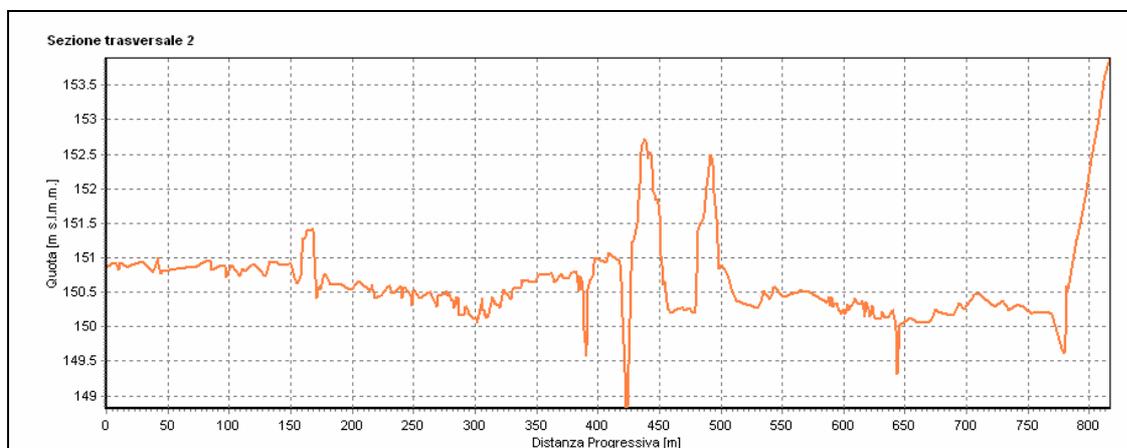


Figura 7.3.2.3: sezione trasversale n. 2 dell'area denominata Paludo

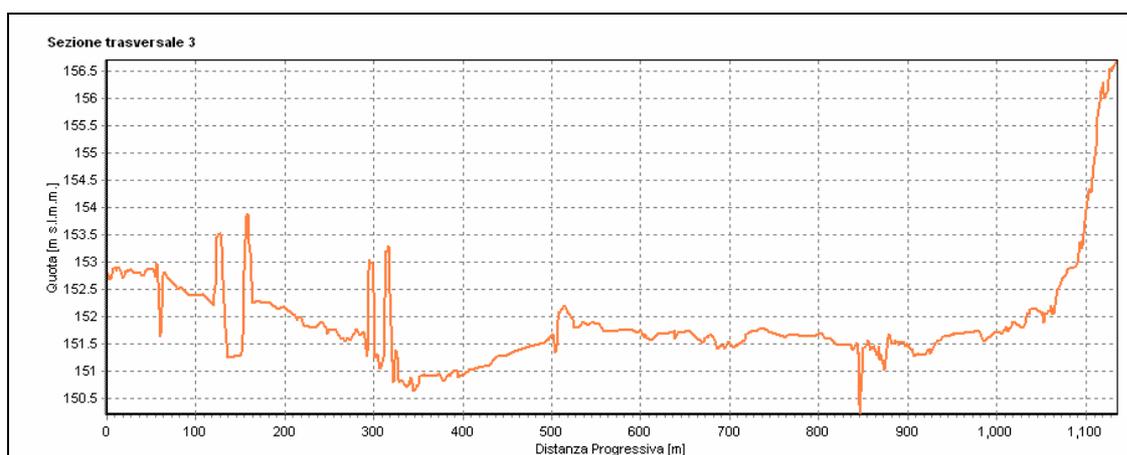


Figura 7.3.2.4: sezione trasversale n. 3 dell'area denominata Paludo

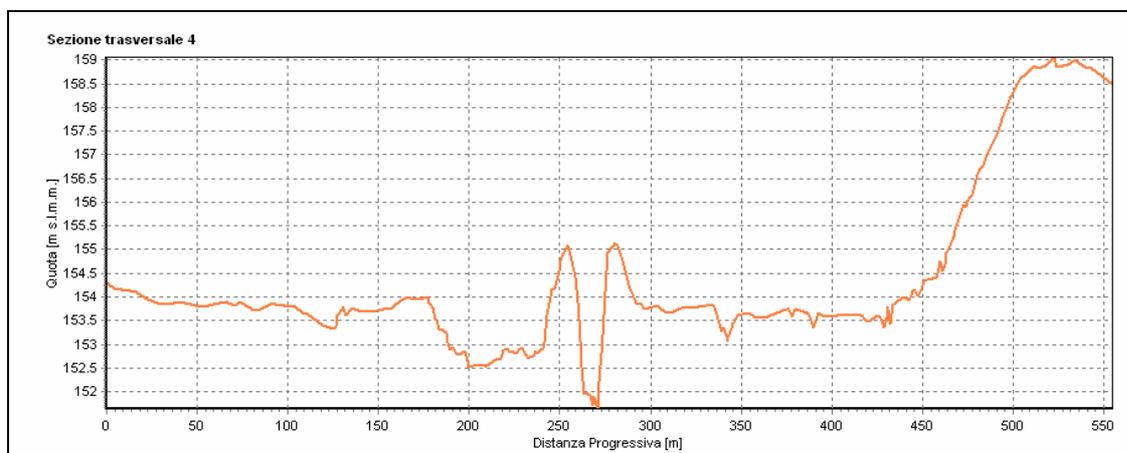


Figura 7.3.2.5: sezione trasversale n. 4 dell'area denominata Paludo

Nella Figura 7.3.2.1 è evidenziata in rosa la zona su cui è stata ipotizzata la presenza della cassa di laminazione. La superficie totale dell'area individuata è pari a 244 ha. Sono state, inoltre, riportate alcune sezioni trasversali del terreno (Figure da 7.3.2.2 a 7.3.2.5) da cui si può osservare come le arginature attuali del torrente Corno presentino altezze di circa 2 metri al di sopra del piano di campagna. Le sezioni, inoltre, evidenziano la presenza dei terrazzi naturali delle colline di Rive d'Arcano, i quali fungono da argini naturali per la cassa di laminazione.

I confini della cassa di espansione sono stati collocati, ove possibile, in corrispondenza delle strade che attraversano l'area, in modo che le arginature di contenimento della cassa risultino essere dei sopralzi delle esistenti carrarecce, minimizzando, in questo modo, gli espropri dei terreni. Inoltre, è stata prevista la realizzazione di un sopralzo arginale in sponda destra del rio Lini, la sostituzione del ponte sul rio Lini della S.P.10, in prossimità della località Fornaci De Mezzo e la realizzazione di entrambi gli argini del torrente Corno, in prossimità della località San Eliseo, in Comune di Majano, così come riportato in cartografia di Piano, al fine di ottimizzare il funzionamento della cassa medesima.

All'interno della cassa di espansione è stata prevista la suddivisione dell'area in più sottocasse; in tal modo sarà possibile utilizzare al meglio la superficie a disposizione, limitando le massime altezze dei corpi arginali.

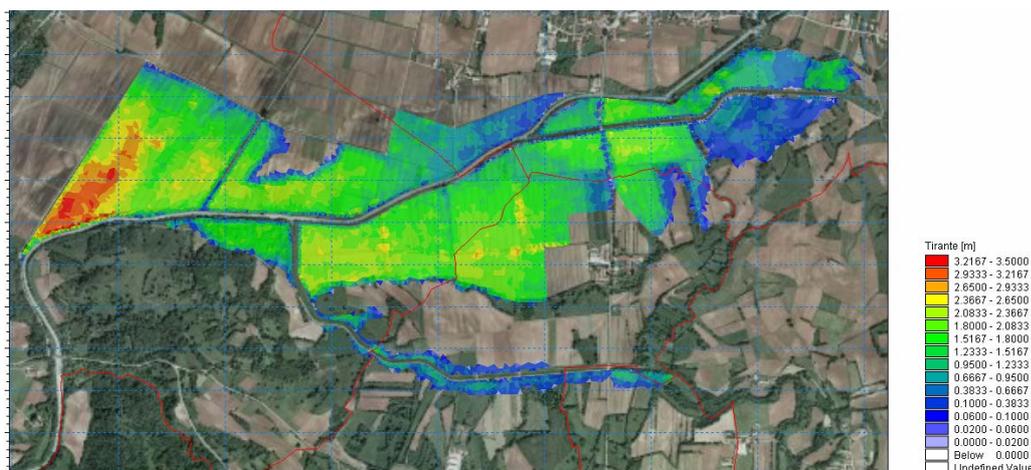


Figura 7.3.2.6: risultati della propagazione dell'onda di piena nella cassa del Paludo

Nella Figura 7.3.2.6 è riprodotto il risultato della una simulazione numerica effettuata in presenza della cassa di laminazione del Paludo.

Nel modello numerico proposto, la cassa di espansione non possiede alcun meccanismo di regolazione del flusso; ciò pone i risultati del modello in una situazione cautelativa. Si stima, infatti, che la presenza di meccanismi di regolazione possa permettere una riduzione sensibile del volume invasato dalla cassa, con conseguente riduzione delle altezze arginali.

Propagando l'onda di piena, mediante l'utilizzo del modello numerico inizializzato al fine di simulare la presenza della cassa di laminazione, è stato possibile valutare il volume complessivamente invasato nella cassa pari a $3.3 \times 10^6 mc$. I tiranti risultano dell'ordine di 1.8-2 m e nei punti dove il terreno presenta le maggiori depressioni i valori massimi dei tiranti idrici arrivano a 3.5 m.

Rispetto all'ipotesi 0, illustrata nel § 7.2, in cui non erano previste opere di difesa, c'è una differenza di volume invasato nella stessa area del Paludo di soli 400.000 mc.

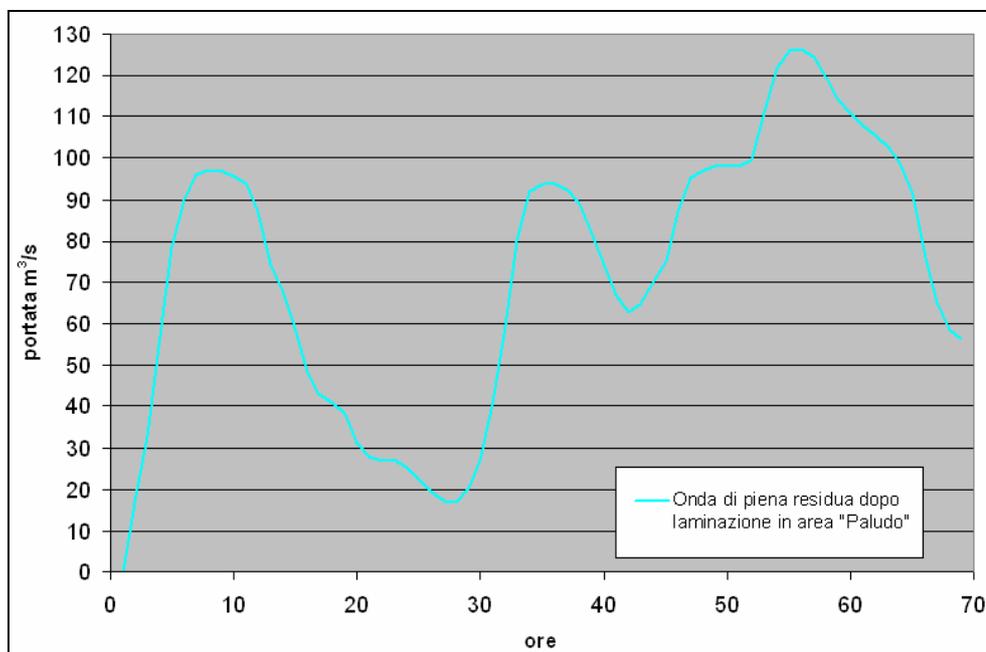


Figura 7.3.2.7: propagazione dell'onda di piena nell'area denominata Paludo, idrogramma dell'onda di piena in uscita dall'area, simulata la presenza di una cassa di espansione.

La Figura 7.3.2.7 mostra l'onda di piena residua dopo la laminazione ottenuta con la cassa di espansione dell'area denominata Paludo. All'onda di piena così ottenuta, è stato sommato il contributo proveniente dal torrente Ripudio, il quale si immette nel torrente Corno a valle dello scolmatore di San Mauro, ed è stata depurata della portata sottratta dallo scolmatore stesso. I passaggi appena descritti e il risultato finale sono riportati nella Figura 7.3.2.8.

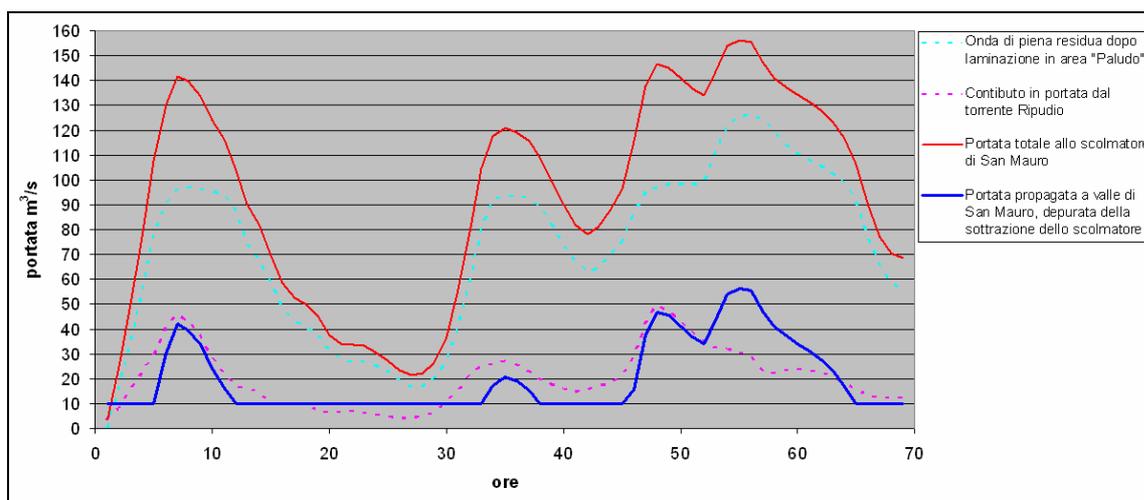


Figura 7.3.2.8: modalità di formazione dell'onda di piena da propagare a valle dello scolmatore di San Mauro. In tratteggio azzurro la portata proveniente dall'area del Paludo, cui è stato sommato l'onda di piena del t. Ripudio (tratteggio viola). L'onda risultante (in rosso) è stata depurata della quantità sottratta dalla presenza dello scolmatore di San Mauro. L'idrogramma finale, utilizzato per la propagazione a valle di San Mauro, è rappresentato in blu.

L'onda così ottenuta è stata utilizzata come condizione al contorno nel modello numerico della propagazione di piena da San Mauro (Rive d'Arcano) a Codroipo. Si noti che il valore massimo della portata propagata a valle di San Mauro, pari a $56 \text{ m}^3/\text{s}$, non risulta compatibile con la sezione idraulica di molti tratti del torrente Corno; ciò provoca esondazioni molto simili a quelle già illustrate nel precedente § 7.2. Inoltre, tale valore comporterebbe l'immissione nel fiume Stella di portate superiori a quelle da esso tollerabili e stimate pari a $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Le motivazioni appena esposte hanno perciò portato ad individuare un'altra area da adibire a bacino di laminazione, al fine di mitigare i danni nei territori da Rive d'Arcano fino Codroipo riducendo ulteriormente il valore della portata massima in entrata al fiume Stella.

7.3.3 Area presso l'abitato di Nogaredo di Corno (Comune di Coseano)

Il territorio, di destinazione agricola, risulta delimitato ad est da un terrazzo naturale, che in alcuni punti presenta altezze superiori a dieci metri rispetto al piano di campagna, e ad ovest dal torrente Corno, il quale risulta parzialmente difeso da argini che presentano altezze massime di un metro.

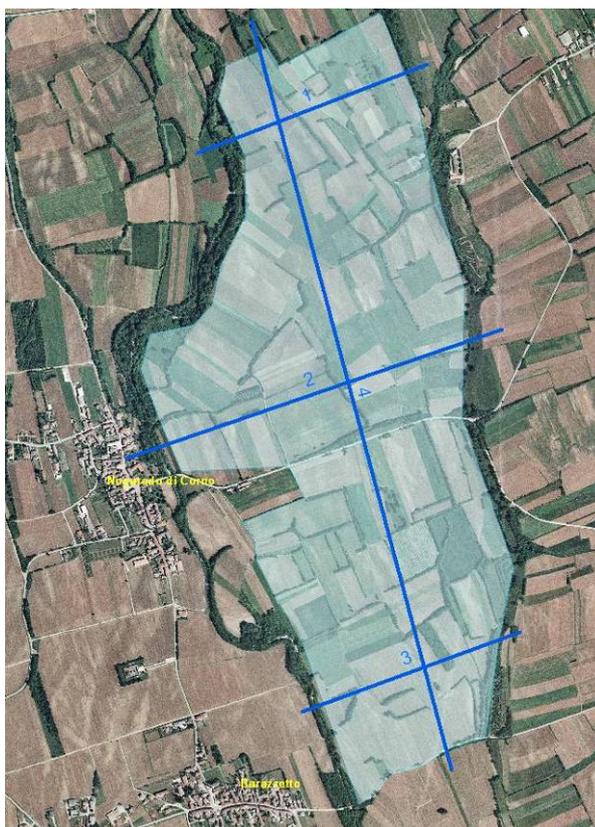


Figura 7.3.3.1: Nogaredo di Corno, con evidenziata in azzurro la superficie da destinarsi a cassa di espansione.

Nella Figura 7.3.3.1 è stata evidenziata in azzurro la zona su cui è stata ipotizzata la presenza della cassa di laminazione. La superficie totale dell'area individuata è pari a 189 ha . Sono state inoltre riportate alcune sezioni trasversali del terreno (Figure da 7.3.3.2 a 7.3.3.5), da cui si può osservare come le arginature attuali del torrente Corno presentino altezze di circa 1 metro rispetto al piano di campagna.

Le sezioni, inoltre, evidenziano, sul lato orientale dell'area, i terrazzi aventi altezza superiore a 10 metri, rispetto al piano di campagna, che svolgono, quindi, funzione di argini naturali per la cassa di laminazione. Dalla sezione trasversale 2, Figura 7.3.3.3, eseguita in corrispondenza dell'abitato di Nogaredo di Corno, si può verificare come quest'ultimo sorga al di sopra di un terrazzo posto a 4 metri dal piano di fondo previsto per la cassa di espansione. La Figura 7.3.3.5 rappresenta una sezione longitudinale della zona, in cui si può riscontrare un dislivello di 13 metri su un tratto di lunghezza pari a 2600 metri.

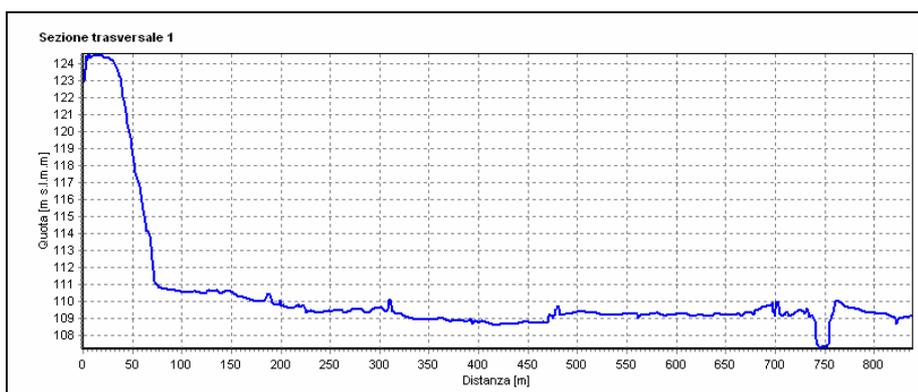


Figura 7.3.3.2: sezione trasversale n. 1 della cassa di Nogaredo di Corno

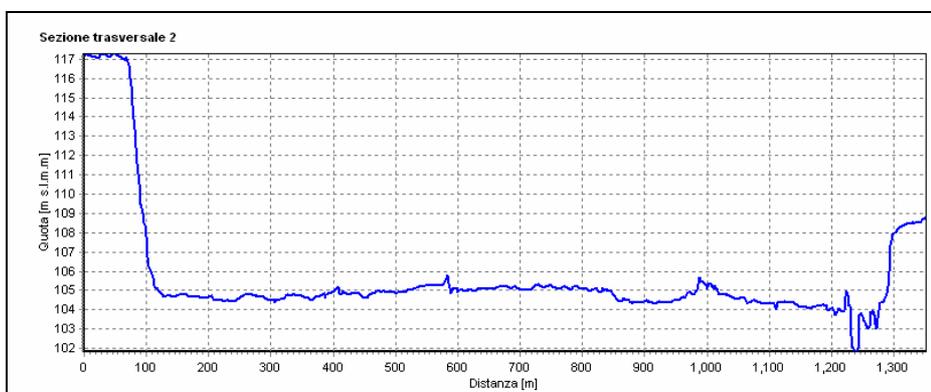


Figura 7.3.3.3: sezione trasversale n. 2 della cassa di Nogaredo di Corno

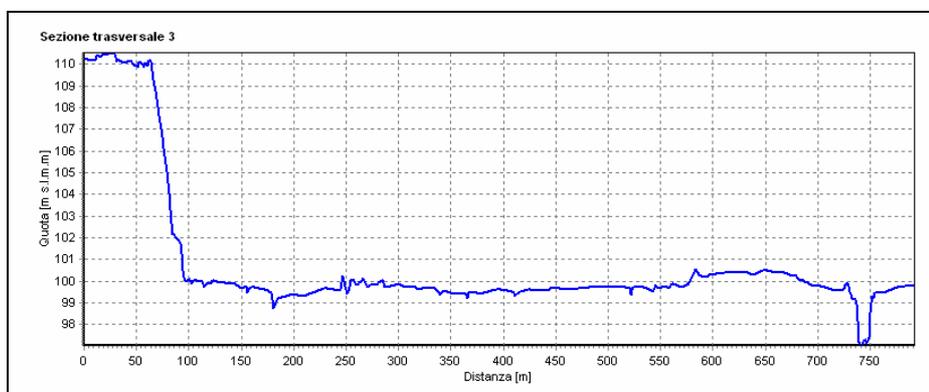


Figura 7.3.3.4: sezione trasversale n. 3 della cassa di Nogaredo di Corno

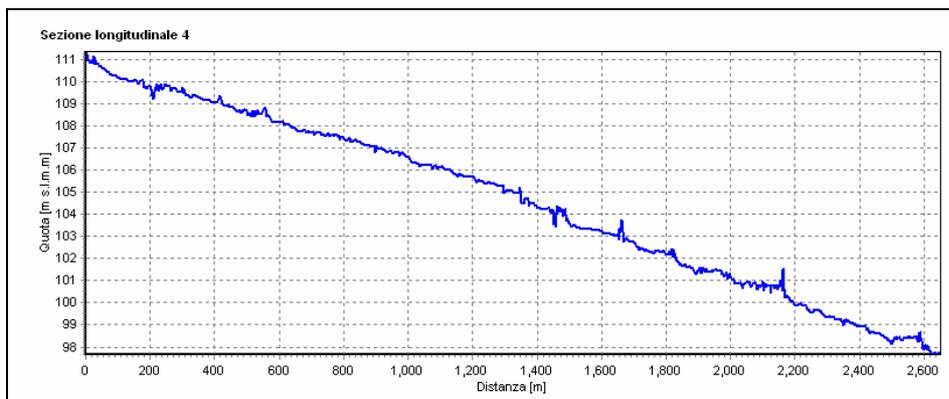


Figura 7.3.3.5: sezione trasversale n. 4 della cassa di Nogaredo di Corno

I confini della cassa di espansione sono stati collocati in prossimità dell'alveo del torrente Corno. All'interno della cassa è stata prevista la suddivisione dell'area in più sottocasse, al fine di utilizzarne al meglio la superficie, limitando le massime altezze dei corpi arginali.

La Figura 7.3.3.6 rappresenta il risultato della simulazione numerica effettuata, imponendo nel modello vincoli atti a riprodurre la presenza di una cassa di laminazione. I diversi colori indicano le diverse altezze raggiunte all'interno della cassa.

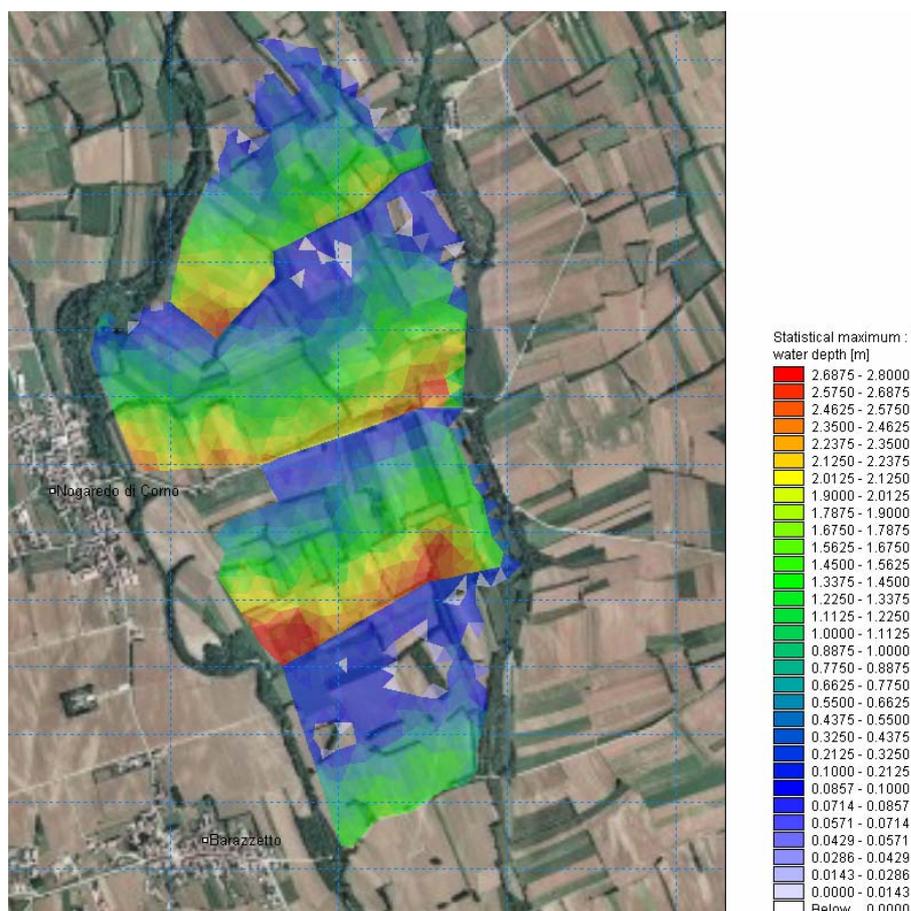


Figura 7.3.3.6: risultati della propagazione dell'onda di piena nella cassa di espansione di Nogaredo di Corno

Nel modello numerico proposto, la cassa di espansione non possiede alcun meccanismo di regolazione del flusso; ciò fornisce risultati cautelativi; si stima, infatti, che la presenza di meccanismi di regolazione possa permettere una riduzione sensibile del volume invasato dalla cassa, con conseguente riduzione delle altezze arginali.

Propagando l'onda di piena nel modello numerico, modificato per simulare la presenza della cassa di laminazione, è stato valutato un invaso complessivo pari a 1.4×10^6 mc. I tiranti massimi nei punti dove il terreno presenta le maggiori depressioni risultano dell'ordine di 2,8 metri.

Nella Figura 7.3.3.7 è stato riportato il confronto tra il profilo del terreno e la massima quota raggiunta dal pelo libero in una delle sotto-casse di espansione in cui si è ipotizzato di suddividere la cassa di espansione di Nogaredo.

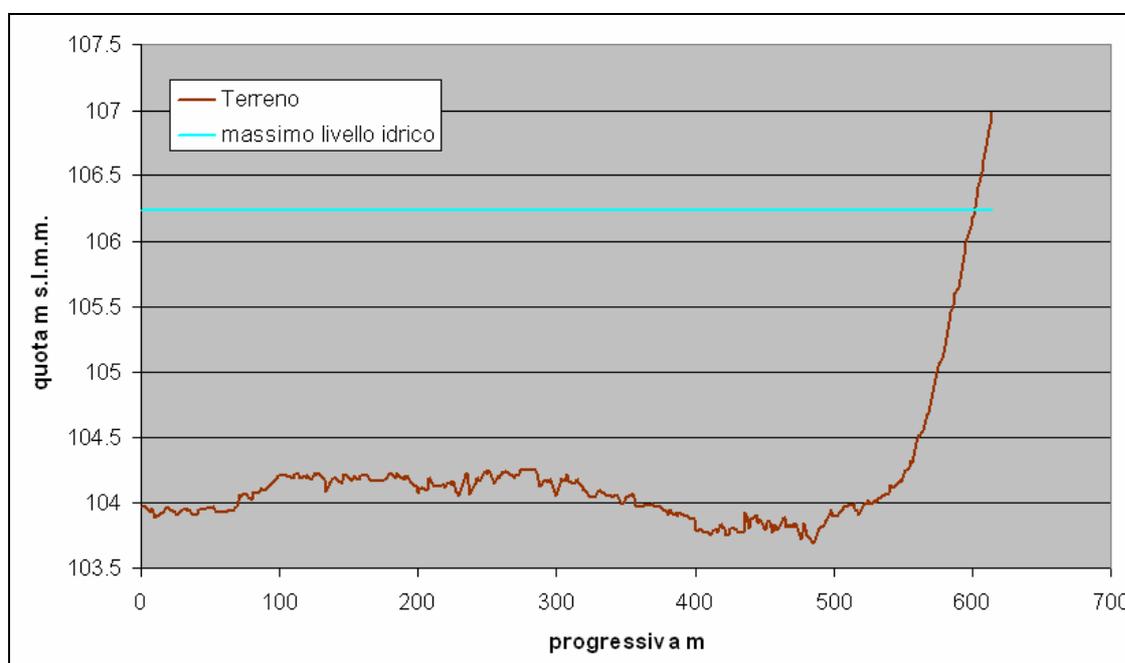


Figura 7.3.3.7: esempio di profilo trasversale del terreno e massimo tirante idrico raggiunto nella cassa di espansione di Nogaredo di Corno.

7.3.4 Esondazione residua dopo la realizzazione delle due casse di espansione

La realizzazione di due casse di espansione nel bacino del torrente Corno risolverebbe i problemi di esondazione nei territori a valle di Mereto di Tomba, in particolare nella frazione Pantianicco, e a Codroipo. A Rive d'Arcano, nonostante la presenza a monte della cassa del Paludo, il modello evidenzia ancora esondazioni residue, con tiranti idrici leggermente inferiori a quelli descritti nel § 7.2 (ipotesi 0).

La Figura 7.3.4.1 riporta le aree interessate dagli allagamenti residui; tali zone sono occupate da terreni agricoli; l'esondazione lambisce tuttavia alcune abitazioni e insediamenti industriali. Per la difesa idraulica di queste aree, sarà necessario prevedere la realizzazione di nuove arginature atte a contenere all'interno dell'alveo il volume di piena.

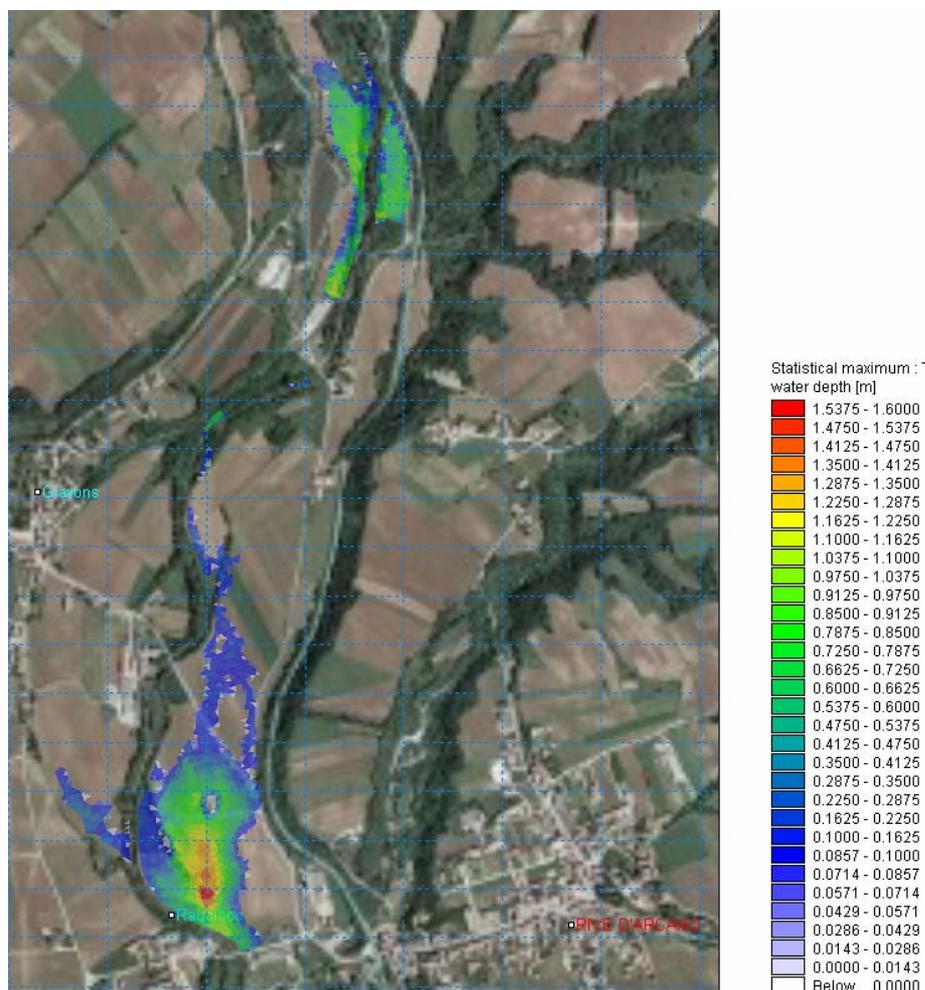


Figura 7.3.4.1: esondazione residua a Rive d'Arcano valutata dal modello in cui sono state previste la cassa del Paludo e quella di Nogaredo di Corno

7.4 IPOTESI DI INTERVENTO N. 2: ALLARGAMENTO DELL'ALVEO DA SAN DANIELE ALLO STELLA

Tale scenario prevede l'allargamento dell'alveo finalizzato al contenimento dell'intera onda di progetto da San Daniele all'immissione con il fiume Stella.

L'ipotesi prevedrebbe il raddoppio della capacità di portata dell'alveo a monte di San Mauro e la quadruplicazione nel tratto a valle dello stesso. A tale ipotesi naturalmente risulta subordinata la ricostruzione di tutti gli attraversamenti ed il rifacimento delle opere idrauliche.

Con l'allargamento dell'alveo si andrebbe, quindi, a trasferire al fiume Stella l'intera portata di piena, con evidenti conseguenze disastrose per il fiume ed i territori rivieraschi.

7.5 VALUTAZIONE COMPARATIVA DELLE IPOTESI DI INTERVENTO E SCELTE DI PIANO

L'esame dei possibili scenari di intervento atti a garantire la sicurezza idraulica del torrente Corno, illustrati sinteticamente nei paragrafi precedenti, deve necessariamente considerare aspetti, oltre che di natura prettamente idraulica, anche relativi all'efficacia, all'efficienza, alla reale fattibilità ed all'impatto sul territorio con conseguente condizionamento ambientale, sullo sviluppo agricolo e sugli insediamenti antropici.

Le valutazioni delle varie ipotesi di intervento hanno portato ad escludere l'ipotesi 0, ovvero il non intervento, in quanto in netto contrasto con le finalità del presente Piano, oltre al fatto che i danni prodotti da un evento centenario sono stati stimati, secondo metodi riconosciuti dal CNR, in circa 25 milioni di euro che, sommati ai danni di altre alluvioni minori, raggiungerebbero cifre sensibilmente superiori.

Lo scenario ipotizzato nell'ipotesi 2 comporterebbe l'allargamento del torrente Corno per la sua intera lunghezza con conseguente rifacimento di tutte le infrastrutture interessate. Oltre all'evidente impatto ambientale, tale ipotesi produrrebbe uno squilibrio ambientale difficilmente calcolabile sul fiume Stella e sul suo ecosistema, nonché un aumento esponenziale del rischio di esondazione dei territori ad esso adiacenti.

L'ipotesi di intervento 1 è quella che meglio risponde alle valutazioni in merito agli aspetti sopra riportati e che risulta essere la più appropriata per garantire la sicurezza idraulica del torrente Corno nei confronti di eventi di piena duecentenari, come da progetto. Gli interventi proposti risultano ben distribuiti lungo l'asta fluviale in quanto riguardano sia il bacino collinare che l'alveo di pianura, interessando in modo equilibrato e coerente i territori dei comuni attraversati dal torrente. L'inserimento territoriale delle opere proposte è stato attentamente studiato al fine di minimizzare sia i vincoli territoriali, sia l'impatto nei confronti dell'ambiente, delle attività agricole e produttive esistenti, interessando aree non urbanizzate e, comunque, regolarmente e naturalmente soggette ad esondazioni.

L'intervento 1 prevede la realizzazione di due casse di espansione individuate nella zona del Paludo, nei Comuni di Majano, Rive d'Arcano e San Daniele, e a Nogaredo di Corno, in Comune di Coseano. In entrambe queste aree è stata sfruttata la naturale capacità di espansione dell'alveo: di fatto, le aree in esame risultano già inondate dalle acque del torrente stesso in occasione di piene di notevole intensità.

7.5.1 Cassa di espansione del Paludo

La cassa di laminazione del Paludo occupa una superficie agricola con estensione complessiva di 244 *ha*. Tale cassa si divide in due sezioni poste una a nord del canale Corno-Ledra e l'altra a sud dello stesso. La cassa nord è delimitata a sud dagli argini del canale stesso, mentre nelle altre tre direzioni sarà arginata mediante rialzo di strade, campestri e non, esistenti. La cassa sud è delimitata, a sud, dalle colline di Rive d'Arcano e a nord dagli argini del canale Corno-Ledra, mentre nella parte più a est saranno previste arginature ottenute rialzando strade campestri esistenti.

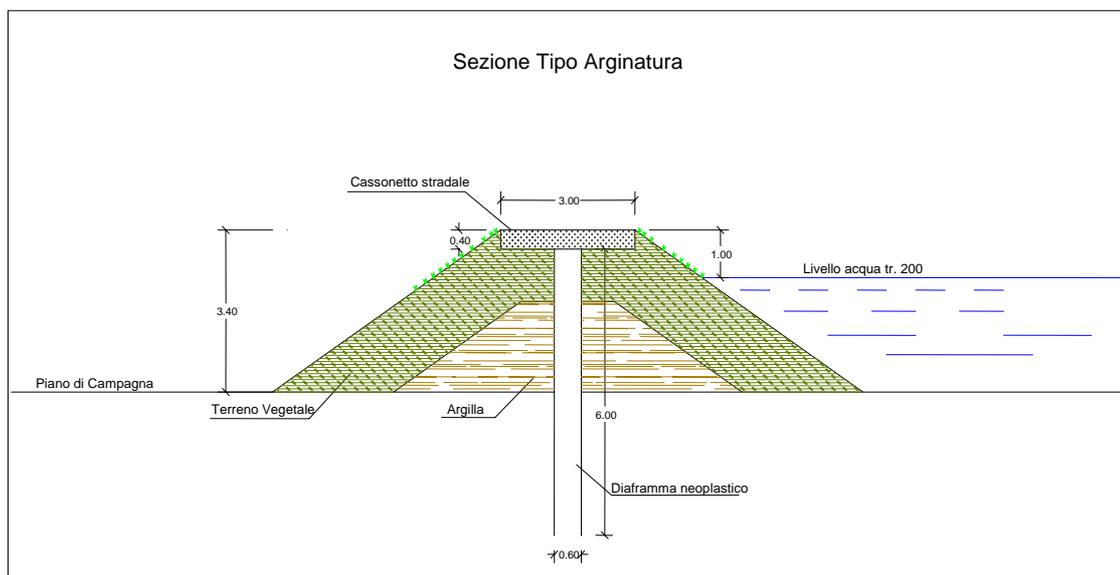


Figura 7.5.1.1: arginatura tipo ipotizzata e utilizzata per il computo metrico estimativo

È stata ipotizzata la suddivisione dell'opera in più sottocasse, o sezioni, il cui funzionamento è previsto in serie o "a cascata", al fine di poter ridurre ed uniformare le altezze arginali lungo tutto il perimetro della cassa (Figura 7.5.1.2).

Tale suddivisione prevede la realizzazione di arginature trasversali lungo i tracciati dell'attuale viabilità, con una larghezza della testa arginale tale da consentire la percorribilità agli automezzi.

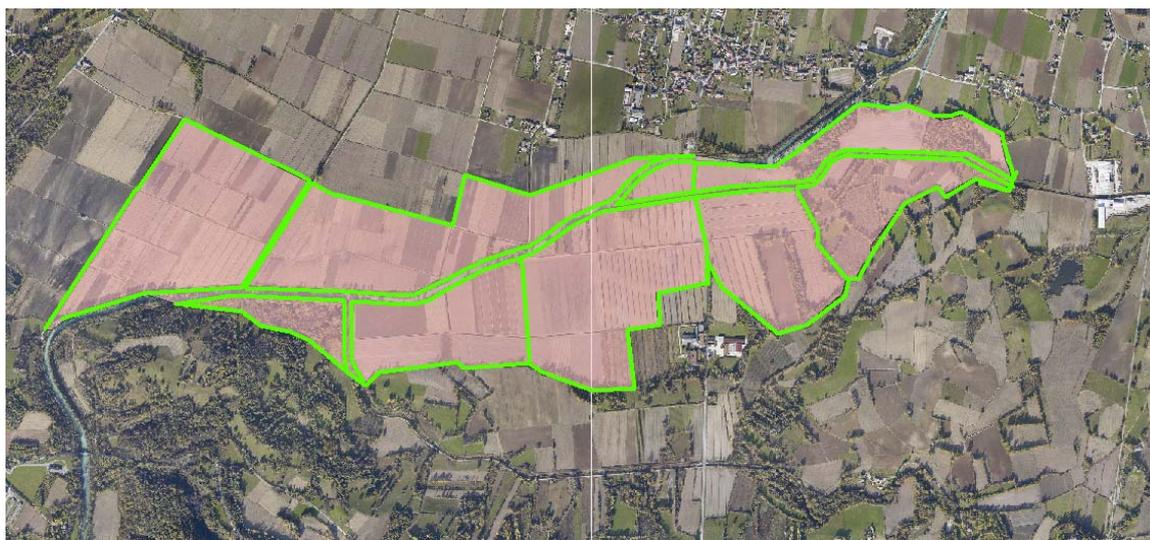


Figura 7.5.1.2: ipotesi di suddivisione in sottocasse del Paludo

Il bacino di laminazione garantirà un volume nominale di $3.300.000 \text{ m}^3$ per un'altezza massima in prossimità dell'idrovora compresa tra 3-3,5 *m* sul piano campagna (Figura 7.5.1.3).

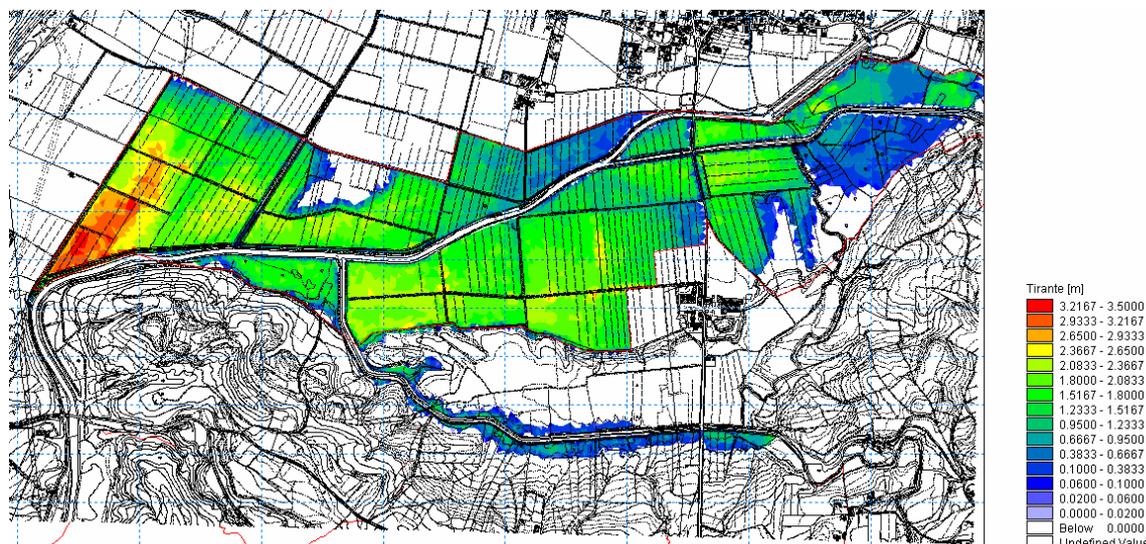


Figura 7.5.1.3: risultati della propagazione sulla cassa del Paludo

Inoltre, per un corretto funzionamento dell'opera è prevista la realizzazione di un fosso con adeguata pendenza e profondità, che permetta il deflusso delle acque all'interno dell'area di laminazione e ne consenta lo svuotamento successivo; qualora possibile, si utilizzeranno fossi esistenti.

L'opera di presa della cassa dovrà essere realizzata mediante uno sfioratore laterale e una sezione di controllo delle portate, ottenuta attraverso un restringimento d'alveo con manufatti appositamente progettati.

L'importo complessivo presunto per la realizzazione della cassa di laminazione del Paludo, al netto degli indennizzi e delle spese generali e tecniche, risulta essere dell'ordine dei 15.000.000 *euro*. Tale cifra non comprende gli oneri per espropri ed occupazioni temporanee, per spese tecniche generiche e specialistiche e per l'IVA.

7.5.2 Cassa di espansione di Nogaredo di Corno

La cassa di laminazione di Nogaredo occupa una superficie agricola con estensione complessiva di 189 *ha*. La cassa è delimitata a est da un terrazzo naturale di altezza superiore ai 10 *m*, ad ovest confina con il torrente Corno, dal quale verrà separata mediante la realizzazione di un'arginatura in terra, così come a nord e a sud.

È prevista la suddivisione dell'opera in quattro sottocasse, o sezioni, il cui funzionamento avverrà in serie o "a cascata", al fine di poter ridurre ed uniformare le altezze arginali lungo tutto il perimetro della cassa (Figura 7.5.2.1).

Tale suddivisione verrà realizzata mediante arginature trasversali, realizzate, per quanto possibile, lungo i tracciati dell'attuale viabilità e la larghezza della testa arginale sarà tale da consentire la percorribilità agli automezzi.



Figura 7.5.2.1: ipotesi di suddivisione in sottocasse della cassa di Nogaredo di Corno

Il bacino di laminazione garantirà un volume nominale di $1.400.000 \text{ m}^3$ per un'altezza massima di circa $2,8 \text{ m}$ sul piano campagna (Figura 7.5.2.2).

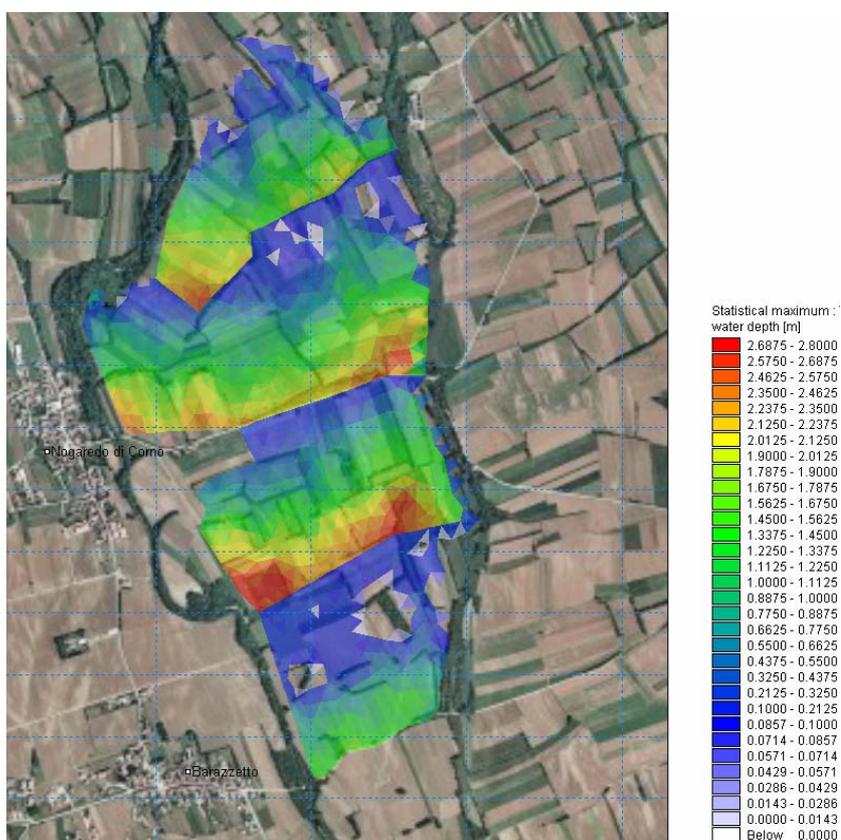


Figura 7.5.2.2: risultati della propagazione sulla cassa di Nogaredo di Corno

Per un corretto funzionamento dell'opera è, inoltre, prevista la realizzazione di un fosso con adeguata pendenza e profondità, che permetta il deflusso delle acque all'interno dell'area di laminazione e ne consenta lo svuotamento successivo; qualora possibile, si utilizzeranno fossi esistenti.

L'opera di presa della cassa dovrà essere realizzata mediante uno sfioratore laterale e una sezione di controllo delle portate, ottenuta attraverso un restringimento d'alveo con manufatti appositamente progettati.

L'importo complessivo presunto per la realizzazione della cassa di laminazione di Nogaredo, al netto degli indennizzi, delle spese generali e tecniche, risulta essere dell'ordine degli 11.000.000 *euro*. Tale cifra non comprende gli oneri per espropri ed occupazioni temporanee, per spese tecniche generiche e specialistiche e per l'IVA.

7.5.3 Interventi di adeguamento dell'efficienza idraulica dell'alveo

Le simulazioni della propagazione dell'onda di piena di progetto hanno evidenziato, nella zona subito a valle dello scolmatore di San Mauro, alcune insufficienze arginali che determinano delle aree di esondazione "residua", anche in seguito alla realizzazione delle due casse di espansione previste dal presente Piano.

Dovranno, quindi, essere previsti rialzi arginali nel tratto d'alveo tra lo scolmatore e l'abitato di Raucicco, così come evidenziato in Figura 7.5.3.1.

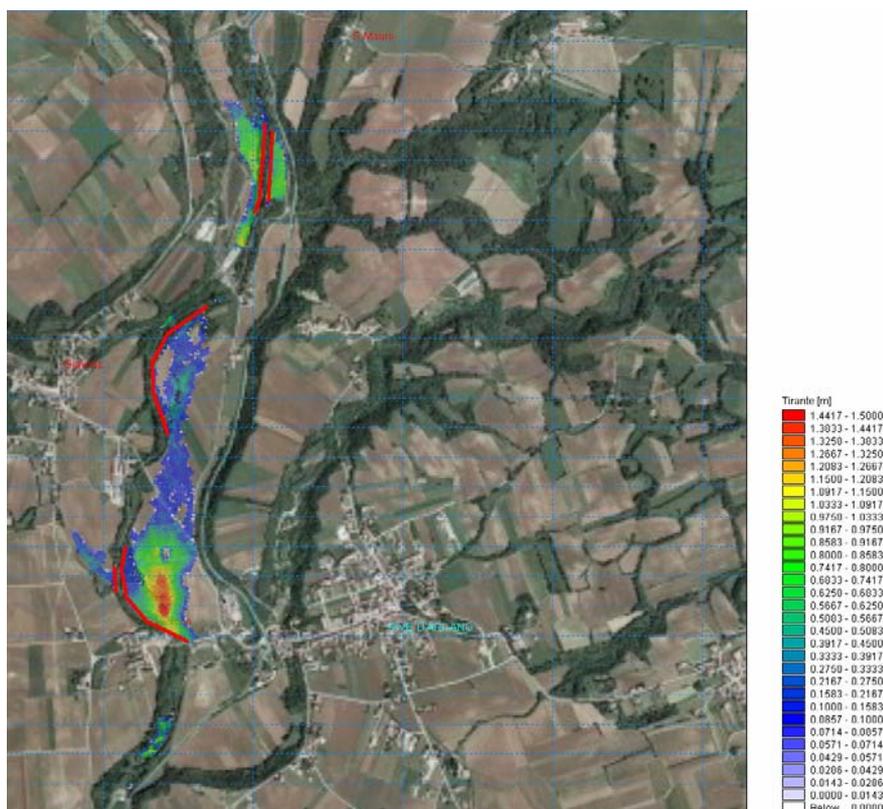


Figura 7.5.3.1: individuazione delle zone di rialzo arginale

Detti interventi dovranno far ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica, al fine di rispettare la naturalità del corso d'acqua e dovranno tener conto della naturale dinamica evolutiva che il torrente Corno ha manifestato in tale tratto d'alveo.

8. PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DI PIANO

La normativa nazionale e regionale in materia di difesa del suolo assegna ai Piani di difesa idraulica dei bacini idrografici il fondamentale ruolo della definizione delle opere e degli interventi necessari per garantire la sicurezza idraulica delle popolazioni e dei beni insediati sul territorio, per un assegnato tempo di ritorno degli eventi alluvionali severi.

Lo strumento dei Piani di difesa idraulica rappresenta, dunque, il passo fondamentale che deve essere compiuto per superare l'attuale fase caratterizzata da interventi di emergenza sempre più frequenti ed onerosi dal punto di vista finanziario, passando con decisione ad un'efficace azione pubblica di lungo respiro nel tempo. In altri termini, per fare prevenzione attiva.

Appare, altresì, chiaro come un'efficace ed efficiente azione di prevenzione sul territorio, con la realizzazione di adeguate opere idrauliche strutturali, presenti alti costi di intervento a carico del bilancio pubblico. D'altra parte, la somma cumulata dei danni e degli interventi di ripristino, a seguito di calamità alluvionali, tende a crescere continuamente e a produrre interventi, certamente utili sul piano puntuale e locale, ai quali, però, manca un quadro di riferimento e una visione generale dei problemi del territorio per la risoluzione alla radice della sicurezza idraulica a scala di bacino.

In sintesi, in assenza di adeguati Piani di difesa idraulica studiati accuratamente a scala di bacino, come espressamente previsto dalla normativa in materia di difesa del suolo, gli interventi di emergenza si possono considerare efficaci se si mantengono a livello di interventi di ripristino delle opere danneggiate e di manutenzione del reticolo idrografico. Oltre a questa dimensione operativa, ogni intervento idraulico effettuato in assenza di un piano di bacino perde di efficacia, rischia di disperdere preziose risorse che potrebbero invece essere destinate alla prevenzione e, spesso, genera l'aggravamento della situazione di rischio idraulico nei territori di valle, per effetto dell'aumento delle portate in transito negli alvei di fondo valle e di pianura, dove, generalmente, si trovano insediati la maggior parte della popolazione, dei beni e delle infrastrutture da tutelare.

La normativa definisce il Piano di bacino come Piano territoriale di settore e lo qualifica come strumento conoscitivo, normativo, tecnico ed operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso che, nella fattispecie, sono finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche idrologiche, idrauliche, fisiche e ambientali del territorio interessato dal bacino idrografico del torrente Corno.

Le considerazioni svolte nella fase propositiva del presente Piano devono, pertanto, essere organizzate e classificate anche nell'ambito di una realistica fattibilità tecnica ed economica delle opere di Piano, la quale deve tener conto, oltre che delle priorità degli interventi programmati, anche del loro sviluppo nel tempo, così come espressamente stabilito dalla normativa di difesa del suolo.

8.1 INTERVENTI STRUTTURALI DI PIANO

Gli interventi strutturali, previsti dal presente Piano stralcio, sono il risultato di una precisa analisi storica ed evolutiva del bacino idrografico del torrente Corno, degli insediamenti abitativi e produttivi in esso presenti e di un'accurata analisi idrologica ed idraulica dell'intero bacino che ha consentito di evidenziare l'elevato grado di pericolosità idraulica residua, a seguito della realizzazione del canale scolmatore, presente nel bacino medesimo. Le opere strutturali di difesa idraulica previste dal Piano elencate da monte a valle, comprendono i seguenti interventi:

- costruzione di una cassa di espansione in località Paludo, nei Comuni di Majano, Rive d'Arcano e San Daniele, della capacità di 3.300.000 m^3 , realizzazione di un sovrizzo arginale in sponda destra del rio Lini, sostituzione del ponte sul rio Lini della S.P.10, in prossimità della località Fornaci De Mezzo, e realizzazione di entrambi gli argini del torrente Corno in prossimità della località San Eliseo in Comune di Majano, così come riportato in cartografia di Piano;
- costruzione di una cassa di espansione in località Nogaredo di Corno, nel Comune di Coseano, della capacità di 1.400.000 m^3 ;
- ripristino e adeguamento dell'efficienza idraulica dell'alveo del torrente Corno tra San Mauro e Raucicco, nel Comune di Rive d'Arcano;
- risoluzione delle interferenze delle opere previste dal Piano con il reticolo idrografico secondario; risoluzione delle interferenze dei cavi di raccolta delle acque piovane e degli scoli con il reticolo idrografico minore e adeguamento delle strutture lineari pubbliche di raccolta delle acque reflue.

Nella tabella 8.1.1 sono riportati i costi di realizzazione delle opere strutturali di Piano.

INTERVENTO DI PIANO	SPESA SINGOLO INTERVENTO (€)
Cassa di espansione del Paludo	18.000.000,00
Cassa di espansione di Nogaredo di Corno	11.000.000,00
Spese e Oneri	12.500.000,00
COSTO COMPLESSIVO	41.500.000,00

Tabella 8.1.1: Costi di realizzazione degli interventi strutturali di Piano

Tali costi sono stati desunti dai prezzi correnti di mercato per la realizzazione di argini ed opere idrauliche in alveo.

Complessivamente la spesa per gli interventi di Piano ammonta a 41.500.000 euro, compresi oneri, indennizzi e spese per la progettazione ed inclusi i costi per il ripristino e l'adeguamento dell'efficienza idraulica dell'alveo del torrente Corno da San Mauro a Raucicco, questi ultimi inclusi nelle spese di realizzazione delle casse, nonché la realizzazione delle arginature sul rio Lini e sul torrente Corno ed il rifacimento del ponte sul rio Lini della SP10.

8.2 PROGRAMMAZIONE TEMPORALE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi proposti dal presente Piano rappresentano un sistema organico ed interagente di interventi strutturali finalizzati alla gestione e al controllo delle portate di piena che si verificano nel bacino idrografico del torrente Corno con un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Appare chiaro, quindi, che la sicurezza idraulica, per il tempo di ritorno fissato, verrà raggiunta solamente con l'esecuzione di tutte le opere strutturali previste elencate, in sintesi, nel § 8.1 ed esaminate, nel dettaglio, sotto l'aspetto ambientale nel Cap. 7.

Lo studio della propagazione dell'onda di progetto ha evidenziato come ad oggi, il volume esondato venga allontanato per il 70 % dal canale scolmatore esistente, mentre il rimanente 30 % prosegue verso valle provocando esondazioni.

Risulta, quindi, fondamentale che la realizzazione delle opere previste dal presente Piano segua un'opportuna scala delle priorità che tenga conto sia del costo delle opere stesse, sia del beneficio atteso in termini di contributo alla sicurezza idraulica dei territori.

La ricerca della definizione delle priorità di intervento deve fondarsi sull'esame dei seguenti elementi di efficienza idraulica:

- capacità di riduzione del volume eccedente di piena;
- entità della riduzione delle portate di piena;
- lunghezza dell'alveo interessato dalla riduzione delle portate di piena.

Per quanto riguarda il primo punto, nel Cap. 7 è stato dimostrato che la cassa di espansione del Paludo è in grado di ridurre il volume di piena eccedente di circa 3,3 milioni di metri cubi, contro gli 1,4 milioni di metri cubi della cassa di Nogaredo.

Il secondo e il terzo punto convergono a favore della cassa del Paludo, la cui realizzazione ridurrà le portate di piena già allo scolmatore di San Mauro, con evidente beneficio sull'intera asta del torrente Corno.

È evidente che, oltre allo scolmatore esistente, non vi è un'opera prioritaria; tuttavia, la cassa di espansione del Paludo, che rispetto a quella di Nogaredo rappresenta un impegno economico maggiore, dovrebbe essere realizzata con precedenza per incrementare già da subito la sicurezza idraulica dei territori di valle e del fiume Stella.

Per quanto riguarda il ripristino e l'adeguamento dell'efficienza idraulica dell'alveo, si ritiene opportuno effettuare tali lavori come ultimo passo in quanto, una corretta progettazione delle casse del Paludo e di Nogaredo, comporterà la minimizzazione degli interventi stessi, se non addirittura la loro esclusione.

Parte seconda: **NORME DI PIANO**

INDICE DEGLI ARTICOLI

Articolo 1	Principi generali
Articolo 2	Obiettivi e finalità del Piano
Articolo 3	Contenuti del Piano
Articolo 4	Efficacia ed effetti del Piano
Articolo 5	Aree destinate alla realizzazione delle casse di espansione
Articolo 6	Aree di pertinenza fluviale
Articolo 7	Piano di manutenzione
Articolo 8	Limitazione degli afflussi nella rete idrografica superficiale delle acque piovane provenienti dal drenaggio delle superfici urbanizzate.
Articolo 9	Attività di monitoraggio
Articolo 10	Modifica e correzione delle cartografie di Piano
Articolo 11	Entrata in vigore del Piano
Allegato I	Torrente Corno – Opere di difesa idraulica

NORME DI PIANO

Articolo 1

Principi generali

1. Il Piano stralcio di bacino per la difesa idraulica, di seguito denominato Piano, ha valore di Piano territoriale di settore e costituisce un insieme organico interagente di previsioni, misure, cautele e disposizioni al fine di:

- a) dotare il bacino idrografico di un livello di sicurezza compatibile con l'utilizzo antropico e con i caratteri ambientali del territorio, nonché rispettoso del principio di precauzione;
- b) attuare le previsioni della fase propositiva e della fase programmatica;
- c) conseguire l'ottimale assetto idraulico e geologico del bacino.

2. Il Piano è costituito da:

- a) Relazione tecnica;
- b) Norme di Piano;
- c) Elaborati cartografici.

Articolo 2

Obiettivi e finalità del Piano

1. Il Piano è finalizzato a garantire, nel territorio del bacino, un adeguato livello di sicurezza rispetto ai fenomeni di esondazione e di dissesto idraulico, anche con la previsione di idonei dispositivi per il contenimento delle portate di piena. Il Piano ha funzione di strumento di riferimento relativo al sistema di allertamento, statale e regionale, per il rischio idraulico ed idrogeologico, ai fini di protezione civile.

2. Il Piano è funzionale al rispetto degli equilibri ambientali e territoriali all'interno del bacino idrografico.

Articolo 3

Contenuti del Piano

1. Il Piano individua un sistema integrato di interventi strutturali e non strutturali da realizzare nella fase programmatica di cui alla relazione tecnica, per eventi di piena aventi tempo di ritorno di 200 anni.

2. Gli interventi previsti sono indicati negli Allegati alle Norme di Piano.

3. La progettazione definitiva degli interventi di cui agli Allegati è sottoposta al parere dell’Autorità di bacino regionale per verificarne la conformità al Piano.

4. Gli Allegati sono modificati con delibera del Comitato Istituzionale, sentito il Comitato tecnico; le delibere di modifica sono soggette alle medesime forme di pubblicità e di informazione previste per il Piano.

Articolo 4

Efficacia ed effetti del Piano

1. Le Amministrazioni, per quanto di competenza, entro 12 mesi dall’approvazione del Piano, adeguano i propri strumenti urbanistici alle previsioni del Piano medesimo.

2. Fino alla realizzazione delle opere e degli interventi di cui agli Allegati, i Comuni che, nel corso degli ultimi 200 anni, in base agli atti di archivio ed alle notizie storiche, sono stati soggetti ad allagamenti causati da esondazioni di corsi d’acqua o da acque costiere, oppure sono stati esposti a movimenti franosi e valanghivi, adottano i necessari criteri di prudenza nell’uso del territorio che è stato interessato da tali eventi.

3. L’individuazione e delimitazione delle aree, soggiate a rischio idraulico e idrogeologico, è attuata con la ricognizione delle caratteristiche dei suoli, del sottosuolo e del relativo rapporto con le acque superficiali e sotterranee; pertanto i vincoli del Piano, le conseguenti limitazioni e previsioni a carico di soggetti pubblici e privati rispondono all’interesse pubblico generale di tutela da situazioni di pericolosità idraulica, per cui essi hanno natura ricognitiva e non espropriativa, pertanto non comportano corresponsione di indennizzi.

Articolo 5

Aree destinate alla realizzazione delle casse di espansione

1. Nelle aree destinate alla realizzazione delle casse di espansione, di cui agli Allegati, è fatto divieto di ogni tipo di utilizzazione edilizia, anche a carattere provvisorio, salvo le deroghe di cui ai commi 2 e 4.

2. Nelle aree di cui al comma 1 è consentita esclusivamente la realizzazione di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali, non diversamente localizzabili, purché non costituiscano ostacolo al funzionamento idraulico della cassa di espansione.

3. La progettazione definitiva degli interventi, di cui al precedente comma, si conforma alle previsioni del Piano ed è sottoposta al parere dell’Autorità di bacino regionale.

4. Nelle aree di cui al comma 1 sono ammesse, previo nulla osta idraulico, attività agricole con colture di tipo erbaceo ed arboree e relative infrastrutture che non contrastino con l’officiosità e la sicurezza idraulica delle casse medesime.

Articolo 6

Aree di pertinenza fluviale

- 1.** Ai fini della sicurezza idraulica e della riduzione della pericolosità, i territori compresi tra le sponde naturali sommergibili dalla piena, con tempo di ritorno di 200 anni, o le difese artificiali in fregio ad esse, ovvero quelli indicati mediante apposita cartografia negli elaborati del Piano - successivamente denominati aree di pertinenza fluviale - sono per loro natura funzionali al corpo idrico dal quale sono attraversati, in relazione agli effetti idrodinamici ed alla sua evoluzione ambientale e morfologica. In tali ambiti territoriali vanno osservati gli indirizzi di cui ai successivi commi.
- 2.** La naturale destinazione delle aree di pertinenza fluviale indispensabili per mantenere i territori e le infrastrutture in sicurezza idraulica, rende incompatibili le utilizzazioni che possano sia ostacolare il regolare deflusso delle acque, sia confliggere con gli interventi, previsti nel presente Piano.
- 3.** All'interno del perimetro delle casse di espansione, di cui agli Allegati, non sono autorizzabili costruzioni di rilevati secondari a protezione di zone adibite a colture, fatta salva la messa in sicurezza di preesistenti impianti industriali, se non delocalizzabili.

Articolo 7

Piano di manutenzione

- 1.** Al fine di garantire la buona efficienza idraulica ed ambientale dell'alveo dei corsi d'acqua e dei rispettivi affluenti, nonché delle opere di difesa idraulica necessarie a garantire la corretta regimazione idraulica ed il controllo delle piene, l'Autorità di bacino regionale predispone, entro due anni dall'approvazione del presente Piano, un apposito Piano stralcio di manutenzione idraulica ed ambientale.

Articolo 8

Limitazione degli afflussi nella rete idrografica superficiale delle acque piovane provenienti dal drenaggio delle superfici urbanizzate

- 1.** La permeabilità naturale dei suoli non edificati costituisce fattore di stabilità del bacino scolante e di riduzione della pericolosità idraulica. Il territorio non edificato, pertanto, deve mantenere, anche in caso di antropizzazione, tali sue caratteristiche.
- 2.** Le costruzioni e lottizzazioni nuove devono essere dotate di rete duale di scarico delle acque nere e delle acque scolanti dalle superfici impermeabilizzate e dai tetti.
- 3.** Al fine di limitare gli afflussi nelle reti idrografiche delle acque provenienti dal drenaggio delle superfici adibite ad infrastrutture, urbanizzate o impermeabilizzate di cui al comma 2, o nel caso di ristrutturazioni di immobili che interessino anche un'area del lotto non coperta, o prevedano il rifacimento di reti di fognatura interna al lotto,

devono essere previsti appositi dispositivi di invaso temporaneo, proporzionati ed opportunamente regolati, delle acque piovane, in modo da mantenere l'invarianza idraulica del territorio interessato, previo atto di indirizzo dell'Autorità di bacino.

4. La valutazione dell'abbattimento delle portate va posta in relazione con la situazione preesistente.

5. Le disposizioni del presente articolo non si applicano alle opere pubbliche di protezione civile, di bonifica montana e di contenimento dei rischi di frane e valanghe, purché le acque raccolte non siano trasferite da e in diverso bacino idrografico.

Articolo 9

Attività di monitoraggio

1. Il Piano è soggetto a specifica attività di monitoraggio che verifica, sulla base degli effetti ambientali dallo stesso prodotti, la relativa rispondenza con le previsioni del Rapporto ambientale, individuando, inoltre, eventuali effetti negativi imprevisi.

2. Ai fini di cui al comma 1 il soggetto gestore delle opere di cui agli articoli 5 e 6 opererà in conformità alle misure adottate in merito al monitoraggio ambientale.

Articolo 10

Modifica e correzione delle cartografie di Piano

1. La natura ricognitiva dei fenomeni naturali, di inondazione e di franosità, rilevati dal Piano, e la sua funzione di servizio per l'intera comunità di bacino, lo rendono strumento di dialogo e di partecipazione, per cui la modifica degli elaborati cartografici del Piano, ivi compresa la correzione di errori materiali, è disposta - d'ufficio o ad iniziativa di chiunque ne abbia un interesse qualificato - con decreto del Segretario dell'Autorità di bacino, sentito il Comitato tecnico, previa comunicazione del relativo procedimento al Comune ed ai proprietari dei fondi interessati dalla modifica.

2. Le modifiche rilevanti, come tali qualificate dal Comitato tecnico, sono disposte con le stesse procedure di approvazione del Piano.

Articolo 11

Entrata in vigore del Piano

1. Il Piano, redatto, adottato ed approvato ai sensi e per gli effetti delle vigenti leggi, è vincolante dalla data di pubblicazione sul BUR.

ALLEGATO I

Torrente Corno – Opere di difesa idraulica

- 1.** Costruzione di una cassa di espansione situata in destra e sinistra orografica del torrente Corno, in località Paludo, nei Comuni di San Daniele, Rive d'Arcano e Majano della capacità di metri cubi 3.300.000; l'ottimizzazione e l'organizzazione funzionale interna sono devolute alla fase progettuale delle opere previste dal Piano. Contestuale realizzazione di un sopralzo arginale in sponda destra del rio Lini con sostituzione del ponte sulla S.P.10, in prossimità della località Fornaci De Mezzo, e realizzazione di entrambi gli argini del torrente Corno in prossimità della località San Eliseo, in Comune di Majano, così come riportato in cartografia di Piano;
- 2.** Costruzione di una cassa di espansione situata in sinistra orografica del torrente Corno, in località Nogaredo di Corno, in Comune di Coseano, della capacità di metri cubi 1.400.000; l'ottimizzazione e l'organizzazione funzionale interna sono devolute alla fase progettuale delle opere previste dal Piano.
- 3.** Ripristino e adeguamento dell'efficienza idraulica dell'alveo del torrente Corno da San Mauro a Raucicco, in Comune di Rive d'Arcano.
- 4.** Risoluzione delle interferenze delle opere previste dal Piano con il reticolo idrografico secondario; risoluzione delle interferenze dei cavi di raccolta delle acque piovane e degli scoli con il reticolo idrografico minore e adeguamento delle strutture lineari pubbliche di raccolta delle acque reflue.

Parte seconda: **ELENCO DEGLI ELABORATI
CARTOGRAFICI**

ELENCO DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI

TAVOLE DI ANALISI DEL TERRITORIO

- Tavola 1** Inquadramento territoriale ed idrografico del torrente Corno (scala 1:100.000)
- Tavola 2** Delimitazione, reticolo idrografico e parametri di Horton del bacino collinare del torrente Corno (scala 1:25.000)
- Tavola 3** Cartografia del bacino idrografico collinare del torrente Corno. Gruppi idrologici dei suoli (scala 1:25.000)
- Tavola 4** Cartografia del bacino idrografico collinare del torrente Corno Uso del suolo (scala 1:25.000)
- Tavola 5** Cartografia del bacino idrografico collinare del torrente Corno. Classificazione del suolo e dell'uso del suolo con il metodo del Curve Number (scala 1:25.000)

TAVOLE DI SIMULAZIONE E DI DELIMITAZIONE DELLE AREE DI PERTINENZA FLUVIALE

- Tavola 6** Esondazione di taratura del modello (scala 1:25.000)
- Tavola 7a** Esondazione senza opere nell'area del Paludo. *Livelli* (scala 1:5000)
- Tavola 7b** Esondazione senza opere nell'area del Paludo. *Velocità* (scala 1:5000)
- Tavola 8** Esondazione senza opere da San Mauro a Codroipo. *Livelli* (scala 1:25000)
- Tavola 8a** Esondazione senza opere da San Mauro a Rodeano. *Livelli* (scala 1:5000)
- Tavola 8b** Esondazione senza opere da Nogaredo di Corno a Pantianicco. *Livelli* (scala 1:5000)
- Tavola 8c** Esondazione senza opere da Pantianicco a Beano. *Livelli* (scala 1:5000)
- Tavola 8d** Esondazione senza opere a Codroipo. *Livelli* (scala 1:5000)
- Tavola 9** Esondazione senza opere da San Mauro a Codroipo. *Velocità*. Quadro generale (scala 1:25000)
- Tavola 9a** Esondazione senza opere da San Mauro a Rodeano. *Velocità* (scala 1:5000)
- Tavola 9b** Esondazione senza opere da Nogaredo di Corno a Pantianicco. *Velocità* (scala 1:5000)
- Tavola 9c** Esondazione senza opere da Pantianicco a Beano. *Velocità* (scala 1:5000)

Tavola 9d Esondazione senza opere a Codroipo. *Velocità*
(scala 1:5000)

TAVOLE DI PROGETTO

Tavola 10 Cassa di Nogaredo. *Livelli*
(scala 1:5000)

Tavola 11 Cassa di Nogaredo: esondazione residua a Raucicco (Rive d'Arcano). *Livelli e Velocità*. Aree di pertinenza fluviale
(scala 1:5000)

Tavola 12 Cassa del Paludo ed esondazione residua. *Livelli*. Aree di pertinenza fluviale e argini di progetto
(scala 1:5000)