

Rio Bonorchis

Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto "rio bonorchis" in località "s'olia" e realizzazione di un bacino di laminazione a monte dell'abitato"

(CUP G99H18000060002)

PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

committente: Comune di Abbasanta

responsabile servizio/settore (PO):

Arch. Gianfranco Sedda

responsabile unico del procedimento (RUP): Arch. Gianfranco Sedda

affidatario: ATI Sud Ovest Engineering S.r.l. - Abacus S.r.l.

progettista responsabile: Dott. Ing. Andrea LOSTIA - Dott. Ing. Maurizio SERAFINI

integrazione specialistica: Dott. Ing. Andrea LOSTIA

integrazione geologica: Dott. Geol. Tiziana CARRUS

coordinatore sicurezza CSP: Dott. Ing. Maurizio SERAFINI

integrazione archeologica: Archeologa Pierangela DEFRASSU

SOGGETTO INCARICATO - ATI Sud Ovest Engineering S.r.l. (mandataria) - ABACUS S.r.l.

SOE Sud Ovest Engineering S.r.l.

SOE S.r.l. - Società di Ingegneria

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Andrea LOSTIA

Sede legale: Via Giotto n. 27, 09121 Cagliari

codice fiscale e partita IVA: 03454150925

capitale sociale 10.000,00 € i.v.

Sede operativa: Via Cavalcanti 12, 09047 Selargius (CA)

Tel./Fax: 070.8571341 - Mobile: (+39)3471485312

Pec: soesrl@legalmail.it

E.mail: sudovestengineering@gmail.com

progettazione.soesrl@gmail.com

cantiere.soesrl@gmail.com

Web: www.sudovestengineering.it

Struttura Operativa

Andrea LOSTIA (Ingegnere)

Tiziana Carrus (Geologo)

Marta Dentoni (Ingegnere)

Luca Tendas (Ingegnere)

Claudia Argiolas (Architetto)

Daniela Loddi (Ingegnere)

Francesco Secci (Geometra)

Antonio Sias (Ingegnere)

Marco Urru (Ingegnere)

Josué Ariel Manunta (Geometra)



Società di Ingegneria

Direttore Tecnico: Ing. Maurizio Serafini

Via Campo di Marte n. 8/a

06124 Perugia (PG)

info@abacusprogetti.it

www.abacusprogetti.it

Dott. Ing. Maurizio Serafini

Dott. Ing. Roberto Pedicini

Dott. Ing. Sara Berretta

Dott. Ing. Chiara Pimpinelli



COMUNE DI ABBASANTA
SERVIZIO TECNICO E VIGILANZA

relazione idrologica e idraulica e studio di compatibilità

ELABORATO		TAVOLA		SCALA		ALLEGATO	
A4							
COMMESSA		APPROVAZIONE		REVISIONE/RIAPPROVAZIONE		APPROVAZIONE DEFINITIVA	
2004 (2020_04)							

livello	emissione	data	redazione	verifica	approvazione	VISTO COMMITTENTE
preliminare	RE00	SET-2022		Ing. A. LOSTIA	Ing. A. LOSTIA	

INDICE

PREMESSA.....	3
INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	6
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO	9
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	14
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	15
PERICOLOSITA' GEOLOGICA	16
PERICOLOSITA' SISMICA	16
Risposta sismica locale.....	17
PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA	17
ANALISI IDROLOGICA.....	21
1. BACINO IDROGRAFICO E PARAMETRI MORFOMETRICI	23
2. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA	24
3. IL METODO RAZIONALE BASATO SULLA DISTRIBUZIONE TCEV	25
4. TEMPO DI CORRIVAZIONE	26
5. DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	28
6. VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER.....	32
7. BACINO RIO BONORCHIS	33
7.1. BACINO CANALE TOMBATO – SBOCCO SUL RIO CHENALE (BACINO P)	34
7.2. BACINO SS131 (SOTTOBACINO C)	35
7.3. BACINO VIA ORISTANO (SOTTOBACINO B)	36
7.3.1. BACINO RESIDUO DEL BACINO B (SOTTOBACINO B1).....	36
7.4. BACINO IMBOCCO CANALE TOMBATO (SOTTOBACINO A)	38
7.4.1. BACINO RESIDUO DEL BACINO A (SOTTOBACINO A1).....	38
7.4.1. BACINO RIO NORD (SOTTOBACINO A1t).....	39
7.5. BACINO URBANO (SOTTOBACINO U)	40
7.5.1. SOTTOBACINO U1	40
7.5.2. SOTTOBACINO U2.....	41
7.6. CONFRONTO CON STUDI PRECEDENTI.....	42
7.7. IDROGRAMMI DI PROGETTO.....	42
7.7.1. MODELLO SCS-CN.....	43
ANALISI IDRAULICA	45
1. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	45
2. IMPOSTAZIONE DELLA ANALISI IDRAULICA	46
2.1. ADEGUAMENTO PROGETTUALE	47
2.2. VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO TRASVERSALE E DI DIFESA LONGITUDINALE.....	49

2.2.1.	CANALE TOMBATO	49
2.2.2.	ATTRAVERSAMENTI STRADALI E FERROVIARIO	49
2.2.3.	CANALIZZAZIONI E CASSE DI ESPANSIONE INTERRATE	50
3.	IL MODELLO IDRAULICO.....	51
3.1.	MOTO PERMANENTE	52
3.2.	MOTO VARIO	55
4.	SCHEMATIZZAZIONE DELLE SEZIONI	56
5.	PARAMETRI DELLA MODELLAZIONE	57
5.1.	INPUT	57
5.1.1.	SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLE CASSE DI ESPANSIONE	57
5.2.	OUTPUT	62
6.	SITUAZIONE ANTE OPERAM	63
7.	SITUAZIONE POST OPERAM	65
7.1.	VERIFICA DEI FRANCHI	66
VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELL'INTERVENTO, COMPATIBILITÀ CON LE NORME DEL P.A.I. E SUA FATTIBILITÀ		69
PIANO DI MANUTENZIONE.....		73
PIANO DI MONITORAGGIO		73
ALLEGATI		74

PREMESSA

Il presente studio di compatibilità è parte integrante del progetto di **fattibilità tecnico-economica** inerente gli **"Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto "rio bonorchis" loc. "s'olia" realizzazione di un bacino di laminazione a monte dell'abitato"** nel Comune di **Abbasanta**.

L'area in esame riguarda il canale tombato denominato **"Rio Bonorchis"**, che insiste sul centro urbano di Abbasanta attraversandolo in direzione ovest-est, e che infine si riversa sul Rio Chenale (denominato **Rio Serrieddu** nel database della Regione Sardegna).

Il canale tombato risulta presente nel repertorio Canali Tombati del vigente PGRA (Piano di gestione del rischio di alluvioni) denominato **"Rio Bonorchis"** ed identificato con l'ID OR_A007_001.

L'intervento proposto per il superamento delle problematiche idrauliche, per il quale la RAS ha erogato il finanziamento in attuazione della D.G.R. n. 50/15 del 7.11.2017, prevede la realizzazione di interventi strutturali coerenti con quanto stabilito dalla **"Direttiva per lo svolgimento delle verifiche idrauliche dei canali tombati esistenti"**, approvata con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino n. 2 del 17.10.2017.

Dagli studi sinora effettuati, ad oggi vigenti nel PAI, **l'area è classificata a pericolosità idraulica molto elevata Hi4** sia a monte che in corrispondenza del canale tombato; lo stesso canale risulta essere idraulicamente insufficiente per garantire il deflusso delle portate previste dal PAI con il franco minimo previsto dalle vigenti norme, e pertanto anche il centro urbano risulta classificato a pericolosità idraulica molto elevata Hi4.

Le opere da eseguirsi consistono complessivamente in:

- **realizzazione una cassa di espansione ("B") in linea, capace di invasare circa 6.500 m³**, completamente interrata, posta a monte della Via Oristano, realizzata mediante una soglia con bocca tarata posta trasversalmente al rio;
- **realizzazione una cassa di espansione ("A") in linea, capace di invasare circa 14.200 m³**, completamente interrata, posta a monte dell'attraversamento ferroviario in prossimità dell'imbocco del canale tombato, realizzata mediante una soglia con bocca tarata posta trasversalmente al rio;
- parziale risagomatura e riprofilatura dei canali esistenti a sezione trapezia e savanella centrale (come richiesto dal Servizio Genio civile di Oristano)
- il tratto a valle, delle soglie a bocca tarata, sarà raccordato ai manufatti esistenti **mediante riprofilatura della sezione dell'alveo e protetta dall'erosione mediante rivestimento in cls**;
- demolizione del canale tombato nel tratto in cui deve realizzarsi la cassa di espansione **"A" e risagomatura della sezione dell'alveo** con definizione della savanella;
- sostituzione della copertura del canale con una griglia carrabile (come richiesto dal Servizio Genio civile di Oristano), **in prossimità dell'imbocco del canale all'inizio del centro urbano**;
- spostamento di alcuni sottoservizi e linee aeree posti nelle aree di intervento, secondo le indicazioni degli enti competenti;
- recinzione delle casse di espansione con ripristino degli accessi ai terreni privati;
- ricarica con materiale proveniente dagli scavi degli stradelli posti in prossimità delle casse di espansione;
- sistemazione a verde **dell'area in prossimità dell'imbocco del canale**, tra la ferrovia e la

Via del Lavoro.

Il finanziamento disponibile appare sufficiente per la realizzazione dell'intero intervento. Nel caso in cui si dovessero superare gli importi disponibili, si realizzeranno le opere a partire da valle sino monte, eventualmente rimodulando le lavorazioni previste nella parte relativa alla Cassa di espansione "B".

Ai fini delle NTA del PAI di cui all'art. 22 e della Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture dei canali tombati esistenti della Sardegna modificata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 17.10.2017, per gli interventi previsti si dovrà redigere lo studio di compatibilità idraulica.

L'intervento proposto rientra tra gli interventi di cui all'art. 27, comma 1, lettera b. e d., e comma 3, lettere b. ed e., delle NTA del PAI Sardegna.

La pericolosità idraulica è causata dalla presenza del "Rio Bonorchis".

In applicazione dell'art. 24 delle NTA del PAI Sardegna lo studio:

- valuta l'intervento con riferimento alla sua finalità e agli effetti ambientali;
- analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale dell'area interessata, anche con riferimento alle variazioni della permeabilità e della risposta idrologica della stessa area;
- verifica e dimostra la coerenza dell'intervento con le previsioni e le norme del PAI Sardegna;
- prevede, se del caso, adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato all'intervento in progetto.

Lo studio, volto a dimostrare la compatibilità dell'intervento proposto con le norme del PAI Sardegna, è strutturato secondo i criteri dell'Allegato E alle NTA del PAI Sardegna.

Nell'elaborazione dello studio si è tenuto conto anche delle disposizioni dell'art. 22, *"Indirizzi per le verifiche su infrastrutture, opere, impianti, costruzioni ed attività soggetti a danno potenziale nelle aree di maggiore pericolosità idraulica. Interventi di delocalizzazione di persone, beni ed attività vulnerabili"*, delle NTA del PAI Sardegna, e delle relative direttive per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti, allegata alla Delibera del Comitato Istituzionale –Autorità di Bacino Regionale- n. 2 del 17.10.2017.

Si è tenuto inoltre conto delle indicazioni contenute nella Delibera del Comitato Istituzionale – Autorità di Bacino Regionale- n.39 del 17.07.2019 *"Indirizzi applicativi in merito al coordinamento della normativa regionale PAI con il Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e della relativa Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. per gli aspetti di cui punti 5.1.2.3 e 5.2.1.2 "compatibilità idraulica" per gli attraversamenti stradali e ferroviari denominati "tombini"*.

La compatibilità idraulica sarà pertanto verificata in funzione degli effetti dell'intervento proposto sui livelli di pericolosità rilevati dal PAI Sardegna; ed in base agli effetti che l'intervento ha sull'ambiente, tenendo conto dell'evoluzione della rete idrografica complessiva e del trasferimento della pericolosità a monte e a valle.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per l'elaborazione dello studio si è fatto riferimento alla normativa vigente generale e di settore di seguito riportata:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) della Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183;
- L.R. 23/1985;
- D.P.R. 380/2001 "testo unico dell'edilizia";
- L.R. 4/2009;
- L.R. 8/2015;
- Piano Paesaggistico Regionale;
- D.M. 17.01.2018 norme tecniche per le costruzioni e s.m.i.;
- D.Lgs 152/2006 s.m.i.;
- Piano Urbanistico Comunale e relative N.T.A;
- Regolamento Edilizio Comunale;
- D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e relative istruzioni tecniche (Circolare LL.PP. 24.09.1988, n. 30483);
- O.P.C.M 20 marzo 2003, n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e la successiva n. 3519 del 28/04/2006;
- Circolare n. 617 C.S.LL.PP. del 02/02/2009;
- L.R. 12/2007 "Norme in materia di progettazione, costruzione, esercizio e vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e dei relativi bacini di accumulo di competenza della Regione Sardegna";
- R.D. n.523 del 1904 "Testo unico sulle opere idrauliche".

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento nel suo complesso è volto al superamento delle problematiche idrauliche dovute al canale tombato presente nel tratto urbano di Abbasanta.

La proposta progettuale prevede sostanzialmente la realizzazione di 3 casse di espansione in linea, poste a monte della SS131, della Via Oristano e dell'attraversamento Ferroviario prospiciente l'imbocco del canale tombato.

L'obiettivo è quello di laminare la piena, adibendo aree ad oggi non edificate o destinate a pascolo all'invaso dei volumi necessari. Tutte le casse saranno realizzate mediante una soglia a bocca tarata che permetta la regolazione della portata, in modo che nel canale tombato defluiscano portate non superiori quelle previste dalla norma per la verifica del franco idraulico. I manufatti saranno realizzati in cls armato.

Saranno realizzate alcune porzioni di canale in terra per convogliare i deflussi in prossimità della casse di espansione; è prevista la parziale risagomatura dei canali esistenti a sezione trapezia; nei punti di raccordo con manufatti esistenti le canalizzazioni saranno rivestite in cls. Tutti gli interventi previsti saranno realizzati rispettando gli standard di sicurezza imposti dalla normativa. In alcune porzioni delle aree oggetto di intervento sono presenti sottoservizi e infrastrutture; è previsto l'adeguamento e l'eventuale spostamento di alcuni manufatti o condutture in maniera tale da non interferire con le opere in progetto; tali interventi saranno valutati di concerto con gli Enti interessati.

Gli interventi sono volti a:

- garantire il regolare deflusso delle acque;
- **garantire l'efficienza e la sicurezza della rete idrografica;**
- controllare il trasporto solido;
- mantenere la capacità di smaltimento delle sezioni fluviali in corrispondenza degli attraversamenti di infrastrutture;
- stabilizzare le sponde mediante rivestimenti e protezioni di sponda.

Laddove previsto, l'impianto di specie autoctone o le specie compatibili sarà realizzato garantendo che:

- possiedano caratteristiche morfomeccaniche e di elasticità tali da resistere allo scalzamento dall'alveo;

In questa fase di fattibilità tecnica ed economica sono stati previsti tutti gli interventi ritenuti necessari secondo le indicazioni del RUP e dall'Amministrazione, e delle risultanze emerse nel corso dei vari sopralluoghi effettuati e di quanto è stato possibile osservare.

L'area in esame riguarda il corso d'acqua del Rio Bonorchis, che attraversa il centro urbano di Abbasanta mediante un canale tombato che, in occasione di abbondanti piogge, crea dei fenomeni alluvionali classificati con una pericolosità idraulica molto elevata.

Il corso d'acqua oggetto di intervento è denominato Rio Bonorchis, pur risultando avere denominazione differente. La pianura in cui è presente il bacino del Rio è caratterizzata da una morfologia pianeggiante, con quote medie circa 320 m. Nello specifico l'asta fluviale nasce in località "Marinzana" e per una lunghezza di circa 1 km l'alveo non è inciso. A valle dell'attraversamento sulla SS131, nel tratto sino alla via Oristano, la sezione si presenta di forma trapezia via via più ampia. Subito a valle della via Oristano, dalla zona industriale e per tutto il centro urbano si ha la presenza del canale tombato.

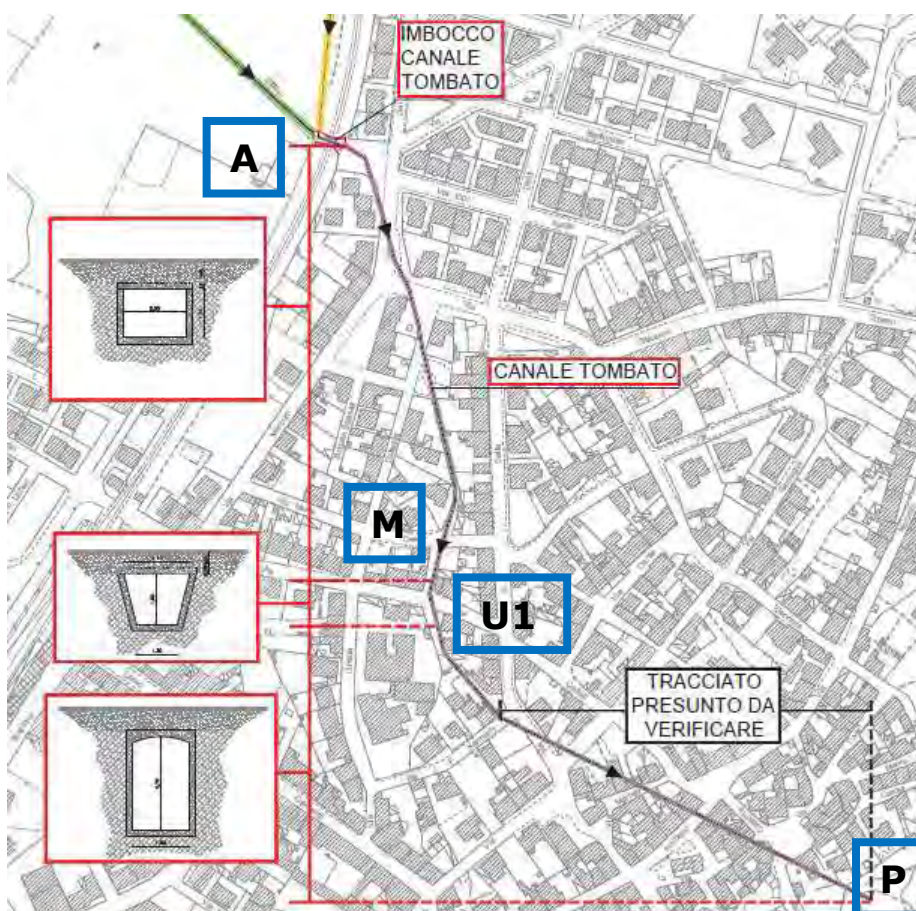
Dall'analisi multitemporale della cartografia storica riferita alle ortofoto RAS si evince come il corso d'acqua a causa dell'antropizzazione ha subito delle variazioni nel centro urbano dove è

stato realizzato il canale tombato, mentre nel tratto ad ovest tra la SS 131 e la via Oristano il suo tracciato, a cielo aperto, è rimasto invariato.

Di recente sono stati avviati, ma non ancora conclusi, i lavori denominati "Interventi di messa in sicurezza idraulica dell'abitato" che, sostanzialmente, prevedono il rifacimento dell'attraversamento posto in corrispondenza della Via Oristano, e la risagomatura e riapertura del canale per circa 1 km a partire dal tratto a monte di Via Oristano sino all'attraversamento Ferroviario posto subito a monte del centro urbano. Questi interventi **sono stati integrati in questo studio come interamente completati secondo il progetto redatto da altri professionisti** e oggetto di nulla osta da parte della Autorità di bacino della Regione Sardegna. Si sottolinea che è stato possibile eseguire i rilievi nei tratti dove gli interventi sono stati già realizzati, anche con variazioni rispetto agli elaborati progettuali, che pertanto sono stati considerati come stato di fatto ed integrati nel presente progetto.

Il canale tombato nel centro urbano ha lunghezza circa 660 mt, mostra una pendenza pari a circa 0.011 (ovvero 1.1%), con la quota rilevata nel punto di imbocco pari a 315.90 m s.l.m.m. e nel punto di sbocco pari a 309.50 m s.l.m.m.

Il canale tombato lungo il suo percorso presenta diverse sezioni: il primo tratto (pari a circa il 50% del tracciato) ha sezione rettangolare di base 2 m e altezza 1.50 m (tratto A-M); il secondo tratto (M-U1) ha sezione trapezia di base minore 1,30 m, base maggiore 2,10 m e **altezza 1,60 m**; l'ultimo tratto (U1-P) ha una sezione variabile in altezza (altezza minima 2,30 m), di base 1,80 m e la copertura è a sezione semicircolare in blocchi di pietra (Sezione P).



Il manufatto presenta ad oggi uno stato di conservazione apparentemente buono.

Nel centro urbano sono presenti diverse caditoie lungo il tracciato del canale; inoltre, durante la redazione del presente studio, **sono in fase di esecuzione alcuni interventi relativi alla rete di acque bianche nel centro urbano** denominati "Realizzazione ed adeguamento rete acque bianche nei pressi del canale tombato", consistenti sostanzialmente nel ripristino e nella realizzazione di ulteriori caditoie e collegamenti afferenti allo stesso canale.

Lo sbocco del canale tombato avviene sul Rio Chenale (denominato Rio Serrieddu nel database della Regione Sardegna), che presenta caratteristiche del tutto naturali.

Secondo le analisi svolte, il canale non verifica secondo normativa nemmeno la portata corrispondente al tempo di ritorno di 50 anni, in quanto la corrente transita già nella sezione di imbocco senza il franco minimo previsto dalla normativa vigente.

Come detto in premessa, l'**intervento** consiste nella realizzazione di 3 casse di espansione/laminazione in linea, realizzate mediante soglie con bocca tarata che consentono il transito di una portata ridotta, compatibile con la capacità di deflusso del canale tombato nel centro urbano.

La conformazione delle casse è stata studiata compatibilmente con la necessità di **eliminare le arginature fuori terra** (casse completamente interrato) in una zona piuttosto pianeggiante, e **nel contempo realizzare volumi importanti per l'immagazzinamento delle portate durante gli eventi di piena**. Le soluzioni adottate mirano anche alla **riduzione dei volumi di scavo** che, pur in minima parte, sono riutilizzati per la ricarica degli stradelli posti in corrispondenza delle aree occupate dalle casse.

Le casse di espansione sono incassate tra i canali esistenti e le porzioni di territorio a quota superiore.

L'intervento sarà completato mediante la realizzazione di tratti di canalizzazione in terra e parziale risagomatura degli esistenti, prevedendo il rivestimento in cls dei tratti di canali esistenti a monte e a valle dei manufatti esistenti, nonché prevedendo la risoluzione di interferenze con alcuni sottoservizi ed infrastrutture.

La soluzione proposta permette nel suo complesso la regolazione delle portate **nell'area di intervento**, laminando i colmi di piena con tempo di ritorno fino a 200 anni. In tale modo le portate massime transitano nel canale tombato e in tutti i tratti oggetto di intervento in questo progetto, comprese le casse di espansione, con il franco previsto dalla norma.

La configurazione di progetto è **vincolata alla conformazione dell'area**, che in alcuni tratti è fortemente antropizzata, ma anche e soprattutto agli altri interventi eseguiti nei vari anni; purtuttavia, consente di ridurre significativamente le aree soggette ad esondazione, in alcuni tratti anche con piene di progetto con tempo di ritorno di 500 anni.

Tali piene risultano contenute, seppure senza franco di legge in alcuni tratti, nei canali e nelle casse di espansione a monte del tratto tombato. Il canale tombato risulta in alcuni tratti ancora insufficiente per contenere la piena dei 500 anni con il franco di legge, pertanto permarranno aree esondabili in corrispondenza del centro urbano.

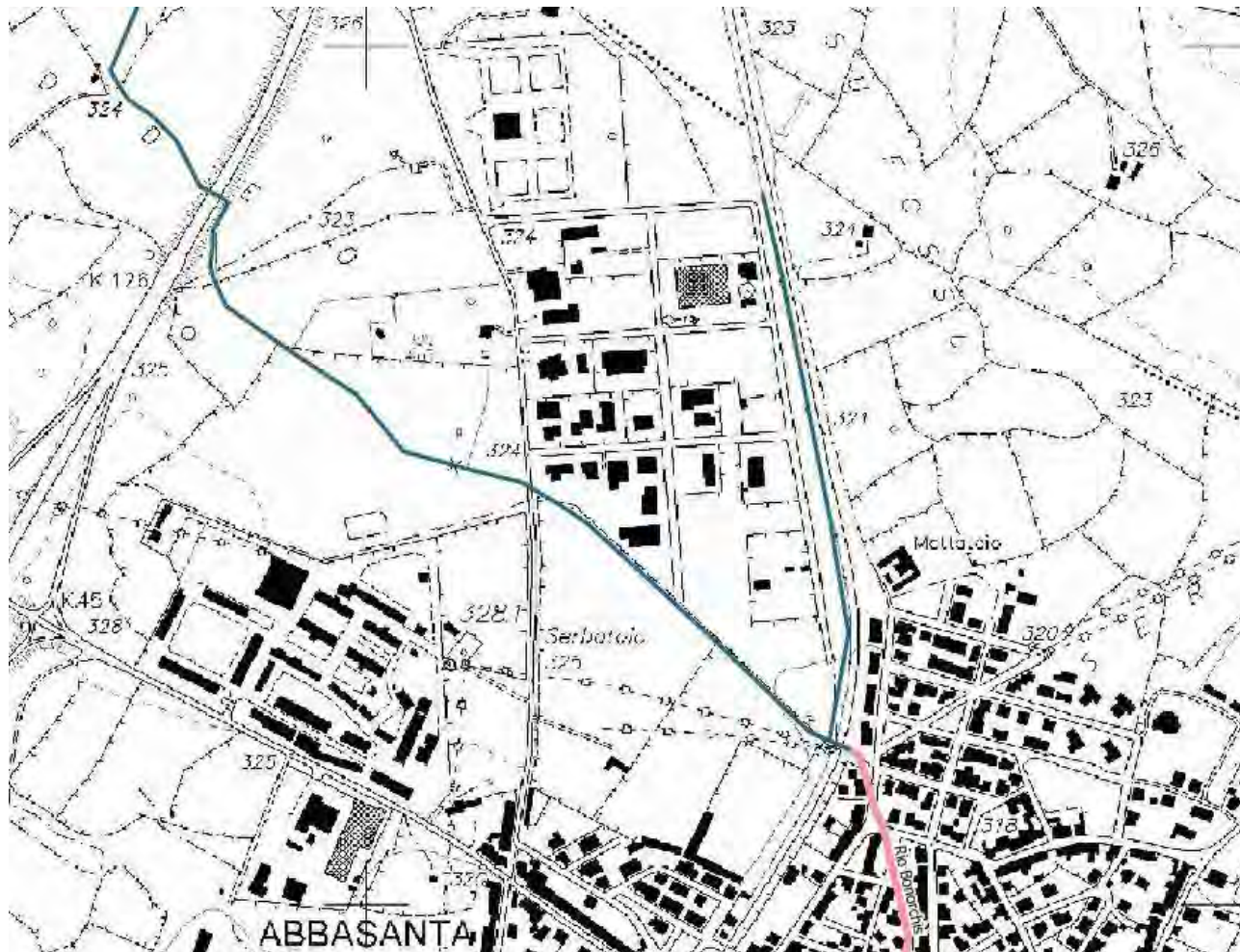
Alcune aree limitrofe a quelle oggetto di intervento e le aree del centro urbano poste in corrispondenza del canale tombato saranno classificate a Pericolo idraulico Hi1 relativamente al Rio Bonorchis. **Nell'area oggetto di studio permarranno aree a pericolo idraulico Hi2, Hi3 e Hi4**, nei tratti laddove sono stati già effettuati alcuni lavori di sistemazione idraulica.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO

L'area oggetto di studio è ubicata a nord ovest del centro urbano di Abbasanta in "Osoddeo" la quale presenta una morfologia pianeggiante con un'altimetria di circa 320 m s.l.m.m..

Tale area è inquadrata nella Carta Topografica d'Italia in scala 1:25000, Foglio 515 sez. IV – "Abbasanta" e nella Carta Tecnica Regionale Numerica sez. 515060 denominata "Abbasanta". Urbanisticamente ricade in zona agricola "E" e zona "D" artigianale e commerciale.

INQUADRAMENTO DEL TRATTO DEL CORSO D'ACQUA OGGETTO DI INTERVENTO



STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS (IMBOCCO CANALE TOMBATO)



STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS (CANALE TOMBATO – COPERTURA IN AREA URBANA)



***STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS
(ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO A MONTE DELL'IMBOCCO DEL CANALE TOMBATO)***



***STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS
(TOMBATURA ZONA TRA L'ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO E VIA ORISTANO)***



***STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS
(ATTRAVERSAMENTO A MONTE DI VIA ORISTANO – SETTEMBRE 2020)***



***STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS
(CANALE A MONTE DI VIA ORISTANO – SETTEMBRE 2020)***



**STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS
(ATTRAVERSAMENTO SS131 - VALLE)**



**STATO DI FATTO – RIO BONORCHIS
(ATTRAVERSAMENTO SS131 - MONTE)**



INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La zona è caratterizzata dalle litologie basaltiche del Plio-Pleistocene con deboli spessori di materiali alluvionali, eluviali e/o di riporto.

La morfologia della zona è pianeggiante tipica degli altopiani basaltici, dove l'intercettazione del substrato lapideo è superficiale ma localmente variabile, per la presenza di sacche di suolo causate dall'alterazione pedogenetica del basalto.

Il basamento lapideo è costituito dal basalto di colore bruno scuro e grigio, alterato, e vacuolare (a causa dei fenomeni di degassazione) negli strati più superficiali, mentre risulta compatto come si va in profondità. Durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici il substrato basaltico alterato è risultato costituito prevalentemente da massi e ciottoli facilmente scavabili con l'escavatore sino alla profondità massima di 2,40 mt dal p.c., oltre tale profondità è risultato difficilmente aggredibile.

Il materiale di alterazione pedogenetica è rappresentato prevalentemente da sabbie in matrice limo argillosa con valori di permeabilità da bassi o nulli che creano una sorta di superficie impermeabile che permette la formazione di estese aree di acqua stagnante che in alcuni casi possono raggiungere profondità di 50-80 cm.

La morfologia pianeggiante è caratterizzata da altimetrie media di circa 320 mt s.l.m..

L'asta fluviale del Rio Bonorchis è ben evidente e scorre in un canale a cielo aperto a sezione trapezia nel tratto compreso tra la SS 131 e la Via Oristano, mentre a valle l'andamento è tombato poiché attraversa la zona PIP e poi il centro urbano, sino a sfociare nella vallata incisa di *Chenales*.

I fenomeni geomorfologici che caratterizzano l'area pianeggiante sono legati soprattutto alla dinamica fluviale del Rio Bonorchis e come conseguenza dell'azione delle acque superficiali che hanno modellato la morfologia producendo processi di denudazione.

MODELLO GEOLOGICO

Profondità dal p.c. (mt)	descrizione
AREA A	
0,00-0,90/2,40 max	Materiale basaltico eterometrico composto da blocchi, ciottoli e ghiaia immersi in matrice limo argillosa bruno scuro, umido, presenza di falda dopo 1,70 m dal p.c.
0,90/2,40 - 2,80	Roccia basaltica in posto alterata e friabile al tetto, poi sempre più consistente
AREA B	
0,00-0,60	Materiale sabbioso immerso in matrice limo argillosa bruno scuro
0,60 - 3,20	Roccia basaltica in posto alterata e friabile, escavabile dalla benna con relativa facilità per circa 1,00 m, poi sempre più consistente
AREA C	
0,00-0,40	Terreno vegetale composto da sabbia a matrice limo argillosa debolmente ghiaiosa, poco umido, bruno scuro
0,40-0,80	Materiale composto da sabbia a matrice limo argillosa debolmente ghiaiosa, bruno scuro, umido
0,80-2,60	Roccia basaltica in posto alterata e friabile, escavabile dalla benna con relativa facilità fino a 2,40 m dal p.c., poi sempre più consistente

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrografia superficiale ricalca fedelmente le caratteristiche geologiche-strutturali della litologia basaltica. Il reticolo idrografico è poco sviluppato con un certo controllo tettonico e quindi una densità di drenaggio medio-bassa.

Il regime fluviale del Rio Bonorchis è di tipo torrentizio, fortemente condizionato dagli apporti pluviometrici, che come già evidenziato in precedenza, in occasione di eventi eccezionali e intensi si verificano degli allagamenti a causa delle sezioni inadeguate degli attraversamenti e del canale tombato; inoltre la scarsa permeabilità del basalto con la saturazione dei terreni **favorisce l'allagabilità e il ristagno dell'acqua.**

La circolazione idrica sotterranea che caratterizza la litologia basaltica è caratterizzata da una **permeabilità per fessurazione, variabile in funzione dell'alterazione e fratturazione della roccia.** La predisposizione del basalto ad essere considerato come roccia serbatoio dipende dal fatto che esso sia fratturato o alterato e pertanto ha un comportamento diverso a seconda che si presenti in facies lapidea o in facies alterata.

Nel primo caso l'acqua è contenuta e circola nei piani di frattura che intersecandosi a formare un reticolo anastomizzante di discontinuità, costituiscono un circuito la cui estensione dipende dalla continuità dell'ammasso lapideo. Laddove esiste una più fitta fessurazione sub-verticale, l'acqua segue queste vie di deflusso andando ad alimentare la falda. Inoltre il grado di permeabilità e il potenziale acquifero dipendono dall'orientazione e dalla quantità delle fessure, infatti queste più sono verticali in direzione della gravità, più il grado di permeabilità cresce.

Sottostante i basalti, che in questa zona possono raggiungere spessori massimi di 50-70 m (dati ISPRA), si trovano le litologie mioceniche rappresentate dalle arenarie e dalle marne che presentano una permeabilità per lo più per porosità, favorendo la presenza di falde in pressione.

Nel centro urbano di Abbasanta la litologia basaltica non presenta una circolazione idrica uniforme: il livello piezometrico oscilla approssimativamente da 2 m a 8 m di profondità dal **piano di campagna; durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici, con profondità massime raggiunte di 3,20 mt dal p.c., la falda è stata rilevata solamente nella zona della cassa A, nei pressi del ponte ferroviario prima dell'inizio del canale tombato, nel pozzetto P1 ad una profondità di -1,70 mt dal p.c..**

PERICOLOSITA' GEOLOGICA

L'insieme dei fenomeni geologici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

PERICOLOSITA' SISMICA

Lo studio di pericolosità, allegato all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, integrato con il D.M. 14/01/2008, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Con l'entrata in vigore delle NTC del 17.01.2018 il termine accelerogramma viene sostituito con la storia temporale del moto del terreno, venendo eliminata la definizione di zona sismica, il sito su cui sorge la costruzione e/o l'opera sarà contraddistinto esclusivamente dall'accelerazione al suolo.

Con riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale con l'Ordinanza D.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e la successiva n. 3519 del 28/04/2006 il comune di Abbasanta è classificato come zona sismica 4 "pericolosità molto bassa"; pertanto in funzione della tipologia dell'opera l'azione sismica è da ritenersi trascurabile.

Con l'aggiornamento delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) si eliminano completamente la divisione in zone sismiche, di conseguenza sarà utilizzato il metodo agli Stati Limite. Limitatamente alle zone caratterizzate da $a_g < 0.075$ si semplifica la verifica sismica richiedendo la sola verifica allo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) con una combinazione di carichi semplificata.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto da parte del progettista, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. Nel caso in esame, si può definire l'azione sismica utilizzando l'approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

TABELLA 2: Valori di a_g , F_o , T_c per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

	$T_n=30$			$T_n=50$			$T_n=72$			$T_n=101$			$T_n=140$			$T_n=201$			$T_n=475$			$T_n=975$			$T_n=2475$		
Isole	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c	a_g	F_o	T_c
Arquipelago Toscano: isola Elba, Pianosa, Ghiorgio, Giudecca, Monte Prata, Pianosa, Sanpao	0,184	2,61	0,273	0,338	2,61	0,296	0,274	2,70	0,309	0,314	2,79	0,407	0,331	2,78	0,413	0,391	2,82	0,423	0,330	2,88	0,340	0,603	2,96	0,372	0,347	0,09	0,401
Venezia: Santo Stefano	0,137	2,61	0,243	0,390	2,61	0,272	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,338	0,439	2,69	0,366	0,481	2,71	0,491	0,600	2,92	0,476	0,707	2,97	0,517	0,832	0,27	0,594
Ustica, Lampedusa	0,429	2,50	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,300	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,723	2,50	0,400
Ascoli Piceno	0,350	2,70	0,400	0,558	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	3,212	2,70	0,400	4,877	2,70	0,400
Paraná, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0,618	2,85	0,287	0,817	2,85	0,290	0,981	2,91	0,294	1,166	2,92	0,290	1,354	2,96	0,290	1,580	2,96	0,292	2,200	2,98	0,306	2,823	2,99	0,316	3,746	2,96	0,324

Risposta sismica locale

Ai fini della ricostruzione dell'assetto sismo-stratigrafico dei terreni in cui saranno realizzate le traverse delle casse di laminazione, sono stati eseguiti tre stendimenti sismici (sismica attiva MASW), la cui descrizione dettagliata è riportata nella relazione allegata a cui si rimanda.

La prova MASW è molto utile per ricavare il parametro V_{seq} , richieste dalle NTC 2018, calcolata dal piano d'imposta della fondazione ai fini dell'effetto della risposta sismica locale e l'assetto sismo-stratigrafico dei terreni fino ad una profondità stimata di circa 30 m o del bedrock. Per depositi con H superiore a 30 m, la $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ che si ottiene ponendo 30 al posto di H.

Dal risultato dell'indagine nelle tre aree, in base alla classificazione di cui al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018, il suolo di fondazione è stato classificato come **Categoria A**: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,eq}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. (cfr Tab. 3.2.II NTC 2018).

$V_{s,eq}$ E CATEGORIA SISMICA DEL SITO

Prospezione	Profondità imposta fondazione m da p.c.	Profondità del bedrock m da p.c.	RMS	V_{seq} m/sec	Categoria stratigrafica (NTC 2018)
Area A	3,25	2,4	2,49	> 800	A
Area B	3,20*	2,7	1,14	> 800	A
Area C	1,60	prossimo alla superficie	0,83	> 800	A

* nella valutazione della $V_{s,eq}$ si è tenuto conto che la misura è stata eseguita su una strada sterrata che risulta topograficamente più elevata di circa 1,3 m rispetto all'area in cui sarà realizzata l'opera.

Figura 16 - $V_{s,eq}$ e categoria stratigrafica relative alle tre aree esaminate.

PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato due piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

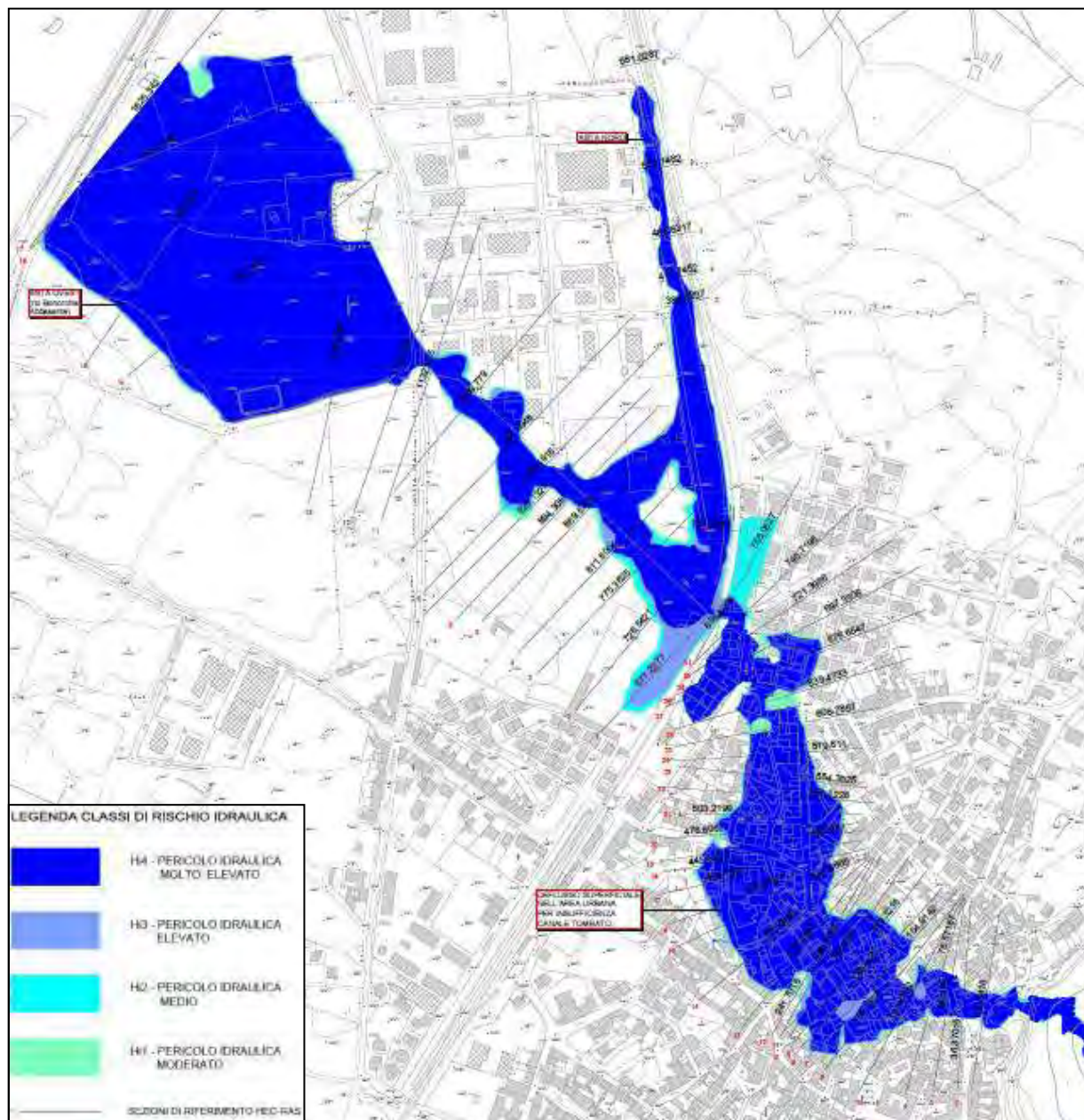
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato approvato in via definitiva con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016. La direttiva 2007/60/CE è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49, che introduce lo strumento di pianificazione e programmazione denominato Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), riferito alle zone ove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni o si ritenga che questo si possa generare in futuro, da predisporre in ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.lgs 152/2006.

Il Comune di Abbasanta è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, sub-bacino n. 2 Tirso, così come individuato dal P.A.I. e dal P.S.F.F. della Regione Sardegna.

Nell'area oggetto di intervento grava il vincolo inerente il pericolo idraulico Hi4 (molto elevato) derivante dallo studio di maggiore dettaglio ai sensi dell'art. 37 comma 3 delle N.A. del P.A.I. approvato con Deliberazione n. 12 del 09.09.2020 dall'Autorità di Bacino; non grava nessun vincolo inerente la pericolosità geomorfologica.

Nelle figure seguenti si riporta uno stralcio di maggior dettaglio dello studio inerente il rio Bonorchis relativamente alle aree attualmente perimetrate oggetto di intervento.

INQUADRAMENTO P.A.I. RIO BONORCHIS



Il canale tombato risulta presente nel repertorio Canali Tombati del vigente PGRA (Piano di gestione del rischio di alluvioni) denominato "Rio Bonorchis" ed identificato con l'ID OR_A007_001.

Ai fini delle NA del PAI di cui all'art. 22 e della Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture dei canali tombati esistenti della Sardegna modificata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 17.10.2017, per gli interventi previsti si dovrà redigere lo studio di compatibilità idraulica.

Ai fini del PAI Sardegna l'intervento è stato inquadrato tra quelli ammissibili ai sensi dell'art. 27, comma 1, lettera b. e d., e comma 3, lettere b. ed e., delle NTA:

ARTICOLO 27 Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, in materia di interventi strutturali e non strutturali di sistemazione idraulica e riqualificazione degli ambienti fluviali - individuati dal PAI, dal programma triennale di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI - nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

- a. le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;*
- b. gli interventi per mantenere e recuperare le condizioni di equilibrio dinamico degli alvei dei corsi d'acqua;*
- c. le attività di manutenzione idraulica compatibile, compresi i tagli di piante esclusivamente per garantire il regolare deflusso delle acque e gli interventi eseguiti ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 14.4.1993 e della legislazione di settore della Regione Sardegna;*
- d. le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale e fluviale dirette alla riduzione dei pericoli e dei danni potenziali da esondazione, rivolti a favorire la ricostituzione degli equilibri naturali, della vegetazione autoctona, delle cenosi di vegetazione riparia;*
- e. le opere urgenti degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio idraulico eccezionali.*

.....

3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

.....

- b. gli interventi di manutenzione straordinaria;*

.....

- e. gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali;*

.....

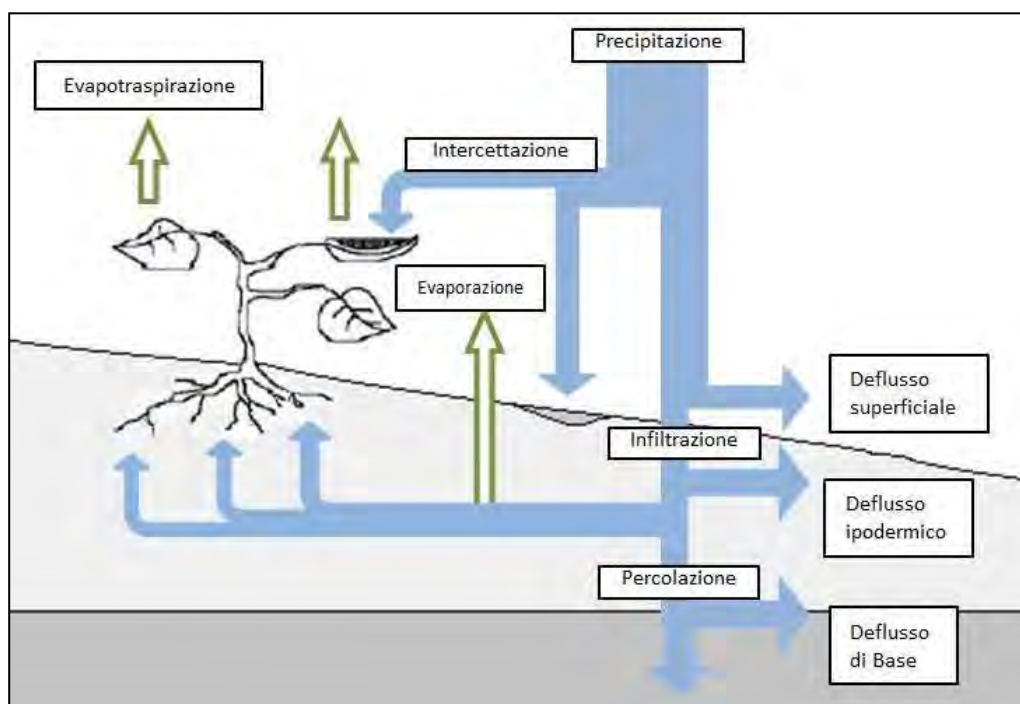
ANALISI IDROLOGICA

L'individuazione del sistema idrografico, costituisce la base di partenza dello studio idrologico e idraulico. È importante rilevare che la definizione delle aree di allagamento sulla cartografia è **l'ultimo passo di un processo** di analisi che non può essere scisso dalle fasi che lo precedono e che, come tale, risente delle schematizzazioni che necessariamente devono essere assunte.

Nell'analisi idrologica l'ordine di schematizzazione assunto riguarda sia il quadro concettuale che esprime il verificarsi del fenomeno, sia la successiva traduzione modellistica del fenomeno semplificato.

Nel primo caso giova rilevare che la schematizzazione di base per la rappresentazione della **trasformazione degli afflussi in deflussi parte dall'individuazione** di un processo descrittivo che assume il deflusso come accorpamento negativo delle grandezze facenti parte del bilancio idrico.

In particolare con il concetto di "trasformazione afflussi-deflussi" raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete idrografica secondo la seguente schematizzazione.



La realizzazione di modelli di piena passa necessariamente attraverso ulteriori semplificazioni del fenomeno, trascurando alcune grandezze possono che considerarsi influenti, infatti:

- l'evapotraspirazione risulta essere modesta o nulla in relazione ai deflussi superficiali che assumono importanza preponderante rispetto agli altri;
- i diversi tipi di deflusso (superficiale, ipodermico, profondo o di base) assumono una importanza relativa che varia in funzione del tempo caratteristico di risposta del bacino in esame;
- il deflusso di base, ovvero quello che può ritenersi costante e determinato dalle portate di **magra del corso d'acqua, può essere ritenuto costante nell'ambito dell'evento di piena.** Tale contributo, risulta in genere essere di uno o più ordini di grandezza inferiore alle portate di piena, e quindi in buona approssimazione trascurabile, così pure il deflusso ipodermico nel caso di un bacino di dimensioni medie o piccole.

La seconda fase consiste nello stabilire le relazioni analitiche intercorrenti tra le caratteristiche dell'**evento meteorico che causa la piena e le modalità con cui avviene la trasformazione afflussi-deflussi**.

Il processo di analisi ha avuto le sue prime formulazioni nella metà dell'800 (Mulvany) nella relazione veniva definito il valore della portata al colmo Q per un assegnato periodo di ritorno per effetto di una precipitazione ricadente in un bacino assegnato.

Nella sua formulazione, venivano assunte le seguenti semplificazioni:

- il valore della portata al colmo Q relativo ad un evento meteorico costante, è il maggiore tra tutti i valori di portata definiti per lo stesso bacino e per lo stesso tempo di ritorno T.
- **per un preassegnato periodo di ritorno, l'evento meteorico che genera il valore massimo di portata ha una durata pari al tempo di corrivazione;**
- che la portata al colmo Q per un evento causata da una precipitazione ragguagliata di **intensità costante sia proporzionale all'intensità della precipitazione, alla superficie del bacino e a un coefficiente C legato alle caratteristiche del bacino e al suo grado di impermeabilità.**

Il successivo approccio cinematico cui si fa affidamento per la determinazione della portata introduce semplificazioni che tendono a schematizzare il deflusso sempre assumendo delle condizioni che tendono a eliminare le interazioni tra le grandezze che concorrono; in particolare, le ipotesi di base sono:

- il trasferimento della piena sia affidata al trasferimento di massa liquida;
- **ogni goccia percorra sempre la stessa traiettoria anche con l'evoluzione del processo di pioggia, e che quindi le linee di corrivazione siano immutabili;**
- **il tempo di corrivazione, e quindi la velocità di ruscellamento dell'acqua sia immutabile** con il livello di saturazione del terreno e con il formarsi del velo idrico superficiale, la velocità della goccia non sia influenzata dal moto delle altre gocce;
- la portata di piena sia data dalla somma delle portate provenienti dalle altre parti di bacino che si presentano alla sezione di chiusura allo stesso istante.

Le ipotesi di cui sopra diventano di fondamentale importanza in relazione al contesto territoriale entro cui si opera, e inducono approssimazioni più o meno rilevanti in base alle forme e caratteristiche dei bacini riferimento.

Entrando nelle specifiche grandezze che influenzano il modello, si rileva che le semplificazioni **riguardano sia il grado di precisione della stima dell'intensità di pioggia, della sua distribuzione spaziale, che evidentemente della superficie del bacino ma anche della sua forma, così pure dell'individuazione della pioggia netta, e passa** attraverso una modellizzazione della risposta del bacino stesso.

Le considerazioni su esposte, dunque, inducono a ritenere che possa essere accettato un grado di scostamento rispetto alle condizioni che realmente potrebbero verificarsi.

In fase di valutazione delle grandezze su richiamate, sarà opportuno valutare il grado di **imprecisione che deriva dalla valutazione dell'intensità di pioggia, dalla sua distribuzione spaziale e dal comportamento del bacino idrografico per quanto attiene il processo di trasformazione afflussi deflussi.**

Con l'ausilio di codici specifici per l'idrologia in ambiente GIS è stata dunque eseguita la prima fase di processo dei dati. Successivamente sono stati definiti, per ogni cella, la direzione del flusso, la direzione di massima pendenza, il numero di celle a monte che contribuiscono al flusso, la rete di drenaggio, le aree di drenaggio per ogni segmento idrico, etc., ai fini di ottenere il quadro completo che concorre all'individuazione dei parametri di bacino.

L'intera procedura consente di individuare quindi i principali parametri idrologici, quali la pendenza del bacino, l'asta principale, la lunghezza e pendenza dell'asta principale, la quota massima, minima e la superficie del bacino, la pendenza media.

Il calcolo della portata è stato effettuato conformemente a quanto previsto nelle Linee Guida del PAI. In esse si rileva che, in mancanza di dati osservati, si dovrà far ricorso alle metodologie di calcolo disponibili, che possono essere inquadrare in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti, la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente, ovvero indirettamente tramite trasformazione afflussi-deflussi.

Nel caso specifico, la stima della portata di piena ad assegnata frequenza sarà determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e i metodi empirici.

Per l'applicazione dei metodi di cui sopra si dovrà ricorrere all'individuazione dei parametri morfologici dei bacini in studio.

1. BACINO IDROGRAFICO E PARAMETRI MORFOMETRICI

Intendiamo per bacino idrografico la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, passano per la sezione di chiusura. Le caratteristiche morfometriche esaminate riguardano le dimensioni planimetriche, il rilievo, la pendenza media del bacino, dell'asta fluviale e il tempo di corrivazione, riferite ai principali bacini idrografici individuati nel territorio comunale che ai sub-bacini utili ai fini delle verifiche del calcolo idraulico.

Le dimensioni planimetriche sono:

- **A** - area o superficie del bacino: superficie della proiezione orizzontale del bacino idrografico chiuso alla sezione del corso d'acqua;
- **P** - perimetro: lunghezza della proiezione orizzontale di tutto il contorno dello spartiacque del bacino idrografico;
- **L** - lunghezza dell'asta (fluviale) principale: lunghezza misurata considerando il "percorso idraulicamente più lungo" partendo dallo spartiacque sino alla sezione di chiusura dell'asta (fluviale) principale, la quale identifica il percorso dei deflussi più importante nel bacino, lungo il quale dovrebbero anche defluire le portate maggiori.

I parametri o i coefficienti più significativi di un bacino relativi alle sue caratteristiche morfometriche sono:

- pendenza media del bacino j_m :

$$j_m = \Delta z \cdot \Sigma l_i / A$$

Δz differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,

Σl_i sviluppo totale delle curve di livello

A superficie del bacino

- altitudine media del bacino H_m :

$$H_m = \Sigma S_i z_i / A$$

S_i area compresa tra due curve di livello, differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,

z_i sviluppo totale delle curve di livello

A superficie del bacino

- pendenza media dell'asta (fluviale) principale i_m :

$$\sqrt{i_m} = \frac{L_a}{\sum_k \frac{l_k}{\sqrt{i_k}}}$$

dove l_k e i_k sono la lunghezza e la pendenza del k-esimo tratto elementare dell'asta principale.

Il tracciamento dei bacini è stato fatto in ambiente GIS e integrato con applicativi specializzati **per l'elaborazione** idrologica. In particolare si è proceduto alla creazione di un modello digitale del terreno (DEM) costituito da una griglia a maglia quadrata di 10 metri ottenuta con un algoritmo triangolare ottimizzato (TIN), a sua volta desunto dalla trasformazione numerica delle isocore vettoriali 3D tratte dalla Carta Tecnica Regionale.

Il DEM così elaborato costituisce la base altimetrica su cui individuare la linea di dislivello che delimita il bacino e fornisce la rappresentazione numerica da cui desumere i parametri morfometrici del bacino stesso necessari alle elaborazioni idrologiche.

In particolare il DEM consente, con operazioni semplici, di determinare l'area dei bacini totale e parziali, le quote delle sezioni d'interesse, le altitudini medie, minime e massime.

La carta delle acclività, derivata dal DEM, consente la determinazione della pendenza media del bacino; la struttura di rete assunta, infine, con l'aggiunta della coordinata Z del DEM, consente agevolmente l'individuazione dell'asta principale, con gli attributi di lunghezza e pendenza media, e del suo profilo altimetrico.

2. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA

Come previsto dalle Linee Guida PAI la stima della portata al colmo può essere eseguita con tre metodi differenti:

- 1) **metodo "diretto o probabilistico"**
- 2) **metodo "indiretto o analitico"**
- 3) **metodo "empirico".**

I primi pervengono al valore della portata al colmo in una sezione di interesse a partire **dall'analisi di serie storiche osservate di portata; i secondi sfruttano un modello di trasformazione afflussi-deflussi che consente di pervenire alla portata di progetto partendo dall'analisi statistica delle piogge; i metodi empirici, infine, si basano sull'osservazione di valori di portata al colmo che vengono posti in relazione con particolari parametri geomorfologici di bacino.**

I metodi di stima diretti sono stati validati solo per grandi bacini al di sopra di 40-60 km².

I metodi indiretti vanno utilizzati per piccoli bacini soprattutto quando questi sono privi di dati osservati e, tra questi, il metodo razionale, basato sulla formula omonima, risulta certamente il più diffuso.

I metodi empirici hanno il difetto di non tenere conto di nessuna analisi statistica, sono legati alla limitata serie di valori osservati e, in genere, danno dei valori di portata decisamente sovrastimati.

In relazione all'ambito territoriale di Abbasanta, si rileva che il reticolo idrografico in studio afferisce totalmente al bacino del **Rio Bonorchis**. **L'estensione di tale bacino** (come si riporta nei paragrafi seguenti) è pari a circa **2,2 km²**; tale caratteristica **suggerisce l'utilizzo del metodo indiretto per il calcolo delle portate che interessano questo corso d'acqua.**

La scelta del modello trasformazione afflussi-deflussi è un aspetto molto importante in quanto **determina l'accuratezza dei risultati** delle elaborazioni e la corretta interpretazione della dinamica del bacino in esame. Nel caso dei nostri bacini in studio vista la loro dimensione ed essendo contigui, alcune caratteristiche idrologiche sono state considerate omogenee.

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di **trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate)** è detto **"contributo specifico di piena" o "coefficiente udometrico" (u)**, espresso usualmente in [l/s-ha]. La stima di "u" avviene utilizzando dei modelli concettuali semplificati che permettono di ricavare la portata massima che si ha alla sezione di chiusura del bacino a fronte di una precipitazione di

assegnata durata e tempo di ritorno.

Tra i vari modelli analitico/concettuali disponibili in letteratura tecnica vi sono tre diversi metodi:

- il Metodo Razionale o Cinematico o del Tempo di Corrivazione, che rappresenta nel contesto italiano la formulazione sicuramente più utilizzata a livello operativo;
- **il Metodo dell'Invaso**;
- Il Metodo Curve Numbers proposto dal Soil Conservation Service (SCS) americano.

Circa la scelta della distribuzione di probabilità per le piogge (da adottarsi con la formula razionale), gli ultimi sviluppi della letteratura in proposito di eventi estremi in Sardegna hanno mostrato come la distribuzione Two Components Extreme Value, nota come TCEV, si presenti più adatta di quella Lognormale per interpretare i fenomeni di pioggia brevi e intensi. Il metodo permette di esprimere la massima portata inerente una generica sezione che sottende ad un bacino di area A, in funzione della precipitazione critica ragguagliata che chiameremo $h_{(T)}$. **Il metodo trova fondamento dall'ipotesi che il tempo impiegato da una goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino sia una costante che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui questa è caduta; tale intervallo di tempo viene definito come "tempo di corrivazione". La sua importanza deriva dal fatto, che per una precipitazione di durata t_c , tutto il bacino contribuisce al deflusso superficiale, e quindi alla sezione di chiusura si registrerà la massima portata.**

Nel seguito si descrive nel dettaglio il solo metodo indiretto. I valori delle portate di piena sono comunque calcolati con tutti i metodi sopracitati.

3. IL METODO RAZIONALE BASATO SULLA DISTRIBUZIONE TCEV

La stima della portata di colmo con i metodi indiretti come quello razionale con distribuzione TCEV passa attraverso la valutazione della pioggia critica, cioè della pioggia che determina la **portata massima, nell'ipotesi approssimata che il tempo di ritorno di un certo evento di pioggia si possa attribuire anche alla portata che esso genera.**

La trasformazione Afflussi-Deflussi che consente di passare dalle precipitazioni alle portate fa **ricorso al metodo Cinematico e alla cosiddetta "formula razionale" che calcola la portata di piena in base al fenomeno della corrivazione delle particelle liquide.**

Per tale formula la pioggia critica è quella di durata pari alla somma del tempo di corrivazione più il tempo di formazione del deflusso superficiale. Quindi se si indica con Θ la durata critica si ha:

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

T_c il tempo di corrivazione del bacino

t_f il tempo di formazione del deflusso superficiale;

Nota la durata critica Θ la formula razionale definisce la portata al colmo relativa ad un certo tempo di ritorno con la relazione:

$$Q = i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\Theta)$$

Essendo

A = l'area del bacino in km^2

i = intensità di precipitazione

Φ = coefficiente di assorbimento

$r(\Theta, A)$ = il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino

$$\Theta \equiv T_c + t_f \quad \text{durata critica}$$

ε = coefficiente di laminazione, posto pari ad 1 in questo caso

Posto

$$h_{n,r}[\Theta, T_R, r] = \Phi h[\Theta, T_R] r[\Theta, A]$$

Si può dire che la portata al colmo in una certa sezione che chiude un bacino di area A assegnata e relativa ad un certo tempo di ritorno T_R risulta **determinata una volta nota l'altezza di pioggia netta ragguagliata, di durata critica Θ , relativa a quel tempo di ritorno T_R e ragguagliata all'intero bacino (detta **altezza di pioggia critica**)**.

Si pongono di conseguenza due ordini di problemi:

- Definire la durata critica;
- **Determinare l'altezza di pioggia critica.**

Il calcolo della durata critica passa attraverso la determinazione del tempo di corrivazione e del tempo di formazione del deflusso.

Per il primo si hanno delle formule empiriche indicate di seguito, per il secondo si procede ad una valutazione per via iterativa.

Circa l'altezza di pioggia critica si procede come indicato nei paragrafi successivi.

4. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Sullo schema concettuale della corrivazione che si basa sul **metodo cinematico** o **metodo della corrivazione**, per la stima delle portate di piena, le ipotesi basilari da tenere in considerazione sono:

- Ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende unicamente dal punto in cui essa è caduta;
- La velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre; in realtà sappiamo che la velocità **dell'acqua lungo un pendio o un alveo dipende, oltre che dalle caratteristiche della superficie bagnata anche dal tirante idrico**; ne consegue che in un bacino si possono avere diversi tempi di corrivazione sia in funzione delle caratteristiche del suolo che in **funzione della durata e dell'intensità dell'evento**.
- La portata defluente si ottiene sommando le singole portate elementari provenienti dalle diverse aree del bacino che confluiscono alla sezione di chiusura.

La trasformazione afflussi-deflussi è una determinata sequenza di operazioni che permette, **conoscendo l'altezza** di precipitazione e la durata di un evento meteorico, di ottenere la portata che defluisce per la sezione di chiusura del bacino idrografico.

Fattore da tenere in considerazione è che la velocità dell'acqua si mantiene pressoché costante da monte verso valle, dal momento che, la diminuzione di pendenza è bilanciata dai cambiamenti di larghezza, di profondità e di scabrezza.

Teoricamente, il tempo impiegato da una goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica, per raggiungere la sezione di chiusura, prende il nome di tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione, considerando che è il tempo impiegato da una goccia d'acqua per percorrere l'intera asta fluviale principale, dall'origine sullo spartiacque topografico alla sezione di chiusura, è il maggiore tra quelli di tutti i punti del bacino.

Il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule empiriche, derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione.

In particolare le linee Guida PAI suggeriscono:

FORMULA DI VENTURA

$$T_c = 0,127 \left(\frac{A}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in Km²

i_m pendenza media dell'asta principale.

FORMULA DI PASINI

$$T_c = \frac{0,108(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{i_m^{\frac{1}{2}}} \quad [ore]$$

dove:

A è l'area del bacino in km²

i_m pendenza media dell'asta principale

L è la lunghezza dell'asta principale in km

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

FORMULA DI GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [ore]$$

dove :

A è l'area del bacino in km²

H_m altitudine media del bacino m slm

H_o altitudine della sezione di chiusura m slm

L è la lunghezza dell'asta principale in km

FORMULA SCS

$$t_c = 0.00227 L^{0.8} [(1000/CN(III)) - 9]^{0.7} S^{-0.5}$$

dove :

S è la pendenza media del bacino espressa come percentuale (ovvero tra 0 e 100)

L è la lunghezza dell'asta principale in m

CN è il Cerve Number del Soil Conservation Service

FORMULA VAPI SARDEGNA

$$t_c = 0.212 A^{0.231} \left(\frac{H_m}{J_m} \right)^{0.289}$$

dove :

A è l'area in Km²
L è la lunghezza dell'asta principale in Km
h è la quota della sezione di chiusura
J_m è la pendenza media

FORMULA DI KIRPICH

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L_p * 1000}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale
i è pendenza media

Nella scelta del tempo di corrivazione occorre tenere conto delle incertezze insite nelle formule che consentono di stimarlo; ogni formula, vista la natura prevalentemente empirica, è valida per i bacini per i quali è stata ricavata e tarata. Nel caso in questione si possono fare alcune interessanti osservazioni:

- la relazione di Ventura è stata introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica bolognese, il campo di impiego riguarda principalmente bacini pianeggianti di modeste dimensioni;
- la relazione di Pasini è stata introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica della pianura renana, il metodo è applicato su bacini di pianura delle dimensioni di qualche km²;
- la formula di Viparelli è senza dubbio la più semplice, ricava il tempo di corrivazione come un rapporto tra lunghezza e velocità nell'ipotesi che l'acqua viaggi alla velocità compresa tra 1.5 e 1 m/s, il principio alla base è quello di considerare le isocorrie coincidenti con le isoipse e conseguentemente ammettere che la distanza percorsa dalla goccia sia sostanzialmente legata alla differenza di quota tra i punti del bacino e la quota della sezione di chiusura. L'ipotesi di base è tanto più vera quanto maggiore è la circolarità del bacino esaminato;
- la formula introdotta da Giandotti è la più utilizzata in Italia, è indicata per bacini collinari con estensione maggiore ai 170 Km²;
- la formula VAPI Sardegna, come specificato nelle Linee Guida del PSFF, risulta non adatta per bacini con area minore di 50 km²;
- Metodo di Kirpich: formulazione valida per bacini inferiori ai 0.43 Km².

5. DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'altezza di pioggia critica viene calcolata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, τ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_R .

Le curve di possibilità pluviometrica disponibili si possono esprimere secondo due differenti distribuzioni probabilistiche:

- distribuzione **Log-Normale** (Sardegna suddivisa in 4 sottozone omogenee)
- distribuzione **TCEV** (Sardegna suddivisa in 3 sottozone omogenee definizione della pioggia indice)

In entrambi i casi, la Sardegna è suddivisa in zone pluviometriche omogenee per le piogge di breve durata. Ciascuna zona, per distribuzione geografica, può rappresentare un distinto

regime pluviometrico. Le curve sono state determinate per ciascun gruppo nella forma:

$$h = a \cdot \tau^n$$

dove h rappresenta l'altezza di precipitazione per una durata τ , mentre a ed n sono i coefficienti caratteristici di ogni gruppo omogeneo, funzione del tempo di ritorno e, nel caso della distribuzione TCEV, della pioggia indice.

Si descrive brevemente la procedura utilizzata per la determinazione delle curve segnalatrici di possibilità climatica valide nelle località esaminata, utilizzando i risultati in (Deidda e Piga, 1998) qui presentati in forma aggiornata. L'altezza di pioggia lorda $h_l(\tau)$ in mm di durata τ in ore e di assegnato tempo di ritorno T in anni è fornita dalla seguente relazione monomia:

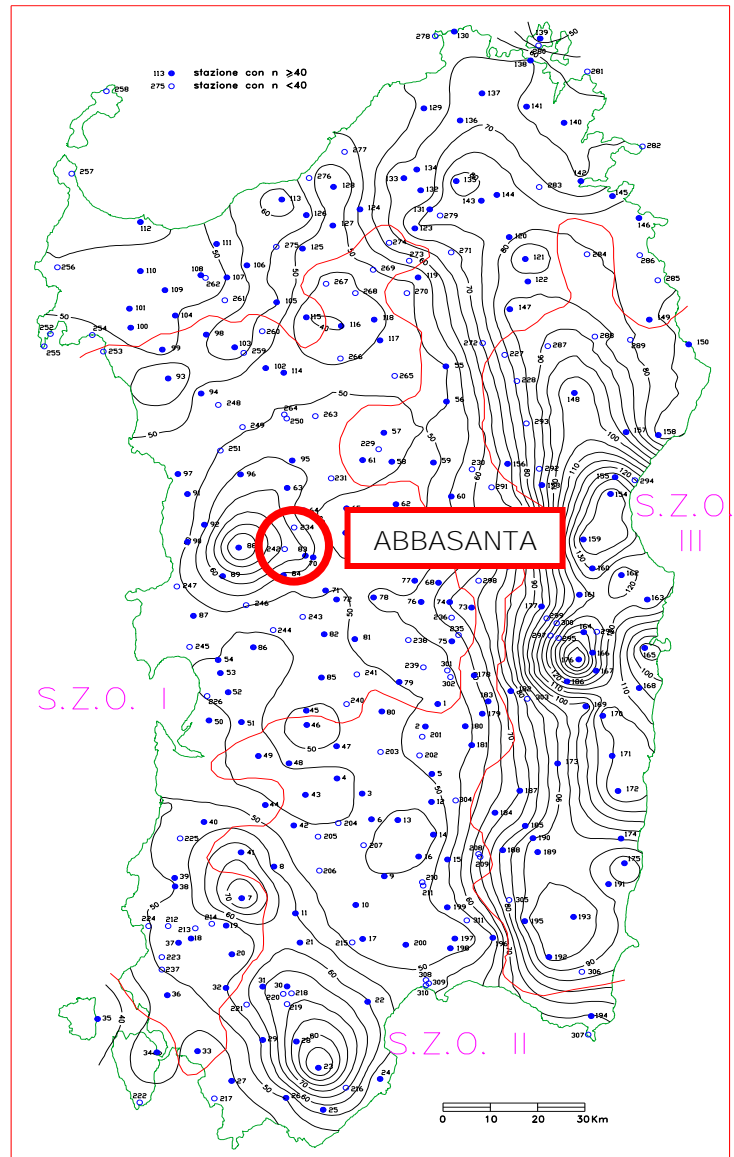
$$h_l(\tau) = a \tau^n \quad (2)$$

La pioggia indice, definita nella distribuzione TCEV ed elemento tipico della singola stazione pluviometrica, tiene conto dell'altezza di pioggia caduta in 1 ora e consente di rappresentare direttamente le caratteristiche degli eventi meteorici per il territorio in esame; pertanto è l'elemento che permette di scendere più in dettaglio rispetto alla semplice suddivisione in sottozone che caratterizza il metodo basato sulla distribuzione Log-Normale.

Anche in virtù di questo fatto come distribuzione probabilistica delle piogge si è adottata la **TCEV** (Two Component Extreme Value) parametrizzata secondo lo studio condotto da Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica in Sardegna a partire dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense.

Di seguito si descrive il calcolo per un tempo di ritorno di T anni.

L'applicazione del metodo prevede il calcolo preliminare della pioggia indice giornaliera $\bar{h}(g)$ valutabile per interpolazione dalle isoiete della carta della relativa distribuzione spaziale.



Dalla pioggia indice giornaliera si ricava la **pioggia indice** o pioggia media di durata τ ,

$$\bar{h}(\tau) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \log(\bar{h}_g))}} * \tau^{(-0.493+0.476 \log(\bar{h}_g))}$$

In questa relazione la pioggia indice va calcolata assumendo come durata quella critica

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

Il tempo di corrivazione è stato stimato, mentre per il tempo di formazione del deflusso superficiale si procede in modo iterativo con la formula suggerita nelle linee guida PAI:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta, r)}$$

Essendo **I_a** l'assorbimento iniziale (vedi stima delle perdite SCS)
 $i(\Theta, r)$ l'intensità di pioggia raggugiata di durata critica.

Definita la pioggia indice si definisce una variabile aleatoria normalizzata:

$$h'(\tau) = \frac{h(\tau)}{\bar{h}(\tau)} = a \tau^n \quad (2)$$

Dove **a** ed **n** sono i parametri della curva normalizzata definiti per le tre sotto zone omogenee della Sardegna (SZO) in funzione del tempo di ritorno per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori o minori di 10 anni con le seguenti formule (per T > 10 anni):

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18449+0.23032*\text{Log}(T)-3.3330*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0563*10^{-2}-7.9034*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18676+0.24310*\text{Log}(T)-3.5453*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-5.6593*10^{-3}-4.0872*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.41273+1.1370*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19055+0.25937*\text{Log}(T)-3.8160*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.5878*10^{-2}+7.6250*10^{-3}*\text{Log}(T)$

Tabella 1 Parametri della curva normalizzata

Il bacino ricade interamente in **sottozona 1**; si possono calcolare i valori di a ed n in funzione della durata critica e del tempo di ritorno (maggiori di 10 anni).

Assumendo T si determinano **a** ed **n** e sostituendo nella (2) si determina il valore della variabile aleatoria normalizzata posto $\tau \equiv \Theta$

$$h'(\tau) = a \tau^n$$

Utilizzando la relazione (2) si perviene infine a determinare l'altezza di pioggia critica relativa ad un dato T:

$$h(\Theta) = h'(\Theta) \bar{h}(\Theta)$$

Quella determinata è la pioggia **lorda** critica **h** con tempo di ritorno T anni, ma per stimare la portata con la formula 1 occorre la cosiddetta pioggia netta **h_{netta}** valutata con la formula:

$$h_{netta} = \Phi h = \frac{(h - I)^2}{(h + S - I)}$$

dove:

S (in mm) è l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

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

CN Curve Number

I_a è l'assorbimento iniziale legato ad S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

Nel caso in questione, considerato l'uso del suolo e il tipo di suolo e ponendoci nelle condizioni più critiche di AMCIII, si determina il CN quindi S, I e $h_{netta} = \Phi h$.

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$$

Il coefficiente di deflusso ϕ è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi. Esso è determinato come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso è valutato considerando le caratteristiche di permeabilità, e quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti nell'intero bacino scolante.

Si calcola un coefficiente di ragguglio r per $\tau=\Theta$ con la relazione valida per $A < 20 \text{ km}^2$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40+0.0208 (4.6-\ln(A)))}$$

Introducendo ϕ , h , r , A e Θ nella (1) si ha infine la determinazione della portata Q relativa a quel tempo di ritorno.

6. VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER

I valori del parametro Curve Number (CN), compreso tra 0 (alta permeabilità) e 100 (corpi idrici e suoli completamente permeabili), valutano la capacità di assorbimento dei suoli in funzione delle caratteristiche dell'uso del suolo, la litologia e la permeabilità. Seguendo le procedure proposte dalla RAS, in primis, sulla base dei dati dell'uso del suolo (RAS – Carta Corine) si sono attribuiti i valori del CN(I) alle diverse tipologie di suolo ricadenti nel bacino, in seguito corretti in funzione delle caratteristiche geologiche (ΔCN), ed eseguendo una media pesata rispetto all'area dei diversi valori considerati si ottiene il CN(II); in ultimo, applicando la specifica relazione:

$$\text{CN (III)} = \frac{\text{CN (II)}}{0.43 + 0.0057\text{CN(II)}}$$

si è ottenuto il parametro CN corretto.

Lo studio proposto dalla RAS, ha analizzato le diverse classi in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità, cui sono stati attribuiti i coefficienti di variazione (ΔCN) corrispondenti ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number sono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15): un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione, mentre un valore +15 è proprio di rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili.

Nel geoportale della Regione Sardegna è disponibile la carta del Curve Number dell'intero territorio regionale in scala 1:25000; tale carta, sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS in ambiente GIS in formato vettoriale ed in formato raster, è stata utilizzata come base per la definizione del CN nel presente studio.

7. BACINO RIO BONORCHIS

L'area è stata studiata e classificata a pericolo idraulico (da Hi4 ad Hi1) lungo tutto il Rio (ex. Art. 37 comma 3 delle NA del PAI predisposto dal Comune e approvato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 12 del 09.09.2020); tale configurazione rappresenta lo stato "ante operam".

Sono in fase di esecuzione i lavori denominati "Interventi urgenti di messa in sicurezza idraulica del centro abitato", per i quali sono stati utilizzati come riferimento i valori riportati nella variante al PAI approvata nel 2011 (ex. Art. 37 comma 2 e 3 lett. b delle NA del PAI predisposto dal Comune e approvato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 2 del 20.04.2011). Come si relazionerà nel seguito, il presente progetto si raccorderà alle opere previste in tali lavori, adattandole puntualmente agli interventi in progetto.

Il bacino si riferisce al tratto del rio Bonorchis che raggiunge il centro abitato e in parte scorre in sezione interrata, tombata artificialmente nel corso degli anni. Si sviluppa nel settore sud-orientale del territorio comunale, in corrispondenza della zona per insediamenti produttivi e del centro abitato, e complessivamente occupa una superficie di estensione pari a circa 2.2 km². Il territorio è occupato in parte da aree impermeabili (a causa della urbanizzazione) e per la restante parte da terreni incolti destinati a pascolo o alla agricoltura, e si presenta con morfologia pianeggiante.

Lo studio idrologico relativo al Rio Bonorchis viene effettuato per la valutazione delle portate al colmo relativamente a quattro diverse sezioni lungo il rio, così come individuate nella figura e nella tabella seguente. Pertanto, nel seguito, oltre al bacino principale sotteso alla sezione posta in corrispondenza dello sbocco del canale tombato sul Rio Chenale, si analizzano i tre sottobacini A, B e C.

Viene inoltre considerato per i calcoli delle portate il sottobacino urbano residuo U avente sezione di chiusura sullo sbocco del canale tombato.

Si rimanda all'Allegato 1 "Carta dei bacini".

Sezione	Denominazione Bacino	Superficie (km ²)
Sbocco canale tombato sul Rio Chenale	Principale P	2.16
Imbocco canale tombato	Sottobacino A	1.83
Via Oristano (lato ovest, a monte della strada)	Sottobacino B	1.02
SS131 (lato ovest, a monte della strada statale)	Sottobacino C	0.61
Sbocco canale tombato – bacino urbano	Sottobacino U	0.33

I tracciamenti dei bacini, come già riportato precedentemente, sono stati effettuati mediante l'utilizzo del DTM a maglia 10 m (strato ufficiale della Regione Sardegna, disponibile sul geoportale istituzionale per tutto il territorio regionale).

Successivamente, i limiti dei bacini sono stati rifiniti mediante l'utilizzo del DTM a maglia 1 m (strato ufficiale della Regione Sardegna, disponibile sul geoportale istituzionale per porzioni del territorio regionale; nel caso di Abbasanta, i dati sono relativi al solo centro urbano).

A questi dati ufficiali della Regione Sardegna sono stati integrati informazioni e dati ricavati da rilievi sul terreno.

Per tutti i bacini studiati sono state calcolate le portate di piena relativamente al tempo di ritorno di 10, 50, 100, 200, 500 e 1000 anni.

7.1.BACINO CANALE TOMBATO – SBOCCO SUL RIO CHENALE (BACINO P)

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO CANALE TOMBATO RIO BONORCHIS	
Superficie (km ²)	2.157
Lunghezza asta principale (km)	2.656
Pendenza media asta principale (%)	0.5
Pendenza media bacino (%)	0.9
Altitudine media (m s.l.m.m.)	324.60
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	310.50
CN III	90.31

Il rio Bonorchis si sviluppa in direzione ovest-est per una lunghezza dell'asta principale pari a circa 2.66 km; la sua pendenza media è pari a circa 0.005 (circa 0,5%). Il bacino idrografico ha estensione pari a 2.16 km² e presenta caratteristiche pianeggianti, con una pendenza media dell'ordine del 0.9%.

Il CN(III) è calcolato pari a 90.31.

Il tempo di corrvazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.738 ore**.

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, allo sbocco si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	8.04
50	15.37
100	18.84
200	22.41
500	27.25
1000	31.03

7.2.BACINO SS131 (SOTTOBACINO C)

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO SS131	
Superficie (km ²)	0.611
Lunghezza asta principale (km)	0.991
Pendenza media asta principale (%)	0.49
Pendenza media bacino (%)	1.79
Altitudine media (m s.l.m.m.)	328.53
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	324.90
CN III	87.23

L'inquadratura territoriale del bacino è rappresentata nella figura seguente.

Questo tratto del rio ha una lunghezza pari a circa 1 km; la sua pendenza media è pari a circa 0.0049 (circa 0,5%). Il bacino idrografico ha estensione pari a circa 0.6 km², ovvero circa il 30% del bacino principale, e presenta caratteristiche pianeggianti, con una pendenza media dell'ordine del 1.8%.

Il CN(III) è calcolato pari a 87.23.

Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.275 ore**.

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, allo sbocco si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	2.04
50	3.76
100	4.64
200	5.55
500	6.85
1000	7.94

7.3.BACINO VIA ORISTANO (SOTTOBACINO B)

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO VIA ORISTANO	
Superficie (km ²)	1.020
Lunghezza asta principale (km)	1.503
Pendenza media asta principale (%)	0.35
Pendenza media bacino (%)	3.20
Altitudine media (m s.l.m.m.)	327.60
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	323.80
CN III	88.65

Questo tratto del rio ha una lunghezza pari a circa 1.503 km; la sua pendenza media è pari a circa 0.0035 (circa 0,4%). Il bacino idrografico ha estensione pari a circa 1.02 km², ovvero circa la metà del bacino principale, e presenta caratteristiche pianeggianti, con una pendenza **media dell'ordine del 3.2%**. Il CN(III) è calcolato pari a 88.65.

Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.417 ore**.

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, allo sbocco si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	3.75
50	7.03
100	8.63
200	10.29
500	12.61
1000	14.48

7.3.1. BACINO RESIDUO DEL BACINO B (SOTTOBACINO B1)

Il presente sottobacino è il bacino residuo del bacino B (differenza tra il bacino B e il sottobacino C, la cui portata viene laminata in corrispondenza **dell'attraversamento sulla SS131**). Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino. Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.153 ore**.

BACINO VIA ORISTANO	
Superficie (km ²)	0.409
Lunghezza asta principale (km)	0.550
Pendenza media asta principale (%)	0.11
Pendenza media bacino (%)	3.99
Altitudine media (m s.l.m.m.)	324.10
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	323.80
CN III	90.69

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, alla sezione di controllo si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	2.49
50	3.75
100	4.42
200	5.11
500	6.11
1000	6.97

7.4.BACINO IMBOCCO CANALE TOMBATO (SOTTOBACINO A)

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO CANALE TOMBATO – IMBOCCO	
Superficie (km ²)	1.803
Lunghezza asta principale (km)	2.054
Pendenza media asta principale (%)	0.39
Pendenza media bacino	0.78
Altitudine media (m s.l.m.m.)	325.95
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	316.10
CN III	90.04

Questo tratto del rio ha una lunghezza pari a circa 2.05 km; la sua pendenza media è pari a circa 0.0039 (circa 0,4%). Il bacino idrografico ha estensione pari a circa 1.80 km² e presenta **caratteristiche pianeggianti, con una pendenza media dell'ordine dello 0.9%.**

Il CN(III) è calcolato pari a 90.04.

Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.570 ore.**

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, allo sbocco si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	7.37
50	13.43
100	16.42
200	19.49
500	23.71
1000	26.64

7.4.1. BACINO RESIDUO DEL BACINO A (SOTTOBACINO A1)

Il presente sottobacino è il bacino residuo del bacino A (differenza tra il bacino A e il sottobacino B, la cui portata viene laminata in corrispondenza della soglia B in progetto).

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino. Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.395 ore.**

BACINO RESIDUO VIA ORISTANO – SOTTOBACINO A1	
Superficie (km ²)	0.801
Lunghezza asta principale (km)	1.422
Pendenza media asta principale (%)	0.3
Pendenza media bacino (%)	0.8
Altitudine media (m s.l.m.m.)	323.47
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	321.60
CN III	91.74

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, alla sezione di controllo si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	4.46
50	7.54
100	9.014
200	10.52
500	12.59
1000	14.25

7.4.1. BACINO RIO NORD (SOTTOBACINO A1t)

Il presente sottobacino è il sottobacino relativo al solo ramo del rio nord (affluente in sinistra idraulica del rio principale, che corre lungo la strada via Tempio).

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino. Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.22 ore**.

BACINO RIO NORD – SOTTOBACINO A1t	
Superficie (km ²)	0.441
Lunghezza asta principale (km)	1.300
Pendenza media asta principale (%)	0.3
Pendenza media bacino (%)	0.8
Altitudine media (m s.l.m.m.)	323.47
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	321.60
CN III	91.74

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, alla sezione di controllo si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	2.94
50	4.54
100	5.34
200	6.17
500	7.34
1000	8.31

7.5. BACINO URBANO (SOTTOBACINO U)

Il presente sottobacino è il bacino residuo del tratto terminale del Bacino P; tale sottobacino è il risultato della differenza tra il bacino P e il sottobacino A.

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

BACINO U	
Superficie (km ²)	0.327
Lunghezza asta principale (km)	0.630
Pendenza media asta principale (%)	0.8
Pendenza media bacino (%)	1.4
Altitudine media (m s.l.m.m.)	319.00
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	310.50
CN III	91.77

Questo tratto del rio ha una lunghezza pari a circa 600 m; la sua pendenza media è pari a circa 0.008 (circa 0,8%). Il bacino idrografico ha estensione pari a circa 0.3 km², ovvero circa il 14% del bacino principale, e presenta caratteristiche pianeggianti, con una pendenza media **dell'ordine del 1.8%**. **Tutto il bacino insiste sull'area urbana di Abbasanta.**

Il CN(III) è calcolato pari a 91.77.

Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.177 ore**.

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, allo sbocco si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	2.31
50	3.46
100	4.05
200	4.66
500	5.53
1000	6.27

7.5.1. SOTTOBACINO U1

Il presente sottobacino ha sezione di chiusura posta in corrispondenza del cambio della sezione del canale tombato nel centro urbano. Questo è stato individuato come punto significativo del sistema di drenaggio per il calcolo della portata massima in uscita dalla Soglia A (come meglio spiegato nella relazione).

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.215 ore**.

SOTTOBACINO U1	
Superficie (km ²)	0.189
Lunghezza asta principale (km)	0.773
Pendenza media asta principale (%)	0.5
Pendenza media bacino (%)	1.24
Altitudine media (m s.l.m.m.)	319.90
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	316.60
CN III	91.31

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, alla sezione di controllo si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	1.22
50	1.91
100	2.25
200	2.60
500	3.11
1000	3.53

7.5.2. SOTTOBACINO U2

Il presente sottobacino è compreso tra la sezione di chiusura posta in corrispondenza del cambio della sezione del canale tombato nel centro urbano e lo sbocco del canale tombato sul Rio Chenale.

Si riporta in Tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Il tempo di corrivazione assunto è quello calcolato con il metodo del Viparelli (valore più basso tra quelli calcolati) pari a **Tc=0.177 ore**.

SOTTOBACINO U2	
Superficie (km ²)	0.137
Lunghezza asta principale (km)	0.636
Pendenza media asta principale (%)	0.5
Pendenza media bacino (%)	1.24
Altitudine media (m s.l.m.m.)	318
Altitudine sezione terminale (m s.l.m.m.)	316.60
CN III	310.50

Stimando una pioggia media giornaliera pari a 60 mm, alla sezione di controllo si hanno le seguenti portate:

Tempo di ritorno (ANNI)	Portata Q (m ³ /s)
10	1.00
50	1.49
100	1.74
200	2.00
500	2.37
1000	2.68

7.6.CONFRONTO CON STUDI PRECEDENTI

Il confronto con lo studio di Variante al PAI approvato nel 2020 (ad oggi vigente), viene effettuato sul bacino del canale tombato, **allo sbocco e all'imbocco**, nella seguente tabella, sui valori di interesse.

Bacino	Parametro	Studio attuale	Studio 2020	Differenza
P	Superficie (km ²)	2.16	2.20	-1.8%
P	Portata con TR 50 anni (m ³ /s)	15.37	15.34	0.2%
P	Portata con TR 100 anni (m ³ /s)	18.84	17.99	4.7%
P	Portata con TR 200 anni (m ³ /s)	22.41	20.65	8.5%
P	Portata con TR 500 anni (m ³ /s)	27.25	24.18	12.7%
A	Portata con TR 50 anni (m ³ /s)	13.43	13.56	-1.0%
A	Portata con TR 100 anni (m ³ /s)	16.42	16.01	2.6%
A	Portata con TR 200 anni (m ³ /s)	19.49	17.88	9.0%
A	Portata con TR 500 anni (m ³ /s)	23.71	21.54	10.1%

Le portate al colmo per i vari tempi di ritorno risultano sostanzialmente simili; lo scostamento maggiore è circa il 13%.

Le portate calcolate in questo studio risultano in generale leggermente superiori.

Cautelativamente, ed inoltre per dare continuità nella ratio dei calcoli idrologici -considerato che in questo studio sono inseriti diversi sottobacini- si assumono come valori di portate di progetto quelle calcolate nei precedenti paragrafi.

7.7.IDROGRAMMI DI PROGETTO

Il dimensionamento delle casse di espansione in progetto viene effettuato mediante l'utilizzo dell'idrogramma di piena calcolato in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei sottobacini (A, B, C) individuati. Inoltre, sono individuati gli idrogrammi di piena anche negli ulteriori sottobacini calcolati in precedenza relativamente al sottobacino U.

Per il calcolo degli idrogrammi di progetto si è fatto uso del **software HEC-HMS ver. 4.2.1** che, note le piogge, consente di procedere dalla definizione del modello di infiltrazione basato sul metodo SCS-CN (Soil Conservation Service, 1986) e del modello di formazione dell'onda di piena basato sull'idrogramma unitario istantaneo IUH-SCS, che è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di piccole e grandi dimensioni.

Gli idrogrammi di progetto vengono generati a partire da ietogrammi di pioggia sintetici. Con le piogge di progetto si dovrebbe rappresentare (e riprodurre) la variabilità spaziale e temporale osservata; in genere esse descrivono in modo approssimato tale variabilità.

Le fasi di costruzione di un evento sintetico di pioggia (netta) sono le seguenti:

- scelta del tempo di ritorno T_R
- identificazione della curva di possibilità climatica valida per l'area in esame per il tempo di ritorno T_R
- scelta del tipo di ietogramma sintetico (che descrive la variabilità della pioggia puntuale

nel tempo)

- ragguaglio della pioggia puntuale all'area (si mette in conto la variabilità spaziale)
- depurazione delle perdite e determinazione della pioggia netta

Il tempo di ritorno T_R è pari ai tempi di ritorno indicati in precedenza; la curva di possibilità climatica è identificata nei calcoli idrologici effettuati in precedenza.

Lo ietogramma di progetto scelto è del tipo ad intensità costante. La risposta di un generico bacino al variare della distribuzione temporale della pioggia, in termini relativi, è pressoché indipendente dal tempo di ritorno e lo ietogramma uniforme rappresenta una condizione intermedia di criticità. Per il presente studio, è stato pertanto utilizzato per la trasformazione afflussi deflussi lo ietogramma con intensità costante, caratterizzato da una durata t ed una intensità costante $i(t)$ ricavata dalla curva di possibilità pluviometrica.

La durata t_p della pioggia viene posta inizialmente pari al tempo di corrivazione t_c . Successivamente, tale valore viene determinato assumendo che la portata al colmo con assegnato tempo di ritorno sia la maggiore tra le portate al colmo determinate da tutti gli eventi di pioggia a intensità costante ricavati dalla linea di possibilità pluviometrica areale. La massima portata al colmo è quella calcolata in precedenza (valori delle portate di progetto per i vari tempi di ritorno) ed è quindi fissata.

E' possibile determinare la durata critica utilizzando diverse metodologie in funzione della modellistica afflussi-deflussi impiegata. In particolare, nel caso in esame, la durata critica è determinata inserendo in HEC-HMS differenti "Precipitation Gages" (ietogrammi) uniformi in funzione delle diverse durate, distribuendo gli spessori d'acqua stimati per i vari tempi di ritorno in 2 minuti.

7.7.1. MODELLO SCS-CN

Nel vasto panorama dei modelli di formazione dei deflussi, che si propongono di rappresentare matematicamente i processi idrologici che si manifestano in un bacino idrografico descrivendone il comportamento con un operatore che lega la funzione di distribuzione temporale delle piogge effettive (ingresso al sistema) ed il corrispondente idrogramma dei **deflussi diretti (risposta del sistema)**, è stata scelta la **metodologia basata sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH)**. Il metodo si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino ed effettua la combinazione tra pioggia in ingresso e IUH per il calcolo della portata diretta. In altre parole, la risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su **tutti i punti del bacino**, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

dove $p(t) = A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che **prende il nome di IUH**, è definita come **l'idrogramma dei deflussi generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario (immissione di tipo impulsivo)**.

La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci, tra cui l'idrogramma unitario del SCS (quello scelto per il presente studio).

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di

idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole. Esso ha un vasto campo di applicazioni pratiche nel **campo delle trasformazioni afflussi deflussi per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità**. Questo IUH è adimensionalizzato rispetto al valore della portata di picco e del tempo corrispondente alla durata del ramo ascendente dell'idrogramma stesso.

L'approccio proposto dal SCS può essere impiegato purché si definisca il valore del **lag time** (tempo di ritardo del bacino) e il peak rate factor (PRF). Mentre il primo è comunemente definito sulla base di formule empiriche, il secondo deve essere scelto in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino e caratteristico del metodo impiegato.

Il PRF è definito dalla seguente relazione

$$q_p = PRF \frac{AQ}{T_p}$$

intendendo la portata di picco Q_p in [ft³/s], A l'area di drenaggio in [mi²] e T_p il tempo in cui si realizza il picco in [h], Q runoff (in).

Il valore di default proposto da HEC-HMS è di assumere PRF pari a 484 ed è definito ipotizzando che il volume trasportato dall'idrogramma di piena nel tratto ascendente è il 35% di quello totale. Quindi la scelta del PRF si riflette in un cambiamento percentuale del volume trasportato nel tratto ascendente dell'idrogramma di piena e, quindi, della sua forma. Ai fini del presente studio, si assume il valore del PRF costante e pari a 484 come quello di default.

Il **lag time** (o tempo di ritardo) è normalmente stimato per mezzo di relazioni empiriche. Nel caso in esame la correlazione tra il Tempo di Corrivazione (t_c) e il Lag-Time (T_{lag}) è dato da

$$T_{lag} = 0.6 * t_c.$$

Ogni bacino è stato definito a partire delle seguenti caratteristiche: Area del bacino, SCS Curve Number come **Loss Method** e SCS Unit Hydrograph come **Transformation Method**.

L'individuazione della durata critica per tutti i sistemi è condotta massimizzando il picco dell'idrogramma in uscita alla **Junction**, procedendo iterativamente per diversi valori della durata di pioggia.

I risultati della analisi idrologiche sono riportati **nell'Allegato alla presente relazione "Tabelle dei calcoli Idrologici"**.

ANALISI IDRAULICA

1. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

L'alternativa prescelta consiste nell'individuazione di aree di laminazione della piena (casce di espansione) a monte del canale tombato, tali da ridurre il picco di piena e renderlo compatibile con le caratteristiche idrauliche del canale tombato, regolando la portate mediante delle soglie a bocca tarata e garantire un corretto deflusso nello stesso canale, rispettando il franco previsto per portate con tempo di ritorno di 200 anni.

La scelta della localizzazione delle casce in progetto è dettata dalle evidenze dello studio idrologico-idraulico svolto sul rio. Si premette che alternative progettuali diverse dalle casce (canali scolmatori) sono risultate materialmente di difficile realizzazione e non economicamente sostenibili rispetto alle disponibilità finanziarie.

Sono state quindi localizzate ed individuate, con la collaborazione della Amministrazione comunale, le aree libere e disponibili per la realizzazione delle casce lungo l'area oggetto di intervento, compatibili con il predimensionamento di massima eseguito nelle fasi di analisi delle alternative progettuali. Aree diverse da quelle indicate in progetto comporterebbero la realizzazione di ulteriori canalizzazioni di collegamento con il corso d'acqua principale e diversi manufatti (alcuni atti a garantire il funzionamento di porzioni di tracciato in contropendenza), snaturando completamente la morfologia dei luoghi.

Considerata la ridotta capacità del canale tombato di smaltire le portate effluenti garantendo il franco previsto dalla norma, è stato necessario "scolmare" portate relativamente importanti; tutto il tratto oggetto di intervento è pianeggiante (pendenza media di circa lo 0.5%) e pertanto dal punto di vista del dimensionamento idraulico è stato necessario ricavare aree di espansione/laminazione relativamente ampie.

Le aree individuate per la realizzazione delle casce, **considerate singolarmente**, sono risultate non abbastanza estese né funzionali rispetto al comportamento idrologico-idraulico del sistema per invasare tutti i volumi di acqua stimati in caso di evento di pioggia con tempo di ritorno 200 anni, ed anche con tempi di ritorno inferiori, vanificando quindi ogni obiettivo progettuale. **Gran parte dei deflussi calcolati (circa il 50%) si realizzano nel settore di bacino compreso tra la cassa B e la cassa A** (sottobacino A1, come mostrato nella tabella seguente) e pertanto la cassa relativa a quest'area necessita di un volume maggiore.

	Q10 m³/s	Q50 m³/s	Q100 m³/s	Q200 m³/s	Q500 m³/s	Q1000 m³/s	Area km²	% Area	% Q
Bacino P	8.04	15.37	18.84	22.41	27.25	31.03	2.16	100%	100%
Bacino C	2.04	3.76	4.64	5.55	6.85	7.94	0.60	28%	24%
Bacino B	3.75	7.03	8.63	10.29	12.61	14.48	1.02	47%	46%
Bacino A	7.37	13.43	16.41	19.49	23.71	26.64	1.83	85%	87%
Bacino B1	2.49	3.75	4.42	5.11	6.11	6.97	0.41	19%	24%
Bacino A1	4.46	7.54	9.01	10.52	12.59	14.25	0.81	38%	49%
Bacino U	2.31	3.46	4.05	4.66	5.53	6.27	0.33	15%	23%
Bacino U1	1.22	1.91	2.25	2.60	3.11	3.53	0.19	9%	12%
Bacino U2	0.99	1.49	1.74	2.00	2.37	2.68	0.14	6%	10%

E' stato quindi proposto di realizzare casce separate, riducendo il più possibile i volumi di scavo le arginature fuori terra, e contestualmente riducendo al minimo le opere d'arte accessorie e gli interventi sui manufatti esistenti. La forte urbanizzazione dell'area ha posto diversi limiti alla organizzazione degli spazi, dovendo assicurare la piena fruizione delle **infrastrutture presenti e non delocalizzabili**.

2. IMPOSTAZIONE DELLA ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica ante-operam è condotta sulla base dello stato di fatto come risultato dai rilievi sul campo per tutto il tratto studiato. Preliminarmente al setup completo del modello idraulico, sono effettuati alcuni calcoli di predimensionamento.

I lavori ancora in fare di realizzazione degli interventi denominati **"Interventi urgenti di messa in sicurezza dell'abitato"**, oggetto di nulla osta da parte della Autorità di bacino della Regione Sardegna, sono stati integrati in questo studio come interamente completati secondo il progetto redatto da altri professionisti. Sono state inoltre acquisite, in diversi momenti, informazioni ed integrazioni ricevute da parte del Servizio Tecnico del Comune di Abbasanta in merito allo stato di avanzamento dei lavori e alle varianti in fase di esecuzione dei lavori.

Il sistema idraulico è studiato a partire dal funzionamento del canale tombato presente nel centro urbano; si è considerato che, **essendo il bacino di dimensioni ridotte, l'evento di pioggia** ha inizio contemporaneamente in tutto il bacino, e che quindi le portate al colmo calcolate hanno inizio nello stesso momento.

La prima verifica riguarda la massima portata $Q(A)_{max}$ che può transitare nel canale con il franco previsto dalla norma alla sezione di imbocco (Sezione A), analizzando quindi la risposta del sistema per le portate calcolate nella Sezione A. La bocca tarata nella soglia A viene predimensionata per far defluire al massimo tale portata, che però deve essere rimodulata a seguito di una analisi del Bacino urbano U. Nel centro urbano **sono presenti diverse caditoie** lungo il tracciato del canale; inoltre, durante la redazione del presente studio, sono in fase di esecuzione alcuni interventi relativi alla **rete di acque bianche nel centro urbano**, consistenti nella realizzazione di ulteriori caditoie e collegamenti afferenti allo stesso canale. E' necessario verificare se tali condizioni di funzionamento rendono il canale tombato idraulicamente insufficiente in caso di concomitanza delle portate affluenti.

Come già detto in precedenza, il canale tombato ha **sezioni diverse**. Il primo tratto (A-U1) ha sezione di dimensioni circa 2,00x1,50h m, il secondo tratto (tratto M-U1, circa 40 metri) ha una sezione trapezia di base minore 1,30 m, base maggiore 2,10 m e altezza 1,60 m, mentre l'ultimo tratto (U1-P) ha sezione di dimensioni circa 1,80x2,30 m.

Si procede ricavando le portate al colmo $Q(U1)$ e $Q(U)$ per i vari tempi di ritorno e si verifica se, sommate alla portata **effluente dalla bocca tarata ($Q'(A)_{max}$)**, il canale tombato è in grado di smaltire queste portate con il franco previsto dalla norma.

E' inoltre verificato il funzionamento idraulico **dell'attraversamento posto in corrispondenza della SS131**, consistente in una tubazione in cls del DN interno 1000 mm. La portata effluente da questo manufatto influisce sul funzionamento della cassa di espansione B. Una delle alternative progettuali inizialmente esaminate ha previsto la regolazione della portata mediante la realizzazione di una cassa di espansione a monte della SS131 (Cassa C).

Fissata la portata $Q'(A)_{max}$, e verificato il funzionamento a monte della cassa B, si dimensionano le soglie B ed A e le relative casse di espansione, in maniera tale da verificare, per quanto possibile, i franchi previsti dalla normativa attuale relativamente alle opere di attraversamento trasversali e di difesa longitudinale.

Tali valori poi sono affinati durante la modellazione idraulica, la quale considera tutti i fenomeni idrodinamici **presenti nell'area oggetto di studio**. I manufatti e le casse di espansione **sono "connessi" mediante** la realizzazione di porzioni di nuove canalizzazioni in terra, opportune risagomature dei canali esistenti, ed il rivestimento in cls dove necessario.

2.1.ADEGUAMENTO PROGETTUALE

L'amministrazione comunale ha fatto emergere la necessità di escludere la assoggettabilità delle opere alla LR 12/2007. Su indicazione pertanto della Stazione Appaltante si è proposta una ulteriore alternativa progettuale (alternativa progettuale n.4) che non prevede alcun argine fuori terra.

Sono quindi state ricavate due casse (A e B) mediante scavi più profondi, tali da consentire l'inserimento delle soglie e delle relative casse con quota massima pari all'attuale piano di campagna; la soluzione ha richiesto maggiori aree, secondo le indicazioni della stessa Stazione Appaltante, che successivamente ha richiesto una rimodulazione della Cassa A in modo da rendere maggiormente fruibile la zona di accesso alla antenna presente.

La soluzione progettuale è stata condivisa dal Servizio Genio Civile che, **per quanto di sua competenza relativamente alle opere in alveo** ha specificato che:

- Le opere così progettate **sono escluse dalle norme e prescrizioni delle L.R. 12/2007**;
- Le **soglie** possono essere progettate **con franco ridotto (inferiore ad 1 m)** per le **portate di progetto** (con tempo di ritorno 50, 100, 200 e 500 anni);
- Viene prescritto di sostituire la copertura del canale, per quanto possibile e compatibilmente con le condizioni del contesto, con **griglie carrabili**, in corrispondenza del centro urbano;
- Viene prescritto di **sagomare una savanella** in corrispondenza all'asse del canale esistente.

Tali prescrizioni sono state pertanto integrate nella soluzione progettuale proposta.

L'adeguamento progettuale del presente progetto (redatto inizialmente nel 2020) ha inoltre integrato le **occorse variazioni normative avvenute negli anni 2021 e 2022, in particolare nel PAI della Regione Sardegna**, rimodulando la soluzione progettuale secondo tali disposizioni.

Si evidenzia che la portata che transita nella tubazione in cls del DN1000 posta in corrispondenza dell'attraversamento della SS131 varia a seconda dei tempi di ritorno e in nessun caso si realizza un franco di almeno 0,50 m. Il manufatto comunque permette il deflusso delle portate calcolate con un franco sufficiente a scongiurare che la tubazione entri in pressione. L'ente gestore della infrastruttura (ANAS) pertanto valuterà se l'attraversamento necessita di interventi migliorativi.

L'unico vincolo di portata nella impostazione dell'analisi idraulica è la portata $Q'(A)_{max}$, il cui valore iniziale è posto pari a $2,90 \text{ m}^3/\text{s}$ (si veda in proposito il paragrafo successivo "7.1.Verifica dei franchi"). La soglia B e la relativa cassa di espansione sono dimensionate in funzione del funzionamento dell'attraversamento posto a monte, in corrispondenza della SS131, e degli interventi previsti a valle; come valore iniziale si imposta $Q'(B)_{max}$ pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si propone lo schema semplificato del sistema idraulico con gli interventi proposti.

SCHEMA IDRAULICO (PORTATE CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI)



2.2. VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO TRASVERSALE E DI DIFESA LONGITUDINALE

La verifica dei franchi è stata effettuata secondo la normativa attuale per il canale tombato, per tutte le canalizzazioni, per tutti gli attraversamenti e per le casse di espansione secondo quanto disposto dalla Art.21 delle NA del PA, come specificato nei paragrafi seguenti per ogni tipologia di opera.

2.2.1. CANALE TOMBATO

Il canale tombato è verificato secondo quanto indicato nel comma 2, lettera d1, delle NA del vigente PAI, che reca:

"d1. Garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, pari a quanto indicato dall'analisi modellistica sul franco idraulico approvata dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino, corrispondente al massimo tra:

- 1) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;*
- 2) il valore minimo del franco idraulico come definito dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui all'art. 52 del D.P.R. n. 380/2001 e delle relative circolari applicative;*
- 3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$, dove y è la profondità media della corrente, y' è l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.*

Il valore y della profondità media della corrente è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s."

Nel presente studio, relativamente al punto 2 si fa specifico riferimento alla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018." pubblicata sulla G.U.R.I. Serie Generale n.35 del 11 febbraio 2019, che indica per i tombini (*"intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s"*) il valore di riferimento per il franco minimo:

".....

- nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;

....."

In questo caso di studio, relativamente al punto 2, il tirante idrico non deve pertanto superare il valore di 1 m (pari a 2/3 dell'altezza dell'imbocco del canale tombato), garantendo il franco minimo di 0,50 m.

2.2.2. ATTRAVERSAMENTI STRADALI E FERROVIARIO

Gli attraversamenti sono verificati secondo quanto indicato nel comma 2, lettera d1, delle NA del vigente PAI, già precedentemente citato.

Relativamente al punto 2 della lettera d1, per l'attraversamento stradale posto in corrispondenza di Via Oristano e per l'attraversamento ferroviario posto subito a monte del canale tombato, il franco minimo è pari a 1,50 m, secondo quanto indicato nelle NTC 2018 al paragrafo C5.1.2.3 "Compatibilità idraulica".

L'attraversamento stradale posto in corrispondenza della SS131 è classificabile come tombino

e pertanto (calcolato per quest'opera un valore di tirante idrico massimo di 0,66 m -pari ad un franco di 0,34 m-) il franco minimo è pari a 0,50 m.

2.2.3. CANALIZZAZIONI E CASSE DI ESPANSIONE INTERRATE

Le canalizzazioni e le casse di espansione sono state verificate secondo quanto indicato nel comma 2bis, lettera c1, e nel comma 2ter, recanti rispettivamente:

"c1. Garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, corrispondente al massimo tra:

1) $0,5 v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;

2) un metro, per profondità media della corrente superiore a 1 m oppure pari alla profondità media, per profondità media della corrente inferiore o uguale a 1 m;

3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$, dove y è la profondità media della corrente, y' è l'altezza della corrente areata ed α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Il valore y della profondità media della corrente è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s."

"2ter. Nel caso di opere di difesa longitudinale rigide e opportunamente rivestite e protette in modo tale da evitare il collasso, anche parziale, dell'opera per effetto di sormonto, per velocità media della corrente inferiore a 4 m/s il valore del criterio 2) lett. c1) del comma 2bis è pari a 0,50 m. Restano fermi tutti gli altri criteri di cui al comma 2bis."

In questo caso di studio, relativamente al criterio 2, si evidenzia che essendo le opere in progetto (sia i canali che le casse di espansione) completamente interrati, è ovviamente scongiurato il collasso, anche parziale, delle sponde per effetto di sormonto e pertanto, in caso di velocità della corrente inferiore a 4 m/s, si considera il valore di 0,50 m.

Relativamente al criterio 3, si rileva che nelle casse di espansione le velocità medie risultino **particolarmente basse e**, nel caso in cui risultino inferiori a 0,1 m/s, l'area bagnata attiva risulta ridotta.

In merito alle soglie poste a chiusura delle casse in linea, nel punto più a valle delle casse stesse, si specifica che trattasi di opera di regolazione (soglia a bocca tarata) in alveo, soggetta a nulla osta ex RD 523/1904; il cui franco è soggetto a parere ed eventuali indicazioni da parte dell'autorità idraulica territorialmente competente (Genio Civile di Oristano).

3. IL MODELLO IDRAULICO

La fase di processo delle informazioni morfometriche del sistema ha come obiettivo primario quello di individuare i principali dati da utilizzarsi per l'analisi idraulica, e precisamente:

- la definizione dell'asse del corso d'acqua;
- il tracciamento del ciglio destro e sinistro dell'alveo;
- il tracciamento delle sezioni trasversali.

Lo scopo delle analisi idrauliche è consistito nella individuazione delle aree suscettibili di essere inondate da eventi di piena caratterizzati da assegnato tempo di ritorno. Le metodiche utilizzate seguono rigorosamente quanto prescritto nelle Linee Guida del PAI.

In generale, tutte le analisi sono state condotte assumendo lo stato stazionario (moto permanente) sebbene i processi di propagazione delle onde di piena siano fenomeni di moto vario. Questa ipotesi è supportata dal fatto che le variazioni di portata nel tempo in occasione delle piene naturali non sono così rapide da rendere necessaria un'analisi in condizioni di moto vario.

Lo studio si è svolto secondo le seguenti fasi:

1. definizione della configurazione del sistema;
2. **ricostruzione della geometria dell'alveo mediante rilievo e analisi dei progetti esistenti;**
3. individuazione delle condizioni al contorno e implementazione della idrologia del sistema;
4. ricostruzione dei profili di corrente e calcolo dei livelli di moto permanente;
5. tracciamento delle aree di inondazione;

Ogni fase ha comportato l'analisi di studi, progetti e documenti esistenti, indagini presso enti e rilievi di campagna.

Per la modellazione si è ricostruita la geometria dell'alveo di piena mediante sezioni trasversali estese sufficientemente sino a comprendere la possibile espansione di piena; la congruità delle sezioni nei riguardi della loro effettiva capacità di rappresentare le zone di propagazione è stata analizzata mediante sopralluoghi e raffronti con immagini satellitari.

I dati topografici sono stati processati mediante il codice HEC-RAS per realizzare il modello idraulico descritto dettagliatamente più avanti.

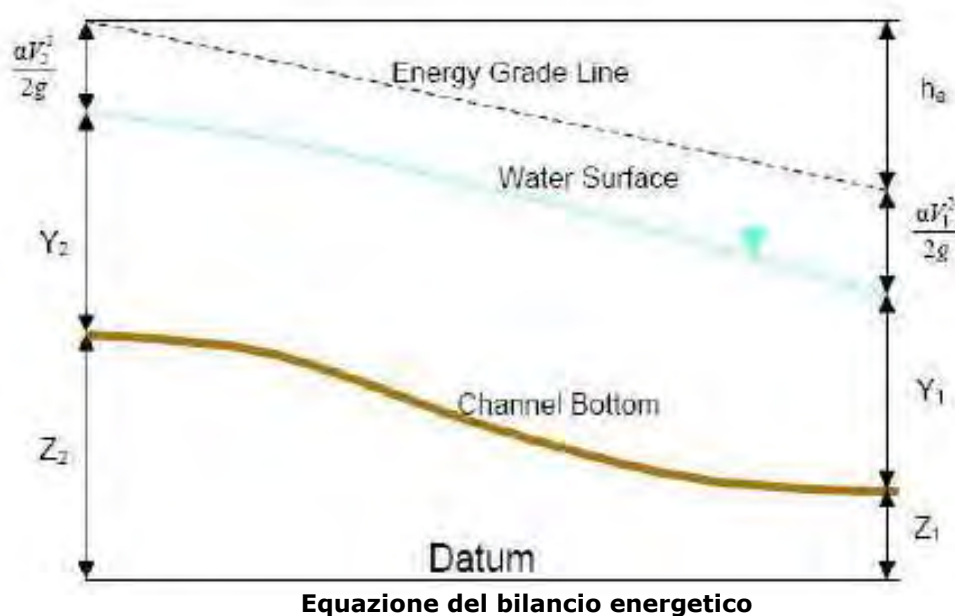
Il codice di calcolo utilizzato in questo studio, per la modellazione idraulica, denominato HEC-RAS, nella sua versione **5.0.7**, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo **monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario (Steady) e non stazionario (Unsteady).**

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a rischio idraulico e utilizzando tale codice. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, la scabrezza che metta in conto le resistenze idrauliche, le condizioni al contorno e le portate.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite ed è in grado di modellare il comportamento di canali naturali e artificiali tenendo conto **dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo che possano influenzare le caratteristiche della corrente ecc..**

3.1.MOTO PERMANENTE

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata **standard step**, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,



$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

dove:

Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche;

h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

\bar{S}_f è la cadente media tra le due sezioni;

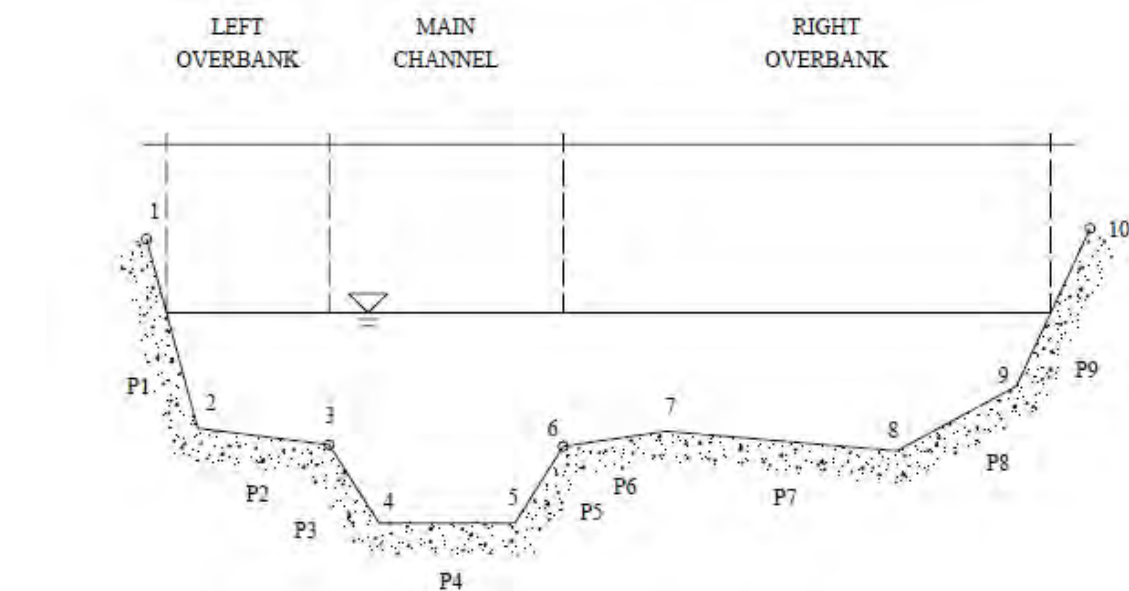
C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita di carico totale per attrito, prodotto tra le due sezioni dalla cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

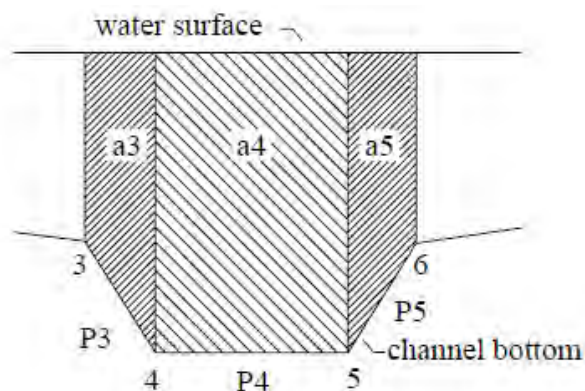
Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verifichino transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa in tre "porzioni" (left overbank, main channel, right overbank), come illustrato in figura.



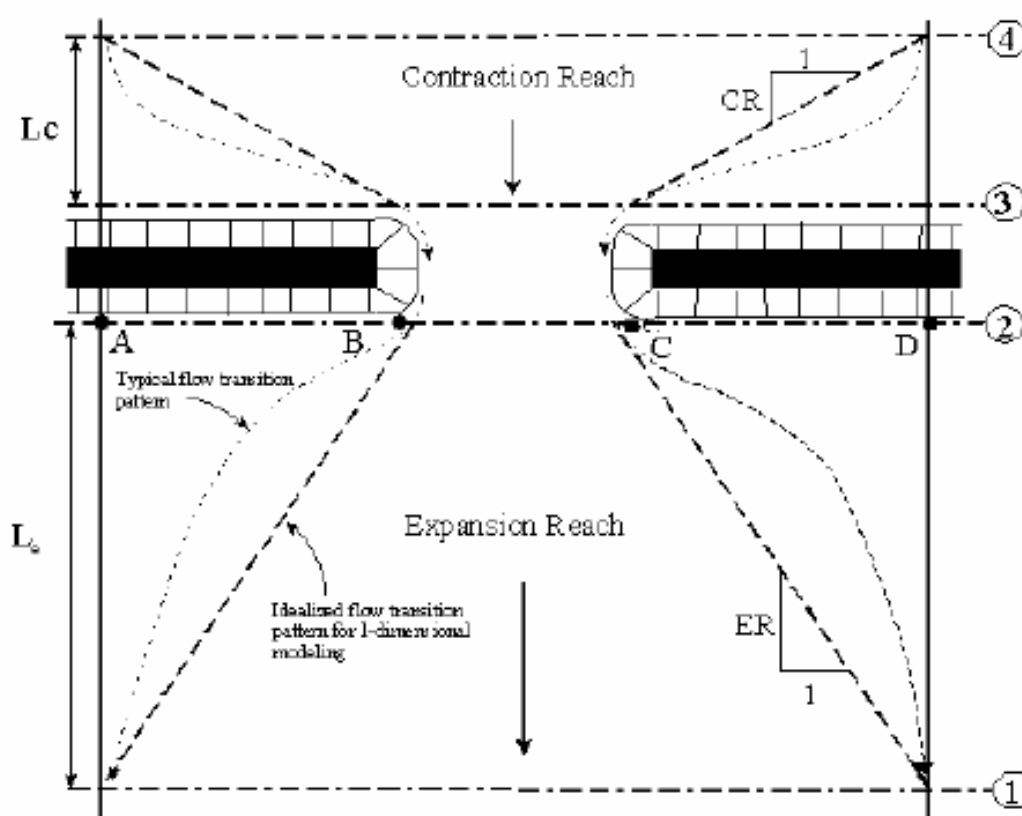
SUDDIVISIONE DELLA SEZIONE IN TRE COMPONENTI



Ogni sezione è ulteriormente suddivisa in **sub-section**, come illustrato nella figura sottostante, ad esempio l'area corrispondente al **main channel** è data dalla sommatoria delle aree delle **sub-section**, che la compongono secondo quanto riportato in figura.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione. Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Per rendere definito il problema occorre fornire 4 sezioni, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (sezioni 4 e 1), le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3), in queste è necessario imporre un'area inefficace.



GEOMETRIA DI UN PASSAGGIO RISTRETTO

Il metodo del bilancio energetico (metodo *standard step*), tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di

selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

CONDIZIONI AL CONTORNO IN MOTO PERMANENTE

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime misto, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza **assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.**

3.2.MOTO VARIO

Una volta esaminato lo stato di fatto in moto permanente, il modello della soluzione progettuale è stato implementato adottando le opzioni di calcolo in moto vario (modello numerico non stazionario).

Tale necessità è dettata principalmente dal comportamento idraulico dell'insieme delle opere progettate, che sono strettamente legate alla dinamica d'invaso: l'area di espansione partecipa parzialmente al deflusso e viene riempita progressivamente al crescere del livello in alveo.

Per l'analisi in moto vario è necessario inserire i dati di input idrologico come idrogrammi di piena, come calcolati nei paragrafi precedenti.

Le simulazioni in moto vario sono **eseguite selezionando l'opzione *Mixed Flow Regime***, per il quale viene assunto come condizione al contorno di monte **l'idrogramma di piena calcolato (*Flow Hydrograph*)**. Gli afflussi ulteriori derivanti dai sottobacini sono considerati nella modellazione grazie alla condizione al contorno **"*Uniform Lateral Inflow*"** corrispondente all'idrogramma di piena di progetto calcolata nei paragrafi precedenti.

Le aree di laminazione sono schematizzate **attraverso l'estensione laterale della geometria delle sezioni d'alveo**, fatta eccezione per le zone dove il moto perde verosimilmente le caratteristiche monodimensionali e quindi la schematizzazione è condotta attraverso la definizione di **"*2D Flow Area*"** **collegate all'alveo da soglie laterali (*Lateral Structure*)** pari, per estensione e quota, al ciglio di sponda rilevato.

Il tempo di discretizzazione temporale per i calcoli è stato posto a 2 secondi, con output dettagliato ogni 2 minuti (ovvero come la discretizzazione temporale utilizzata per gli ideogrammi di piena).

Il tempo totale modellato è stato posto pari a **8 ore (*Starting time*: 01; *Ending Time*: 09)**, tempo entro cui il fenomeno di piena si sviluppa completamente e la cassa di laminazione A risulta quasi vuota.

4. SCHEMATIZZAZIONE DELLE SEZIONI

Il modello di simulazione richiede che venga definita la geometria di un certo numero di sezioni di calcolo su cui si andranno a calcolare i livelli idrici nelle diverse condizioni di portata.

Nell'apposita tavola è indicato il tronco critico, **con l'individuazione** delle relative sezioni idrauliche di calcolo.

Si è ricostruito lo sviluppo di diverse sezioni trasversali del corso **d'acqua in studio utilizzando** le informazioni cartografiche e di rilievo seguenti:

- Cartografia tecnica regionale al 10000
- Rilievi di ponti e altre opere d'arte;
- **DTM 10 m** ottenuto dalla trasformazione delle isocore e dei punti quotati 3D della cartografia al 10000 con passaggio intermedio su TIN.
- **DTM 1 m** ottenuto dalla trasformazione delle isocore e dei punti quotati 3D della cartografia al 2000 con passaggio intermedio su TIN.
- Sopralluoghi e rilievi sul campo.

Nelle sezioni si è avuto cura di rilevare gli elementi significativi seguenti:

- Quote del fondo alveo desunte dai **rilievi**;
- Quote delle aree golenali in base alla cartografia disponibile e al **DTM 1 m** rese disponibili dalla Regione Sardegna (database ufficiale);
- **Quote e luci dei manufatti che interferiscono idraulicamente con l'evoluzione della piena** (ponti, tombini).

Le sezioni di calcolo sono state **sovrapposte** a quelle già presenti nello studio ex Art. 37 comma 2 e 3 lett. b delle NA del PAI predisposto dal Comune e approvato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 12 del 09.09.2020. A queste sono state **aggiunte** ulteriori sezioni a monte della SS131 (area che non era stata studiata in precedenza) e in corrispondenza ed in prossimità dei manufatti in progetto.

Lo studio ante operam è stato condotto quindi su 61 sezioni rilevate o ricostruite per la verifica idraulica di tutti i manufatti attualmente presenti e quelli previsti nel progetto.

E' stata eseguita una ulteriore modellazione ante operam, aggiungendo altre 20 sezioni, in quanto il canale tombato non verifica il franco minimo di legge e la portata eccedente transita al di fuori del manufatto (si veda trattazione nei paragrafi successivi), per un totale di 81 sezioni rilevate o ricostruite.

Lo studio post operam è stato condotto sulle stesse sezioni rilevate o ricostruite sopra **descritte, in cui sono state integrate le "Inline structures" relative alle due soglie e i due salti di** fondo previsti subito a monte della Cassa A, così identificate:

Manufatto	<i>Inline Structure</i>
Soglia B	1162
Salto 1	932
Salto 2	906
Soglia A	713

5. PARAMETRI DELLA MODELLAZIONE

5.1.INPUT

Per quanto riguarda le **condizioni al contorno** ci si è posti nell'ipotesi di regime misto e pertanto si è imposta una condizione di valle e una di monte.

Nel caso di moto permanente, nella **sezione di monte** la condizione è l'altezza di moto uniforme corrispondente alla pendenza dell'asta mentre per la **sezione di valle**, lo sbocco del canale tombato avviene sul Rio Chenale (denominato *Rio Serrieddu* nel database della Regione Sardegna), per cui la condizione imposta è l'altezza di moto uniforme corrispondente alla pendenza dell'asta.

Nel caso di moto vario, come detto nel paragrafo precedente, sono stati imposti gli input idrologici come ideogrammi di piena (*Flow Hydrograph, Lateral Inflow Hydrograph*) mentre la sezione di valle è imposta come per il caso del moto permanente (altezza di moto uniforme).

L'**input idrologico** è quindi formato dalle portate calcolate con riferimento ai tempi di ritorno 10, 50, 100, 200, 500 e 1000 anni e precedentemente riportate.

La caratterizzazione delle **resistenze idrauliche** dell'alveo e delle aree limitrofe è stata effettuata assumendo opportuni valori del coefficiente di Manning o di Strickler secondo quanto riportato in letteratura (Open-Channel Hydraulics, V. T. Chow).

I **coefficienti di scabrezza** sono stati attribuiti a tratti omogenei d'alveo e di golena riconosciuti attraverso fotografie aeree e ricognizioni sul posto, nonché con riferimento ai parametri già presenti nello studio ex Art. 37 comma 2 e 3 lett. b delle NA del PAI predisposto dal Comune e approvato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 12 del 09.09.2020.

In particolare si è adottato un coefficiente di Manning pari a **0.014** per i tratti canalizzati in cls, pari a **0.016** per i tratti regolarizzati in terra (oggetto di interventi precedenti al presente progetto) e **0.020** per le aree golenali esterne alla canalizzazione principale.

Per quanto riguarda l'intervento di sistemazione proposto, si è adottato un coefficiente di Manning pari a **0.016** per i tratti a sezione trapezoidale in terra, mentre è stato assegnato un valore di **0.018** per i tratti compresi tra la canalizzazione principale e la golena.

Si è posto pari a **0.01** il **coefficiente di contrazione** e **0.03 quello di espansione**, tipici di transizione graduale fra le sezioni, anche quando in pratica la sezione rimane costante, come nel caso dei tratti regolarizzati.

5.1.1. SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLE CASSE DI ESPANSIONE

Per simulare il comportamento idraulico della cassa è stato simulato l'andamento dei livelli nell'invaso che aumentano, determinando la ritenzione di una parte dei volumi dell'onda di piena, e poi decrescono, nella fase di esaurimento dell'onda di piena.

Il funzionamento idraulico dell'opera si inquadra nello schema di fluido ideale, la cui caratteristica è quella di rendere possibile l'individuazione di affidabili relazioni biunivoche tra livelli idrici h e portate effluenti, $Q_u = f(h)$.

La dinamica del riempimento e svuotamento dell'invaso può essere studiato con modelli semplificati, che si basano sulla soluzione numerica dell'equazione di continuità:

$$Q_i(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

nella quale Q_i e Q_u rappresentano rispettivamente la portata entrante e quella uscente **dall'invaso** al tempo t , e $W(t)$ è il volume invasato allo stesso tempo. La prima di tali portate costituisce la condizione al contorno di monte ed è quella ricavata nel calcolo degli idrogrammi di progetto, associati ai tempi di ritorno degli scenari considerati. La portata effluente Q_u è espressa dalla legge di efflusso $Q_u(h)$, caratteristica della tipologia di luce di scarico progettata (bocca tarata). Il volume invasato W è, a sua volta, funzione del livello idrico e quindi del **carico h sull'opera di scarico**.

In definitiva le variabili dipendenti $Q_u(t)$ e $W(t)$ possono esprimersi nella forma generale:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$
$$W(t) = W(h(t))$$

Poiché nelle simulazioni svolte i manufatti di scarico sono fissi, la $Q_u(t)$ è funzione del tempo t attraverso il solo livello idrico h .

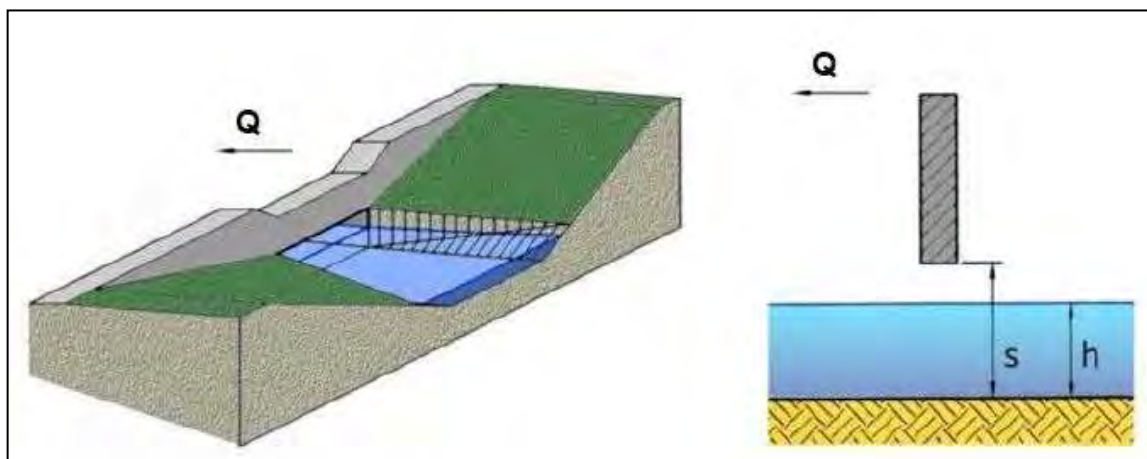
Sulla base delle equazioni sopra riportate si ottiene un legame differenziale tra due sole funzioni del tempo, $Q_i(t)$ e $h(t)$, che può essere risolta rispetto ad una delle due, qualora si **conosca l'altra, e** si specifichino le condizioni iniziali, cioè il valore della funzione incognita **all'istante $t=0$** . Nel nostro caso di studio la variabile nota è la portata in ingresso Q_i e quella incognita da calcolare è il livello idrico **$h(t)$** . Ricavati i valori di quest'ultima nel modo sopra detto si ottiene la portata in uscita $Q_u(t)$.

L'andamento delle $Q_u(t)$ che transitano a valle dell'opera trasversale è regolato dallo scarico di fondo (bocca tarata) e dallo sfioratore di sicurezza.

Le leggi di efflusso utilizzate per determinare la $Q_u(t)$ sono:

- Equazione del moto nei canali, sino a che il livello idrometrico **h è al di sotto dell'altezza della bocca tarata s** (Caso 0)
- Equazioni della foronomia per le luci a stramazzo, che distinguono in due casi a seconda che il livello idrometrico **h** sia al di sotto (Caso A) o al di sopra (Caso B) della quota dello sfioratore (indicata con **H** ; **$H = s + a$**).

Caso 0) Livello idrometrico al di sotto della quota della bocca tarata (**$h < s$**). Deflusso a superficie libera.



Il deflusso attraverso la bocca tarata della traversa è a superficie libera e può essere rappresentato mediante la relazione di Strickler (moto uniforme):

$$Q_u = h \cdot B \cdot k \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

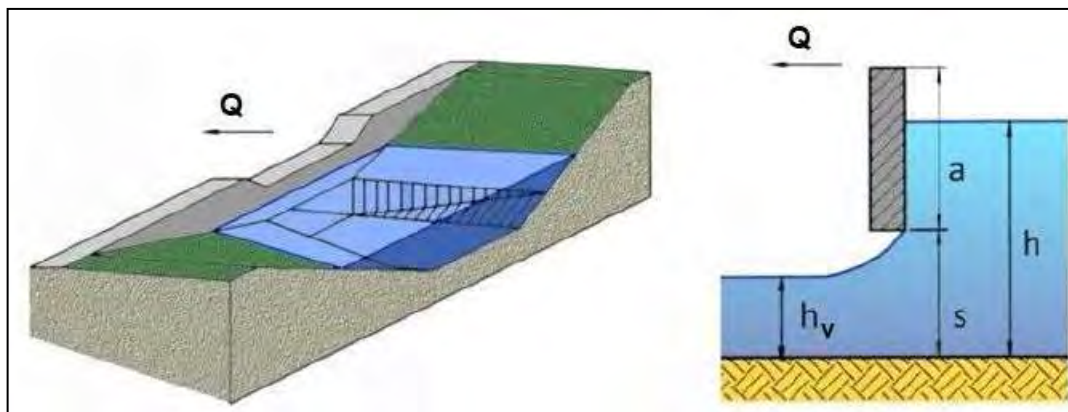
Dove:

B: luce della bocca tarata

i: pendenza di fondo alveo nel tratto interessato dal manufatto di regolazione

k: coefficiente di scabrezza di Strickler

Caso A) Livello idrometrico al di sotto della quota dello sfioratore ($h < H - \text{con } h > s$). Deflusso con luce sotto battente non rigurgitato.



La portata, nel caso di efflusso sotto battente non rigurgitato, si determina con la equazione che regola l'efflusso della soglia di fondo:

$$Q_u = \mu B h \cdot \sqrt{2g(h - h_0)}$$

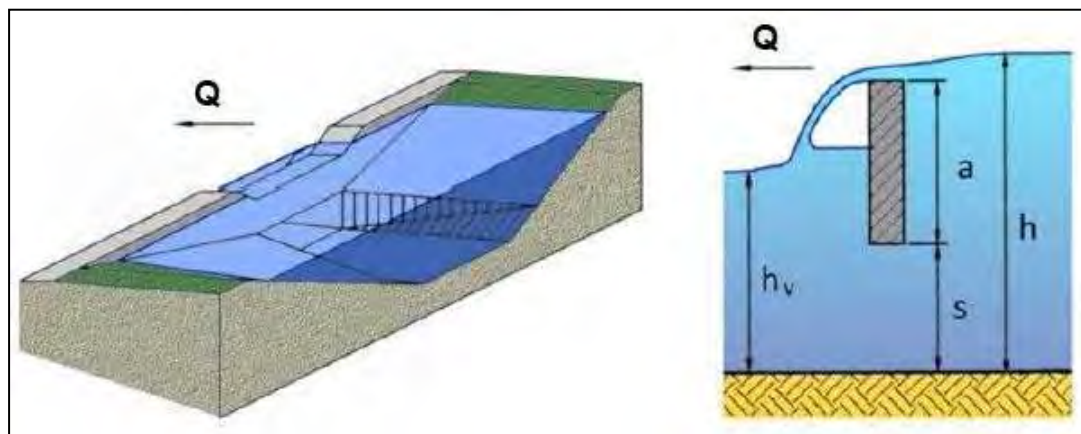
Dove:

μ : coefficiente di efflusso dello scarico di fondo, pari a 0.6

B: luce della bocca tarata

h_0 : livello idrico a valle, posto pari a $C_c \cdot s$ ($C_c=0.9$)

Caso B) Livello idrometrico al di sopra della quota dello sfioratore ($h > H$). Deflusso sulla gaveta della traversa.



La legge di efflusso nel caso in cui, oltre che fuoriuscire dalla bocca di fondo, le acque invase stramazzinano al di sopra dello sfioratore di sicurezza è di seguito riportata:

$$Q_u = \mu B h \cdot \sqrt{2g(h-h_0)} + \mu_1 L(h-H) \cdot \sqrt{2g(h-H)}$$

Dove:

- μ : coefficiente di efflusso dello scarico di fondo, pari a 0.6
 B : luce della bocca tarata
 h_0 : livello idrico a valle
 μ_1 : coefficiente di efflusso della soglia sfiorante (gaveta), pari a 0.35
 L : lunghezza dello sfioratore
 H : Quota dello sfioratore rispetto al fondo della cassa (pari a $s+a$)

Questa condizione si realizza solo per **portate superiori alla portata di piena cinquecentenaria (per la soglia A) e di piena millenaria (per la soglia B)**, o per eventuali occlusioni e conseguenti riduzioni della luce della briglia ad opera di materiale di vario genere trasportato dalla corrente. Pertanto, è possibile considerare la soglia della traversa come uno sfioratore di sicurezza.

Visto quanto detto prima, sono stata imposte, in una fase preliminare, le **portate Q_u in uscita dalla bocca tarata di ognuna delle soglie**, secondo lo schema seguente:

Bacino	Manufatto	Q_u	ID	Note
A	soglia A	2.90 m ³ /s	$Q'(A)_{\max}$	Massima Portata che può transitare nel canale tombato con il franco di legge (cfr. paragrafo "Situazione post-operam")
B	soglia B	1 m ³ /s	$Q'(B)_{\max}$	Portata valutata in funzione degli interventi previsti a monte e a valle

Si procede quindi a dimensionare la bocca tarata con le formulazioni sopra descritte.

Si sottolinea che tali valori poi sono affinati durante la modellazione idraulica, la quale **considera tutti i fenomeni presenti nell'area oggetto di studio**.

Per simulare il **comportamento delle casse di espansione** sono state ricostruite le geometrie di ognuna delle opere, ossia: a) la **curva d'invaso**; b) le dimensioni del sistema di regolazione della portata (bocca di fondo tarata) e della gaveta con funzione di sfioratore di sicurezza.

a) Curva di invaso

La **curva d'invaso V-H (volumi-altezze)** relativa all'area di laminazione è stata ricostruita sulla base del DTM a maglia 1 m (strato ufficiale della Regione Sardegna), della cartografia in scala 1:2.000 ed 1:1.000 e del rilievo topografico eseguito.

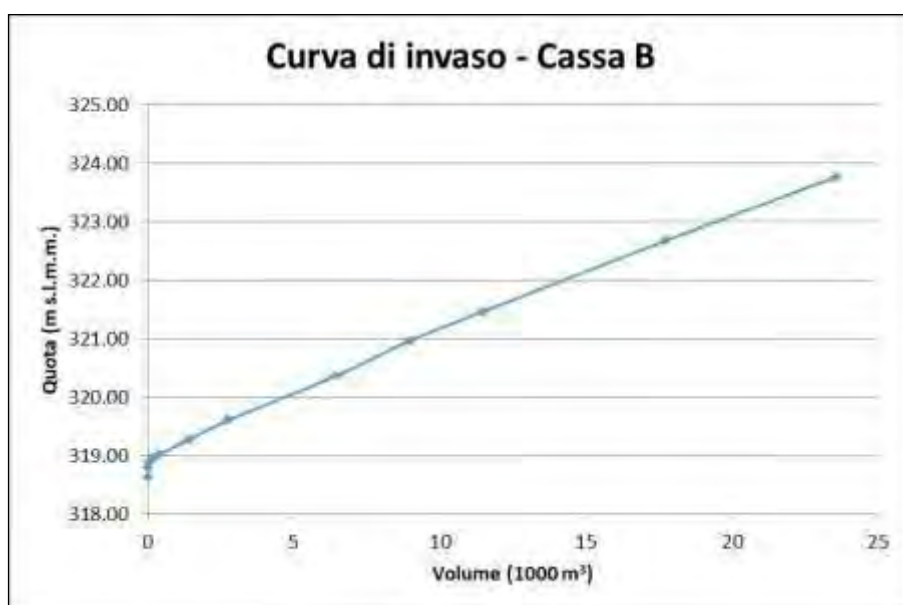
La curva fornisce il legame tra l'altezza d'acqua nel bacino e il volume d'acqua contenuto; si può esprimere nella forma seguente:

$$W(h) = \int_{h_{\inf}}^{h_{\sup}} S(h) dh$$

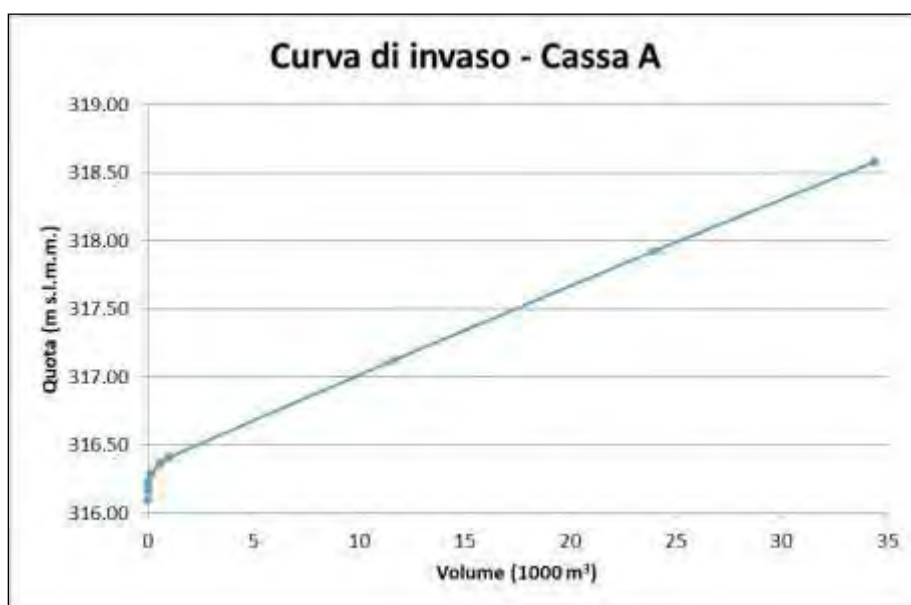
Dove h è la quota generica del pelo libero nell'invaso e $S(h)$ è la superficie liquida occupata per quel livello idrico.

Dai calcoli svolti per l'area in esame risultano le curve di invaso riportate nei grafici seguenti.

CURVA DI INVASO – CASSA B



CURVA DI INVASO – CASSA A



b) Bocca di fondo tarata e sfioratore

Il sistema di regolazione della portata della traversa della cassa in linea è costituito da una bocca tarata di sezione rettangolare; il dimensionamento è effettuato con le procedure descritte in precedenza. In corrispondenza di tale apertura è posizionata la gaveta con funzione di sfioratore di sicurezza.

Il dimensionamento del manufatto di controllo delle portate in alveo (bocca tarata) è stato perfezionato attraverso modellazioni successive con correzioni sistematiche dei principali parametri dimensionali dei diversi manufatti di controllo (sfioratore superficiale, bocca tarata) fino alla stabilizzazione della soluzione per la condizione di maggiore efficienza idrodinamica, secondo gli obiettivi prefissati. La bocca tarata è stata schematizzata attraverso l'adozione di una **Inline weir** con la luce di fondo pari al fondo della sezione di controllo.

La taratura delle bocche per portate relativamente basse ha condotto alla realizzazione di **una bocca tarata** sia per la soglia A e che per la soglia B (una bocca tarata di fondo).

Tale accorgimento consente la migliore gestione del deflusso delle portate di progetto.

Soglia	Gate	Bocca tarata (m)	Quota fondo (m s.l.m.m.)	Gaveta (m)	Quota sfioratore (m s.l.m.m.)	Quota Piano di campagna (m s.l.m.m.)
A	1	5,00 x 0,75h	316,10	L=5,00 H=0,50	317,30	317,80
B	1	0,40 x 0,40h	318,64	L=5,00 H=0,70	320,69	321,39

Lo sfioratore della soglia A è previsto a muro verticale, viste le ridotte dimensioni (in altezza) del manufatto. A valle del manufatto il canale viene rivestito in cls ed è quindi opportunamente protetto in caso di sfioro.

Lo sfioratore della soglia B viene realizzata con profilo sagomato (3h:2v) che garantisca **l'accompagnamento del flusso dell'acqua. A valle del manufatto** il canale viene rivestito in cls ed è quindi opportunamente protetto in caso di sfioro.

Subito a monte della cassa A è stato necessario prevedere la sistemazione del fondo del canale mediante **due salti di fondo, che nel modello sono inseriti come "Inline structures",** per recuperare un dislivello di circa 2 metri tra alveo e fondo cassa.

5.2.OUTPUT

Come **output** la procedura descritta ha consentito il calcolo, per ogni sezione, della quota dei livelli idrici corrispondenti alle portate assegnate, nonché tutti i parametri idraulici relativi al profilo di corrente, riprodotti in forma tabellare nei **report** di analisi che riportano i risultati delle verifiche allegato al presente studio.

In particolare, i dati numerici forniti dal calcolo sono:

- 1 la quota minima dell'alveo (linea di *thalweg*) in m s.l.m. indicata come quota fondo;
- 2 la quota del pelo libero, in m s.l.m.;
- 3 la velocità media in alveo in m/s;
- 4 il numero di Froude.

Le quote del pelo libero, riportate planimetricamente nel transetto esteso delle sezioni significative utilizzando dei contours costruiti sul DTM 1 m, hanno consentito di individuare **l'inviluppo delle superfici bagnate dalla piena.**

Il codice HEC-RAS, inoltre, produce un file dati specifico per la rappresentazione planimetrica, contenente tutte le informazioni di quota della corrente nelle sezioni di calcolo nonché le coordinate dei punti estremi del pelo libero nel sistema geografico di riferimento che possono essere utilizzate in ambiente GIS per la mappatura delle aree.

Vista la grande quantità di risultati ottenuti dal programma di modellazione, si estraggono e si riportano quelli più significativi ed utili ai fini dello studio.

Poiché la modellazione è eseguita in regime di moto vario, si allegano nel report idraulico le tabelle e gli schemi grafici dei profili delle piene, inviluppo dei **massimi livelli** in ciascuna sezione.

Si allegano inoltre gli schemi planimetrici della massima espansione delle acque nelle aree esondabili, durante **l'evento** di riferimento.

6. SITUAZIONE ANTE OPERAM

L'analisi idraulica ha evidenziato che, nella situazione attuale, il canale non verifica secondo normativa nemmeno la portata corrispondente al tempo di ritorno di 50 anni.

Il canale tombato lungo il suo percorso ha diverse sezioni: il primo tratto (pari a circa il 50% del tracciato) ha sezione rettangolare di base 2 m e altezza 1.50 m (tratto A-M); il secondo tratto (M-U1) ha sezione trapezia di base minore 1,30 m, base maggiore 2,10 m e altezza 1,60 m; l'ultimo tratto (U1-P) ha una sezione variabile in altezza (altezza minima 2,30 m), di base 1,80 m e la copertura è a sezione semicircolare in blocchi di pietra (Sezione P).

La tabella successiva riporta i dati relativi alla sezione di imbocco (Sezione A) del canale.

Tempo di ritorno (anni)	Portata (m³/s)	Livello idrico (m)	Franco (m)	Franco (PAI)	Verifica
8	6.50	0.74	0.76	0.75	SI
10	7.37	0.81	0.69	0.78	NO
50	13.43	1.27	0.23	0.99	NO
100	16.42	1.49	0.01	1.09	NO
200	19.49	>1.50	--		
500	23.71	>1.50	--		

La tabella successiva riporta i dati relativi alla sezione di sbocco (Sezione P) del canale.

Tempo di ritorno (anni)	Portata (m³/s)	Livello idrico (m)	Franco (m)	Franco (PAI)	Verifica
10	8.04	0.88	1.42	0.75	SI
20	11.50	1.14	1.16	1.12	SI
50	15.37	1.43	0.87	1.27	NO
100	18.84	1.69	0.61	1.38	NO
200	22.41	1.94	0.36	1.47	NO
500	27.25	2.29	0.01	1.56	NO

Nella configurazione attuale, il canale all'imbocco è in grado di smaltire una portata pari a circa **6.50 m³/s** (Q(A)max), a cui corrisponde il tempo di ritorno di circa 8 anni, con un franco di 0.76 m (valore minimo previsto dalla normativa vigente, ex Art. 21 delle NA del PAI ad oggi vigente). Tale valore è significativamente più elevato allo sbocco, dove la sezione è più ampia e la portata smaltibile con franco di legge è pari a circa 11.50 m³/s (Q(P)max) (tempo di ritorno circa 20 anni).

La sezione centrale del canale tombato, di forma trapezia, è invece in grado di smaltire con il franco minimo di legge una portata inferiore, pari a circa **5.50 m³/s**.

Il canale tombato funziona in pressione **a partire dalla portata centenaria** (TR 100 anni).

Al fine di modellare correttamente la situazione ante-operam è stata seguita la già citata "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti" (deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 17.10.2017), ed in particolare il punto 6.3 (Franco minimo):

"Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del canale è quello prescritto dall'articolo 21 delle N.A. del P.A.I..

Nel caso in cui il franco minimo non sia rispettato, nella verifica di sicurezza, ai fini della perimetrazione delle aree di pericolosità, la modellazione idraulica può motivatamente essere eseguita:

- per sezioni molto ampie ispezionabili, modellando lo scorrimento al di fuori del canale della quota della portata non convogliabile con i franchi prescritti per i vari tempi di ritorno;

- per gli altri casi, considerando l'ipotesi di canale completamente ostruito, modellando lo scorrimento al di fuori del canale dell'intera portata per i vari tempi di ritorno."

In questo caso, essendo una sezione ampia ed ispezionabile, si è modellato lo scorrimento al di fuori del canale (**simulazione "ante-operam"**) delle seguenti portate:

Tempo di ritorno (anni)	Portata (m ³ /s)	Portata convogliabile (m ³ /s)	Portata di progetto (scorrimento esterno) (m ³ /s)
50	15.37	5.50	9.87
100	18.84	5.50	13.34
200	22.41	5.50	16.91
500	27.25	5.50	21.75

Sono state quindi ricavate le aree esondabili per i 4 tempi di ritorno.

Tale perimetrazione è di fatto coincidente con le perimetrazioni individuate nel PAI vigente a partire dal tratto subito a monte della SS131. Pertanto le perimetrazioni ante-operam coincidono con le perimetrazioni presenti nel PAI vigente.

Nel presente studio è modellato anche il tratto di reticolo posto a monte della SS131. Questo tratto non risulta essere mai stato oggetto di studio in precedenza.

L'attraversamento posto sulla SS131, consistente in un tubolare in cls del DN 1000 mm interni (1 metro), non verifica secondo normativa nemmeno la portata corrispondente al tempo di ritorno di 50 anni.

Il tubolare (come illustrato nella tabella seguente) è in grado di smaltire con franco pari a 0.50 m una portata pari a circa 1 m³/s (tempo di ritorno 4 anni), mentre verifica con il franco di legge una portata pari a circa 0.70 m³/s (tempo di ritorno circa 3 anni).

Tempo di ritorno (anni)	Portata (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Franco (m)	Franco (PAI)	Verifica
3	0.70	0.42	0.58	0.56	SI
4	1.00	0.50	0.50	0.62	NO
10	2.10	0.73	0.27	0.74	NO
50	3.76	>1	--	0.87	NO
100	4.64	>1	--		
200	5.55	>1	--		
500	6.85	>1	--		

L'infrastruttura della SS131 rappresenta un ostacolo al deflusso della corrente, essendo di fatto assimilabile ad una traversa posta ortogonalmente al rio dotata di uno scarico al fondo di sezione circolare. Si rappresenta che, modellando anche la **porzione di corso d'acqua a monte** della SS131, questa risulta area allagabile e viene perimetrata come area a pericolo idraulico Hi4. Tale area allagabile è quindi integrata nelle perimetrazioni del PAI vigente, realizzando quindi la situazione ante-operam relativa al presente progetto.

7. SITUAZIONE POST OPERAM

I manufatti sono inseriti in una zona antropizzata, **nell'ambito della quale risulta difficoltoso occupare ampie porzioni di terreno.**

Le opere da eseguirsi consistono complessivamente in:

- **realizzazione una cassa di espansione ("B") in linea, capace di invasare circa 6.500 m³, completamente interrata, posta a monte della Via Oristano, realizzata mediante una soglia con bocca tarata posta trasversalmente al rio;**
- **realizzazione una cassa di espansione ("A") in linea, capace di invasare circa 14.200 m³, completamente interrata, posta a monte dell'attraversamento ferroviario in prossimità dell'imbocco del canale tombato, realizzata mediante una soglia con bocca tarata posta trasversalmente al rio;**
- parziale risagomatura e riprofilatura dei canali esistenti a sezione trapezia e savanella centrale (come richiesto dal Servizio Genio civile di Oristano)
- il tratto a valle, delle soglie a bocca tarata, sarà raccordato ai manufatti esistenti **mediante riprofilatura della sezione dell'alveo e protetta dall'erosione mediante rivestimento in cls;**
- demolizione del canale tombato nel tratto in cui deve realizzarsi la cassa di espansione **"A" e risagomatura della sezione dell'alveo** con definizione della savanella;
- sostituzione della copertura del canale con una griglia carrabile (come richiesto dal Servizio Genio civile di Oristano), **in prossimità dell'imbocco del canale all'inizio del centro urbano;**
- spostamento di alcuni sottoservizi e linee aeree posti nelle aree di intervento, secondo le indicazioni degli enti competenti;
- recinzione della casse di espansione con ripristino degli accessi ai terreni privati;
- ricarica con materiale proveniente dagli scavi degli stradelli posti in prossimità delle casse di espansione;
- sistemazione a verde **dell'area in prossimità dell'imbocco del canale**, tra la ferrovia e la Via del Lavoro.

Tutti i manufatti sono progettati per contenere e laminare le portate con tempo di ritorno sino a 200 anni.

La savanella è posta in corrispondenza del canale esistente e dimensionata in maniera da consentire il deflusso della portata minima di circa 0,50 m³/s.

Le soglie sono in cls armato; le sponde interne alle casse saranno scavate in roccia e di sezione trapezia (con pendenza (scarpa) delle sponde 3h:2v); i tratti di canale esistenti in terra saranno risagomati, per consentire un corretto inserimento dei nuovi manufatti e delle casse di espansione, e saranno rivestiti in cls nei tratti di raccordo con i manufatti esistenti.

Sono previsti manufatti di raccordo in cls tra le traverse ad i canali in terra e alle già presenti infrastrutture e manufatti in cls posti in corrispondenza della Via Oristano e **dell'attraversamento ferroviario posto subito a monte dell'imbocco del canale tombato.**

Il tratto modellato tra la Sezione A e la Sezione C considera le opere in fase di realizzazione relativamente ai lavori "Interventi urgenti di messa in sicurezza dell'abitato", oggetto di nulla osta da parte della Autorità di bacino della Regione Sardegna; i lavori sono stati integrati in questo studio come interamente completati secondo il progetto redatto da altri professionisti, considerando anche le varianti in corso d'opera ed i rilievi diretti delle opere già realizzate (as-built).

7.1. VERIFICA DEI FRANCHI

La tabella con il calcolo dei franchi per tutti i tratti oggetto di intervento è riportata in calce al Report idraulico (Elaborato A4.b) **secondo quanto già esposto nel paragrafo "verifica delle opere di attraversamento trasversale e di difesa longitudinale"**.

Come riportato in precedenza, la effettiva funzionalità del canale tombato è stata valutata anche più a valle della sezione di imbocco (A) in quanto lungo il canale sono presenti numerose caditoie, che scaricano le portate nello stesso canale tombato.

Si procede ricavando le portate al colmo $Q(U1)$ e $Q(U)$ per i vari tempi di ritorno e si verifica se, sommate alla portata **effluente dalla bocca tarata ($Q'(A)_{max}$)**, **il canale tombato è in grado di smaltire queste portate con il franco previsto dalla norma.**

Come valore preliminare, viene imposta la portata $Q'(A)_{max}$ pari a **2.90 m³/s**, che consente la verifica del canale tombato con il franco previsto dalla norma per i tempi di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni in tutto il tratto urbano; per portate con tempo di ritorno pari a 500 anni il canale verifica la portata ma senza franco per il primo tratto urbano (A-U1), mentre verifica con franco nel tratto finale.

	u.m.	TR50	TR100	TR200	TR500
$Q(U1)$	m ³ /s	1.91	2.25	2.60	3.11
$Q'(A)_{max}$	m ³ /s	2.90	2.90	2.90	2.90
Q Totale	m ³ /s	4.81	5.15	5.50	6.01
FRANCO (sezione minore)	m	0.86	0.83	0.79	0.74
FRANCO (PAI)	m	0.75	0.76	0.78	0.81
$Q(U)$	m ³ /s	3.46	4.05	4.66	5.53
$Q'(A)_{max}$	m ³ /s	2.90	2.90	2.90	2.90
Q Totale	m ³ /s	6.36	6.95	7.56	8.43
FRANCO (sezione P)	m	1.59	1.55	1.49	1.42
FRANCO (PAI)	m	0.81	0.85	0.90	0.95

La bocca tarata della soglia A, posta immediatamente a monte del canale tombato, è quindi inizialmente progettata per consentire il transito della portata $Q'(A)_{max}$ pari a **2,90 m³/s**.

La bocca tarata della soglia B, **posta immediatamente a monte dell'attraversamento** stradale della Via Oristano è inizialmente progettata per consentire il transito della portata $Q'(B)_{max}$ pari a **1,00 m³/s**, tale da garantire un franco **sull'attraversamento stradale e sulle** limitrofe opere di difesa longitudinale superiore al franco di legge e, contemporaneamente, limitare il più possibile le portate in ingresso alla cassa di espansione A posta subito a valle.

Tali valori sono affinati nella modellazione idraulica.

I risultati delle simulazioni mostrano che, **per il tempo di ritorno dei 200 anni:**

- Allo sbocco della tubazione in cls posta in corrispondenza della SS131 defluisce una portata massima pari a circa 0.76 m³/s, **e l'attraversamento non verifica** le portate con franco minimo di legge (pari ad almeno 0,50 m);
- Lungo **tutti i tratti oggetto di intervento** la velocità della corrente risulta **inferiore a 4 m/s**; tale valore viene superato nei tratti terminali del canale tombato (in prossimità dello sbocco sul Rio Chenale), mentre in corrispondenza delle casse di laminazione risulta **non superiore a 0.1 m/s**;

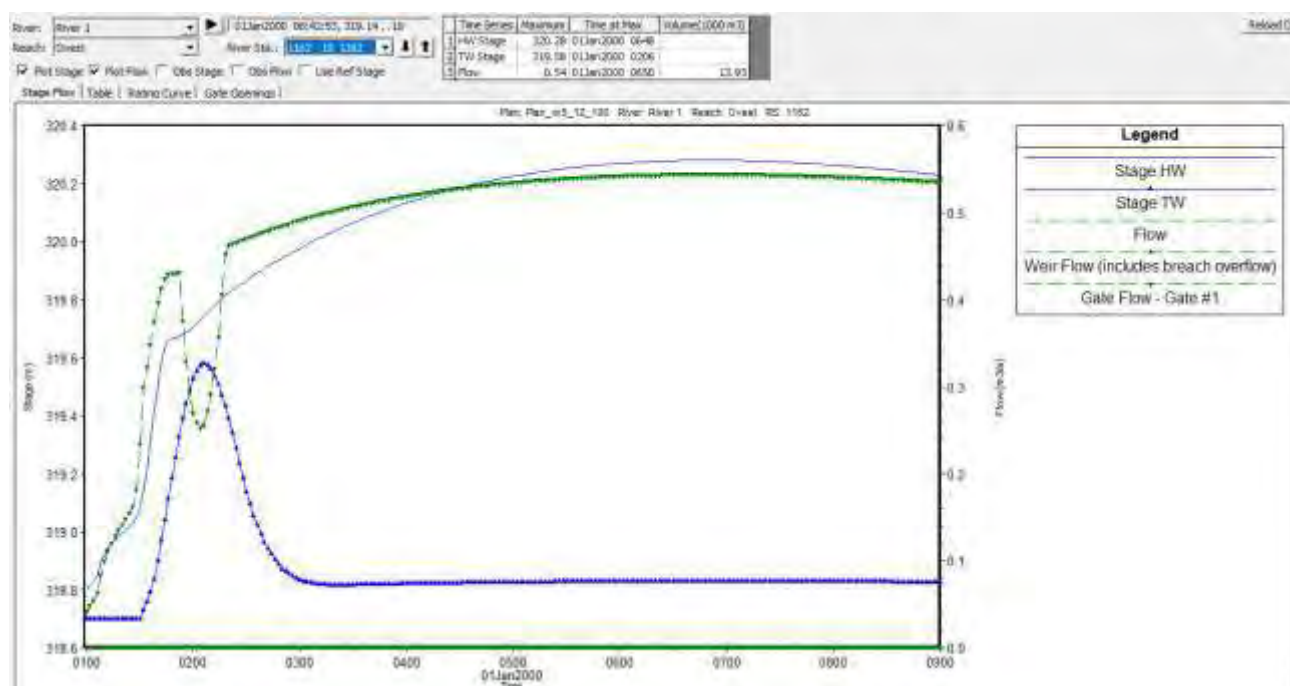
- Il canale in terra nel tratto a monte della soglia B consente il deflusso della portata in alcuni tratti senza il franco previsto dalla norma vigente (Art. 21 delle NA del PAI, comma c1, opere di difesa longitudinale e adeguamenti della sezione idraulica);
- La cassa di espansione B invasa un volume di circa **6.500 m³**, consentendo la bocca tarata il rilascio di una portata massima pari a **0,56 m³/s**;
- Il canale in terra nel tratto B-A consente il deflusso della portata in alcuni tratti senza il franco previsto dalla norma vigente (Art. 21 delle NA del PAI, comma c1, opere di difesa longitudinale e adeguamenti della sezione idraulica);
- La cassa di espansione A invasa un volume di circa **14.200 m³**, consentendo la bocca tarata il rilascio di una portata massima pari a **4,39 m³/s**;
- Per effetto della laminazione della piena, all'imbocco del canale tombato defluisce una portata pari ad un massimo di 4,39 m³/s; nei diversi tratti il canale tombato verifica le portate con il franco previsto dalla norma vigente (pari ad almeno 0,69 m);
- L'attraversamento posto in corrispondenza della via Oristano verifica le portate con franco superiore al minimo di legge (almeno **1,5 m**);
- L'attraversamento posto in corrispondenza della infrastruttura ferroviaria non verifica le portate con franco superiore al minimo di legge (almeno **1,5 m**), ma è garantito il suo funzionamento a pelo libero (senza che entri in pressione) con un franco di circa 0,50 m;
- Entrambe le casse di espansione contengono le piene con un franco minimo di almeno 0,50 m, come previsto dalla norma (Art.21, comma 2ter).

In merito all'attraversamento ferroviario, si rileva un deciso e consistente miglioramento della funzionalità idraulica; allo stato attuale infatti funziona in pressione a partire dalla portata duecentennale, mentre con gli interventi previsti in progetto è garantito il suo funzionamento a **pelo libero anche per la portata cinquecentennale**.

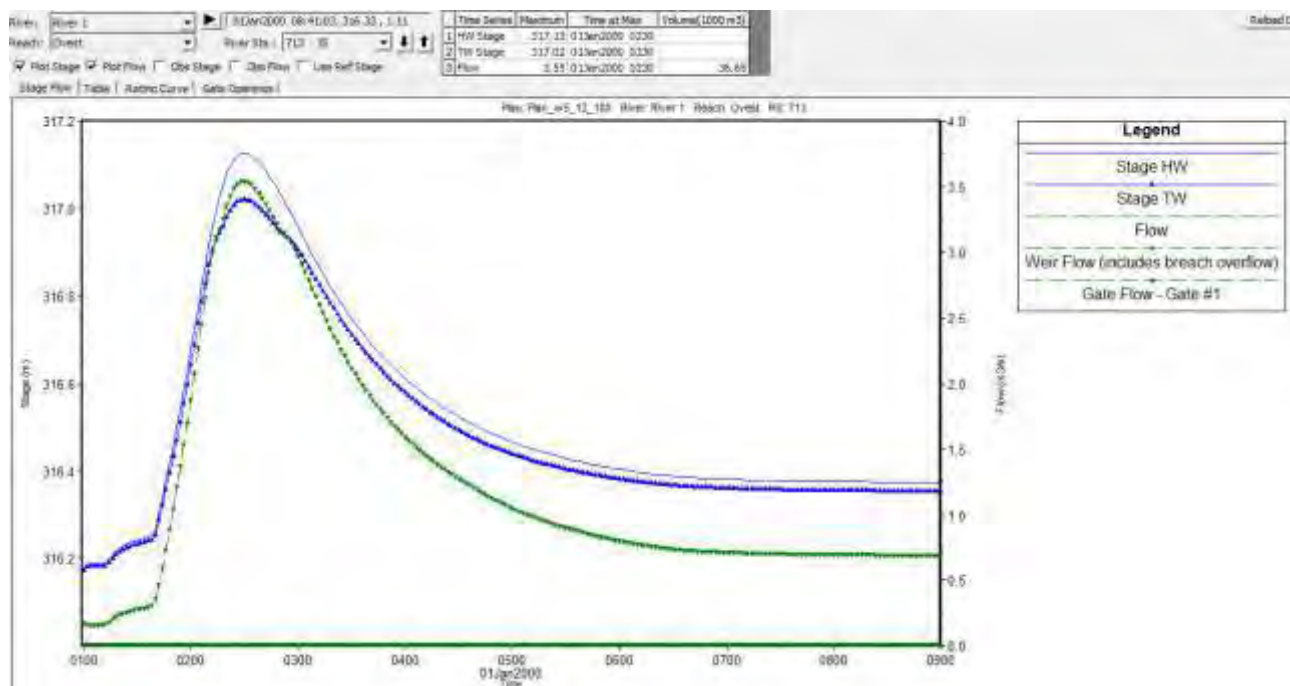
Relativamente al "Rio Nord" (affluente in sinistra idraulica del rio principale) si sottolinea che l'unico intervento ad esso relativo, previsto nel presente progetto, è il raccordo in corrispondenza della Cassa A, che non prevede **alcuna modifica all'attuale sezione** del rio ma agevola il deflusso verso la cassa stessa. La attuale sezione non contiene le piene di progetto con il franco di legge anche nella configurazione di progetto, pertanto si confermano le perimetrazioni delle aree allagabili del PAI vigente.

Si riportano nel seguito i grafici di funzionamento delle 2 soglie per il tempo di ritorno dei 200 anni.

OUTPUT DEL MODELLO IDRAULICO SOGLIA B - tempo di ritorno di 200 anni



OUTPUT DEL MODELLO IDRAULICO SOGLIA A - tempo di ritorno di 200 anni



7.1.FUNZIONAMENTO DEGLI SFIORATORI

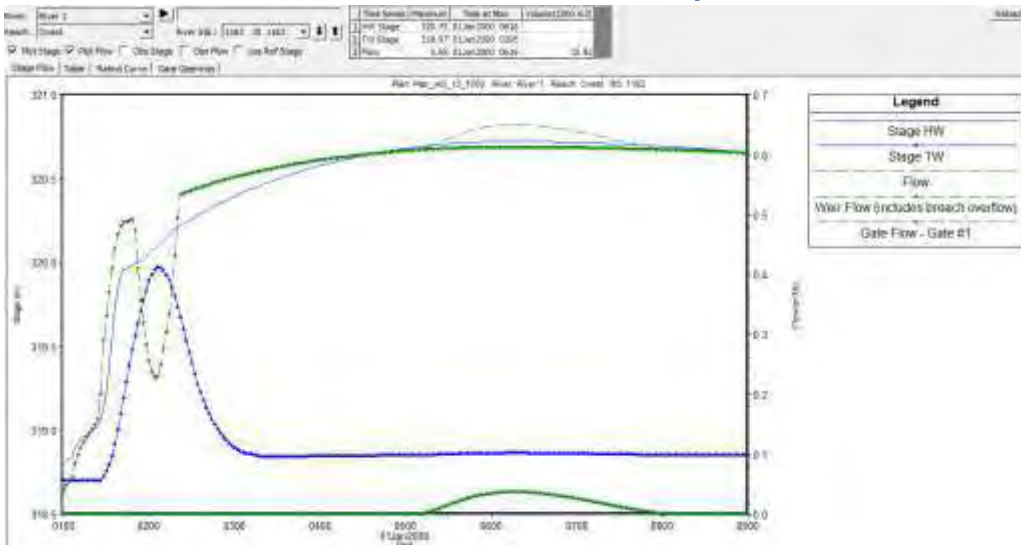
Lo sfioratore della Soglia B entra in funzione per portate superiori ai 500 anni ed è quindi effettuata la verifica con una portata con tempo di ritorno 1000 anni; lo sfioratore della Soglia A entra in funzione per portate superiori ai 200 anni ed è quindi effettuata la verifica con una portata con tempo di ritorno 500 anni.

Per la soglia B e la soglia A, si rileva rispettivamente che:

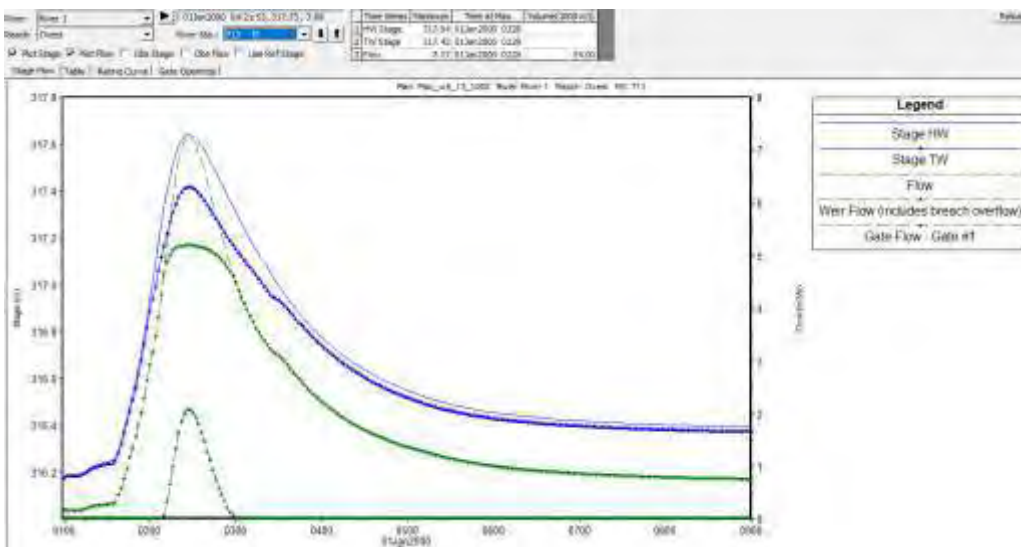
- le portate sfiorate (pari a 0,037 m³/s e 0,48 m³/s) realizzano battenti ridotti sugli sfioratori (valori massimi pari a 7 cm e 14 cm);
- le sezioni a valle delle soglie contengono le portate defluenti, nel caso della sola soglia A senza il franco di legge;
- i manufatti (attraversamenti, canale tombato) posti subito a valle delle soglie funzionano a pelo libero e non entrano in pressione neanche con portate millenarie.

Si riportano nel seguito i **grafici di funzionamento della soglia "B" e soglia "A"** per il tempo di ritorno dei 1000 e dei 500 anni rispettivamente.

OUTPUT DEL MODELLO IDRAULICO SOGLIA B - tempo di ritorno di 1000 anni



OUTPUT DEL MODELLO IDRAULICO SOGLIA A - tempo di ritorno di 500 anni



7.2. CONSIDERAZIONI SULLE AREE ALLAGABILI

La soluzione proposta consente la **verifica del canale tombato anche per una portata con tempo di ritorno di 500 anni con il franco previsto dalla norma.**

Pertanto, le aree adiacenti al canale tombato, **saranno deperimstrate** e non saranno classificate a Pericolo idraulico relativamente al Rio Bonorchis.

Il rio risulterà perimetrato Hi4, Hi3 ed Hi2 **nelle aree a monte dell'abitato occupate dalle canalizzazioni e dalle casse di espansione.**

Nello specifico, tutti i tratti oggetto di intervento nel presente progetto, laddove quindi si realizzano le opere proposte (Casse di espansione, risagomature e collegamenti con le opere esistenti) verificano con il franco previsto dalla legge le portate di piena sino ai 500 anni.

L'attraversamento stradale posto in corrispondenza della Via Oristano verifica con franco di legge le portate anche cinquecentennali.

L'attraversamento ferroviario posto subito a valle della soglia A non verifica alcuna portata di progetto con il franco previsto dalla normativa (almeno 1,5 m), ma se ne scongiura il funzionamento a pressione per tutte e quattro le portate di progetto (quindi anche per la portata cinquecentennale).

Per i tutta l'area studiata compresa tra la SS131 e l'imbocco del canale tombato, le piene di progetto sono contenute dentro i canali esistenti, ma in alcuni tratti non sono rispettati i franchi di legge; pertanto in tali tratti (come evidenziati nella tabella con il calcolo dei franchi riportata in calce al Report idraulico e nell'Allegato 4 "Carta della pericolosità idraulica Ante e Post operam") permarranno le aree esondabili già presenti nel PAI vigente per i tempi di ritorno dei 50, dei 100, dei 200 anni e dei 500 anni.

L'area a monte della SS131 viene invece perimetrata secondo gli output delle elaborazioni effettuate in questo studio.

Rilevando che le perimetrazioni dei livelli di pericolosità molto elevata Hi4 e moderata Hi1 risultano **scostarsi dell'ordine** di pochi metri, realizzandosi così delle perimetrazioni minime per i livelli da Hi3 ad Hi1, è stato scelto di perimetrare tali tratti esclusivamente come Hi4, **effettuando l'inviluppo tra le aree** allagabili relative ai diversi livelli di pericolosità

Relativamente al "Rio Nord" (affluente in sinistra idraulica in corrispondenza della cassa A) si confermano le perimetrazioni delle aree allagabili del PAI vigente.

VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELL'INTERVENTO, COMPATIBILITÀ CON LE NORME DEL P.A.I. E SUA FATTIBILITÀ

L'intervento proposto di realizzazione di casse di laminazione in serie a monte del canale tombato, rientra tra gli interventi di cui all'art. 27, comma 1 lettera b. e d. e comma 3, lettere b. ed e., delle NTA del PAI Sardegna.

La pericolosità idraulica è causata dalla presenza del "Rio bonorchis".

Le scelte progettuali operate sono coerenti con un intervento atto a superare le problematiche idrauliche dovute al canale tombato nel centro urbano, riducendo la portata di piena che con tali interventi defluisce con il franco previsto dalla normativa vigente.

La compatibilità idraulica dell'intervento è stata valutata confrontando i livelli idrici della piena di riferimento per i quattro tempi di ritorno (T50-T100-T200-T500 anni), con le condizioni al contorno del sito in cui deve realizzarsi l'opera, il tutto illustrato nelle varie tavole grafiche allegate al presente studio.

Dall'analisi condotta il modello idraulico evidenzia che, **nella situazione post intervento, il canale tombato contiene la piena duecentennale con il franco minimo di legge.**

Nel complesso si ritiene una soluzione idraulicamente accettabile, in quanto migliorativa rispetto alla situazione attuale; la soluzione tecnica è quella più accettabile da un punto di vista architettonico, paesaggistico e funzionale in termini di accessibilità.

La soluzione progettuale proposta risulta inoltre accettabile, anche da un punto di vista della **sicurezza e dell'incolumità pubblica**, in quanto sicuramente si diminuisce la pericolosità idraulica, e inoltre saranno adottate le consuete azioni di protezione civile attuando il piano comunale di emergenza, mediante la sorveglianza e il controllo, e **precludendo l'accesso** in caso di avviso di allerta codice rosso.

Sulla base dello studio condotto ed in seguito alle verifiche effettuate, considerando la situazione ante e post intervento, si può affermare quanto segue:

- ✓ migliora in modo significativo o comunque non peggiora le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- ✓ migliora in modo significativo o comunque non peggiora le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio compatibili;
- ✓ **non compromette la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;**
- ✓ non aumenta il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;
- ✓ non interferisce con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;
- ✓ sono state adottate per quanto possibile le tecniche dell'**ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;**
- ✓ non si incrementano le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi **vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento** espressamente assentito;
- ✓ non presenta una vulnerabilità tale da renderlo inadeguato rispetto alle finalità per il quale è stato progettato;

- ✓ **garantisce condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, in quanto i lavori si svolgeranno senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;**
- ✓ **l'intervento è coerente con gli strumenti urbanistici vigenti e con i piani di protezione civile.**

Le opere di che trattasi non determinano alcun aumento del grado di pericolosità e/o di rischio rispetto alla situazione esistente, per tali ragioni non si prevedono misure di mitigazione e/o compensazione.

Per quanto sopra esposto e sulla base delle risultanze dello studio condotto si può affermare **che l'intervento in progetto è compatibile** con lo stato dei luoghi e con le norme e prescrizioni del PAI Sardegna.

PIANO DI MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti rappresenta il documento complementare al progetto degli interventi che prevede, pianifica e programma le procedure dell'attività di manutenzione al fine di mantenere nel tempo la funzionalità dell'intervento, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico dei vari manufatti.

Come piano di manutenzione si prevedono interventi con cadenza annuale di controlli a vista e di pulizia dell'alveo per garantire il regolare deflusso delle acque.

E' tuttavia opportuno prevedere una serie di piccoli interventi di manutenzione programmata, mentre alcuni interventi di manutenzione straordinaria saranno prevedibili in occasione di eventi che determinino l'allagamento delle zone di invaso.

Manutenzione ordinaria

Argini e sponde: si prevedono interventi periodici di manutenzione sulle opere arginali (pulizia dei paramenti dalla vegetazione, eventuali riprese di quote ecc.);

Bocca tarata e soglia sfiorante di troppo pieno: l'area della soglia sfiorante, nonché il tratto di sponda ad essa prospiciente dovranno essere oggetto di periodica pulizia per l'eliminazione di vegetazione alta o di corpi estranei che potrebbero condizionare il deflusso sulla soglia verso l'area di invaso.

Manutenzione straordinaria

A seguito degli eventi di piena che determinino l'alluvionamento delle aree di espansione si prevedono piccoli interventi di ripristino. In particolare:

Zone di invaso: si dovrà provvedere alla pulizia delle aree alluvionate a uso non strettamente agricola (viabilità campestre ecc.);

Manufatti idraulici: si prevede la pulizia delle sezioni dei manufatti dal materiale flottante eventualmente intercettato durante l'evento. Analogo intervento dovrà essere attuato per le opere di intercettazione appositamente realizzate.

Alvei: i rilevati arginali corrono spesso parallelamente alla linea di sponda del rio. Non si esclude pertanto che, durante l'esercizio delle opere, si rendano necessari interventi di protezione spondale finalizzati al ripristino e al mantenimento dell'originario ciglio di sponda.

Sarà cura del committente attuare gli interventi di manutenzione necessari al mantenimento nel tempo della corretta funzionalità dell'opera e delle sue caratteristiche tecniche, e della efficienza delle sue parti strutturali.

PIANO DI MONITORAGGIO

Si prevede un sistema di monitoraggio e allertamento mediante l'installazione di una stazione idrometrica registratrice, allo scopo di acquisire importanti elementi per lo studio della propagazione della piena. Il sistema idrometrografico dovrà servire alla misura e registrazione delle variazioni di livello, di breve e di lungo periodo, e sarà schematicamente costituito da due componenti:

1. Misuratore di livello del tipo elettronico per la misura in continuo del livello istantaneo dell'acqua;
2. Unità per il trattamento dei dati e la registrazione su apposito supporto magnetico, da installarsi a terra in apposita cabina ove sarà contenuta, in mancanza di alimentazione della rete elettrica, anche l'unità di alimentazione esterna a batterie con pannello solare.

Le principali caratteristiche delle apparecchiature dovranno essere:

- tensione di alimentazione: 12/24 VDC;
- precisione: 0,1% del fondo scala;
- isteresi e non linearità combinate: 0,06%;

- campo di misura: $0 \div 10$ m standard (opzionale $0 \div 5$ m, $0 \div 20$ m, ecc.);
- campo temperatura operativa: $-20^{\circ}\text{C} \div +80^{\circ}\text{C}$.

Al sistema idrometrografico sarà collegato un dispositivo di allertamento composto da segnalatori acustici, modulati, monotonale e monodirezionali, avente le seguenti caratteristiche nominali di targa:

- sirena elettromeccanica;
- frequenza fondamentale del segnale acustico: 500 ± 30 Hz;
- livello di pressione acustica in direzione orizzontale alla distanza $d = 1,5$ m dalla sorgente misurato in camera anecoica: $123 \div 125$ dBA;
- **durata dell'impulso sonoro a dBA costanti: 5 sec;**
- durata del segnale modulato tra due impulsi a dBA costanti: 10 sec;
- durata complessiva del segnale: 3 min;
- distanza nominale di percezione del suono della sorgente sonora: 1000 m.

ALLEGATI

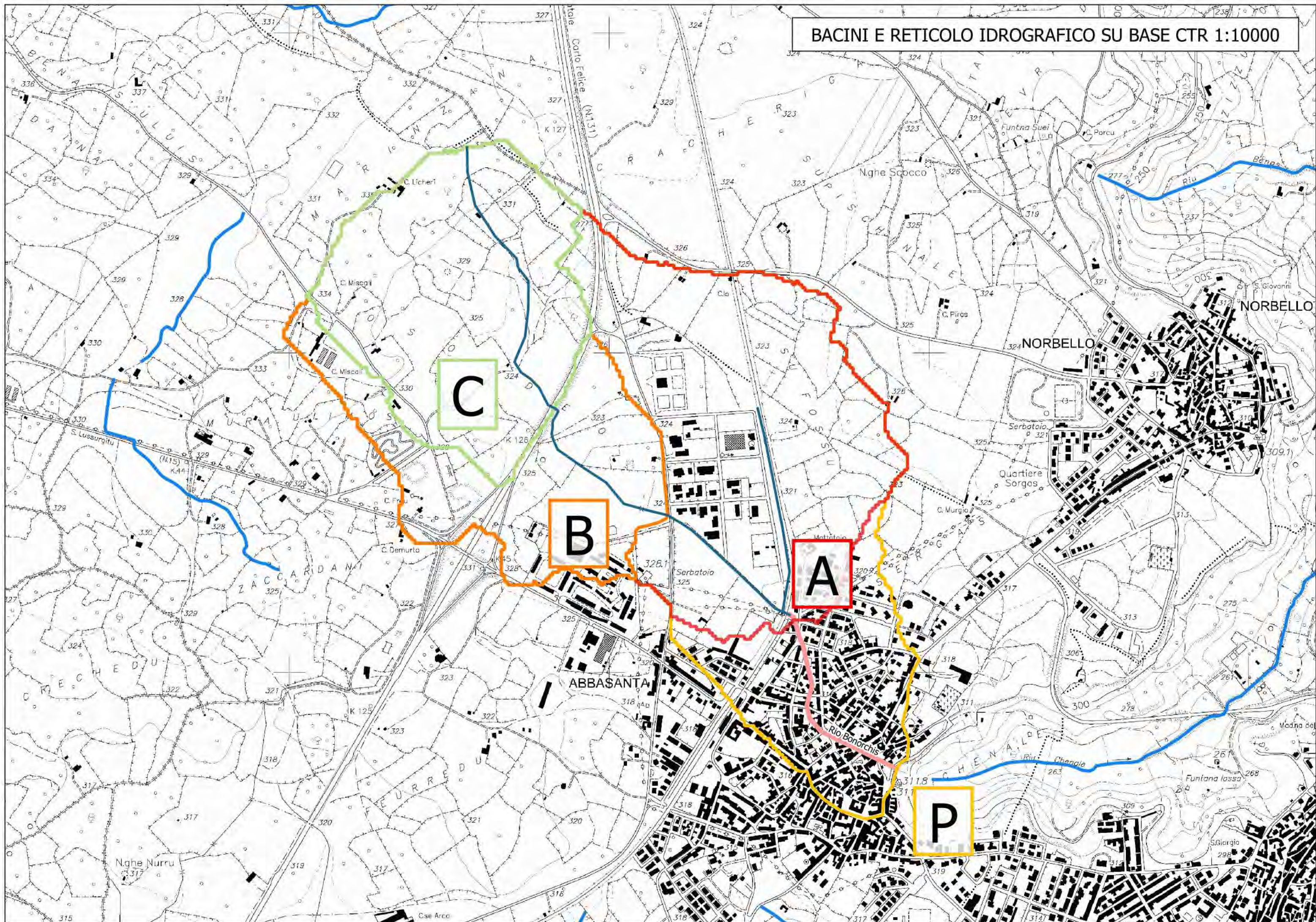
1. Carta dei bacini e del reticolo idrografico
2. Tabelle dei calcoli idrologici
3. Carta delle sezioni e del tronco critico
4. Carta della pericolosità idraulica Ante e Post operam

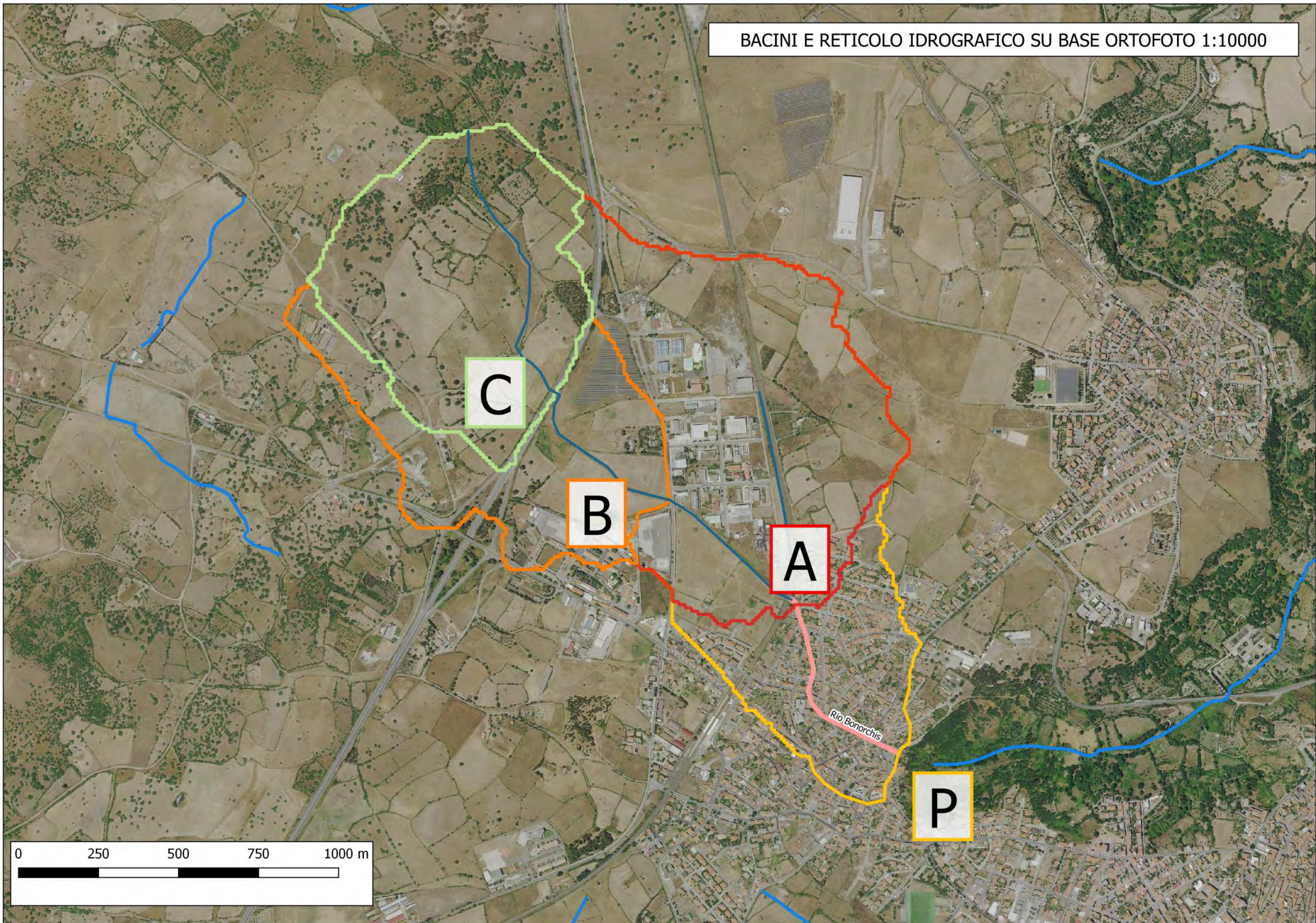
Il Progettista
(ATI Sud Ovest Engineering S.r.l. – Abacus S.r.l.)

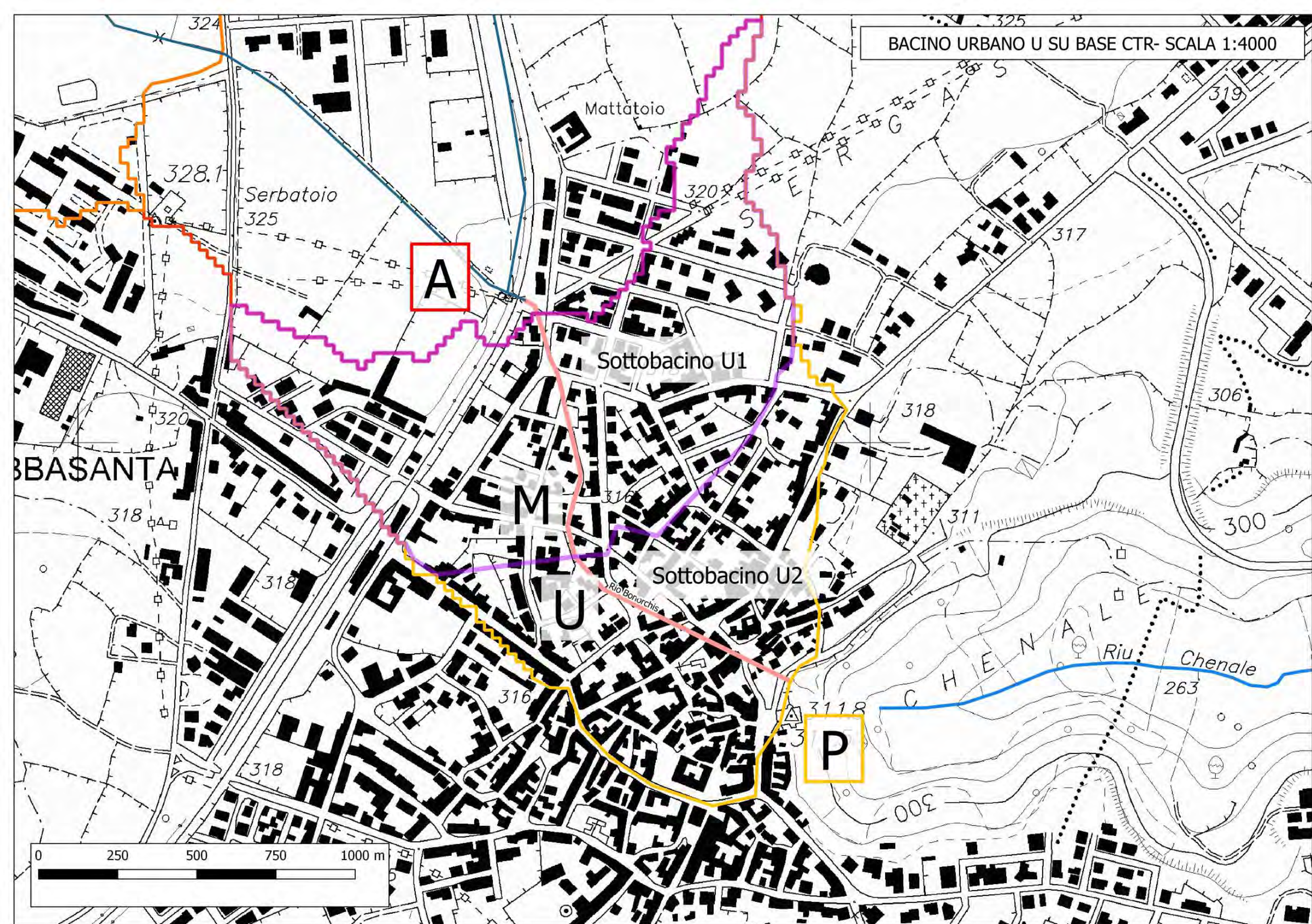
Allegato 1

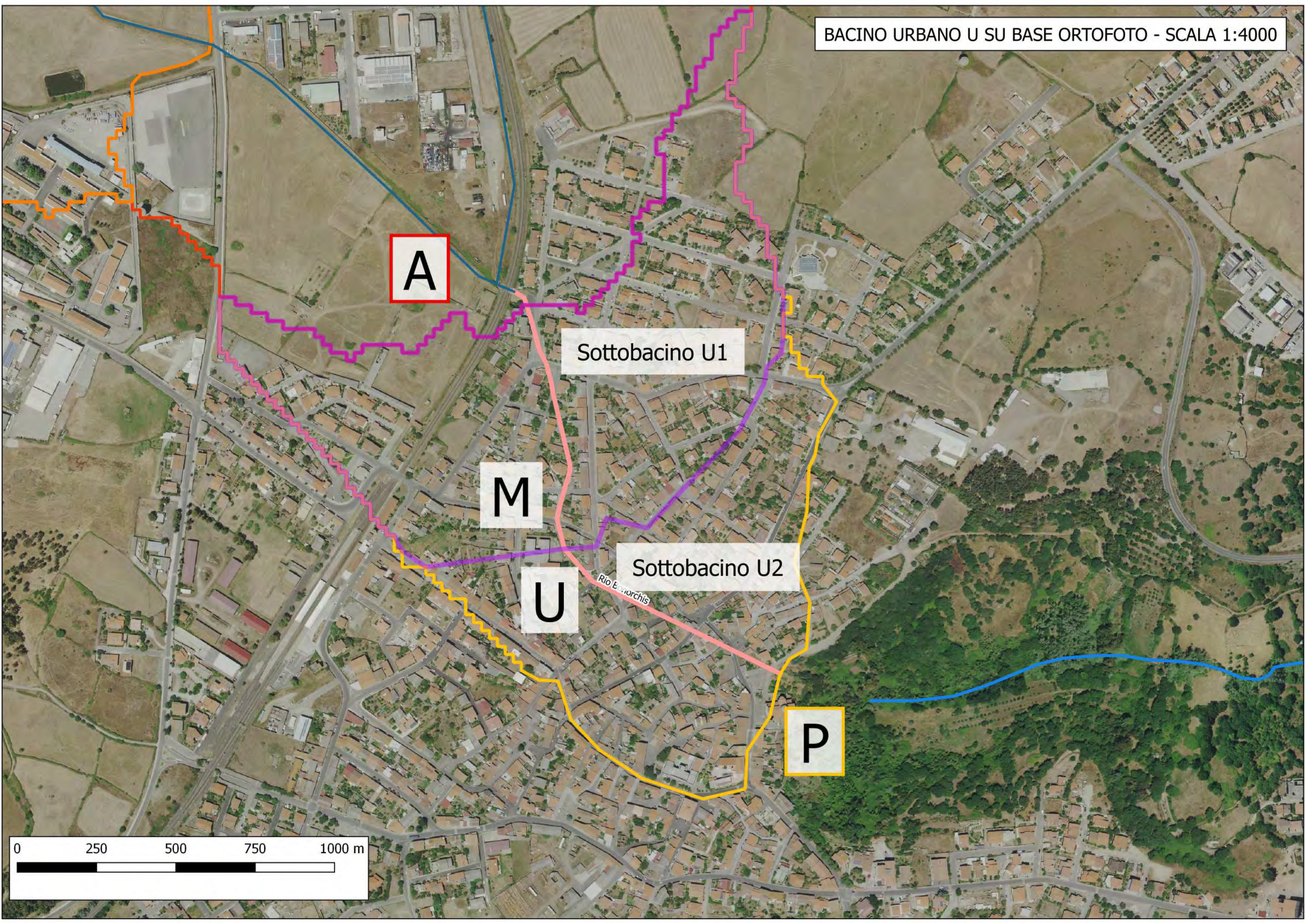
Carta dei bacini e del reticolo idrografico

BACINI E RETICOLO IDROGRAFICO SU BASE CTR 1:10000









A

Sottobacino U1

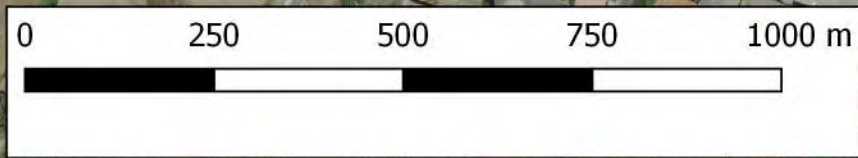
M

Sottobacino U2

U

Rio Enorchis

P



Allegato 2

Tabelle dei calcoli idrologici

TABELLA	1	Bacino_Tombato_Fine	Bacino P
---------	---	---------------------	----------

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI						
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo	
(Km ^q)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)								(mm)
2.16	310.5	324.6	0.0092	2.656	0.005	90.31	27.253	0.8	60	1	2	

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)			
Soil conserv	2.17		
Giandotti	3.28		
Pasini	2.73		
Viparelli	0.74		
Ventura	2.64		
V A P I	6.23		
VALORE STIMATO	0.74		

T. RITORNO (anni)	Tf (*) (ore)	Tc+Tf (**) (ore)
50	0.1070	0.8450
100	0.0940	0.8320
200	0.0836	0.8216
500	0.0730	0.8110

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	2.89	3.62	4.45	5.71 (mc/s)
T C E V	6.44	7.75	8.93	10.42 (mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	15.37	18.84	22.41	27.25 (mc/s)
SIRCHIA	72.86	72.86	72.86	72.86 (mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	56.10	64.85	73.59	85.25 (mc/s)
LOG NORMALE	14.82	17.86	21.01	25.32 (mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	15.37	18.84	22.41	27.25 (mc/s)

ALTEZZE DI PIOGGIA

T C E V		ψ		LOG NORMALE	
h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)		
42.8930	21.6696	0.505	41.3597	20.8950	
48.2565	26.1543	0.542	45.7561	24.7991	
53.5662	30.7171	0.573	50.2207	28.7986	
60.5680	36.8812	0.609	56.2653	34.2612	

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 7.0E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 2.157461 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA

2

Bacino_SS131

Bacino C

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO					ASTA FLUVIALE		PARAMETRI				
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Km ^q)		(m s.l.m.)		(mm)							
0.61	324.85	328.53	0.0179	0.991	0.005	87.23	37.192	0.8	60	1	2

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)				T. RITORNO		Tf (*)	Tc+Tf (**)
				(anni)		(ore)	(ore)
Soil conserv	0.80			50	0.0932	0.3682	
Giandotti	3.01			100	0.0833	0.3583	
Pasini	1.31			200	0.0754	0.3504	
Viparelli	0.28			500	0.0669	0.3419	
Ventura	1.42						
V A P I	4.70						
VALORE STIMATO	0.28						

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

T C E V			LOG NORMALE		
h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn
(mm)		(mm)		(mm)	
29.3960	8.1511	0.277	31.6291	8.7703	
32.0053	9.7723	0.305	35.0028	10.6876	
34.5706	11.4444	0.331	38.4467	12.7275	
38.0064	13.7898	0.363	43.1212	15.6456	

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	0.88	1.10	1.35	1.73
T C E V	2.02	2.48	2.92	3.71

METODI INDIRETTI

T C E V	3.76	4.64	5.55	6.85
SIRCHIA	23.61	23.61	23.61	23.61
SIRCHIA MODIFICATO	18.18	21.02	23.85	27.63
LOG NORMALE	4.05	5.07	6.17	7.78
PORTATA DI PROGETTO	3.76	4.64	5.55	6.85

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 2.0E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 0.611776 (deve essere > 60Km^q)

TABELLA

3

Bacino_Via Oristano

Bacino B

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI						
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo	
(Km ^q)		(m s.l.m.)		(Km)							(mm)	
1.02	323.8	327.6	0.0160	1.503	0.004	88.65	32.531	0.8	60	1	2	

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)			
Soil conserv	1.11	T. RITORNO (anni)	Tf (*)
Giandotti	4.04	(ore)	
Pasini	2.11	50	0.0979
Viparelli	0.42	100	0.0868
Ventura	2.17	200	0.0781
V A P I	5.82	500	0.0689
VALORE STIMATO	0.42	Tc+Tf (**) (ore)	
		50	0.5159
		100	0.5048
		200	0.4961
		500	0.4869

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV			LOG NORMALE		
h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn
(mm)		(mm)		(mm)	
34.2751	12.7879	0.373	35.2697	13.1591	
37.8310	15.3666	0.406	39.0352	15.8557	
41.3377	18.0105	0.436	42.8739	18.6798	
45.9973	21.6537	0.471	48.0810	22.6347	

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	1.43	1.79	2.19	2.82
T C E V	3.23	3.84	4.46	5.37

METODI INDIRETTI

T C E V	7.03	8.63	10.29	12.61
SIRCHIA	37.32	37.32	37.32	37.32
SIRCHIA MODIFICATO	28.73	33.21	37.69	43.66
LOG NORMALE	7.23	8.90	10.68	13.18
PORTATA DI PROGETTO	7.03	8.63	10.29	12.61

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 3.3E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 1.020633 (deve essere > 60Km^q)

TABELLA

4

Bacino_SottobacinoB1

Bacino B1

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Km ^q)		(m s.l.m.)		(mm)							
0.41	323.8	324.1	0.0399	0.550	0.001	90.69	26.081	0.8	60	1	2

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)				
Soil conserv	0.29			
Giandotti	7.72			
Pasini	1.98			
Viparelli	0.15			
Ventura	2.45			
V A P I	6.56			
VALORE STIMATO	0.12			

T. RITORNO	Tf (*)	Tc+Tf (**)
(anni)	(ore)	(ore)
50	0.0425	0.1578
100	0.0386	0.1539
200	0.0357	0.1510
500	0.0324	0.1477

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV			LOG NORMALE		
h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn
(mm)		(mm)		(mm)	
19.6643	5.1505	0.262	24.0624	6.3025	
20.8543	5.8618	0.281	26.7580	7.5213	
22.0662	6.6134	0.300	29.5293	8.8502	
23.7772	7.7172	0.325	33.2962	10.8067	

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	0.59	0.74	0.91	1.16
T C E V	1.38	1.68	1.97	2.43

METODI INDIRETTI

T C E V	3.71	4.32	4.97	5.93
SIRCHIA	16.47	16.47	16.47	16.47
SIRCHIA MODIFICATO	12.68	14.66	16.63	19.27
LOG NORMALE	4.53	5.55	6.66	8.31
PORTATA DI PROGETTO	3.71	4.32	4.97	5.93

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 1.3E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 0.408857 (deve essere > 60Km^q)

TABELLA

5

Bacino_Tombato_Inizio

Bacino A

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO					ASTA FLUVIALE		PARAMETRI				
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)											
1.83	316.1	325.95	0.0078	2.054	0.004	90.04	28.097	0.8	60	1	2

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)			
Soil conserv	1.94		
Giandotti	3.38		
Pasini	2.69		
Viparelli	0.57		
Ventura	2.76		
V A P I	6.45		
VALORE STIMATO	0.57		

T. RITORNO (anni)	Tf (*) (ore)	Tc+Tf (**) (ore)
50	0.0978	0.6688
100	0.0862	0.6572
200	0.0761	0.6471
500	0.0669	0.6379

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	2.48	3.11	3.82	4.90 (mc/s)
T C E V	5.54	6.69	7.79	8.79 (mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	13.43	16.42	19.50	23.71 (mc/s)
SIRCHIA	62.91	62.91	62.91	62.91 (mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	48.44	55.99	63.54	73.60 (mc/s)
LOG NORMALE	13.41	16.26	19.25	23.38 (mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	13.43	16.42	19.50	23.71 (mc/s)

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV			LOG NORMALE		
h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)
38.4174	17.6651	0.460	38.3525	17.6352	
42.8506	21.2185	0.495	42.4501	21.0202	
47.1988	24.8126	0.526	46.5999	24.4978	
53.0047	29.7470	0.561	52.2548	29.3261	

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 6.0E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 1.830517 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA

6

Bacino_SottobacinoA1

Bacino A1

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI						
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo	
(Km ^q)		(m s.l.m.)		(Km)							(mm)	
0.81	321.6	323.47	0.0078	1.422	0.003	91.74	22.856	0.8	60	1	2	

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)				Tc+Tf (**) (ore)	
Soil conserv	1.34			Tf (*)	Tc+Tf (**) (ore)
Giandotti	5.24				
Pasini	2.14			0.0645	0.4595
Viparelli	0.40			0.0568	0.4518
Ventura	2.16			0.0521	0.4471
V A P I	5.87			0.0462	0.4412
VALORE STIMATO	0.40				

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV			LOG NORMALE		
h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn
(mm)		(mm)		(mm)	
32.5501	15.3994	0.473	33.9758	16.0739	
35.8834	18.1003	0.504	37.6825	19.0078	
39.2432	20.8968	0.532	41.4987	22.0979	
43.6864	24.6890	0.565	46.6429	26.3598	

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	1.13	1.41	1.74	2.23 (mc/s)
T C E V	2.59	3.11	3.64	4.19 (mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	7.54	9.01	10.52	12.59 (mc/s)
SIRCHIA	30.34	30.34	30.34	30.34 (mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	23.37	27.01	30.65	35.50 (mc/s)
LOG NORMALE	7.87	9.46	11.12	13.44 (mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	7.54	9.01	10.52	12.59 (mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 2.6E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 0.809884 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA	6a	Bacino_SottobacinoA1t	Bacino A1t
---------	----	-----------------------	------------

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI				
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)		(m s.l.m.)		(Km)						
0.44	321.6	323.47	0.0078	1.300	0.003	91.74	22.856	0.8	60	1 2

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)				T. RITORNO (anni)	Tf (*) (ore)	Tc+Tf (**) (ore)
Soil conserv	1.34			50	0.0478	0.2628
Giardotti	4.38			100	0.0434	0.2584
Pasini	1.75			200	0.0398	0.2548
Viparelli	0.40			500	0.0357	0.2507
Ventura	1.60					
V A P I	5.10					
VALORE STIMATO	0.22					

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV		ψ		LOG NORMALE	
h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)
25.1311	9.7364	0.387	28.3673	10.9901	
27.2112	11.2663	0.414	31.5490	13.0623	
29.2699	12.8279	0.438	34.7922	15.2482	
32.0726	15.0193	0.468	39.1916	18.3530	

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI_ (analisi regionale)

LOG NORMALE	0.63	0.79	0.97	1.25 (mc/s)
T C E V	1.49	1.80	2.10	2.43 (mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	4.54	5.34	6.17	7.34 (mc/s)
SIRCHIA	17.62	17.62	17.62	17.62 (mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	13.57	15.68	17.80	20.62 (mc/s)
LOG NORMALE	5.12	6.19	7.33	8.97 (mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	4.54	5.34	6.17	7.34 (mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 1.4E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 0.441 (deve essere > 60Kmq)

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI					
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
(Km ^q)		(m s.l.m.)		(mm)							
0.33	310.5	319	0.0137	0.636	0.008	91.77	22.779	0.8	60	1	2

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)				Tc+Tf (**) (ore)	
Soil conserv	0.53			Tf (*)	Tc+Tf (**) (ore)
Giandotti	1.39				
Pasini	0.70			0.0434	0.2204
Viparelli	0.18			0.0396	0.2166
Ventura	0.80			0.0364	0.2134
V A P I	3.46			0.0328	0.2098
VALORE STIMATO	0.18				

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV			LOG NORMALE		
h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn	h(Tc+Tf)	hn
(mm)		(mm)		(mm)	
23.2079	8.3971	0.362	26.7990	9.6964	
24.9801	9.6556	0.387	29.8257	11.5286	
26.7378	10.9438	0.409	32.9117	13.4707	
29.1519	12.7698	0.438	37.0986	16.2508	

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	0.47	0.59	0.72	0.92 (mc/s)
T C E V	1.14	1.41	1.67	1.80 (mc/s)

METODI INDIRETTI

T C E V	3.46	4.05	4.66	5.53 (mc/s)
SIRCHIA	13.49	13.49	13.49	13.49 (mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	10.38	12.00	13.62	15.78 (mc/s)
LOG NORMALE	4.00	4.83	5.73	7.03 (mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	3.46	4.05	4.66	5.53 (mc/s)

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 1.0E+08 (deve essere > 5E+09)
S= 0.3269431 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA

8

Bacino_Urbano_SottobacinoU1

Bacino U1

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI				
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media sotto zona	LOG NORM gruppo
(Kmq)										
0.19	316.6	319.9	0.0124	0.773	0.005	91.31	24.172	0.8	60	2
(m s.l.m.)										
(mm)										

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)			
T. RITORNO (anni)	Tf (*) (ore)	Tc+Tf (**) (ore)	
50	0.0506	0.2656	
100	0.0457	0.2607	
200	0.0418	0.2568	
500	0.0374	0.2524	
VALORE STIMATO 0.22			

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV				LOG NORMALE			
h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)				
25.5898	9.5885	0.375	28.4638	10.6654			
27.6956	11.1121	0.401	31.6377	12.6937			
29.7815	12.6704	0.425	34.8758	14.8378			
32.6238	14.8620	0.456	39.2720	17.8906			

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	0.28	0.35	0.43	0.55
T C E V	0.68	0.82	0.97	1.18

METODI INDIRETTI

T C E V	1.91	2.25	2.60	3.11
SIRCHIA	8.30	8.30	8.30	8.30
SIRCHIA MODIFICATO	6.39	7.39	8.38	9.71
LOG NORMALE	2.12	2.57	3.05	3.74
PORTATA DI PROGETTO	1.91	2.25	2.60	3.11

LIMITI DI VALIDITA'

S*Hm= 6.1E+07 (deve essere > 5E+09)
S= 0.19 (deve essere > 60Kmq)

TABELLA

9

Bacino_Urbano_Residuo_U2

Bacino U2

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO				ASTA FLUVIALE		PARAMETRI						
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA	CN (III categ.)	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo	
(Km ^q)		(m s.l.m.)		(Km)							(mm)	
0.14	310.5	318	0.0124	0.636	0.005	91.77	22.779	0.3958	60	1	2	

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)			
Soil conserv	0.56		
Giandotti	1.11		
Pasini	0.68		
Viparelli	0.18		
Ventura	0.67		
V A P I	3.27		
VALORE STIMATO	0.18		

T. RITORNO (anni)	Tf (*) (ore)	Tc+Tf (**) (ore)
50	0.0426	0.2196
100	0.0394	0.2164
200	0.0359	0.2129
500	0.0323	0.2093

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale
(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI DIRETTI (analisi regionale)

LOG NORMALE	0.20	0.25	0.31	0.40
T C E V	0.51	0.62	0.70	0.91

METODI INDIRETTI

T C E V	1.49	1.74	2.00	2.37
SIRCHIA	3.06	3.06	3.06	3.06
SIRCHIA MODIFICATO	2.36	2.73	3.09	3.58
LOG NORMALE	1.69	2.05	2.43	2.98
PORTATA DI PROGETTO	1.49	1.74	2.00	2.37

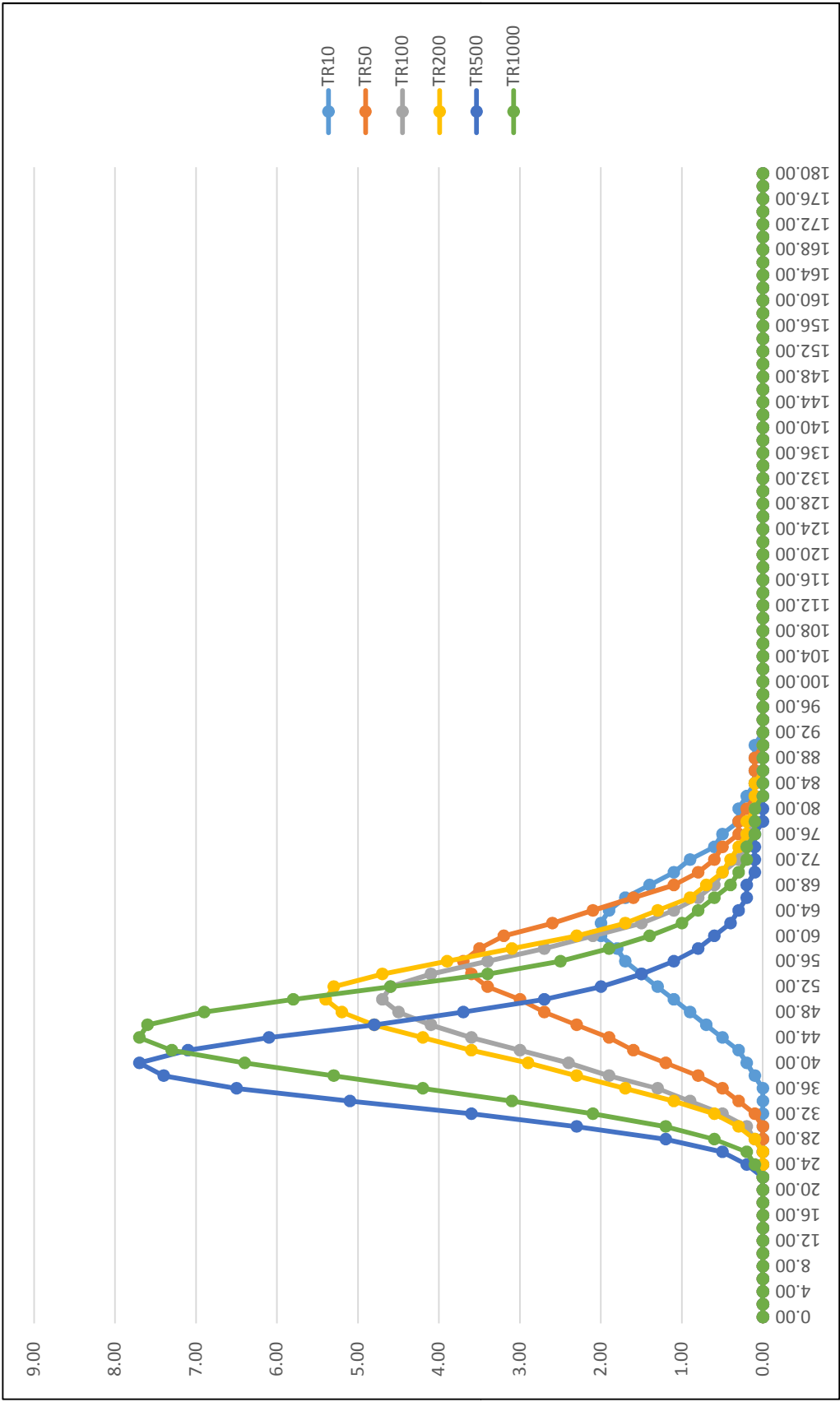
ALTEZZE DI PIOGGIA

TCEV				LOG NORMALE	
h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)	h(Tc+Tf) (mm)	hn (mm)		
23.4714	8.5815	0.366	26.7706		9.7877
25.2935	9.8825	0.391	29.8168		11.6498
27.0512	11.1773	0.413	32.8854		13.5879
29.4985	13.0369	0.442	37.0725		16.3842

LIMITI DI VALIDITA'

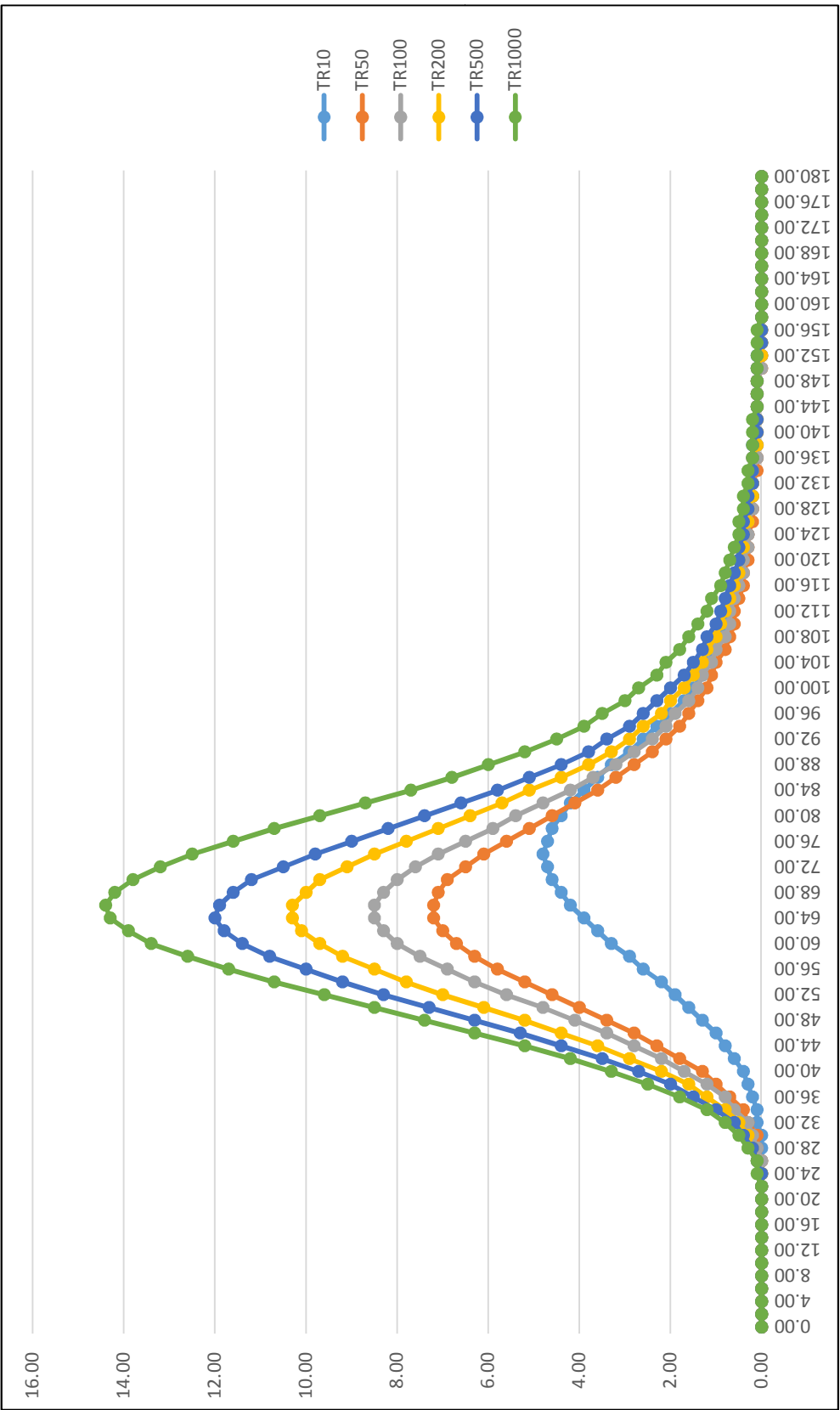
S*Hm= 4.4E+07 (deve essere > 5E+09)
S= 0.1369 (deve essere > 60Km^q)

Idrogrammi

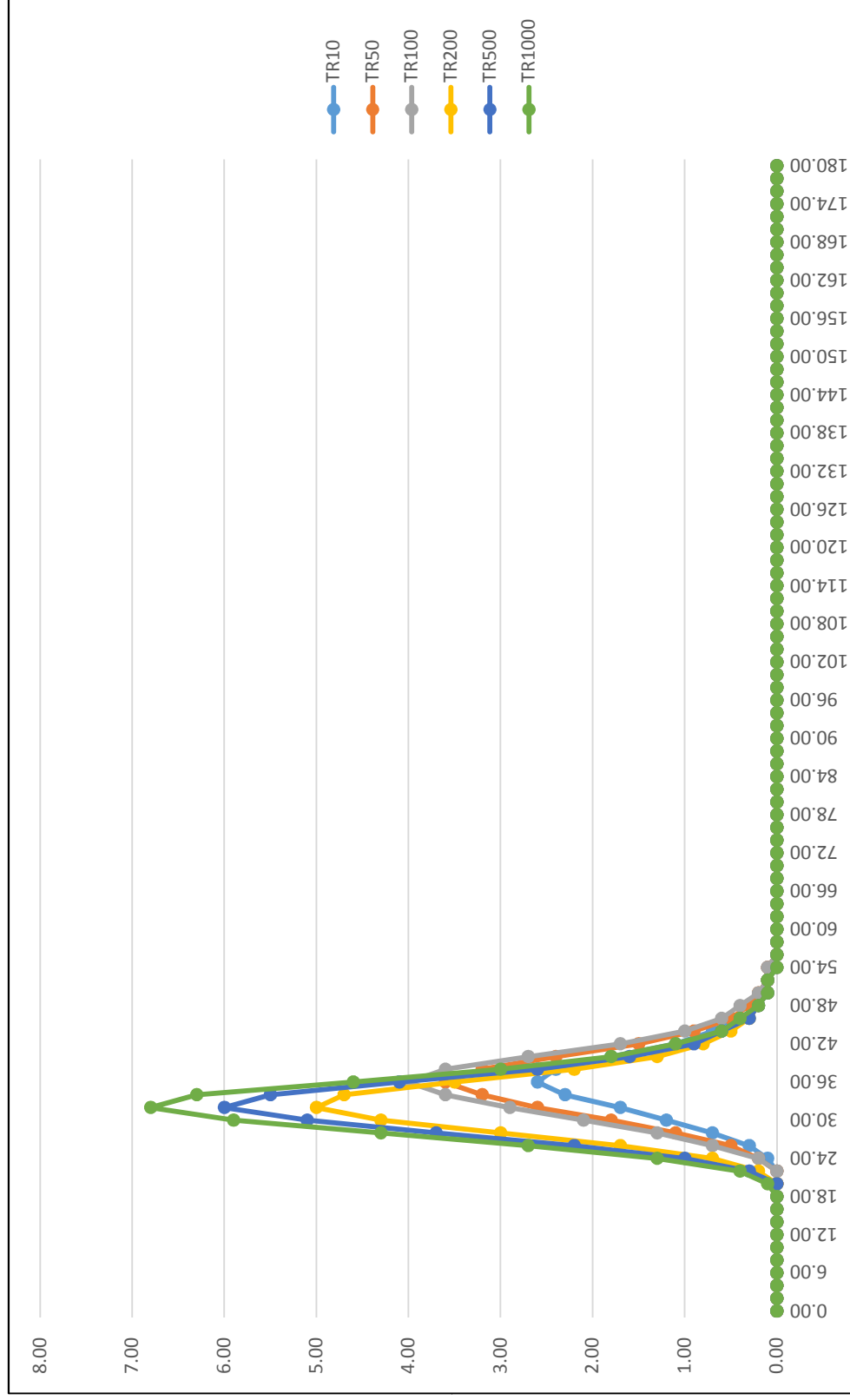


Date	Time	DeltaT				Tempo minuti	TR10 Q (mc/s)	TR50 Q (mc/s)	TR100 Q (mc/s)	TR200 Q (mc/s)	TR500 Q (mc/s)	TR1000 Q (mc/s)	Vol_10		Vol_50		Vol_100		Vol_200		Vol_500		Vol_1000	
		time	ore	minuti	secondi								mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc	mc				
01-Jan-00	0:00	0	0	0:00	0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:02	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:04	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:06	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:08	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:10	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:12	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:14	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:16	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:18	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:20	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:22	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:24	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00
01-Jan-00	0:26	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	6.00	6.00	12.00	12.00
01-Jan-00	0:28	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.30	0.00	0.00	6.00	6.00	6.00	6.00	18.00	18.00	18.00	24.00	24.00	
01-Jan-00	0:30	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.40	0.50	0.00	0.00	12.00	12.00	18.00	30.00	30.00	36.00	48.00	48.00	78.00	
01-Jan-00	0:32	0:02	0:00	2:00	120.00	0.00	0.30	0.30	0.50	0.60	0.60	0.80	6.00	6.00	24.00	24.00	30.00	48.00	48.00	60.00	60.00	78.00	78.00	
01-Jan-00	0:34	0:02	0:00	2:00	120.00	0.10	0.40	0.60	0.80	1.00	1.00	1.20	12.00	42.00	42.00	54.00	54.00	78.00	78.00	96.00	96.00	120.00	120.00	
01-Jan-00	0:36	0:02	0:00	2:00	120.00	0.20	0.70	0.80	1.20	1.50	1.50	1.80	18.00	66.00	66.00	84.00	84.00	120.00	120.00	150.00	150.00	180.00	180.00	
01-Jan-00	0:38	0:02	0:00	2:00	120.00	0.30	1.00	1.20	1.60	2.00	2.00	2.50	30.00	102.00	102.00	120.00	120.00	168.00	168.00	210.00	210.00	258.00	258.00	
01-Jan-00	0:40	0:02	0:00	2:00	120.00	0.40	1.30	1.70	2.20	2.70	2.70	3.30	42.00	138.00	138.00	174.00	174.00	228.00	228.00	282.00	282.00	348.00	348.00	
01-Jan-00	0:42	0:02	0:00	2:00	120.00	0.60	1.80	2.20	2.90	3.50	3.50	4.20	60.00	186.00	186.00	234.00	234.00	306.00	306.00	372.00	372.00	450.00	450.00	
01-Jan-00	0:44	0:02	0:00	2:00	120.00	0.80	2.30	2.80	3.60	4.40	4.40	5.20	84.00	246.00	246.00	300.00	300.00	390.00	390.00	474.00	474.00	564.00	564.00	
01-Jan-00	0:46	0:02	0:00	2:00	120.00	1.00	2.80	3.40	4.40	5.30	5.30	6.30	108.00	306.00	306.00	372.00	372.00	480.00	480.00	582.00	582.00	690.00	690.00	
01-Jan-00	0:48	0:02	0:00	2:00	120.00	1.30	3.40	4.10	5.20	6.30	6.30	7.40	138.00	372.00	372.00	450.00	450.00	576.00	576.00	696.00	696.00	822.00	822.00	
01-Jan-00	0:50	0:02	0:00	2:00	120.00	1.60	4.00	4.80	6.10	7.30	7.30	8.50	174.00	444.00	444.00	534.00	534.00	678.00	678.00	816.00	816.00	954.00	954.00	
01-Jan-00	0:52	0:02	0:00	2:00	120.00	1.90	4.60	5.60	7.00	8.30	8.30	9.60	210.00	516.00	516.00	624.00	624.00	786.00	786.00	936.00	936.00	1086.00	1086.00	
01-Jan-00	0:54	0:02	0:00	2:00	120.00	2.20	5.20	6.30	7.80	9.20	9.20	10.70	246.00	588.00	588.00	714.00	714.00	888.00	888.00	1050.00	1050.00	1218.00	1218.00	
01-Jan-00	0:56	0:02	0:00	2:00	120.00	2.60	5.80	6.90	8.50	10.00	10.00	11.70	288.00	660.00	660.00	792.00	792.00	978.00	978.00	1152.00	1152.00	1344.00	1344.00	
01-Jan-00	0:58	0:02	0:00	2:00	120.00	2.90	6.30	7.50	9.20	10.80	10.80	12.60	330.00	726.00	726.00	864.00	864.00	1062.00	1062.00	1248.00	1248.00	1458.00	1458.00	
01-Jan-00	1:00	0:02	0:00	2:00	120.00	3.30	6.70	8.00	9.70	11.40	11.40	13.40	372.00	780.00	780.00	930.00	930.00	1134.00	1134.00	1332.00	1332.00	1560.00	1560.00	
01-Jan-00	1:02	0:02	0:00	2:00	120.00	3.60	7.00	8.30	10.10	11.80	11.80	13.90	414.00	822.00	822.00	978.00	978.00	1188.00	1188.00	1392.00	1392.00	1638.00	1638.00	
01-Jan-00	1:04	0:02	0:00	2:00	120.00	3.90	7.20	8.50	10.30	12.00	12.00	14.30	450.00	852.00	852.00	1008.00	1008.00	1224.00	1224.00	1428.00	1428.00	1692.00	1692.00	
01-Jan-00	1:06	0:02	0:00	2:00	120.00	4.20	7.20	8.50	10.30	11.90	11.90	14.40	486.00	864.00	864.00	1020.00	1020.00	1236.00	1236.00	1434.00	1434.00	1722.00	1722.00	
01-Jan-00	1:08	0:02	0:00	2:00	120.00	4.40	7.10	8.30	10.00	11.60	11.60	14.20	516.00	858.00	858.00	1008.00	1008.00	1218.00	1218.00	1410.00	1410.00	1716.00	1716.00	
01-Jan-00	1:10	0:02	0:00	2:00	120.00	4.60	6.90	8.00	9.70	11.20	11.20	13.80	540.00	840.00	840.00	978.00	978.00	1182.00	1182.00	1368.00	1368.00	1680.00	1680.00	
01-Jan-00	1:12	0:02	0:00	2:00	120.00	4.70	6.50	7.60	9.10	10.50	10.50	13.20	558.00	804.00	804.00	936.00	936.00	1128.00	1128.00	1302.00	1302.00	1620.00	1620.00	
01-Jan-00	1:14	0:02	0:00	2:00	120.00	4.80	6.10	7.10	8.50	9.80	9.80	12.50	570.00	756.00	756.00	882.00	882.00	1056.00	1056.00	1218.00	1218.00	1542.00	1542.00	
01-Jan-00	1:16	0:02	0:00	2:00	120.00	4.70	5.60	6.50	7.80	9.00	9.00	11.60	570.00	702.00	702.00	816.00	816.00	978.00	978.00	1128.00	1128.00	1446.00	1446.00	

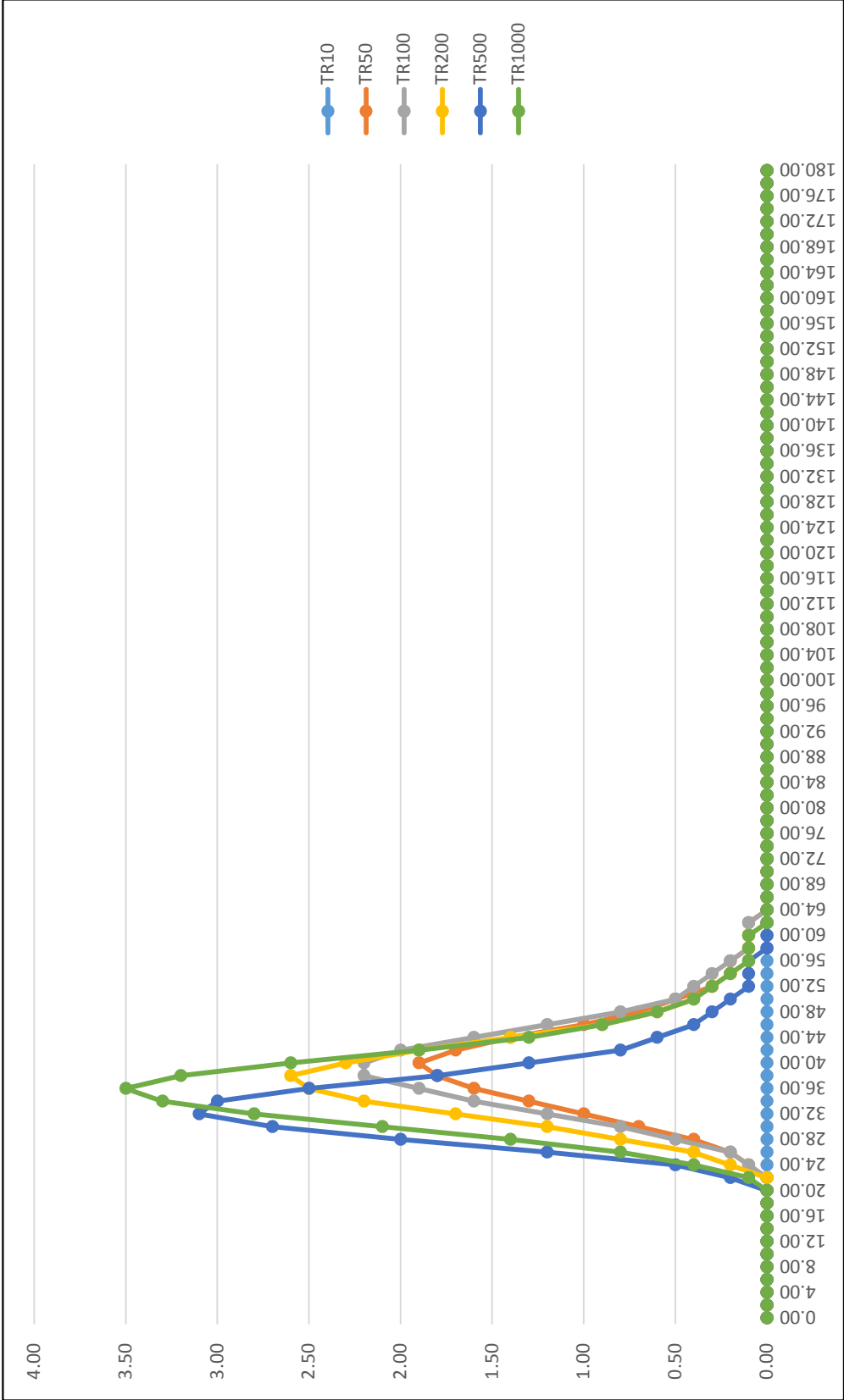
01-Jan-00	1:18	0:02	0:00	2.00	120.00	78.00	4.60	5.10	5.90	7.10	8.20	10.70	558.00	642.00	744.00	894.00	1032.00	1338.00
01-Jan-00	1:20	0:02	0:00	2.00	120.00	80.00	4.40	4.60	5.40	6.40	7.40	9.70	540.00	582.00	678.00	810.00	936.00	1224.00
01-Jan-00	1:22	0:02	0:00	2.00	120.00	82.00	4.20	4.10	4.80	5.70	6.60	8.70	516.00	522.00	612.00	726.00	840.00	1104.00
01-Jan-00	1:24	0:02	0:00	2.00	120.00	84.00	3.90	3.60	4.20	5.10	5.80	7.70	486.00	462.00	540.00	648.00	744.00	984.00
01-Jan-00	1:26	0:02	0:00	2.00	120.00	86.00	3.60	3.20	3.70	4.40	5.10	6.80	450.00	408.00	474.00	570.00	654.00	870.00
01-Jan-00	1:28	0:02	0:00	2.00	120.00	88.00	3.30	2.80	3.20	3.80	4.40	6.00	414.00	360.00	414.00	492.00	570.00	768.00
01-Jan-00	1:30	0:02	0:00	2.00	120.00	90.00	2.90	2.40	2.80	3.30	3.80	5.20	372.00	312.00	360.00	426.00	492.00	672.00
01-Jan-00	1:32	0:02	0:00	2.00	120.00	92.00	2.60	2.10	2.40	2.90	3.40	4.50	330.00	270.00	312.00	372.00	432.00	582.00
01-Jan-00	1:34	0:02	0:00	2.00	120.00	94.00	2.30	1.80	2.10	2.60	2.90	3.90	294.00	234.00	270.00	330.00	378.00	504.00
01-Jan-00	1:36	0:02	0:00	2.00	120.00	96.00	2.00	1.60	1.90	2.20	2.60	3.50	258.00	204.00	240.00	288.00	330.00	444.00
01-Jan-00	1:38	0:02	0:00	2.00	120.00	98.00	1.70	1.40	1.60	2.00	2.30	3.00	222.00	180.00	210.00	252.00	294.00	390.00
01-Jan-00	1:40	0:02	0:00	2.00	120.00	100.00	1.50	1.20	1.40	1.70	2.00	2.70	192.00	156.00	180.00	222.00	258.00	342.00
01-Jan-00	1:42	0:02	0:00	2.00	120.00	102.00	1.30	1.10	1.30	1.50	1.70	2.30	168.00	138.00	162.00	192.00	222.00	300.00
01-Jan-00	1:44	0:02	0:00	2.00	120.00	104.00	1.20	1.00	1.10	1.30	1.50	2.10	150.00	126.00	144.00	168.00	192.00	264.00
01-Jan-00	1:46	0:02	0:00	2.00	120.00	106.00	1.00	0.80	1.00	1.20	1.30	1.80	132.00	108.00	126.00	150.00	168.00	234.00
01-Jan-00	1:48	0:02	0:00	2.00	120.00	108.00	0.90	0.70	0.80	1.00	1.20	1.60	114.00	90.00	108.00	132.00	150.00	204.00
01-Jan-00	1:50	0:02	0:00	2.00	120.00	110.00	0.80	0.60	0.70	0.90	1.00	1.40	102.00	78.00	90.00	114.00	132.00	180.00
01-Jan-00	1:52	0:02	0:00	2.00	120.00	112.00	0.70	0.60	0.70	0.80	0.90	1.20	90.00	72.00	84.00	102.00	114.00	156.00
01-Jan-00	1:54	0:02	0:00	2.00	120.00	114.00	0.60	0.50	0.60	0.70	0.80	1.10	78.00	66.00	78.00	90.00	102.00	138.00
01-Jan-00	1:56	0:02	0:00	2.00	120.00	116.00	0.50	0.40	0.50	0.60	0.70	0.90	66.00	54.00	66.00	78.00	90.00	120.00
01-Jan-00	1:58	0:02	0:00	2.00	120.00	118.00	0.50	0.40	0.40	0.50	0.60	0.80	60.00	48.00	54.00	66.00	78.00	102.00
01-Jan-00	2:00	0:02	0:00	2.00	120.00	120.00	0.40	0.30	0.40	0.50	0.50	0.70	54.00	42.00	48.00	60.00	66.00	90.00
01-Jan-00	2:02	0:02	0:00	2.00	120.00	122.00	0.40	0.30	0.30	0.40	0.50	0.60	48.00	36.00	42.00	54.00	60.00	78.00
01-Jan-00	2:04	0:02	0:00	2.00	120.00	124.00	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.50	42.00	36.00	36.00	48.00	54.00	66.00
01-Jan-00	2:06	0:02	0:00	2.00	120.00	126.00	0.30	0.20	0.30	0.30	0.40	0.50	36.00	30.00	36.00	42.00	48.00	60.00
01-Jan-00	2:08	0:02	0:00	2.00	120.00	128.00	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.40	30.00	24.00	30.00	36.00	42.00	54.00
01-Jan-00	2:10	0:02	0:00	2.00	120.00	130.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.40	24.00	24.00	24.00	30.00	36.00	48.00
01-Jan-00	2:12	0:02	0:00	2.00	120.00	132.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	24.00	24.00	24.00	24.00	30.00	42.00
01-Jan-00	2:14	0:02	0:00	2.00	120.00	134.00	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.30	24.00	18.00	24.00	24.00	24.00	36.00
01-Jan-00	2:16	0:02	0:00	2.00	120.00	136.00	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	18.00	12.00	18.00	24.00	24.00	30.00
01-Jan-00	2:18	0:02	0:00	2.00	120.00	138.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	12.00	12.00	12.00	18.00	24.00	24.00
01-Jan-00	2:20	0:02	0:00	2.00	120.00	140.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	12.00	12.00	12.00	12.00	18.00	24.00
01-Jan-00	2:22	0:02	0:00	2.00	120.00	142.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	24.00
01-Jan-00	2:24	0:02	0:00	2.00	120.00	144.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	18.00
01-Jan-00	2:26	0:02	0:00	2.00	120.00	146.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
01-Jan-00	2:28	0:02	0:00	2.00	120.00	148.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
01-Jan-00	2:30	0:02	0:00	2.00	120.00	150.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	12.00	6.00	6.00	12.00	12.00	12.00
01-Jan-00	2:32	0:02	0:00	2.00	120.00	152.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	6.00	0.00	0.00	6.00	12.00	12.00
01-Jan-00	2:34	0:02	0:00	2.00	120.00	154.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	12.00
01-Jan-00	2:36	0:02	0:00	2.00	120.00	156.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00
01-Jan-00	2:38	0:02	0:00	2.00	120.00	158.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00



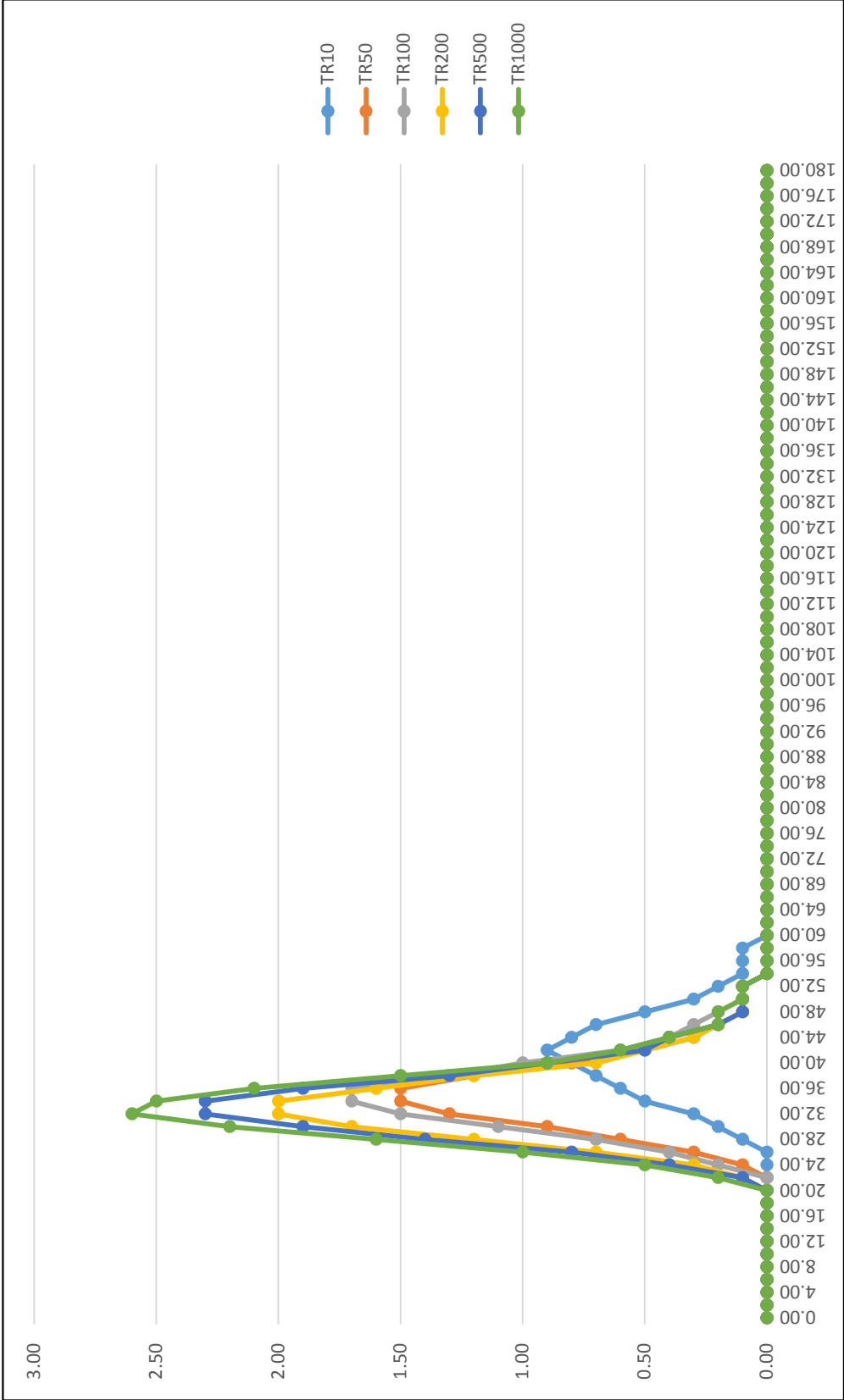
Date	Time	DeltaT				Tempo minuti	TR10 Q (mc/s)	TR50 Q (mc/s)	TR100 Q (mc/s)	TR200 Q (mc/s)	TR500 Q (mc/s)	TR1000 Q (mc/s)	Vol_10 mc	Vol_50 mc	Vol_100 mc	Vol_200 mc	Vol_500 mc	Vol_1000 mc
		time	ore	minuti	secondi													
01-Jan-00	0:00	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:02	0:02	0:00	2:00	120:00	2:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:04	0:02	0:00	2:00	120:00	4:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:06	0:02	0:00	2:00	120:00	6:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:08	0:02	0:00	2:00	120:00	8:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:10	0:02	0:00	2:00	120:00	10:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:12	0:02	0:00	2:00	120:00	12:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:14	0:02	0:00	2:00	120:00	14:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:16	0:02	0:00	2:00	120:00	16:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:18	0:02	0:00	2:00	120:00	18:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:20	0:02	0:00	2:00	120:00	20:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	6:00
01-Jan-00	0:22	0:02	0:00	2:00	120:00	22:00	0:00	0:00	0:00	0:20	0:30	0:40	0:00	0:00	0:00	12:00	18:00	30:00
01-Jan-00	0:24	0:02	0:00	2:00	120:00	24:00	0:10	0:20	0:20	0:70	1:00	1:30	6:00	12:00	12:00	54:00	78:00	102:00
01-Jan-00	0:26	0:02	0:00	2:00	120:00	26:00	0:30	0:50	0:70	1:70	2:20	2:70	24:00	42:00	54:00	144:00	192:00	240:00
01-Jan-00	0:28	0:02	0:00	2:00	120:00	28:00	0:70	1:10	1:30	3:00	3:70	4:30	60:00	96:00	120:00	282:00	354:00	420:00
01-Jan-00	0:30	0:02	0:00	2:00	120:00	30:00	1:20	1:80	2:10	4:30	5:10	5:90	114:00	174:00	204:00	438:00	528:00	612:00
01-Jan-00	0:32	0:02	0:00	2:00	120:00	32:00	1:70	2:60	2:90	5:00	6:00	6:80	174:00	264:00	300:00	558:00	666:00	762:00
01-Jan-00	0:34	0:02	0:00	2:00	120:00	34:00	2:30	3:20	3:60	4:70	5:50	6:30	240:00	348:00	390:00	582:00	690:00	786:00
01-Jan-00	0:36	0:02	0:00	2:00	120:00	36:00	2:60	3:60	4:00	3:50	4:10	4:60	294:00	408:00	456:00	492:00	576:00	654:00
01-Jan-00	0:38	0:02	0:00	2:00	120:00	38:00	2:40	3:20	3:60	2:20	2:60	3:00	300:00	408:00	456:00	342:00	402:00	456:00
01-Jan-00	0:40	0:02	0:00	2:00	120:00	40:00	1:80	2:40	2:70	1:30	1:60	1:80	252:00	336:00	378:00	210:00	252:00	288:00
01-Jan-00	0:42	0:02	0:00	2:00	120:00	42:00	1:10	1:50	1:70	0:80	0:90	1:10	174:00	234:00	264:00	126:00	150:00	174:00
01-Jan-00	0:44	0:02	0:00	2:00	120:00	44:00	0:70	0:90	1:00	0:50	0:60	0:60	108:00	144:00	162:00	78:00	90:00	102:00
01-Jan-00	0:46	0:02	0:00	2:00	120:00	46:00	0:40	0:50	0:60	0:30	0:30	0:40	66:00	84:00	96:00	48:00	54:00	60:00
01-Jan-00	0:48	0:02	0:00	2:00	120:00	48:00	0:20	0:30	0:40	0:20	0:20	0:20	36:00	48:00	60:00	30:00	30:00	36:00
01-Jan-00	0:50	0:02	0:00	2:00	120:00	50:00	0:10	0:20	0:20	0:10	0:10	0:10	18:00	30:00	36:00	18:00	18:00	18:00
01-Jan-00	0:52	0:02	0:00	2:00	120:00	52:00	0:10	0:10	0:10	0:10	0:10	0:10	12:00	18:00	18:00	12:00	12:00	12:00
01-Jan-00	0:54	0:02	0:00	2:00	120:00	54:00	0:10	0:10	0:10	0:00	0:00	0:00	12:00	12:00	12:00	6:00	6:00	6:00
01-Jan-00	0:56	0:02	0:00	2:00	120:00	56:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	6:00	6:00	6:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:58	0:02	0:00	2:00	120:00	58:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:00	0:02	0:00	2:00	120:00	60:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:02	0:02	0:00	2:00	120:00	62:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:04	0:02	0:00	2:00	120:00	64:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:06	0:02	0:00	2:00	120:00	66:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:08	0:02	0:00	2:00	120:00	68:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:10	0:02	0:00	2:00	120:00	70:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:12	0:02	0:00	2:00	120:00	72:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:14	0:02	0:00	2:00	120:00	74:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00



Date	Time	DeltaT				Tempo minuti	TR10 Q (mc/s)	TR50 Q (mc/s)	TR100 Q (mc/s)	TR200 Q (mc/s)	TR500 Q (mc/s)	TR1000 Q (mc/s)	Vol_10 mc	Vol_50 mc	Vol_100 mc	Vol_200 mc	Vol_500 mc	Vol_1000 mc
		time	ore	minuti	secondi													
01-Jan-00	0:00	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:02	0:02	0:00	2:00	120:00	2:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:04	0:02	0:00	2:00	120:00	4:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:06	0:02	0:00	2:00	120:00	6:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:08	0:02	0:00	2:00	120:00	8:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:10	0:02	0:00	2:00	120:00	10:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:12	0:02	0:00	2:00	120:00	12:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:14	0:02	0:00	2:00	120:00	14:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:16	0:02	0:00	2:00	120:00	16:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:18	0:02	0:00	2:00	120:00	18:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:20	0:02	0:00	2:00	120:00	20:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:22	0:02	0:00	2:00	120:00	22:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	0:24	0:02	0:00	2:00	120:00	24:00	0:00	0:10	0:10	0:20	0:50	0:40	0:00	6:00	6:00	12:00	42:00	30:00
01-Jan-00	0:26	0:02	0:00	2:00	120:00	26:00	0:00	0:20	0:20	0:40	1:20	0:80	0:00	18:00	18:00	36:00	102:00	72:00
01-Jan-00	0:28	0:02	0:00	2:00	120:00	28:00	0:00	0:40	0:50	0:80	2:00	1:40	0:00	36:00	42:00	72:00	192:00	132:00
01-Jan-00	0:30	0:02	0:00	2:00	120:00	30:00	0:00	0:70	0:80	1:20	2:70	2:10	0:00	66:00	78:00	120:00	282:00	210:00
01-Jan-00	0:32	0:02	0:00	2:00	120:00	32:00	0:00	1:00	1:20	1:70	3:10	2:80	0:00	102:00	120:00	174:00	348:00	294:00
01-Jan-00	0:34	0:02	0:00	2:00	120:00	34:00	0:00	1:30	1:60	2:20	3:00	3:30	0:00	138:00	168:00	234:00	366:00	366:00
01-Jan-00	0:36	0:02	0:00	2:00	120:00	36:00	0:00	1:60	1:90	2:50	2:50	3:50	0:00	174:00	210:00	282:00	330:00	408:00
01-Jan-00	0:38	0:02	0:00	2:00	120:00	38:00	0:00	1:80	2:20	2:60	1:80	3:20	0:00	204:00	246:00	306:00	258:00	402:00
01-Jan-00	0:40	0:02	0:00	2:00	120:00	40:00	0:00	1:90	2:20	2:30	1:30	2:60	0:00	222:00	264:00	294:00	186:00	348:00
01-Jan-00	0:42	0:02	0:00	2:00	120:00	42:00	0:00	1:70	2:00	1:90	0:80	1:90	0:00	216:00	252:00	252:00	126:00	270:00
01-Jan-00	0:44	0:02	0:00	2:00	120:00	44:00	0:00	1:40	1:60	1:40	0:60	1:30	0:00	186:00	216:00	198:00	84:00	192:00
01-Jan-00	0:46	0:02	0:00	2:00	120:00	46:00	0:00	1:00	1:20	0:90	0:40	0:90	0:00	144:00	168:00	138:00	60:00	132:00
01-Jan-00	0:48	0:02	0:00	2:00	120:00	48:00	0:00	0:70	0:80	0:60	0:30	0:60	0:00	102:00	120:00	90:00	42:00	90:00
01-Jan-00	0:50	0:02	0:00	2:00	120:00	50:00	0:00	0:50	0:50	0:40	0:20	0:40	0:00	72:00	78:00	60:00	30:00	60:00
01-Jan-00	0:52	0:02	0:00	2:00	120:00	52:00	0:00	0:30	0:40	0:30	0:10	0:30	0:00	48:00	54:00	42:00	18:00	42:00
01-Jan-00	0:54	0:02	0:00	2:00	120:00	54:00	0:00	0:20	0:30	0:20	0:10	0:20	0:00	30:00	42:00	30:00	12:00	30:00
01-Jan-00	0:56	0:02	0:00	2:00	120:00	56:00	0:00	0:20	0:20	0:10	0:10	0:10	0:00	24:00	30:00	18:00	12:00	18:00
01-Jan-00	0:58	0:02	0:00	2:00	120:00	58:00	0:00	0:10	0:10	0:10	0:00	0:10	0:00	18:00	18:00	12:00	6:00	12:00
01-Jan-00	1:00	0:02	0:00	2:00	120:00	60:00	0:00	0:10	0:10	0:10	0:00	0:10	0:00	12:00	12:00	12:00	0:00	12:00
01-Jan-00	1:02	0:02	0:00	2:00	120:00	62:00	0:00	0:10	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	12:00	12:00	6:00	0:00	6:00
01-Jan-00	1:04	0:02	0:00	2:00	120:00	64:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	6:00	6:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:06	0:02	0:00	2:00	120:00	66:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:08	0:02	0:00	2:00	120:00	68:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:10	0:02	0:00	2:00	120:00	70:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:12	0:02	0:00	2:00	120:00	72:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:14	0:02	0:00	2:00	120:00	74:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
01-Jan-00	1:16	0:02	0:00	2:00	120:00	76:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00



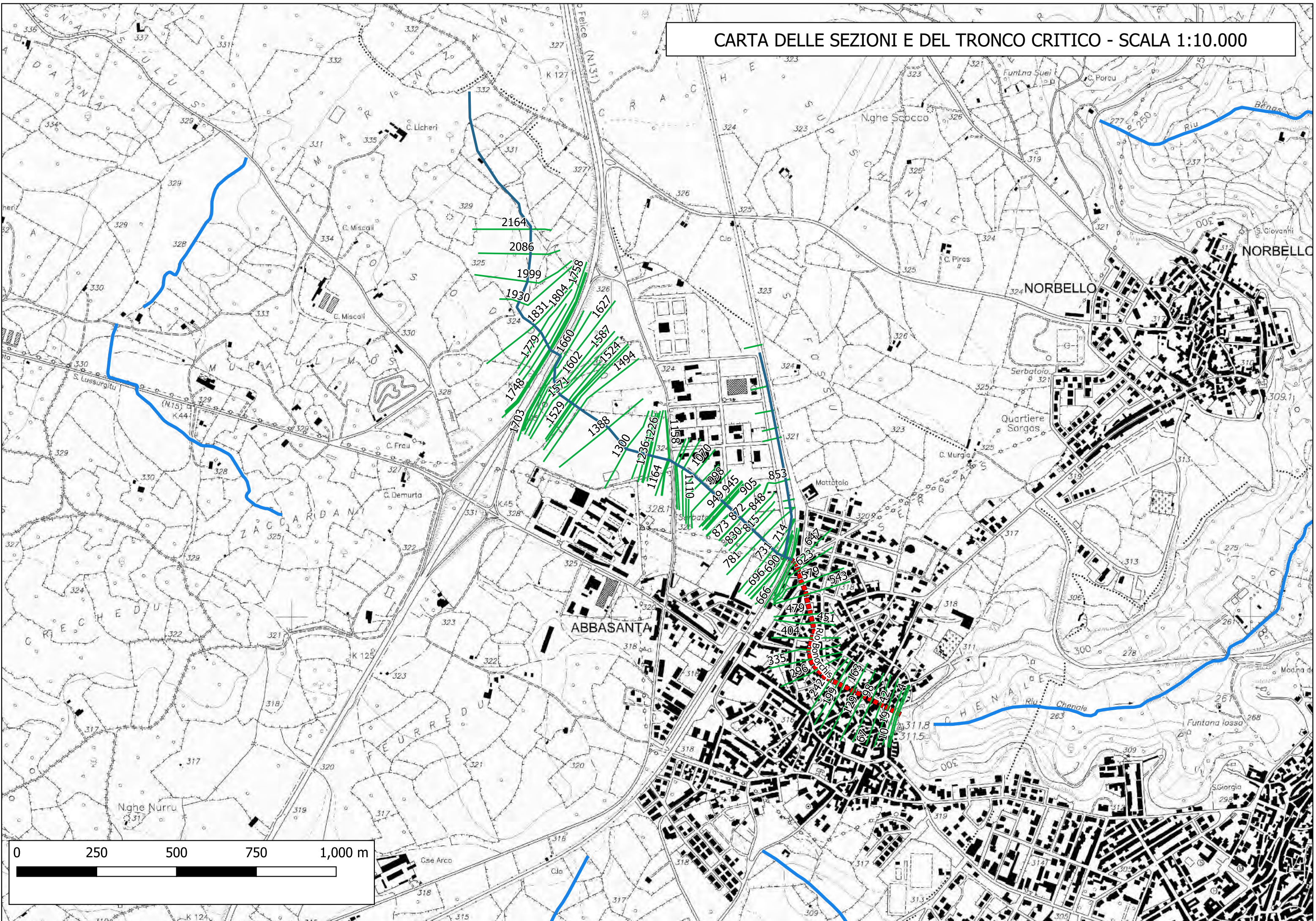
Date	Time	DeltaT				Tempo minuti	TR10	TR50	TR100	TR200	TR500	TR1000	Vol_10	Vol_50	Vol_100	Vol_200	Vol_500	Vol_1000
		time	ore	minuti	secondi		Q (mc/s)	Q (mc/s)	Q (mc/s)	Q (mc/s)	Q (mc/s)	Q (mc/s)	mc	mc	mc	mc	mc	mc
01-Jan-00	0:00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:02	0:02	0.00	2.00	120.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:04	0:02	0.00	2.00	120.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:06	0:02	0.00	2.00	120.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:08	0:02	0.00	2.00	120.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:10	0:02	0.00	2.00	120.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:12	0:02	0.00	2.00	120.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:14	0:02	0.00	2.00	120.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:16	0:02	0.00	2.00	120.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:18	0:02	0.00	2.00	120.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:20	0:02	0.00	2.00	120.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:22	0:02	0.00	2.00	120.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	6.00	6.00	12.00
01-Jan-00	0:24	0:02	0.00	2.00	120.00	24.00	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.00	6.00	12.00	24.00	30.00	42.00
01-Jan-00	0:26	0:02	0.00	2.00	120.00	26.00	0.00	0.30	0.40	0.70	0.80	1.00	0.00	24.00	36.00	60.00	72.00	90.00
01-Jan-00	0:28	0:02	0.00	2.00	120.00	28.00	0.10	0.60	0.70	1.20	1.40	1.60	6.00	54.00	66.00	114.00	132.00	156.00
01-Jan-00	0:30	0:02	0.00	2.00	120.00	30.00	0.20	0.90	1.10	1.70	1.90	2.20	18.00	90.00	108.00	174.00	198.00	228.00
01-Jan-00	0:32	0:02	0.00	2.00	120.00	32.00	0.30	1.30	1.50	2.00	2.30	2.60	30.00	132.00	156.00	222.00	252.00	288.00
01-Jan-00	0:34	0:02	0.00	2.00	120.00	34.00	0.50	1.50	1.70	2.00	2.30	2.50	48.00	168.00	192.00	240.00	276.00	306.00
01-Jan-00	0:36	0:02	0.00	2.00	120.00	36.00	0.60	1.50	1.70	1.60	1.90	2.10	66.00	180.00	204.00	216.00	252.00	276.00
01-Jan-00	0:38	0:02	0.00	2.00	120.00	38.00	0.70	1.20	1.30	1.20	1.30	1.50	78.00	162.00	180.00	168.00	192.00	216.00
01-Jan-00	0:40	0:02	0.00	2.00	120.00	40.00	0.80	0.80	1.00	0.70	0.90	0.90	90.00	120.00	138.00	114.00	132.00	144.00
01-Jan-00	0:42	0:02	0.00	2.00	120.00	42.00	0.90	0.50	0.60	0.50	0.50	0.60	102.00	78.00	96.00	72.00	84.00	90.00
01-Jan-00	0:44	0:02	0.00	2.00	120.00	44.00	0.80	0.30	0.40	0.30	0.40	0.40	102.00	48.00	60.00	48.00	54.00	60.00
01-Jan-00	0:46	0:02	0.00	2.00	120.00	46.00	0.70	0.20	0.30	0.20	0.20	0.20	90.00	30.00	42.00	30.00	36.00	36.00
01-Jan-00	0:48	0:02	0.00	2.00	120.00	48.00	0.50	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	72.00	18.00	30.00	18.00	18.00	24.00
01-Jan-00	0:50	0:02	0.00	2.00	120.00	50.00	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	48.00	12.00	18.00	12.00	12.00	18.00
01-Jan-00	0:52	0:02	0.00	2.00	120.00	52.00	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	30.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
01-Jan-00	0:54	0:02	0.00	2.00	120.00	54.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
01-Jan-00	0:56	0:02	0.00	2.00	120.00	56.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	0:58	0:02	0.00	2.00	120.00	58.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:00	0:02	0.00	2.00	120.00	60.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:02	0:02	0.00	2.00	120.00	62.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:04	0:02	0.00	2.00	120.00	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:06	0:02	0.00	2.00	120.00	66.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:08	0:02	0.00	2.00	120.00	68.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:10	0:02	0.00	2.00	120.00	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:12	0:02	0.00	2.00	120.00	72.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:14	0:02	0.00	2.00	120.00	74.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01-Jan-00	1:16	0:02	0.00	2.00	120.00	76.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Allegato 3

Carta delle sezioni e del tronco critico

CARTA DELLE SEZIONI E DEL TRONCO CRITICO - SCALA 1:10.000



Allegato 4

Carta della pericolosità idraulica Ante e Post operam

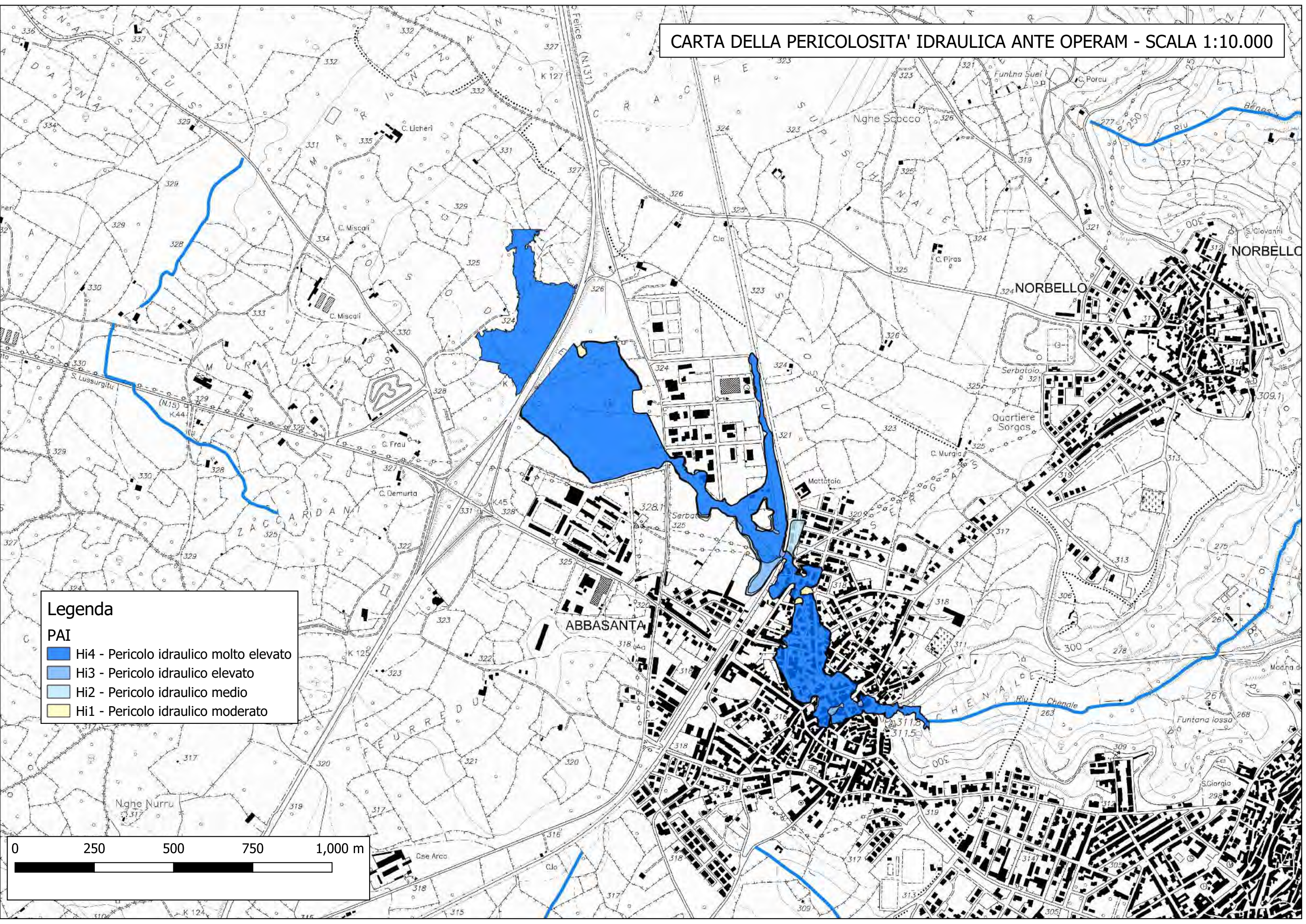
Legenda

PAI

- Hi4 - Pericolo idraulico molto elevato
- Hi3 - Pericolo idraulico elevato
- Hi2 - Pericolo idraulico medio
- Hi1 - Pericolo idraulico moderato



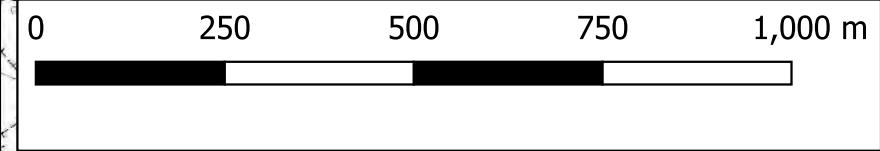
CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ANTE OPERAM - SCALA 1:10.000



Legenda

PAI

- Hi4 - Pericolo idraulico molto elevato
- Hi3 - Pericolo idraulico elevato
- Hi2 - Pericolo idraulico medio
- Hi1 - Pericolo idraulico moderato



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA POST OPERAM - SCALA 1:10.000

