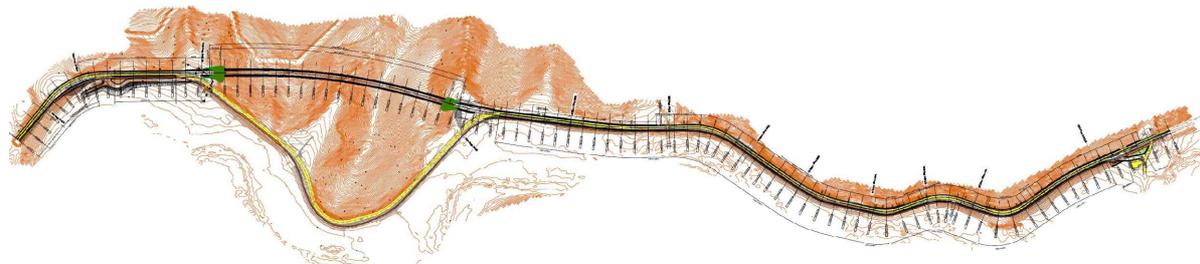


## S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

**RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500**  
**STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500**



### PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE



GRUPPO DI LAVORO ANAS

PROGETTAZIONE



RESPONSABILE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI  
 Ordine degli Ingegneri della  
 provincia di Roma n°A26211  
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA  
 IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI  
 Ordine degli Ingegneri della  
 provincia di Roma n°10112  
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro MICHELI

PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

**E001**

## E - PROGETTO IDRAULICO

### E0 - PARTE GENERALE

#### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PG0374D2201

NOME FILE

E001\_T00\_ID00\_IDR\_RE01\_A.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE  
 ELAB.

T00 ID00 IDR RE01

A

-----

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

FEBBRAIO  
 2023

ING. ELISABETTA  
 ROMANO

ING. GIANCARLO  
 TANZI

ING. VALERIO  
 BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
3.1	CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE.....	4
3.2	GEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO.....	6
3.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	11
4	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON I PIANI DI BACINO.....	14
4.1	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI - PGRA.....	14
4.2	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME TEVERE - PAI.....	17
5	INDIVIDUAZIONE E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE.....	18
6	CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	23
7	PLUVIOMETRIA.....	25
7.1	STIMA DEI PARAMETRI.....	26
8	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO.....	28
8.1	STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	28
8.2	STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO.....	29
8.3	MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI.....	34
8.4	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA.....	35
9	VERIFICA DEI TOMBINI DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DI PROGETTO.....	36
10	VERIFICA DELLA CANALETTA RETTANGOLARE.....	38

## 1 PREMESSA

La presente relazione affronta le tematiche idrologiche e idrauliche relative al progetto definitivo "Rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 della S.S. 685 "delle tre valli umbre" dal km 49+300 al km 51+500"; il progetto costituisce il 1° stralcio funzionale dell'adeguamento della S.S.685 nel tratto che va dal km 41+500 al km 51+500.

L'intervento ricade nei Comuni di Sant'Anatolia di Narco e di Vallo di Nera, in provincia di Perugia.

Il quadro conoscitivo di riferimento per la caratterizzazione idrologica e idraulica dell'area di intervento e la definizione delle aree di pericolosità sono il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'ex Autorità di Bacino del Fiume Tevere ed il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (DICEMBRE 2021).

L'area di intervento ricade nel bacino idrografico del Fiume Tevere, UOM ITN010.

Lo scopo della presente relazione è:

- la verifica dell'attuabilità dell'intervento secondo quanto stabilito dai Piani di Bacino;
- la caratterizzazione dell'area in esame dal punto di vista pluviometrico;
- la caratterizzazione morfometrica e idrologica dei bacini idrografici interferenti con il tracciato oggetto di studio;
- La verifica dei manufatti idraulici.

L'analisi idrologica dei bacini è stata sviluppata nelle seguenti fasi:

- individuazione del reticolo idrografico;
- delimitazione dei bacini afferenti agli impluvi e caratterizzazione morfologica in ambiente GIS;
- analisi pluviometrica adottando i parametri della regionalizzazione delle piogge intense;
- calcolo delle portate massime al colmo con il metodo razionale.

Sulla base dei parametri stimati i manufatti idraulici di attraversamento sono stati verificati per portate al colmo di piena corrispondenti a 200 anni di tempo di ritorno. Le canalette di raccolta delle acque di versante sono state verificate per portate corrispondenti a 50 anni di tempo di ritorno.

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il progetto idraulico è stato sviluppato nel rispetto della vigente normativa di riferimento nazionale e regionale:

- Norme Tecniche per le Costruzioni
  - D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018;
  - Circolare n.7 del 21.01.2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM.17.01.2018.
- D. Lgs 152/06 art. 113: "Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia" e successive modifiche.
- "Primo aggiornamento del Piano di bacino del fiume Tevere, VI stralcio funzionale per l'Assetto Idrogeologico – PAI" - Adozione definitiva del Comitato Istituzionale con delibera n. 125 - Luglio 2012
- Norme Tecniche di Attuazione del PAI, I aggiornamento, adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 125 - Luglio 2012.
- D.G.R. 14 novembre 2016, n. 1312: "Piano di Tutela delle Acque Aggiornamento 2016-2021" (PTAR), in vigore dal 27 gennaio 2010, ai sensi dell'art.121, comma 5, del D.Lgs 152/06, adottato con deliberazione della giunta regionale 14 novembre 2016, n. 1312".

## 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 3.1 CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE

Per la descrizione delle caratteristiche geologiche di questa parte del territorio in questa sede si fa espresso riferimento alle "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 336 "Spoleto", di cui si riportano alcuni concetti fondamentali e la sintesi di alcuni brani della parte descrittiva. Nella zona dell'Appennino Centrale contemporaneamente alla fase tettonica compressiva che investe l'area di avampaese, le zone di retropaese vengono interessate da collasso tettonico, responsabile dello sviluppo di bacini sedimentari controllati da processi tettonici estensionali. In un tale contesto geodinamico, quindi, si sviluppa un sistema distensione-compressione in migrazione verso l'avampaese (Sartori, 1990; Patacca et alii, 1992a; Cavinato & De Celles, 1999; Cipollari et alii, 1999).

In Appennino Centrale gli effetti della migrazione del sistema distensione compressione sono registrati nell'assetto stratigrafico-strutturale delle unità tettoniche affioranti. Qui, come in tutti gli altri settori della catena appenninica è, infatti, possibile distinguere:

- a) una fase pre-orogenica;
- b) una fase sin-orogenica;
- c) una fase post-orogenica.

Nel corso della fase pre-orogenica, il settore coinvolto nella catena dell'Appennino centrale era caratterizzato da una paleogeografia dominata da sistemi piattaforma-bacino (Ciarapica, 1990; Ciarapica & Passeri, 2002; Bosellini, 2004).

La tettonica medio-liassica, responsabile di questo assetto paleogeografico, in seguito allo smembramento di una paleopiattaforma appenninica (Norico-Lias inferiore), ha, inoltre, determinato lo sviluppo, nei domini bacinali, di Piattaforme Carbonatiche Pelagiche (PCP, sensu Santantonio, 1993) (Chiocchini et alii, 1975; Cosentino et alii, 1982; Galluzzo & Santantonio, 1994; Santantonio et alii, 1996; Galluzzo & Santantonio, 2002; Cosentino et alii, 2006). Le successioni stratigrafiche coinvolte nella strutturazione dell'Appennino centrale appartengono, quindi, a domini pelagici, di piattaforma carbonatica.

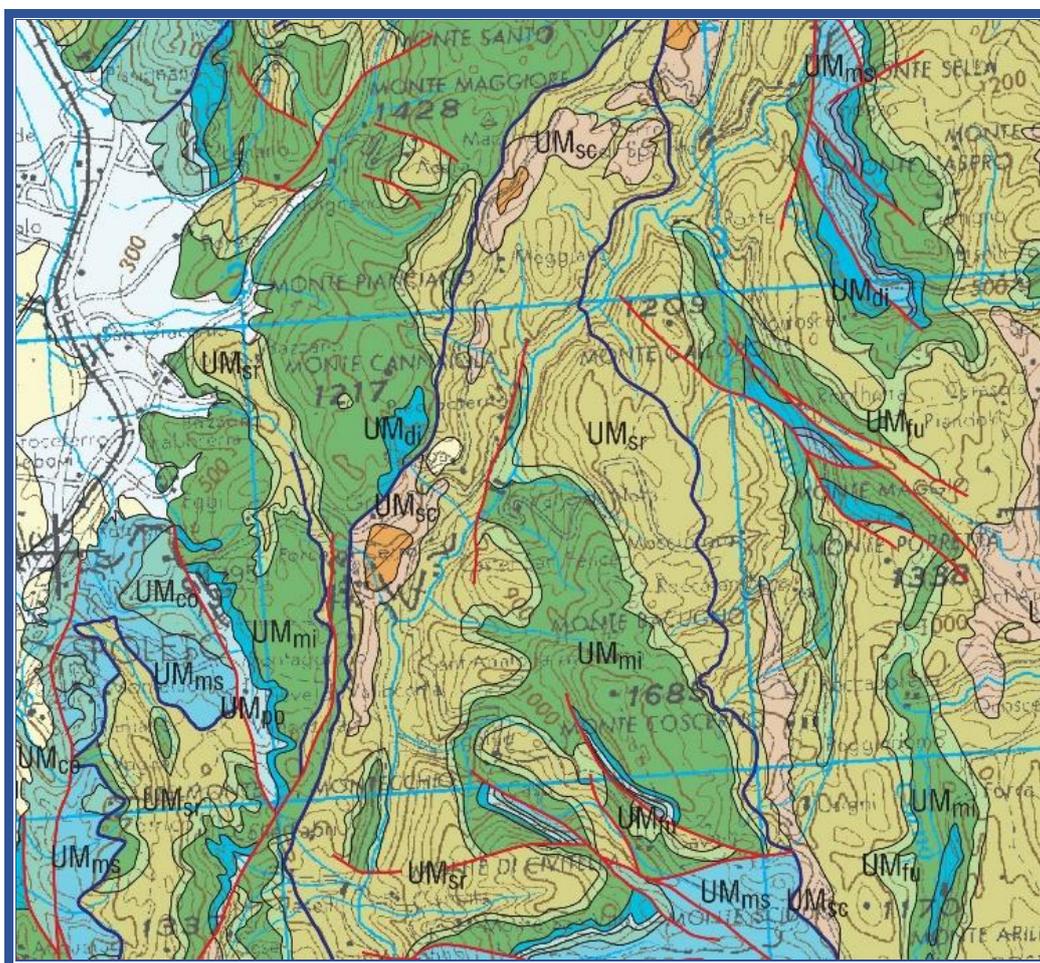
Nella fase sin-orogenica, il settore appenninico centrale venne interessato dalla migrazione del sistema catena-avanfossa-avampaese, che costituisce una fase in cui si passa da una sedimentazione prevalentemente carbonatica, che caratterizza la successione pre-orogenica, ad una silicoclastica torbiditica tipica di bacini di avanfossa.

Il territorio in studio, tra l'Appennino settentrionale e quello centrale, comprende il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino a ovest ed il Dominio della Laga a est, attualmente separati dal sovrascorrimento Olevano-Antradoco-M.ti Sibillini che attraversa l'intera area in senso circa meridiano; la loro genesi ed evoluzione fino all'assetto attuale è riconducibile a fasi differenti dell'intera evoluzione dell'Appennino centro-settentrionale. Quest'ultima a sua volta è legata a quella del margine continentale della (micro)placca Adria soggetta a varie fasi più o meno intense di tettonica distensiva tra il Triassico ed il Paleogene e successivamente ai processi tettonici di flessurazione e orogenici determinati dalla convergenza della placca europea e di quella africana.

Il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino è caratterizzato da una successione sedimentaria di piattaforma carbonatica e di bacino pelagico, di età Triassico superiore-Miocene p.p. La variabilità di facies verticale e laterale e i rapporti stratigrafici e strutturali documentano l'evoluzione del margine passivo determinata da fasi tettoniche prevalentemente distensive, dal rifting Sinemuriano alla flessurazione miocenica e da processi e eventi ambientali, oceanografici ed eustatici registrati a scala globale e regionale. Il Dominio della Laga, invece, si è evoluto a partire dal Miocene superiore nell'ambito di un contesto di un bacino di avanfossa antistante la catena appenninica in via di sollevamento.

L'assetto attuale è dovuto all'orogenesi Appenninica, processo cominciato nell'Oligocene, legato alla migrazione verso est del sistema catena-bacino di avampaese; attraverso lo sviluppo di sovrascorrimenti in piggy-back sequence e fuori sequenza, sono stati progressivamente coinvolti nella catena i diversi settori della placca adriatica, che risultano oggi impilati in diverse unità strutturali dall'interno verso l'esterno con polarità verso NE ed E. In questo quadro, il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino viene coinvolto nella catena a partire dal Tortoniano Superiore, mentre nel Messiniano il bacino della Laga costituisce l'avanfossa e viene coinvolto in catena nel Pliocene inferiore.

Uno schema geologico interregionale molto esplicativo si rinviene nella "Carta geologica dell'Appennino Settentrionale - Regioni Emilia Romagna, Marche, Toscana ed Umbria", pubblicato dalla sinergia delle suddette regioni, dell'Università di Siena e del centro di GeoTecnologie di Siena, in scala 1:250.000. di cui si riporta uno stralcio che comprende il tratto di territorio in esame in Figura.



Le singole unità stratigrafiche affioranti in base all'insieme dei loro caratteri sono riferibili ai seguenti cinque tipi di successioni:

- a) marina di piattaforma carbonatica (preorogena) sedimentatasi nel Lias inferiore p. p. su di una area interregionale vastissima in un ambiente di profondità ridotta; è rappresentata solo dal calcare massiccio;
- b) marina essenzialmente carbonatica (preorogena) sviluppata su di un margine passivo- dal Lias inferiore p. p. fino a parte del Burdigaliano, talora con discontinuità di sedimentazione. In letteratura questa successione è nota come "umbro-marchigiana". A causa di una intensa fase tettonica distensiva iniziata sul finire del Lias inferiore, la piattaforma carbonatica si è disarticolata e smembrata, sprofondando con modalità differenti da luogo a luogo. Si è venuta, così, a creare una serie di alti e di bassi morfologico-strutturali i quali determinano, durante l'intervallo Liassico medio-Malm, anche nell'ambito della stessa unità litostratigrafica, la diversificazione sia dei litotipi che degli spessori.
- c) marina silicoclastica sedimentatasi -essenzialmente per processi di torbida, a partire dall'alto Miocene inferiore (Burdigaliano p. p. ) fino a tutto il Miocene medio (alto Serravalliano)- parte in un bacino di avanfossa e parte in un thrust-top-basin;
- d) continentale lacustre di età plio-pleistocenica (complessivamente corrisponde all'ex "ciclo Villafranchiano" dei vecchi A. A. ) che costituisce la sedimentazione postorogena unitamente alla seguente successione (e);
- e) continentale fluviale con saltuari episodi da lacustri a palustri, di età pleistocenico- olocenica.

## 3.2 GEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO

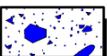
Per il tratto di territorio studiato la distribuzione areale delle formazioni geologiche affioranti è stata cartografata su base topografica in scala 1:5.000 (cfr. Carta Geologica allegata), con riferimento alla Carta Geologica d'Italia Foglio 336 "Spoleto", in scala 1:50.000. Il dettaglio è stato prodotto in un'altra carta geologica in scala 1:2.000 su apposito rilievo limitatamente alla fascia di territorio in esame.

In ambedue le carte sia la simbologia che la descrizione adottate per ciascuna delle formazioni sono dedotte dai suddetti elaborati.

Le formazioni geologiche che ricadono nell'area di stretto interesse sono, dalle più recenti alle più antiche riportate nelle legende delle carte geologiche sopra elencate e di seguito descritte.

### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

#### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

- |                |   |  |
|----------------|---|--|
| a <sub>1</sub> |  | <b>Depositi di frana</b><br>Deposito in assetto caotico sia attivi, con segni di evoluzione, che stabilizzati, a granulometria variabile - Pleistocene (?) - Olocene   |
| a <sub>3</sub> |  | <b>Detriti di falda</b><br>Depositi detritici di falda e di versante a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, generalmente sciolti o debolmente cementati, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati - Pleistocene (?) - Olocene   |
| b              |  | <b>Depositi alluvionali</b><br>Depositi detritici alluvionali in corrispondenza degli alvei o da "debris flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, in matrice sabbioso-limoso rossastra e con accenni di stratificazione, costituenti antiche conoidi, anche attivi, allo sbocco di valli secondarie Pleistocene (?) - Olocene            |
| b <sub>2</sub> |  | <b>Coltre detritico-colluviale</b><br>Depositi essenzialmente fini con subordinati clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto (eluvium) o trasportati in massa e/o per ruscellamento diffuso (colluvium) presenti sui versanti o sul fondo delle vallecicole minori. Pleistocene (?) - Olocene |
| bn             |  | <b>Depositi alluvionali terrazzati</b><br>Depositi fluviali a prevalenti ghiaie da sciolte a variamente cementate con intercalazioni di lenti di sabbie bruno giallastre, di limi ed argille grigie. Rappresentano il colmamento di valli successivamente reincise. Pleistocene - Olocene  |

a1 – Si tratta di depositi di frana con struttura caotica, sia attivi, con evidenti segni di evoluzione, sia stabilizzati; hanno a granulometria variabile e sono riferibili al Pleistocene (?) – Olocene; si rinvengono sia sulle versanti sinistro che destro, a varie quote e ricoprono aree molto vaste, come nei versanti a ridosso dell'abitato di Vallo della Nera.

a3 – Costituiscono le coperture detritiche che ricoprono parte dei versanti; si tratta di detriti di falda e di versante a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, generalmente sciolti o debolmente cementati, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati, ascrivibili al Pleistocene (?) – Olocene; si rinvengono in ambedue i versanti, a varie quote, con distribuzioni areali molto estese;

b – Depositi alluvionali; costituiscono dei sedimenti alluvionali in corrispondenza degli alvei o da "debris flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, in matrice sabbioso-limoso-rossastra e con accenni di stratificazione, costituenti antiche conoidi, anche attivi, allo sbocco di valli secondarie, anch'essi riferibili al periodo Pleistocene (?) – Olocene; occupano le pianure alluvionali del Fiume Nera e degli affluenti in destra e sinistra, alla cui confluenza si rinvengono estese formazioni di conoidi ad analoga composizione litologica e granulometrica;

b2 - Coltre detritico-colluviale, data essenzialmente da sedimenti fini con subordinati clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto (eluvium) o trasportati in massa e/o per ruscellamento diffuso (colluvium) presenti sui versanti o sul fondo delle vallecole minori; ascrivibili al Pleistocene (?) – Olocene, sono presenti in una vallecola nel versante in destra orografica sovrastante l'abitato di Castel S. Felice;

bn - depositi alluvionali terrazzati, a prevalenti ghiaie da sciolte a variamente cementate con intercalazioni di lenti di sabbie bruno giallastre, di limi ed argille grigie. Rappresentano il colmamento di valli successivamente reincise; ascrivibili al Pleistocene – Olocene; sono presenti in un piccolo affioramento nel versante in destra orografica a quota m 366, circa m 50 più in alto rispetto al fondovalle.

## SUCCESSIONI CONTINENTALI PLIO-PLEISTOCENICHE

### SUCCESSIONI CONTINENTALI PLIO-PLEISTOCENICHE

**MNS<sub>a</sub>**  **Sistema di Monteleone Sabino**  
Depositi rudittici ad elevato grado di cementazione, molto grossolani, in strati da spessi ad estremamente spessi, di colore grigio-biancastro, di probabile ambiente fluvio-deltizio. Talora con accenni di stratificazione incrociata.  
Pleistocene Inferiore - Medio

MNS<sub>a</sub> – *Sistema di Monteleone Sabino*; si tratta di una formazione rudittica molto grossolana, disposta in strati molto spessi, di colore grigio-biancastro, probabilmente di ambiente originario fluvio-deltizio, come sembra testimoniare la locale stratificazione incrociata; appartengono al Pleistocene Inferiore Medio.

## DOMINIO UMBRO – SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

### DOMINIO UMBRO SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

<b>BIS</b>		<b>Bisciario</b> Calcarei marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongiarii, etc. Aquitano Inferiore - Burdigaliano
<b>SCC</b>		<b>Scaglia Cinerea</b> Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio cenere alternate alla base con calcari marnosi grigi in strati in genere sottili (10 - 30 cm) interessati da numerosi piani di taglio. Localmente intercalazioni di calcareniti grigie in strati di 10 - 60 cm. Eocene Superiore - Aquitano Inferiore
<b>VAS</b>		<b>Scaglia Variegata</b> Calcarei marnosi rossi o grigio-verdi, calcari e marne grigie con selce nera e marne rosse con intercalazioni di spesso livelli di calcareniti. La stratificazione è sottile (2 - 20 cm). Localmente intercalazioni anche di calciruditi. Eocene Medio - Superiore
<b>SAA</b>		<b>Scaglia Rossa</b> Calciutiti, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea. Sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico. Turoniano Inferiore - Eocene Medio
<b>SBI</b>		<b>Scaglia Bianca</b> Calciutiti bianche o grigio chiaro a stratificazione medio-sottile (10 - 35 cm), con liste di selce nera o grigia nella parte alta, rosata nella parte basale. Sono presenti intercalazioni calcarenitiche, talora calcirudite. Albiano Superiore - Turoniano Inferiore
<b>FUC</b>		<b>Marne a Fucoidi</b> Ripetute alternanze di marne, da calcaree ad argillose, con livelli di elevata frazione argillosa, talora a lamine, di colore grigio scuro, verde, rosso o variegato con ripetute intercalazioni bituminose nere; nelle parti più marnose e marnoso-calcaree tracce di bioturbazione (Fucoidi) Aptiano Inferiore - Albiano Superiore
<b>MAI</b>		<b>Maialica</b> Calcarei micritici a grana finissima ed a frattura concoide, di colore bianco o avorio, talora giallastri, in strati regolari di spessore compreso tra 10 e 50 cm, sporadicamente con sottilissimi interstrati argillosi grigio-neri. Frequente la selce grigia in letti o noduli. Titonico Inferiore - Aptiano Inferiore
<b>CDU</b>		<b>Calcarei Diasprigni</b> Calcarei da micritici a granulari, quasi sempre sottilmente stratificati, (4 - 10 cm) talora con interstrati costituiti da argille marnose. La selce in noduli, liste e livelli decimetrici è spesso prevalente. Colore variabile dal rossiccio al verde-grigio. Presenti sottilissimi livelli di sabbie radiolaritiche. Bajociano Superiore - Titonico Inferiore

**BIS** – *Formazione di Bisciario*; è formata da calcari marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore si rinvencono caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongiarii, etc., ascrivibile all'Aquitano Inferiore – Burdigaliano; questa formazione affiora in una vasta area in Contrada san Martino e Borgo Agelli e in aree più ristrette nel medesimo versante a varie quote.

**SCC** – *Scaglia Cinerea*, costituita da ripetute alternanze di calcari marnosi e di marne, calcaree in basso ed argillose in alto, di colore grigio verde o cenere. La stratificazione in genere è sottile (10-30 cm), con strati spesso amalgamati o fogliettati a causa di movimenti di taglio. Calcareniti grossolane bioclastiche (a macro foraminiferi), in strati da medi a spessi di color avana, sono presenti nella sinclinale di Montefiorello, a Forchetta di Usigni [070], presso Fosso della Forca e S. Valentino; la potenza dell'unità è mal valutabile a causa sia della scarsa competenza dei materiali che la costituiscono e, di conseguenza, della sua elevata deformabilità, sia della localizzazione in essa di numerosi piani di taglio; nell'area in studio affiora nella parte mediana del versante in destra orografica,

**VAS** – *Scaglia Variegata*, Si hanno alternanze policrome, sovente a fiamme, di colore rosso, grigio e verde di marne variamente argillose e di calcari marnosi sottilmente stratificati (strati spessi 5-20 cm), a luoghi con selce nera e rossa come a Castel S. Felice. Calcareniti in strati sottili sono presenti nelle aree di ESE. Talvolta l'unità non è ben individuabile sul terreno per i suoi caratteri transizionali e talaltra si presentano tre membri, dal basso verso l'alto: a) calcareo marnoso rosso e grigio-verde; b) calcari e marne grigie con selce nera; c) marnoso rosso. Gli spessori complessivi oscillano fra i 30 ed i 60 metri, ma è segnalato un valore massimo di 70-90 m nei rilievi ad W del F. Nera. Il passaggio alla soprastante Scaglia Cinerea, non sempre ben precisabile per la sua gradualità, si è fatto convenzionalmente coincidere con la fine delle colorazioni rossastre e con il marcato aumento della frazione argillosa; questo passaggio è ben esposto lungo la strada per Mucciafora e Roccatamburo e, in giacitura rovesciata, lungo la strada per Collegiacone. Eocene medio - Superiore

SAA – *Scaglia Rossa*, nota anche come Scaglia Rosata, è l'unità che, assieme alla maiolica, occupa la maggior parte del tratto di territorio in studio. Nell'unità sono distinguibili tre litofacies dal basso verso l'alto: a) calcari fango-sostenuti (mudstones) e calcari marnosi rosati a luoghi con bande policrome, con selce rossa in liste e noduli; b) marne calcaree e marne di colorazione più intensa talora rosso mattone scuro; c) calcari fango-sostenuti e calcari marnosi rosati con selce in liste e noduli. I calcari, dalla tipica frattura a scaglie, non raramente appaiono di colore biancastro per decolorazione. La stratificazione è netta con strati spessi 10-40 cm. Sono presenti calcareniti e calcilutiti, in strati anche metrici, talora gradati o con laminazioni da correnti trattive, evidenziate, quando calcilutitiche, dalla disposizione degli abbondanti foraminiferi. Questi episodi, la cui colorazione biancastra li rende sovente individuabili anche a distanza, sono presenti in entrambi i Settori a varie altezze stratigrafiche, con particolare sviluppo. La Scaglia Rossa passa verso l'alto sia alla Scaglia Variegata, che alla litofacies delle Marne di Colle Castellano. Il passaggio alla scaglia variegata è graduale ed avviene con: scomparsa della selce; aumento della componente marnosa; comparsa di livelli grigio verdastri. Nell'area in studio affiora estesamente in ambedue i versanti sia in prossimità dell'alveo del Fiume Nera che alla sommità dei rilievi. È ascrivibile al Turoniano inferiore - Eocene medio.

SBI – *Scaglia Bianca*, affiora in continuità nelle stesse località di quelle delle marne a fucoidi e lungo la valle del F. Nera. Una esposizione quasi completa della formazione si ha a Monte San Vito, mentre esposizioni parziali si hanno lungo le strade tra Vallo di Nera e Mucciafora e fra Baiano di Spoleto e Meggiano presso il F. so S. Antonio. Si tratta di calcari fango-sostenuti variamente marnosi, da bianchi a debolmente grigiastri, in strati di 10-35 cm, eccezionalmente di 50 cm, con intercalazioni assai subordinate sia di marne che di liste e noduli di selce nera o grigiastra, talora zonata, bianco o rosata. Sul versante orientale di M. Pianciano (Fonte Canale,

Fosso di Montefiorello) viene segnalato un orizzonte di calcari anche selciferi, di colore rosato e verdognolo con selce rossa e nera, facilmente confondibile sul terreno con alcuni orizzonti della soprastante scaglia rossa. Come età è ascrivibile all'Albiano Superiore – Turoniano Inferiore.

FUC – *Marne a Fucoidi*, in passato designata con l'appellativo di Scisti a fucoidi. Gli affioramenti dell'unità fiancheggiano le principali strutture in entrambi i versanti. L'unità è costituita da ripetute alternanze di marne calcaree, marne e marne argillose di colore da verdastro a grigio (da scuro a chiaro), a rossastro o variegato in cui la componente calcarea aumenta verso l'alto. In base alla colorazione, regionalmente vi sono stati distinti i seguenti cinque livelli, dal basso verso l'alto: a) grigio verdastro con alla base il "livello Selli", marker di importanza regionale; b) rossastro inferiore; c) nerastro-marrone in cui prevalgono argille bituminose e black shales; d) rossastro superiore; e) biancastro con altri livelli di black shales. Gli strati sono assai regolari e sottili (10-25 cm), con superfici nette e le marne, di differente cromatismo, risultano fissili in laminae millimetriche, da cui l'antica denominazione di "scisti". La selce è talora presente in liste, rossa o nera nella porzione centrale dell'unità, mentre appare diffusa in quella sommitale.

Questa unità, per l'elevata presenza della frazione argillosa, oltre che costituire uno dei principali livelli "impermeabili" dell'intera successione, rappresenta uno dei principali livelli incompetenti che nel corso delle dislocazioni, favorendo la localizzazione delle zone di taglio, ha subito notevoli fenomeni tettonici di laminazione o di ispessimento.

Le potenze risultano variabili in funzione degli apporti detritici, in genere si raggiungono gli 80-100 m . Il passaggio alla soprastante scaglia bianca è molto graduale ed avviene in un tratto di dieci metri, con una diminuzione del contenuto marnoso. Come età è collocabile all'Aptiano Inferiore - Albiano superiore.

MAI – *Maiolica*, L'unità è conosciuta in letteratura -specie se antica- con il nome di "Calcare rupestre" per la sua elevata resistenza all'erosione. Affiora assai estesamente nella porzione sommitale di tutte le dorsali come lungo la S. S. della Valnerina e lungo la strada montana tra Monte San Vito e Campofoglio. Nel tratto di territorio in esame affiora in sinistra orografica lungo il versante di incisione secondaria presso l'abitato di vallo del Nera; questa formazione è costituita da calcari fango-sostenuti (mudstones) bianchi o avorio, a frattura concoide, in strati spessi 10-50 cm che presentano tipiche stiloliti e selce in noduli, lenti e liste, di colore grigio o nero. A luoghi sono presenti intercalazioni centimetriche di argille marnose nerastre, in alcuni casi bituminose, che tendono ad aumentare verso l'alto. Nella roccia sono presenti impurità costituite da minute sferule nere visibili a occhio nudo (ossidi metallici) nonché grossi noduli di marcassite che raggiungono un diametro anche di 10 cm. Localmente, nella porzione inferiore dell'unità, si hanno intercalazioni di calcareniti spesse anche 70-80 cm, che presentano laminazioni da torbida e colorazione rosata e nocciola. In corrispondenza degli alti morfologico-strutturali giurassici le facies basali di questa unità sembrano leggermente differenziate: la selce sembra più scarsa e gli strati presentano facce nodulari, con tracce di dolomitizzazioni che appaiono come numerosissime e minute "sferule" di colore arancione ocraceo, talora estese a tutto lo strato. Lo spessore della formazione è variabile e raggiunge i 300 m. Il passaggio alle soprastanti marne a fucoidi si realizza gradualmente nell'ambito

di una decina di metri. Come età è collocabile nel Tortonico Inferiore - Aptiano Inferiore.

CDU – *Calcari Diasprigni*, in passato identificati con l'appellativo di Calcari a Posidonia, Calcari ad Aptici, Marne ad Aptici, Scisti ad Aptici, Calcari granulari con diaspri, Radiolariti, Diaspri. Nell'area in studio affiora sul versante in sinistra orografica tra le quote m 700 ed 800 s.l.m presso Casale Grotti. In molti affioramenti sono riconoscibili sia litofacies dei calcari a Saccocoma (attualmente riconosciuta come membro) e ad Aptici sia le caratteristiche intercalazioni calcarenitiche, che il passaggio alla soprastante maiolica. L'unità è costituita da calcari, da fango-sostenuti a grano-sostenuti, e da calcari selciferi, di colore grigio verdastro, con noduli, liste e livelli di selce (25 ÷ 40 cm), particolarmente abbondanti nella porzione centrale se non, addirittura, prevalenti, di colore rosso, vinaccia, bruno, o tipicamente verde. La stratificazione particolarmente sottile (4-10 cm) è un carattere diagnostico, anche se in alcuni casi sono presenti strati di 30-40 cm di materiale detritico. A luoghi sono state osservate intercalazioni centimetriche di marne variamente argillose o di areniti grossolane radiolaritiche ocracee, talora sciolte e talaltra cementate; a volte, nella porzione sommitale dell'unità è presente la litofacies dei calcari a Saccocoma e ad Aptici, potente da 0 a 40 m, cui sono frequentemente associati potenti livelli di calcareniti. Si tratta di calcari da biancastri ad avana a grigio verdi, nocciola, a frattura piano-concoide molto ampia, a volte con puntini arancioni, in strati più spessi dei sottostanti (10-30 cm) talora con superfici irregolari o nodulari, con spessi livelli bioclastitici verdastri. Complessivamente i calcari diasprigni presentano potenze comprese fra i 50 e gli 80 m, localmente con aumenti anche notevoli dovuti alla

presenza di intercalazioni detritiche. Questa formazione è ascrivibile come età al Bajociano Superiore - Titonico Inferiore.

### 3.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area in studio, come già accennato in precedenza, è ubicata nella valle del Fiume Nera i cui versanti sono costituiti dalle successioni delle formazioni prevalentemente calcaree e calcareo-marnose sopra descritte.

L'assetto idrogeologico delle aree delle dorsali carbonatiche appenniniche è caratterizzato da estesi acquiferi, la cui permeabilità è molto elevata per fessurazione e carsismo nell'ambito delle formazioni carbonatiche. Questi acquiferi, i più importanti dell'Appennino, sono estesi per diverse centinaia di km<sup>2</sup> e alimentano sorgenti basali ubicate nelle zone più depresse, dove l'acquifero è tamponato da sedimenti a permeabilità più bassa, costituiti dai depositi terrigeni torbiditici tardo-miocenici o dai sedimenti plio-quadernari di riempimento delle valli fluviali e delle depressioni tettoniche intermontane. I sedimenti quadernari, costituiti da depositi di versante, depositi alluvionali e sedimenti lacustri e/o palustri, presentano una permeabilità variabile in funzione della granulometria e comunque inferiore a quella degli acquiferi carbonatici, in alcuni casi consentono travasi sotterranei dalle falde degli acquiferi regionali negli acquiferi porosi multistrato.

Per quanto attiene alla circolazione idrica nell'ambito delle varie formazioni carbonatiche si possono esprimere alcune valutazioni e considerazioni generali, di seguito formulate.

Lungo gli orizzonti e strati calcarei fratturati delle formazioni si può avere una discreta permeabilità per fessurazione, la cui entità dipende dalla dislocazione spaziale e dal tipo delle discontinuità (aperte, chiuse, combacianti, etc); essi possono costituire delle vie di deflusso preferenziale delle acque di infiltrazione. Ne consegue che nelle alternanze calcareo - marnose si può avere una permeabilità di tipo "orientato", relegata, cioè, ai soli orizzonti calcarei permeabili; in tali successioni la permeabilità è variabile in relazione alla litologia dello strato o livello al quale si riferisce. Così nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano situazioni estreme, date dai livelli di marne impermeabili e dai livelli calcarei fratturati, permeabili. Ne consegue che parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza delle bancate calcaree fratturate, si possono avere valori di permeabilità sensibilmente alti, mentre in corrispondenza degli orizzonti marnosi o pelitici si hanno condizioni di quasi impermeabilità. Ne deriva che l'alternanza, nel suo complesso, si può comportare come un terreno poco permeabile, o addirittura impermeabile, nella direzione ortogonale alla stratificazione; si può invece riscontrare una permeabilità, generalmente molto limitata o scarsa, nella direzione parallela alla stratificazione, relegata ai livelli calcarei fratturati. Tale differenza di permeabilità tra le due direzioni (ortogonale o parallela alla stratificazione) è più o meno marcata in relazione alla prevalenza dei termini argillosi calcarei.

Per le formazioni prevalentemente costituite da calcari la permeabilità è funzione del reticolo di fratturazione e dalla dislocazione spaziale delle fratture; in particolare la spaziatura, frequenza ed apertura delle fessurazioni ed il tipo delle stesse (beante, chiusa o riempita di materiali) costituiscono gli elementi che determinano l'entità della permeabilità e trasmissività.

Nell'ambito del territorio esaminato esistono numerose emergenze idriche tra cui N° 9 sono segnalate nella allegata carta Idrogeologica in scala 1:5.000, alcune delle quali designate con un toponimo:

- Le sorgenti indicate con i numeri 1, 3, 4, 5, 8 senza designazione, sono ubicate su ambedue i versanti del Fiume Nera a varie quote, sempre nell'ambito delle spesse coperture quaternarie di terreni prevalentemente granulari sciolti (coperture detritiche)
- La sorgente N° 2 = Fonte del Frate è ubicata sul versante in destra orografica quasi al contatto tra un deposito detritico e la sottostante formazione della Scaglia Cinerea;
- La sorgente N° 6 = Sorgente Paletto è ubicata in sinistra orografica nell'ambito di una vasta area in frana;
- La sorgente N° 7 = Fonte Tofele è ubicata nella stessa zona della precedente, circa 300 m più a monte;
- La sorgente N° 9 = Sorgente del Saletto è ubicata nel versante in sinistra orografica nell'ambito della formazione dei calcari a Fucoidi.

Dall'ARPA Umbria si ricavano importanti elementi di idrogeologia regionale, di seguito sintetizzati.

Nella dorsale montuosa che occupa la parte orientale della regione esistono due sistemi idrogeologici separati dalla linea tettonica denominata "linea della Valnerina" dove è individuabile un limite di permeabilità che corre a quote variabili tra 350 e 700 m s.l.m.: a sud il "Sistema della Valnerina" imponente struttura idrogeologica che si estende fino alla linea tettonica Ancona-Anzio e a nord il "Sistema dell'Umbria nord-orientale", che è limitato a ovest da un motivo tettonico distensivo, nella parte meridionale, e dal passaggio stratigrafico a terreni a bassa permeabilità in quella settentrionale, mentre ad est si estende ben al di fuori dei limiti territoriali regionali dove è delimitato dal passaggio stratigrafico a terreni meno permeabili.

L'intera dorsale del Sistema della Valnerina è prevalentemente costituita da strutture carbonatiche sature fino a quote superiori a 800 metri. I livelli piezometrici decrescono da est ad ovest fino a raggiungere la minima quota in corrispondenza dell'alveo del Nera, che costituisce il livello di base principale del sistema. Lungo quest linea di drenaggio dominante, diretta SO-NE, si hanno importanti sorgenti lineari responsabili di notevoli incrementi di portata del fiume Nera. Studi pregressi hanno stimato che lungo il tratto umbro del fiume Nera si hanno emergenze in alveo per una portata media complessiva superiore a 15 metri cubi al secondo. Oltre alle emergenze in alveo si trovano numerose sorgenti localizzate che erogano una frazione molto subordinata delle risorse idriche sotterranee della struttura valutabile in qualche centinaio di litri al secondo. Il nucleo della dorsale del Sistema dell'Umbria nord orientale è saturo fino a quote superiori a 700 metri. Il sistema dà origine a importanti emergenze idriche sia lineari lungo i principali corsi d'acqua che localizzate.

L'ARPA fornisce il monitoraggio delle principali sorgenti, che si riporta in Tabella

		PORTATA SORGENTI (l/s)					
		Monti delle valli del Topino e del Menotre				Monti della Valnerina	
		Bagnara <sup>(1)</sup>	San Giovenale <sup>(2)</sup>	Acquabianca <sup>(3)</sup>	Alzabove <sup>(4)</sup>	Lupa <sup>(5)</sup>	Pacce <sup>(6)</sup>
1998	minima	42,4	216,0	42,3	178,0	175,9	-
	media	112,6	326,7	48,0	211,2	128,0	-
	massima	300,7	499,3	84,9	247,1	88,6	-
1999	minima	49,5	199,4	25,5	185,5	89,0	265,4
	media	153,2	452,5	71,2	226,8	164,7	76,2
	massima	361,2	648,0	115,1	285,1	262,8	11,8
2000	minima	27,6	229,6	18,1	223,7	81,5	1,9
	media	137,2	397,0	57,3	233,0	142,2	86,2
	massima	282	614,7	113,4	272,5	210,6	287,6
2001	minima	18	218,2	15,0	208,1	68,6	0
	media	115,6	449,5	52,2	240	142,0	43,5
	massima	244,4	709,3	98,8	279,7	206,5	113,6
2002	minima	1,2	118,2	19,7	188,3	51,1	0
	media	34,8	153,5	26,1	206,1	66,4	0
	massima	317,1	334,6	33,8	241,4	89,6	0

<sup>(1)</sup> dal 10.04.98 <sup>(2)</sup> dal 29.06.98 <sup>(3)</sup> dal 28.06.98 <sup>(4)</sup> dal 27.01.98 <sup>(5)</sup> dal 01.01.98 <sup>(6)</sup> dal 29.03.99

## 4 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON I PIANI DI BACINO

La zona oggetto di studio rientra nell'ambito territoriale di competenza dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino Centrale, nell'UOM ITN10 – Bacino del Tevere.

### 4.1 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI – PGRA

L'art. 7 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (Floods Directive – FD) stabilisce che, sulla base delle mappe redatte ai sensi dell'art. 6, gli Stati Membri (Member States –MS) predispongano Piani di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) coordinati a livello di distretto idrografico (River Basin District – RBD) o unità di gestione (Unit of Management – UoM), per le zone individuate ai sensi dell'art. 5, paragrafo 1 ovvero le aree a rischio potenziale significativo di alluvione (APSEFR).

L'assetto territoriale e amministrativo che ha sostenuto l'implementazione della FD nel primo ciclo di gestione si è basato sulla suddivisione del territorio nazionale in 8 Distretti a loro volta ripartiti in 47 Unità di Gestione (Unit of Management – UoM) la cui definizione territoriale ricalca quella dei bacini di rilievo nazionale, regionale e interregionale della L. 183/1989.

Le competenze in relazione agli adempimenti previsti dalla FD e dal suo decreto attuativo sono state ripartite, nel transitorio, su 54 Autorità Competenti (Competent Authority – CA) comprendenti Regioni, Province Autonome, Autorità di Bacino Nazionali (con funzione di coordinamento nell'ambito del Distretto idrografico di appartenenza ai sensi dell'art.4 del D.Lgs. 219/2010), interregionali e Regionali, Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare (MATTM) e DPCN.

La Legge n. 221 del 28 dicembre 2015 (c.d. Collegato Ambientale) (Gazzetta n.13 del 18 gennaio 2016) ha definito un nuovo assetto territoriale per i distretti idrografici portandoli da 8 a 7 con la soppressione del Distretto del Serchio, inglobato nel Distretto dell'Appennino Settentrionale. Tra le altre modifiche, in particolare per il Distretto dell'Appennino Centrale, sono stati attribuiti ad esso il bacino interregionale del Fiora (precedentemente assegnato al Distretto dell'Appennino Settentrionale) e quelli regionali delle Marche (precedentemente in parte assegnati al Distretto dell'Appennino Settentrionale).

Infine l'art. 4 al comma 2 del DM 294/2016 ha stabilito che l'Autorità di bacino distrettuale sia "Autorità Competente" (CA) ai sensi dell'art. 3 della Direttiva Quadro Acque (Dir. 2000/60/CE) e dell'art. 3 della FD. Inoltre, la stessa L. 221/2015 all'art. 51 comma 4 fissa la data di entrata in vigore del DM come limite temporale per la soppressione delle Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali di cui alla legge 183/1989. Pertanto, dal 17 febbraio 2017 le uniche autorità di bacino vigenti sono quelle Distrettuali, aventi la natura giuridica di enti pubblici non economici, le quali svolgono il ruolo di "primeCompetentAuthority" ai fini degli adempimenti delle Direttive Acque e Alluvioni. A queste 7 CA si affiancano ulteriori autorità competenti con ruoli e funzioni diverse ("otherCompetentAuthority"): le Regioni e Province Autonome (n. 21 CA), il MATTM, l'ISPRA e il DPC per un totale di 31 CA.

Con la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale (GU Serie generale - n. 82 del 09 Aprile 2018) del Decreto Ministeriale n. 52 del 26/02/2018 del Ministero dell'Ambiente di concerto con il Ministero dell'Economia sono stati approvati gli Statuti delle Autorità di bacino distrettuali: delle Alpi Orientali; del fiume Po; dell'Appennino Settentrionale; dell'Appennino Centrale e dell'Appennino Meridionale.

Il nuovo assetto amministrativo consente, ai sensi dell'art. 4 comma 2 del DM 294/2016, di avere all'interno di ciascun Distretto un'unica Autorità competente ai sensi dell'art. 3.2(a) della direttiva 2007/60/CE e dell'art. 3.1 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n.49.

In particolare, in attuazione del D.Lgs. 152/2016, il DM 294/2016 ha riconosciuto al MATTM funzioni d'indirizzo e coordinamento nei confronti delle Autorità di bacino distrettuali.

L'art. 13 del D.Lgs. 49/2010 stabilisce che il Portale Cartografico Nazionale del MATTM, oggi Geoportale Nazionale, ospiti gli esiti cartografici dei vari adempimenti previsti dalla FD e dei relativi aggiornamenti messi a disposizione dalle Autorità di Distretto.

La valutazione Preliminare del Rischio di cui all'art. 4 della FD, consiste nella produzione, basata su informazioni disponibili o prontamente derivabili, di un quadro descrittivo degli eventi alluvionali occorsi in passato e potenzialmente verificabili in futuro e delle relative conseguenze avverse sulle unità territoriali alle quali è applicata la gestione del rischio di alluvioni. A livello nazionale sono state identificate le modalità per individuare, caratterizzare e catalogare tali informazioni, come sinteticamente illustrato nella Tabella 1 riportata nella relazione generale del PGRA.

**Tabella 1**

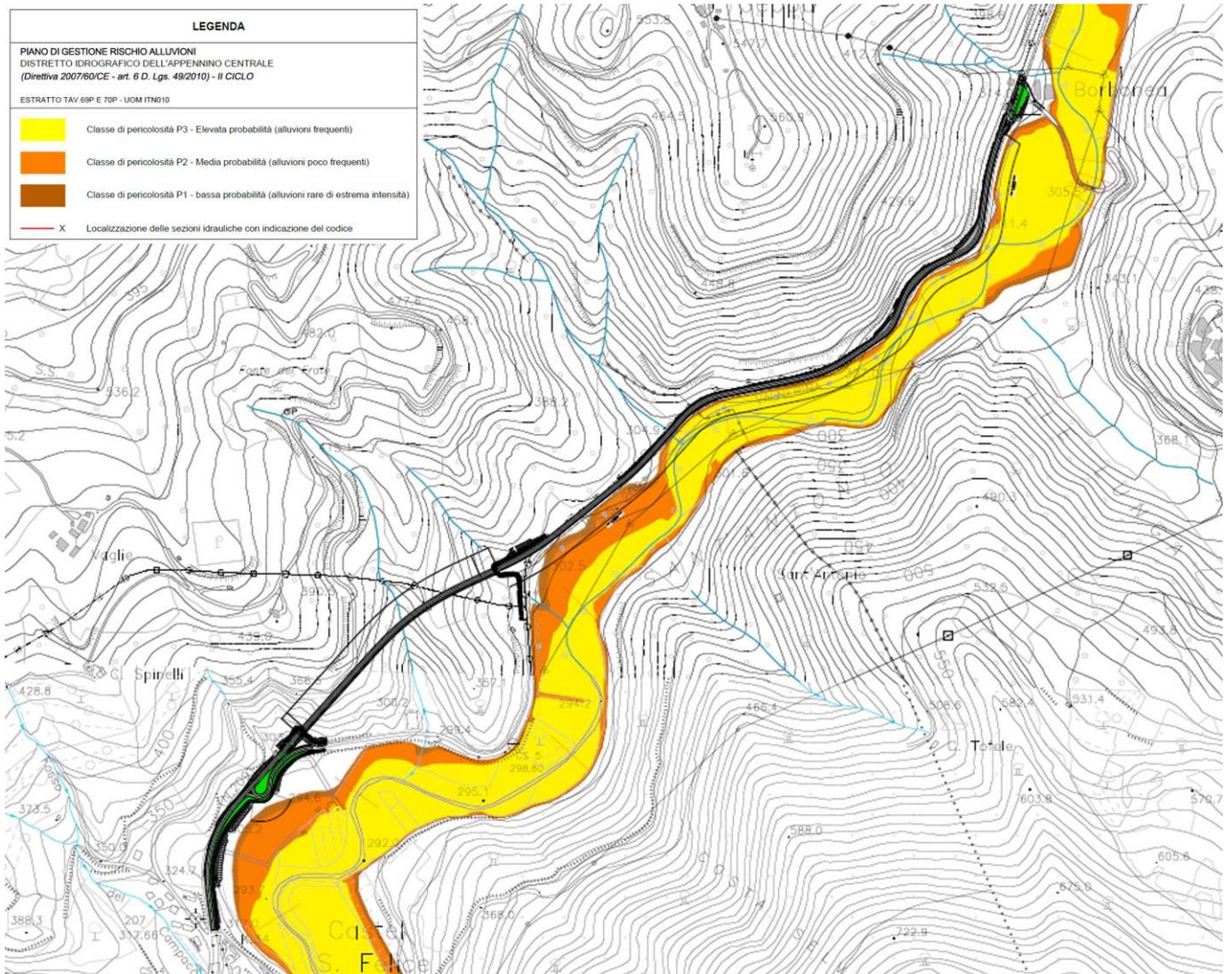
ARTICOLO	CORRISPONDENZA	FONTE
4.2(b) - PAST FLOODS	Gli eventi che, ai fini dell'attività di protezione civile sono classificati di <i>tipo c</i> (eventi di livello nazionale)	FloodCat
4.2(c) - SIGNIFICANT PAST FLOODS	Gli eventi che, ai fini dell'attività di protezione civile sono classificati di <i>tipo b</i> (eventi di livello provinciale e regionale); di <i>tipo a</i> (eventi di livello comunale); altri eventi certificati e comunque tutti gli eventi che hanno comportato almeno una vittima	FloodCat
4.2(d) - FUTURE FLOODS	Aree perimetrate in ambito PAI e PGRA o derivanti da studi recenti, mediante modellazione/ricostruzione idrologico-idraulica (compresi ad esempio scenari di rotte arginali) e/o con applicazione di metodi e criteri geomorfologici	PAI, PGRA, studi acquisiti/realizzati, carte geologiche e geomorfologiche

La definizione degli scenari di probabilità nel Distretto idrografico dell'Appennino centrale partendo dalle indicazioni fornite dal D.lgs. 49/2010 tiene conto innanzitutto dell'origine dell'alluvione (fluviale o marina). Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni variano tra 50 anni e 100 anni per P3, tra 100 anni e 200 anni per P2 e tra 200 anni e 500 anni per P1.

Per L'UoM ITN010 – Bacino del Tevere, in cui ricade l'intervento in oggetto gli scenari di pericolosità per gli eventi di origine fluviale sono:

- Scenario A (P1) – scarsa probabilità: TR ≤ 500 anni.
- Scenario B (P2) – media probabilità: TR ≤ 200 anni.
- Scenario C (P3) – elevata probabilità: TR ≤ 50 anni.

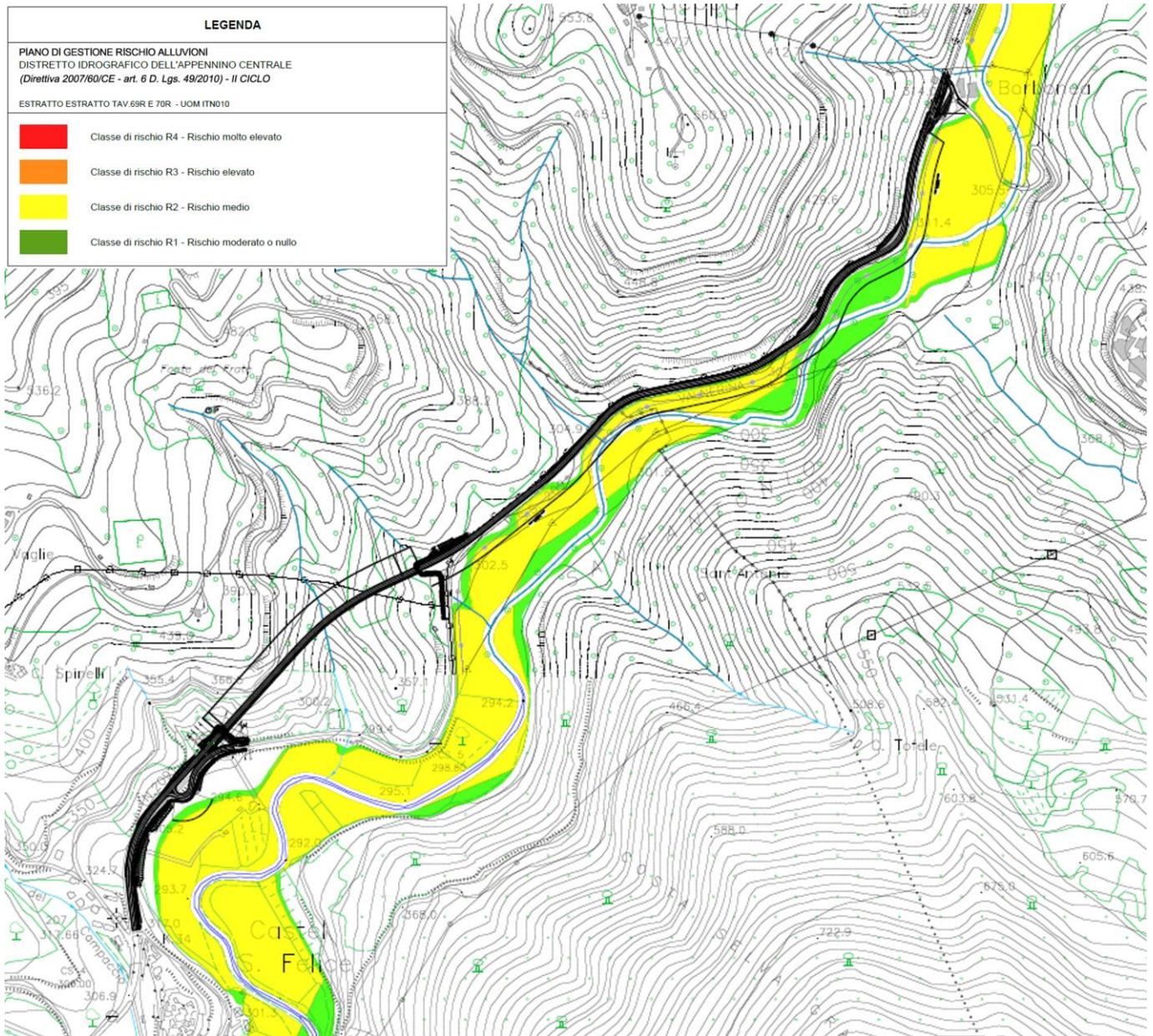
Nella figura a seguire si riporta un estratto delle tavole 69P e 70P con ubicazione dell'intervento di progetto, in nero è riportato il tracciato di progetto.



Il D.lgs. 49/2010, che recepisce in Italia la FD 2007/608CE prevede che le mappe del rischio rappresentino le 4 classi rischio R1-R4 di cui al DPCM del 29 settembre 1998, espresse in termini di:

- numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati;
- infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, ecc.);
- beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;
- distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- impianti di cui all'allegato I del D.lgs. 59/2005 che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette di cui all'allegato 9 alla parte III del D.lgs. 152/2006;
- altre informazioni considerate utili dalle autorità distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e colate detritiche o informazioni su fonti rilevanti di inquinamento.

Nella figura a seguire si riporta un estratto delle tavole 69R e 70R con ubicazione dell'intervento di progetto; in nero è riportato il tracciato di progetto.



Il tracciato di progetto non ricade in aree a pericolosità e rischio idraulico.

Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

#### 4.2 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME TEVERE - PAI

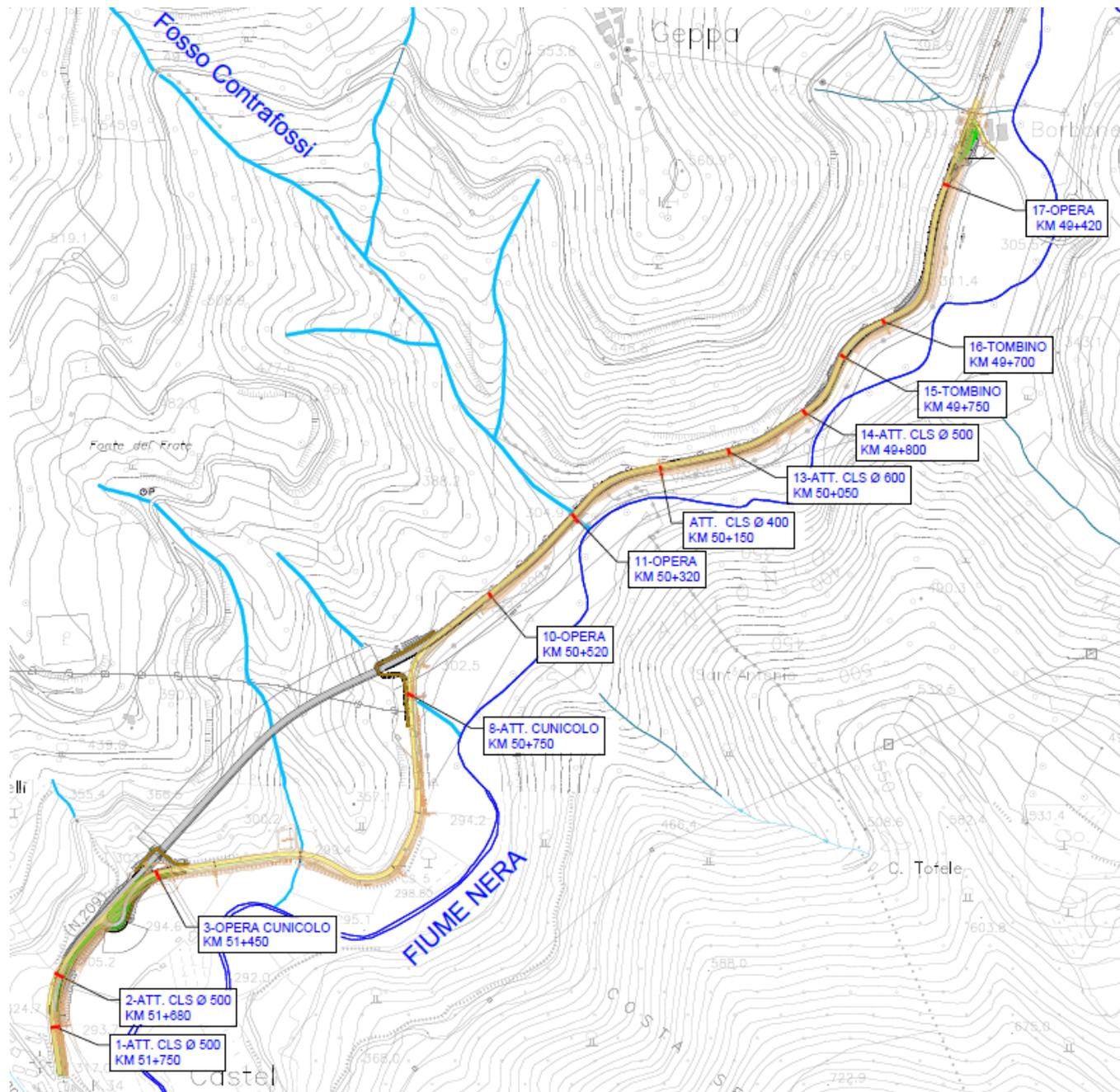
Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere adottato dal Comitato Istituzionale il 18 luglio 2012 con deliberazione n. 125 disciplina con le Norme Tecniche di Attuazione del PAI, l'aggiornamento, gli interventi ammessi sull'intero bacino del Fiume Tevere in zone ricadenti nelle fasce di pericolosità idraulica.

Il tracciato di progetto non interferisce con aree di pericolosità e rischio idraulico. Non è dunque soggetto alle prescrizioni delle Norme di Attuazione del PAI.

## 5 INDIVIDUAZIONE E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE IDRAULICHE

Per individuare le interferenze idrauliche sono stati utilizzati: i rilievi in situ, la Carta Tecnica Regionale e i dati disponibili sul Geoportale Regionale.

Lungo il tracciato sono presenti allo stato attuale n° 12 tombini idraulici di varie forme e dimensioni.



I lavori di adeguamento del tracciato comportano la necessità di eseguire un adeguamento anche sulle strutture dei tombini, che verranno sostituiti con nuovi elementi, conformi alle dimensioni prescritte dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. In particolare, si adotteranno le seguenti soluzioni progettuali:

- I tombini circolari esistenti di diametro variabile da 400 a 600mm e gli spechi di piccole dimensioni in cui confluiscono le acque di bacini di estensione limitata, saranno sostituiti con collettori circolari in cls di 1.5m di diametro;

- Il ponticello ad arco di luce pari a 6.0m e altezza circa pari a 3.0m che consente l'attraversamento del fosso Contrafossi sarà sostituito, in corrispondenza dell'asse principale di progetto, con uno scatolare di 6.0m di base per 3.0m di altezza che si raccorda all'opera esistente che sottopassa la pista ciclabile.

Il tracciato, nel tratto oggetto di intervento, è ubicato al piede del versante che degrada verso l'area golenale del fiume Nera.

L'acqua di versante attualmente confluisce nella cunetta a margine della carreggiata sinistra e viene recapitata a valle, insieme alle acque di piattaforma, mediante i tombini precedentemente descritti. Il progetto prevede la realizzazione di una canaletta rettangolare delle dimensioni di 0.5m x 0.5m e 0.6m x 0.6m, posta a tergo della cunetta sul margine sinistro della carreggiata che scarica le acque in corrispondenza degli scarichi attuali. Ciò garantisce una maggiore sicurezza idraulica della strada e il rispetto dell'invarianza idraulica non alterando l'attuale assetto idraulico dell'area.

Riepilogando, per il corretto smaltimento delle acque sia di versante che di piattaforma è prevista la realizzazione di numerose opere idrauliche trasversali (11 in totale). Di queste 9 sono previste realizzate con tombini circolari Ø1500 interni disposti in senso trasversale a tutta larghezza con superamento sia della nuova carreggiata stradale sia della pista ciclabile in terra esistente in generale presente sul lato di valle dell'infrastruttura.

I tombini raccolgono sul lato di monte:

- la canaletta in c.a. (a sezione rettangolare) prefabbricata, posta monte della cunetta alla francese a spalla alta (canaletta deputata alla raccolta delle acque di versante)
- i collettori di raccolta delle acque di piattaforma posti al di sotto della cunetta alla francese a spalla alta (collettori deputati alla raccolta delle acque di piattaforma)

Ambedue questi elementi convergono in un grosso pozzetto di monte sagomato all'uopo.

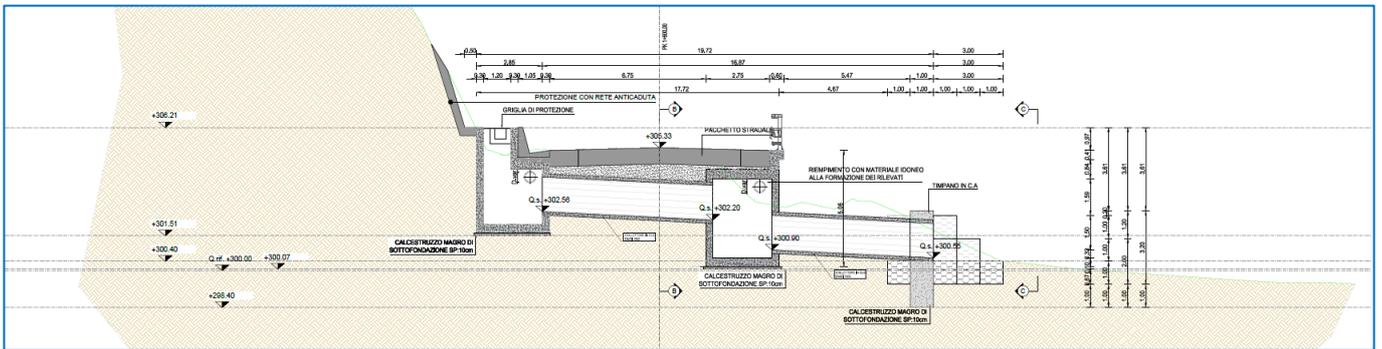
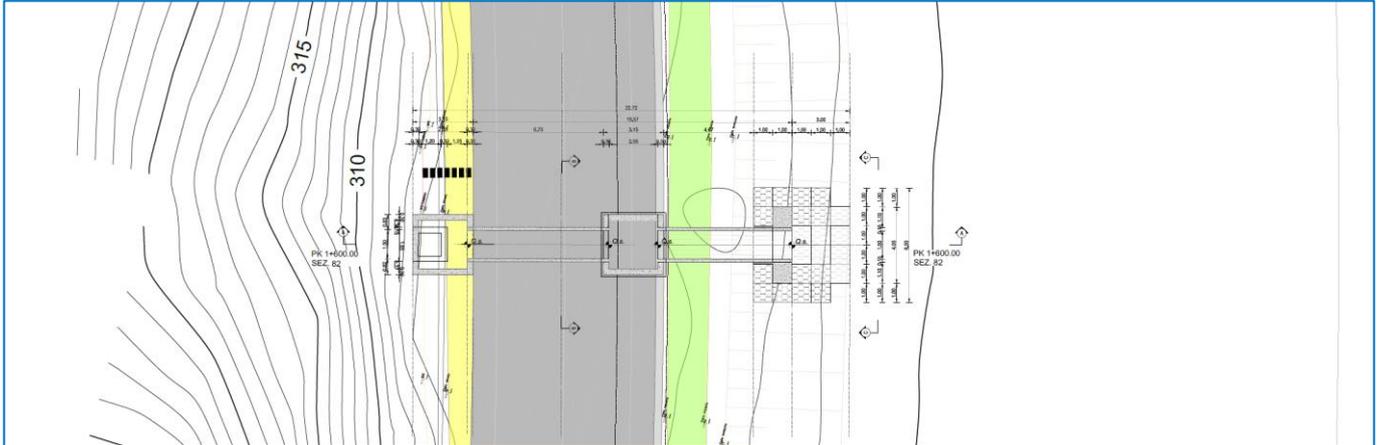
Sul lato di valle è invece prevista la realizzazione di una cameretta in cemento armato a pianta quadrata nella quale convergono esclusivamente i collettori di raccolta delle acque di piattaforma posti sul lato di valle dell'infrastruttura.

Tale cameretta è anche deputata alla realizzazione di un salto del collettore Ø1500 ove necessario (in caso di elevato dislivello tra strada carrabile e pista ciclabile in terra).

Ambedue i manufatti sopra descritti sono previsti realizzati in opera in c.a. e sono completamente invisibili dal punto di vista paesaggistico

Il manufatto di sbocco lato Nera è invece stato previsto in gabbioni (provisto comunque di un setto / taglione in c.a. per la stabilità della zona di sbocco) così da assicurare un gradevole inserimento paesaggistico dell'opera.

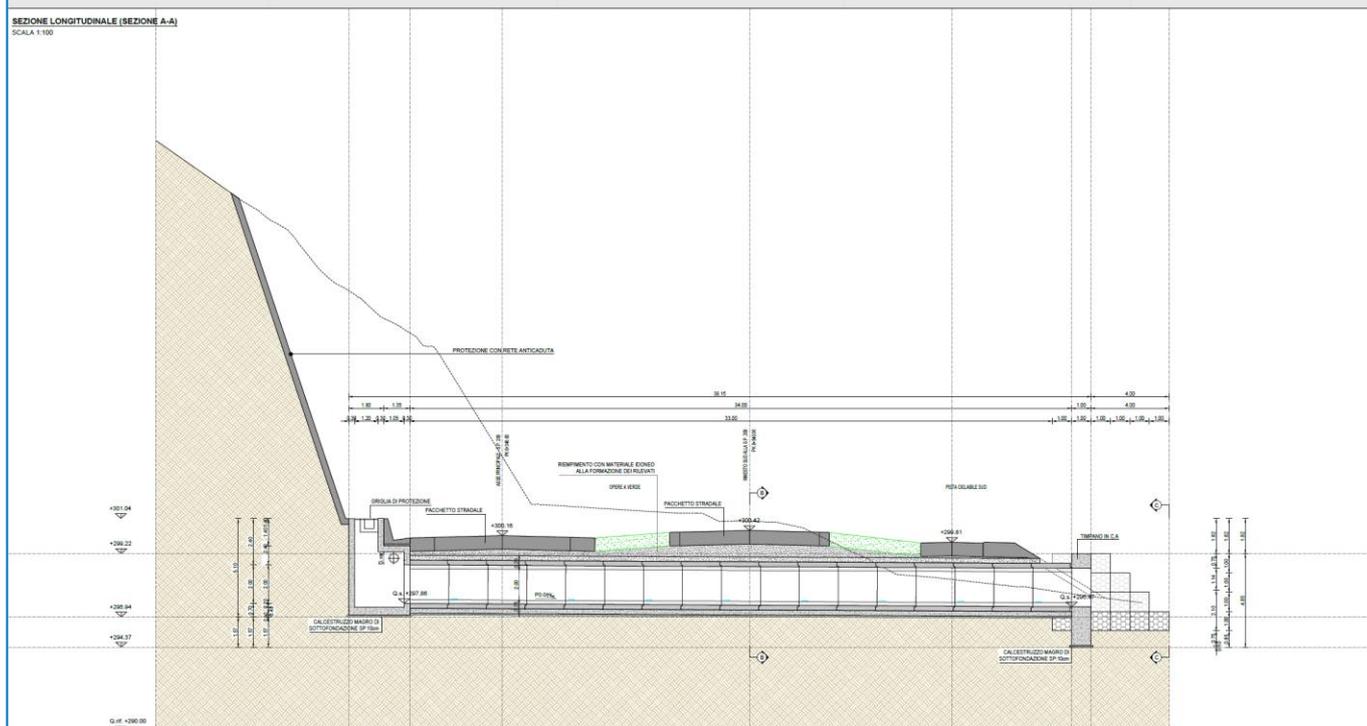
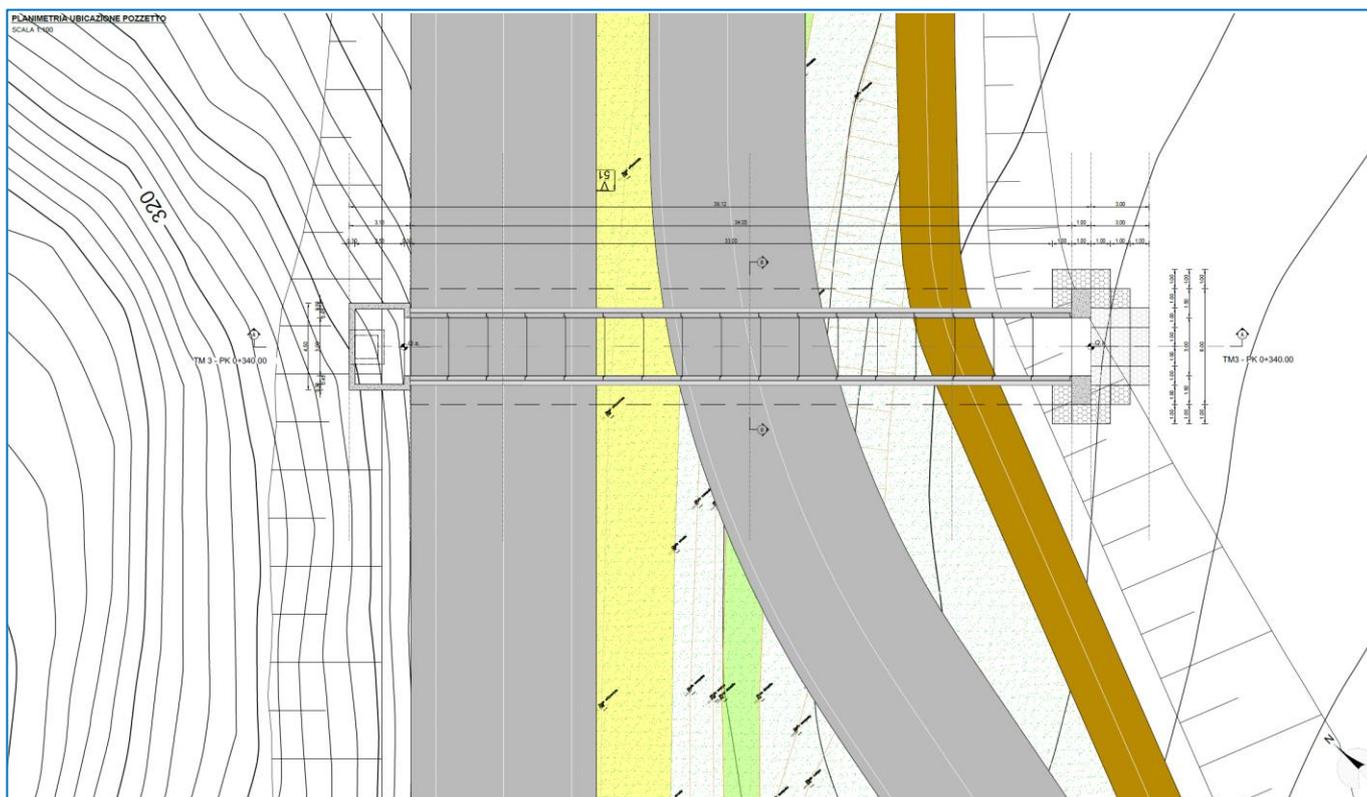
Qui a seguire si riporta uno stralcio di un tombino circolare esemplificativo.



In corrispondenza della sezione alla progressiva 0+340 è prevista la realizzazione di un tombino scatolare il quale attraversa sia la viabilità di progetto che il ramo di svincolo di riconnessione alla viabilità locale di accesso al cimitero sia la pista ciclabile in terra di nuova realizzazione.

E' stata prevista la messa in opera di una struttura prefabbricata a conci in c.a.v. per velocizzare le attività di cantiere e minimizzare l'impatto ambientale in fase di costruzioni. Vengono infatti minimizzati i rischi di inquinamento del limitrofo Fiume Nera.

I manufatti di imbocco e sbocco presentano caratteristiche assolutamente analoghe a quelle già descritte per i tombini circolari.

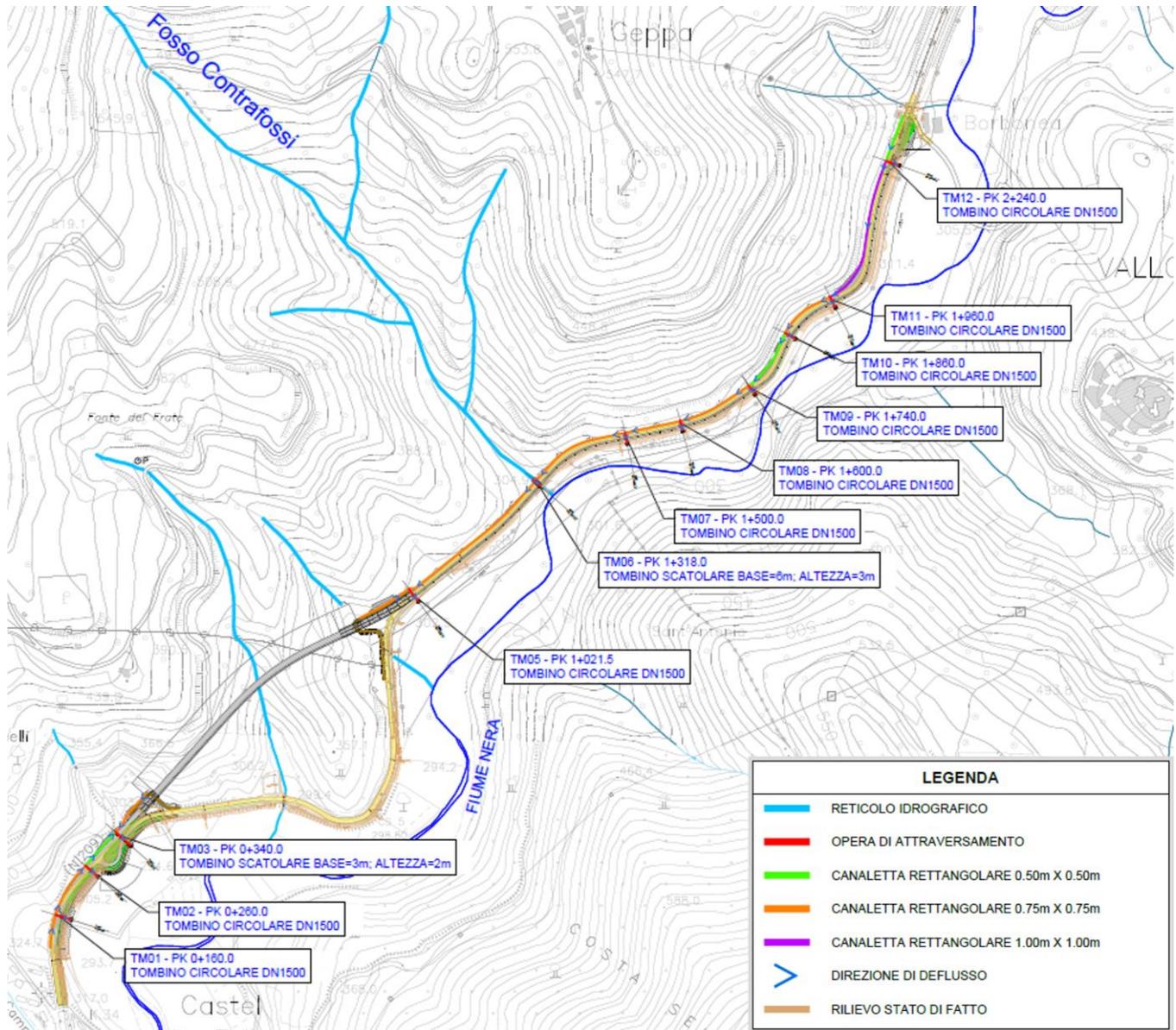


Alla progressiva 1+315 l'infrastruttura viaria scavalca l'unico impluvio significativo presente nella tratta attraverso un manufatto ad arco di luce pari a circa 6m.

Al fine di garantire il completo adeguamento della tratta viaria in esame dal punto di vista strutturale e sismico, il progetto ne ha previsto il completo rifacimento con una struttura in cemento armato gettata in opera di tipo scatolare. Il rifacimento dell'opera idraulica interessa esclusivamente la carreggiata viaria mentre a valle, sotto la pista ciclabile in terra, non sono stati previsti interventi di sorta sul manufatto esistente.

Nella figura a seguire si riporta la planimetria dei manufatti di progetto; per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

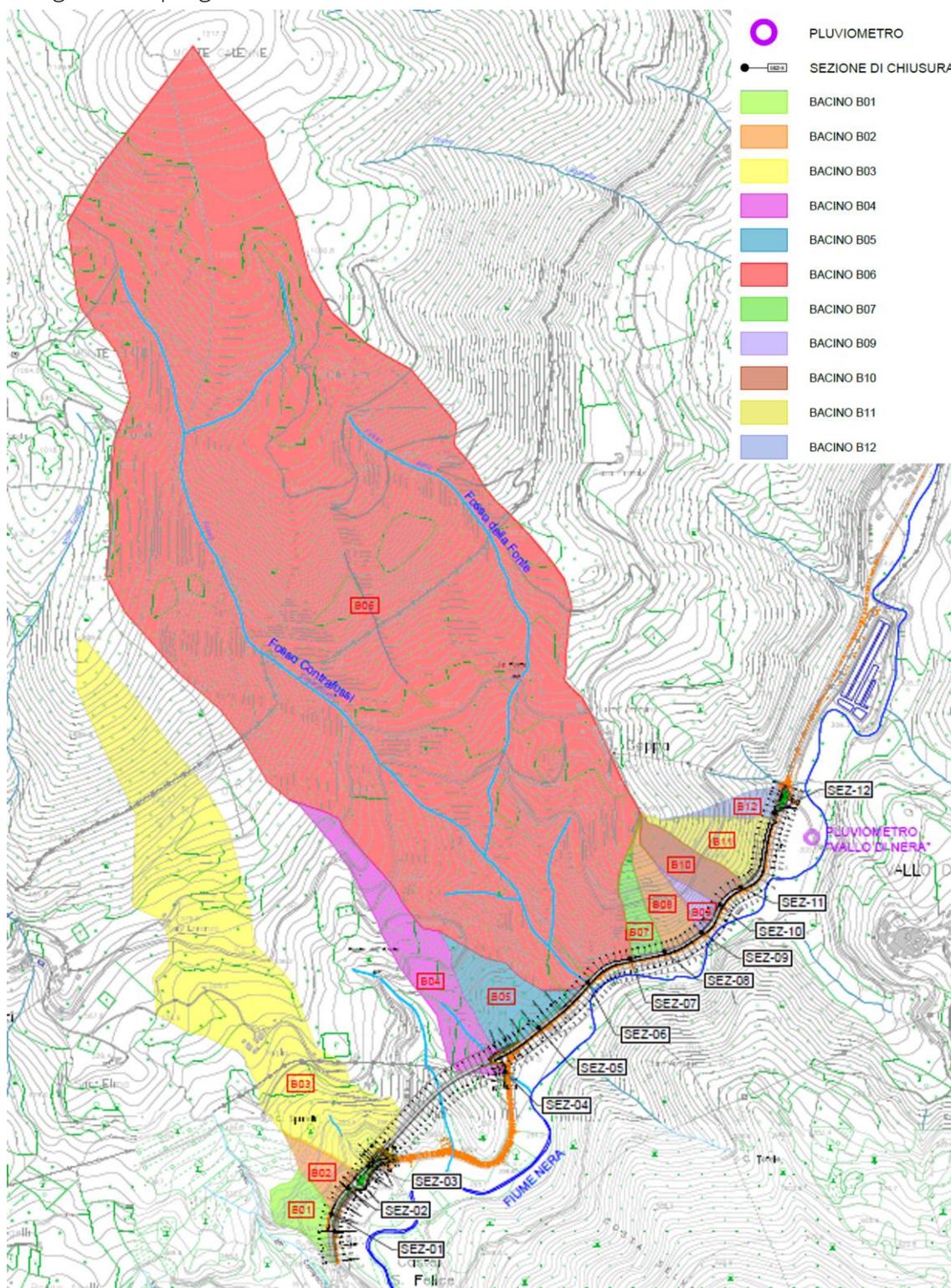
Planimetria dei manufatti idraulici di progetto



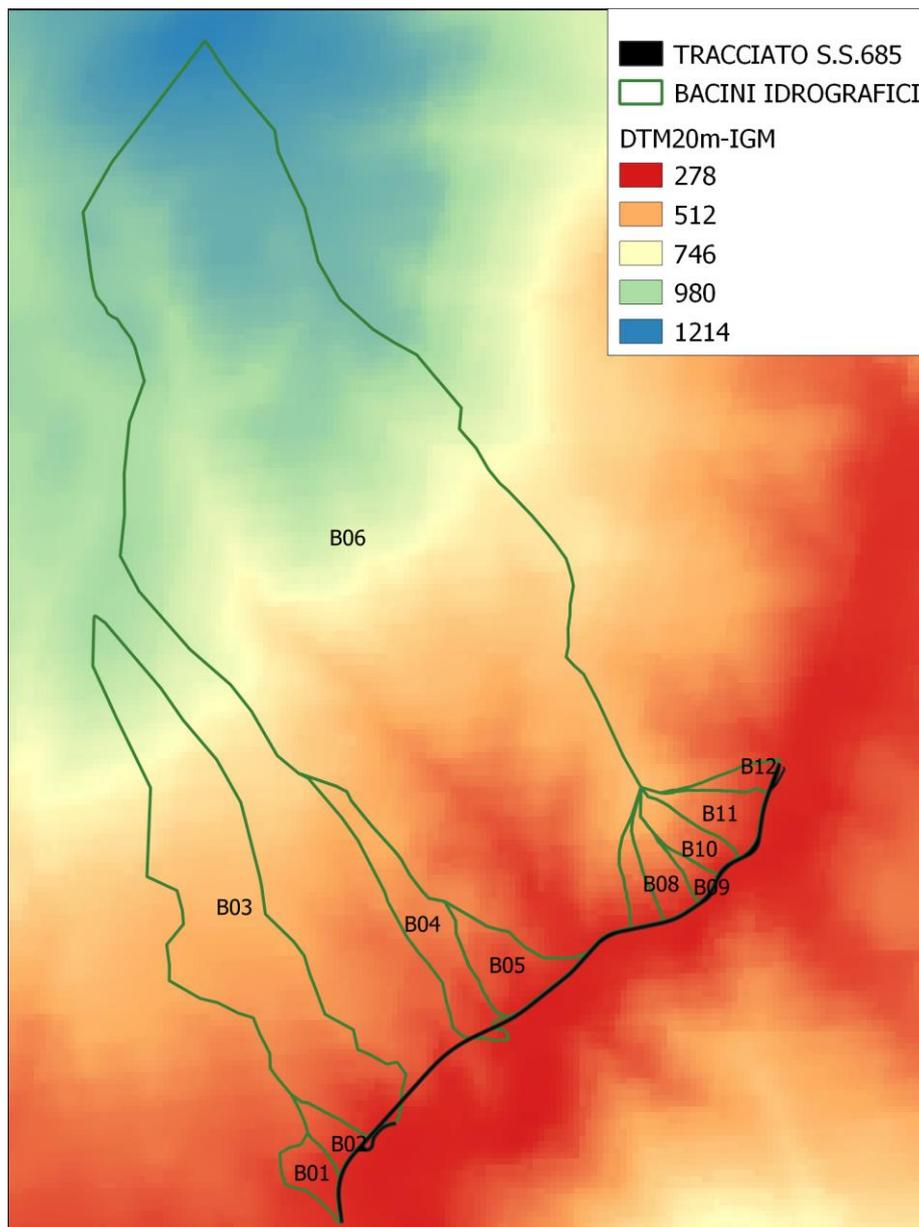
## 6 CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

Per caratterizzare la rete idrografica, individuare i limiti dei bacini, delineati a partire dalle sezioni di interesse, sono stati utilizzati il modello digitale idrologico del terreno di risoluzione pari a 20 m disponibile nel Geoportale Nazionale (DTM), la Carta Tecnica Regionale, i rilievi in situ e i dati disponibili sul Geoportale Regionale.

Nella figura a seguire si riporta la corografia dei bacini idrografici, per un maggior dettaglio si rimanda all'elaborato grafico di progetto.



Una volta definiti i bacini è stato possibile individuarne, mediante elaborazioni in ambiente GIS, le principali caratteristiche morfologiche, fisiche ed idrologiche.



In particolare, sono state ricostruite tramite analisi spaziale le seguenti caratteristiche:

- l'area del bacino (A);
- la lunghezza dell'asta idrografica principale (L);
- la quota iniziale dell'asta principale ( $H_{\max}$  asta);
- la quota del bacino alla sezione di chiusura ( $H_0$ );
- la quota più alta del bacino ( $H_{\max}$  bacino);
- la quota media del bacino ( $H_m$  bacino);
- la pendenza media dell'asta idrografica principale ( $i_m$  asta);
- la pendenza media del bacino ( $i_m$  bacino)

Si riportano nella seguente tabella le principali caratteristiche dei bacini idrografici:

CODICE BACINO	SEZIONE DI CHIUSURA	A	P	H <sub>0</sub>	H <sub>max</sub> bacino	H <sub>m</sub> bacino	i <sub>m</sub> bacino	L	H <sub>max</sub> asta	i <sub>m</sub> asta
		[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m s.l.m.]		[m s.l.m.]	%	[km]	[m s.l.m.]	%
B01	SEZ-01	0.032	0.82	309.0	379.0	334.9	0.0%	0.22	379	32.6%
B02	SEZ-08	0.023	0.79	303.0	414.0	351.7	0.0%	0.29	414	37.9%
B03	SEZ-02	0.526	4.59	298.0	980.0	569.7	0.0%	2.02	980	33.7%
B04	SEZ-03	0.117	2.54	298.0	606.0	437.3	0.0%	1.17	606	26.4%
B05	SEZ-04	0.073	1.38	295.0	456.0	358.4	0.0%	0.43	456	37.2%
B06	SEZ-05	2.913	7.97	302.0	1208.0	772.8	0.0%	3.90	1208	23.2%
B07	SEZ-06	0.025	1.10	307.0	539.0	399.2	0.0%	0.46	539	50.0%
B08	SEZ-07	0.038	1.09	305.0	545.0	409.2	0.0%	0.45	545	53.3%
B09	SEZ-02T	0.013	0.66	301.0	460.0	362.4	0.0%	0.27	460	92.2%
B10	SEZ-08	0.032	0.95	301.0	555.0	433.8	0.0%	0.40	555	63.5%
B11	SEZ-09	0.052	1.12	310.0	552.0	394.1	0.0%	0.43	552	56.9%
B12	SEZ-10	0.017	0.92	314.0	517.0	368.1	0.0%	0.37	517	55.2%

## 7 PLUVIOMETRIA

Per verificare se le opere di progetto siano compatibili con le forzanti esterne agenti sul bacino imbrifero bisogna valutare la quantità di acqua transitante attesa. Tale computo risulta tuttavia non banale in quanto il carattere aleatorio della grandezza indagata e la presenza, non sempre verificata, di misurazioni storiche con un campione di dati non sufficientemente numeroso rende necessario il ricorso ad analisi statistiche.

Nella pratica idrologica la stima delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno viene seguita a partire dalle piogge intense della medesima frequenza. Queste piogge, alla scala puntuale, vengono rappresentate con relazioni dette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP), da un punto di vista matematico esprimibili con la seguente legge di potenza:

$$h = at^n$$

Per la caratterizzazione pluviometrica dell'area si è fatto riferimento alla "Regionalizzazione delle piogge intense mediante analisi della variabilità spazio temporale delle precipitazioni intense" della Regione Umbria.

La Regione Umbria, con Decreto Dirigenziale 14183 del 22/12/2017, ha commissionato una ricerca metodologica ed operativa finalizzata all'analisi degli eventi estremi nel bacino del Tevere mediante lo sviluppo di un modello probabilistico di regionalizzazione delle precipitazioni basata sull'aggiornamento delle serie pluviometriche del Servizio Idrografico della Regione Umbria.

Le ricerche sono state condotte congiuntamente dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, CNR-IRPI, e dal Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia.

La definizione del regime delle piogge di breve durata e notevole intensità, attraverso le curve di possibilità pluviometrica, consente di valutare, con il metodo afflussi-deflussi, le portate al colmo di piena da adottare per il dimensionamento e la verifica dei manufatti idraulici.

Il punto di partenza dello studio è costituito dalla stima delle relazioni tra altezza di pioggia di assegnata durata e la corrispondente frequenza di accadimento, comunemente denominate curve di probabilità pluviometrica o linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, ottenute attraverso l'analisi statistica delle altezze di pioggia massime annuali delle stazioni pluviometriche disponibili al 31 dicembre 2015, laddove la numerosità di questi ultimi lo ha reso possibile (Morbidelli et al., 2016). Le stazioni per le quali è stato effettuato questo tipo di analisi sono 46 e sono ben distribuite sul territorio regionale. Lo studio di regionalizzazione delle precipitazioni analizza in forma congiunta i dati di pioggia delle stazioni pluviometriche valutandone il grado di omogeneità a partire dagli esiti dello studio a scala locale di Morbidelli et al. (2016). L'analisi consente di individuare le caratteristiche comuni del regime pluviometrico sull'intero territorio considerato e fornisce gli strumenti per un'eventuale suddivisione dell'area in sottoinsiemi omogenei.

La procedura sopra riportata, descritta nel rapporto "Revisione della regionalizzazione delle piogge intense mediante analisi della variabilità spazio-temporale delle precipitazioni intense" (<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione-piogge-intense/>), ha consentito di ottenere i valori regionalizzati degli spessori di pioggia per i tempi di ritorno (TC) pari a 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni e durata (D) pari a 1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 ore, pubblicati nel sito: <https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione>.

Tra le stazioni pluviometriche utilizzate nello studio c'è la stazione di Vallo di Nera, ubicata in prossimità del tracciato di progetto. Secondo le indicazioni fornite nel rapporto "nelle aree in cui siano presenti pluviometri della rete regionale per i quali sono state determinate le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) pubblicate in Morbidelli et al. (2016), si raccomanda di utilizzare lo spessore di pioggia più cautelativo tra quello ottenuto mediante la procedura di regionalizzazione e quello derivato dalle LSPP puntuali".

## 7.1 STIMA DEI PARAMETRI

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica più cautelativi sono risultati quelli stimati per la stazione pluviometrica di Vallo di Nera.

Per tale stazione sono disponibili i dati di pioggia relativi agli anni dal 1996 al 2015; la numerosità del campione è di 20 anni.

Le analisi statistiche sono state effettuate per i campioni degli spessori massimi annuali di durata pari a 5, 10, 15, 20, 30, 40 min e 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 ore.

La "curva segnalatrice di possibilità climatica" o più comunemente "curva di possibilità pluviometrica" o "curva di pioggia" è espressa nelle forme:

$$h = a \cdot t^{n'}$$

valida per durate inferiori ad un'ora

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

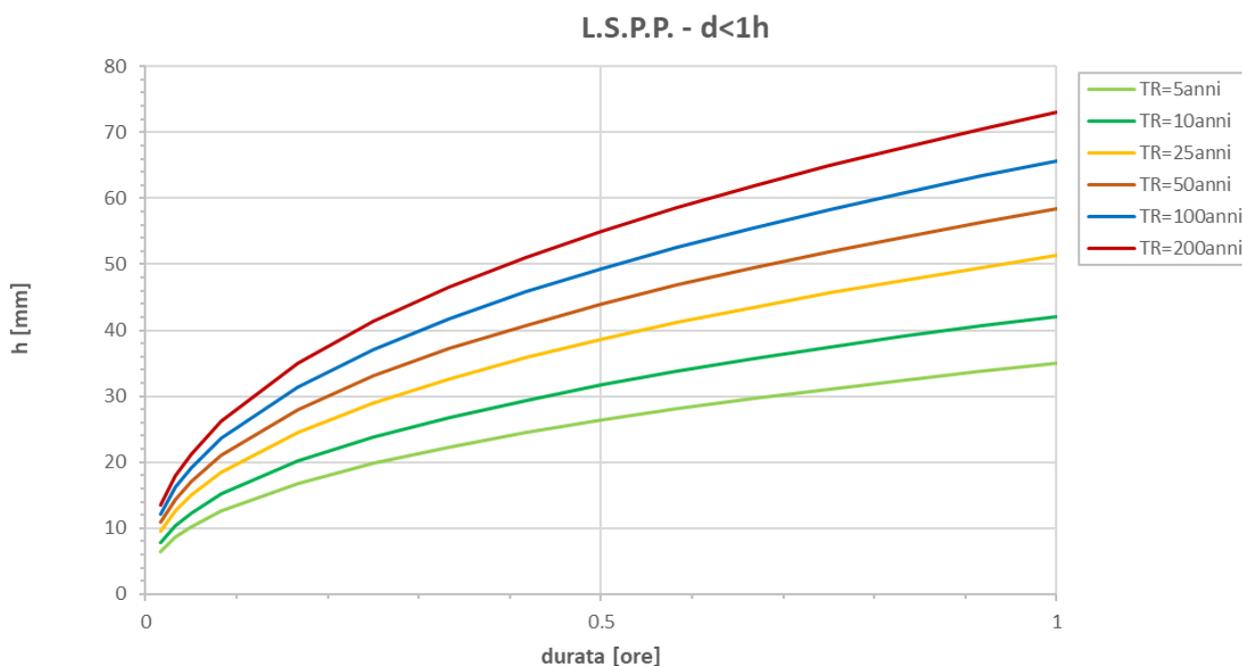
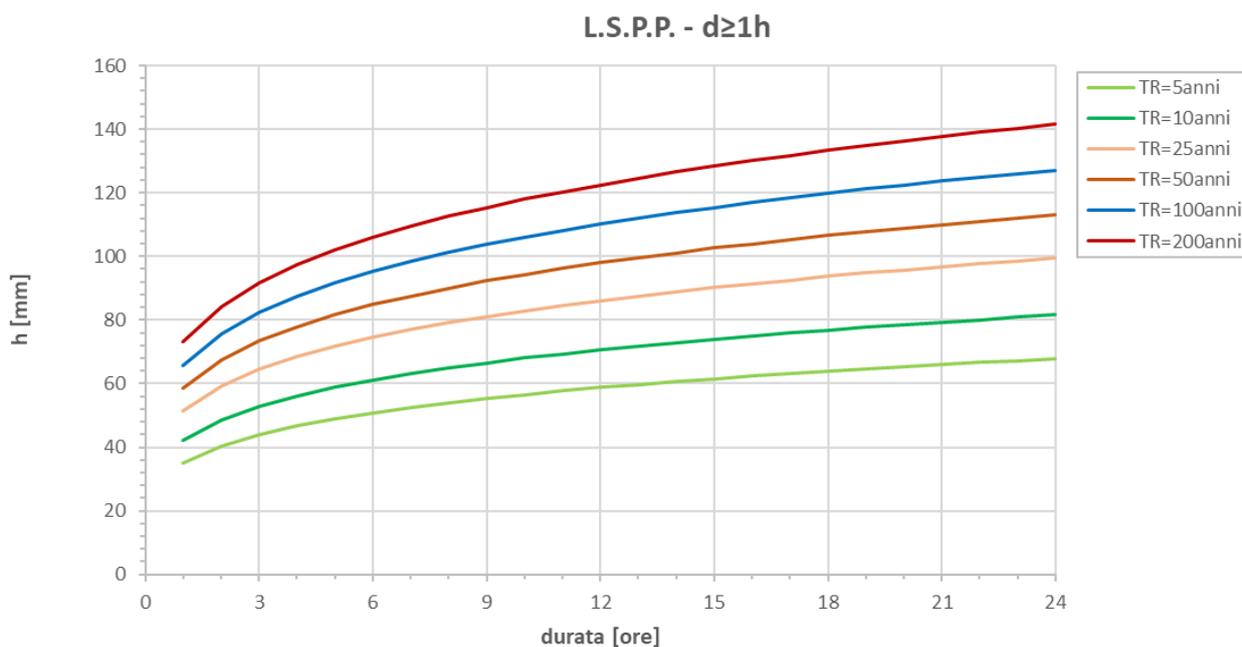
valida nell'intervallo di durate  $1 \text{ ora} \leq t \leq 48 \text{ ore}$

in cui:

- h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

- $t$  è la durata dell'evento meteorico espressa in ore;
  - $a$ ,  $n$  e  $n'$  sono i due parametri ottenuti dall'analisi statistica, in funzione del tempo di ritorno.
- Nella tabella a seguire si riportano i parametri relativi ai diversi tempi di ritorno.

TR [anni]	5	10	25	50	100	200
$a$	35.04	42.12	51.35	58.42	65.65	73.06
$n'$	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411
$n'$	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208



## 8 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

### 8.1 STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

In letteratura esistono diverse formulazioni che permettono di stimare il valore del tempo di corrivazione sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico.

Di seguito si riportano le relazioni più comunemente utilizzate e valide per bacini di dimensioni limitate come quelli in esame:

**Kirpich:** ha proposto una correlazione, in forma grafica, tra il tempo di corrivazione e il rapporto  $L/\sqrt{i_a}$  utilizzando i dati di sei piccoli bacini americani di area compresa tra 0.0051 e 0.433 km<sup>2</sup> successivamente corretta da Rowe e Thomas:

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

in cui  $t_c$  è espresso in ore e  $L$  [m] è la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, espressa in metri e  $i_a$  la sua pendenza (m/m).

**Pezzoli:** ha proposto una formula del tempo di corrivazione dedotta sulla base di misure relative ad alcuni piccoli bacini piemontesi. Bacini montani inferiori a 20 km<sup>2</sup>.

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

In cui  $t_c$  è espresso in ore,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale in km e  $i_a$  è la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

**Ventura:** Considerando la pendenza  $i_a$  dell'asta [m/m] e  $S$  la superficie in km<sup>2</sup>, Ventura esprime invece il tempo di corrivazione come:

$$t_c = 0.1272 \sqrt{\frac{S}{i_a}}$$

La formula è stata sviluppata per bacini inferiori a 40km<sup>2</sup>.

Si riportano, nella seguente tabella, i tempi di corrivazione calcolati per i bacini oggetto di studio. Il tempo di corrivazione adottato è la media dei tempi di corrivazione calcolati.

Nei casi in cui tale tempo è risultato inferiore a 0,083 ore (5 minuti) è stato adottato questo valore, che tiene conto di un tempo minimo di formazione del deflusso.

ID Bacino	tc	tc	tc	tc medio	tc progetto
	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
	Kirpich	Pezzoli	Ventura		
<b>B01</b>	0.03	0.02	0.04	0.03	<b>0.083</b>
<b>B02</b>	0.04	0.03	0.03	0.03	<b>0.083</b>
<b>B03</b>	0.17	0.19	0.16	0.17	<b>0.175</b>
<b>B04</b>	0.12	0.12	0.08	0.11	<b>0.111</b>
<b>B05</b>	0.05	0.04	0.06	0.05	<b>0.083</b>
<b>B06</b>	0.33	0.45	0.45	0.41	<b>0.409</b>
<b>B07</b>	0.05	0.04	0.03	0.04	<b>0.083</b>
<b>B08</b>	0.05	0.03	0.03	0.04	<b>0.083</b>
<b>B09</b>	0.02	0.02	0.01	0.02	<b>0.083</b>
<b>B10</b>	0.04	0.03	0.03	0.03	<b>0.083</b>
<b>B11</b>	0.04	0.03	0.04	0.04	<b>0.083</b>
<b>B12</b>	0.04	0.03	0.02	0.03	<b>0.083</b>

## 8.2 STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

La stima delle perdite idrologiche è stata effettuata con il metodo del Curve Number messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti [U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service (SCS), 1972].

Questo metodo, generalmente noto come metodo del "numero di curva", dalla denominazione inglese di Curve Number, che deriva dal simbolo usato per la sua parametrizzazione, CN. Il metodo assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale,  $P$ , sia proporzionale a quello precipitato,  $I$ , depurato dell'assorbimento iniziale,  $I_a$ , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato,  $F$ , e un volume specifico,  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno. Nell'ipotesi che

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{I - I_a}$$

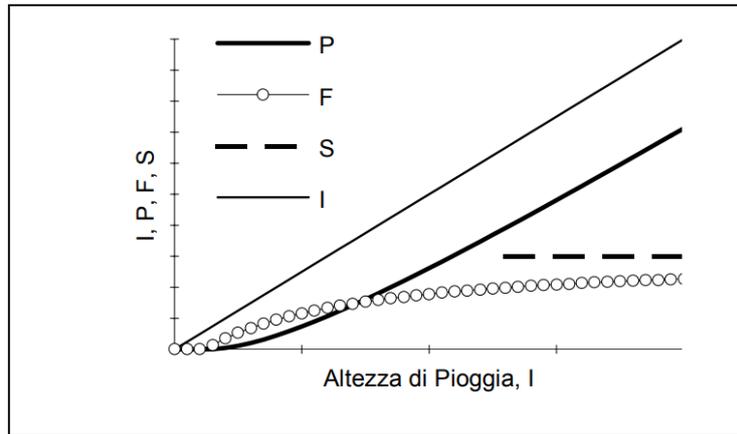
Il bilancio di massa

$$F = I - I_a - P$$

Consente di ottenere la relazione

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

che fornisce la stima del volume specifico di ruscellamento in funzione di quello di pioggia e di due parametri caratteristici del bacino: la capacità di assorbimento iniziale,  $I_a$ , e la massima ritenzione potenziale,  $S$ .



Per un certo stato iniziale di imbibimento del bacino al verificarsi di un evento intenso, la massima ritenzione potenziale,  $S$ , dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori, la natura del terreno e l'uso del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale  $CN$ , legato a  $S$  dalla relazione

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il coefficiente  $CN$  può assumere valori compresi tra 0 (suolo completamente permeabile) e 100 (suolo completamente impermeabile).

Il termine di assorbimento iniziale  $I_a$ , che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto a priori al bilancio in esame e descrive in modo globale un certo numero di processi differenti, quali l'intercettazione da parte della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali, e l'imbibimento iniziale del terreno, non è facilmente valutabile. Così definito, infatti, esso risulterebbe di difficile taratura, dovendo tenere conto di fattori climatici, geopedologici, e antropici assai complessi. Poichè i dati sperimentali indicano come questo parametro risulti sempre abbastanza correlato con la massima ritenzione potenziale,  $S$ , la procedura consigliata da U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service [1985] suggerisce, anche per ovviare alle difficoltà di taratura, di esprimerne, almeno in prima approssimazione, una stima basata semplicemente su una quota parte di  $S$ , ponendo cioè  $I_a = cS$ .

Poichè il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, ovvero dello stato di imbibimento del bacino, si assume che il valore di  $CN$  possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo qualitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena,  $API5$ . A seconda del valore di  $API5$ , vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito. Noto il valore di  $CN$  per le condizioni medie di imbibimento, ossia  $CNII$ , i valori relativi alle classi AMC I e III si possono valutare rispettivamente tramite le relazioni

$$CNI = \frac{CNII}{2.38 - 0.0138 \cdot CNII}$$

$$CNIII = \frac{CNII}{0.43 + 0.0057 \cdot CNII}$$

Per una data condizione AMC, il valore di CN dipende, innanzi tutto, dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore e minore permeabilità. Inoltre, per un dato tipo idrologico di suolo, il valore di CN varia, anche notevolmente, a seconda della tipologia di uso del suolo stesso, ossia della sua copertura vegetale e del suo grado di antropizzazione. Nella tabella a seguire si riportano i valori caratteristici di riferimento del parametro CN adottati (tabelle elaborate dalla US Soil Conservation Service), il cui valore si ottiene per incrocio delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo i 4 tipi idrologici A-B-C-D a permeabilità decrescente, e delle caratteristiche di uso prevalente del suolo e, più in generale, del territorio. I valori riportati si riferiscono a condizioni di imbibimento medie all'atto dell'evento di piena, ossia per AMC di tipo II, e forniscono quindi il valore di CNII.

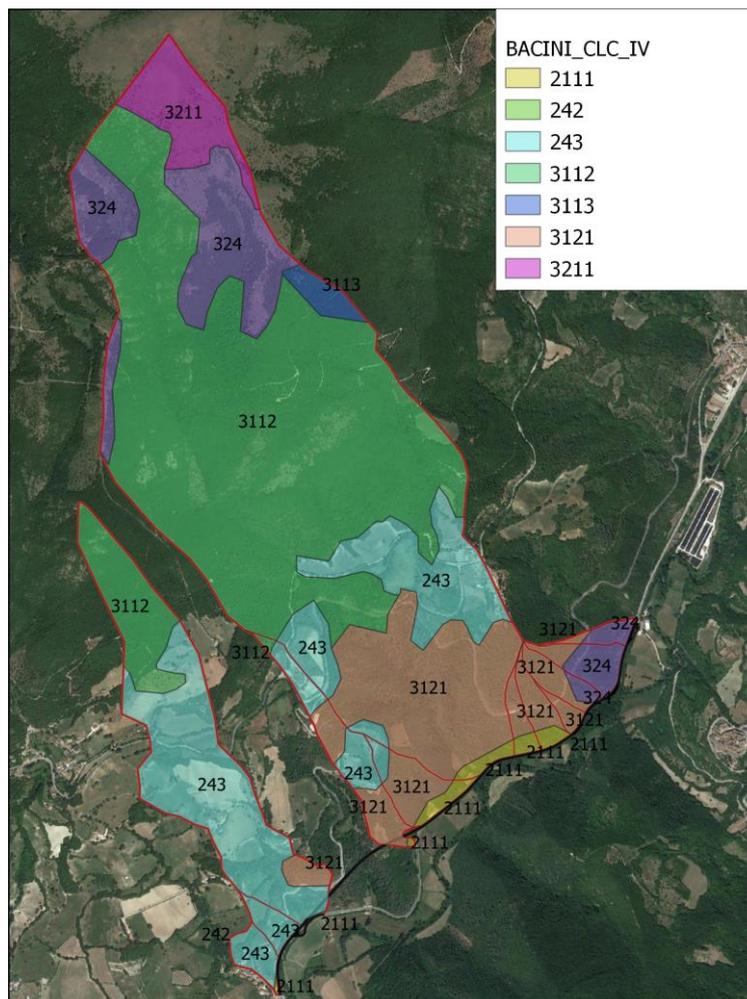
USO SUOLO (Corine Land Cover)		CNII per gruppi idrologici			
CODICE	DESCRIZIONE	A	B	C	D
111	Tessuto urbano continuo	77	85	90	92
112	Tessuto urbano discontinuo	61	75	83	87
121	Aree industriali e commerciali	89	90	94	94
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	98	98	98	98
123	Aree portuali	89	92	94	94
124	Aeroporti	81	88	91	93
131	Aree ad attività estrattiva	46	69	79	84
132	Discariche	46	69	79	84
133	Cantieri	46	69	79	84
141	Aree verdi urbane	39	61	74	80
142	Aree ricreative	39	61	74	80
211	Seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
213	Risaie	100	100	100	100
221	Vigneti	45	66	77	83
222	Frutteti e frutti minori	45	66	77	83
223	Oliveti	45	66	77	83
231	Prati stabili	30	58	71	78
241	Colture annuali associate e colture perenni	58	73	82	87
242	Sistemi colturali e particellari complessi	45	66	77	83
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	64	73	79	82
311	Boschi di latifoglie	36	60	73	79
312	Boschi di conifere	36	60	73	79
313	Boschi misti	36	60	73	79
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	49	69	79	84
322	Brughiere e cespugliete	49	69	79	84
323	Aree a vegetazione sclerofilla	49	69	79	84
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	43	65	76	82
331	Spiagge, dune, sabbie	76	85	89	91
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	77	86	91	94
333	Aree con vegetazione rada	49	69	79	84
334	Aree percorse da incendi	77	86	91	94
411	Paludi interne	100	100	100	100

USO SUOLO (Corine Land Cover)		CNII per gruppi idrologici			
CODICE	DESCRIZIONE	A	B	C	D
422	Saline	100	100	100	100
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	100	100	100	100
512	Bacini d'acqua	100	100	100	100

Nel caso in cui nel bacino siano presenti differenti tipi di terreno o questo sia utilizzato in differenti modi, si ricorre ad un valore medio di CN. Come suggerito da Mancini e Rosso (1989), si utilizza il valore medio a scala di bacino del parametro S, mediante un'integrazione spaziale dei valori puntuali, anziché un'integrazione dei valori di CN a causa della non linearità dell'equazione che lega i due parametri.

$$\bar{S} = \frac{S_1 A_1 + S_2 A_2 + \dots + S_i A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i}$$

Il calcolo del Curve Number è stato effettuato in ambiente GIS utilizzando le mappe di uso del suolo (Corine Land Cover 2018), la carta geolitologica d'Italia e la carta idrogeologica della Regione Umbria. Nella figura a seguire si riporta l'intersezione dei bacini idrografici con la carta dell'uso suolo.



Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime frequentemente il terreno del bacino si presenta in condizioni di elevata umidità, si è preferito adottare il valore di  $CN_{III}$ .

Nella tabella seguente si riportano i valori stimati per i bacini idrografici.

	CNII	CNIII	S	la
		[mm]	[mm]	[mm]
B01	79.1	89.67	29.3	1.5
B02	79.0	89.64	29.4	1.5
B03	73.9	86.42	41.0	2.1
B04	75.9	87.84	35.3	1.8
B05	75.5	87.58	36.2	1.8
B06	66.0	81.49	58.7	2.9
B07	75.5	87.58	36.2	1.8
B08	74.9	87.23	37.3	1.9
B09	73.0	86.16	40.8	2.0
B10	73.8	86.61	39.3	2.0
B11	75.3	87.51	36.3	1.8
B12	75.4	87.59	36.0	1.8

Il coefficiente di deflusso  $\varphi$  viene ottenuto calcolando il rapporto tra l'altezza di pioggia efficace (P) e l'altezza di pioggia totale (I):

$$\varphi = \frac{P}{I}$$

Nella tabella a seguire si riportano, i parametri del coefficiente di deflusso stimati per i tempi di ritorno di progetto di 50 e 200 anni.

ID	I (TR50)	P (TR50)	$\varphi(50)$	I (TR200)	P (TR200)	$\varphi(200)$
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	
B01	21.04	7.85	0.37	26.31	11.41	0.43
B02	21.04	7.83	0.37	26.31	11.39	0.43
B03	28.53	10.38	0.36	35.67	15.14	0.42
B04	23.70	8.41	0.35	29.64	12.30	0.42
B05	21.04	6.68	0.32	26.31	9.90	0.38
B06	40.46	14.64	0.36	50.60	21.37	0.42
B07	21.04	6.67	0.32	26.31	9.89	0.38
B08	21.04	6.51	0.31	26.31	9.68	0.37
B09	21.04	6.03	0.29	26.31	9.05	0.34
B10	21.04	6.23	0.30	26.31	9.31	0.35
B11	21.04	6.66	0.32	26.31	9.87	0.38
B12	21.04	6.70	0.32	26.31	9.93	0.38

### 8.3 MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI

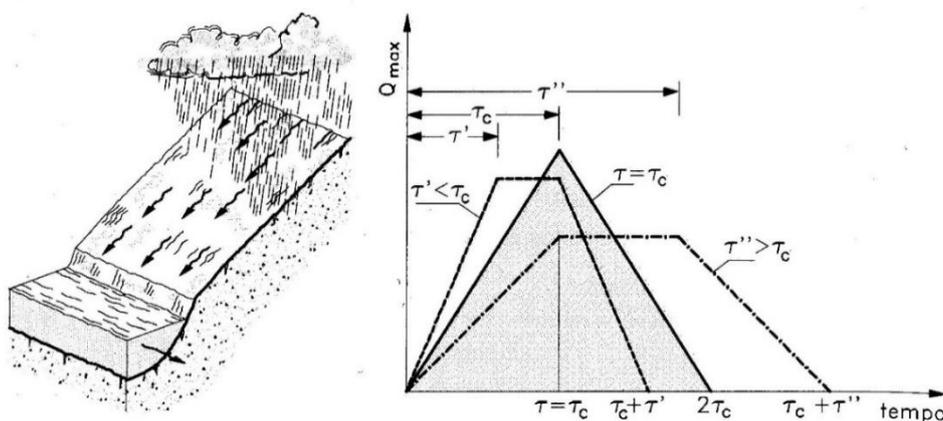
Il metodo utilizzato per la stima delle portate è quello definito come razionale o del ritardo di corrivazione. Il metodo razionale permette il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione e si basa sulle seguenti ipotesi:

- 1) la formazione della piena si basa unicamente su un fenomeno di trasferimento di massa liquida;
- 2) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta;
- 3) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse è indipendente dalle altre;
- 4) la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura;
- 5) la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento.

Dalle ipotesi 1) e 2), sopra formulate, il tempo impiegato da ciascuna goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, definito come tempo di corrivazione puntuale, risulta essere necessariamente univoco per ogni punto del bacino stesso; il tempo di corrivazione massimo viene a coincidere con il tempo di corrivazione del bacino.

In figura è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quello di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.



La definizione della portata di piena avviene tramite la formula:

$$Q = \frac{1000 \varphi A h(t_c, Tr)}{3600 t_c}$$

dove:

- $\varphi$  = coefficiente adimensionale di deflusso (o di riduzione);

- $A$  = superficie del bacino ( $\text{km}^2$ );
- $h(t_c, Tr)$  = altezza di pioggia di durata e tempo di ritorno prefissati (mm);
- $t_c$  = tempo di corrivazione del bacino (ore).

Utilizzando, per il calcolo dell'altezza di pioggia, un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, si ottengono le portate maggiormente critiche in quanto sono tali da mettere tutto il bacino in condizione di contribuire al deflusso attraverso la sezione considerata ed allo stesso tempo sono quelle più intense in quanto di ridotta durata.

#### 8.4 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA

Nelle tabelle a seguire si riportano le portate stimate con il metodo razionale, per i diversi tempi di ritorno per i diversi bacini alla sezione di chiusura.

CODICE BACINO	SEZIONE DI CHIUSURA	A	tc progetto	i(50)	$\varphi(50)$	Q(50)	Q (50)/A	i(200)	$\varphi(200)$	Q(200)	Q (200)/A
		[ $\text{km}^2$ ]	[h]	[mm/h]	[mm]	[ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	[ $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ]	[mm/h]		[ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	[ $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ]
B01	SEZ-01	0.03	0.08	252.46	19.58	0.85	26.16	315.73	0.43	1.24	38.04
B02	SEZ-02	0.02	0.08	252.46	19.57	0.61	26.09	315.73	0.43	0.88	37.96
B03	SEZ-03	0.53	0.17	163.21	26.47	8.68	16.50	204.12	0.42	12.66	24.07
B04	SEZ-04	0.12	0.11	212.77	21.94	2.46	20.98	266.09	0.42	3.60	30.69
B05	SEZ-05	0.07	0.08	252.46	19.23	1.62	22.25	315.73	0.38	2.40	32.98
B06	SEZ-06	2.91	0.41	98.89	37.53	28.96	9.94	123.68	0.42	42.26	14.51
B07	SEZ-07	0.03	0.08	252.46	19.23	0.56	22.24	315.73	0.38	0.83	32.98
B08	SEZ-08	0.04	0.08	252.46	19.17	0.81	21.69	315.73	0.37	1.21	32.25
B09	SEZ-09	0.01	0.08	252.46	19.00	0.26	21.04	315.73	0.34	0.38	30.17
B10	SEZ-10	0.03	0.08	252.46	19.07	0.67	21.04	315.73	0.35	0.99	31.05
B11	SEZ-11	0.05	0.08	252.46	19.22	1.15	22.19	315.73	0.38	1.71	32.91
B12	SEZ-12	0.02	0.08	252.46	19.24	0.38	22.34	315.73	0.38	0.56	33.10

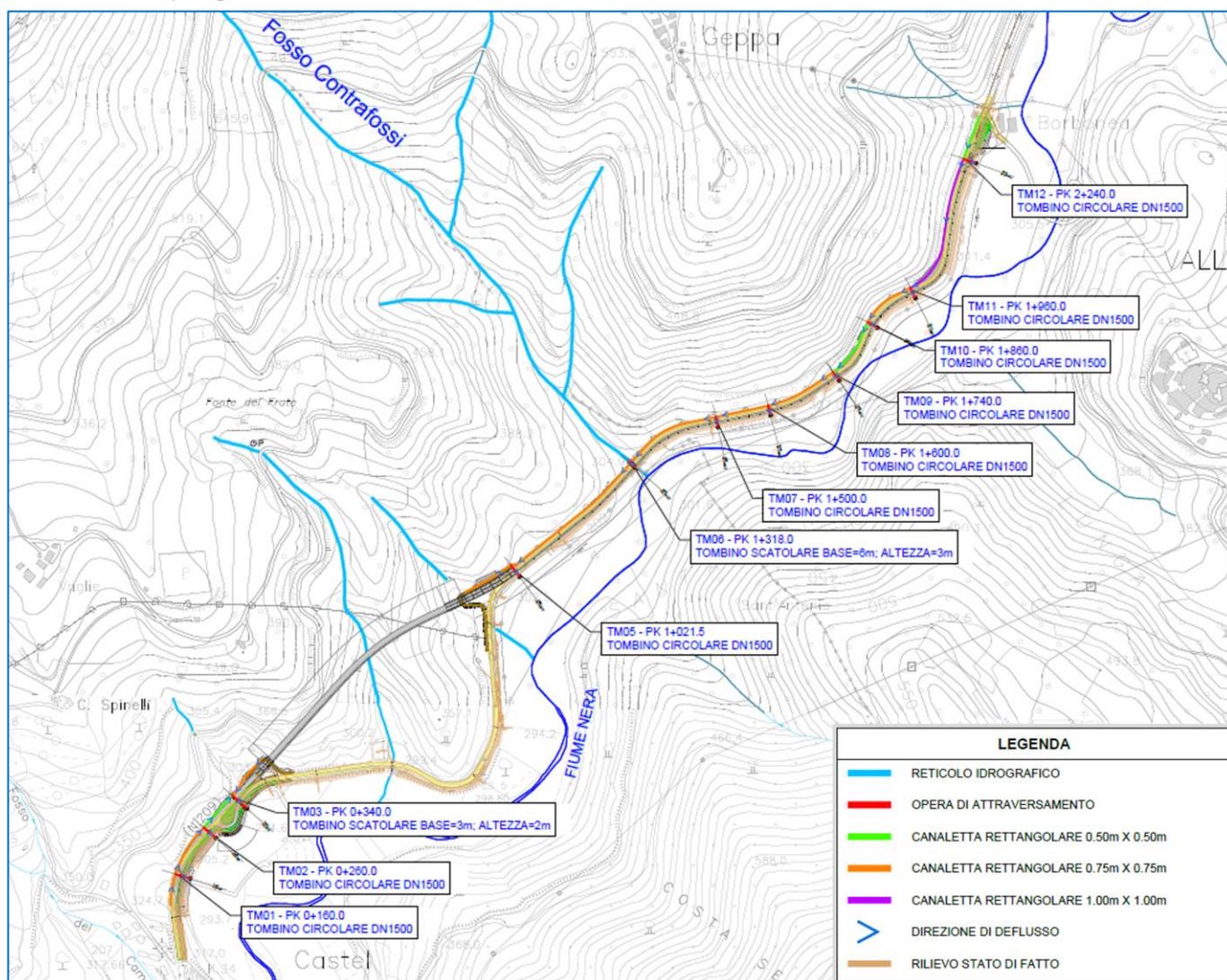
## 9 VERIFICA DEI TOMBINI DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DI PROGETTO

Nel presente capitolo si riporta la verifica dei tombini di attraversamento in progetto, descritti nel capitolo 5, effettuata per tempo di ritorno di 200 anni.

I criteri di verifica adottati, secondo le NTC 2018 e relativa circolare applicativa, sono:

- Portata di verifica corrispondente a 200 anni di tempo di ritorno;
- Grado di riempimento massimo corrispondente a 2/3 dell'altezza e comunque franco minimo di 0,5 m dall'intradosso.

A seguire si riporta la planimetria con indicazione dei manufatti di attraversamento idraulico in progetto e la tabella riepilogativa dell'ubicazione e delle caratteristiche dei tombini.



ID OPERA	PK	ID BACINO CONTRIBUENTE	Pendenza	TIPOLOGICO
TM01	0+160.0	B01	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM02	0+260.0	B02	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM03	0+340.0	B03	0.50%	SCATOLARE 3.0m x 2.0m
TM05	1+021.5	B05	4.40% - 0.50%	CIRCOLARE DN1500

ID OPERA	PK	ID BACINO CONTRIBUENTE	Pendenza	TIPOLOGICO
TM06	1+318.0	B06	1.00%	SCATOLARE 6.0m x 3.0m
TM07	1+500.0	B07	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM08	1+600.0	B08	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM09	1+740.0	B09	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM10	1+860.0	B10	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM11	1+960.0	B11	5.00%	CIRCOLARE DN1500
TM12	2.240.0	B12	5.00%	CIRCOLARE DN1500

Il moto all'interno dei tombini si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\mathfrak{R}j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

- $Q$ : portata ( $m^3/s$ );
- $k$ : coefficiente di scabrezza di Strickler ( $m^{1/3}/s$ );
- $A$ : area bagnata ( $m^2$ );
- $C$ : contorno bagnato (m);
- $j$ : pendenza (m/m);
- $\mathfrak{R} = \frac{A}{c}$ : raggio idraulico (m).

Per la verifica si è posto un coefficiente di scabrezza  $k_s$  pari a:

- 60  $m^{1/3}/s$  per il cls gettato in opera;
- 70  $m^{1/3}/s$  per il cls prefabbricato

A seguire si riportano le tabelle con i risultati delle verifiche.

D OPERA	Q BACINO	Q PIATT.	TIRANTE (h)	A	C	R	X	Q	V	Fr	Gr	FRANCO
			[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]		[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]			[m]
TM01	1.24	0.12	0.34	0.30	1.48	0.20	45.88	1.36	4.59	3.01	22.4%	1.16
TM02	0.88	0.08	0.28	0.23	1.35	0.17	44.75	0.96	4.15	2.98	18.9%	1.22
TM03	12.67	0.08	1.28	3.84	5.56	0.69	56.42	12.75	3.32	0.30	64.1%	0.72
TM05	2.40	0.17	0.89	1.09	2.64	0.41	51.80	2.57	2.36	0.87	59.3%	0.61
TM06	42.25	0.14	1.27	7.62	8.54	0.89	58.87	42.40	5.56	0.50	42.3%	1.73
TM07	0.85	0.09	0.28	0.23	1.34	0.17	44.66	0.94	4.12	2.98	18.7%	1.22
TM08	1.21	0.11	0.33	0.29	1.47	0.20	45.80	1.32	4.55	3.01	22.1%	1.17
TM09	0.38	0.10	0.20	0.14	1.13	0.13	42.51	0.48	3.38	2.89	13.5%	1.30
TM10	1.00	0.08	0.30	0.25	1.39	0.18	45.13	1.08	4.29	2.99	20.0%	1.20
TM11	1.71	0.26	0.41	0.39	1.64	0.24	47.14	1.97	5.11	3.03	27.0%	1.09
TM12	0.60	0.08	0.24	0.18	1.23	0.15	43.60	0.68	3.74	2.94	15.9%	1.26

Come si evince dai risultati delle verifiche i tombini risultano verificati con un grado di riempimento massimo del 64.1% e un franco idraulico sempre maggiore di 1/3 della luce.

## 10 VERIFICA DELLA CANALETTA RETTANGOLARE

L'acqua di versante attualmente confluisce nella cunetta a margine della carreggiata sinistra e viene recapitata a valle, insieme alle acque di piattaforma, mediante i tombini precedentemente descritti. Il progetto prevede la realizzazione di una canaletta rettangolare delle dimensioni di 0.5mx0.5m e 0.6mx0.6m posta a tergo della cunetta sul margine sinistro della carreggiata che scarica le acque in corrispondenza degli scarichi attuali garantendo una maggiore sicurezza idraulica della strada e il rispetto dell'invarianza idraulica non alterando l'attuale assetto idraulico dell'area.

Nel presente capitolo si riporta la verifica della canaletta per tempo di ritorno di 50anni.

Nella tabella seguente si riportano le portate afferenti ai diversi tratti e i parametri adottati per la stima.

PROGRESSIVA MONTE	PROGRESSIVA VALLE	LUNGHEZZA	AREA CONTRIBUENTE	$\phi(50)$	TEMPO DI ACCESSO	TEMPO DI CONCENTRAZIONE	INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE	PORTATA IDROLOGICA
		[m]	[m <sup>2</sup> ]		[h]	[h]	[mm/h]	[m <sup>3</sup> /s]
0.0	160.0	160.0	32475.0	0.37	0.167	0.183	158.7	0.534
160.0	260.0	100.0	23310.0	0.37	0.167	0.176	162.3	0.391
260.0	340.0	80.0	4700.0	0.36	0.167	0.187	156.7	0.074
1320.0	1020.0	300.0	36759.0	0.32	0.167	0.199	151.1	0.489
1500.0	1320.0	180.0	31650.0	0.36	0.167	0.187	156.7	0.499
1600.0	1500.0	100.0	25200.0	0.32	0.167	0.185	158.0	0.351
1740.0	1600.0	140.0	37500.0	0.31	0.167	0.186	157.4	0.507
1860.0	1740.0	120.0	12580.0	0.29	0.167	0.192	154.5	0.155
1960.0	1860.0	100.0	32032.0	0.30	0.167	0.177	161.7	0.426
2240.0	1960.0	280.0	51980.0	0.30	0.167	0.196	152.6	0.661
2320.0	2240.0	80.0	16915.0	0.32	0.167	0.177	162.0	0.242

Il moto all'interno del canale è stato descritto adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, si è utilizzata la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{Rj} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

- Q: portata ( $m^3/s$ );
- k: coefficiente di scabrezza di Strickler ( $m^{1/3}/s$ );
- A: area bagnata ( $m^2$ );
- C: contorno bagnato (m);
- j: pendenza (m/m);
- $\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$ : raggio idraulico (m).

Per la verifica si è posto un coefficiente di scabrezza  $k_s$  pari a  $70 m^{1/3}/s$ .

Nella tabella a seguire si riportano i risultati delle verifiche.

PROGRESSIVA MONTE	PROGRESSIVA VALLE	BASE	ALTEZZA	PENDENZA	TIRANTE	A	R	X	Q	V	Fr	H	Gf	DH
		[m]	[m]		[m]	[m2]	[m]		[m3/s]	[m/s]		[m]		[m]
0.0	160.0	0.600	0.600	1.70%	0.334	0.200	0.158	51.466	0.534	2.667	0.471	0.000	55.6%	0.27
160.0	260.0	0.500	0.500	2.50%	0.274	0.137	0.131	49.872	0.391	2.852	0.555	0.000	54.9%	0.23
260.0	340.0	0.500	0.500	0.60%	0.138	0.069	0.089	46.763	0.074	1.080	0.296	0.000	27.6%	0.36
1320.0	1020.0	0.600	0.600	1.60%	0.320	0.192	0.155	51.290	0.489	2.552	0.460	0.000	53.3%	0.28
1500.0	1320.0	0.600	0.600	1.40%	0.341	0.205	0.160	51.555	0.499	2.437	0.425	0.000	56.8%	0.26
1600.0	1500.0	0.600	0.600	0.52%	0.381	0.228	0.168	51.986	0.351	1.536	0.254	0.000	63.4%	0.22
1740.0	1600.0	0.600	0.600	0.87%	0.415	0.249	0.174	52.311	0.507	2.036	0.322	0.000	69.2%	0.18
1860.0	1740.0	0.500	0.500	0.60%	0.234	0.117	0.121	49.216	0.155	1.325	0.279	0.000	46.7%	0.27
1960.0	1860.0	0.500	0.500	1.80%	0.332	0.166	0.143	50.602	0.426	2.565	0.453	0.000	66.5%	0.17
2240.0	1960.0	0.600	0.600	1.50%	0.413	0.248	0.174	52.290	0.661	2.669	0.424	0.000	68.8%	0.19
2320.0	2240.0	0.500	0.500	1.60%	0.227	0.113	0.119	49.082	0.242	2.140	0.458	0.000	45.3%	0.27

Come si evince dai risultati delle verifiche la canaletta risulta sempre verificata con un grado di riempimento sempre inferiore al 70%.