

REGIONE
ABRUZZO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

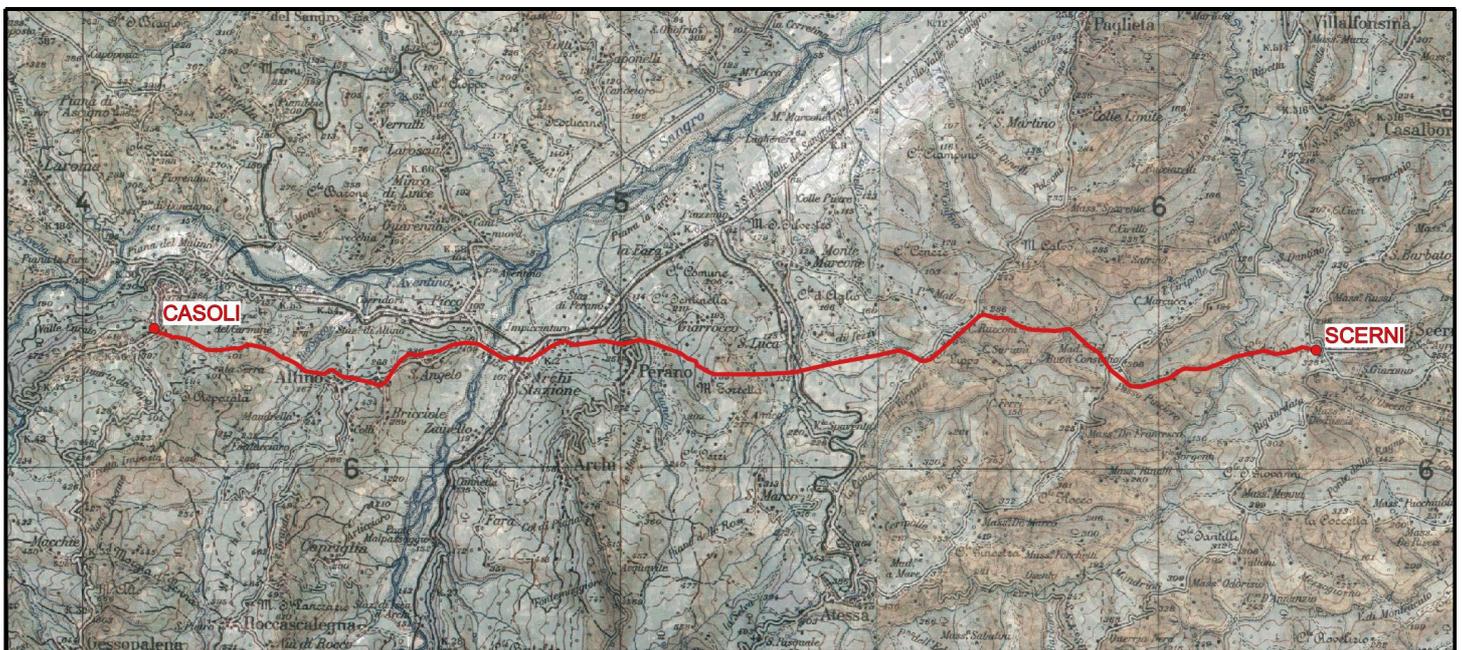


Mims

Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili

POTENZIAMENTO DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO "VERDE" Riqualficazione delle condotte adduttrici esistenti e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica dell'acquedotto Verde

Il stralcio funzionale Casoli - Scerni" - CUP: E11B21004480006
PNRR-M2C4-I4.1-A2-35



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

TITOLO ELABORATO

ELABORATI GENERALI
ELABORATI GENERALI
Relazione idrologica

SCALA

FOGLIO

IL PROGETTISTA



Ai ENGINEERING S.r.l. - Ai Studio
Corso Ferrucci, 112 Blocco B (VI° Piano) 10138 Torino - Italy
Tel: +39 011 53 14 511 | Fax: +39 011 56 83 482
E-mail: posta@aigroup.it | Website: www.aigroup.it



Dott. geol. Giovanni Mancini
Via Vidacchio, 4 63100 Ascoli Piceno - Italy
E-mail: info@geomancini.it

FASE	OPERA	TIPO DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REV.	CODIFICA
FTE	GEN	R	005	00	FTE_GEN_R_005_00

R.U.P.

Dott. Fabrizio Talone

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	27/10/2022	EMISSIONE	T.Raimondo	E.Perucca	J.Tarchiani

Indice

1	INTRODUZIONE E RIFERIMENTI NORMATIVI	1
2	IDROLOGIA	2
2.1	Modello AFFLUSSI – DEFLUSSI	4
2.1.1	Metodo Razionale	4
2.1.2	Coefficiente di deflusso (ρ)	4
2.1.3	Tempo di Corrivazione	5
2.2	Elaborazione dei dati pluviometrici	7
3	RIO SECCO	8
3.1	Applicazione del modello AFFLUSSI – DEFLUSSI	9
4	FIUME SANGRO	10
4.1	Applicazione del modello AFFLUSSI – DEFLUSSI	11
5	TORRENTE APPELLO	12
5.1	Applicazione del modello AFFLUSSI – DEFLUSSI	13
6	FIUME OSENTO	14
6.1	Applicazione del modello AFFLUSSI – DEFLUSSI	16

1 INTRODUZIONE E RIFERIMENTI NORMATIVI

SASI S.p.a ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Imprese formato da *AI Engineering s.r.l. (mandataria)*, *Ai Studio (mandante)* e *Dott. Geol. Giovanni Mancini (mandante)* l'incarico riguardante la prestazione di servizi di ingegneria inerenti alla progettazione di fattibilità tecnico-economica, con assolvimento delle prestazioni geologiche annesse, relativa alla realizzazione delle opere denominate "Riqualificazione delle condotte adduttrici esistenti e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica dell'acquedotto Verde". CUP: E11821004480006 ; PNRR-M2C4-I4.1-A2-35

La Società Abruzzese per il Servizio Idrico Integrato (S.A.S.I. s.p.a) si occupa del controllo e della gestione della fornitura idrica della regione Abruzzo, dove attraverso un complesso organo costituito da un sistema di captazione, di condotte idriche adduttrici, di serbatoi e reti idriche interne comunali, alimenta e soddisfa il fabbisogno di 92 Comuni per un totale di circa 300.000 abitanti. L'approvvigionamento principale avviene tramite un sistema di acquedotti gestiti dall'ex Consorzio denominati Acquedotto del Verde, Acquedotto dell'Avello, Acquedotto di Capo Vallone, Acquedotto di Atessa, Acquedotto Acquevive (o di Taranta Peligna) e l'Acquedotto del Sinello. La rete acquedottistica di adduzione è stata realizzata a partire dall'inizio degli anni 50' e articolata in gallerie, scavi in trincea e attraversamenti.

Tra questi l'Acquedotto del Verde è il più importante acquedotto esistente all'interno dell'A.T.O 6. È alimentato dalle sorgenti del Verde nella Val di Serviera nel comune di Fara San Martino, ai piedi del massiccio della Maiella attraverso opere di presa costituite da gallerie e pozzi. L'acquedotto si articola in un'adduttrice principale che va da Fara San Martino a Casoli, raddoppiata in alcuni tratti e, a partire dal partitore di Casoli si divide in due grandi adduttrici, l'adduttrice Nord (che serve i comuni dell'area Lancianese e Ortonese) e l'adduttrice Est (che serve tutta l'area Vastese).

Il presente progetto costituisce il II° stralcio funzionale della realizzazione della terza condotta in affiancamento a quelle esistenti del sistema acquedottistico Verde ubicato tra i nodi di Casoli e Scerni. L'intervento si colloca nell'ottica di riorganizzazione della risorsa idrica gestita da S.A.S.I che prevede di potenziare la capacità di trasporto dell'Acquedotto Verde e al contempo di aumentare la resilienza dell'intera rete di distribuzione. Tale intervento consentirebbe di assicurare anche una maggiore efficienza e gestione del sistema in caso di guasti.

Stabilito l'andamento planimetrico ed altimetrico del tracciato in progetto, per la redazione del Progetto di fattibilità Tecnica ed Economica dell'intervento è necessario a questo punto effettuare opportune verifiche di compatibilità idraulica, data la presenza di attraversamenti aerei che interessano alcuni dei corsi d'acqua principali come il Rio Secco, il Fiume Sangro, il Fiume Appello e il Fiume Osento.

Data la necessità di realizzare una struttura aerea di attraversamento per ciascuna interferenza con i suddetti corpi idrici principali, tale relazione si concentra sui risultati delle modellazioni idrologiche dei bacini dei corsi d'acqua in questione con l'obiettivo di avere un quadro conoscitivo accurato ed aggiornato. Ai fini della modellazione idraulica di tali attraversamenti aerei e della loro verifica di compatibilità, è stato necessario individuare le portate al colmo di piena per un tempo di ritorno di 200 anni come quanto richiesto dalle NTC2018 per la determinazione del franco idraulico.

2 IDROLOGIA

Il tracciato della nuova condotta in progetto tra i nodi di Casoli e Scerni mostra un numero di 4 interferenze ove prevista la realizzazione di attraversamenti aerei, ed in particolare le interferenze con i corsi d'acqua denominati Rio Secco, Sangro, Appello e Osento. Per lo sviluppo delle analisi idrologiche di ciascun bacino dei corsi sopracitati si è approfondito il loro quadro geomorfologico valutando dettagliatamente, con l'ausilio di strumenti GIS, le caratteristiche morfologiche degli elementi principali delle aree di impluvio.

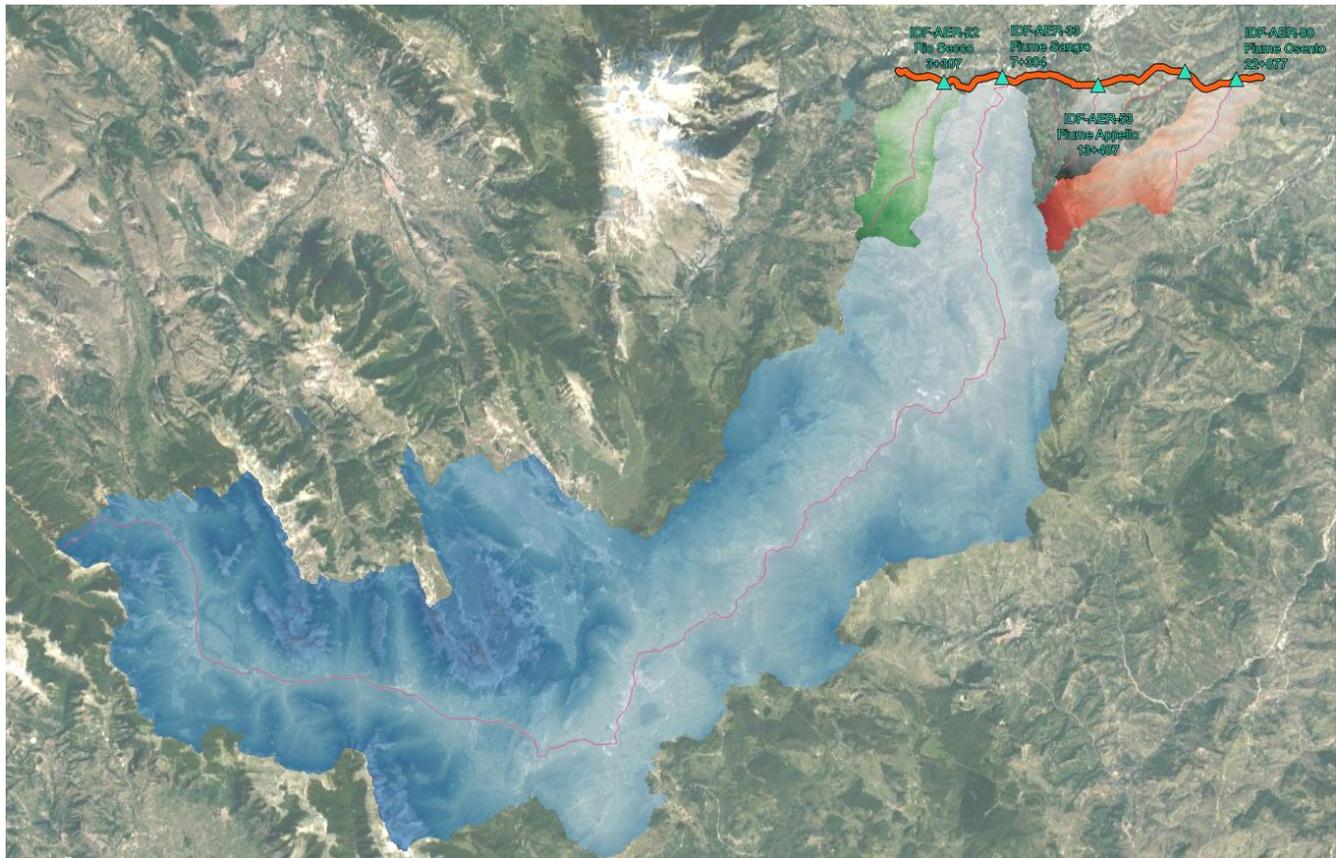


Figura 1 – Inquadramento generale dei bacini che insistono sul tracciato della condotta in progetto.

La presente analisi idrologica vede come punto di partenza quanto redatto nel PSDA (Piano Stralcio Difesa Alluvioni) della regione Abruzzo. Questa ha affidato al raggruppamento Beta Studio s.r.l – WL | Delft Hydraulics l'incarico relativo alla realizzazione del "Piano Stralcio di Bacino Difesa Alluvioni" riferito ai bacini idrografici di rilievo regionale ed a quello di rilievo interregionale del fiume Sangro con obiettivi generali sia la delimitazione delle aree di pertinenza fluviale sia l'individuazione delle aree a rischio alluvionale.

In particolare, nell'elaborato illustrativo "Studi idrologici per la valutazione delle piene" vengono sviluppate le analisi idrologiche condotte sui principali corsi d'acqua di interesse della regione Abruzzo prestando particolare attenzione a:

- Valutazione puntuale su scala territoriale delle curve di possibilità pluviometrica, nonché delle altezze di precipitazione di durata d (1 – 24 h) e tempo di ritorno T (anni);
- Valutazione nelle sezioni di interesse delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena di assegnato T , dei volumi e dell'evoluzione temporale dell'onda di piena.

Nel suddetto elaborato vengono stimate le altezze di precipitazione e le portate di interesse in corrispondenza dei tempi di ritorno $T = 20, 50, 100, 200, 500$ anni attraverso la metodologia formulata

nell'ambito del Progetto VA.PI (VALutazione PIene in Italia). Tale progetto è stato proposto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche con l'obiettivo di individuare una metodologia generalizzata per la valutazione delle piene. Tale metodologia fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione degli estremi idrologici, adottando un'analisi regionale di tipo gerarchico per quantificare le caratteristiche di piogge e portate estreme (massimi annuali) sull'intero territorio nazionale.

La portata di piena utilizzata per la verifica idraulica oggetto del presente elaborato è stata stimata in maniera indiretta sulla base di valutazioni di tipo idrologico. Mancando infatti misurazioni dirette degli idrogrammi di piena, secondo la normale pratica ingegneristica, il calcolo della portata duecentennale di riferimento è stato eseguito sulla base di trasformazioni "afflussi - deflussi" che legano direttamente il valore del picco di piena alla precipitazione di durata t e periodo di ritorno T .

Si suole chiamare periodo di ritorno T del massimo valore x il numero di anni T in cui, mediamente, x è superato una sola volta. Nel caso specifico, il periodo di ritorno T dell'evento di piena rappresenta il numero di anni in cui, mediamente, tale evento di piena viene superato od uguagliato una sola volta.

I dati di precipitazioni sono stati estratti dalle curve di possibilità pluviometrica definite nel ciato rapporto "*Studi idrologici per la valutazione delle piene*" dove, puntualmente, sono stati individuati i valori di a ed n in corrispondenza dei valori di tempo di ritorno significativi. Negli allegati "*Allegato_B_6.4_(c0604_00)*" e "*Allegato_B_6.9_(c0609_00)*" vengono riportate le mappature dei coefficienti per tempo di ritorno 200 anni sull'intera area regionale.

Applicando a questo punto il metodo razionale, che consente di determinare il valore della portata in qualsiasi sezione del corso d'acqua in funzione della precipitazione di riferimento, dell'estensione del bacino e delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua stesso, si è arrivati alla stima della portata duecentennale dei corsi in esame, in corrispondenza delle sezioni di chiusura definite per ciascuno di essi.

Come descritto nei paragrafi a seguire, per il calcolo di tale portata, si è proceduto per passaggi successivi:

- Individuando le caratteristiche del bacino idrografico complessivo sotteso alla sezione di chiusura individuata;
- Individuando il coefficiente di deflusso;
- Definendo il tempo di corrivazione per il bacino in esame;
- Elaborando i valori di pioggia sulla base delle curve di possibilità pluviometrica descritte nel PSDA;
- Determinando il valore di portata e confrontandolo con quello determinato nel PSDA per altre sezioni dello stesso bacino, in modo da valutarne l'attendibilità e coerenza con gli strumenti vigenti.

2.1 MODELLO AFFLUSSI – DEFLUSSI

Per la stima delle portate massime di progetto si è utilizzato il modello afflussi – deflussi con metodo razionale, orientato alla determinazione della portata di progetto duecentennale in corrispondenza della sezione di chiusura e definita in funzione della precipitazione di riferimento, dall'estensione del bacino e delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua stesso.

2.1.1 METODO RAZIONALE

La formula razionale descrive la massima portata defluente dalla sezione di sbocco del bacino in esame considerando che questa sia una parte della pioggia caduta su tutta l'area del bacino, in un certo intervallo di tempo. Un'ipotesi di base di questa metodologia è l'assunzione di un ietogramma di pioggia costante nel tempo e uniforme nello spazio avente una durata t_p detta 'tempo di pioggia' pari ad un valore critico per il bacino, ovvero il suo tempo di corrivazione t_c

$$t_p = t_c$$

L'espressione analitica per la valutazione della portata di piena assume la seguente forma:

$$Q = \frac{\varphi \cdot S \cdot h_c}{t_c \cdot 3,6} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

in cui:

- S rappresenta la superficie del bacino espressa in $[km^2]$;
- h_c individua l'altezza di pioggia determinata dalla curva di possibilità pluviometrica per una durata pari al tempo di corrivazione t_c ;
- φ , di valore adimensionale, è il coefficiente di deflusso che tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino;

il valore 3,6 rappresenta un fattore di omogeneizzazione delle unità di misura tale da restituire un valore di portata Q in m^3/s .

2.1.2 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO (Φ)

Il coefficiente di deflusso tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino. Il suo valore è generalmente compreso da 0 a 1 come sintetizzato dallo specchio di esempio riportato nella figura seguente.

Tipologia superficie	φ
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

Figura 2 - Valori indicativi di coefficienti di deflusso per diversi tipi di superfici

I bacini in esame sono molto simili tra loro, caratterizzati da superfici a monte particolarmente vegetate, con aree boschive e aree di pascolo. Le regioni vallive prossime alle sezioni di chiusura invece si presentano con distese di campi destinati ad uso agricolo scarsamente urbanizzate se non per piccole contrade diffuse.

2.1.3 TEMPO DI CORRIVAZIONE

La determinazione del tempo di corrivazione è necessaria per l'individuazione del tempo di pioggia nella ricerca delle altezze di pioggia relative ad eventi con diverso tempo di ritorno (curve di possibilità climatica pluviometrica). Questo è definito come il tempo che mediamente impiega una goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più distante dalla sezione di chiusura del bacino a raggiungere questa. La valutazione di tale parametro, costituisce uno dei problemi aperti nel campo idrologico-idraulico: in letteratura, a seconda del campo di applicazione ovvero dell'estensione del bacino, esistono infatti numerose formulazioni che consentono di ottenere una stima del tempo di corrivazione a partire dai valori delle caratteristiche morfologiche dei bacini.

Data la piccola entità dei bacini idrici oggetti dello studio, nella presente relazione si è scelto di valutare il tempo di corrivazione attraverso la metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS). Il presente metodo porta a determinare il tempo di ritardo (Lag Time), definito generalmente come la distanza temporale che intercorre tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato dalle portate di base che defluirebbero anche in assenza di condizioni di piena, e il baricentro del pluviogramma netto. Con tale procedura per la stima del tempo di ritardo può essere utilizzata la formula di Mockus (SCS,1972):

$$t_{LAG} = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN(II)} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui:

- s rappresenta la pendenza del bacino espressa in [%];
- L la lunghezza dell'asta principale espressa in [km];

Il SCS definisce la relazione tra Lag Time e Tempo di Corrivazione come:

$$\frac{t_{LAG}}{t_c} = 0.6$$

CN è un numero adimensionale che varia tra 100 (per corpi idrici e suoli completamente impermeabili) e circa 30 per suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente, o quasi, in deflusso. Il valore di CN è legato alla natura litologica del suolo, al tipo di copertura (uso del suolo), alle condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento meteorico e la stagione di riposo o crescita della vegetazione. L'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS) precedentemente nota come Soil Conservation Service, ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN . Il suolo viene suddiviso in 4 classi in base alla capacità di assorbimento:

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Figura 3 – Classificazione delle caratteristiche idrauliche del suolo.

Definita la classe di suolo si consulta la seguente tabella dove sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN in relazione al tipo di copertura (uso del suolo).

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	90
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSI O FORESTATI				
Terrano sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATIRASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (imper. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media	77	85	90	92
65	61	73	83	87
58	57	72	81	86
50	54	70	80	85
25	51	68	79	84
PARCHI EGGI IMPERMEABILIZZATI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghinate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Figura 4 – Tabella CN di riferimento.

In base alle condizioni di saturazione del suolo antecedenti l'inizio dell'evento meteorico (AMC, Antecedent Moisture Condition) l'SCS individua tre classi. In particolare si hanno tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, in relazione al valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella a seguire.

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Figura 5 – Classificazione Antecedent Moisture Condition, AMC.

2.2 ELABORAZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI

Noto il tempo di corrivazione dei bacini, le altezze di pioggia e le intensità di pioggia medie vengo estrapolate dalle curve di possibilità pluviometriche definite dal PSDA nella relazione illustrativa “*Studi idrologici per la valutazione delle piene*” e rispettivi allegati. Nel citato documento sono riportati i valori e le mappe delle isolinee di distribuzione dei parametri a ed n per diversi tempi di ritorno. Si ricercano quindi i valori associati a un tempo di ritorno di 200 anni.

I valori di a ed n adottati sono riportati nella tabella a seguire.

Tabella 1 – Coefficienti .CPP.

a	n
74	0.36

Dati i coefficienti delle CPP dell'area studio, le altezze medie di precipitazione vengono valutate come:

$$h_c = a \cdot d^n$$

considerando una durata (d) critica di ciascun bacino pari al proprio tempo di corrivazione t_c .

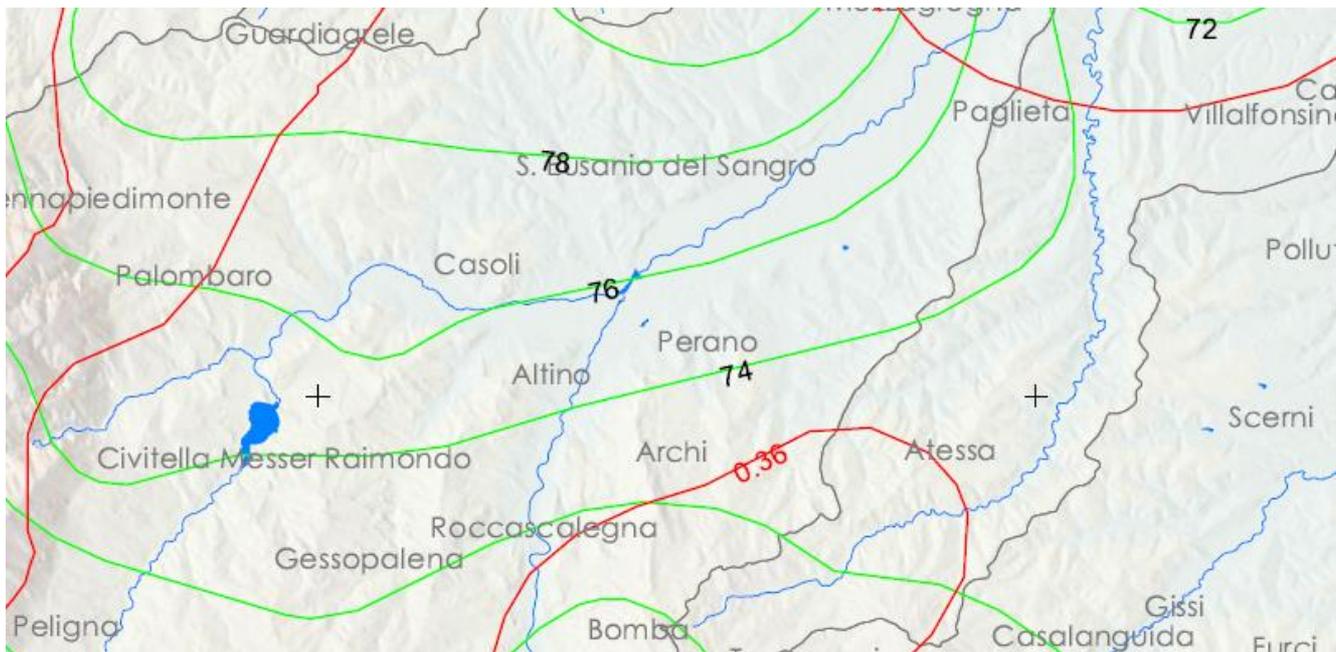


Figura 6 – Isolinee dei coefficienti a e n nell'area in esame.

3 RIO SECCO

Il presente paragrafo raccoglie gli esiti dell'analisi geomorfologica effettuata mediante procedura GIS del bacino del Rio Secco sotteso alla sezione di chiusura, coerentemente con le informazioni cartografiche scaricate dai database e archivi cartografici della regione Abruzzo. La consultazione del dataset della Regione ha infatti consentito di ricavare informazioni utili per il delineamento del tracciato inciso dal corso d'acqua e, conseguentemente, per l'individuazione degli spartiacque che delimitano i bacini.

Il bacino del torrente Rio Secco presa in esame presenta una superficie di circa 33.6 kmq considerando la sezione di chiusura immediatamente a valle del ponte tubo della condotta esistente. La quota massima del bacino individuata attraverso un'analisi accurata del Modello Digitale del Terreno con maglia 10x10 metri fornito dalla regione Abruzzo è di circa 912 m s.l.m. Nasce dal ruscellamento delle acque lungo i versanti dei rilievi presenti nelle aree di Torricella Peligna e Monte San Giuliano defluendo in direzione Nord tra i comuni di Gessopalena e Roccascalegna. Il corso ha caratteristiche semi-confinato nei primi segmenti di monte per poi aprirsi in un'area particolarmente pianeggiante prima della sua confluenza nel fiume Aventino a Sud del centro abitato di Merosci. L'asta principale di interesse misura dunque una lunghezza di circa 11.5 km.

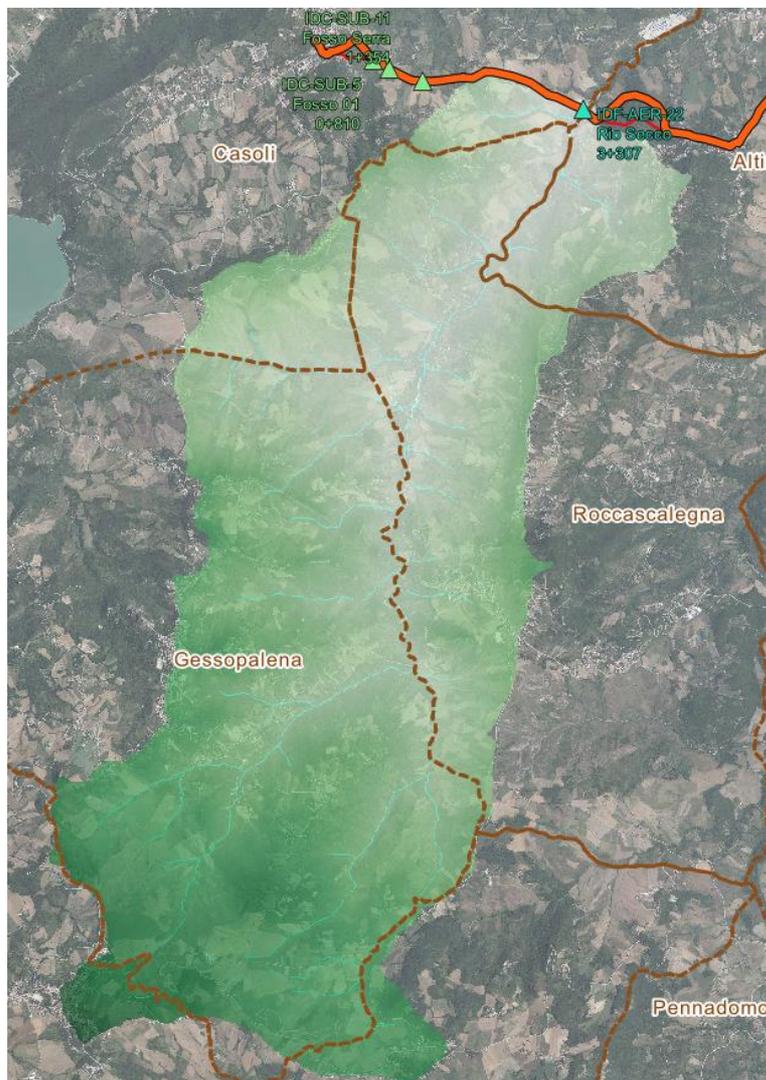


Figura 7 – Bacino del Rio Secco.

Sfruttando le potenzialità offerte dagli algoritmi di elaborazione del dato raster implementate in QGIS, a partire dal modello digitale completo del terreno è stato possibile valutare l'estensione, la pendenza media e la lunghezza dell'asta principale del bacino individuato, in modo tale ricavare i parametri morfologici necessari per le successive simulazioni idrauliche.

Tabella 2 – Caratteristiche morfologiche del bacino del Rio Secco alla sezione di chiusura del ponte in progetto

Bacino Rio Secco (in esame)	
Area [km ²]	33.62
Pendenza Bacino [%]	25.40
Lunghezza Asta Principale [km]	11.52
Pendenza Asta Principale [%]	5.6
Quota Massima [m s.l.m]	911.88
Quota Media [m s.l.m]	467.69
Quota Minima [m s.l.m]	147.5

Il torrente defluisce in uno scenario prevalentemente boschivo alternato da aree incolte destinate a pascoli nella sua unità fisiografica montana. Verso valle, incontra la pianura alluvionale del torrente Aventino, caratterizzata oggi da campi destinati ad uso agricolo scarsamente antropizzata con centri abitati diffusi ma relativamente distanti tra loro.

3.1 APPLICAZIONE DEL MODELLO AFFLUSSI – DEFLUSSI

Per la valutazione della portata duecentennale necessaria per le successive analisi e verifiche di compatibilità idraulica degli attraversamenti in progetto, viene applicato il metodo razionale con modello afflussi-deflussi.

In primo luogo viene valutato il tempo di corrivazione del bacino con il metodo proposto da SCS. La scelta del parametro *CN(II)* ricade sul valore di **75** in quanto il bacino risulta prevalentemente vegetato e con prevalenza di uso suolo destinato a uso agricolo. Ci mettiamo cautelativamente in una condizione intermedia di impermeabilità del suolo, considerando una medio-alta capacità di deflusso associabile ad una tipologia idrologica di Classe C. Il tempo di corrivazione valutato con la formula di Mockus (SCS,1972) ed espresso in ore risulta:

$$t_c = \frac{1}{0.6} \cdot 0.342 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN(II)} - 9 \right)^{0.7} = 2.23 \text{ ore}$$

Per l'applicazione del metodo razionale viene scelto un valore del coefficiente di deflusso ϕ pari a **0.3** in conformità con il parametro di *CN(II)* individuato per la valutazione del tempo di corrivazione.

Nella tabella a seguire si riassumono i valori ottenuti.

Tabella 3 – Valori ottenuti.

S [km ²]	T _c [h]	ϕ [-]	$h_c(d, T_r)$ [mm]	U [l/ (s x ha)]
34	2.23	0.3	98.79	36.9

Applicando la formulazione caratteristica del metodo razionale per la valutazione della portata di colmo si ottiene:

$$Q_{200} = \frac{\phi \cdot S \cdot h_c}{t_c \cdot 3,6} = 124 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

4 FIUME SANGRO

Il presente paragrafo raccoglie gli esiti dell'analisi geomorfologica effettuata mediante procedura GIS del bacino del fiume Sangro sotteso alla sezione di chiusura, coerentemente con le informazioni cartografiche scaricate dai database e archivi cartografici della regione Abruzzo. La consultazione del dataset della Regione ha infatti consentito di ricavare informazioni utili per il delineamento del tracciato inciso dal corso d'acqua e, conseguentemente, per l'individuazione degli spartiacque che delimitano i bacini.

Il fiume Sangro è uno dei principali corsi d'acqua tra le regioni di Abruzzo e Molise. Nasce a 1441 m s.l.m dalle pendici del monte Turchio, sotto il passo del Diavolo nel cuore del Parco nazionale d'Abruzzo. Scorre inizialmente da NW a SE in uno scenario particolarmente confinato e inciso dove in località Villetta Barrea (AQ) forma il lago artificiale di Barrea. In breve il fiume giunge presso i centri di Villa Scontrone e di Castel di Sangro dove riceve le acque dell'affluente Zittola, scorrendo per un brevissimo tratto in Molise (Provincia di Isernia). Nell'aria del Chietino il torrente forma il lago di Bomba mentre alcuni chilometri più a valle riceve le acque del suo maggiore tributario a Nord di Casoli, il torrente Aventino. Da qui, il fiume Sangro scorre in un ampio greto ghiaioso fino alla foce nel mar Adriatico.

La sezione di chiusura del bacino imbrifero del fiume Sangro, di interesse nel presente studio, è ubicata immediatamente a valle dell'attraversamento su SS154 e sottende un'area di 1020 km² definendo un'asta principale di 103.95 km. La quota massima del bacino imbrifero si registra a 2245 m s.l.m corrispondente circa alla cima del monte Marsico nel parco Nazionale di Abruzzo mentre la quota minima corrispondente alla sezione di chiusura si assesta a 98.06 m s.l.m. Il fiume Sangro registra mediamente portate dell'ordine di 9-10 m³/s presso il comune di Ateleta (medio-alto corso) mentre in prossimità della foce portate medie dell'ordine di 20 m³/s.

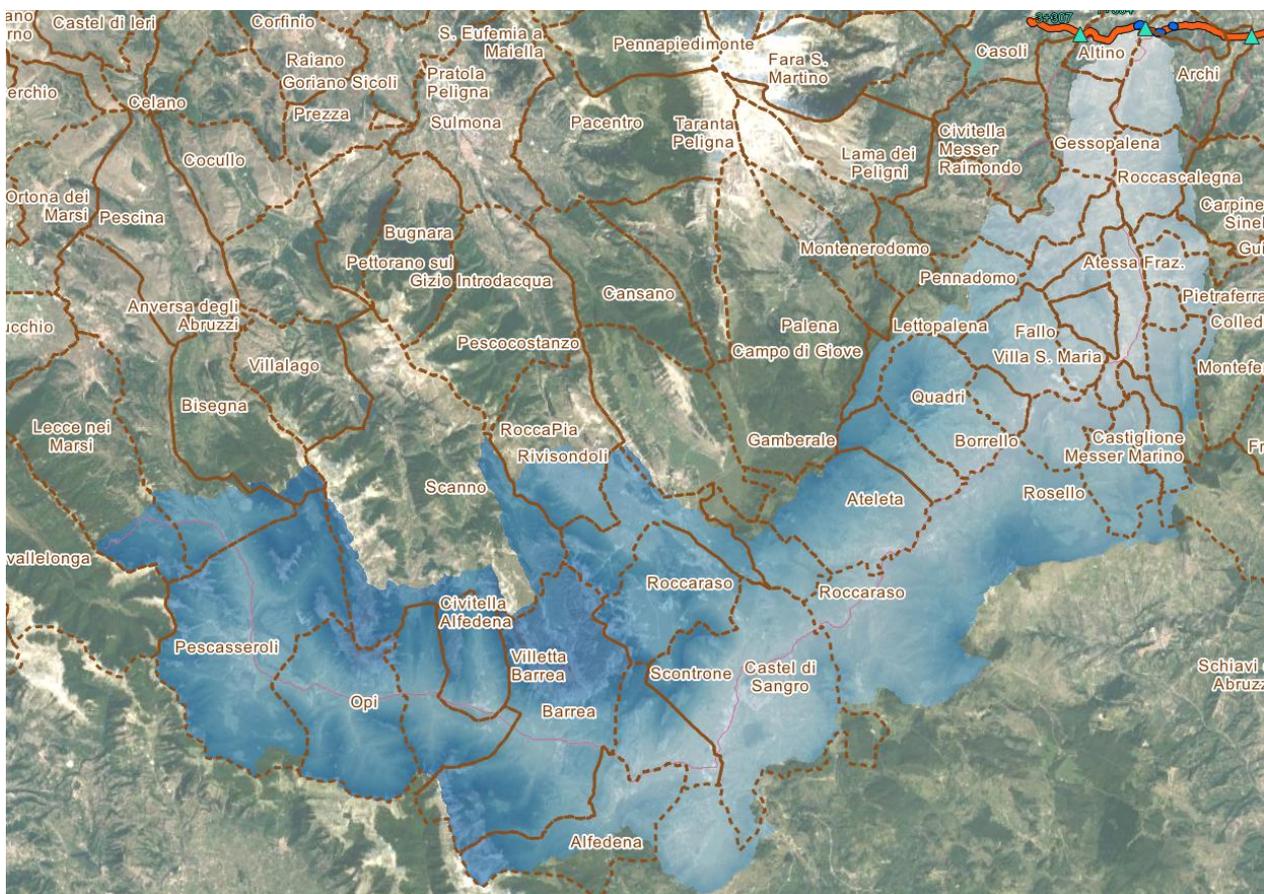


Figura 8 – Bacino del Fiume Sangro.

Sfruttando le potenzialità offerte dagli algoritmi di elaborazione del dato raster implementate in QGIS, a partire dal modello digitale completo del terreno è stato possibile valutare l'estensione, la pendenza media e la lunghezza dell'asta principale del bacino individuato, in modo tale ricavare i parametri morfologici necessari per le successive simulazioni idrauliche.

Tabella 4 - Caratteristiche morfologiche del bacino del Fiume Sangro alla sezione di chiusura del ponte in progetto.

Bacino Sangro (in esame)	
Area [km ²]	1020
Pendenza Bacino [%]	30.50
Lunghezza Asta Principale [km]	103.95
Pendenza Asta Principale [%]	1.6
Quota Massima [m s.l.m]	2245
Quota Media [m s.l.m]	1168
Quota Minima [m s.l.m]	98

Il fiume Sangro defluisce in un contesto prevalentemente montuoso e boschivo, a partire dai suoi tratti alti che scendono dal parco Nazionale d'Abruzzo sino in località Colledimezzo dove forma l'invaso artificiale denominato Lago di Bomba. In questa sua prevalente unità fisiografia ha un comportamento di tipo torrentizio, mentre assume un assetto fluviale solo nella sua unità valliva, dopo la confluenza con il torrente Aventino. Qui scorre in uno scenario pianeggiante e moderatamente urbanizzato caratterizzato da ampi campi destinati ad uso agricolo e insediamenti industriali.

4.1 APPLICAZIONE DEL MODELLO AFFLUSSI – DEFLUSSI

Per la valutazione della portata duecentennale necessaria per le successive analisi e verifiche idrauliche di compatibilità idraulica degli attraversamenti in progetto, viene applicato il metodo razionale con modello afflussi-deflussi.

In primo luogo viene valutato il tempo di corrivazione del bacino con il metodo proposto da SCS.

Anche in questo caso la scelta del parametro **CN(II)** ricade sul valore di **75** in quanto il bacino risulta prevalentemente boscato nell'area montana e caratterizzato da campi destinati ad uso agricolo nella porzione medio-bassa. Ci mettiamo cautelativamente in una condizione intermedia di impermeabilità del suolo, considerando una medio-alta capacità di deflusso associabile ad una tipologia idrologica di suolo di Classe C. Il tempo di corrivazione valutato con la formula di Mockus (SCS,1972) ed espresso in ore risulta:

$$t_c = \frac{1}{0.6} \cdot 0.342 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN(II)} - 9 \right)^{0.7} = 11.8 \text{ ore}$$

Per l'applicazione del metodo razionale viene scelto un valore del coefficiente di deflusso ϕ pari a **0.3** in conformità con il parametro di CN(II) individuato per la valutazione del tempo di corrivazione.

Nella tabella a seguire si riassumono i valori ottenuti.

Tabella 5 – Valori ottenuti.

S [km ²]	T _c [h]	ϕ [-]	$h_c(d, T_r)$ [mm]	U [l/ (s x ha)]
1020	11.8	0.3	180.09	12.7

Applicando la formulazione caratteristica del metodo razionale per la valutazione della portata di colmo si ottiene:

$$Q_{200} = \frac{\varphi \cdot S \cdot h_c}{t_c \cdot 3,6} = 1294 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

I risultati ottenuti sulla base delle assunzioni fatte e presentate per la presente analisi idrologica risultano verosimilmente conformi con quanto riportato nella relazione illustrativa di riferimento “*Studi idrologici per la valutazione delle piene*” che indicano una portata duecentennale di 1155 m³/s alla sezione di chiusura dell’invaso a monte di Bomba.

5 TORRENTE APPELLO

Il presente paragrafo raccoglie gli esiti dell’analisi geomorfologica effettuata mediante procedura GIS del bacino del torrente Appello sotteso alla sezione di chiusura, coerentemente con le informazioni cartografiche scaricate dai database e archivi cartografici della regione Abruzzo. La consultazione del dataset della Regione ha infatti consentito di ricavare informazioni utili per il delineamento del tracciato inciso dal corso d’acqua e, conseguentemente, per l’individuazione degli spartiacque che delimitano i bacini. Il torrente Appello nasce alle pendici delle Località S. Onofrio e Coste Pentelle ubicate sul versante nord-orientale del M. Pallano dalla confluenza di diversi affluenti di minore entità e, dopo un percorso di poco più di 8 km, si immette nel fiume Sangro di cui rappresenta un affluente di destra idrografica. Il bacino preso in considerazione nel presente caso studio ha sezione di chiusura in prossimità dell’attraversamento in corrispondenza del tracciato della condotta esistente affianco al quale vi è in progetto un nuovo attraversamento aereo, in località Capragrossa III. L’area del bacino descritto misura una superficie di circa 13 km² per la maggior parte compresa nel territorio occidentale del comune di Atessa e il suo asse è orientato circa in direzione Nord – Sud. L’asta principale misura circa 6 km. La parte iniziale del corso d’acqua è ubicata nelle colline retrostanti gli abitati di San Marco, Fosso Valloncello, Piano Ciccarelli, Fosso La Selva, caratterizzate da pendenze variabili e strettamente dipendenti dalle litologie prevalentemente argillose attraversate. Nel fondovalle le pendenze si manifestano decisamente più modeste.



Figura 9 – Bacino del torrente Appello.

Sfruttando le potenzialità offerte dagli algoritmi di elaborazione del dato raster implementate in QGIS, a partire dal modello digitale completo del terreno è stato possibile valutare l'estensione, la pendenza media e la lunghezza dell'asta principale del bacino individuato, in modo tale ricavare i parametri morfologici necessari per le successive simulazioni idrauliche.

Tabella 6 - Caratteristiche morfologiche del bacino del Torrente Appello alla sezione di chiusura del ponte in progetto.

Bacino Appello (in esame)	
Area [km²]	13.44
Pendenza Bacino [%]	21.90
Lunghezza Asta Principale [km]	5.96
Pendenza Asta Principale [%]	7.4
Quota Massima [m s.l.m]	706
Quota Media [m s.l.m]	322.05
Quota Minima [m s.l.m]	133.99

Il bacino del torrente Appello è caratterizzato, come gli altri bacini limitrofi, da un'abbondante copertura vegetale fatta di aree boschive e pascolo (circa il 46%), nella sua unità fisiografia montana e pedomontana. Nella porzione di bacino valliva invece prevalgono campi di coltivo soprattutto nell'area alluvionale.

5.1 APPLICAZIONE DEL MODELLO AFFLUSSI – DEFLUSSI

Per la valutazione della portata duecentennale necessaria per le successive analisi e verifiche idrauliche di compatibilità idraulica degli attraversamenti in progetto, viene applicato il metodo razionale con modello afflussi-deflussi.

In primo luogo viene valutato il tempo di corrivazione del bacino con il metodo proposto da SCS.

In conformità con quanto ottenuto per i bacini limitrofi, essendo questi caratterizzata da una superficie con uso del suolo simile, la scelta del parametro **CN(II)** ricade sul valore di **75**. Ci mettiamo

cautelativamente in una condizione intermedia di impermeabilità del suolo, considerando una medio-alta capacità di deflusso associabile ad una tipologia idrologica di suolo di Classe C. Il tempo di corrivazione valutato con la formula di Mockus (SCS,1972) ed espresso in ore risulta:

$$t_c = \frac{1}{0.6} \cdot 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN(II)} - 9 \right)^{0.7} = 1.4 \text{ ore}$$

Per l'applicazione del metodo razionale viene scelto un valore del coefficiente di deflusso ϕ pari a **0.3** in conformità con il parametro di CN(II) individuato per la valutazione del tempo di corrivazione. Nella tabella a seguire si riassumono i valori ottenuti.

Tabella 7 – Valori ottenuti.

S [km ²]	T _c [h]	ϕ [-]	$h_c(d, T_r)$ [mm]	U [l/ (s x ha)]
13.44	1.4	0.3	83.92	49.5

Applicando la formulazione caratteristica del metodo razionale per la valutazione della portata di colmo si ottiene:

$$Q_{200} = \frac{\phi \cdot S \cdot h_c}{t_c \cdot 3,6} = 66 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

6 FIUME OSENTO

Il presente paragrafo raccoglie gli esiti dell'analisi geomorfologica effettuata mediante procedura GIS del bacino del fiume Osesto sotteso alla sezione di chiusura, coerentemente con le informazioni cartografiche scaricate dai database e archivi cartografici della regione Abruzzo. La consultazione del dataset della Regione ha infatti consentito di ricavare informazioni utili per il delineamento del tracciato inciso dal corso d'acqua e, conseguentemente, per l'individuazione degli spartiacque che delimitano i bacini.

Il bacino del torrente Osesto presenta una forma articolata ed allungata in direzione SSO-NNE e si sviluppa da una quota di circa 1020 m s.l.m sgorgando dal Monte Pallano, sino al mare. È interamente compreso entro i limiti amministrativi della provincia di Chieti e scorre lungo un tracciato meandriforme nella parte di monte mentre a valle il fiume si presenta con tracciato più rettilineo a causa dei numerosi interventi di risezionamento a cui è stato sottoposto. È caratterizzato da folta vegetazione riparia sia arbustiva che arborea per circa tutto il suo sviluppo. Alle origini il fiume Osesto è alimentato da un complesso di sorgenti tutte con portate modeste e lungo il suo percorso il fiume non riceve affluenti particolarmente importanti, ma nonostante questo è soggetto con notevole facilità a discreti eventi di piena anche in occasione di precipitazioni non particolarmente intense.

Il bacino in esame con chiusura in prossimità della sezione in cui è presente oggi il ponte tubo della condotta esistente, a Ovest del centro abitato San Giacomo, sottende un'area di 45.4 km² ed è caratterizzato da un'asta principale di lunghezza 9.8 km. Interessa in particolare le aree comunali di Tornareccio, Atesa e Scerni.

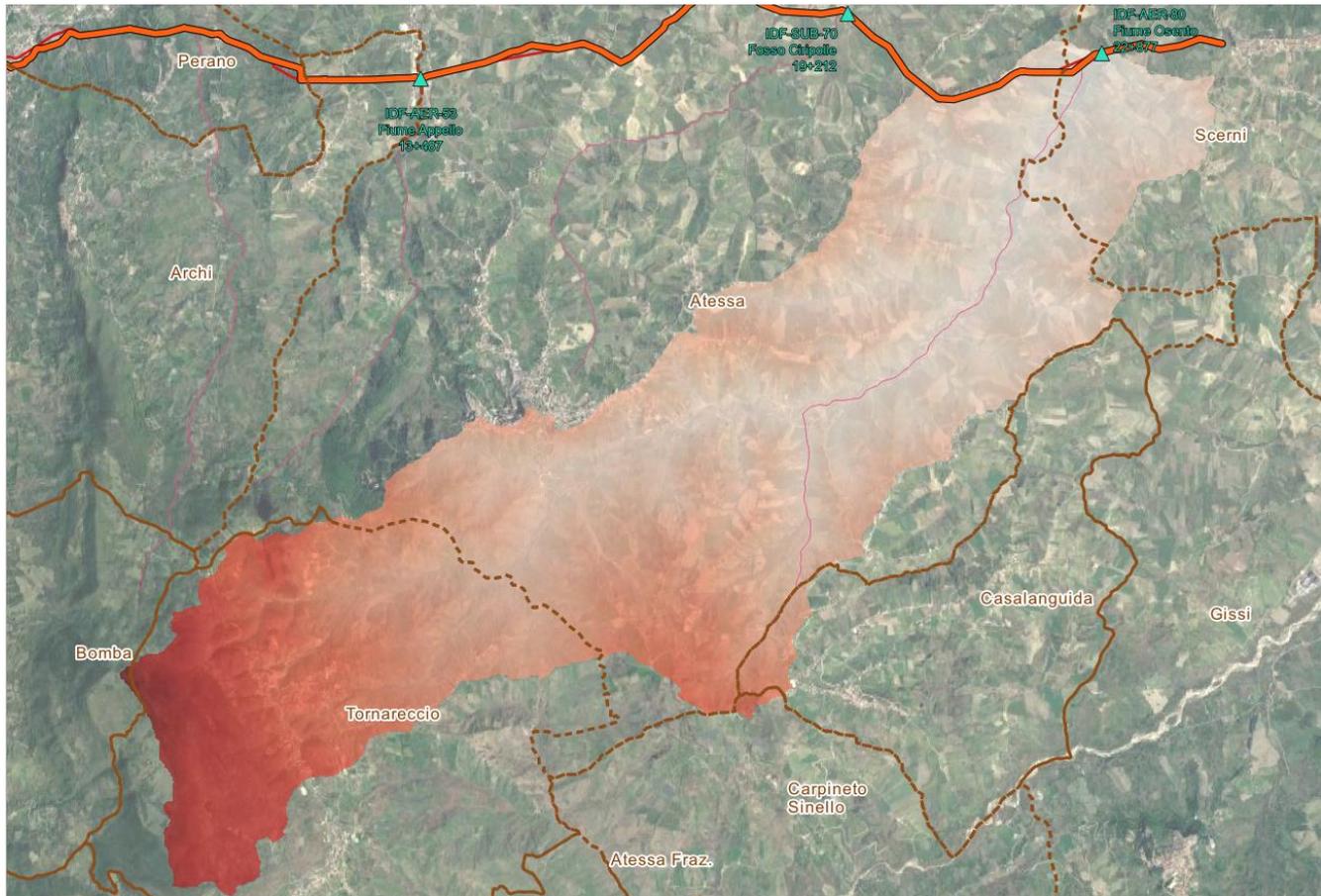


Figura 10 – Bacino del Torrente Osento.

Sfruttando le potenzialità offerte dagli algoritmi di elaborazione del dato raster implementate in QGIS, a partire dal modello digitale completo del terreno è stato possibile valutare l'estensione, la pendenza media e la lunghezza dell'asta principale del bacino individuato, in modo tale ricavare i parametri morfologici necessari per le successive simulazioni idrauliche.

Tabella 8 - Caratteristiche morfologiche del bacino del Torrente Osento.

Bacino Osento (in esame)	
Area [km²]	45.4
Pendenza Bacino [%]	21.60
Lunghezza Asta Principale [km]	9.8
Pendenza Asta Principale [%]	3.8
Quota Massima [m s.l.m]	1020
Quota Media [m s.l.m]	398
Quota Minima [m s.l.m]	124

Anche il fiume Osento si sviluppa per gran parte in territorio pedemontano vallivo con lievi pendenze caratterizzato da presenza di ampi spazi destinati ad uso agricolo e debolmente urbanizzato. Solo nel comune di Tornareccio si manifesta nella sua unità fisiografica montana con suoli boschivi.

6.1 APPLICAZIONE DEL MODELLO AFFLUSSI – DEFLUSSI

Per la valutazione della portata duecentennale necessaria per le successive analisi e verifiche idrauliche di compatibilità idraulica degli attraversamenti in progetto, viene applicato il metodo razionale con modello afflussi-deflussi.

In primo luogo viene valutato il tempo di corrivazione del bacino con il metodo proposto da SCS.

La scelta del parametro $CN(II)$ ricade sul valore di **78** in quanto caratterizzato per la maggior parte del suo sviluppo da aree pianeggianti ad uso agricolo e terreni rimaneggiati le quali conferiscono una caratteristica di impermeabilità leggermente maggiore rispetto alle aree boschive o vegetate allo stato naturale. Anche in questo caso ci mettiamo cautelativamente in una condizione intermedia di impermeabilità del suolo, considerando una medio-alta capacità di deflusso associabile ad una tipologia idrologica di suolo di Classe C. Il tempo di corrivazione valutato con la formula di Mockus (SCS,1972) ed espresso in ore risulta:

$$t_c = \frac{1}{0.6} \cdot 0.342 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN(II)} - 9 \right)^{0.7} = 1.95 \text{ ore}$$

Per l'applicazione del metodo razionale viene scelto un valore del coefficiente di deflusso ϕ pari a **0.35** in conformità con il parametro di $CN(II)$ individuato per la valutazione del tempo di corrivazione. Nella tabella a seguire si riassumono i valori ottenuti.

Tabella 9 – Valori ottenuti.

S [km ²]	T_c [h]	ϕ [-]	$h_c(d, T_r)$ [mm]	U [l/ (s x ha)]
45.4	1.95	0.35	46.9	46.9

Applicando la formulazione caratteristica del metodo razionale per la valutazione della portata di colmo si ottiene:

$$Q_{200} = \frac{\phi \cdot S \cdot h_c}{t_c \cdot 3,6} = 213 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

I risultati mostrati nell'allegato illustrativo “*Studi idrologici per la valutazione delle piene*” redatto per il PSDA regione Abruzzo mostrano come la portata di colmo associata ad un evento con tempo di ritorno duecento anni, nella sezione con ID OS01(Località Paglieta), sia pari a 372 m³/s. La superficie del bacino imbrifero preso in considerazione nel presente studio risulta in rapporto 0.53 rispetto all'area sottesa dalla sezione ID OS01 citata nella suddetta relazione illustrativa. Possiamo osservare come la portata ottenuta nella presente relazione idrologica sia in conformità, a meno di un fattore di proporzionalità, con quanto definito nel PSDA.

In conclusione si può affermare che data la compatibilità dei risultati ottenuti per il Fiume Sangro e il Fiume Osento rispetto a quanto definito dal Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA).