

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO
COMUNE DI PRADLEVES

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTI SPONDALI IN COMUNE DI PRADLEVES
Codice progetto: UM0018

OGGETTO:

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

ALLEGATO:

1/A

TAVOLA:

COMMITTENTE:



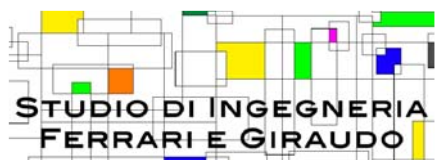
acda
azienda cuneese
dell'acqua spa

Corso Nizza, n. 88 - 12100 - CUNEO
Tel. 0171/326711 - Fax 0171/326710
P.IVA 02468770041

PROT.:

DATA :

SETTEMBRE 2019



STUDIO DI INGEGNERIA
FERRARI E GIRAUDO

PROGETTISTI :

STUDIO DI INGEGNERIA FERRARI E GIRAUDO

Corso Nizza, n. 67/A - 12100 - CUNEO

Tel. 0171/480247

e-mail: franco@ferrariegiraudò.it

Ing. Franco Giraudò

AGGIORNAMENTO :

VISTI :

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO
COMUNE DI PRADLEVES

INTERVENTI SPONDALI IN COMUNE DI PRADLEVES

– Codice progetto: UM0018

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Ing. Franco Giraudo

Studio di Ingegneria Ferrari e Giraudo

Corso Nizza, 67/A – 12100 – CUNEO

Tel.: 0171/480247

INDICE

PREMESSA	3
STIMA DELLE PORTATE	4
LA MORFOLOGIA DEL BACINO DRENANTE	4
PIOGGIA DI PROGETTO	5
IL METODO S.C.S.....	5
<i>Gli afflussi</i>	6
<i>Le perdite</i>	6
<i>Trasformazione afflussi-deflussi: idrogramma unitario S.C.S.</i>	8
<i>Risultati del modello S.C.S.</i>	10
IL METODO RAZIONALE.....	11
DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO.....	12
VERIFICHE IDRAULICHE	14
MODELLO IN REGIME PERMANENTE	14
CONDIZIONI AL CONTORNO	14
COEFFICIENTI DI SCABREZZA	14
SCENARI DI RIFERIMENTO	15
RISULTATI.....	16
CONCLUSIONI	17
ALLEGATI	19

PREMESSA

Il presente progetto, commissionato da A.C.D.A. – Azienda Cuneese dell'Acqua S.p.a., prevede interventi di manutenzione dell'alveo del Torrente Grana e di consolidamento del muro spondale sinistro lungo un tratto del corso d'acqua presso il concentrico del Comune di Pradleves, ed è stato finanziato ai sensi della L.R. 13/97 e s.m.i.

Nello specifico il progetto è stato redatto dallo scrivente, in accordo con le indicazioni ricevute dalla Committenza, al fine di realizzare un intervento di consolidamento e messa in sicurezza del muro spondale sinistro del Torrente Grana lungo un tratto esteso per circa 80,00 m, in quanto all'interno del manufatto in calcestruzzo armato citato è posizionata una condotta fognaria in PVC DN400, che poi, presso la porzione di valle del tratto qui considerato, attraversa in subalveo il corso d'acqua all'interno di una soglia di fondo in massi di cava e calcestruzzo.

La presente relazione idrologico-idraulica analizza pertanto le condizioni di deflusso del Torrente Grana presso il concentrico di Pradleves, in corrispondenza dell'area interessata dalle opere in progetto e presso l'attraversamento stradale di Via J.F. Kennedy.

Per il tratto d'alveo qui indagato si sono stimate, a seguito di un'analisi idrologica, le portate di riferimento con tempi di ritorno di 20 e 200 anni (Q_{20} e Q_{200}), prese come riferimento per definire le condizioni di pericolosità.

Si sono quindi valutate le condizioni di deflusso delle portate adottate, considerando un'unica geometria dell'alveo sia per la situazione esistente che per lo scenario progettuale, in quanto le opere previste nel progetto di consolidamento del fondo alveo e del muro spondale sinistro risultano interrato o andranno ad occludere le erosioni localizzate poste alla base della sponda sinistra che, cautelativamente, non sono state considerate nella simulazione idraulica.

STIMA DELLE PORTATE

Ai fini di un dimensionamento idraulico corretto delle opere in alveo e per la determinazione delle portate di piena defluenti si è effettuata un'analisi idrologica dell'intero bacino del Torrente Grana, chiuso presso il concentrico di Pradleves, e si è poi effettuata una stima dei deflussi adottando il metodo S.C.S. ed il metodo razionale, i cui risultati sono poi stati confrontati tra loro.

La morfologia del bacino drenante

Il Torrente Grana è un affluente di destra idrografica del Torrente Maira, in cui confluisce poco a monte dell'abitato di Cavallermaggiore con il nome di Torrente Grana-Mellea. Il bacino relativo, chiuso presso il concentrico di Pradleves, interessa essenzialmente un'area montana ed alpina dell'alta Val Grana.

Il territorio di riferimento, collocato nelle Alpi Cozie, evidenzia un andamento Nord-Sud ed è caratterizzato da una discreta piovosità. La quota massima del bacino è rappresentata dal Monte Tibert, che è posto in un sottobacino originato dal Rio Sibolet, mentre alla testa del bacino principale (Torrente Fauniera), la quota maggiore è la Cima di Fauniera (2516 m s.l.m.).

La copertura forestale, in gran parte rappresentata da cedui di faggio e castagneti, lascia poi spazio ad estesi comprensori prato-pascolivi a partire da quote di circa 1300-1500 m s.l.m.

Dalla Carta Tecnica Regionale si è ricavato lo schema della rete idrografica del Torrente Grana, mentre le caratteristiche morfologiche del bacino di riferimento sono riportate nella tabella seguente.

Bacino	Torrente Grana
Superficie (km ²)	65,7
L versante (m)	395
q max (m s.l.m.)	2516
q min (m.s.l.m.)	2320
Pendenza versante	50%
L asta (m)	16600
q max (m s.l.m.)	2320
q min (m s.l.m.)	800
Pendenza asta	9,2%
Altezza media del bacino	1532,2

Tabella 1 – Caratteristiche del bacino del Torrente Grana chiuso presso il concentrico di Pradleves.

Pioggia di progetto

Il bacino in esame è posizionato, rispetto alla modellazione adottata dalla Autorità di Bacino per il fiume Po, in corrispondenza della cella AD140. Da questi valori mediati si sono così derivate le curve di possibilità pluviometrica, legate ai tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a:

- $h = 32.92 \cdot t^{0.41}$;
- $h = 41.97 \cdot t^{0.40}$;
- $h = 45.84 \cdot t^{0.40}$;
- $h = 50.93 \cdot t^{0.40}$.

Se ne derivano le seguenti precipitazioni, per assegnata durata:

AD140	TR 20	TR 100	TR 200	TR 500
a	32,92	41,97	45,84	50,93
n	0,41	0,40	0,40	0,40
5 minuti	11,94	15,42	16,88	18,85
15 minuti	18,70	24,01	26,26	29,25
30 minuti	24,81	31,74	34,69	38,60
1 ora	32,92	41,97	45,84	50,93
2 ore	43,68	55,50	60,57	67,20
3 ore	51,54	65,35	71,29	79,04
6 ore	68,38	86,40	94,20	104,29
12 ore	90,73	114,25	124,47	137,61
24 ore	120,39	151,07	164,47	181,58
48 ore	159,74	199,75	217,32	239,59

Tabella 2 – Altezze di precipitazione per assegnato tempo di ritorno e durata di pioggia.

Il metodo S.C.S.

Il modello applicato stima la formazione del deflusso diretto nel bacino sottraendo all'apporto meteorico la perdita iniziale per intercettazione più la perdita per piccoli invasi, e la successiva perdita per infiltrazione.

Il deflusso efficace viene quindi trasformato in idrogramma di portate mediante l'operazione di circonvoluzione con un idrogramma unitario. Si è disposto di un idrogramma sintetico derivato dallo schema S.C.S. Di seguito si illustrano le componenti del modello.

Gli afflussi

L'afflusso meteorico di progetto è stato studiato facendo riferimento alle piogge di progetto sopra riportate. È stato studiato un unico modello di ietogramma, con piogge ad intensità costante, in cui l'altezza di precipitazione (h) per ogni intervallo di tempo (t) è pari a $h = H/t$.

Si sono quindi allestiti ietogrammi di progetto con durate dell'evento di 4, 6, 8, 10 e 12 ore.

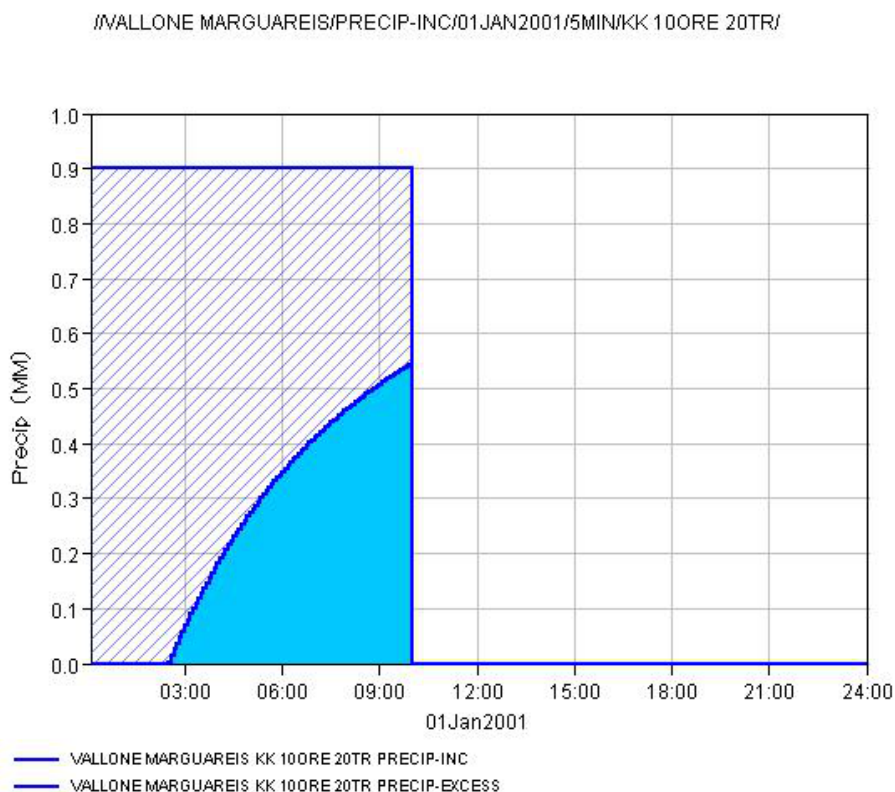


Grafico 1 – Esempio di ietogramma a precipitazione costante, in azzurro la pioggia efficace.

Le perdite

Le perdite iniziali sono dovute all'intercettazione fogliare ed ai piccoli invasi. Come coefficiente di imbibimento iniziale si è adottato il valore di 0,2 dell'assorbimento totale, valore suggerito dallo stesso S.C.S. e di consueto adottato in assenza di altre informazioni. Per i sottobacini in esame il valore di assorbimento adottato è pari a 16,04 mm.

Per modellare le successive perdite per infiltrazione sulla precipitazione totale, nel caso in studio si è adottato il metodo noto come C.N., ovvero "Curve Number", elaborato dal Soil Conservation Center del Dipartimento U.S. dell'Agricoltura. Il metodo è particolarmente interessante per valutare l'impatto idrologico delle alterazioni di uso del suolo in quanto è basato su di una parametrizzazione anche qualitativa e pedologica piuttosto adattabile alle diverse condizioni.

Il metodo richiede, in primo luogo, la definizione delle caratteristiche di imbibimento iniziale del suolo, fondamentali per la stima delle perdite per infiltrazione. Nel presente lavoro si è fatto riferimento alla classe II, relativa a condizioni di suolo medie, esprimenti il parametro CN II. Queste comportano una precipitazione nei 5 giorni antecedenti compresa tra 13 e 28 mm nella stagione di riposo vegetativo.

Il metodo richiede quindi la definizione del tipo idrologico di suolo, che si è individuato, per ogni bacino, note le caratteristiche geopedologiche dei versanti del bacino stesso, nell'ambito del tipo C.

Per questi tipi di suolo il valore del parametro CN II, in funzione dell'uso del suolo, varia da 65 a 86. Ai fini del presente calcolo si è scelto di utilizzare un valore unico per ogni sottobacino. Il valore adottato è pari a 76, rappresentativo per suoli coperti da vegetazione di discreta stabilità e copertura.

Tale parametro consente di stimare la massima ritenzione potenziale del suolo, indicata come V :

$$V = V_0 \left(\frac{100}{C_{NII}} - I \right)$$

dove:

- V_0 è una costante di scala pari a 254 mm;
- I è il volume precipitato, ovvero l'afflusso.

Se P è il volume di deflusso superficiale, ovvero il ruscellamento cumulato, F il volume infiltrato, I_a è la quota persa per assorbimento iniziale dal volume precipitato, l'equazione di stima delle perdite diventa:

$$\frac{P}{V} = \frac{P}{I + I_a}$$

che combinata con l'equazione di conservazione della massa ($F = I + I_a - P$) conduce alla seguente espressione:

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

che consente, nota la serie di precipitazioni totali, di derivare le precipitazioni efficaci.

Trasformazione afflussi-deflussi: idrogramma unitario S.C.S.

In ogni sottobacino la trasformazione afflussi-deflussi è simulata mediante una convoluzione delle piogge sull'idrogramma unitario istantaneo di tipo S.C.S.

La curva d'onda è caratterizzata da un valore del tempo di picco legato alla stima del tempo di ritardo del bacino (t_{lag}). Il modello di idrogramma unitario S.C.S. è costituito da un idrogramma unimodale, quale quello mostrato di seguito.

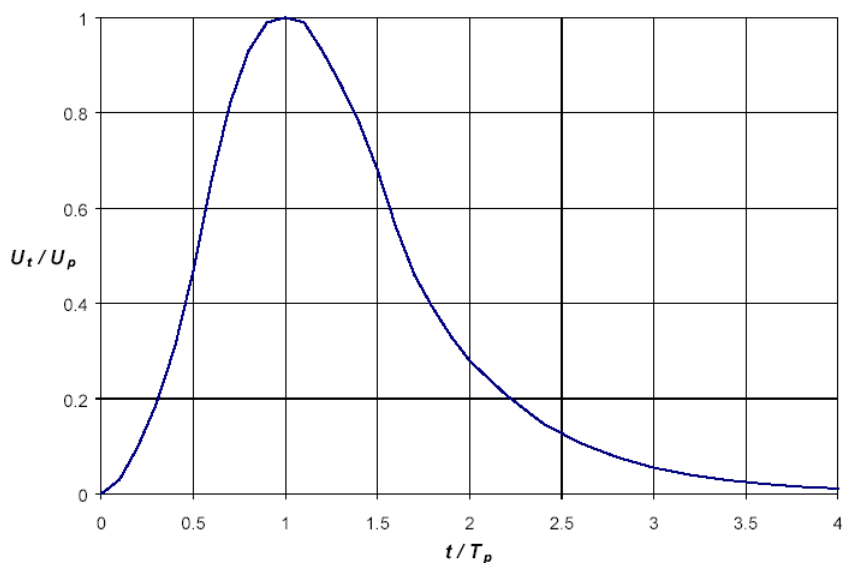


Figura 1 – Idrogramma unitario adimensionale S.C.S.

Secondo il metodo, il valore di picco U_P ed il tempo in cui questo si verifica T_P , sono legati dalla relazione:

$$U_P = C \frac{A}{T_P}$$

dove:

- A è la superficie drenata;
- C un fattore di conversione (2.08 nel S.I.).

Il tempo di picco è inoltre legato all'unità di tempo assunta come base di rappresentazione della precipitazione efficace dalla relazione:

$$T_P = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

dove:

- Δt è l'intervallo di tempo adottato come base di rappresentazione della precipitazione efficace;
- t_{lag} è il tempo di "ritardo" del bacino, espresso come differenza tra il centro di massa della rappresentazione geometrica della pioggia efficace ed il picco dell'idrogramma unitario.

La stima del tempo di "ritardo" t_{lag} può farsi, secondo lo stesso S.C.S., con riferimento al tempo di concentrazione del bacino, tramite la relazione:

$$t_{lag} = 0.6 \cdot t_c$$

Il tempo di concentrazione (t_c) va qui inteso come un parametro fisico computabile come il più lungo tra i tempi di trasporto della precipitazione caduta sino alla sezione di chiusura del bacino. Pertanto, è calcolabile in base alla somma dei tempi di trasporto tramite i diversi segmenti del reticolo idrologico:

$$t_c = \max (t_{sheet} + t_{shallow} + t_{channel})$$

la somma si fa infatti lungo il percorso idraulicamente più lungo, somma dei tre modi di rappresentare schematicamente il tipo di percorrenza:

- t_{sheet} = somma dei tempi di percorrenza lungo i versanti;
- $t_{shallow}$ = somma dei tempi di percorrenza di tubazioni, canalizzazioni chiuse o anche deflusso di superficie concentrato in rivoletti;
- $t_{channel}$ = somma delle percorrenze in alvei naturali aperti.

Nei sottobacini montani che non presentano un'asta principale evidente viene calcolato esclusivamente il t_{sheet} :

$$t_{sheet} = \frac{0.007(NL)^{0.8}}{(P20)^{0.5} S^{0.4}}$$

dove:

- L è la lunghezza del tratto a deflusso superficiale;
- $P20$ è la precipitazione con tempo di ritorno 20 anni;
- S la pendenza del versante;

- N è un coefficiente legato all'uso del suolo, in questo caso si è applicato un valore pari a 0.15, riferito ad una prevalente copertura erbosa.

Per i sottobacini in cui il deflusso si articola prevalentemente in alveo dopo un breve tratto di deflusso superficiale e ruscellato su versante, si può ricorrere alla nota formula di Tournon con i coefficienti determinati da Merlo (1973) per i corsi d'acqua delle Alpi piemontesi, che fornisce il tempo di corrivazione in ore:

$$t_c = 0.396L \frac{L}{\sqrt{i_a}} \left(\frac{A}{L^2} \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$$

dove:

- L è la lunghezza dell'asta principale;
- i_a è la pendenza dell'asta principale;
- i_v la pendenza dei versanti.

Quando si è stimato il t_{lag} , si può calcolare i valori di T_p e U_p , da cui deriva la forma dell'idrogramma unitario che sarà usato per stimare la risposta del bacino alla precipitazione efficace.

Per il Torrente Grana, partendo dal valore del tempo di concentrazione derivante dall'espressione di Tournon-Merlo, è stato possibile ottenere un valore di t_{lag} pari a 151 minuti.

Risultati del modello S.C.S.

Le portate al colmo ottenute con l'applicazione del modello S.C.S. sono riassunte nella tabella e nel grafico seguenti:

Ore evento	Tr 20	Tr 200
4	33,63	78,64
6	48,45	99,97
8	56,61	108,19
10	60,51	109,9
12	62,42	109,91

Tabella 3 – Portate di piena elaborate con il metodo S.C.S.

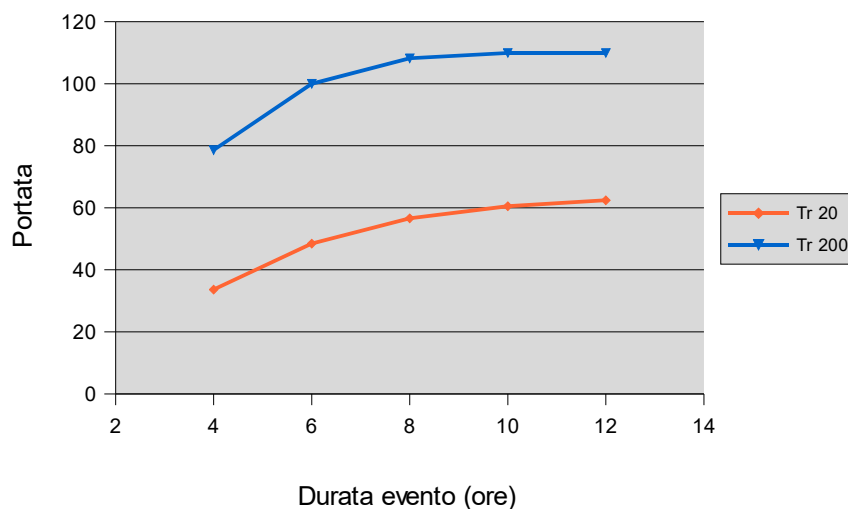


Grafico 2 – Portate di piena ricavate adottando il metodo S.C.S.

Il metodo razionale

La portata al colmo deriva dalla formula:

$$Q = k \cdot C \cdot i \cdot A$$

in cui:

- A rappresenta l'area di bacino (in km²);
- i è l'intensità della precipitazione (in mm/ora);
- C è un coefficiente adimensionale che sintetizza la funzione di trasferimento afflussi-deflussi e la quantificazione della portata al colmo;
- k è un coefficiente adimensionale che tiene conto delle diverse unità di misura.

Il metodo razionale considera precipitazione ed intensità costanti su tutto il bacino, ed una trasformazione lineare della pioggia in deflusso, senza fenomeni di invaso lungo la rete idrografica.

Il coefficiente di deflusso C (0.50) è stato scelto facendo riferimento ai coefficienti proposti da Lotti per un suolo permeabile coperto da vegetazione arborea.

La durata di precipitazione da assumere è quella pari al tempo di concentrazione, cioè pari al maggiore dei tempi di trasporto nel bacino. Il tempo di concentrazione può essere calcolato con la formula di Tournon-Merlo, che è particolarmente idonea perché tarata sui bacini piemontesi:

$$t_c = 0.396L \frac{L}{\sqrt{i_a}} \left(\frac{A}{L^2} \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$$

dove:

- i_a è la pendenza dell'asta principale;
- i_v è la pendenza dei versanti.

Nel caso in esame sono stati considerati i seguenti tempi di concentrazione, e quindi anche di durata della precipitazione:

	T. di concentrazione [min]	T. di concentrazione [ore]
Sezione di chiusura Torrente Grana	252	4,2

Tabella 4 – Tempi di concentrazione stimati per il bacino del Torrente Grana chiuso a Pradleves.

Le portate di piena stimate con l'applicazione del metodo razionale sono invece riportate nella seguente tabella.

Metodo razionale	tr20		tr 100		tr 200		tr 500		
	a	n	a	n	a	n	a	n	
		32,92	0,41	41,97	0,40	45,84	0,40	50,93	0,40
Stima della portata di progetto									
Tempo di ritorno(anni)	Tr	20,00	Tr	100,00	Tr	200,00	Tr	500,00	
precipitazione (mm)	hp	59,12	hp	74,84	hp	81,62	hp	90,42	
riduzione per area	Ca	0,80	Ca	0,80	Ca	0,80	Ca	0,80	
precipitazione ragguagliata mm	hr	47,30	hr	59,87	hr	65,30	hr	72,34	
Durata di pioggia h	tp	4,20	tp	4,20	tp	4,20	tp	4,20	
intensità pioggia (mm/ora)	i	11,26	i	14,25	i	15,55	i	17,22	
Coefficiente di deflusso	Cd	0,50	Cd	0,50	Cd	0,50	Cd	0,50	
Area bacino (kmq)	A	65,70	A	65,70	A	65,70	A	65,70	
Portata liquida m³/s	Ql_20	102,76	Ql_100	130,07	Ql_200	141,86	Ql_500	157,16	
Contributo unitario m ³ /s/kmq	qp_20	1,56	qp_100	1,98	qp_200	2,16	qp_500	2,39	

Tabella 5 – Portate di piena stimate con il metodo razionale per il bacino del Torrente Grana chiuso a Pradleves.

Definizione delle portate di riferimento

Nel caso in esame, le portate assunte come riferimento per le verifiche idrauliche svolte sono state ricavate dalla media tra i valori ottenuti con i due metodi di stima sopra descritti (si veda la tabella seguente).

Sezione di chiusura a Pradleves	Q20 [m³/s]	Q200 [m³/s]
Metodo S.C.S.	63	110
Metodo Razionale	103	142
Media	83	126

Tabella 5 – Portate di piena adottate nelle simulazioni idrauliche.

VERIFICHE IDRAULICHE

Modello in regime permanente

Per la verifica idraulica il modello utilizzato è il software HEC-RAS (River Analysis System) dell'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers di Davies nella versione 5.0.6. Il modello risolve le equazioni del moto permanente monodimensionali.

HEC-RAS è in grado di modellare il profilo della corrente in regime di corrente lenta e/o veloce prendendo in esame anche situazioni miste in cui siano possibili alternanze di tronchi in corrente lenta e veloce. In particolare, nel caso specifico, si è deciso di verificare il deflusso in condizioni di corrente mista.

Le normali perdite di energia meccanica sono valutate dal modello tenendo conto dell'attrito (grazie all'equazione di Manning) e di coefficienti di espansione-contrazione (moltiplicati per la variazione di velocità media della corrente), questi sono rispettivamente assunti pari a 0.1 e 0.3 nelle sezioni senza brusche variazioni e pari a 0.3 e 0.5 nelle sezioni con brusche variazioni (ad es. in corrispondenza dei ponti). Il modello permette di simulare gli effetti di vari ostacoli al deflusso come possono essere edifici, ponti, tombini, e può calcolare i profili di corrente in corrispondenza delle confluenze.

Condizioni al contorno

Sono state studiate le condizioni di deflusso per le portate di piena riferibili ai tempi di ritorno di 20 e 200 anni.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, ai due contorni, di monte e di valle, è stato assegnato il valore di altezza in moto uniforme, assegnando la pendenza caratteristica nel tratto in esame pari rispettivamente a 1,19%, a monte, ed a 1,31%, a valle.

Coefficienti di scabrezza

Il modello richiede che la scabrezza sia espressa secondo la formula di Manning. Pertanto, si sono adottati numeri di Manning pari a 0,05 m^{1/3}/s per le aree golenali, che presentano una vegetazione

puntuale costituita da alcuni alberi oltre alla presenza di vari manufatti tipici di un tratto di alveo urbano, mentre si sono scelti valori pari a $0,035 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per l'alveo del corso d'acqua che presenta un fondo piuttosto regolare e privo di grossi massi. Tali valori sono congruenti con quelli indicati nella letteratura di settore e nelle normative della Autorità di Bacino per il fiume Po.

Infine, il corso d'acqua è stato modellato secondo le misure effettuate in campo, riconducendole, nel caso di depositi alluvionali localizzati, a forme trapezoidali o simili, quali sono quelle che si producono durante il deflusso di piene rilevanti.

Scenari di riferimento

Il presente progetto prevede un intervento di consolidamento della fondazione del muro spondale sinistro, in calcestruzzo armato, posto lungo un tratto di circa 80,00 m del Torrente Grana presso il concentrico di Pradleves. In particolare, è previsto il rifacimento dello zoccolo frontale in calcestruzzo di fondazione del muro, che presenta una profonda erosione al piede, la quale verrà colmata con la posa di massi di cava intasati con calcestruzzo. Il consolidamento del fondo alveo con massi verrà esteso all'intera larghezza della sezione incisa lungo due brevi tratti posti rispettivamente in corrispondenza dell'attraversamento stradale di Via J.F. Kennedy e poi, più a valle, al piede dell'attuale soglia di fondo costituita dall'attraversamento in subalveo della condotta fognaria.

In considerazione del tipo di intervento, che prevede quindi il consolidamento dell'alveo con la posa di massi di cava ed il getto di calcestruzzo che essenzialmente non modificherà le attuali sezioni incise, per la valutazione delle condizioni di deflusso delle portate di piena stimate nello studio idrologico (portate con tempo di ritorno di 20 e 200 anni), si sono allestite, previo rilievo topografico di dettaglio, n. 12 sezioni idrauliche illustrate negli elaborati grafici allegati al progetto. Si è infine deciso di approntare un solo scenario per la geometria di riferimento valevole sia per lo stato esistente che per quello in progetto.

Risultati

I risultati di calcolo sono riportati nell'**Allegato A**, per la situazione esistente coincidente con la geometria in progetto, dove sono illustrate le sezioni idrauliche, i profili e tutti i dati idraulici elaborati dal software e relativi ai livelli idrici di piena qui considerati.

Le seguenti variabili sono indicate nelle tabelle in lingua inglese:

W.S. Elev:	quota del pelo libero (m)
Vel head:	termine cinetico (m)
E.G. Elev:	quota della linea dell'energia (m)
Crit. W.S:	quota della profondità critica (m)
E.G. slope:	pendenza della linea dell'energia (m/m)
Q totale:	portata totale (m ³ /s)
Top Width:	larghezza del pelo libero (m)
Vel Total:	velocità media nella sezione (m/s)
Max Chl. Dpth:	profondità massima della corrente nell'alveo principale (m)
Min Ch El:	quota minima del fondo (m)
Left OB:	golena sinistra
Channel:	alveo principale
Right OB:	golena destra
Wt n-Val:	valori della scabrezza secondo Manning
Reach Len:	lunghezza del tronco d'alveo (distinta a seconda che si tratti dello sviluppo della golena e dell'alveo principale)
Flow area:	area bagnata (m ²)
Flow:	portata (m ³ /s)
Avg. vel:	velocità media (in golena e nell'alveo principale; m/s)
Wetted Per:	contorno bagnato (m)
Shear:	forza trattiva (N/m ²)

CONCLUSIONI

Le simulazioni idrauliche condotte hanno evidenziato che:

- le opere previste sono state concepite come un intervento finalizzato a consolidare e mettere in sicurezza gli attuali manufatti spondali presenti lungo il Torrente Grana, e che presentano un'accentuata erosione al piede lungo la sponda sinistra. Si sottolinea infatti che le attuali opere murarie costituiscono il sostegno e la difesa della condotta fognaria che raccoglie le acque reflue provenienti dal concentrico di Pradleves e le trasporta al depuratore comunale presente più a valle in sponda destra;
- le opere in progetto si configurano infatti come un ripristino e/o protezione del fondo alveo, in particolar modo lungo la sponda sinistra, ed i massi intasati con calcestruzzo verranno sistemati al di sotto del fondo alveo, andando così a colmare le attuali depressioni causate dall'erosione della corrente, senza quindi alterare le sezioni di deflusso;
- le opere previste non modificano i livelli idrici simulati in corrispondenza delle sezioni idrauliche considerate, ma consentiranno di proteggere le condotte fognarie, i manufatti e gli edifici presenti lungo l'alveo inciso nel tratto esaminato;
- le simulazioni idrauliche condotte hanno inoltre evidenziato come, lungo il tratto del Torrente Grana qui indagato, le portate di piena simulate nello studio idrologico non siano contenute nell'alveo inciso nella porzione a monte dell'attraversamento stradale, mentre nel tratto a valle le aree golenali non risultano invece coinvolte dalle acque. In particolare, a monte dell'attraversamento stradale si verificano delle esondazioni sulle aree golenali poste su entrambe le sponde oltre le opere murarie longitudinali, ma con tiranti idrici maggiori in sponda destra;
- in corrispondenza dell'attraversamento stradale di Via J.F. Kennedy, costituito da un antico ponte in pietrame e malta con campata unica ad arco e spalle allineate ai muri spondali presenti su entrambe le sponde, sia a monte che a valle, i livelli idrici delle portate simulate presentano un franco idraulico minimo rispetto ai 2/3 dell'intradosso dell'impalcato ampiamente superiori al metro (franco pari a 2,22 m per la Q200 e 2,88 m per la Q20);
- si ritiene comunque auspicabile che il Gestore del servizio idrico integrato (ACDA spa) proceda con regolarità al monitoraggio dell'evoluzione dell'alveo, e comunque in occasione

di ogni evento alluvionale, al fine di rilevare eventuali fenomeni di erosione localizzata e/o le variazioni del fondo del corso d'acqua che si possano manifestare in corrispondenza degli interventi previsti in progetto.

Il relatore:
Dott. Ing. Franco Giraudo

ALLEGATI

Allegato A – Situazione esistente ed in progetto: tabelle, profilo e sezioni idrauliche

**Allegato A –
Situazione esistente ed in progetto:
tabelle, profilo e sezioni idrauliche**

HEC-RAS Plan: Esistente-Progetto River: Torrente Grana Reach: Pradleves

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pradleves	100	Q20	83.00	791.34	793.69	793.02	794.10	0.004620	2.82	30.24	20.82	0.59
Pradleves	100	Q200	126.00	791.34	794.66	793.62	795.06	0.003112	2.87	47.35	29.75	0.51
Pradleves	90	Q20	83.00	791.09	793.67	792.80	794.00	0.003494	2.57	33.70	25.50	0.52
Pradleves	90	Q200	126.00	791.09	794.65	793.40	794.99	0.002441	2.65	51.62	31.55	0.45
Pradleves	80	Q20	83.00	790.96	793.65	792.67	793.95	0.003027	2.45	35.52	25.52	0.48
Pradleves	80	Q200	126.00	790.96	794.64	793.26	794.95	0.002154	2.55	53.87	31.55	0.43
Pradleves	75	Q20	83.00	790.76	793.68	792.48	793.93	0.002413	2.27	38.32	25.52	0.43
Pradleves	75	Q200	126.00	790.76	794.66	793.02	794.95	0.001862	2.42	56.57	31.56	0.40
Pradleves	70	Q20	83.00	790.60	793.62	792.45	793.89	0.002544	2.36	37.89	26.16	0.45
Pradleves	70	Q200	126.00	790.60	794.63	793.14	794.92	0.001866	2.46	57.31	29.06	0.40
Pradleves	60	Q20	83.00	790.50	792.73	792.73	793.76	0.015739	4.51	18.40	8.84	0.97
Pradleves	60	Q200	126.00	790.50	793.39	793.39	794.76	0.015955	5.20	24.22	8.86	0.98
Pradleves	50	Q20	83.00	790.45	792.53	792.61	793.65	0.017556	4.69	17.71	8.85	1.04
Pradleves	50	Q200	126.00	790.45	793.19	793.28	794.65	0.017813	5.35	23.56	8.85	1.03
Pradleves	40	Q20	83.00	790.40	791.94	792.35	793.49	0.030232	5.51	15.05	10.19	1.45
Pradleves	40	Q200	126.00	790.40	792.40	792.96	794.47	0.030736	6.37	19.79	10.29	1.47
Pradleves	30	Q20	83.00	790.33	791.37	791.78	792.78	0.037477	5.25	15.81	15.79	1.68
Pradleves	30	Q200	126.00	790.33	791.61	792.24	793.73	0.044438	6.46	19.51	15.88	1.86
Pradleves	20	Q20	83.00	789.98	791.63	791.63	792.32	0.011727	3.69	22.99	17.37	0.96
Pradleves	20	Q200	126.00	789.98	791.97	792.12	793.00	0.013713	4.51	28.91	17.47	1.06
Pradleves	15	Q20	83.00	789.68	790.93	791.31	792.25	0.032703	5.08	16.33	14.79	1.54
Pradleves	15	Q200	126.00	789.68	791.36	791.81	792.93	0.026501	5.54	22.80	16.03	1.43
Pradleves	10	Q20	83.00	789.43	791.00	791.03	791.69	0.013103	3.68	22.58	17.35	1.03
Pradleves	10	Q200	126.00	789.43	791.19	791.50	792.39	0.019454	4.84	26.18	19.58	1.28

