



PROVINCIA DI SASSARI
COMUNE DI TISSI

ADEGUAMENTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE
AL P.A.I.
PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA'
IDRAULICA IN APPLICAZIONE DELL'ART.8 COMMA 2
DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I.

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

TAVOLA N°

SCALA

DATA

1.2

Febbraio 2013
Agg. Dicembre 2015
Agg. Marzo 2016

I TECNICI INCARICATI

Ing. Maddalena Idili

Geol. Maddalena Moroso

IL SINDACO

Mauro Scarpa

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Geom. Angelino Pani

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

1. – METODI DI VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Ai fini della valutazione delle caratteristiche idrologiche dei bacini studiati per la definizione delle aree a pericolosità idraulica nel territorio del Comune di Tissi occorre prioritariamente studiare le grandezze caratteristiche dei vari bacini imbriferi sottesi dalle sezioni di studio.

Per individuare le principali caratteristiche del bacino imbrifero sotteso (area, altezza media, pendenza) è stato creato un modello digitale del bacino imbrifero (DTM) basato sulla CTR 1:10000 implementato dell'aerofotogrammetrico in scala 1:2000 in corrispondenza del centro abitato (vedi cartografia allegata).

Nella tabella successiva tabella si riportano sinteticamente le grandezze caratteristiche dei vari bacini imbriferi studiati .

RIO FUNTANA SA TEULA				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
Intero bacino	2,800	148	22	6

RIO BADDE S'ENA				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
monte	5,000	130	19	4
Affluente 2	2,15	87	10	5
Centro	8,4	133	15	3
Affluente 1	1,850	104	14	4
Valle	10,3	153	17	3

RIO BADDE INFERRU				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
Intero bacino	2,200	187	15	9

RIO BONASSIA				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
Intero bacino	0,69	85	0,23	0,07

RIO BADDE GHIA				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
Monte	1,4	152	35	8
Affluente	0,3	104	37	15
Completo	1,9	153	35	8

TORRENTE SU 'E TISSI				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
Sub 1	0,380	98	36	10
Sub 2	0,320	89	33	12
Completo	0,710	102	35	10

Una volta individuate le grandezze caratteristiche dei bacini imbriferi che si sono presi in esame si è proceduto alla scelta di adeguati metodi per la stima della portata di piena di assegnato tempo di ritorno.

Esistono due principali metodologie per la stima delle portate di piena:

- *“Metodi Diretti”* si basano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura delle portate di piena prescindendo dall'esame dei fattori morfologici e climatici.
- *“Metodi Indiretti”* si basano su modelli di trasformazione afflussi-deflussi che forniscono l'idrogramma di piena o equazioni che forniscono la sola portata al colmo.

Si è optato per l'utilizzo di metodi indiretti a fondamento razionale per la valutazione delle portate di piena, ossia utilizzando i dati relativi alle precipitazioni nell'ipotesi che la

frequenza dell'accadimento di questa ultima caratterizzi quella della portata di colmo.

Recenti studi hanno mostrato che il modello probabilistico TCEV, nel quale la possibilità di non superamento di una data portata è data dalla miscelanea di due distribuzioni esponenziali, ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche della Sardegna.

La portata di piena è espressa dalla Formula Razionale come prodotto tra una intensità di precipitazione, data dal rapporto di una altezza di pioggia h (funzione del tempo di ritorno dell'evento e della sua durata) e la sua durata una altezza di pioggia h di assegnata durata T_c , il coefficiente di afflusso in alveo Ψ , la superficie del bacino S e il coefficiente di laminazione $\varepsilon(T_c)$:

$$Q_{max} = 0,278 * \varepsilon(T_c) * \Psi * h [T_r, r(T_c, S)] * S / T_c$$

$T_c =$	$0,127 * \sqrt{(S/I_m)}$	Formula di Ventura
$T_c =$	$(1,5 * L + 4 * \sqrt{S}) / (0,8 * \sqrt{H_m})$	Formula di Giandotti
$T_c =$	$0,108 * (S * L)^{1/3} / \sqrt{I_m}$	Formula di Pasini
$T_c =$	$0,212 * S^{0,231} * (H_m / J_m)^{0,289}$	Formula VAPI Sardegna

Avendo indicato con:

$S =$	Area del bacino
$J_m =$	Pendenza media del bacino
$L =$	Lunghezza asta fluviale
$H_m =$	Altezza media del bacino rispetto alla sezione di verifica
$I_m =$	Pendenza dell'asta fluviale

Le formule di Giandotti e Vapi Sardegna non vengono prese in considerazione per i bacini di dimensioni minori di 40 Km²

La curva di possibilità pluviometrica esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata di precipitazione, che in questo caso poniamo pari a T_c , in base ad una assegnata frequenza di ritorno T_r .

La metodologia TCEV fa riferimento alla variabile dimensionale $\mu = a_1 * T_{n1}$ detta pioggia indice di durata T .

I valori dei parametri a e n risultano, secondo il metodo TCEV, tabellati a seconda della sottozona di riferimento in cui è suddivisa la Sardegna, che nel caso dell'intero territorio del comune di Tissi corrisponde alla sottozona 2, e sono espressi in funzione della

pioggia indice giornaliera h_g .

La pioggia indice giornaliera è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera e si può ricavare dalla carta delle isoiete, nel caso del territorio del Comune di Tissi si è considerata una pioggia indice giornaliera $h_g=50$ mm.

L'altezza di pioggia h_{Tr} (T_c) di durata T_c con un determinato tempo di ritorno T_r in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice per un coefficiente di crescita $K=a_2 \cdot T_n^2$ in cui i parametri sono calcolati in base alla sottozona in cui è suddivisa la Sardegna e in base al tempo di corrivazione.

La pioggia lorda così ottenuta è stata quindi raggugiata all'area tramite il parametro r calcolato secondo le formule del VAPI che fa riferimento al Flood Studies Report.

Si sottolinea infine che è stato considerato per tutti i bacini studiati un coefficiente di afflusso in alveo $\Psi=0.9$,

Nelle pagine successive si riportano dettagliatamente i calcoli idrologici effettuati per i vari bacini per la stima delle portate di massima piena effettuate per i tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni.

Nelle tabelle successive si riportano sinteticamente le portate (espresse in m^3/s) stimate per i vari fiumi presi in esame.

RIO FUNTANA SA TEULA				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Funtana sa Teula bacino completo	36,49	41,30	46,10	52,47

RIO BADDE S'ENA				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Monte	51,35	58,67	66,00	75,68
Affluente 2	29,12	33,24	36,64	41,63
Centro	58,94	67,31	75,66	86,68
Affluente 1	25,06	28,60	31,53	35,82
Valle	66,31	75,71	85,09	97,47

RIO BADDE INFERRU				
sub bacino	Tr= 50 anni (m^3/s)	Tr= 100 anni (m^3/s)	Tr= 200 anni (m^3/s)	Tr= 500 anni (m^3/s)
Intero bacino	31,90	35,87	39,83	45,12
affluente	9,94	10,65	11,36	12,39

RIO BONASSIA				
sub bacino	Tr= 50 anni (m ³ /s)	Tr= 100 anni (m ³ /s)	Tr= 200 anni (m ³ /s)	Tr= 500 anni (m ³ /s)
Bonassia bacino completo	14,01	16,03	18,06	23,34

RIO BADDE GHIA				
sub bacino	Tr= 50 anni (m ³ /s)	Tr= 100 anni (m ³ /s)	Tr= 200 anni (m ³ /s)	Tr= 500 anni (m ³ /s)
Monte	22,90	25,56	28,22	31,78
Affluente	9,39	10,09	10,79	11,80
Completo	28,32	31,80	35,26	39,89

RIO SU 'E TISSI				
sub bacino	Tr= 50 anni (m ³ /s)	Tr= 100 anni (m ³ /s)	Tr= 200 anni (m ³ /s)	Tr= 500 anni (m ³ /s)
Sub 1	9,47	10,32	11,17	12,34
Sub 2	8,84	9,57	10,30	11,32
Completo	14,91	16,40	17,88	19,91

Per quanto attiene il Rio Mascari di cui, per le motivazioni indicate nella relazione illustrativa, non vengono effettuate verifiche idrologiche e idrauliche specifiche ma si fa riferimento agli studi già esistenti quale PAI vigente e lo studio di compatibilità idraulica adottato dal Comune di Sassari ai sensi dell'art. 8 c.2 delle N.A. del PAI e approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n.4 del 12/12/2012.



Figura 123 – suddivisione in sottobacini per lo studio idrologico del sistema Bunnari-Mascari

Il sottobacino di riferimento per il tratto del Rio Mascari, secondo le perimetrazioni definite dallo studio del Comune di Sassari, e come desumibile dai tabulati delle verifiche idrauliche su hec-ras, è il 6, che ha le seguenti grandezze caratteristiche

RIO MASCARI				
sub bacino	Superficie (km ²)	Altezza media rispetto alla sezione di chiusura (m)	Pendenza media del bacino (%)	Pendenza media asta fluviale (%)
Sub 5	147,2	263	18	2,3

Da cui derivano, sempre secondo tale studio, le seguenti portate.

RIO MASCARI				
sub bacino	Tr= 50 anni (m ³ /s)	Tr= 100 anni (m ³ /s)	Tr= 200 anni (m ³ /s)	Tr= 500 anni (m ³ /s)
Sub 5	381,75	446,63	511,49	597,07

2. – ANALISI E MODELLAZIONE IDRAULICA

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, è stato sviluppato dall'USArmy Corps Of Engineers; è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua.

Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite.

A tal fine è stato effettuato sia un dettagliato rilievo sul campo dei torrenti oggetto di studio sia una modellazione tridimensionale su gis per la realizzazione delle sezioni anche lateralmente al corso d'acqua.

Moto permanente

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

$$Y_2 + (\alpha_2 \cdot V_2^2)/2g = Y_1 + (\alpha_1 \cdot V_1^2)/2g + h_e$$

dove:

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

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

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

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

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

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

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

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

S_f è la cadente media tra le due sezioni;

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

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media.

Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare.

Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2).

Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali.

Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione.

La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente.

Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione

in uscita al ponte e sezione a valle del ponte.

Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), che è stato utilizzato nell'ambito del presente studio, tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso.

Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

Condizioni al contorno in moto permanente

Assegnato il valore di portata di moto permanente, nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle; viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte. Per un regime transcritico, invece, si rende necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle.

HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

Nelle numerose modellazioni effettuate ci si è imbattuti in tutte queste possibilità.

In base ai sopralluoghi effettuati, pur considerando la diversità di situazione dei vari torrenti si è stimato un indice di scabrezza di Manning $n=0.035$ ($Ks \sim 30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$), che in letteratura corrisponde ad alvei naturali con ciottoli e ghiaia. Quando i torrenti risultavano ostruiti da fitta vegetazione si è assunto $n=0.04$, mentre nel caso di tratti più regolarizzati, per tenere comunque conto della scarsa manutenzione e della presenza di materiali trasportati, si è assunto un valore del coefficiente di Manning $n= 0.03$.

I risultati ottenuti con la modellazione in Hec-Ras, effettuata per le portate di piena aventi tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni, sono stati quindi trasferiti nella cartografia in scala 1:10000 per l'intero territorio comunale e nella cartografia in scala 1:4000 in corrispondenza del centro abitato di Tissi considerando le aree inondate in una data sezione di studio raccordando quindi le sezioni successive.

I risultati della modellazione sono stati inoltre adattati al reale andamento plano-altimetrico del territorio in base alle risultanze dei numerosi sopralluoghi effettuati.

Si riportano, suddivisi per i singoli bacini di studio, in appositi allegati, i risultati delle verifiche idrauliche effettuate sia in forma grafica che tabellare.

I TECNICI

Dott. Ing. Maddalena Idili

Dott. Geol. Maddalena Moroso