



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

PIANO DI BACINO DEL FIUME TEVERE



**Progetto di Il aggiornamento del Piano di bacino
stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da
Castel Giubileo alla foce - PS5**

Allegati alle Norme tecniche di attuazione

Dicembre 2014

Indice

LA RISPOSTA DI UN BACINO RISPETTO ALLA VARIAZIONE DEL GRADO DI IMPERMEABILIZZAZIONE.

CONTENUTI DEGLI STUDI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA RELATIVAMENTE ALLA SICUREZZA IDRAULICA E AL CONCETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

LINEE GUIDA PER LA MODELLAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA BIDIMENSIONALE PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DI PICCOLI BACINI NON STRUMENTATI

GLOSSARIO



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

Allegato

*LA RISPOSTA DI UN BACINO RISPETTO
ALLA VARIAZIONE DEL GRADO DI IMPERMEABILIZZAZIONE.*

LA RISPOSTA DI UN BACINO RISPETTO ALLA VARIAZIONE DEL GRADO DI IMPERMEABILIZZAZIONE.

Nell'ambito degli studi effettuati per la modellazione idraulica condotta al fine di perimetrare le aree pericolose, dal punto di vista idraulico, per fenomeni di inondazione correlati a scenari di pioggia definiti con vari tempi di ritorno, sono stati individuati e definiti con precisione i limiti e le caratteristiche dei diversi sottobacini costituenti i 13 corridoi ambientali definiti dal PS5.

Nell'ambito degli studi sono stati quindi individuati per ogni sottobacino:

- i perimetri e le relative aree, le lunghezze delle aste, le quote minime e massime,
- tramite la metodologia VA.PI., le piogge intense caratterizzate da vari tempi di ritorno con durate corrispondenti al tempo critico definito come il T_c calcolato con metodo WFIUH, fisicamente basato e calibrato secondo il bacino pilota definito come quello del Rio Galeria per il quale si disponeva di misure di pioggia e di livello in corrispondenza di alcuni fenomeni di piena;
- i rispettivi valori medi del CN Curve Number procedendo alla semplificazione delle categorie di uso del suolo come estratto dalla carta di uso del suolo della Regione Lazio. (Ved. Relazione Generale Studi Idraulici).

Disponendo quindi di tutti i parametri necessari si è proceduto, utilizzando il programma Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers, ad un'analisi di risposta dei bacini rispetto al grado di impermeabilizzazione dei suoli.

Tramite il metodo del SCS (Soil Conservation Service) per il calcolo delle perdite relative alle piogge si è calcolato l'idrogramma di pioggia netta corrispondente alla pioggia di intensità costante, con tempo di ritorno T_r pari a 200 anni, della durata pari al tempo di corrivazione T_c e quindi l'idrogramma unitario corrispondente.

E' stato poi calcolato l'idrogramma di piena corrispondente ottenuto variando gradualmente l'impermeabilizzazione del suolo:

- 1 - incremento del grado di impermeabilità pari a 0
- 2 - incremento del grado di impermeabilità pari a 5%
- 3 - incremento del grado di impermeabilità pari a 10%
- 4 - incremento del grado di impermeabilità pari a 15%
- 5 - incremento del grado di impermeabilità pari a 20 %
- 6 - incremento del grado di impermeabilità pari a 35 %

Una volta ottenute le portate di picco e i volumi dell'idrogramma di piena corrispondenti ai diversi gradi di impermeabilizzazioni del terreno si sono determinati le variazioni percentuali delle portate e le variazioni percentuali dei volumi secondo il seguente schema.

dq:	variazione percentuale della portata di picco rispetto al valore precedente di impermeabilizzazione.
dv :	variazione percentuale del volume dell'idrogramma di piena rispetto al valore precedente di impermeabilizzazione.
dqo:	variazione percentuale della portata di picco rispetto al valore di impermeabilizzazione pari a zero.
dvo:	variazione percentuale del volume dell' idrogramma di piena rispetto al valore del volume dell'idrogramma di piena con impermeabilizzazione pari a zero.

I valori calcolati per ogni bacino sono stati raccolti nella tabella seguente in cui sono riportati:

con **dq1** :

la media aritmetica dell'aumento percentuale di portata calcolato rispetto al valore immediatamente precedente (grado di impermeabilizzazione variabile tra 0% e 20 %);

con **dq2** :

l'aumento percentuale di portata calcolato con il grado di impermeabilizzazione pari a 35% rispetto al valore calcolato con il grado di impermeabilizzazione pari a 20 %;

con **dq(0-35)** rispettivamente le variazioni percentuali di portata calcolate con un grado di impermeabilizzazione via via maggiore rispetto al valore di riferimento di portata per un bacino con incremento del grado di impermeabilizzazione pari a zero;

con **dv1** :

la media aritmetica dell'aumento percentuale di volume calcolato rispetto al valore subito precedente (grado di impermeabilizzazione variabile tra 0% e 20 %);

con **dv2** :

l'aumento percentuale di volume calcolato con il grado di impermeabilizzazione pari a 35% rispetto al valore calcolato con il grado di impermeabilizzazione pari a 20 %.

con **dv(0-35)** rispettivamente le variazioni percentuali di volume calcolato con un grado di impermeabilizzazione via via maggiore rispetto al valore di riferimento del volume di piena per il bacino con incremento del grado di impermeabilizzazione pari a zero.

Disponendo quindi dei valori per ogni bacino dei parametri **dq1**, **dq2**, **dq(0-35)** e separatamente **dv1**, **dv2**, **dv(0-35)** se ne è calcolata la media tra tutti i bacini disponendo, poi, ogni singolo valore di ogni singolo bacino secondo la seguente regola di equalizzazione:

dq1, dq2, dq(0-35) di ogni bacino in classe secondo la regola :

classe 1 se il valore è minore del valore (Media *0.60)

classe 2 se il valore è compreso tra (Media *0.60) e (val.Max*0.65)

classe 3 se il valore è maggiore di (val.Max*0.65)

dv1, dv2, dv(0-35) di ogni bacino in classe secondo la regola :

classe 1 se il valore è minore del valore (Media *0.60)

classe 2 se il valore è compreso tra (Media *0.60) e (val.Max*0.65)

classe 3 se il valore è maggiore di (val.Max*0.65)

Ogni bacino risulta così caratterizzato da una classificazione (classe 1, 2, 3) relativamente ai sei parametri dq1, dq2, dq(0-35), dv1, dv2, dv(0-35).

La composizione dei sei parametri determina la classificazione del bacino in termini di risposta idraulica al cambiamento di impermeabilizzazione secondo la classificazione:

bacino in categoria 1 – bassa risposta idraulica alla variazione del grado di impermeab.

bacino in categoria 2 – media risposta idraulica alla variazione del grado di impermeab.

bacino in categoria 3 – alta risposta idraulica alla variazione del grado di impermeab.

Bacino	dq1	dq2	dq(0-35)	dv1	dv2	dv(0-35)	Categoria
Acqua-Trav	2	2	2	2	2	2	2
Corcolle	3	3	3	3	3	3	3
Caffarella	1	1	1	1	2	1	1
Freghizia	3	3	3	3	3	3	3
Galeria	1	2	1	2	2	1	2
Magliana	1	1	1	1	2	1	1
Malafede	2	2	2	2	2	2	2
Oliviero-Torraccia	2	2	2	3	3	2	2
Osa	3	3	3	3	3	3	3
Pratolungo	2	2	2	3	3	2	2
San Vittorino	3	3	3	3	3	3	3
Tor-Sapienza	2	2	2	2	2	2	2
Valchetta	2	2	2	2	3	2	2
Vallerano	2	2	2	2	2	2	2

Presentano quindi una più alta risposta idraulica alle variazioni di impermeabilizzazione i bacini dei corsi d'acqua affluenti dell'Aniene quali Freghizia, Corcolle, San Vittorino.

Procedendo poi a combinare il parametro sopra individuato con quello relativo al grado assoluto di impermeabilizzazione dei suoli (Imp.), determinato a livello di area romana, secondo le seguenti classi:

CLASSE 1: Imp. minore o uguale al 5%

CLASSE 2: Imp. minore o uguale al 35%

CLASSE 3: Imp. Maggiore di 35 %

Se ne ottiene la seguente matrice di pericolosità (suddivisa in classi):

	<u>CATEGORIA DI RISPOSTA IDRAULICA</u>		
<u>IMPERMEABILIZZAZIONE</u>	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Imp minore o uguale al 5%	1	1	2
Imp compreso tra 5% e 35%	1	2	3
Imp. maggiore di 35 %	2	3	3

Dalla combinazione dei due parametri sopra definiti si ottiene il seguente quadro riassuntivo:

Bacino	Indice di impermeab. (%)	Categoria di Risposta Idraulica	Classe finale di Risposta Idraulica
Acqua-Trav	25.20	2	2
Corcolle	13.90	3	3
Caffarella	35.88	1	2
Freghezia	4.89	3	2
Galeria	14.13	2	2
Magliana	32.77	1	1
Malafede	10.93	2	2
Oliviero-Torraccia		2	2
Osa	14.63	3	3
Pratolungo	13.91	2	2
San Vittorino	5.36	3	3
Tor-Sapienza	26.36	2	2
Valchetta	11.85	2	2
Vallerano	22.61	2	2

La classificazione finale del bacino in classe 2 e 3 determinerà l'applicazione di norme più stringenti dal punto di vista della percentuale ammessa per il deflusso delle acque meteoriche prodotte dalla trasformazione in atto. In particolare, nei Bacini che presentano una *Classe di Risposta Idraulica* più elevata degli altri, le trasformazioni del territorio dovranno determinare oltre all'invarianza idraulica propria dell'intervento anche un recupero di volume idrico finalizzato alla riduzione della portata massima defluente a beneficio dell'intero bacino.

I possibili tipi di intervento di trasformazione del suolo possono essere suddivisi nelle seguenti 4 categorie:

Classificazione dei singoli interventi di trasformazione delle superfici:

a-Intervento di dimensione Marginale:

Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha.

b--Intervento di dimensione Modesta:

Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha.

c--Intervento di dimensione Significativa:

Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha.

d--Intervento di dimensione Marcata:

Intervento su superfici superiori a 10 ha.

La tipologia delle norme da applicare in funzione della Classe di Risposta Idraulica al Grado di Impermeabilizzazione e della Classe di Trasformazione del Territorio è riassunta nella seguente tabella:

Classe di trasformazione	Classe di Risposta Idraulica		
	1	2	3
a	<i>BP</i>	<i>BP</i>	<i>BP</i>
b	<i>VC0</i>	<i>VC0</i>	<i>VC0</i>
c	<i>VC50</i>	<i>VC50</i>	<i>VC50</i>
d	<i>VC50</i>	<i>RID75</i>	<i>RID50</i>

Di seguito vengono indicate per esteso le caratteristiche che dovranno avere gli interventi di limitazione delle portate massime da realizzarsi in corrispondenza di ogni intervento di trasformazione urbanistica:

- BP) Tecniche di buona pratica costruttiva (ved. Glossario);
- VC0) Sono ammesse varie tipologie di intervento, nell'eventuale dimensionamento dei volumi compensativi è possibile tenere conto dell'effetto di laminazione operato dalla rete, dai canali e dai pluviali. Inoltre le luci dell'organo di scarico non dovranno eccedere le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e i tiranti ammessi nell'invaso non dovranno eccedere il metro.
- VC50) E necessario individuare il volume compensativo atto a garantire l'invarianza idraulica, a tal fine andranno dimensionati i tiranti e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'intera area in trasformazione ai valori precedenti l'intervento (ante operam) per un evento pluviometrico con Tempo di Ritorno pari a 50 anni.
- RID75) E necessario individuare il volume compensativo atto a garantire l'invarianza idraulica, a tal fine andranno dimensionati i tiranti e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'intera area in trasformazione ai valori precedenti l'intervento (ante operam) per la quota parte dell'area non sottoposta a trasformazione, mentre per la parte soggetta a trasformazione urbanistica la portata defluente dovrà essere pari al 75% di quella in condizioni originarie (in conseguenza di ciò l'intervento determinerà una riduzione della portata massima defluente rispetto alle condizioni originarie del 25% per la parte soggetta a trasformazione). L'evento pluviometrico di progetto avrà Tempo di Ritorno pari a 50 anni.
- RID50) E necessario individuare il volume compensativo atto a garantire l'invarianza idraulica, a tal fine andranno dimensionati i tiranti e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'intera area in trasformazione ai valori precedenti l'intervento (ante operam) per la quota parte dell'area non sottoposta a trasformazione, mentre per la parte soggetta a trasformazione urbanistica la portata defluente dovrà essere pari al 50% di quella in condizioni originarie (in conseguenza di ciò l'intervento determinerà una riduzione della portata massima defluente rispetto alle condizioni originarie del 50% per la parte soggetta a trasformazione). L'evento pluviometrico di progetto avrà Tempo di Ritorno pari a 50 anni.



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

Allegato

*CONTENUTI DEGLI STUDI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
RELATIVAMENTE ALLA SICUREZZA IDRAULICA E AL
CONCETTO DI INVARIANZA IDRAULICA*

INDICE

IMPOSTAZIONE ED INDIRIZZI GENERALI

1. PARTE DI RISCHIO IDRAULICO - Aspetti di dettaglio ed operativi

1.1 PREMESSE

1.2 ANALISI IDROGRAFICA e Aree a rischio

1.2.1 INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

1.2.2 RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA

Rappresentazione dei risultati

1.3 ANALISI GEOMORFOLOGICA

Rappresentazione dei risultati

1.4 ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

1.4.1 ANALISI IDROLOGICA

Metodi di stima delle portate

1.4.2 RILIEVO TOPOGRAFICO

1.4.3 VERIFICHE IDRAULICHE

1.4.3.1 Indicazioni operative per i calcoli idraulici

Coefficienti di scabrezza

Opere di difesa dalle inondazioni e attraversamenti

Confluenza fluviali

1.4.4 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

1.5 SINTESI DELLE ANALISI

1.6 ACCORGIMENTI TECNICO-COSTRUTTIVI IN AREE INONDABILI

2. STUDIO INVARIANZA IDRAULICA - Aspetti di dettaglio ed operativi

2.1 PREMESSA

2.2 INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITÀ DELLE AREE

2.3 CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI

2.3.1 Caratteristiche di uso del suolo

2.3.2 Caratteristiche del terreno

2.3.3 Caratteristiche qualitative e quantitative richieste

2.3.4 Caratteristiche estetiche ed ecologiche

2.4 ELEMENTI RIASSUNTIVI DELLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ PARTE INVARIANZA IDRAULICA

2.4.1 Quadro sinottico

CONTENUTI DEGLI STUDI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA RELATIVAMENTE ALLA SICUREZZA IDRAULICA E AL CONCETTO DI INVARIANZA IDRAULICA.

IMPOSTAZIONE ED INDIRIZZI GENERALI

Le valutazioni e le determinazioni di carattere idrologico ed idraulico, all'interno dello studio di compatibilità Idraulica, dovranno dimostrare che, per effetto della nuova trasformazione da realizzare, considerata nei caratteri generali distributivi nel caso di strumento urbanistico o nella singola specificità esecutiva nel caso di singolo intervento, non vengano pregiudicate due condizioni:

- A. il livello di rischio idraulico (da valutare se la nuova trasformazione interessa un'area perimetrata a rischio o una zona indicata a Pericolosità Idraulica Potenziale).
- B. il regime dei deflussi superficiali (da valutare sempre in ogni caso);

A riguardo pertanto duplice è l'approccio per il quale deve essere condotto lo studio.

In primo luogo deve essere verificata l'ammissibilità dell'intervento, considerando le interferenze tra i dissesti idraulici presenti e le trasformazioni attuate dall'intervento o le possibili destinazioni programmate dallo strumento (**Parte di studio detta a rischio idraulico**).

A tal fine ove l'intervento ricada all'interno di un'area soggetta a perimetrazione per fenomeni di inondazione e dunque faccia parte del reticolo idrografico investigato dal presente piano (rientrante negli studi idraulici oggetto di Convenzione) per il quale siano state definite le fasce A, B, C e le aree a Rischio e comunque sia inquadrata dallo stesso piano in zone definite come "Aree sottoposte all'azione di riduzione del livello di rischio", lo Studio di Compatibilità Idraulica deve verificare che il sito oggetto di trasformazione sia sicuro in termini idraulici, cioè siano programmabili quelle opere che determinino la messa in sicurezza dell'area, oppure siano adottati quegli accorgimenti tecnologici puntuali, ove ne ricorrano le condizioni (in genere tiranti idrici minori di 0.50 metri e velocità minori di 0.50 m/s) che riducano la vulnerabilità dei singoli interventi edilizi.

In secondo luogo lo studio deve analizzare gli effetti della impermeabilizzazione delle superfici oggetto di trasformazione che contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento dei deflussi superficiali delle aree trasformate. Pertanto ogni intervento (considerato nei limiti dimensionali indicati dalle norme) che induce una variazione di permeabilità delle superfici deve prevedere misure compensative volte a mantenere o (nei casi previsti dalle norme per bacini con determinate condizioni) a migliorare **la portata di picco** defluente in condizioni di pioggia intensa, relativamente all'estensione areale corrispondente alla superficie totale dell'intervento (**parte di studio detta di invarianza idraulica**).

In generale lo studio dovrà essere articolato in:

A. descrizione della trasformazione (urbanistica o del singolo intervento):

- individuazione e descrizione degli interventi urbanistici da realizzare

B. descrizione delle caratteristiche dei luoghi:

- individuazione e descrizione dei luoghi in oggetto, con riferimento alla loro morfologia;
- caratteristiche idrografiche ed idrologiche del reticolo idrografico di riferimento
- caratteristiche delle reti di drenaggio da realizzare

- descrizione della rete di recapito se diversa dal reticolo naturale

C. valutazione delle caratteristiche dei luoghi in riferimento ai contenuti dell'intervento:

- analisi delle superfici interessate da impermeabilizzazione e valutazione in termini di aumento dei deflussi superficiali;
- valutazione delle eventuali condizioni di criticità idraulica del territorio e analisi (se necessaria) dei livelli di pericolosità e di rischio conseguenti alle realizzazioni;

D. proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio:

- indicazioni di misure per l'attenuazione del rischio idraulico (se del caso);
- indicazione degli interventi compensativi ai fini dell'obiettivo di invarianza idraulica.

Le valutazioni del rischio idraulico sono condotte con preciso riguardo delle aree perimetrare dal Piano come area a Rischio o Fasce (aste principali dei così detti Corridoi ambientali oltre che per il Tevere e per l'Aniene). Nelle altre zone, attualmente non coperte da studi idraulici di dettaglio, lo studio verifica lo stato di possibile interferenza dell'intervento con la cartografia definita a "Pericolosità idraulica potenziale" in scala 1/25000; nel caso che l'area di intervento sia interessata, lo studio verifica, pertanto, anche lo stato di rischio idraulico relativo all'oggetto di intervento.

Le valutazioni inerenti alla parte di rischio idraulico, sono condotte in genere per vari scenari di evento corrispondenti a quelli definiti dal Decreto Legislativo n. 49/2010 (Evento ad elevata probabilità: Tr compreso tra 20 e 50 anni; Evento a media probabilità: Tr compreso tra 100 e 200 anni; Evento raro di estrema intensità: Tr fino a 500 anni).

A tale scopo sono presenti nel Piano e nella Relazione Tecnica Generale allegata agli Studi idraulici condotti dall'ABT, tutti gli elementi di riferimento onde redigere uno studio conforme ed omogeneo ai caratteri del Piano quali:

riferimenti cartografici e di elevazione digitale del terreno;

metodologie di analisi Gis (Open Source) utilizzabili per :

determinazione dei bacini idrografici;

determinazioni morfologiche;

determinazioni dei deflussi superficiali;

metodologie per determinazione dei tempi di concentrazione dei deflussi;

metodologie per determinazione degli idrogrammi di piena;

metodologie per individuazione dei coefficienti di deflusso (vedi Linee Guida degli Studi Idraulici).

Si evidenzia che i diversi sottobacini costituenti i 13 corridoi ambientali definiti dal PS5 sono stati individuati, negli studi effettuati dall'ABT, nell'ambito delle modellazioni idrauliche condotte per la perimetrazione delle aree pericolose per fenomeni di inondazione correlati a scenari di pioggia definiti con vari tempi di ritorno.

Nell'ambito degli studi sono stati quindi individuati i perimetri dei bacini e le relative aree, lunghezze di aste, quote minime e massime, nonché tramite la metodologia Vapi le piogge intense caratterizzate da vari tempi di ritorno con durate corrispondenti al tempo critico definito come il Tc calcolato con metodo WFIUH (dell'Idrogramma Istantaneo Unitario con determinazione della Funzione d'Ampiezza), fisicamente basato e calibrato secondo il bacino pilota definito in quello del Rio Galeria per il quale si disponeva di misure di pioggia e di livello in corrispondenza di alcuni fenomeni di piena.

Per i diversi bacini si sono anche determinati i rispettivi valori medi del CN (Curve Number) procedendo alla semplificazione delle categorie di uso del suolo estratte dalla carta di uso del suolo della regione Lazio (vedere Relazione Generale studi idraulici).

Lo studio da condurre ai fini della compatibilità idraulica - parte del rischio determinerà, quindi, per un tratto di corso d'acqua sufficiente per le valutazioni del caso, come l'area oggetto di intervento sia soggetta a pericolosità idraulica con stati P3, corrispondente a tempi di ritorno di 50 anni, P2 corrispondente a tempi di ritorno di 200 anni e P1 corrispondente a tempi di ritorno di 500 anni.

Lo studio dovrà, nel caso, indicare anche le opere necessarie per la messa in sicurezza dell'area di intervento e alle quali rimane condizionata la realizzazione proposta, con riferimento al conseguente minore livello di rischio raggiungibile.

Le opere di messa in sicurezza che rendono pienamente attuabili gli interventi di trasformazione fanno riferimento a tempi di ritorno di 200 anni.

Nel caso si prevedano opere di messa in sicurezza dimensionate con riferimento a tempi di ritorno minori, le trasformazioni sono possibili solo in relazione alla individuazione di aree così dette marginali (con contemporanea presenza di condizioni di bassa velocità e basso tirante idrico 0,50 metri e 0,50 m/s) riferite alla piena di pericolosità P2. Tali aree marginali sono individuabili, se se ne verifica la condizione, anche in assenza di opere cioè nello stato attuale.

Nelle aree individuate come marginali, rispetto ai parametri idraulici (velocità e tiranti) della piena di riferimento con tempo di ritorno di almeno 200 anni, sia nello stato attuale che a seguito di realizzazione di opere di messa in sicurezza con tempi di ritorno minori, è possibile prevedere interventi tipo "*accorgimenti tecnologici*" diretti alla sola riduzione della vulnerabilità del bene da realizzare.

Si intendono con questa tipologia le *azioni dirette alla riduzione della vulnerabilità del singolo bene esposto*, quali ad esempio, la realizzazione di tipologie edilizie particolari che non prevedano la realizzazione di locali posti al di sotto del piano di campagna e che abbiano il primo livello di calpestio ad una quota almeno di un metro.

Qualunque opera di messa in sicurezza o dispositivo tecnologico di riduzione della vulnerabilità del bene non potrà mai, in ogni caso, determinare aggravamenti sostanziali delle condizioni di deflusso della piena di riferimento nelle aree a monte e a valle delle aree oggetto di intervento.

1. PARTE DI RISCHIO IDRAULICO - Aspetti di dettaglio ed operativi

1.1 PREMESSE

In questa sezione sono specificate alcune indicazioni tecniche da considerare come orientamento per lo sviluppo della Verifica di Compatibilità Idraulica - Parte di Rischio, in particolare per la trattazione dei dati/analisi da considerare.

La Verifica si sviluppa su più livelli di approfondimento e, a seconda del livello di sviluppo della stessa, deriva dalla integrazione dei seguenti dati ed analisi:

- degli studi esistenti per l'individuazione delle aree inondabili negli strumenti di Pianificazione esistenti, utili al fine di tarare le analisi idrauliche;
- dei modelli di elevazione del terreno DEM i quali permettono di ottenere informazioni sulla morfologia dei bacini interessati, sulle direzioni di scorrimento nonché sulle varie forme caratteristiche quali canali, dossi, buche etc ;
- dei dati idrologici e geomorfologici di riferimento, come sviluppati nel Piano per i vari sottobacini, in merito alle piogge intense, ai tempi di concentrazione, ai volumi di piena e alle forme di idrogrammi;

Ciascuno di questi gruppi di dati/analisi è utile al fine di definire nella maniera più possibile attinente alla realtà le aree interessabili dalle dinamiche fluviali e la verifica risulterà dalla integrazione e sintesi ragionata dei suddetti dati, evidenziando la congruenza tra l'insieme delle informazioni raccolte e le analisi effettuate.

Il grado di approfondimento degli studi è in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale prevista e della situazione della rete idrografica nel contesto in cui si colloca la trasformazione territoriale; indicativamente è più approfondito in funzione dell'ampiezza del bacino sotteso, della vicinanza al corso d'acqua, dell'esistenza di dati su precedenti eventi di allagamento/dissesto, della consistenza e del livello di attuazione della trasformazione territoriale.

1.2 ANALISI IDROGRAFICA e Aree a rischio

Tale analisi ha lo scopo di individuare il reticolo idrografico attuale e le aree mappate come inondabili negli strumenti di pianificazione di settore redatti dall'Autorità di Bacino (es: Piano Sstralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, PS5) le aree inondabili individuate in altri strumenti di pianificazione (PRG) e le aree individuabili come inondabili e/o inondate sulla base degli studi di altri enti.

In definitiva si raccoglieranno gli elementi utili per individuare le situazioni dove potrebbero essere presenti criticità effettive o potenziali che potrebbero interferire con le previsioni urbanistiche.

In ogni caso laddove si ha la presenza di porzioni del reticolo idrografico, anche in un ampio intorno dall'area di interesse, l'assenza di segnalazioni su precedenti criticità, l'assenza di studi/analisi sulla presenza di aree inondabili o la mancata individuazione di aree inondabili negli strumenti di programmazione, non esclude che le aree possano essere interessabili da criticità di carattere idraulico.

L'analisi va sviluppata per le aree di interesse ed un loro intorno significativo, anche ampio, in funzione del contesto morfologico.

1.2.1. INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

In primo luogo è individuata la rete idrografica attuale attraverso la consultazione della cartografia disponibile nel Piano e/o nella Relazione Tecnica allegata agli studi idraulici per 13 sottobacini, nonché su base della Carta Tecnica Regionale (scala 1:5000).

1.2.2 RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA

Nel corso dell'analisi preliminare vanno raccolte le informazioni disponibili relative alla individuazione di aree inondabili mappate negli strumenti di programmazione esistenti.

Tra gli strumenti di programmazione verranno considerati:

- ✧ Piani stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico – PAI, Piani straordinari per il rischio idrogeologico, Piani di gestione del rischio alluvioni, Piano stralcio Area romana Ps5;
- ✧ Piano Regolatore Comunale (cartografia geomorfologica e cartografia delle pericolosità geologiche);
- ✧ Piano Comunale o Intercomunale di Protezione civile;

Inoltre, vanno raccolte eventuali informazioni/segnalazioni relative a criticità o eventi di allagamento e inondazione avvenute in passato.

Le informazioni, provenienti da varie fonti (es: articoli di stampa, fotografie, testi, relazioni tecniche, rapporti di evento, segni lasciati per ricordare il livello delle acque raggiunto in caso di piena, testimonianze), sono da documentare specificandone la fonte, il periodo temporale al quale si riferiscono e valutandone l'attendibilità.

Rappresentazione dei risultati

I risultati dell'analisi idrografica-bibliografica-storica sono riassunti in relazione, descrivendo:

- le cartografie utilizzate (specificandone fonte ed anno);
- gli strumenti di programmazione consultati (tipo e anno di redazione);
- altri studi disponibili (tipo, fonte e anno di redazione);
- le informazioni/segnalazioni raccolte, specificandone la fonte, il periodo temporale al quale si riferiscono e l'attendibilità;
- la posizione dell'area di interesse rispetto al reticolo idrografico
- le potenzialità criticità del reticolo idrografico, fornendo indicazioni sull' inondabilità potenziale dell'area di interesse sulla base delle carte disponibili nel Piano.

Alla relazione è allegata una cartografia, con l'individuazione del reticolo idrografico e la distinzione delle aree:

- a)** aree inondabili mappate nei PAI o in altri strumenti di programmazione dell'Autorità di bacino, per vari tempi di ritorno;
- b)** aree indicate come a *“potenziale pericolosità”* dal PS5;
- c)** aree inondabili secondo altri strumenti di programmazione;
- d)** aree inondabili/inondate ricavate da studi o altre fonti (distinguendole per fonte);

Lo sviluppo della sola Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica, nell'ambito dello Studio, permette di valutare l'eventuale esclusione dai successivi livelli di analisi solo nel caso in cui l'area interessata dalla trasformazione sia posta ad una quota e distanza tale da non essere sicuramente interessabile da potenziali fenomeni inondazione/allagamento del reticolo idrografico.

A tale proposito si evidenzia che lo scopo è quello di evitare l'aggravamento delle condizioni di rischio idraulico esistente o pregiudicare la riduzione futura di tale livello, facendo sì che le scelte pianificatorie fin dalla fase della loro ideazione valutino la pericolosità idraulica presente e potenziale.

In definitiva le valutazioni dovranno essere ricondotte alla massima cautela al fine di raggiungere i suddetti obiettivi e nel caso di mancanza di inequivocabile evidenza di quanto sopra indicato, saranno sviluppati i successivi livelli di analisi dello Studio.

1.3 ANALISI GEOMORFOLOGICA

Attraverso l'analisi geomorfologica sono individuate le forme principali che caratterizzano il sistema idrografico naturale: alveo attivo, piana inondabile per piene eccezionali, sponde e argini, scarpate principali e bordi di terrazzo (attivi e quiescenti). Inoltre, sono individuati i tratti di reticolo idrografico interessati da evidenti fenomeni di incisione dell'alveo, sovralluvionamento o significativa erosione delle sponde.

Nel corso dell'analisi si individueranno le morfologie e le forme che caratterizzano la piana inondabile per piene eccezionali e che possono delimitare tale piana: bordi di terrazzi, scarpate (almeno quelle con altezza mediamente superiore a 1.0-1.5 m), rotture di pendenza, zone depresse, principali direzioni di scorrimento, alvei e meandri abbandonati. Sono individuati anche gli elementi antropici principali (ponti, argini artificiali, difese di sponda, traverse, rilevati nella piana inondabile) che possono influenzare lo sviluppo dei fenomeni di inondazione.

forme di accumulo presenti in alveo (barre);

tipologia della vegetazione in alveo e sulle sponde;

presenza di detriti vegetali in alveo/sponde, sulla piana inondabile e presso le opere antropiche;

stato delle sponde e del fondo e loro evidenze evolutive/mobilità: tendenze all'incisione, erosione di sponda, ecc.

caratteristiche e stato di conservazione-manutenzione delle opere antropiche in alveo (longitudinali e trasversali) o per la difesa da fenomeni di allagamento: opere di difesa trasversali, opere di difesa longitudinali, sbarramenti, argini, attraversamenti; per tali opere

individuazione delle singolarità (strette naturali o artificiali, abbassamenti delle sponde, abbassamenti arginali) dalle quali si possono propagare i fenomeni di inondazione e individuazione delle morfologie che guidano la propagazione delle inondazioni nelle aree esterne all'alveo;

Rappresentazione dei risultati

I risultati dell'Analisi geomorfologica sono riportati in relazione, descrivendo:

- le cartografie-foto aeree consultate e i rilievi eseguiti;
- le caratteristiche e le forme che caratterizzano l'alveo e la zona di pertinenza fluviale, lo stato della scarpate fluviali, i terrazzi e le forme morfologiche individuati e nella zona di pertinenza fluviale;
- gli elementi antropici principali e le loro caratteristiche, entro l'alveo e nella zona di pertinenza fluviale;
- la presenza di singolarità in alveo o presso le sponde presso i quali si possono propagare i fenomeni di esondazione;

la descrizione delle aree potenzialmente inondabili individuate su base geomorfologica e della fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica.

1.4 ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

L'Analisi idrologico-idraulica, insieme con l'Analisi idrografica-bibliografica-storica e con l'Analisi geomorfologica, permette di valutare i tiranti/velocità di allagamento per vari tempi di ritorno, al fine di individuare le fasce a differente pericolosità idraulica, nonché definire gli interventi eventualmente necessari per mitigare la pericolosità idraulica.

Le previsioni sono soggette a limitazioni secondo quanto disposto nelle fasce a differente pericolosità idraulica.

L'analisi è da sviluppare per l'area di interesse e per un suo intorno significativo. L'intorno significativo è definito in funzione della situazione morfologica e di criticità dell'area di interesse rispetto all'evoluzione dei fenomeni di esondazione (la pericolosità da inondazione di un'area può essere determinata da flussi idrici nella piana inondabile provenienti da monte, dovuti ad esempio ad abbassamenti arginali a monte della zona di interesse, o a criticità presenti a valle, quali: restringimenti od ostruzioni).

I risultati delle verifiche idrauliche vanno confrontati con le analisi geomorfologiche, verificando la congruenza con la situazione morfologica, litologica e di copertura vegetale dell'alveo e delle aree golenali, nonché con le informazioni storiche e bibliografiche disponibili.

Tali dati e analisi (storici, geomorfologici, idraulici) devono essere tra loro mutuamente congruenti (es: lo sviluppo di velocità elevate nel modello anche con le portate più ridotte, oppure la presenza di risalti idraulici, deve essere congruente con le evidenze morfologiche).

L'analisi idrologica-idraulica contempla la redazione di un'analisi idrologica, rilievi topografici e verifiche idrauliche.

1.4.1 ANALISI IDROLOGICA

Attraverso l'analisi idrologica si definiscono le portate ed eventualmente gli idrogrammi da considerare nelle analisi idrauliche.

E' opportuno che le analisi siano sviluppate per valutare le portate con tempi di ritorno pari 50 anni, 200 anni e 500 anni al fine di avere una caratterizzazione idrologica completa, ovvero anche con altre portate qualora ritenute utili per una migliore analisi idraulica.

La caratterizzazione idrologica generale dell'area romana è definita nella **Relazione Tecnica** allegata agli Studi Idraulici condotti per i 13 sottobacini principali ed a questa occorre far riferimento a meno di situazioni giudicate particolari.

L'utilizzo di dati diretti provenienti da stazioni pluviometriche deve essere adeguatamente motivata e confrontata con quelli sopra indicati.

Metodi di stima delle portate

La stima della portata di piena di assegnata pericolosità per un corso d'acqua dipende in generale dal tipo di dati idrologici disponibili, la procedure utilizzabile è sostanzialmente quella di seguito descritta.

Analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse, eventualmente con l'impiego di una metodologia di tipo regionale, e successivo impiego di modelli afflussi-deflussi.

Tra i vari modelli di trasformazione afflussi-deflussi disponibili in letteratura si ricordano quelli che trovano generale diffusione per la loro semplicità di applicazione:

- il metodo razionale, che rappresenta nel contesto italiano la formulazione sicuramente più utilizzata a livello operativo per la stima della portata al colmo, generalmente in bacini idrografici di piccola e media dimensione (< 50 Km²);
- il metodo proposto dal Soil Conservation Service americano [1972], nel seguito indicato come Metodo SCS-CN, valido soprattutto nel caso di bacini di piccola dimensione (< 30-50 Km²);
- il metodo dell'invaso; tale metodo, utilizzabile per bacini urbani assimilabili a quelli di fognatura, non è consigliabile in assenza di confronti con altri metodi poiché caratterizzato da forte sensibilità a parametri affetti da possibile notevole incertezza.

Oltre ai metodi sopra elencati sono talvolta impiegati altri metodi più complessi che permettono una schematizzazione più rigorosa del processo afflussi-deflussi, come quelli più complessi fisicamente basati, data driven o basati sulla morfologia del bacino (es: GIUH, IUH topologici).

Nei casi di maggior criticità e importanza (in funzione dell'entità e tipologia delle previsioni

urbanistiche ed edilizie), in particolare qualora l'applicazione dei metodi più semplificati porta a valori piuttosto conservativi, è consigliabile l'utilizzo dei modelli più complessi, purché siano disponibili i dati di input richiesti con sufficiente grado di accuratezza e purché sia possibile un loro pur minima taratura.

In ogni caso i metodi devono essere adeguatamente documentati in letteratura e le scelte dei parametri e le ipotesi di calcolo devono essere sempre chiaramente giustificate nelle relazioni idrologiche.

In genere è raccomandabile produrre stime delle portate con più metodi e considerare ai fini delle decisioni quelli più cautelativo o, comunque, valori ritenuti adeguatamente cautelativi in funzione della qualità e quantità dei dati disponibili e del grado di affinamento delle procedure di calcolo. La scelta degli ietogrammi utilizzati e i valori portate scelti per la successiva analisi idraulica, in relazione a quanto sopra detto, dovranno essere adeguatamente motivati.

Qualora possibile si raccomanda di effettuare una "taratura" dei modelli utilizzati attraverso l'analisi delle serie storiche di precipitazione e portata disponibili; in tal caso anche se i dati di portata disponibili sono relativi ad un numero limitato di anni (da 2-3 anni a 5-10 anni, a seconda della significatività dei dati), sono convenientemente utilizzabili

Nel seguito vengono fornite alcune indicazioni sul metodo razionale, essendo la formulazione più utilizzata a livello operativo per la stima della portata al colmo, per la sua semplicità applicativa, in particolare nel caso di bacini di piccole e medie dimensioni (< 50 Km²), soprattutto qualora le informazioni idrologiche siano scarse o imprecise.

La sua applicazione richiede essenzialmente la stima di due grandezze: il tempo di corrivazione del bacino e il coefficiente di deflusso (o, più correttamente, di afflusso alla rete)

Il tempo di corrivazione viene di regola valutato caso per caso con le formule esistenti in letteratura (es: Giandotti, Kirphic, Pasini, Ventura, etc.), tenendo conto del contesto per le quali sono state determinate. A titolo di confronto si potrà valutare il tempo di corrivazione anche considerando i valori determinati per bacini confrontabili (in dimensioni, posizioni, acclività) come calcolati nelle Relazione Tecnica allegata agli studi idraulici redatti dalla Autorità di Bacino

E' opportuno che, caso per caso, si proceda ad una valutazione del tempo di corrivazione secondo diversi approcci.

La scelta del tempo di corrivazione deve essere adeguatamente motivata.

Il coefficiente di deflusso va valutato caso per caso con le metodologie appropriate in considerazione della dimensione e conformazione del bacino stesso, della pendenza dei versanti, del tipo di copertura/uso del suolo, della litologia, della durata della pioggia critica e delle condizioni precedenti al verificarsi dell'evento, nonché del tempo di ritorno dell'evento. Il valore del coefficiente di deflusso utilizzato nei calcoli deve essere adeguatamente motivato.

In linea generale per bacini di piccola e media estensione è opportuno fare riferimento all'uso del suolo e alla litologia, assegnando ad ogni tipologia/combinazione di tali parametri il valore più appropriato del coefficiente di deflusso valutando attraverso la media ponderata sull'area il coefficiente di deflusso globale.

In linea orientativa i valori dei coefficienti di deflusso possono variare tra 0,3-0,5 per bacini poco edificati con buona copertura vegetale a 0,5-0,9 per bacini maggiormente edificati o con bassa capacità di trattenere le piogge. In assenza di valutazioni di dettaglio si raccomanda l'utilizzo di valori cautelativi.

Qualora si utilizzi il metodo SCS-CN per stimare il coefficiente di deflusso si raccomanda di calcolare anche la portata di piena con la formulazione originale dello stesso metodo (considerando il tempo di ritardo previsto nel metodo) e confrontare il valore con quello ottenuto con il metodo razionale; nell'applicazione del metodo SCS-CN è raccomandabile la trasformazione da CNII a CNIII, per tenere conto che gli eventi con elevato tempo di ritorno solitamente si verificano in condizioni di bacino sufficientemente imbibito.

Per la valutazione del CN possono essere utilizzati i dati sulla copertura del suolo derivati dalle carte dell'uso del Suolo della Regione Lazio secondo la scala semplificata utilizzata nelle

calcolazioni della Relazione Tecnica dei Studi idraulici condotti per conto dell'ABT.

Qualora ci si trovi in aree appartenenti a bacini studiati dalla ABT il CN può essere direttamente derivato dai dati della Relazione Generale secondo il metodo esposto.

1.4.2 RILIEVO TOPOGRAFICO

Lo schema geometrico del corso d'acqua per le successive verifiche idrauliche deve essere costruito mediante opportuni rilievi topografici locali, da realizzare tenendo conto, laddove presenti, di quelli eseguiti e resi disponibili dall'Autorità di Bacino (sono disponibili i dati topografici per le 13 aste principali dei corridoi ambientali).

Lo scopo del rilievo è quello di definire una serie di sezioni trasversali al corso d'acqua e individuare tra sezione e sezione quelle singolarità morfologiche che confinano e guidano lo sviluppo dei fenomeni di esondazione.

È opportuno che il rilievo topografico sia redatto successivamente ad un sopralluogo sull'area da parte del tecnico che redige le verifiche idrauliche, al fine di valutare le singolarità e gli elementi significativi che si ritiene opportuno vengano rilevati, nonché per definire la posizione più significativa delle sezioni.

Nel caso in cui nell'area fossero già disponibili delle sezioni è opportuno effettuare preventivamente un primo calcolo idraulico preliminare per verificare l'utilità di sezioni di raffittimento.

Ai fini del rilievo e delle successive analisi idrauliche è opportuno tenere conto che: - il tratto interessato dal rilievo deve essere adeguatamente esteso a valle e monte del tratto di interesse in modo tale da considerare gli elementi che possono comunque influenzare l'analisi idraulica (restringimenti, opere trasversali, significative variazioni delle condizioni di scabrezza, ecc.) e che sono significativi ai fini della definizione delle condizioni al contorno per la modellazione del tratto da indagare.

Indicativamente è opportuno considerare un'estensione, per un tratto a monte dell'area interessata dall'intervento, di almeno 150 metri, e un tratto a valle di almeno 200 metri; tale estensione è comunque da valutare in funzione dell'importanza del corso d'acqua e delle situazioni al contorno. L'interasse delle sezioni è bene che non sia superiore a 10 volte la larghezza dell'alveo e comunque non superiore a 250 m;

Sono da rilevarsi le sezioni laddove si possono avere modifiche significative di portata (confluenze, scolmatori), delle pendenze del corso d'acqua, della conformazione dell'alveo e delle zone golenali, delle scabrezze, nonché per la presenza di opere antropiche quali argini, traverse-dighe o ponti.

Nel caso di strutture trasversali quali traverse è corretto rilevare una sezione sul coronamento dell'opera e una immediatamente a valle.

Nel caso di situazioni che determinano una contrazione della sezione di deflusso o di ponti, oltre alla sezione rilevata presso l'opera, è bene rilevare una sezione a valle nel punto dove termina l'effetto della contrazione e una a monte dove inizia l'effetto della contrazione; per i ponti è corretto considerare altre due sezioni, una poco a monte ed una poco a valle, rappresentative della condizione naturale del profilo (fondo alveo e golene).

Le sezioni trasversali devono essere perpendicolari alla direzione del flusso dell'acqua previsto nel canale principale e nelle golene; deve essere rilevata la quota del fondo alveo.

Il rilievo delle sezioni trasversali deve spingersi ad una quota sensibilmente superiore alla quota del profilo di piena e nel caso di alvei arginati il rilievo deve essere sviluppato almeno fino al piede esterno degli argini; nel caso dei ponti o tombini devono essere rilevate le quote di sottotrave/intradosso e la precisa geometria del manufatto (pile e spalle).

Tra una sezione e la successiva devono essere rilevate anche quelle caratteristiche morfologiche e di uso del suolo che possono influenzare lo sviluppo dei fenomeni di esondazione (scarpate, sponde, argini, limiti di zone con abbondante vegetazione, muri, perimetro edifici, aree depresse, ecc.), avendo particolare cura di rilevare anche le singolarità significative (es: abbassamenti

localizzati di sponde o argini).

Durante il rilievo sono registrate le informazioni utili da riportare sulle singole sezioni: quota del pelo dell'acqua, limite dell'alveo attivo, litologia nell'alveo attivo, tipo e natura di eventuali manufatti antropici, tipologia vegetazione (es: area priva di vegetazione, vegetazione erbacea, arbustiva, arborea, area coltivata), punti significativi (es: limite terreno di riporto, strada, argine, ecc.).

Per la valutazione delle aree inondabili possono essere utilizzati i rilievi LIDAR resi disponibili da Ministero Ambiente o il DEM regionale a passo 5 metri, purché si valuti la congruenza tra i suddetti rilievi e i rilievi topografici effettuati.

1.4.3 VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche possono essere sviluppate secondo le seguenti schematizzazioni:

- a) moto uniforme;
- b) moto permanente con schematizzazione monodimensionale (1-D);
- c) moto vario con schematizzazione quasi bidimensionale (quasi-2D);
- d) moto vario con schematizzazione bidimensionale (2 D).

L'utilizzo della schematizzazione idonea è valutato in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale, della necessità di determinare le velocità dei flussi idrici, dello scenario di allagamento che può caratterizzare l'area di interesse (es: i modelli bidimensionali sono da preferirsi in presenza di fenomeni di invaso o deflussi all'esterno di aree arginate).

Le verifiche idrauliche sono di regola sviluppate almeno in ipotesi di **moto permanente**, analizzando un tratto di corso d'acqua significativo la cui estensione è valutata tenendo conto che:

- devono essere adeguatamente definite le condizioni al contorno di monte (particolarmente significative nel caso di corrente supercritica) e di valle (particolarmente significative nel caso di corrente subcritica);
- deve essere adeguatamente considerata l'influenza di opere o condizioni presenti a monte e valle del tratto di interesse; in particolare si deve tenere in debito conto l'influenza di fenomeni di rigurgito causati da particolari condizioni (confluenze, immissione in mare o invasi, restringimenti, ecc.).

L'utilizzo dello schema semplificato di **moto uniforme**, da giustificare adeguatamente, può essere applicato solo nei casi delle trasformazioni di minore importanza/consistenza e qualora non si vogliano determinate la velocità dei flussi idrici, esclusivamente quando il tronco di interesse:

- abbia geometria regolare;
- non contenga al suo interno, sul contorno e in un intorno significativo sezioni critiche costituite da salti o strettoie naturali o artificiali, oppure significative variazioni della pendenza del fondo, che provocano apprezzabili scostamenti dalle condizioni di moto uniforme;
- in caso di corrente subcritica l'eventuale strettoia o condizione che può determinare l'innalzamento del profilo di piena deve essere posta ad adeguata distanza dal tratto di interesse, pari ad almeno 2 volte quella determinata dall'innalzamento del profilo di piena rispetto alle condizioni indisturbate;
- non presenti condizioni di passaggio da corrente subcritica a supercritica o viceversa (confrontando per ogni sezione la quota di stato critico con la quota di moto uniforme corrispondente alla pendenza locale del fondo);

Nel caso di previsioni urbanistiche/edilizie di particolare importanza dove è importante la valutazione di fenomeni specifici (valutazione capacità di laminazione, volumi esondabili, propagazione dei tiranti e valutazioni di dettaglio delle velocità di allagamento, ecc.), si farà riferimento a condizioni di **moto vario**, definendo un opportuno idrogramma di piena e, ove opportuno, l'utilizzo di **modelli bidimensionali**. L'idrogramma potrà essere determinato con riferimento alle forme di idrogrammi definite per i vari bacini e sottobacini come presentati nella

Relazione Tecnica secondo i vari metodi :

metodo idrogramma piena ABT/PAI

metodo idrogramma di piena ABT con Tc geomorfologico;

metodo idrogramma di piena con metodo WFIUH.

1.4.3.1 Indicazioni operative per i calcoli idraulici

Coefficienti di scabrezza

Per le verifiche occorre eseguire una corretta e cautelativa definizione dei parametri di scabrezza.

I valori di scabrezza sono dipendenti da vari fattori tra cui il materiale del fondo alveo-sponde-golene, la vegetazione, le forme di fondo, la forma della sezione e l'irregolarità delle sponde, l'andamento planimetrico dell'alveo, la presenza di ostruzioni o singolarità.

Per la scelta dei coefficienti di scabrezza (Manning) ci si può riferire alle tabelle disponibili in letteratura (si veda, ad esempio, la seguente tabella).

A. FIUMI NATURALI	Minimo	Normale	Massimo
1. CANALI PRINCIPALI			
a. Puliti, dritti, senza salti di pendenza o buche profonde	0.025	0.030	0.033
b. Come sopra, ma con più ciottoli e vegetazione erbacea	0.030	0.035	0.040
c. Puliti, sinuosi, alcune buche e barre sommerse	0.033	0.040	0.045
d. Come sopra ma con un po' di vegetazione e ciottoli	0.035	0.045	0.050
e. Come sopra, poca acqua, con più scarpate e sezioni non partecipanti al deflusso	0.040	0.048	0.055
f. Come "d" ma con più ciottoli	0.045	0.050	0.060
g. Rami poco attivi, buche profonde	0.050	0.070	0.080
h. Rami molto vegetati, buche profonde, o canali di esondazione con grandi tronchi e cespugli	0.070	0.100	0.150
2. PIANE INONDABILI			
a. Pascoli senza cespugli			
1. Erba bassa	0.025	0.030	0.035
2. Erba alta	0.030	0.035	0.045
b. Aree coltivate			
1. Senza colture	0.020	0.030	0.040
2. Colture a file ben sviluppate	0.025	0.035	0.045
3. Colture di campo ben sviluppate	0.030	0.040	0.050
c. Cespugli			
1. Cespugli isolati, vegetazione erbacea fitta	0.035	0.050	0.070
2. Cespugli radi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
3. Cespugli radi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
4. Cespugli da mediamente a molto fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
5. Cespugli da mediamente a molto fitti, in estate	0.070	0.100	0.160
d. Alberi			
1. Terreno pulito con ceppi d'albero, senza germogli	0.030	0.040	0.050
2. Come sopra ma con germogli ben sviluppati	0.050	0.060	0.080
3. Grandi tronchi, alcuni alberi caduti, flusso d'acqua sotto i rami	0.080	0.100	0.120
4. Come sopra, ma con flusso d'acqua interessante i rami	0.100	0.120	0.160
5. Saliceto denso, in estate	0.110	0.150	0.200
3. FIUMI DI MONTAGNA			
Senza vegetazione nel canale, sponde generalmente ripide, con alberi e cespugli sulle sponde sommerse			
a. Fondo con ghiaia, ciottoli e alcuni massi	0.030	0.040	0.050
b. Fondo con ciottoli con larghi blocchi	0.040	0.050	0.070

Opere di difesa dalle inondazioni e attraversamenti

Nel caso di presenza di opere di difesa dai fenomeni di esondazione, quali opere arginali, deve essere effettuata una valutazione almeno qualitativa del loro dimensionamento e stato di manutenzione-conservazione e non potranno essere considerate ai fini del contenimento-tenuta dei fenomeni di esondazione, in assenza di una analisi di dettaglio, qualora lo stato di manutenzione non appaia buono (presenza di danneggiamenti evidenti, cedimenti, vegetazione non controllata sulle opere e difficoltà della loro ispezione, ecc.).

In ogni caso, sempre rimanendo la necessità di una valutazione del loro stato di manutenzione, le strutture arginali possono essere riconosciute formalmente quali valide opere idrauliche in termini pianificatori quando rientrano in tratti/opere formalmente classificate ai sensi del R.D. 523/1904 (le informazioni potranno essere ricavate presso l'Autorità idraulica competente o presso la Struttura Tecnica Regionale competente in materia di Difesa del Suolo).

Nei casi di maggior significatività delle trasformazioni territoriali le valutazioni sullo stato di manutenzione delle opere e delle arginature sono integrate con adeguate verifiche geotecniche (erosione, stabilità, saturabilità, sifonamento).

Nel caso di argini in terra è opportuno individuare una fascia di rispetto, misurata dal piede esterno dell'argine, dove si potrebbero risentire i maggiori effetti dinamici causati da eventuali cedimenti/collapsi degli argini.

E' opportuno che tale fascia non sia interessata da previsioni insediative (comunque vietate all'interno di una distanza di 10 m dal piede esterno degli argini, ai sensi dell'art. 96, comma f) del R.D. 523/1904).

Nel caso della presenza di ponti/attraversamenti deve essere valutata la possibilità di una riduzione della sezione utile di deflusso a causa della presenza di detriti vegetali. La valutazione dovrà tenere conto dello stato dell'alveo a monte, delle caratteristiche del ponte/attraversamento e delle osservazioni eventualmente disponibili rispetto ad eventi di piena passati; l'effetto dell'accumulo di detrito viene considerato attraverso la riduzione della sezione utile, presso le pile o l'impalcato (si veda anche "*Potential Drift Accumulation at Bridges*", Timothy H. Diehl, Pubblicazione No. FHWA-RD-97-028, Aprile 1997). Tale aspetto dovrà essere accuratamente considerato nel caso in cui per non meno di 1/3 della luce il franco sia minore di 0,5 volte l'altezza cinetica della corrente (o comunque sia inferiore a 1,0 m).

Nel caso in cui il modello idraulico mostri lo sviluppo di velocità elevate della corrente ($> 2,0$ m/s) deve essere effettuata una valutazione della stabilità delle sponde e delle opere di difesa (argini, scogliere, ecc.) rispetto agli sforzi di trazione ai quali sono soggette, considerando i materiali dai quali sono costituite e la presenza di vegetazione.

Confluenza fluviali

Nel caso in cui abbia influenza la presenza di una confluenza fluviale occorre sostanzialmente distinguere due casi:

1. la confluenza avviene tra due corsi d'acqua con bacini di caratteristiche idrologiche confrontabili (tempo di corrivazione e superficie);
2. la confluenza avviene tra un corso d'acqua principale e un'affluente con caratteristiche idrologiche significativamente diverse.

Nel primo caso è opportuno che le verifiche siano condotte valutando le portate a monte e a valle della confluenza: lo studio idrologico per la determinazione di un portata di associato tempo di ritorno va sviluppato a monte della confluenza valutando separatamente i due corsi d'acqua mentre a valle la portata va di norma calcolata considerando un unico bacino individuato dalla fusione dei due precedenti. Quindi il modello di moto permanente va sviluppato con portata variabile tra le sezioni a monte e a valle della confluenza riferendosi ai medesimi tempi di ritorno.

Nel secondo caso, è opportuno che le verifiche siano condotte nella condizione più gravosa fra le

seguenti:

- portata del corso d'acqua minore con tempo di ritorno di 200 anni e contemporanea portata del corso d'acqua maggiore con tempo di ritorno di 10 anni.
- portata del corso d'acqua maggiore con tempo di ritorno di 200 anni e contemporanea portata del corso d'acqua minore con tempo di ritorno di 10 anni.

1.4.4 RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

In generale le analisi, valutazioni e risultati delle analisi idrologiche-idrauliche devono essere presentati nelle relazioni in maniera chiara ed esauriente, motivando le scelte effettuate.

Per le *Analisi Idrologiche* (se non si utilizzano le analisi della Relazione Tecnica degli Studi Idraulici) sono specificati e descritti con completezza i metodi di calcolo utilizzati, le fonti bibliografiche dei metodi, le fonti dei dati utilizzati.

Sono riportati tutti i valori delle grandezze utilizzate nei calcoli (es: precipitazioni) e i risultati parziali di calcolo, in modo da poter permettere il puntuale controllo dei calcoli eseguiti e dei valori di precipitazione e portata ottenuti. Nel caso di utilizzo di codici di calcolo e software specialistico vanno fornite le specifiche dei prodotti impiegati.

Sono indicati i valori di portata al colmo utilizzati per i calcoli, motivandone la scelta tra i vari metodi di calcolo adottati. Nel caso in cui siano calcolati gli idrogrammi di piena essi sono forniti in forma grafica e tabellare.

La relazione è opportunamente corredata da una corografia con: la delimitazione del bacino idrografico alla sezione di interesse, la rappresentazione del reticolo idrografico principale e degli affluenti prossimi all'area di interesse, le stazioni idrometriche o comunque quelle dalle quali sono stati ripresi i dati utilizzati per i calcoli.

Il *Rilievo Topografico* è accompagnato da una relazione dove sono indicate le modalità di svolgimento dello stesso, i capisaldi di appoggio (allegando la monografia dei capisaldi), la precisione del rilievo, le date del rilievo, eventuali problematiche emerse durante lo stesso.

Nella restituzione delle sezioni sono indicati la data del rilievo, la quota del livello dell'acqua al momento del rilievo, il limite dell'alveo attivo, la litologia dell'alveo attivo (es: massi, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo-argilla), la presenza di manufatti (specificandone tipo e natura: cemento, gabbioni, muratura, pietra), la tipologia della vegetazione nei vari tratti (es: vegetazione erbacea, arbustiva, arborea, area coltivata) e l'indicazione di ulteriori punti significativi (es: limite terreno di riporto, strada, argine, ecc.); tali dati sono utili per una per una facile individuazione in campagna delle sezioni rilevate e per una corretta definizione dei coefficienti di scabrezza.

Per le *Verifiche Idrauliche* nella relazione sono specificati i metodi di calcolo e i software utilizzati, nonché i valori dei dati utilizzati nelle verifiche idrauliche, motivandone la loro scelta, in modo da poter permettere il puntuale controllo dei calcoli eseguiti: geometrie, condizioni al contorno, scabrezze, coefficienti di espansione e contrazione, coefficienti per stramazzi, ecc.

Verranno inoltre descritte le opere idrauliche presenti nel tratto interessato dalla analisi idrauliche, le loro caratteristiche e il loro stato, secondo quanto indicato al paragrafo 4.3.1.2, nonché le verifiche effettuate sulle opere esistenti e quelle di progetto (ove sono previste opere per la mitigazione della pericolosità da inondazione).

Nel caso di previsioni di interventi di difesa idraulica le verifiche in genere sono condotte con riferimento allo stato attuale e allo stato di progetto, al fine di evidenziare le modifiche tra le due situazioni (perimetri delle aree inondabili, livelli-tiranti, velocità, volumi), il raggiungimento dei obiettivi di compatibilità richiesti per l'area di interesse e il non aggravamento delle condizioni di rischio idraulico esistente per altre aree.

Per le *Verifiche Idrauliche* i risultati devono essere riportati sia in forma grafica (sezioni, rappresentando il livello raggiunto in ogni sezione trasversale usata nel modello per ogni dato tempo di ritorno; profili longitudinali), sia in forma tabellare (con le principali grandezze risultati dai

calcoli). Vanno sempre riportare le indicazioni relative ai livelli di piena, numero di Froude, velocità medie (o distinte sui vari tratti delle sezioni), quota fondo alveo, quota argini ove presenti. Nel caso di utilizzo di modelli più complessi (moto vario, bidimensionali) sono riportati opportuni elaborati che permettano di capire l'evoluzione dell'evento di inondazione, con particolare riguardo alla situazione più critica (in termini di tiranti e velocità). Alle relazione è allegata apposita cartografia con l'ubicazione delle sezioni utilizzate nei calcoli e la delimitazione della aree allagabili per vari tempi di ritorno, nonché dei tiranti e delle velocità dei flussi idrici, ove determinate, con riferimento allo stato attuale e di progetto (ove sono previsti interventi di difesa idraulica).

1.5 SINTESI DELLE ANALISI

Nella relazione sono utilmente descritti, in forma conclusiva:

- le principali criticità riscontrate nel tratto oggetto di studio;
- l'individuazione delle aree inondabili con diversa pericolosità riferita ai tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni,
- l'individuazione delle fasce, corrispondenti alla fascia A e B di PAI, composte poi nella fascia A+B o zona delle acque del PS5, in cui non sarebbero consentite le nuove edificazioni per concomitanza di pericolosità elevata con tiranti e/o velocità significative, maggiori di 0.50 metri e 0.50 m/s), e la fascia C;
- gli interventi eventualmente previsti per mitigare la pericolosità idraulica, al fine di poter rendere compatibile l'edificazione, e le differenze tra la condizione ante-operam e post-operam, evidenziando che gli interventi non determinano un incremento delle condizioni di rischio per altre aree limitrofe alla zona oggetto di intervento;
- indicazione preliminare dei costi di controllo-monitoraggio e manutenzione delle opere previste;
- la eventuale compatibilità degli interventi edificatori previsti e le misure di mitigazione (tipo "accorgimenti tecnologici") adottati per ridurre la vulnerabilità degli edifici nel caso le condizioni idrauliche lo consentano per concomitanza di bassi valori di velocità e di tirante.

Oltre a quanto già indicato nei precedenti paragrafi è utilmente redatta una cartografia di sintesi in scala non inferiore a 1:10.000 nella quale riportare:

- le aree a differente pericolosità idraulica P3, P2 e P1 identificabili nelle fasce di PAI;
- le aree con pericolosità idraulica P3 e P2 ove per concomitanza di bassi valori di tiranti (<0,50 m) e bassi valori di velocità (<0,50 m/s) sono adottabili accorgimenti tecnici costruttivi per la riduzione diretta della vulnerabilità degli edifici;
- le opere esistenti nel tratto considerate quale elementi di mitigazione della pericolosità idraulica;
- le opere previste nel tratto considerate quale elementi di mitigazione della pericolosità idraulica e le conseguenti riduzioni di livello di rischio rispetto alle situazioni ante operam, con indicazione, nel caso, di previsione di opere di messa in sicurezza dimensionate con tempo di ritorno pari a 200 anni, di eventuali zone in cui si riscontrano bassi livelli di velocità e tirante idrico per le quali sarebbero adottabili accorgimenti tecnologici definiti qui di seguito (par. 1.6).

1.6 ACCORGIMENTI TECNICO-COSTRUTTIVI IN AREE INONDABILI

Gli accorgimenti tecnico-costruttivi finalizzati alla riduzione del rischio idraulico sono individuati con lo scopo di proteggere il bene stesso dagli allagamenti salvaguardando la pubblica incolumità conseguente all'introduzione del nuovo elemento edilizio (singolo o complesso) in occasione di un evento alluvionale.

Le soluzioni qui descritte sono adottabili sia per il patrimonio edilizio esistente che per le nuove realizzazioni, ma in questo ultimo caso solo ed esclusivamente nella condizione di concomitanza di bassi valori di velocità (<0.50 m/s) e basso tirante idrico (<0.50 m/s) riferiti alla piena di riferimento avente Tempo di ritorno pari a 200 anni.

Gli accorgimenti tecnico/costruttivi atti alla *riduzione della vulnerabilità* sono costituiti:

da soluzioni tecnologiche da realizzare sul singolo elemento edilizio o infrastrutturale, esistente o già oggetto di una progettazione precedente;

da misure regolamentarie particolari a cui sottoporre l'elemento edilizio o infrastrutturale

da soluzioni progettuali specificamente finalizzate alla riduzione del rischio idraulico.

Tali soluzioni aggiunte o implementate in fase di progettazione dell' elemento devono essere in grado di ridurre il rischio idraulico in modo puntuale per il singolo elemento (edilizio/infrastrutturale) rispetto alle condizioni di deflusso della piena, riducendo la vulnerabilità propria del bene esposto.

Ai fini della compatibilità tra il singolo intervento sull'elemento e le condizioni di rischio delle zone limitrofe, occorre verificare caso per caso:

l'efficacia degli accorgimenti per la protezione dell'elemento dagli effetti degli allagamenti indotti dalla piena di riferimento;

la non interferenza negativa con il deflusso e con la dinamica della piena di riferimento, ovvero che non siano modificati in modo sostanziale i parametri idraulici (velocità di deflusso e tirante) nelle zone poste a monte e a valle.

Di seguito si elencano alcuni dei possibili accorgimenti per la mitigazione del rischio, da indicare quali possibili interventi, al fine di garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale rispetto al livello di rischio esistente o pianificato e al livello di mitigazione da conseguire:

a) Soluzioni tecnologiche :

- sovralti delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici;
- realizzazione di accessi ai locali interrati o comunque interessati dai livelli di piena a quote superiori agli stessi livelli con contemporanea chiusura di qualsiasi apertura o accesso soggiacenti agli stessi livelli;
- realizzazione di recinzioni o dossi con funzioni idrauliche rispetto alla piena di riferimento;

b) Misure regolamentari

- Divieto di destinazione d'uso residenziale, o di destinazione che comunque comporti permanenza di persone, ai piani posti ad un livello interessabile dalla piena di riferimento;
- Divieto di accesso ai locali interrati o seminterrati;

c) Soluzioni progettuali;

- Progettazioni di volumi posti su rilevato (laddove consentito);
- Progettazioni con l'uso di piani pilotis di altezza tale da sottrarre il piano di calpestio all'azione della piena di riferimento e che non determini contemporaneamente volumi in futuro suscettibili di occupazione (pilotis con max altezza <1.80 mt)

Le soluzioni tecnologiche qui descritte vanno realizzate con un franco di sicurezza minimo di almeno 30 cm. Tale valore è soggetto, comunque, alle prescrizioni specifiche da parte dell'Autorità Idraulica competente.

2. STUDIO INVARIANZA IDRAULICA - Aspetti di dettaglio ed operativi

2.1 PREMESSA

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e la laminazione superficiale.

Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti e viene descritto in via speditiva mediante un "*coefficiente di deflusso*" il quale rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore.

Il secondo processo, influenzato dalle caratteristiche del reticolo drenante e dalla morfologia delle aree contermini, agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata.

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua, durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga.

Quando un bacino subisce un'artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato. Ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda e, in definitiva, una riduzione delle risorse idriche utilizzabili.

Alla luce di quanto descritto, si pone il problema, nella pianificazione, sia di bacino che non, di adottare strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico. In particolare, è necessario limitare in futuro possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva urbanizzazione e all'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di "invarianza idraulica" delle trasformazioni di uso del suolo (Pistocchi, 2001).

A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi di compenso garantisce (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

E' importante evidenziare che in sostanza l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Dal punto di vista idraulico costruttivo, l'efficacia della laminazione operata attraverso dispositivi di invaso è condizionata da due parametri fondamentali:

- a) la dimensione delle luci di scarico dell'invaso (condotti o stramazzi);
- b) il tirante idrico massimo di cui si consente la formazione all'interno dell'invaso.

I due aspetti sono fra loro collegati: se si realizza un vaso profondo con la formazione di un tirante idrico alto è necessario predisporre luci di piccole dimensioni per mantenere la portata in uscita a valori accettabili, a parità di portata in ingresso e di volume totale dell'invaso.

È poi da considerare che, a parità di luce di efflusso e di tirante idrico massimo consentito, l'effetto di laminazione dipende significativamente dal volume e dalla durata totale della pioggia.

Determinare regole generali per i dimensionamenti degli organi è complesso in quanto vi è da riferirsi a condizioni operative con margini di discrezionalità, del resto nel caso di modesti interventi gli oneri connessi a dimensionamenti di dettaglio eccedono i benefici che si potrebbero conseguire.

Viceversa, nei casi di interventi di significativa estensione è opportuno eseguire una verifica di dettaglio dell'effettivo comportamento laminativo dei dispositivi di vaso previsti dai progetti. In tal modo, con accorgimenti relativamente semplici, è possibile mantenere sotto controllo l'efficacia della laminazione.

Alla luce di queste considerazioni, sono stati stabiliti i criteri da applicare come definiti dagli articoli 6, 7 e 8 delle Norme.

Per gli interventi di **tipo a)** sono previste solo l'adozione di buone pratiche realizzative, intese come quelle soluzioni che limitano l'uso di superfici impermeabili ed introducono l'uso di pavimentazioni drenanti, tetti verdi etc, o che limitino l'afflusso scolante in rete, aree verdi, pozzetti disperdenti, pluviali con strozzature etc. A tal fine si può far riferimento, tra l'altro, alle *"Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche della Provincia Autonoma di Bolzano"*.

Per gli interventi di **tipo b)** occorre un dimensionamento dei volumi necessari alla compensazione, attuabile anche con formule speditive per il calcolo del volume specifico di vaso (più avanti descritta) senza pertanto procedere a studi particolari, con l'accortezza di utilizzare volumi con tiranti minori di un metro ed organi di scarico con tubi di diametro massimo di 200 mm.

I metodi cui far riferimento, in genere, per le determinazioni relative al calcolo dei volumi di compenso sono :

formule speditive per il calcolo del volume specifico di vaso;

il metodo delle piogge;

il metodo della corrivazione;

il metodo dell'invaso (rif. Manuale di progettazione delle fognature - edizione Hoepli Capitolo 10 paragrafo 4)

In questo caso nel computo dei volumi necessari si potranno portare in conto anche eventuali volumi della rete propria di drenaggio (tubi, pozzetti, caditoie).

Per gli interventi di **tipo c)** occorre un dimensionamento (tramite studio specifico) proprio dei volumi necessari alla compensazione con il confronto di varie formule (tra cui anche quella speditiva per il calcolo del volume specifico di vaso). In questo caso i tiranti e gli organi di scarico andranno sottoposti a verifica idraulica. Nel computo dei volumi necessari si potranno tenere in conto anche eventuali volumi della rete propria di drenaggio (tubi, pozzetti, caditoie).

E' possibile utilizzare anche il sottosuolo come volume compensativo, con la combinazione di sistemi quali trincee infiltranti, aree verdi infiltranti, etc. ma in questo caso si dovrà procedere a specifiche determinazioni circa la capacità di infiltrazione e di trattenimento, ciò sarà possibile solo a condizione che non determini pregiudizio per l'inquinamento delle acque e della falda, con riferimento a quanto previsto dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Lazio.

Ai fini del dimensionamento dei tiranti ammessi e delle luci di scarico si ricorrerà alla equazione di continuità del volume di vaso considerando come portata in ingresso l'idrogramma calcolato per il lotto con il metodo cinematico per assegnata durata di pioggia e tempo di ritorno e come portata in uscita quella stimabile con una scala di deflusso della luce di scarico.

Nel caso di scarico con sollevamento la scala di deflusso è data dalla curva q/h della pompa.

Per quanto concerne gli interventi più importanti (quelli su aree superiori ai 10 ha) di **tipo d)** devono essere sottoposti a verifiche di maggior dettaglio. Tali verifiche devono di regola comprendere i seguenti passi:

a) individuazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore dello scarico (o degli scarichi) di acque meteoriche provenienti dall'area in trasformazione;

b) valutazione di un idrogramma di piena del corpo idrico recettore corrispondente al colmo di portata attesa;

c) valutazione dell'idrogramma di piena proveniente dall'area in trasformazione, rispettivamente prima e dopo la trasformazione; tale idrogramma può essere valutato con il metodo tradizionale per una pioggia di tempo di ritorno di 50 anni di durata pari al tempo di corrivazione;

d) valutazione, mediante un opportuno modello idrologico ed idraulico, dell'effettivo comportamento di laminazione dei dispositivi di invaso previsti e dimensionamento dei dispositivi di scarico, del lotto, in relazione al tirante idrico che si verifica nel volume di invaso, in modo da garantire l'invarianza del colmo di portata;

e) sovrapposizione degli idrogrammi di piena del corpo idrico ricettore con $Tr = 50$ anni e dell'area dopo la trasformazione con $Tr = 50$ anni e verifica del mantenimento del colmo di piena alle condizioni precedenti la trasformazione.

In assenza di informazioni specifiche sul corpo idrico recettore, tali da consentirne una valutazione accurata dell'idrogramma di piena da assumere a base della progettazione, si considererà un idrogramma di piena convenzionale di forma triangolare (vedere Relazione Tecnica degli Studi Idraulici). Il colmo viene di regola valutato con i metodi esposti in precedenza, e in particolare, di preferenza, con il metodo razionale, e per un tempo di ritorno di 50 anni.

Diverse valutazioni possono essere apportate ricorrendo a modelli afflussi-deflussi di maggiore dettaglio.

I volumi calcolati con i metodi sopra descritti indicano i volumi minimi da realizzare al fine di garantire l'invarianza idraulica in termini di portata scaricata al recapito finale e devono essere realizzati in modo tale da essere pienamente efficienti.

Tali volumi minimi non dovranno, comunque, risultare inferiori a quanto ottenuto applicando l'espressione semplificata, ricavata dal metodo dell'invaso, che esprime l'incremento del volume di invaso specifico richiesto all'aumentare del coefficiente di afflusso per effetto delle nuove urbanizzazioni e della regolarizzazione del territorio non urbanizzato (interno all'area d'intervento) con corrispondente perdita di capacità di invaso delle depressioni e delle rugosità superficiali.

$$w = w^{\circ} \left(\frac{\phi}{\phi^{\circ}} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 I - w^{\circ} P$$

La precedente relazione esprime i volumi specifici di invaso (**w**) richiesti per mantenere il coefficiente udometrico costante in un'area di cui si impermeabilizza una quota **I** e si lascia impermeabile una quota **P**.

A tal fine, i volumi di riferimento (**w[°]**), valutati con i volumi dei piccoli invasi, possono assumersi pari a 100-150 mc/ha nelle zone di bonifica e circa 50 mc/ha nel caso di territorio non impermeabilizzato in ambito urbano (15 mc/ha per il territorio impermeabilizzato).

I termini ϕ° e **w[°]** (in mc/ha) rappresentano il coefficiente di afflusso e il volume specifico di invaso prima della trasformazione dell'uso del suolo, mentre ϕ e **w** (in mc/ha) quelli successivi alla trasformazione. Il termine "n" è il parametro della curva di possibilità pluviometrica ($h = a \cdot T_p^n$).

Il volume totale a servizio dell'area di nuova urbanizzazione non dovrà risultare inferiore a **W = w * A**, essendo A l'area totale, in ha, oggetto di trasformazione.

L'applicazione di tale formula semplificata assume valore di confronto rispetto ai valori comunque determinati attraverso lo studio specifico.

Il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.

In sede di redazione/variazione degli strumenti di pianificazione territoriale, vanno considerate le misure relative all'invarianza idraulica, ancorché la loro definizione ed attuazione possa essere rimandata a fasi successive.

In sede di approvazione di Strumenti Urbanistici deve essere redatto uno schema di valutazione dell'invarianza idraulica valutando gli interventi utili a garantire la stessa. La progettazione esecutiva di detti interventi può avvenire all'interno delle opere di urbanizzazione, per gli interventi su aree pubbliche e in sede di titolo valido ai fini della realizzazione per quelli su aree private. L'applicazione delle misure per l'invarianza idraulica, qualora richieste, costituisce ulteriore elemento da soddisfare per il rilascio del titolo abilitativo alla realizzazione degli interventi edilizi.

Il controllo esecutivo delle realizzazioni previste ai fini compensativi è connesso al rilascio delle certificazioni valide ai fini dell'agibilità da parte dei Comuni.

2.2. INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITÀ DELLE AREE

Le presenti linee guida prevedono in via prioritaria che l'effetto dell'impermeabilizzazione sia compensato con volumi di invaso la cui dimensione venga calcolata in ragione del tasso di impermeabilizzazione indotto.

A livello realizzativo, i volumi di invaso possono essere ricondotti agli schemi delle Figure 1, 2, 3 e 4 (ripresi dalle Linee Guida della Regione Marche Delibera di Giunta Regionale n. 53 del 27/1/2014).

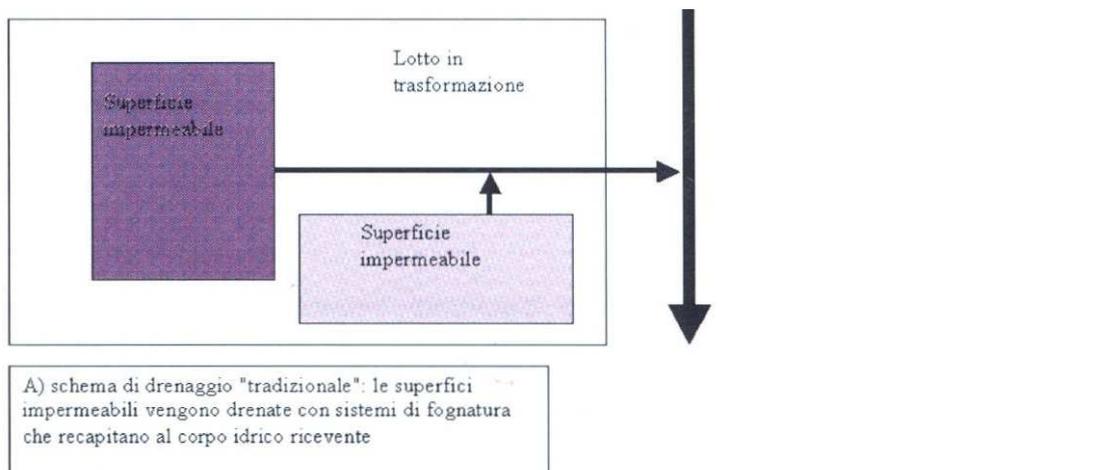


Figura 1

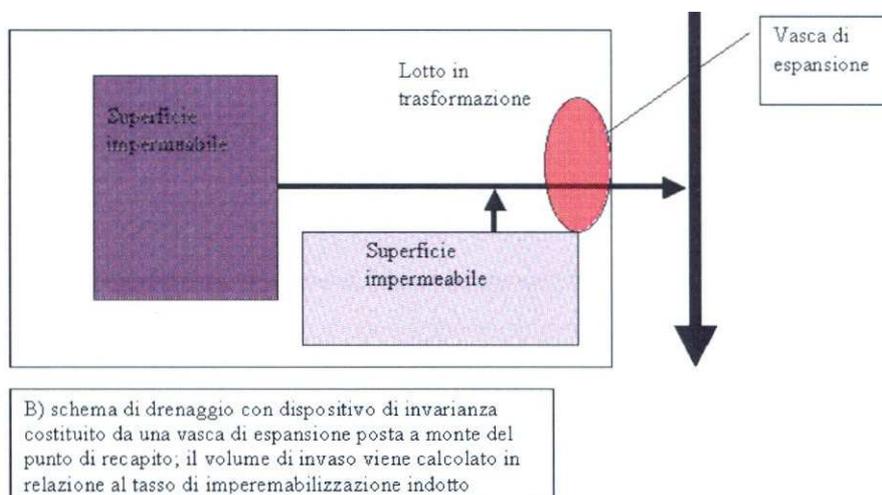


Figura 2

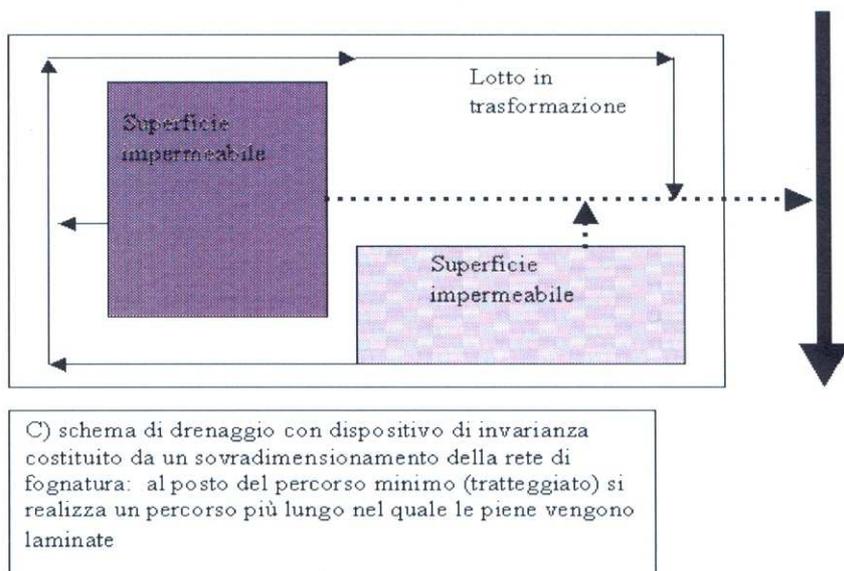


Figura 3

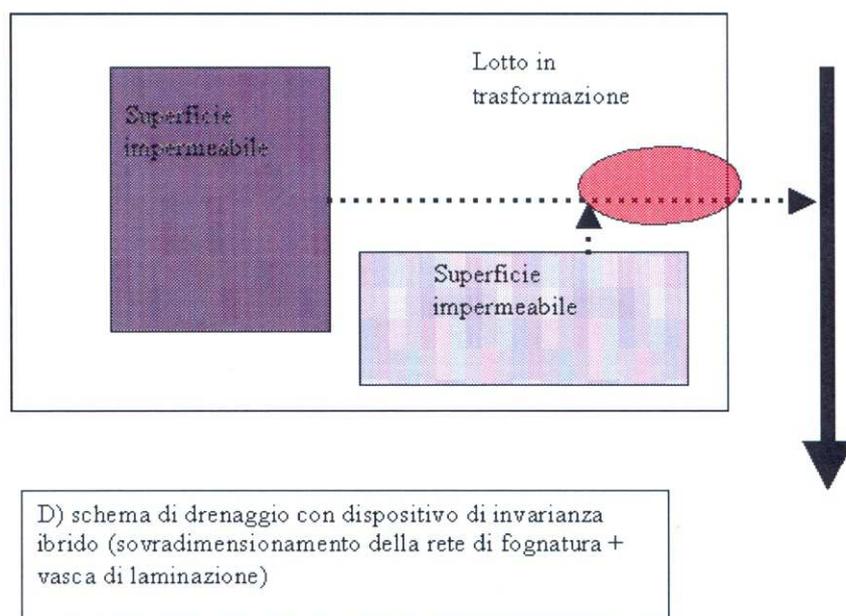


Figura 4

Nei casi di intervento di tipo b) e c) si evidenzia un ruolo della rete fognaria che può essere preso in considerazione; in linea di massima si può considerare che il volume totale delle condotte di fognatura sia efficace all'80% ai fini dell'invarianza idraulica (si veda ad es. Paoletti, 1996; Pistocchi, 2001); questo significa che l'80% del volume totale della rete fognaria interna al lotto può essere considerato in diminuzione del valore di volume minimo d'invaso previsto.

I volumi di invaso vanno di regola realizzati come aree di espansione poste a monte del punto di scarico. È da evitare il caso di volumi depressi rispetto al punto di scarico, nel qual caso si verificherebbe un riempimento e la successiva necessità di scolo meccanico. In linea generale non deve essere previsto lo scarico diretto con sollevamento meccanico nel corpo idrico recettore. Nel caso è necessario prevedere luci di efflusso adeguatamente dimensionate in modo da consentire la limitazione alle portate uscenti richiesta.

I volumi di invaso sono invece da vedere come aree periodicamente allagabili, che però vengono mantenute drenate in condizioni di tempo asciutto. Ciò previene fra l'altro problemi di tipo igienico-sanitario connessi al trattenimento e allo stoccaggio delle acque.

Nella grande varietà di soluzioni progettuali, che sconsigliano di definire in modo rigido soluzioni "tecnicamente conformi", si possono comunque individuare le tipologie di soluzione seguenti:

- vasca in c.a. o altro materiale "rigido" posta a monte del punto di scarico, sia aperta e sia coperta (sia in serie, sia in parallelo);
- invaso in terra posto a monte del punto di scarico (sia in serie, sia in parallelo);
- depressione in area verde o in piazzale posta a monte del punto di scarico;
- dimensionamento con "strozzatura" delle caditoie in modo da consentire un invaso su strade e piazzali (*);
- dimensionamento con "strozzatura" delle grondaie e tetti piatti con opportuno bordo di invaso in modo da consentire un invaso sulle coperture (*, **);
- sovradimensionamento delle fognature interne al lotto (1 mc di tubo o canale = 0,8 mc di invaso);
- mantenimento di aree allagabili (es. verde, piazzali) con "strozzatura" adeguata degli scarichi (*);
- scarico in vasche adibite ad altri scopi (sedimentazione, depurazione ecc.) purché il volume di invaso si aggiunga al volume previsto per altri scopi, e purché siano comunque rispettati i vincoli e i limiti allo scarico per motivi di qualità delle acque;
- scarico a dispersione in terreni agricoli senza afflusso diretto alle reti di drenaggio sia superficiale, sia tubolare sotterraneo.

(*) = richiesto un calcolo di dimensionamento idraulico degli scarichi;

(**) = i volumi così realizzati servono solo per la quota di impermeabilizzazione imputabile alle coperture, mentre quelli necessari per strade, piazzali ecc. devono essere realizzati a parte.

In ogni caso laddove sussistano condizioni idrogeologiche compatibili vanno favoriti prioritariamente i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione o comunque in un suo intorno significativo.

Di regola è preferibile che si realizzino volumi allagabili in aree verdi con superfici in terreno naturale, associate a un uso ricreativo e a una sistemazione paesaggistica compatibili con il periodico allagamento; caso per caso il progettista può scegliere di realizzare i volumi richiesti in forma di vasche impermeabili, ad es. in calcestruzzo armato, sia a cielo aperto sia con copertura.

È possibile ricorrere all'invaso sulle superfici dei tetti degli edifici; in questo caso, il volume minimo da predisporre sui tetti deve essere proporzionato sulla sola quota di impermeabilizzazione dovuta agli edifici, mentre a compensazione delle altre superfici impermeabilizzate sulla superficie territoriale dell'intervento, poste al di fuori della sagoma dei tetti, dovrà essere predisposto a terra un volume minimo d'invaso commisurato alla quota di impermeabilizzazione ad esse corrispondente.

Nel caso di invaso sui tetti, è comunque necessario dimensionare i pluviali come dispositivi di sfioro in grado di smaltire la portata corrispondente alla superficie in condizioni di deflusso precedenti l'impermeabilizzazione, e verificare che nelle condizioni di esercizio non si verifichino condizioni di troppo pieno dell'invaso posto sul tetto tali da provocarne la tracimazione.

In assenza di una valutazione idraulica sulle luci di efflusso, i volumi di laminazione vanno messi "in serie" rispetto al sistema di drenaggio.

La scelta di soluzioni "in parallelo", di per sé preferibili in molti casi dal punto di vista tecnico, richiede la presenza a valle della vasca di un dispositivo di limitazione delle immissioni nel corpo

ricevente, e può essere accettata solo dietro presentazione di apposita relazione idraulica che ne descriva il funzionamento.

La differenza fra dispositivi in serie e dispositivi in parallelo è infatti che i primi operano una laminazione delle piene in presenza di qualsiasi condizione di deflusso, mentre i secondi entrano in funzione solo quando la portata supera valori prefissati in corrispondenza dei quali il deflusso viene deviato al volume di invaso .

A livello costruttivo, il fondo delle aree di espansione deve essere realizzato in modo da consentire lo scolo naturale (senza sollevamenti meccanici) di tutta l'acqua invasata.

Nel caso di impermeabilizzazioni dovute a strade, l'invarianza idraulica si può realizzare con un opportuno dimensionamento dei fossi laterali e delle canalette di drenaggio; in particolare, la totale impermeabilizzazione della superficie stradale porta a dimensionare, tramite metodi semplificati, un volume di invaso di circa 0,09 mc/mq di superficie stradale, ovvero poco più di 0,5 mc per ogni metro di lunghezza di una strada di larghezza pari a 6 m. Quindi la realizzazione di un fosso di volume pari a $(0,5 / 0,8) = 0,625$ mc/m soddisfa i requisiti di volume di compensazione richiesti. Ovunque sia presente lo spazio necessario, è opportuno accoppiare tale volume a spazi di laminazione concentrati (aree di espansione), in corrispondenza delle immissioni nei corpi recettori. Questo consente fra l'altro di operare una blanda autodepurazione del deflusso, aumentandone i tempi di residenza nella rete scolante e la possibilità di sedimentazione dei solidi sospesi. In generale, è opportuno sviluppare comunque tutte le considerazioni idrauliche e geotecniche suggerite dal caso specifico, anche in relazione ai possibili effetti del sistema di drenaggio sulla stabilità della sede stradale.

Nei casi in cui lo scarico delle acque meteoriche da una superficie giunga direttamente al mare o ad altro corpo idrico il cui livello non risulti influenzato dagli apporti meteorici, l'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici è implicitamente garantita a prescindere dalla realizzazione di dispositivi di laminazione.

In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi di infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto è da considerare permeabile.

Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio contro esempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili. Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi similari. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.

Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e similari, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione, si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto. Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi.

In linea di massima, si può valutare le superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 30 - 50%.

Sono invece da considerare impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc. Ai fini della stima delle percentuali permeabili e impermeabili, nel caso in cui si presentino elementi da valutare caso per caso, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici certificare, attraverso gli elaborati progettuali, il tasso di permeabilità delle soluzioni adottate. Qualora ci si trovi poi in situazioni particolari, come ad es. terreno di per sé impermeabile a causa della natura lito-pedologica o del grado di compattazione precedente alla trasformazione della superficie, tali per cui gli interventi di trasformazione della superficie non comportano effetti di incremento delle portate di piena defluente, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici dimostrare il non peggioramento delle condizioni di deflusso dalla superficie trasformata. La dimostrazione potrà avvenire attraverso la descrizione specifica della natura dei terreni

Si rimarca l'importanza di riferire le valutazioni ad una permeabilità superficiale "idrologica", da valutarsi con prove idonee sui primi centimetri di suolo, e non ad una permeabilità da prove di laboratorio riferita agli strati del primo sottosuolo come è uso ad es. per i problemi di subirrigazione e similari.

È da osservare a tal proposito che gli strati superficiali del suolo sono sempre dotati di permeabilità molto più elevata di quella considerata dalle valutazioni di tipo geologico, e mostrano quasi sempre, se non particolarmente compattati, una notevole capacità di trattenimento dei millimetri di pioggia corrispondenti agli eventi di precipitazione critici.

Di seguito, in via del tutto qualitativa, si riporta una tabella in cui sono indicati alcuni valori dei coefficienti attribuiti ai diversi tipi di uso del suolo.

TIPO DI SUPERFICIE	C
<i>Superfici permeabili</i> (aree agricole, aree verdi, boschi e/o assimilabili)	0,1-0,4
<i>Superfici semi-permeabili</i> (grigliati drenanti con sottostante ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ecc.)	0,5-0,7
<i>Superfici impermeabili</i> (tetti, strade, piazzali, ecc.)	0,8-1

2.3. CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI

Esistono dispositivi differenti che possono essere impiegati per definire uno stato di deflusso compatibile. Ciascun sito avrà caratteristiche uniche e diverse che condizioneranno la scelta dei dispositivi. Non tutte le tecniche possono sempre essere impiegate e perciò è importante che la scelta venga fatta sin dallo stadio iniziale della progettazione di un'area urbana.

Per determinare la soluzione più idonea il criterio di selezione deve tenere conto di:

- f) Caratteristiche d'uso del suolo prima o dopo l'intervento;
- g) Caratteristiche del terreno;
- h) Caratteristiche qualitative e quantitative richieste;
- i) Caratteristiche estetiche ed ecologiche richieste.

Queste caratteristiche sono descritte nei paragrafi seguenti ai quali segue una "tabella di sintesi" nella quale si può prendere visione delle principali caratteristiche idrauliche e tecniche dei dispositivi per il drenaggio urbano sostenibile in modo da avere una immediata valutazione del loro comportamento. Questo permetterà di poter selezionare già nelle prime fasi progettuali i componenti che meglio si adatteranno, di volta in volta, come elementi di prevenzione, di trasporto, e di eventuale pre-trattamento.

2.3.1 Caratteristiche di uso del suolo

La destinazione finale dell'uso del suolo in una determinata zona urbana risulta tra i fattori determinanti nella scelta dei dispositivi. Infatti in funzione dell'uso del suolo può essere o meno necessario anche un trattamento delle acque raccolte prima di rilasciarle nell'ambiente. Per le aree residenziali a bassa densità non è necessario che vengano applicati trattamenti. Mentre, per le aree residenziali ad alta densità può essere necessario il trattamento delle acque di prima pioggia in relazione alla sensibilità del recapito finale.

L'uso del suolo in condizioni "ante-operam" è determinato per le condizioni di deflusso dell'area non oggetto di intervento.

Per le strade il criterio di progettazione di sistemi di drenaggio dipenderà in particolare dalla sensibilità e dalla vulnerabilità del recapito dell'acqua

2.3.2 Caratteristiche del terreno

Le caratteristiche del terreno possono restringere o precludere l'uso di particolari dispositivi di drenaggio quali i sistemi che scambiano con il sottosuolo e utilizzano la capacità di laminazione della falda. Le caratteristiche del sito che possono influenzare la selezione dei dispositivi sono discusse e rappresentate nella seguente tabella.

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10-3 m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione ricorrendo all'invarianza idraulica per il solo 50% dell'aumento di portata.

Le caratteristiche del terreno saranno rappresentate da indici desunti da prove in sito o nel caso si utilizzino i valori di letteratura dovranno essere utilizzati sempre i valori più cautelativi nei range possibili.

2.3.3 Caratteristiche qualitative e quantitative richieste

È importante individuare se il dispositivo da realizzare debba soddisfare solo esigenze di tipo quantitativo ovvero debba svolgere anche la funzione di trattamento delle acque raccolte. In quest'ultimo caso occorre necessariamente fare riferimento alle N.T.A. del P.T.A. regionale.

Relativamente all'aspetto del trattamento delle acque raccolte, risulta l'obbligo infatti, prima di rilasciarle nell'ambiente, di trattare tutte le acque di pioggia che possono essere state contaminate da inquinanti; in particolare si fa riferimento ad acque di dilavamento di piazzali o strade caratterizzati da presenza di olii o altre sostanze derivate da lavorazioni o da traffico.

Si dovrà pertanto ricorrere o a disoleatori appositamente predisposti o allo stoccaggio separato della prima parte inquinata della pioggia per poi inviarne il volume accumulato a depurazione mediante il sistema fognario. Sarà quindi indispensabile provvedere ad un nulla osta idraulico ed a uno per lo scarico in fognatura. Nelle situazioni in cui, oltre ai fini del conseguimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali, si renda necessario adottare sia interventi di gestione delle acque di prima pioggia, sia azioni nei confronti dell'invarianza idraulica attraverso la realizzazione di vasche volano o laminazione, le stesse possono essere realizzate per soddisfare entrambe le esigenze qualitative e quantitative, nel rispetto dei parametri progettuali previsti per queste tipologie di manufatti.

Concorrono al calcolo dei volumi di laminazione, oltre alle suddette opere, tutti i manufatti (scatolari di ripartizione/sollevamento, ripartitori d'ingresso, ecc.) strutturalmente idonei a garantire uno stoccaggio anche temporaneo delle acque meteoriche di deflusso superficiale, ricomprese all'interno della trasformazione che determina impermeabilizzazione.

Per quanto attiene agli aspetti quantitativi relativi all'invarianza, i dispositivi illustrati sono di diversa efficacia. I grandi volumi d'acqua infatti sono gestibili soprattutto con stagni ed invasi di grandi dimensioni, i dispositivi più semplici trovano applicazione per gli interventi meno importanti da un punto di vista dimensionale.

In linea generale per la realizzazione di misure *compensative*, i volumi necessari possono essere ricavati secondo le seguenti principali modalità:

- realizzazione di parte o di tutte le superfici impermeabilizzate utilizzando materiali in grado di far infiltrare parte della precipitazione (e.g. grigliati erbosi);
- sovradimensionamento dei collettori di raccolta delle acque bianche;
- disposizione di vasche interrate per la laminazione delle portate;

- predisponendo o ampliando fossati di scolo;
- maggiorando scoline e drenaggi nel caso di superfici stradali impermeabili;
- individuando aree verdi temporaneamente esondabili, da adibirsi a superfici di invaso;
- creando volumi riempiti con materiale granulare poroso nelle parti concave delle aree a verde;

Altre misure sono quelle volte ad aumentare l'infiltrazione nel terreno e possono essere realizzate per mezzo di:

- Bacini di infiltrazione. Raccolgono i deflussi dalle zone circostanti e ne consentono l'infiltrazione in tempi successivi;
- Canali filtranti. Sono costituiti da trincee in grado di far filtrare nel terreno parte della portata;
- Pavimentazioni filtranti. Costituite da superfici alveolari di materiale lapideo o sintetico.

2.3.4 Caratteristiche estetiche ed ecologiche

L'adozione dei dispositivi deve tener conto anche dei valori estetici ed ecologici di un'area urbana. La futura manutenzione e gestione di un sito può influenzare la scelta delle tipologie di dispositivo. La manutenzione a lungo termine del sistema di drenaggio deve essere programmata già nei primi passi nel processo di progettazione.

Nel seguito viene allegato un elaborato tecnico-illustrativo descrittivo, sintesi delle fonti riportate in bibliografia, contenente una tabella per un primo orientamento nella scelta dei dispositivi idraulici in base alle caratteristiche specifiche dei siti urbani e a seconda delle prestazioni quantitative e qualitative e dei valori estetici ed ecologici richiesti. Per le schede monografiche delle singole tipologie si può far riferimento alla bibliografia delle Norme attuali disponibili in merito.

2.4 ELEMENTI RIASSUNTIVI DELLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ PARTE INVARIANZA IDRAULICA

Per quanto riguarda il principio dell'**invarianza idraulica** le misure compensative sono quindi riassumibili nella individuazione di volumi di invaso (specificatamente destinati o ricavati da opere con altre destinazioni) che ritengano le acque e/o utilizzino e favoriscano lo scambio con il sottosuolo, o da sistemi combinati. Lo studio di tale parte è correlato, in linea generale, alle piogge intense di durata breve secondo le curve desunte dal metodo VAPI, come indicato nella Relazione Tecnica, fa riferimento al tempo corrispondente al tempo di corrivazione dell'area da trasformare con tempo di ritorno pari a 50 anni.

E' sempre consigliabile produrre stime delle portate con più metodi diversi e considerare ai fini delle decisioni i valori più cautelativi o comunque ritenuti appropriati dal progettista in base alle opportune considerazioni caso per caso, in particolare, in relazione alle caratteristiche della rete idraulica naturale o artificiale che deve accogliere le acque derivanti dagli afflussi meteorici, dovranno essere stimate le portate massime scaricabili e definiti gli accorgimenti tecnici per evitarne il superamento in caso di eventi estremi.

Dovranno quindi essere definiti i contributi specifici delle singole aree oggetto di trasformazione dell'uso del suolo e confrontati con quelli della situazione antecedente.

In generale, la sintesi si esprime come il volume complessivo da destinare al conseguimento dell'invarianza idraulica sarà quello necessario a garantire che la portata effluente verso la rete idrografica o verso il drenaggio urbano sia di valore non superiore a quella che la stessa area oggetto di trasformazione produceva in condizioni "*ante-operam*", nei casi di interventi estesi (>10 ettari) si dovrà attuare il rilascio di una portata inferiore e verificare che la rete di recapito (naturale o artificiale) non sia in condizioni critiche per proprie insufficiente capacità di deflusso.

In sintesi il risultato finale potrà essere raggiunto:

o tramite un volume destinato allo scopo prima dello scarico nel recettore e corrispondente a :

- bacini, o vasche di detenzione;
- bacini di ritenzione e infiltrazione;

o tramite la disposizione diffusa di opere con volumi riservabili quali :

- tubazioni, caditoie e pozzetti nelle reti di drenaggio;
- pavimentazioni, pozzetti, trincee, fossi e depressioni con funzione infiltrante;

o anche attraverso opportune combinazioni dei due sistemi.

E' importante evidenziare che l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino (o di piu' singole opere diffuse) di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

La classificazione operata in relazione alle dimensioni delle aree oggetto di trasformazione (artt. 6, 7 e 8 delle Norme) consente una gradazione degli interventi necessari .

Nel caso di interventi importanti (tipo d) particolare attenzione andrà posta anche in relazione alle caratteristiche della rete idraulica naturale o artificiale che deve accogliere le acque derivanti dagli afflussi meteorici, in questo caso dovranno essere stimate le portate massime scaricabili e definiti gli accorgimenti tecnici per evitarne il superamento in caso di eventi estremi.

2.4.1 Schema norme invarianza

Le disposizioni riguardanti il principio sull'invarianza idraulica si applicano su tutto il territorio del PS5. Sono classificati i bacini in classi 1, 2 e 3 secondo il loro grado di risposta idraulica (art. 5 delle Norme).

I bacini che non sono stati oggetto di espresso studio (quindi al di fuori dei 13 corridoi ambientali), singoli o aggregati, presentano una denominazione specifica corrispondente alla località e alla specifica aggregazione (Foce 1-Ostia Nord, Aniene 1 destro, etc)

Detti bacini sono stati individuati unicamente mediante elaborazioni di tipo Gis a partire dal Dem del terreno proveniente dalla CTR della Regione Lazio.

Per detti bacini denominati **“Bacini non appartenenti ai Corridoi Ambientali”** si considera una classe di sensibilità convenzionale posta pari a 2 nelle more della definizione di studi specifici.

Quadro sinottico

Tipo di trasformazione	Classe 1	Classe2	Classe3
Interventi fino a 1000 mq	bp/dich.ass.	bp/dich.ass.	bp/dichi.ass
Tra 1000 e 10000 mq	IN.ID./dich.ass	IN.ID./dich.ass	IN.ID./dich.ass
Tra 10000 e 100000 mq	IN.ID./parere	IN.ID./parere	IN.ID./parere
Maggiori di 10 ettari	IN.ID./parere	Rec. 25%	Rec. 50%

Rec.: *Recupero*

IN.ID.: *Invarianza Idraulica*

Per le definizioni si rimanda al Glossario.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Regione Marche :

L.R. 23 novembre 2011 n.22; art.10, c.4 – Delibera di Giunta Regionale n.53 del 27-1-2014 criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli Strumenti di Pianificazione Territoriale e per l'invarianza Idraulica delle Trasformazioni Territoriali.

Lgs. 152/2006 e s.m.i.:

Principi base dell'azione ambientale (art. 3 ter) e dello sviluppo sostenibile (art. 3 quater);

Regione Lombardia:

PRRA 1995 e PTUA 2006 - Delibera G.R. n. 8/2244 del 29/03/2006;

Regione Veneto: Delibere della Giunta Regionale del Veneto n. 1322 del 10 maggio 2006 e n. 1841 del 19 giugno 2007;

Allegato A - Dgr. N. 2948 del 6 ottobre 2009 Giunta Regionale della Regione Veneto – Valutazione di Compatibilità Idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.

Provincia Autonoma Bolzano: Legge 18/06/2002 n. 81 (art. 46)

Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche della Provincia Autonoma di Bolzano"

Comune di Bolzano:

Regolamento edilizio - RIE (Riduzione Impatto Edilizio);

Autorità Bacini Regionali Romagnoli: PAI - *Delibera n. 3/2 del 20/10/2003;*

Regione Puglia: Legge n. 13/2008; *Documento regionale DGR 2753/2010*

Provincia Torino:

AGGIORNAMENTO E ADEGUAMENTO DEL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE - PROGETTO DEFINITIVO ELABORATO DS6 DISPOSIZIONI TECNICO-NORMATIVE IN MATERIA DI DIFESA DEL SUOLO PROVINCIALE-PTCP 2011 (Invarianza idraulica)

Regione Lombardia: *(in studio) nuova regolamentazione invarianza idraulica.*

Alberto Pistocchi.

La Valutazione idrologica dei piani urbanistici. - Un metodo semplificato per l'invarianza idraulica dei piani regolatori generali.



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

Allegato

*LINEE GUIDA PER LA MODELLAZIONE IDROLOGICA ED
IDRAULICA BIDIMENSIONALE PER LA DEFINIZIONE DELLA
PERICOLOSITA' IDRAULICA DI PICCOLI BACINI
NON STRUMENTATI*

*LINEE GUIDA PER LA MODELLAZIONE IDROLOGICA ED
IDRAULICA BIDIMENSIONALE PER LA DEFINIZIONE DELLA
PERICOLOSITA' IDRAULICA DI PICCOLI BACINI
NON STRUMENTATI*

Per quanto riguarda le Linee Guida per la Modellazione Idrologica ed Idraulica, citate nelle Norme Tecniche di Attuazione del presente Piano, si rimanda integralmente al documento "LINEE GUIDA PER LA MODELLAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA BIDIMENSIONALE PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DI PICCOLI BACINI NON STRUMENTATI" redatto nell'ambito degli Studi Idraulici, oggetto della Convenzione stipulata in data 27/06/2011 tra l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ABT) e il Comune di Roma (Fondi Legge Roma Capitale, Decreto impegno 0015446 del 29.12.2010-Nota Comune di Roma 0000745 del 14.3.2011), che costituiscono parte integrante del presente aggiornamento del Piano.



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

Allegato

GLOSSARIO

GLOSSARIO

Per **Invarianza idraulica (IN.ID.)** si intendono quegli interventi od opere atti a conseguire che il valore della portata massima di colmo, in fase di evento meteorico, sia non maggiore del colmo di piena che derivava dalla stessa estensione territoriale oggetto di intervento.

Per gli interventi ≤ 1000 mq non è richiesta una specifica opera, ma è attuata per mezzo di un insieme di buone pratiche.

per gli interventi tra 1000 e 10.000 mq è ottenuta per mezzo un complesso di opere che deve assicurare una laminazione calcolata secondo i metodi indicati dalle norme con tiranti non maggiori di 1 metro e scarichi di diametro non maggiore di 200 mm;

per gli interventi tra 10.000 e 100.000 mq è attuata tramite un complesso di opere che deve assicurare una laminazione calcolata secondo i metodi indicati dalle norme, con scarichi e tiranti opportunamente dimensionati;

per interventi maggiori di 10 ettari è necessario prevedere opere dimensionate secondo studi e progetti specifici redatti anche con il confronto di varie formulazioni e in rapporto alla rete di recapiti (artificiali o naturali).

"Buona pratica" : l'adozione di quelle pratiche realizzative che raggiungono l'obiettivo di ridurre le superfici impermeabili e/o di aumentare le le superfici di scambio tra suolo e sottosuolo.

Esempi di buone pratiche:

- Tetti verdi;
- Pavimentazioni drenanti;
- Trincee drenanti
- Aree verdi drenanti
- Limiti all'occupazione di terreno
- Pianificazione territoriale e cinture verdi
- Protezione di suoli agricoli e paesaggi di valore
- Recupero dei siti dismessi
- Qualità del suolo nella pianificazione urbana
- *Eco-account* e sistemi di compensazione

"Consumo del suolo" : variazione da una copertura non artificiale a una copertura artificiale del suolo. L'indicatore è denominato: Impermeabilizzazione del suolo.

"Superficie agricola" : i terreni qualificati tali dagli strumenti urbanistici nonché le aree di fatto utilizzate a scopi agricoli indipendentemente dalla destinazione urbanistica e quelle, comunque libere da edificazioni e infrastrutture, suscettibili di utilizzazione agricola;

"Impermeabilizzazione del suolo" : tutte le aree dove il cambiamento della natura o della copertura del suolo fa sì che esso si comporti come un mezzo impermeabile, anche attraverso la sua compattazione dovuta alla presenza di infrastrutture, manufatti, depositi permanenti di materiale o passaggio di mezzi di trasporto;

"Indice di permeabilità" : esprime il rapporto percentuale minimo ammissibile tra la Superficie permeabile e la Superficie territoriale o fondiaria.

"Grado di impermeabilizzazione" : (superficie impermeabilizzata per cause antropiche) si calcola l'estensione della superficie impermeabilizzata e quella ancora non impermeabilizzata per ogni sottobacino e si costruisce il rapporto tra la superficie impermeabilizzata e la totale.

"Limitazione" : l'adozione di misure per una riduzione del terreno occupato, riduzione che, a seconda delle circostanze locali, potrebbe addirittura richiedere l'interruzione completa dell'occupazione di terreno – oppure misure per continuare a impermeabilizzare il suolo, ma su terreni già edificati, ad esempio i siti dismessi.

Esempio azioni: Creare incentivi all'affitto di case disabitate.

"Mitigazione" : l'adozione di misure tese a mantenere le funzioni del suolo e a ridurre gli effetti negativi diretti o indiretti sull'ambiente e il benessere umano.

Esempio azioni: Uso materiali e Superfici permeabili, Infrastruttura verde, Sistemi per la raccolta naturale di acqua.

"Compensazione" : tutte le misure realizzate per recuperare o migliorare le funzioni del suolo già impermeabilizzato attraverso la de-impermeabilizzazione e il ripristino di condizioni di naturalità del suolo, in un'area dello stesso comune limitrofa a quella di un intervento che causa nuovo consumo di suolo. Esempio azioni: Riutilizzo del terreno arabile , De-impermeabilizzazione, Eco-account, Tassa sull'impermeabilizzazione.

«Invarianza idraulica» : il principio per cui la portata al colmo di piena, risultante dal drenaggio di un'area, debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area. Si persegue con interventi od opere atti a conseguire che il valore della portata massima di colmo, in fase di evento meteorico, sia non maggiore del colmo di piena che derivava dalla stessa estensione territoriale oggetto di intervento.

"Recupero" (Rec.): Si richiede che gli interventi compensativi da realizzare ai fini dell'invarianza idraulica debbano assicurare, per la quota parte della superficie sottoposta a trasformazione che corrisponde alla superficie impermeabilizzata (ingombro edifici, strade), che ci sia, per quella superficie, un deflusso (l/s/ettaro) minore rispetto alla situazione ante-operam. Questo recupero sarà del x% in meno rispetto alla situazione ante-operam.

Esempio

A= superficie totale oggetto di trasformazione;

A_{imp}= Aree edificate +aree stradali

Detta q' e q'' rispettivamente le portate (l/s/ettari) delle aree soggette ad impermeabilizzazione e quelle non soggette ad impermeabilizzazione.

Detta q_a e q_p rispettivamente le portate (l/s/ettari) delle aree nelle condizioni ante e post operam;

q_a' portata della parte soggetta ad imperm. in condizioni ante;

q_p' portata della parte soggetta ad imperm. in condizioni post;

q_a'' portata della parte non soggetta ad imperm. in condizioni ante;

q_p'' portata della parte non soggetta ad imperm. in condizioni post;

Detta Q₀ la portata ante operam della superficie totale A (area sottoposta a trasformazione) e detta Q la portata della stessa superficie in condizioni post operam :

$$Q = A_{imp} \cdot q_{a'}(1-x) + (A - A_{imp}) \cdot q_{p''};$$

con le seguenti limitazioni

$$q_{p''} \leq q_{a''};$$

$$q_{p'} < q_{a'};$$

"Dichiarazione asseverata" : una relazione con apposita formula sottoscritta dal progettista ed integrativa al progetto dell'intervento che dichiara o la assunzione di buone pratiche realizzative (per interventi minori) o il raggiungimento degli obiettivi posti dalle norme in termini di Invarianza idraulica e sicurezza dal rischio idraulico. Si ritiene che la falsa attestazione giurata configuri il reato di cui all'art. 483 del Codice Penale (Falsità Ideologica commessa dal privato in atto pubblico).

"Parere idraulico" : il rilascio, da parte dell'apposita Autorità idraulica competente, di un apposito parere favorevole rilasciato sulla base di uno studio idraulico di compatibilità, redatto secondo il formato indicato dalle Norme e costituito da due parti: A) Rischio Idraulico, B) Invarianza Idraulica.

Per **Autorità Idraulica Competente** si intende secondo rispettive competenze

- Regione Lazio - Ardis
- Provincia di Roma
- Consorzio di Bonifica Tevere ed Agro Romano.

"Casse di espansione (o casse di laminazione)": opere finalizzate ad accumulare temporaneamente parte dell'onda di piena. In derivazione: sono aree laterali rispetto al corso d'acqua e collegate idraulicamente ad esso solo attraverso l'opera di presa e l'opera di rilascio. Entrano in funzione, solo in occasione di piene di entità pari alla portata di progetto, trasferendo l'acqua nell'invaso attraverso l'opera di presa. Per un corretto funzionamento richiedono la realizzazione di numerose opere, tra cui argini, sfioratore e soglie. In linea: il volume di piena viene tenuto (invasato) direttamente in alveo realizzando sbarramenti trasversali che normalmente lasciano fluire l'acqua ed entrano in funzione (formando un lago temporaneo) solo con portate superiori a quella ordinaria.

"Opere di difesa" : insieme di opere idrauliche che impediscono i naturali processi di esondazione della corrente (argini, muri arginali) o di erosione (difese spondali, pennelli, briglie). Spesso, però, andrebbero più esattamente definite "opere di trasferimento del danno" (dal tratto difeso ad un altro, solitamente posto a valle).

"Laminazione (delle piene)" : processo che comporta la riduzione del **picco di piena** ovvero l'abbassamento del livello massimo raggiunto dalla piena; la laminazione di una piena può avvenire attraverso l'immagazzinamento di parte del volume di piena e il suo rilascio in un secondo momento o tramite il rallentamento generale dei deflussi in modo che l'acqua proveniente da diverse parti del bacino idrologico arrivi nelle sezioni critiche non tutta nello stesso momento, ma sfasata nel tempo. L'artificializzazione del territorio -sia essa dovuta alla canalizzazione dell'alveo o all'impermeabilizzazione dei suoli, o ad entrambi- induce l'accentuazione dei picchi di piena, a causa della riduzione dell'infiltrazione (aumenta il volume di scorrimento superficiale) e della riduzione dei tempi di corrivazione (accelerazione della corrente e concentrazione dei deflussi dei vari affluenti). L'onda di piena diventa più elevata (maggior rischio), anticipata (minor tempo per interventi di Protezione Civile) e si esaurisce più rapidamente (magre più spinte e prolungate) .

