

# CONFRONTO DI CRITERI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA APPLICATI IN EMILIA-ROMAGNA E LOMBARDIA

*Francesca Berteni*<sup>1\*</sup>, *Paolo Leoni*<sup>2</sup>, *Michèle Pezzagno*<sup>1</sup>, *Patrizia Piro*<sup>3</sup> & *Giovanna Grossi*<sup>1</sup>

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica, Università degli Studi di Brescia (Brescia)

(2) Ingegnere civile libero professionista

(3) Dipartimento di Ingegneria Civile, Università della Calabria (Arcavacata di Rende, CS)

\*email: francesca.berteni@unibs.it

## ASPETTI CHIAVE

- Principio di invarianza idraulica e idrologica in Emilia-Romagna e Lombardia.
- Applicazione della metodologia ad un caso studio nelle regioni d'Italia considerate.
- Confronto dei regolamenti di invarianza idraulica e idrologica nelle regioni d'Italia considerate.

## 1 INTRODUZIONE

Il continuo aumento dell'urbanizzazione e i cambiamenti climatici in atto hanno un forte impatto sulla qualità e sulla quantità delle acque di dilavamento meteorico. A fronte di un incremento di superfici impermeabili e della frequenza di occorrenza di precipitazioni brevi e intense, è importante garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, secondo il quale i volumi di deflusso generati da un evento meteorico intenso devono restare inalterati o almeno essere limitati. L'idea nasce dalla necessità di gestire il drenaggio delle acque meteoriche nei contesti urbani, dove spesso il sistema di collettamento esistente è stato progettato in base ad un tempo di ritorno non adeguato; pertanto è necessario ricorrere all'inserimento di dispositivi di invaso nelle aree soggette a trasformazione, garantendo una mitigazione dell'impatto sul sistema di drenaggio posizionato a valle. Le soluzioni basate su processi naturali possono dare benefici aggiuntivi, in particolare dal punto di vista paesaggistico e climatico (Grossi *et al.*, 2020; Piro *et al.*, 2019). In questo lavoro si propone un confronto della metodologia regionale esistente per il calcolo dei volumi d'invaso richiesti per garantire l'invarianza idraulica e idrologica in Emilia-Romagna e in Lombardia. Il contesto normativo può infatti essere diverso in altre regioni italiane e possono anche non essere definite specifiche indicazioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica, pur essendo considerato il tema del consumo di suolo, come accade per la Calabria (LRC n.19/2002 riportante le "Norme per la tutela, governo ed uso del territorio - Legge urbanistica della Calabria" armonizzato rispetto alla LRC 28/2016 che introduce il tema del consumo di suolo). In una prima ipotesi di confronto, è stato scelto di collocare un caso studio ipotetico, seppur realistico, nelle due regioni considerate: applicando i relativi regolamenti si è giunti a soluzioni diverse sotto alcuni aspetti e simili per altri.

## 2 CASO STUDIO

È prevista la trasformazione di una superficie di estensione totale pari a 2000 m<sup>2</sup>, a seguito della realizzazione di un nuovo impianto industriale in un'area originariamente non urbanizzata, che arrivi ad occupare la metà della superficie inizialmente verde. Dopo la trasformazione, sia la superficie permeabile sia la superficie impermeabile saranno pari a 1000 m<sup>2</sup>. Si ipotizza inoltre che la soggiacenza della falda nell'area in esame sia molto bassa (< 1m), e che la permeabilità dello strato superficiale del terreno sia medio-bassa (ad esempio, composto principalmente da limi). Per questi motivi, per rispettare i criteri d'invarianza idraulica e idrologica, si realizza una vasca di laminazione interrata dotata di uno scarico terminale delle acque meteoriche laminate in un corpo idrico superficiale, senza ricorrere ad alcun sistema d'infiltrazione.

## 3 METODOLOGIA E STRUMENTI

In Emilia-Romagna, l'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli definisce i criteri generali di invarianza

idraulica nella direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico (capitolo 7); il Piano introduce il principio di invarianza idraulica di trasformazione del territorio all'art. 9 delle Norme di attuazione. Pistocchi (2001) ha proposto il primo modello matematico per definire il principio di invarianza idraulica applicato in Emilia-Romagna e inserito dal 2003 nella citata direttiva (Botticelli et al., 2018). La Regione Lombardia ha recentemente adottato il Regolamento Regionale del 23 novembre 2017 n.7 (aggiornato in data 21/12/2019), recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio). Nel presente lavoro, i regolamenti sopra citati sono stati applicati al caso studio descritto al paragrafo 2.

### 3.1 Capitolo 7 della direttiva del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico in Emilia-Romagna

Nella direttiva viene prescritto un valore convenzionale come volume minimo specifico d'invaso  $w$  ( $m^3/ha$ ) nelle aree soggette a trasformazione (Pistocchi, 2001):

$$w = w^{\circ} (\varphi/\varphi^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - w^{\circ} P \quad (1)$$

dove  $w^{\circ}=50 m^3/ha$ ,  $\varphi$  e  $\varphi^{\circ}$  sono i coefficienti di deflusso rispettivamente dopo e prima della trasformazione e che sono determinabili attraverso relazioni convenzionali espresse in funzione della percentuale di area permeabile e impermeabile,  $n=0,48$  è l'esponente della curva di possibilità climatica stimato sulla base di studi sperimentali,  $I$  e  $P$  sono le frazioni rispettivamente dell'area trasformata e di quella che viene lasciata inalterata. Il volume  $w$  trovato va poi moltiplicato per l'area totale dell'intervento, considerando sia quella trasformata sia quella lasciata inalterata. Si precisa che nel caso studio analizzato è stata considerata la superficie complessiva dell'area coincidente con l'area soggetta all'intervento (cfr. paragrafo 2), la direttiva prevede inoltre che le frazioni  $I$  e  $P$  possano riferirsi alla superficie dell'intero bacino scolante, di cui l'area dell'intervento fa parte. In ogni caso, dovrà sempre essere adottato il volume minimo d'invaso più cautelativo. I criteri di dimensionamento prescritti dalla direttiva dipendono dalla classe di intervento, che è definita in funzione della superficie interessata dalla trasformazione (Tabella 1).

Classe di intervento	Definizione superficie dell'intervento (S)
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	$S < 0,1ha$
Modesta impermeabilizzazione potenziale	$0,1ha \leq S < 1ha$
Significativa impermeabilizzazione potenziale	$1ha \leq S < 10ha$ oppure $S \geq 10ha$ con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	$S \geq 10ha$ con $Imp > 0,3$

**Tabella 1.** Classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica, secondo la direttiva dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli ("S" è la superficie dell'intervento e "Imp" è la sua frazione impermeabile).

Nel caso in esame si ricade nella classe di "Modesta impermeabilizzazione potenziale", per la quale è richiesto il soddisfacimento dei requisiti dell'eq. (1), il diametro massimo di 200 mm delle luci di scarico e il tirante idrico nell'invaso non superiore ad 1 m. Se si fosse trattato di un caso di significativa impermeabilizzazione, la direttiva avrebbe consigliato di garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area di trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni. Nel caso invece di marcata impermeabilizzazione, sarebbe stato necessario redigere uno studio più dettagliato. Si precisa infine che i diversi consorzi di bonifica presenti in Emilia-Romagna forniscono linee guida specifiche, realizzate sulla base della direttiva regionale e da rispettare per la progettazione dei dispositivi di invarianza idraulica. In questo caso studio si è fatto riferimento alle linee guida del Consorzio di Bonifica della Romagna (<https://www.bonificaromagna.it/>), ipotizzando che l'area in esame ricada in una zona di sua competenza e le cui linee prescrivono una portata massima ammissibile allo scarico pari alla somma di 10 l/s/ha e 90 l/s/ha di superficie, rispettivamente permeabile e impermeabile, prima della trasformazione.

### 3.2 Regolamento Regionale 23 /11/2017 n.7 in Lombardia

Il regolamento per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica proposto dalla Lombardia è

molto dettagliato. In particolare, prevede una suddivisione del territorio regionale in diversi ambiti di applicazione e classi come indicato nella Tabella 2.

Classe di intervento (tipo di impermeabilizzazione potenziale)	S interessata dall'intervento	$\varphi$ [-]	Modalità di calcolo per ambiti territoriali A e B	Modalità di calcolo per ambito territoriale C
Qualsiasi	$S \leq 0,03$ ha	qualsiasi	R*	R*
Bassa	$0,03 < S \leq 0,1$ ha	$\leq 0,4$	R**	R**
Media	$0,03 < S \leq 0,1$ ha	$> 0,4$	M.P. + R**	M.P. + R**
Media	$0,1 < S \leq 1$ ha	qualsiasi	M.P. + R**	M.P. + R**
Media	$1 < S \leq 10$ ha	$\leq 0,4$	M.P. + R**	M.P. + R**
Alta	$1 < S \leq 10$ ha	$> 0,4$	P.D. + R**	P.D. + R**
Alta	$S > 10$ ha	qualsiasi	P.D. + R**	P.D. + R**

**Tabella 2.** Suddivisione del territorio regionale in classi di intervento e ambiti territoriali (“S” è la superficie interessata dall’intervento, “ $\varphi$ ” è il coefficiente di deflusso medio ponderale, “ambito territoriale A”: aree ad alta criticità idraulica, “ambito territoriale B”: aree a media criticità idraulica, “ambito territoriale C”: aree a bassa criticità idraulica). M.P.: Metodo sole piogge. P.D.: Procedura dettagliata. R\*: requisiti minimo art. 12, comma 1. R\*\*: requisiti minimi art. 12 comma 2.

Sulla base della suddivisione del territorio regionale in diversi ambiti di applicazione, l’area oggetto di studio presenta un livello di criticità idraulica medio e pertanto dovrà essere garantito un volume minimo dell’invaso di laminazione pari a 500 m<sup>3</sup>/ha e un valore massimo di portata meteorica scaricabile nel ricettore di 20 l/s/ha (per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento). Tale superficie è quella risultante dal prodotto tra la superficie scolante totale per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale, che nel caso studio è stato ottenuto attribuendo, in accordo col regolamento regionale, un valore pari 1 e 0,3 rispettivamente alle superfici impermeabili (ad esempio tetti, pavimentazioni continue di strade, vialetti e parcheggi) e alle aree permeabili (ad esempio le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque). Nota la superficie interessata dall’intervento, il coefficiente di deflusso medio ponderale e l’ambito territoriale di applicazione, il regolamento consente di definire sia la classe di intervento (in questo caso è “Impermeabilizzazione potenziale media”) sia la modalità di calcolo del volume dell’invaso di laminazione (in questo caso è il “metodo delle sole piogge”, dettagliatamente descritto dal regolamento), che dovrà però sempre rispettare il volume minimo d’invaso prima citato. Il regolamento prevede che per il dimensionamento delle opere di laminazione e per la successiva verifica del loro grado di sicurezza, sia adottato un tempo di ritorno pari rispettivamente a 50 e 100 anni. Per calcolare le precipitazioni di progetto, i parametri caratteristici da assumere per le curve di possibilità pluviometrica sono quelli forniti da ARPA Lombardia. Il tempo di svuotamento dell’invaso di laminazione progettato non deve superare le 48 ore, in modo tale da ripristinare la capacità d’invaso quanto prima possibile. Si precisa infine che i Comuni della Lombardia, in base al loro livello di criticità idraulica, sono tenuti a redigere lo Studio comunale di Gestione del Rischio Idraulico o un Documento Semplificato del Rischio Idraulico, che potrebbe riportare ulteriori indicazioni ai fini dell’attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica all’interno dei propri confini comunali. Tuttavia, nel caso oggetto di studio, non sono state identificate informazioni aggiuntive al regolamento regionale.

#### 4 RISULTATI E DISCUSSIONI

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati ai quali si è pervenuti per il caso studio analizzato, dove il diametro della luce di scarico della vasca è stato calcolato utilizzando la legge di efflusso per luce a battente circolare, ponendo il coefficiente di efflusso e il carico sulla luce pari rispettivamente a 0,6 e 1 m. I diametri teorici riportati in Tabella 3 risultano però eccessivamente ridotti se si pensa ad un’area di intervento in bacini romagnoli, dove è opportuno che si utilizzino diametri commerciali non inferiori di 125 mm. Per ottenere ciò e garantire comunque i limiti massimi allo scarico, si può agire sulla legge di efflusso riducendo il carico sulla luce. Si nota dalla Tabella 3 che il regolamento regionale della Lombardia consente una portata limite di scarico nei ricettori ed un volume minimo di laminazione maggiori rispettivamente del 30% e del 14% rispetto alla direttiva dell’Emilia-Romagna e alle linee guida del Consorzio di Bonifica Romagnolo.

Tuttavia, va precisato che la normativa della Lombardia è più cautelativa perché fa riferimento alla condizione preesistente all’urbanizzazione e non alla condizione urbanistica precedente l’intervento, che potrebbe anche essere già alterata rispetto alla condizione naturale originaria del sito. L’Emilia-Romagna tiene invece in considerazione la situazione dell’area prima della trasformazione che si vuole effettuare. Di conseguenza, se l’intervento fosse stato realizzato su una superficie già parzialmente urbanizzata e impermeabile, sarebbe evidente una maggiore differenza tra il metodo della Lombardia e quello dell’Emilia-Romagna: il primo condurrebbe allo stesso risultato, mentre il secondo restituirebbe volumi di laminazione inferiori e portate ammissibili allo scarico maggiori rispetto a quelli riportati in Tabella 3.

Regione	$Q_{max}$ [l/s]	$V_{min}$ [m <sup>3</sup> ]	t [h]	D [mm]	$\phi$ [-]	$\phi^o$ [-]
Emilia-Romagna	2,0	67,0	Non richiesto	30	0,55	0,2
Lombardia	2,6	76,3	8,2	35	0,65	Non richiesto

**Tabella 3.** Risultati ottenuti applicando al caso studio le due diverse normative regionali (“ $Q_{max}$ ” è la portata massima ammissibile allo scarico, “ $V_{min}$ ” è il volume minimo d’invaso, “t” è il tempo di svuotamento della vasca con  $V_{min}$ , “D” è il diametro teorico della luce di scarico, “ $\phi$ ” è il coefficiente di deflusso dopo l’intervento e “ $\phi^o$ ” è il coefficiente di deflusso prima dell’intervento).

## 5 CONCLUSIONI

È stato effettuato un confronto tra le metodologie regionali per garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica in Emilia-Romagna e Lombardia, ipotizzando di collocare un caso studio specifico nelle due diverse regioni italiane. Dall’analisi è emerso che il regolamento regionale della Lombardia è il più cautelativo soprattutto perché, a differenza di quello dell’Emilia-Romagna, non considera la situazione dell’area oggetto d’interesse prima della sua trasformazione ma fa riferimento alla condizione preesistente l’urbanizzazione. In generale, la direttiva dell’Emilia-Romagna si presenta meno restrittiva; l’applicazione del principio d’invarianza idraulica passa comunque attraverso la definizione di linee guida proposte dai diversi consorzi di bonifica della regione. Si precisa che, fermo restando il principio di invarianza idraulica e idrologica, in contesti basati su una "visione di consumo di suolo zero", come nel caso delle due regioni oggetto di studio, l’applicazione di diverse metodologie potrebbe portare nel tempo a risultati sostanzialmente differenti per i territori.

## RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata condotta nell’ambito del progetto Scishops.eu, che ha ricevuto fondi dall’Unione Europea (H2020 Research and Innovation Action under Grant Agreement No 741657).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. Direttiva inerente alle verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano. Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016.
- Botticelli, M., Guercio, R., Magini, R. & Napoli, R. A physically - based approach for evaluating the hydraulic invariance in urban transformations, *Int. J. of Safety and security Eng.*, 2018, 8(4), 536-546.
- Grossi, G., Barontini, S., Berteni, F., Balistocchi, M. & Ranzi, R. Nature based solutions as climate change adaptation and mitigation measures in Italy, Taylor and Francus/CRC-Press, in: *Climate-Change Sensitive Water Resources Management* (ISBN 978-0-367-25788-0), edited by R.S.V. Teegavarapu, 2020.
- Pistocchi, A., La valutazione idrologica dei piani urbanistici – Un metodo semplificato per l’invarianza idraulica dei piani regolatori generali, *Ingegneria Ambientale*, XXX (7/8), 2001, pp. 407-413.
- Regione Lombardia. Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)»; BURL n. 51 S.O. del 21/12/2019.
- Piro, P., Talarico, V.C., Ferrante, A. P., Frega, F., Grossi, G., & Palermo, S.A., LID systems as significant tools in urban regeneration strategies, *Journal of Biourbanism* #2/2018 Vol. VII, *Architecture as Common Good: Recovering Well-Being and Urban Quality - Proceedings of the 1<sup>st</sup> Internat. Conf. of the Istituto Nazionale di Bioarchitettura (INBAR) and the University of Parma* (2019).