

Le Reti di drenaggio urbano: tra sostenibilità e cambiamento climatico di Bernardino Romano

L'obiettivo dell'elaborato di tesi è quello di verificare le prestazioni e i benefici dell'applicazione di sistemi di drenaggio urbano sostenibili, definiti SuDS, all'interno di un contesto urbano consolidato e caratterizzato da particolari criticità di tipo idraulico. Infatti i sempre più spinti fenomeni di urbanizzazione e gli effetti del cambiamento climatico generano, rispettivamente, un aumento del deflusso superficiale a causa della riduzione del tasso di infiltrazione e una maggiore intensità di pioggia concentrata in brevi eventi meteorici. In combinazione questi comportano, in ambito urbano, un maggiore volume di pioggia e un picco di portata sempre più importante e celere con conseguente crisi della rete di drenaggio. Ed ecco che questo comporta la nascita dei fenomeni di allagamento in ambito urbano.

Come prevenzione a tali fenomeni si hanno a disposizione diverse strategie di intervento. Quelle tradizionali costituite dalle Vasche di Laminazione e affini che vengono progettate utilizzando il criterio di Invarianza Idraulica, e quelli di tipo sostenibile, chiamate Sustainable Urban Drainage Systems o SuDS, le quali vengono definite utilizzando criteri di progettazione nature-based. L'inserimento di quest'ultime tecnologie in una rete tradizionale ha diversi effetti positivi sull'ambiente e sulla popolazione, come il miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua con conseguente miglioramento delle condizioni di vita della popolazione residente. Tra questi quelli su cui posto l'attenzione sono quelli di tipo idraulico, come:

- diminuzione dei volumi e delle portate che circolano nella rete;
- soddisfacimento del principio di invarianza idraulica e idrologica e dei criteri ambientali
- incremento della resistenza agli eventi straordinari di pioggia con conseguente riduzione dei fenomeni di allagamento urbano.

La definizione del livello di prestazione e i benefici rinvenuti dall'applicazione delle SuDS è avvenuta comparando gli effetti che lo stesso evento meteorico ha sui due scenari di rete di drenaggio. Il modello utilizzato nel presente studio di tesi, nasce da un lavoro di ricerca svolto nell'ambito di una tesi di dottorato dell'Università degli Studi di Salerno in collaborazione con l'azienda Iridra S.r.l. di Firenze. Il modello di calcolo dello scenario di rete di drenaggio utilizzato come quello di riferimento, definito anche Scenario Tradizionale, è stato costruito sulla base della cartografia del comune di San Giuliano Milanese (MI) usato come caso studio e dalle ispezioni sul campo effettuate dagli studi italiani di ingegneria e architettura che hanno partecipato al lavoro di ricerca. Mentre lo scenario da cui si andranno a desumere le prestazioni e i benefici dovuti dall'applicazione delle tecnologie sostenibili, definito Scenario LID, è stato realizzato riconvertendo la superficie impermeabile in aree di drenaggio di tipo sostenibile implementando al suo interno tre diverse tipologie di tecnologie SuDS, ovvero, celle di bioritenzione, pavimentazione permeabile e rain garden le cui caratteristiche di porosità, tasso di infiltrazione e percentuale dei vuoti sono state definite e calibrate attraverso dati di letteratura e continue simulazioni di eventi. La riconversione ha riguardato il 10% dell'area totale, valore che risulta molto importante rispetto alle medie mondiali. Gli scenari di rete

di drenaggio è stata suddivisa in 5 bacini per rendere la trascrizione nel modello di calcolo più rapida e semplice.

La rete di drenaggio è stata sottoposta a scenari di cambiamento climatico generati dalle analisi statistiche eseguite su dati pluviometrici registrate delle stazioni di misura di Lodi, Monza, Milano, Pavia. La scelta di queste stazioni di misura è avvenuta a valle di un'analisi delle stazioni di misura rientranti in un raggio di 30 km dal centro dell'area studio e di quelle più longeve di tutte. Le analisi statistiche applicate sono il T di student, il test di Pettitt e CUMSUM test con i quali si è andati alla ricerca di un change point che individuasse il cambiamento climatico. La mancanza di dati, l'inaffidabilità degli stessi insieme alle incertezze generate dai test, hanno portato a risultati discordanti facendo proseguire su una strada differente. Per questo motivo, con i dati che si avevano a disposizione si sono ricavati degli scenari di cambiamento climatico per un'applicazione a scala di evento, dove si fa riferimento agli indicatori che si desumono da un singolo evento pluviometrico, e per un'applicazione a scala annuale, dove gli indicatori vengono definiti considerando un intero anno di simulazioni all'interno della quale avvengono i diversi eventi meteorici differenti anche per stagionalità.

Per l'applicazione a scala di evento, partendo dai massimi di pioggia a durate prefissate, 24 h, 1 h e 30 min, si è definito il trend di crescita dal quale si è individuato un valore di previsione a 30 anni dal presente. Tale valore di previsione è stato confrontato con il valore storico, individuato dalla media, per ricavare la percentuale di incremento pluviometrico da utilizzare come base per gli scenari di cambiamento climatico. I valori utilizzati per definire lo scenario di cambiamento climatico sono desunti dai soli dati della stazione di misura di Lodi poiché le altre stazioni mancavano di dati sub-orari tali da fornire un valore plausibile.

Tabella 1. Percentuali di incremento pluviometrico per l'applicazione a scala di evento.

| | Lodi | Monza | Pavia |
|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 24 h | 13.7 % | 4.4 % | 2.5 % |
| 1 h | 6.5 % | - | - |
| 30 min | 26.9 % | - | - |

Discorso analogo è stato effettuato per l'applicazione su scala annuale dove, il trend di crescita è stato ricavato dalle cumulate annuali delle stazioni di misura investigate definendo, con lo stesso procedimento, le percentuali di incremento pluviometrico. La scelta è ricaduta sui massimi in valore assoluto, delle percentuali alle quali sono state aggiunte altre due percentuali, 5 e 10%, per valutare l'evoluzione dello scenario di pioggia sulla rete di drenaggio.

Tabella 2. Percentuali di incremento pluviometrico per l'applicazione alla scala annuale.

| Lodi | Monza | Pavia | Milano |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1.20 % | -2.54 % | -5.50 % | -5.45 % |

In definitiva si hanno: 2 scenari di cambiamento climatico per ogni tempo di ritorno investigato (2, 5 e 10 anni) per l'applicazione a scala di evento, 4 per l'applicazione su scala annuale, 2 scenari di rete di drenaggio, arrivando ad avere 12 simulazioni da effettuare per la prima applicazione e 8 per la seconda. Le simulazioni derivano dall'implementazione del modello di rete di drenaggio all'interno del software di calcolo Storm Water Management Model sviluppato dall'Agenzia per la Protezione Ambientale (EPA) statunitense il quale utilizza il modello afflussi deflussi per simulare un evento di pioggia di qualsiasi scala temporale e spaziale. Da ogni simulazione è stato ricavato il parametro Total inflow il quale ha permesso la definizione di nuovi parametri guida per la definizione delle prestazioni delle reti di drenaggio, ovvero Portata massima e Volume Totale. Con i valori di questi parametri sono state effettuate le analisi per la definizione delle prestazioni della rete di drenaggio.

La prima analisi ha visto il confronto tra gli scenari di cambiamento climatico all'interno dello stesso scenario di rete di drenaggio.

Tabella 3. Percentuale di incremento della portata e del volume totale per l'applicazione a scala di evento.

| Scenario LID | | | | | | Scenario TRAD | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|--------|---------------|---------|---------------|---------------|--------------------------------------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|----------|
| T _R | 2 anni | | 5 anni | | 10 anni | | T _R | 2 anni | | 5 anni | | 10 anni | |
| Scenario | S0 | S1 | S0 | S1 | S0 | S1 | Scenario | S0 | S1 | S0 | S1 | S0 | S1 |
| Q _{max} [m ³ /s] | 0.14 | 0.30 | 0.53 | 0.89 | 1.04 | 1.37 | Q _{max} [m ³ /s] | 1.60 | 1.91 | 2.66 | 2.89 | 2.94 | 3.13 |
| V _{tot} [m ³] | 6367.0 | 9452.5 | 17582.8 | 25661.0 | 30599.2 | 42618.6 | V _{tot} [m ³] | 41307.3 | 49783.2 | 70097.7 | 83004.2 | 91943.6 | 108244.5 |
| %Q _{max} | 112.3 % | | 67.6 % | | 31.9 % | | %Q _{max} | 19.8 % | | 8.4 % | | 6.4 % | |
| %V _{tot} | 48.5 % | | 45.9 % | | 39.3 % | | %V _{tot} | 20.5 % | | 18.4 % | | 17.7 % | |

Si vede che all'aumentare del Tempo di Ritorno la percentuale di incremento della portata e del volume diminuisce, di cui maggiormente per la portata rispetto che il volume. E nello scenario LID le percentuali sono molto più alte rispetto allo scenario TRAD poiché questo, già nel caso reale di pioggia presenta una criticità e quindi l'incremento di pioggia non fa che peggiorare le condizioni riducendo notevolmente le percentuali.

La seconda analisi ha visto il confronto tra gli scenari di rete di drenaggio all'interno degli scenari di cambiamento climatico. (A titolo di esempio si riportano i risultati solo per il tempo di ritorno pari a 2 anni)

Tabella 4. Percentuale di riduzione della portata e del volume totale per l'applicazione a scala di evento.

| T _R 2 anni | Scenario | S0 | | S1 | |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------------|---------|------|
| | | LID | Trad | LID | Trad |
| | Q _{max} [m ³ /s] | 0.14 | 1.60 | 0.30 | 1.91 |
| V _{tot} [m ³] | 6367.0 | 41307.3 | 9452.5 | 49783.2 | |
| % _{red,Qmax} | 91.1 % | | 84.2 % | | |
| % _{red,Vtot} | 84.6 % | | 81.0 % | | |

In questo caso, le percentuali di riduzione di portata e volume, sono molto alte per tempi di ritorno bassi e decrescono all'aumentare dell'intensità di precipitazione, rimanendo però con valori superiori al 50%.

Le analisi sono state effettuate anche visivamente, estrapolando gli idrogrammi di piena che fuoriescono da 4 Outfalls individuati nella rete di drenaggio e, da come si vede, anche

graficamente si ha lo stesso risultato. In questo caso abbiamo il confronto tra gli scenari di cambiamento climatico dove in blu l'idrogramma nello scenario 0 e in arancio l'idrogramma nello scenario 1.

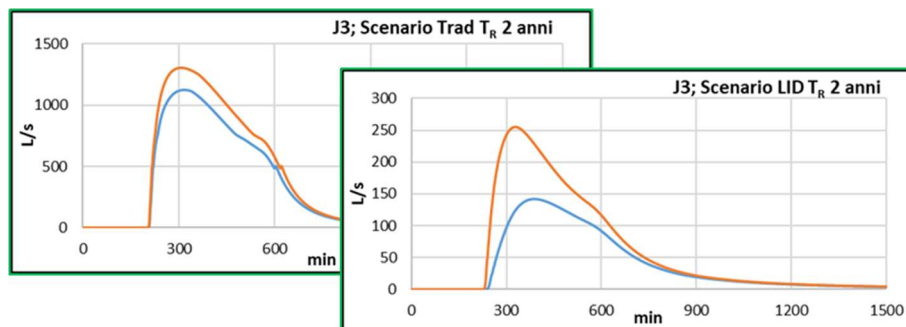


Figura 1. Confronto tra scenari di cambiamento climatico nel nodo J3

In quest'altro caso abbiamo il confronto tra gli scenari di rete di drenaggio dove in grigio si ha l'idrogramma generato nello scenario Tradizionale e in Verde quello generato nello scenario LID. Si vede che all'aumentare del tempo di ritorno la curva verde tende a quella grigia in tutti i casi e quindi la risposta del singolo outfall è in linea con quella dell'intera rete e si possono validare i risultati precedenti.

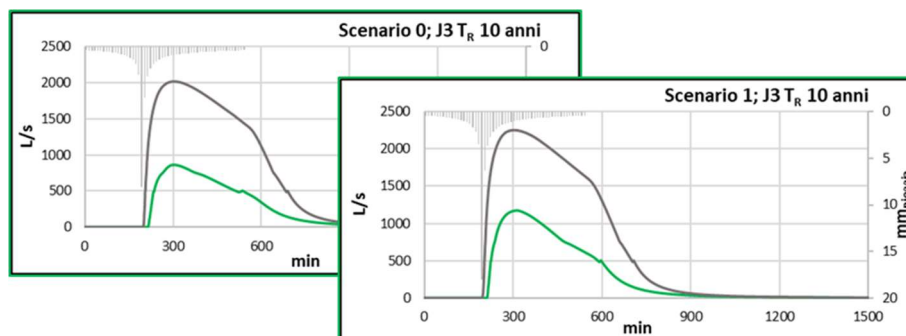


Figura 2. Confronto tra scenari di rete di drenaggio nel nodo J3.

Anche alla scala annuale sono state eseguite le medesime analisi di cui si riportano i risultati in tabella. Si può notare, come nel caso precedente, che l'incremento della precipitazione comporta una riduzione della resa delle SuDS ma nonostante ciò per quanto riguarda i volumi uscenti si riducono notevolmente tra lo scenario Tradizionale e lo scenario LID.

L'analisi presenta alcune limitazioni: non si è tenuto in conto l'effetto del riscaldamento globale sulla temperatura per garantire l'utilizzo delle condizioni progettuali peggiori, ed inoltre non si è tenuto in conto del reale intensificarsi della precipitazione poiché la ricerca era improntata sull'incremento della precipitazione da sottoporre alla rete e valutare la prestazione delle SuDS anche in condizioni di cambiamento climatico.

Per concludere possiamo dire che le SuDS sono un valido supporto alle strategie tradizionali di gestione delle acque meteoriche, capaci di prevenire i fenomeni di allagamento urbano anche in presenza degli effetti del cambiamento climatico. Ma risulta necessario investire un maggiore impegno nella progettazione di tali tecnologie per avere un lungo periodo di lavoro all'interno del quale risulta un'elevata efficienza.