

Scenari di mitigazione del rischio idraulico residuo per il caso di studio in Liguria

Report n.1 - Prodotto T2.2.3. redatto da:

Ilaria Gnecco

Anna Palla

Sommario

Premessa.....	3
1 Il caso di studio	4
1.1 Analisi del contesto	4
1.2 Informazioni territoriali	4
1.3 La permeabilità dell'area	7
1.4 Dati pluviometrici	8
2 Implementazione del modello semplificato per il rischio idraulico IDRORES.....	9
2.1 Schematizzazione degli elementi.....	10
2.2 Parametri idrologici-idraulici degli elementi.....	11
3 La condizione attuale di rischio.....	11
4 Azioni per la mitigazione del rischio idraulico	13
4.1 I sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche	14
4.2 Scenari di intervento	14
5 Risultati.....	14
5.1 Scenario "2 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche vuote"	15
5.2 Scenario "2 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche piene"	17
5.3 Scenario "4 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche vuote"	20
5.4 Scenario "4 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche piene"	22
6 Conclusioni	24
Riferimenti bibliografici.....	24

Premessa

Tale documento costituisce il Report n.1 del prodotto T.2.2.3. relativo all'attività T.2.2 "Modellazione del rischio idraulico residuo per il caso pilota principale ed i casi di studio semplificati" ed illustra i risultati relativi all'analisi di rischio idraulico residuo per quanto riguarda il caso di studio di Camogli, selezionato nel territorio Ligure.

Il presente report tecnico è organizzato in 5 sezioni principali:

- nella prima sezione viene descritto nel dettaglio il contesto in cui si colloca il caso di studio; vengono elencate le informazioni reperite al fine dell'implementazione del caso nella piattaforma e vengono riportate le analisi condotte per quanto riguarda la permeabilità dell'area ed il regime di precipitazione;
- nella seconda sezione viene illustrato lo schema modellistico implementato nella piattaforma TRIG-Eau;
- nella terza sezione viene presentata la condizione di rischio idraulico attuale;
- nella quarta sezione viene formalizzato e progettato l'intervento per la mitigazione del rischio idraulico attuale, ovvero l'installazione di sistemi di raccolta e recupero di acque meteoriche a servizio di ciascuna palazzina;
- nella quinta sezione viene descritta la condizione di rischio idraulico residuo ovvero la condizione di rischio post - installazione dei sistemi proposti.

1 Il caso di studio

1.1 Analisi del contesto

Il complesso residenziale di via Figari nel comune di Camogli, di seguito nominato come Complesso di Via Figari, è stato selezionato quale caso di studio nel territorio ligure per l'applicazione del modello di rischio idraulico residuo sviluppato nell'ambito del progetto TRIG Eau.

Il complesso di natura residenziale è costituito da 4 palazzine costituite ciascuna da 4 unità abitative semi-indipendenti con posteggi di pertinenza e verde privato. La strada di accesso è una strada privata ed il contesto si configura come un contesto residenziale signorile dove è significativa la presenza di aree verdi.

In Figura 1 è riportata l'ortofoto dell'area di studio con un focus sul complesso residenziale di via Figari.



Figura 1: Ortofoto dell'area di studio nel comune di Camogli (Liguria): il complesso residenziale di via Figari. Fonte dei dati: Regione Liguria - 2016

1.2 Informazioni territoriali

La caratterizzazione dell'area di studio è avvenuta reperendo tutte le informazioni disponibili.

In particolare per quanto riguarda i dati spaziali, le seguenti informazioni sono state reperite nella forma di mappe georiferite (.shp):

- Perimetrazione dell'area di studio;
- Ortofoto;
- Reticolo stradale principale;
- Carta di uso e copertura del suolo;
- Edificato;
- Reticolo idrografico.

Gli estratti delle sopradette mappe sono illustrati nelle Figure 2-6.

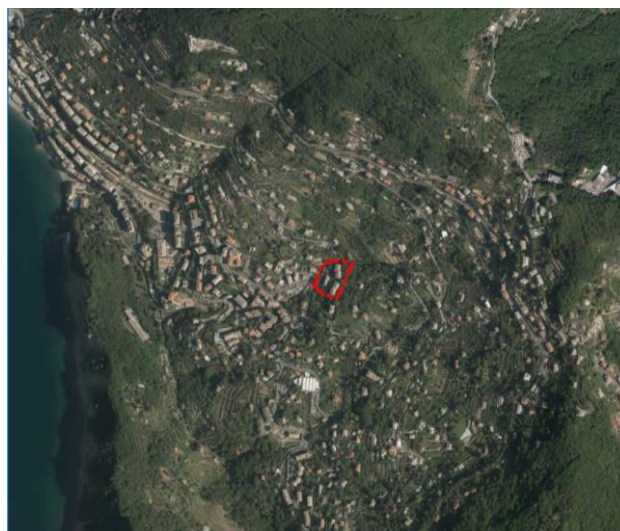


Figura 2: Estratto dell'ortofoto del Comune di Camogli e perimetrazione dell'area di studio: complesso residenziale via Figari (perimetro in linea rossa tratteggiata). Fonte dei dati: Regione Liguria- AGEA2016

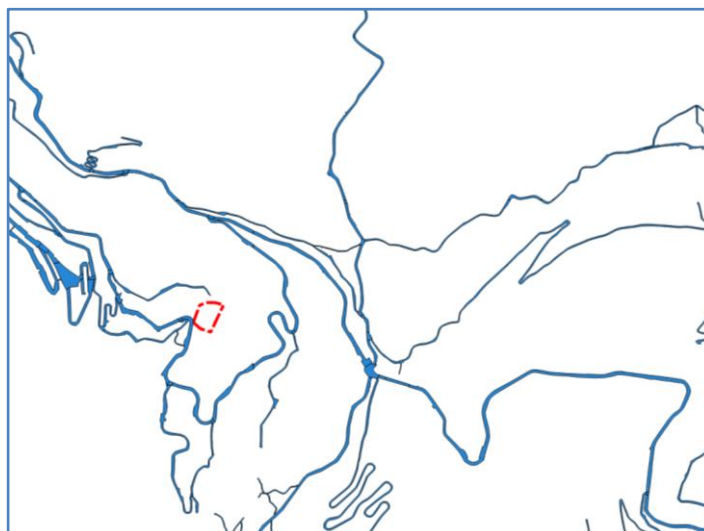


Figura 3: Estratto della mappa relativa al reticolo strade del Comune di Camogli e perimetrazione dell'area di studio: complesso residenziale di via Figari (perimetro in linea rossa tratteggiata). Fonte dei dati: Comune di Camogli

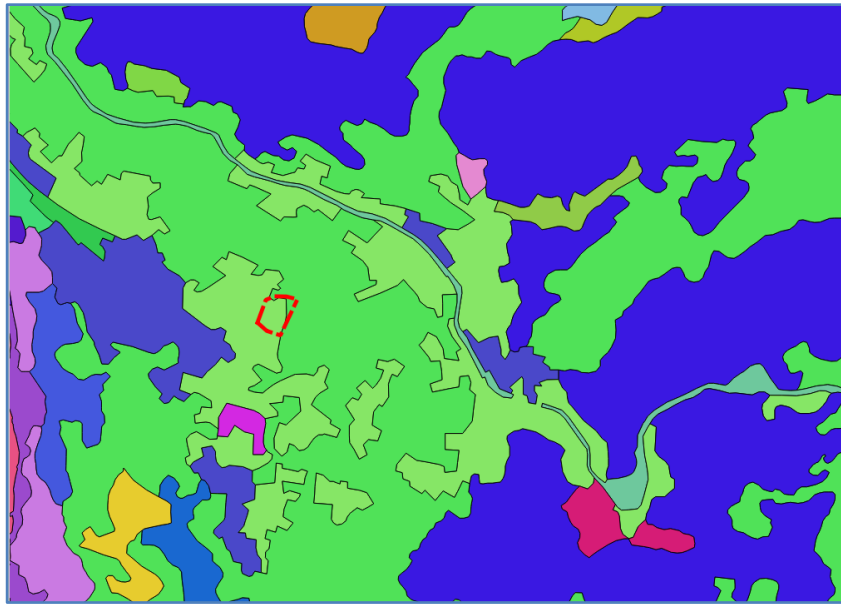


Figura 4: Estratto della mappa relativa alla copertura e all'uso del suolo e perimetrazione dell'area di studio: complesso residenziale di via Figari (perimetro in linea rossa tratteggiata). Fonte dei dati: Regione Liguria

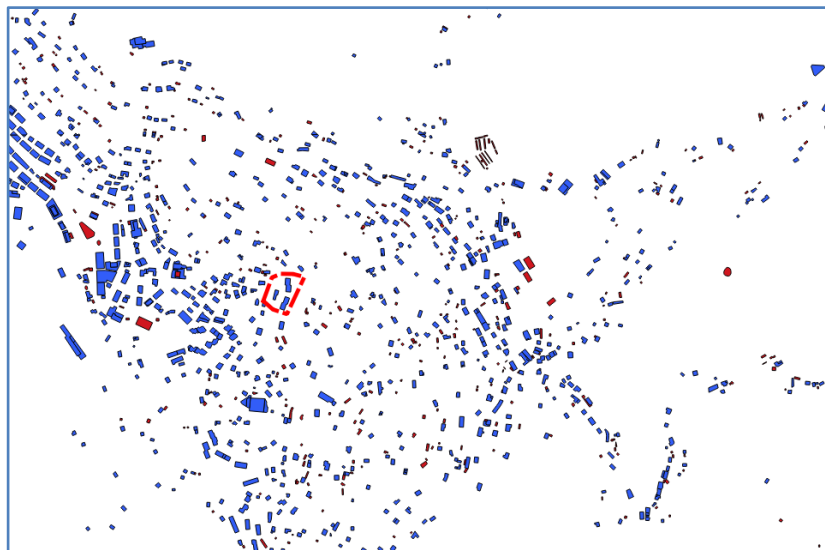


Figura 5: Estratto della mappa relativa all'edificato e perimetrazione dell'area di studio: complesso residenziale di via Figari (perimetro in linea rossa tratteggiata). Fonte dei dati: Regione Liguria.

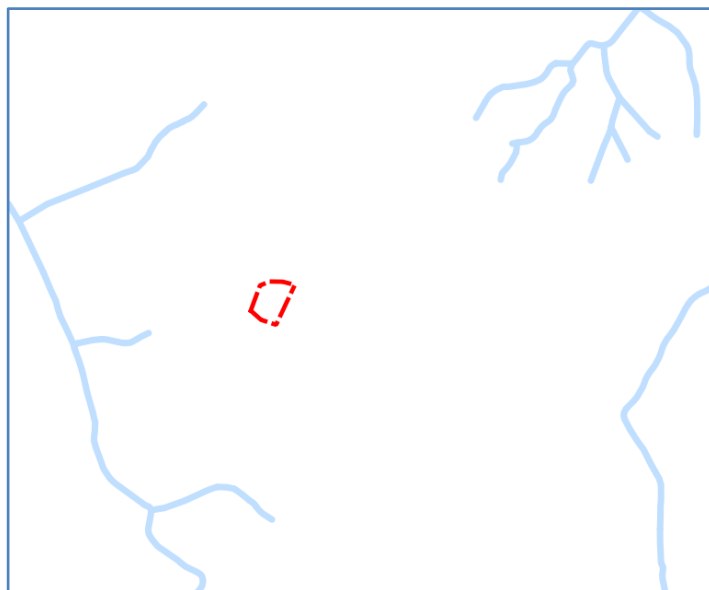


Figura 6: Estratto della mappa relativa al reticolo idrografico naturale e perimetrazione dell'area di studio: complesso residenziale di via Figari (perimetro in linea rossa tratteggiata). Fonte dei dati: Regione Liguria.

Le seguenti altre informazioni spaziali relativamente alla rete di drenaggio urbano del Comune di Camogli sono state reperite nella forma di tavole di progetto (.dwg):

- Planimetria generale della fognatura comunale.



Figura 7: Estratto della planimetria generale della fognatura comunale (linea rossa) per il comune di Camogli. Fonte dei dati: Comune di Camogli.

1.3 La permeabilità dell'area

Per l'analisi della permeabilità dell'area si è fatto riferimento alla carta relativa all'uso ed alla copertura del suolo nonché all'ortofoto.

La carta relativa alla copertura e all'uso del suolo riporta per l'area di studio una sola classe relativa a tessuto residenziale discontinuo e sparso. La classificazione è stata dettagliata mediante l'analisi dell'ortofoto ed in particolare sono state definite due macro classi, aree impermeabili ed aree permeabili a cui fanno riferimento rispettivamente le seguenti categorie di uso del suolo:

- Per le aree impermeabili: tetti, strade e parcheggi;
- Per le aree permeabili: giardini private, aree verdi.

Nella Tabella 1 si riportano i risultati relativi alla permeabilità dell'area di studio, in particolare l'area del complesso residenziale di via Figari si conferma un'area discretamente permeabile con una percentuale di aree permeabili pari al 50%. Si osservi inoltre che l'aliquota di aree permeabili è completamente vegetata (giardini ed aree verdi). La percentuale di aree destinate a edificati (tetti pari a 23%) così come quella destinata alla viabilità interna (27%) sono coerenti con la natura residenziale dell'intervento edilizio.

Categoria di Uso del suolo	Area [ha]	Area [%]
Tetti	0.0745	23%
Strade e Parcheggi	0.0909	27%
Tot Area Impermeabile	0.1655	50%
Giardini privati	0.0701	21%
Aree verdi	0.0965	29%
Tot Area Permeabile	0.1665	50%
Tot	0.3320	100%

Tabella 1: Uso del suolo dell'area di studio e categorizzazione in aree permeabili ed impermeabili.

1.4 Dati pluviometrici

Il regime pluviometrico per l'area oggetto di studio è stato valutato facendo riferimento ai dati osservati presso la stazione pluviometrica di Colonia Arnaldi (Lat 44.4084; Lon 9.18148), nei pressi dell'area di studio. La serie dei dati osservati tra il 1949 ed il 2015 dispone di dati validati pari a 56 massimi annuali per le durate canoniche pari a 1, 3, 6, 12 e 24 h.

Per quanto concerne gli eventi di progetto si è fatto riferimento alla stima locale della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica (LSPP) valutata per la stazione di Colonia Arnaldi secondo l'approccio SI-GEV come indicato nel DGR 359/2008 di Regione Liguria "Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi di dettaglio nei bacini idrografici liguri".

In particolare, facendo riferimento alla classica legge di potenza a due parametri nell'ipotesi di invarianza di scala, la massima altezza di precipitazione di assegnata durata e periodo di ritorno si valuta come segue:

$$h(d, T) = a(T) \cdot d^n$$

dove $h(d, T)$ è la massima altezza di precipitazione osservata per la durata d e per il periodo di ritorno T ; $a(T)$ e n sono rispettivamente il coefficiente e l'esponente delle LSPP. Per i periodi di ritorno di interesse nelle valutazioni di rischio idraulico in contesto urbano si riportano i valori del coefficiente $a(T)$ utilizzati per l'area di studio. L'esponente di scala è stato valutato pari a 0.41.

Parametri della LSPP	Periodo di ritorno [anni]		
	2	5	10
Coefficiente a	25.61	36.09	43.7

Tabella 2: Parametri della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica per l'area di studio di Via Figari, in riferimento ai dati osservati a Colonia Arnaldi.

Gli eventi di progetto sono stati definiti facendo riferimento allo Ietogramma Chicago (Keifer e Chu, 1957), con un tempo di base pari a 30 minuti ed una scansione temporale fine pari a 5 minuti, nell'obiettivo di simulare la componente critica per l'area in esame, ovvero al fine di simulare le massime portate temibili nella rete di drenaggio per assegnato periodo di ritorno.

In Figura 8 sono illustrati gli ietogrammi di progetto per l'area di studio di via Figari valutati per i periodi di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni.

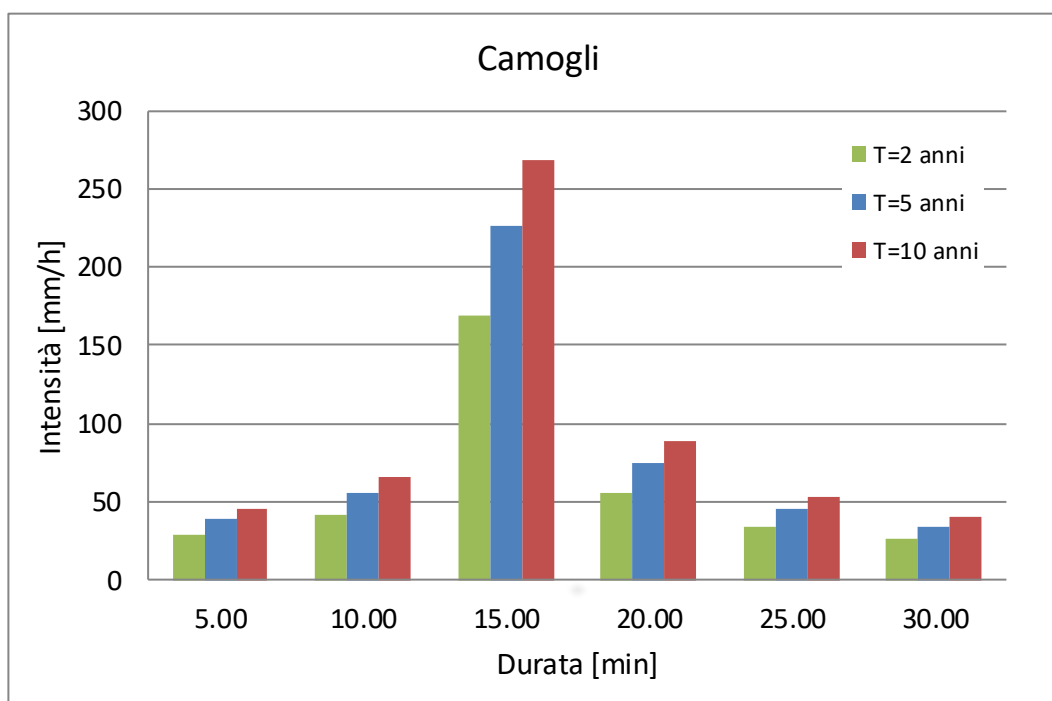


Figura 8: Ietogrammi di progetto per l'area di studio di via Figari (Camogli) per i periodi di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni.

L'analisi dei dati giornalieri di precipitazione ha riguardato le stazioni di Colonia Arnaldi per il periodo di osservazione (2004-2014) e la stazione di Camogli per il periodo di osservazione (2016-2018).

Sulla base dei dati pluviometrici giornalieri disponibili per le stazioni di Colonia Arnaldi e Camogli è stata stimata per l'area del complesso di via Figari del una piovosità media annua pari a 1145 mm.

2 Implementazione del modello semplificato per il rischio idraulico IDRORES

Il modello semplificato per il rischio idraulico residuo consente di misurare gli effetti degli interventi di drenaggio urbano sostenibile (altrimenti dette infrastrutture verdi) in termini di riduzione del rischio idraulico.

Il modello è stato implementato per quanto concerne il caso di studio sulla base delle informazioni territoriali facendo riferimento ad una schematizzazione di dettaglio per l'analisi di contesto (sottobacini) ed una schematizzazione ipotetica per quanto riguarda la rete di drenaggio.

2.1 Schematizzazione degli elementi

Il complesso di via Figari che ha un'estensione complessiva pari a 0.33 ha è stato restituito nella piattaforma modellistica TRIG-Eau, utilizzando uno schema per quanto riguarda la rete di drenaggio ed i relativi sottobacini contribuenti, in particolare il criterio di discretizzazione spaziale per la rete di drenaggio ha fatto riferimento ad uno schema ipotetico dei tronchi secondo l'andamento della rete stradale, mentre per i sottobacini ha seguito l'approccio di categoria di uso del suolo omogenea.

Per quanto riguarda la rete di drenaggio sono stati definiti 7 nodi e 6 condotte come riportato in Figura 9. In Figura il tracciato della rete di drenaggio delle acque meteoriche è riportato con una linea nera, dove il diametro di ciascuna condotta è indicato mediante un'etichetta blu (diametro espresso in cm) mentre la pendenza è indicata mediante un'etichetta nera.

Per quanto riguarda i sottobacini sono stati restituiti nella piattaforma TRIG-Eau, 16 sottobacini caratterizzati dalle seguenti categorie di uso del suolo:

- G-Giardini Privati;
- S-Strade e parcheggi;
- T-superfici a tetto.
- V-aree verdi;



Figura 9: Implementazione nella piattaforma TRIG Eau del caso di studio di Via Figari. Indicazione dei sottobacini (poligoni azzurri) e della rete di drenaggio delle acque meteoriche (linea nera) comprensiva di valori dei diametri in cm (etichette blu) e delle pendenze (etichette nere) di ciascun ramo.

2.2 Parametri idrologici-idraulici degli elementi

Ciascun tratto di rete viene descritto mediante le sue caratteristiche geometriche (diametro, pendenza) nonché un parametro idraulico che ne descrive la resistenza al moto, ovvero la scabrezza. Nel presente modello si è fatto riferimento ad un coefficiente n -di Manning per le condotte pari a $0.010 \text{ s/m}^{1/3}$.

Ciascun sottobacino viene altresì descritto mediante le sue caratteristiche geometriche (area, pendenza), nonché parametri idraulici che ne descrivono la resistenza al moto per lo scorrimento superficiale (scabrezza) e parametri idrologici che ne descrivono le perdite ovvero la capacità di infiltrazione dei deflussi. Per quanto riguarda la modellazione delle perdite idrologiche si è fatto riferimento al modello del SCS - CN (SCS, 1972). In particolare, per le 4 categorie di uso di suolo omogenee definite nel presente progetto si sono assegnati i seguenti valori dei parametri idrologici ed idraulici come riportato in Tabella 3.

Sottobacino	CN	% _{imp}	n_{imp}	n_{perv}
Giardini Privati	65	40	0.01	0.1
Strade e parcheggi	90	90	0.01	0.1
Tetti	98	100	0.01	0.1
Aree verdi	45	10	0.01	0.1

Tabella 3: Percentuale di area impermeabile, parametri idrologico (CN) ed idraulici (n -manning per la porzione impermeabile e per la porzione permeabile) di ciascuna categoria di sottobacini

3 La condizione attuale di rischio

Per l'analisi della condizione di rischio attuale si fa riferimento all'implementazione di una mappa georeferenziata, per una valutazione speditiva, ed alla valutazione di due indicatori numerici di rischio, per una valutazione completa. La condizione di rischio viene valutata per i tre eventi di progetto relativi ai valori di periodo di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni.

La condizione attuale di rischio idraulico viene valutata graficamente visualizzando una mappa illustrante il grado di riempimento massimo degli elementi della rete di drenaggio nonché il coefficiente di deflusso associato a ciascun sottobacino. I tratti di rete che presentano un grado di riempimento da considerarsi a rischio, ovvero un grado di riempimento superiore a 0.8 sono riportati in rosso per una rapida visualizzazione delle criticità.

Gli indicatori relativi alla condizione di funzionamento della rete di drenaggio, sono definiti in accordo con quanto proposto da Ercolani et al. (2018) e vengono calcolati come segue:

- NSI (Indice di Stress della Rete) calcolato come il numero di rami che presentano un grado di riempimento massimo superiore o pari a 0.8 rispetto al numero di rami totale;
- NFI (Indice di Allagamento dei nodi) calcolato come il numero che presentano allagamento rispetto al numero di nodi totale.

La condizione attuale di rischio del caso di studio ligure si dimostra minima in quanto dalla valutazione dell'insufficienza idraulica anche per l'evento più severo con periodo di ritorno decennale non si osserva nessun allagamento. Le valutazioni specifiche mediante mappe del massimo grado di riempimento dei rami ed analisi degli indicatori NSI- Indice di Stress della Rete ed NFI- Indice di Allagamento dei nodi sono riportate nelle Figure 14, 15 e 16 rispettivamente per gli eventi con periodo di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni.

In particolare, per l'evento di periodo di ritorno pari a 2 anni, non si osservano condotte sovraccariche come confermato dall'indicatore NSI pari a 0% (cfr. Figura 10).



Figura 10: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 2 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

Per gli eventi di periodo di ritorno pari a 5 e 10 anni, si osserva un'unica criticità con 1 ramo su 6 che presenta un massimo grado di riempimento superiore a 0.8, come confermato dagli indicatori NSI pari a 16,7% per entrambi gli eventi (cfr. Figura 11 e Figura 12).



Figura 11: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

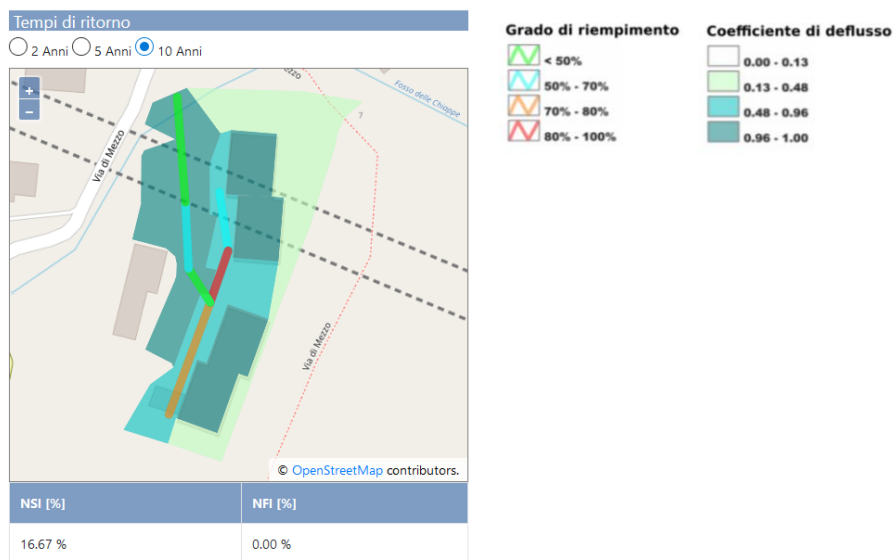


Figura 12: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

4 Azioni per la mitigazione del rischio idraulico

L'azione prevista per la mitigazione del rischio idraulico è la realizzazione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche. Tra le diverse tipologie di sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) si è previsto di utilizzare i sistemi di raccolta e recupero delle acque meteoriche considerando la buona condizione di permeabilità dell'area e la limitata disponibilità di superfici libere a terra ed ipotizzando che questa tipologia di soluzioni potesse essere implementata all'interno delle proprietà private.

4.1 I sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche

I sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche sono stati progettati per le 4 palazzine, prevedendo l'installazione di 4 vasche per la raccolta, di 4 stazioni di sollevamento e di 4 collegamenti con la rete esistente. Il dimensionamento della vasca di raccolta, nonché la stima del fabbisogno non potabile per i singoli impianti è stato condotto facendo riferimento alla norma UNI/TS 11445 "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - progettazione, installazione e manutenzione", Norma UNI/TS 11445, Ed. UNI Italia, Milano.

In accordo con quanto enunciato nella norma UNI/TS 11445 i sistemi sono stati dimensionati facendo riferimento al metodo semplificato, ovvero operando delle valutazioni su base annua. In particolare, il volume utile di ciascuna vasca a servizio di ogni singola palazzina viene valutato come valore minimo tra il 6% del volume di afflusso meteorico annuo ed il 6% del volume annuo di richiesta di acqua per usi diversi dal consumo umano. Ai fini del dimensionamento delle vasche si è fatto riferimento alla piovosità media annua valutata per le stazioni di Colonia Arnaldi e Camogli pari a 1145 mm; al coefficiente di deflusso per le coperture piane pari a 0.8; al consumo di acqua limitato alle cacciate dei WC stimato pari a 40 l/ab/g e al numero di abitanti medio per Palazzina pari a 12 persone (4 unità monofamiliari di 3 persone ciascuna).

In Tabella sono riportati per ciascuna palazzina il volume di afflusso meteorico annuo, Q , il volume di richiesta di acqua per usi diversi dal consumo umano, D , e la capacità delle vasche, S .

Edificio	Q [m ³]	D [m ³]	S [m ³]	S/Q [-]
Palazzina 1	177.1	175.2	10	0.06
Palazzina 2	176.2	175.2	10	0.06
Palazzina 3	163.0	175.2	10	0.06
Palazzina 4	166.6	175.2	10	0.06

Tabella 4: Volume di afflusso meteorico annuo, Q , volume di richiesta di acqua per usi diversi dal consumo umano, D , e la capacità delle vasche, S , per ogni palazzina del caso di studio di Via Figari.

4.2 Scenari di intervento

Alla luce dell'analisi di rischio attuale quali scenari di intervento è stata valutata anche l'ipotesi di attrezzare solamente due palazzine con l'impianto per il riuso delle acque meteoriche in aggiunta alla valutazione relativa all'allestimento dell'intero complesso comprensivo delle quattro palazzine.

Per ciascun scenario di intervento sono state valutate due condizioni limite dell'impianto, vasche vuote e vasche riempite per l'ottanta per cento della loro capacità. L'analisi dei risultati in riferimento agli scenari limite è risultata necessaria per stabilire le corrette regole di gestione degli impianti.

5 Risultati

Per l'analisi della condizione di rischio idraulico residuo, ovvero la condizione di rischio post intervento, si fa riferimento, per una valutazione speditiva, all'analisi della mappa

georeferenziata, illustrante il massimo grado di riempimento di ciascun ramo della rete di drenaggio in analogia alla valutazione della condizione di rischio attuale. Parallelamente alla valutazione degli indicatori numerici di rischio, NSI e NFI, sono valutati ulteriori indicatori prestazionali per misurare l'efficacia dell'intervento proposto. In particolare in riferimento alla mitigazione del rischio idraulico sono valutati oltre ai consueti indicatori di prestazioni idrologiche (Palla et al., 2017) anche due indicatori costruiti sui sopraddetti indicatori di rischio.

Le prestazioni idrologiche, relative all'intervento selezionato sono valutate mediante i seguenti indicatori così valutati:

- PR: riduzione relativa percentuale della portata la colmo di piena valutata prima dell'intervento e dopo l'intervento;
- VR: riduzione relativa percentuale del volume di deflusso superficiale complessivo alla sezione di chiusura valutato prima dell'intervento e quella dopo l'intervento.

Le prestazioni circa lo stato di rischio idraulico residuo del sistema, relative all'intervento selezionato sono valutate mediante i seguenti indicatori così valutati:

- NSR (Riduzione dello Stress della rete) calcolato come riduzione relativa percentuale tra la condizione prima dell'intervento e quella dopo l'intervento;
- NFR (Riduzione dell'allagamento nei nodi) calcolato come riduzione relativa percentuale tra la condizione prima dell'intervento e quella dopo l'intervento.

La condizione di rischio residuo viene valutata per i tre eventi di progetto relativi ai valori di periodo di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni per i due scenari di intervento "2 Vasche" e "4 Vasche" nelle due condizioni limite di funzionamento "Vasche piene" e "Vasche vuote".

5.1 Scenario "2 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche vuote"

La condizione di rischio residuo a valle dell'intervento di introduzione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche nello scenario "2 Vasche" nella condizione di funzionamento "Vasche Vuote" si rivela migliorata rispetto alla condizione attuale. L'intervento proposto si dimostra efficace nel ridurre completamente la condizione di stress nei rami come dimostrato dai valori dell'indicatore NSR pari a 100% per tutti e tre gli eventi di progetto caratterizzati dai periodi di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni. Dalla analisi della condizione di rischio attuale non emergono criticità per l'evento con periodo di ritorno pari a 2 anni pertanto i risultati sono presentati solo per gli eventi caratterizzati dai periodi di ritorno pari a 5 e 10 anni

In particolare, per gli eventi di periodo di ritorno pari a 5 e 10 anni, nello scenario "2 Vasche - Vuote" la criticità è risolta come confermato dal valore nullo dell'indicatore NSI 0% (cfr. Figura 13 e Figura 15). L'intervento proposto si dimostra efficace anche nel parziale ripristino del ciclo idrologico naturale come confermato dalle apprezzabili prestazioni idrologiche pari a circa il 20% sia per il volume, VR, che per la portata di picco, PR per entrambi gli eventi di progetto (cfr. Figura 14 e Figura 16).

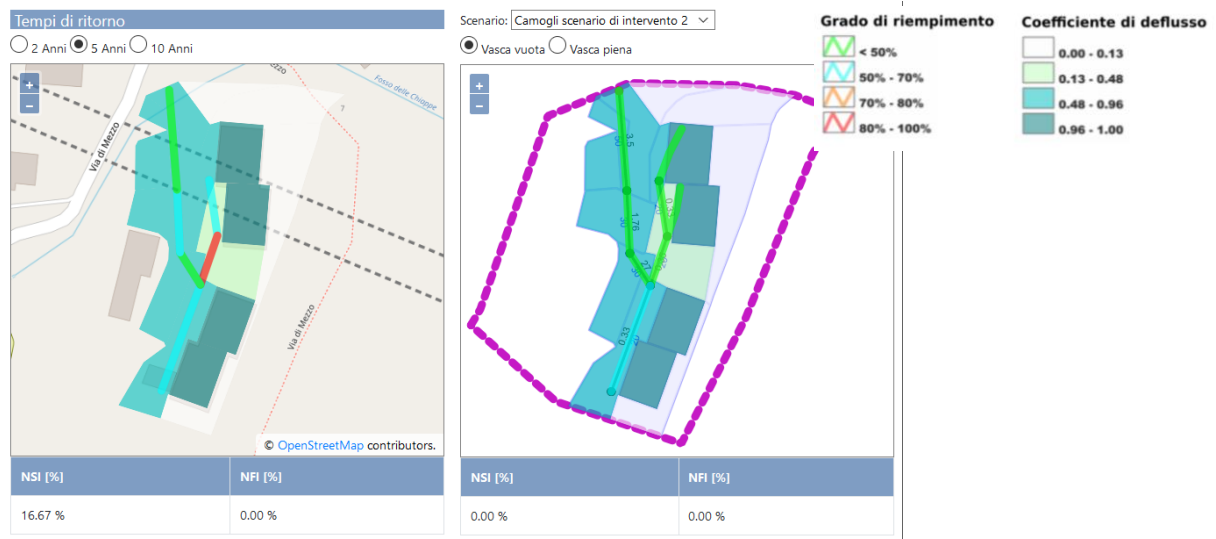


Figura 13: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "2 Vasche - vuote" (a destra) per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete ; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.



Figura 14: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a radar nello scenario "2 Vasche - vuote" per il caso di studio di Via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni.

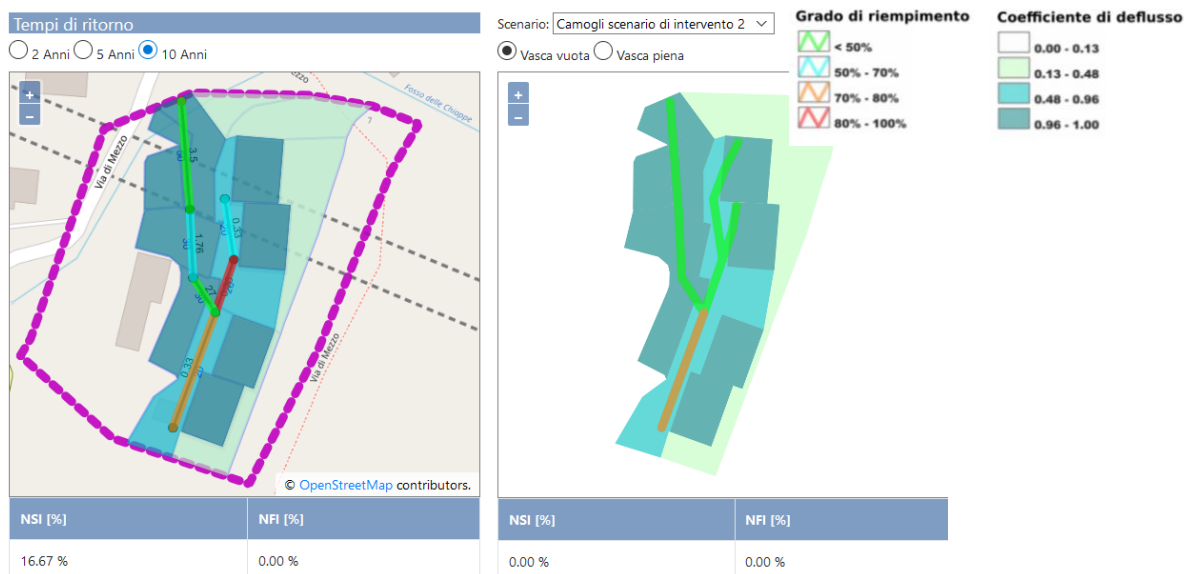


Figura 15: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "2 Vasche vuote" (a destra) per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

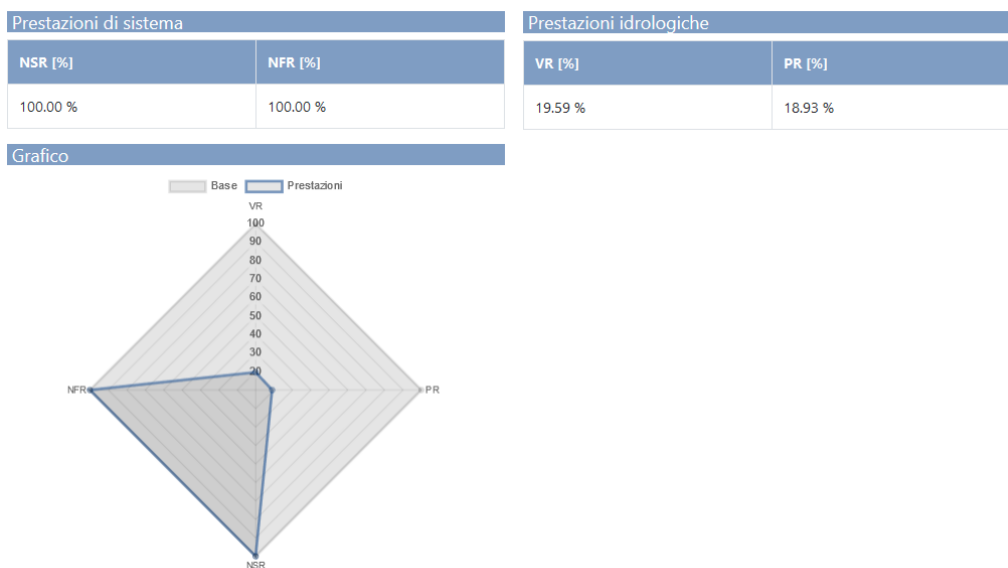


Figura 16: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a nello scenario "2 Vasche - vuote" per il caso di studio di Via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni.

5.2 Scenario "2 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche piene"

La condizione di rischio residuo a valle dell'intervento di introduzione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche nello scenario "2 Vasche" nella condizione di funzionamento "Vasche Piene" non si rivela migliorata rispetto al caso attuale.

Dalla analisi della condizione di rischio attuale non emergono criticità per l'evento con periodo di ritorno pari a 2 anni pertanto i risultati sono presentati solo per gli eventi caratterizzati dai periodi di ritorno pari a 5 e 10 anni

L'intervento proposto si dimostra inefficace nel ridurre la condizione di stress dei rami, in particolare, per gli eventi di periodo di ritorno pari a 5 e 10 anni, nello scenario "2 Vasche - Piene" la criticità non viene risolta come confermato dal valore invariato dell'indicatore NSI pari a circa il 17% (cfr. Figura 17 e Figura 19). L'intervento proposto si dimostra debolmente efficace anche nel parziale ripristino del ciclo idrologico naturale come confermato dalle modeste prestazioni idrologiche per le quali si registra la sola riduzione del volume pari rispettivamente al 5% ed 4% per gli eventi di periodo di ritorno pari a 5 e 10 anni (cfr. Figura 18 e Figura 20).



Figura 17: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "2 Vasche - piene" (a destra) per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete ; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

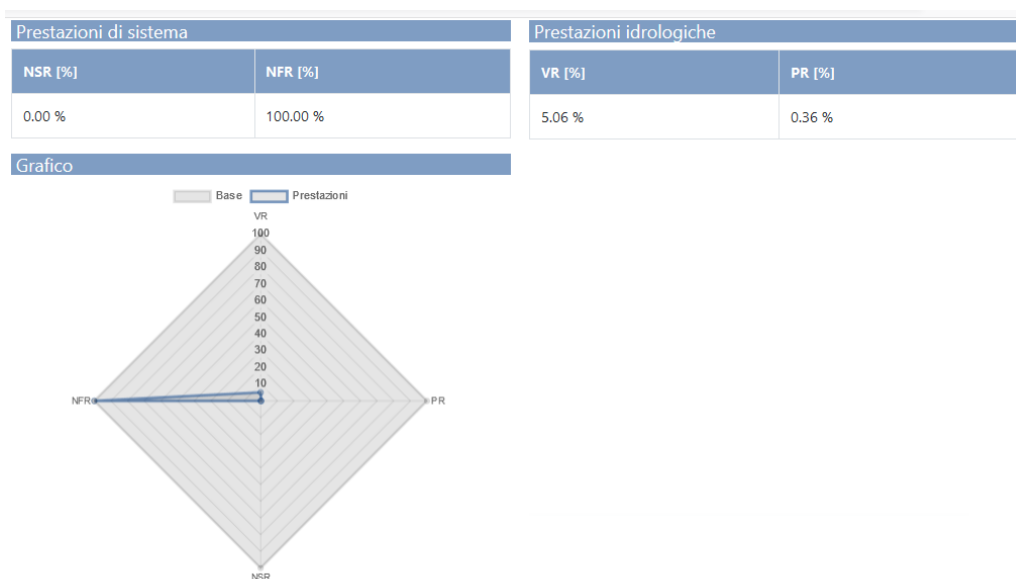


Figura 18: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a radar nello scenario "2 Vasche - vuote" per il caso di studio di Via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni.

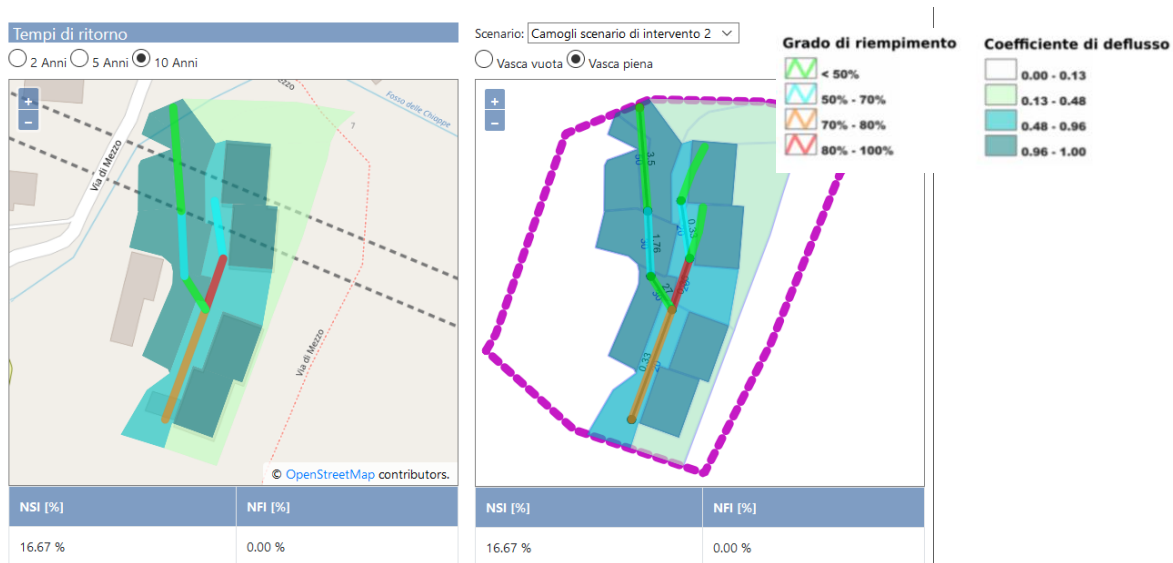


Figura 19: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "2 Vasche - piene" (a destra) per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

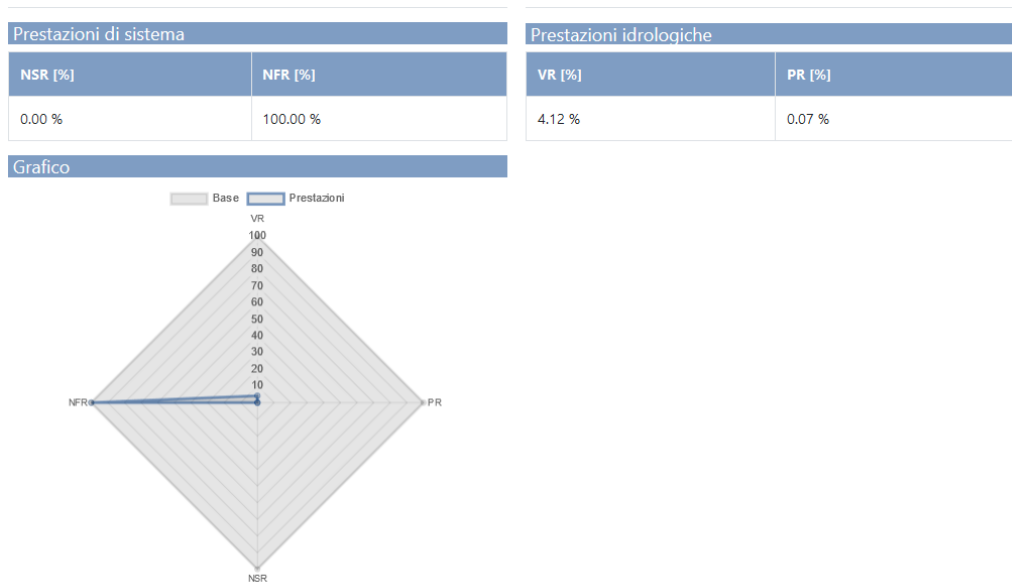


Figura 20: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a radar nello scenario "2 Vasche - piene" per il caso di studio di Via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni.

5.3 Scenario "4 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche vuote"

La condizione di rischio residuo a valle dell'intervento di introduzione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche nello scenario "4 Vasche" nella condizione di funzionamento "Vasche Vuote" si rivela migliorata rispetto alla condizione attuale. L'intervento proposto si dimostra efficace nel ridurre completamente la condizione di stress nei rami come dimostrato dai valori dell'indicatore NSR pari a 100% per tutti e tre gli eventi di progetto caratterizzati dai periodi di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni.

Dalla analisi della condizione di rischio attuale non emergono criticità per l'evento con periodo di ritorno pari a 2 anni pertanto i risultati sono presentati solo per gli eventi caratterizzati dai periodi di ritorno pari a 5 e 10 anni

In particolare, per gli eventi di periodo di ritorno pari a 5 e 10 anni, nello scenario "4 Vasche - Vuote" la criticità è risolta come confermato dal valore nullo dell'indicatore NSI 0% (cfr. Figura 21 e Figura 23). L'intervento proposto si dimostra efficace anche nel parziale ripristino del ciclo idrologico naturale come confermato dalle apprezzabili prestazioni idrologiche pari a circa il 37% sia per il volume, VR, che per la portata di picco, PR per entrambi gli eventi di progetto (cfr. Figura 22 e Figura 24).



Figura 21: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "4 Vasche - vuote" (a destra) per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.



Figura 22: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a radar nello scenario "4 Vasche - vuote" per il caso di studio di via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 5 anni.



Figura 23: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "4 Vasche - vuote" (a destra) per il caso di studio di Via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.

Prestazioni di sistema		Prestazioni idrologiche	
NSR [%]	NFR [%]	VR [%]	PR [%]
100.00 %	100.00 %	37.11 %	36.53 %

Grafico

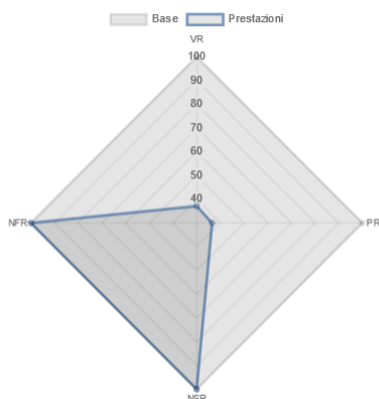


Figura 24: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a radar nello scenario "4 Vasche - vuote" per il caso di studio di via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni.

5.4 Scenario "4 Vasche" e condizione di funzionamento "Vasche piene"

La condizione di rischio residuo a valle dell'intervento di introduzione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche nello scenario "4 Vasche" nella condizione di funzionamento "Vasche Piene" non si rivela migliorata rispetto al caso attuale.

Dalla analisi della condizione di rischio attuale non emergono criticità per l'evento con periodo di ritorno pari a 2 anni pertanto i risultati sono presentati solo per gli eventi caratterizzati dai periodi di ritorno pari a 5 e 10 anni

L'intervento proposto si dimostra inefficace nel ridurre la condizione di stress dei rami, in particolare, per gli eventi di periodo di ritorno pari a 5 e 10 anni, nello scenario "4 Vasche - Piene" la criticità non viene risolta come confermato dal valore invariato dell'indicatore NSI pari a circa il 17% (cfr. Figura 25). L'intervento proposto non si dimostra pertanto efficace nella riduzione dello stress della rete e si dimostra debolmente efficace anche nel parziale ripristino del ciclo idrologico naturale come confermato dalle modeste prestazioni idrologiche per le quali si registra la sola riduzione del volume pari rispettivamente al 8% per l'evento più severo con periodo di ritorno pari a 10 anni (cfr. Figura 26).

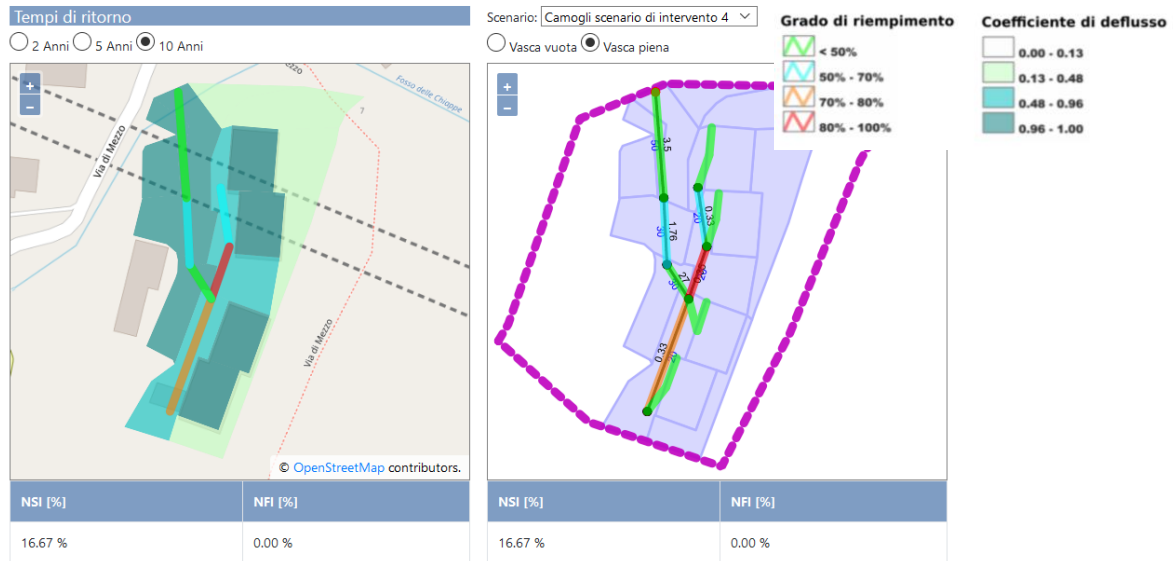


Figura 25: Mappa della condizione di rischio idraulico attuale (a sinistra) e di rischio residuo nello scenario "4 Vasche - piene" (a destra) per il caso di studio di via Figari ed indicatori della funzionalità della rete di drenaggi (NSI- Indice di Stress della Rete; NFI- Indice di Allagamento dei nodi) per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni. In alto a sinistra è riportata la legenda degli elementi (grado di riempimento delle condotte e coefficiente di deflusso dei sottobacini) riportati nella mappa.



Figura 26: Prestazioni di sistema (NSR- Riduzione dello Stress della rete e NFR - Riduzione dell'allagamento nei nodi), prestazioni idrologiche (VR- riduzione del volume e PR- riduzione della portata di picco) e relativo grafico a radar nello scenario "4 Vasche - piene" per il caso di studio di via Figari e per l'evento di progetto con periodo di ritorno pari a 10 anni.

6 Conclusioni

L'analisi delle condizioni di rischio idraulico residuo del caso di studio di Via Figari è stata condotta utilizzando la piattaforma TRIG-Eau, sviluppata all'interno del progetto. I risultati specifici relativi al caso di studio sono stati validati dalla discussione con tutti i portatori di interesse durante il Seminario multi-stakeholder tenutosi a San Remo il 18 Ottobre 2019.

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni per la condizione attuale, emerge una condizione di rischio idraulico minima; in particolare non occorre allagamento in nessun nodo della rete anche per l'evento di precipitazione caratterizzato dal periodo di ritorno più elevato ($T=10$ anni) per il quale si registra una sola condotta sovraccarica sulle sei condotte in esercizio nell'area.

Verificata la buona permeabilità del sito con una significativa presenza di aree verdi si ipotizza quale soluzione applicabile per la mitigazione del minimo rischio idraulico attuale l'introduzione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche.

Alla luce dell'analisi di rischio attuale quali scenari di intervento è stata valutata anche l'ipotesi di attrezzare solamente due palazzine con l'impianto per il riuso delle acque meteoriche in aggiunta alla valutazione relativa all'allestimento dell'intero complesso comprensivo delle quattro palazzine.

Gli effetti osservati sulle condizioni di deflusso della rete si possono riassumere in una mitigazione delle condizioni di sovraccarico dei tratti terminale della rete con condizioni di rischio residuale nullo anche per l'evento di precipitazione caratterizzato dal periodo di ritorno più elevato ($T=10$ anni) in entrambi gli scenari di intervento ipotizzati con la condizione di funzionamento "vasche vuote" che prevede all'arrivo dell'evento di progetto la piena disponibilità del volume delle vasche per la raccolta. Al contrario gli scenari di intervento "vasche piene" ovvero se all'arrivo dell'evento intenso le vasche risultassero parzialmente riempite, non sono efficaci, pertanto al fine di massimizzare gli effetti della soluzione proposta come sistema di mitigazione del rischio idraulico si sottolinea la necessità di attrezzare i sistemi con un sistema di tele-controllo che consenta lo svuotamento della vasca in occorrenza di allerta meteo e si dimostra l'efficacia anche dell'intervento minimo che prevede l'installazione di sistemi per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche su sole due palazzine su quattro.

Riferimenti bibliografici

- Ercolani, G., Chiaradi, E.A., Gandolfi, C., Castelli, F., Masseroni, D., "Evaluating performances of green roofs for storm water runoff mitigation in a high flood risk urban catchment", *Journal of Hydrology*, 566, 830-845, 2018.
- Keifer, D.J., Chu, H.H., "Synthetic Storm Pattern for Drainage Design," *ASCE Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 83 (HY4), pp: 1332.1-1332.25, 1957.
- Palla, A., Gnecco, I., La Barbera, P., "The impact of domestic rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale", *J. Environ. Manage.*, 191, 297-305, 2017.
- SCS. "SCS National Engineering Handbook", Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service, US Department of Agriculture: Washington, DC, 1972.
- UNI/TS 11445 "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal

consumo umano – progettazione, installazione e manutenzione”, Ed. UNI Italia, Milano, 2012.