



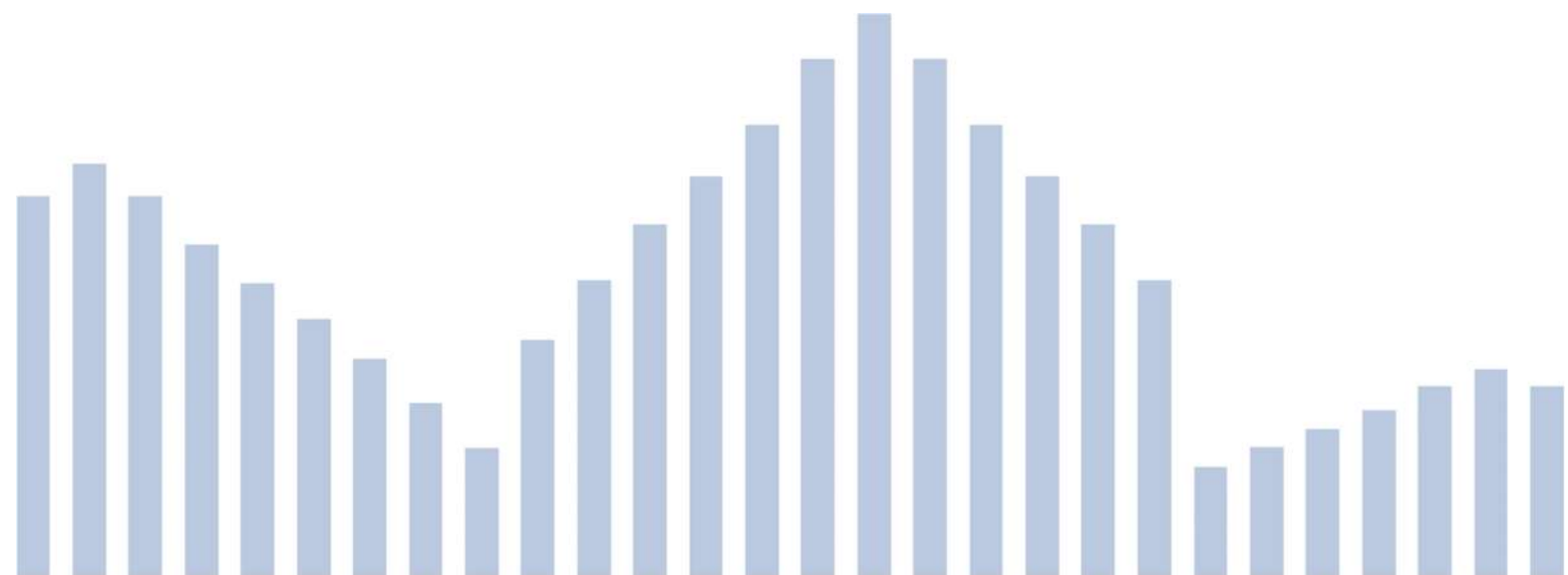
Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

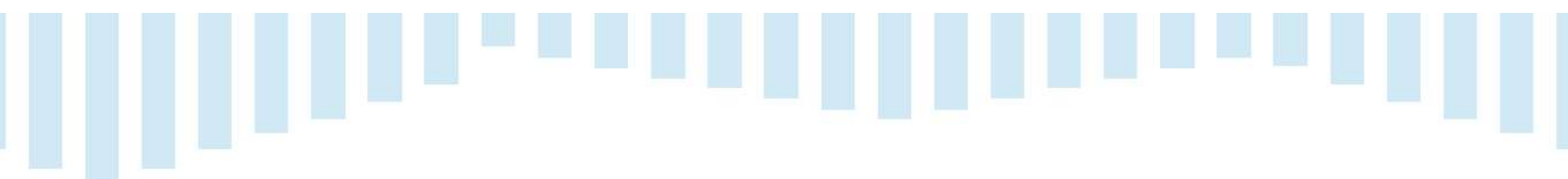
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Piano di adattamento al rischio alluvioni

PARTNER: COMUNE DELLA SPEZIA

## **BOZZA**



@ADAPTmaritime



[www.interreg-maritime.eu/adapt](http://www.interreg-maritime.eu/adapt)



@ADAPT\_maritime

La cooperazione al cuore del Mediterraneo

La coopération au cœur de la Méditerranée



## AUTORI

Mauro Rossi

Paola Salvati

Francesca Ardizzone

Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Daniele Virgilio

Sabrina Masetti

Ivan Vujica

Comune della Spezia



## INDICE

AUTORI .....	2
INDICE .....	3
LISTA FIGURE .....	4
LISTA TABELLE .....	6
LISTA ACRONIMI .....	7
1 Introduzione .....	8
2 Quadro normativo .....	11
3 Analisi delle principali criticità allo stato attuale .....	13
3.1 Numero, tipologia e condizioni degli edifici in fasce a pericolosità idraulica PAI .....	14
3.2 Popolazione residente in aree a pericolosità idraulica PAI .....	20
3.3 Modellistica.....	24
3.3.1 Flood-SHE .....	24
3.3.2 r.randomwalk .....	26
3.3.3 Edificato e modellazioni .....	28
3.4 Classi di danno per gli esposti.....	30
3.5 Stima del rischio da inondazione.....	32
3.6 Stima del rischio per colate detritiche.....	36
4 Sintesi del profilo climatico locale .....	38
5 Analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulle principali criticità locali .....	43
5.1 Analisi intensità frequenza delle piogge.....	43
5.2 Considerazioni sulla variazione delle principali criticità locali .....	48
6 Obiettivi strategici delle azioni .....	49
6.1 Premessa.....	49
6.2 Interdisciplinarietà.....	50
6.3 Aggiornamento del quadro delle conoscenze.....	51
6.4 Punti strategici.....	51
6.5 Strumenti.....	54
6.6 Interventi per l'individuazione degli strumenti di drenaggio urbano sostenibili (SUDS) .....	54
6.7 Regolamento di Polizia Idraulica.....	58
6.8 Linee guida per la progettazione/realizzazione delle opere di difesa idraulica e delle infrastrutture .....	60

## LISTA FIGURE

Figura 3-1	Perimetrazione della pericolosità idraulica dei PAI delle Autorità di Bacino Regionale e della Autorità di Bacino del Magra per il territorio del comune della Spezia. I corsi d'acqua corrispondenti alle fasce PAI sono localizzati in carta con le lettere (a-g) minuscole.....	13
Figura 3-2	Cartografia dei poligoni degli edifici, classificati in base alla categoria d'uso.....	15
Figura 3-3	Rappresentazione dell'edificato del comune di La Spezia. La mappa di sinistra rappresenta i poligoni corrispondenti agli edifici fornita dall'ufficio servizi informativi, la mappa di destra rappresenta la stessa area ripresa da Google.....	16
Figura 3-4	Distribuzione degli edifici inclusi in aree a pericolosità media (blu chiaro) ed elevata (blu scuro) per i quali è stata rilevata la presenza di piani seminterrati (4 A) e di piani interrati (4 B). Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1	17
Figura 3-5	Distribuzione degli edifici inclusi in aree a pericolosità media (blu chiaro) ed elevata (blu scuro) per i quali è stata rilevata la presenza del piano terra a uso abitativo. Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1.....	18
Figura 3-6	Distribuzione degli edifici inclusi in aree a pericolosità media (blu chiaro) ed elevata (blu scuro) per i quali è stata rilevata la quota di accesso pedonale rispetto al piano stradale (p.s.). Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1.....	19
Figura 3-7	Distribuzione degli edifici inclusi in aree a pericolosità media (blu chiaro) ed elevata (blu scuro) per i quali è stata rilevata la presenza di aperture e/o finestre al piano campagna. Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1.....	19
Figura 3-8	Distribuzione degli edifici inclusi in aree a pericolosità media (blu chiaro) ed elevata (blu scuro) per i quali è nota la tipologia costruttiva degli edifici (8A) e la quota di utilizzazione degli edifici (8B). Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1	20
Figura 3-9	Distribuzione del numero di residenti (punto fuxia) per numero civico (A) per l'intero territorio comunale (B) ingrandimento per area del Dorgia e Cappelletto. Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1.....	21
Figura 3-10	Densità di popolazione per km <sup>2</sup> . L'intensità del colore aumenta con l'aumentare della densità.....	21
Figura 3-11	Densità di popolazione per km <sup>2</sup> . L'intensità del colore aumenta con l'aumentare della densità. In blu sono rappresentate le fasce di pericolosità. Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1.....	22
Figura 3-12	A) Distribuzione dei residenti con invalidità (punti rossi), in blu sono rappresentate le fasce di pericolosità. Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1. 12 B) Densità di residenti con invalidità per km <sup>2</sup> . L'intensità del colore aumenta con l'aumentare della densità.....	23
Figura 3-13	Distribuzione delle aree classificate come "Superfici artificiali" secondo la classificazione del Corine Land Cover.....	23
Figura 3-14	Mappa dello Scenario di Pericolosità Modellato con flood-she .....	26
Figura 3-15	Mappa della suscettibilità alle colate classificata in cinque classi: Classe 1) verde scuro: suscettibilità molto bassa MB; Classe 2) verde chiaro: suscettibilità bassa B; Classe 3) giallo: suscettibilità media M; Classe 4) arancione: suscettibilità medio alta MA; Classe 5) rosso: suscettibilità alta A.....	28
Figura 3-16	visualizzazione dei risultati dei modelli insieme con le fasce ripерimetrazione delle AdB.....	29
Figura 3-17	distribuzione delle aree classificate in funzione del danno atteso	32
Figura 3-18	Mappa delle classi di rischio estratto da PGRA.....	34
Figura 3-19	Matrice di valutazione del rischio come da PGRA .....	34
Figura 3-20	Mappa del rischio da inondazione elaborata per gli edifici del comune di La Spezia. Gli edifici sono colorati in base alla classe di rischio attribuita.....	35

Figura 3-21	Ingrandimenti della Mappa del rischio da inondazione elaborata per gli edifici del comune di La Spezia. A) area del Canale Lagora, B) area dei Torrenti Cappelletto e Dorgia. Per la legenda vedi figura Figura 3-20	35
Figura 3-22	Mappa del rischio da colata detritica elaborata in condizioni conservative (i.e. assumendo frequenza temporale e magnitudo massime attese) per gli edifici del comune di La Spezia.....	36
Figura 3-23	Ingrandimenti della Mappa del rischio da colata detritica elaborata per gli edifici del comune di La Spezia. Per la legenda vedi figura Figura 3-22.....	37
FIGURA 4-1	Localizzazione delle stazioni di misura di La Spezia, Sarzana e Levante. ....	39
Figura 4-2	Serie temporale annuale della temperatura massima (tmax, linea rossa) e della temperatura minima (tmin, linea blu). La linea di trend è riportata con una linea nera tratteggiata.....	40
Figura 5-1	Curve IDF ottenute per la serie di dati giornalieri previsti dai modelli climatici nel periodo 1981-2010 (con analisi di <i>hindcast</i> ) nel comune della Spezia.....	45
Figura 5-2	Curve IDF ottenute per la serie di dati giornalieri previsti dai modelli climatici nel periodo 2011-2100 nel comune della Spezia considerando lo scenario RCP4.5.....	46
Figura 5-3	Curve IDF ottenute per la serie di dati giornalieri previsti dai modelli climatici nel periodo 2011-2100 nel comune della Spezia considerando lo scenario RCP8.5.....	46
Figura 5-4	Curve IDF ottenute per la serie di dati giornalieri osservati nel periodo 1981-2010 nella stazione La Spezia opportunamente ricostruita	47
Figura 5-5	Curve IDF ottenute per la serie di dati orari della stazione La Spezia della rete fiduciaria della Protezione Civile nel periodo 2002-2017..	47

## LISTA TABELLE

Tabella 3.1 Elenco delle informazioni utilizzate per l'analisi territoriale ..	14
Tabella 3.2 Numero di poligoni classificati in base alla categoria di uso, fornita dall'amministrazione comunale, inclusi nelle aree a pericolosità idraulica .....	15
Tabella 3.3 Caratteristiche edificato e numero di poligoni e di corrispondenti edifici .....	17
Tabella 3.4. Numero di residenti e densità al km2 per area di pericolosità idraulica. Per la denominazione dei corsi d'acqua fare riferimento alla figura 1 .....	21
Tabella 3.5. Dati di popolazione e densità calcolati per le classi di legenda del Corine Land Cover all'interno della macrozona "Superfici artificiali".	24
Tabella 4.1 Informazioni relative alle serie di dati della stazione di La Spezia e alla loro ricostruzione .....	38
Tabella 4.2 Valori medi di precipitazione, di temperatura massima e di temperatura minima e i relativi percentili (q5=quinto percentile, q95=novantacinquesimo percentile) a scala stagionale .....	39
Tabella 4.3 Valori medi di precipitazione, di temperatura massima e di temperatura minima e i relativi percentili (q5=quinto percentile, q95=novantacinquesimo percentile) a scala annuale .....	40
Tabella 4.4 Definizione degli indicatori utilizzati per caratterizzare gli eventi estremi .....	41
Tabella 4.5 Valori medi degli indicatori selezionati per il periodo osservato 1981-2010 (gg=giorni) .....	41

## LISTA ACRONIMI

ACRONIMO	SIGNIFICATO
<b>ADAPT</b>	<i>Assistere l'aDAttamento ai cambiamenti climatici dei sistemi urbani dello sPazio Transfrontaliero</i>
<b>CUSUM</b>	<i>CUMulative SUM</i>
<b>DGF</b>	<i>Decembre Gennaio Febbraio</i>
<b>DJF</b>	<i>December January February</i>
<b>E-OBS</b>	<i>EUropean OBSservational dataset</i>
<b>ETCCDI</b>	<i>Expert Team on Climate Change Detection and Indices</i>
<b>EURO-CORDEX</b>	<i>COoRdinated Downscaling EXperiment - EUROpean domain</i>
<b>GCM</b>	<i>General Circulation Model</i>
<b>GLA</b>	<i>Giugno Luglio Agosto</i>
<b>IDF</b>	<i>Intensità-Durata-Frequenza</i>
<b>IPCC</b>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
<b>ISPRA</b>	<i>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</i>
<b>JJA</b>	<i>June July August</i>
<b>MAM</b>	<i>March April May / Marzo Aprile Maggio</i>
<b>RCM</b>	<i>Regional Circulation Model</i>
<b>RCP</b>	<i>Representative Concentration Pathways</i>
<b>SCIA</b>	<i>Sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati Climatici di Interesse Ambientale</i>
<b>SON</b>	<i>September October November / Settembre Ottobre Novembre</i>
<b>WMO</b>	<i>World Meteorological Organization</i>
<b>PRGA</b>	<i>Piano di gestione del rischio di alluvione</i>
<b>PAI</b>	<i>Piano di assetto idrogeologico</i>
<b>MATTM</b>	<i>Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare</i>

# 1 Introduzione

Gli effetti dei cambiamenti climatici in atto comportano la necessità di mettere in atto strategie di riduzione dei relativi danni, attraverso politiche e misure di mitigazione, adattamento e resilienza.

Nel medio-lungo periodo la città di La Spezia dovrà prepararsi ad affrontare eventi meteorologici intensi e i relativi effetti al suolo determinati da piogge intense e da alte temperature. L'obiettivo è individuare le strategie da mettere in atto per migliorare la risposta del territorio spezzino ai cambiamenti climatici e organizzare l'azione del Comune in coordinamento con gli altri enti ed autorità del territorio.

Il percorso di adattamento climatico del Comune della Spezia è stato avviato con l'adesione al Patto dei Sindaci del 2011, impegnandosi a rispettare gli obiettivi europei del Pacchetto Clima 20-20-20 e a predisporre il Piano di azione per l'energia sostenibile. Il Comune di Spezia, aderendo al Patto dei Sindaci e con l'elaborazione del PAES ha avuto la possibilità di organizzare e mettere a sistema tutte le azioni di mitigazione volte a conseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO2 entro il 2020. Le azioni individuate nel PAES mirano a rendere più efficiente l'uso di energia negli edifici pubblici e privati, a intervenire sull'illuminazione pubblica e a promuovere la mobilità sostenibile.

Nello specifico le azioni di mitigazione riportate nel PAES peraltro, rivestono anche elementi distintivi di adattamento, come:

- la promozione alla mobilità pubblica comporta una riduzione di domanda di nuove infrastrutture ovvero un adattamento al possibile aumento del rischio idrogeologico e a un possibile aumento di concentrazione degli inquinanti in atmosfera;
- gli interventi di efficientamento energetico possono confluire con benefici di adattamento come la prevenzione del rischio, la sicurezza di fornitura energetica durante eventi meteorologici estremi (es. siccità), il comfort negli edifici durante ondate di calore e la riduzione di danni ambientali nelle aree di inondazione;
- l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili per il raffrescamento ed il risparmio energetico sono interventi di adattamento al fine di prevenire il surriscaldamento degli edifici.

Successivamente l'amministrazione comunale della Spezia ha aderito, con Deliberazione di Consiglio n. 39 del 6/10/14, all'iniziativa "Mayors Adapt - the Covenant of Mayors Initiative on Adaptation to Climate Change" lanciata dalla Commissione Europea. Tale iniziativa coinvolge le città nello sviluppo di azioni sull'adattamento ai cambiamenti climatici e le impegna a presentare strategie locali di adattamento a fronte dei risultati della valutazione dei rischi identificati nei territori di pertinenza. L'adesione a tale iniziativa prevedeva l'elaborazione di un piano di adattamento che si poneva come obiettivo l'individuazione di specifiche azioni con annessi l'identificazione di responsabilità e risorse disponibili. Pertanto il Comune con la partecipazione al "Progetto Adapt" ha avuto l'opportunità di elaborare il presente Piano di adattamento locale per il rischio alluvioni, che consentirà al territorio comunale di adattarsi al cambiamento climatico, in particolare alle alluvioni urbane causate da piogge di forte intensità e consentirà al Comune di poter eventualmente conseguire il passaggio dal PAES Piano di azione locale per l'energia sostenibile al PAESC ovvero Piano di azione locale per l'energia ed il clima.

Al fine di poter sviluppare in maniera adeguata un piano di adattamento locale per il rischio alluvioni, in primis è risultato necessario raccogliere ed analizzare gli studi ed azioni che sono stati svolti dall'amministrazione comunale in tale ambito.

Innanzitutto l'Ente ha redatto la Strategia Urbana Integrata e Sostenibile (di seguito SUI) finanziata dal POR FESR 2014-2020 nell'ambito dell'Asse "Città". Tale Strategia è composta dal Piano di riduzione del Rischio Idrogeologico e dal



Piano della Digitalizzazione, in coerenza con gli obiettivi tematici previsti dalla programmazione POR FESR. Il Piano del Rischio Idrogeologico, approvato con DGC 154 del 24/04/2017 individua tre tipologie di interventi: (i) attività di coordinamento e monitoraggio; (ii) miglioramento dell'efficienza idraulica dei canali; (iii) interventi sul dissesto dei versanti.

Sul fronte della protezione civile e delle azioni volte all'adattamento agli eventi estremi di pioggia e all'aumento della resilienza della popolazione e dei beni a rischio, viene altresì previsto l'aggiornamento del Piano di Emergenza Comunale, con protocolli di protezione civile specificatamente riferiti alla popolazione. In tale ambito il progetto "Sentinelle del territorio", sviluppato in collaborazione con il CNR IRPI, gli ordini professionali degli ingegneri, geologi, architetti, agronomi, e il collegio dei geometri e dei periti industriali, prevede: (a) interventi per migliorare l'efficienza del Centro operativo comunale di Protezione civile nella gestione delle emergenze; (b) studi e analisi territoriali per la caratterizzazione dei rischi geo-idrologici; e (c) la realizzazione di un piano di formazione e divulgazione sulle tematiche dei rischi geo-idrologici. Contestualmente sono individuate le azioni volte all'adattamento agli eventi estremi di pioggia, sono indicati gli interventi finalizzati ad una migliore risposta idraulica del reticolo idrografico comunale e sono migliorate le procedure per l'individuazione dei possibili scenari di rischio idrogeologico potenziando le attività di monitoraggio e manutenzione del territorio, funzionali alla riduzione delle criticità presenti all'interno del territorio comunale compatibilmente con le risorse assegnate.

Il Piano del Rischio Idrogeologico, è frutto della messa a sistema dei principali piani e strumenti di regolazione comunale e provinciale sul tema (PUC, Piano della protezione Civile, Piani di Bacino, ecc.), nonché di un percorso partecipativo volto a condividere contenuti e azioni con i principali stakeholder cittadini interessati al tema.

All'interno del DUP nel quadro strategico riferito alla mobilità, vengono individuati come obiettivi azioni di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico le seguenti attività:

- il potenziamento del sistema dei parcheggi di interscambio in corrispondenza delle principali porte di accesso alla città;
- l'estensione delle aree pedonali nel centro storico/ZTL;
- la realizzazione di un progetto di pista ciclabile volto a collegare le Cinque Terre.

Sudette azioni comportano una riduzione di domanda di nuove infrastrutture ovvero un adattamento al possibile aumento di dissesto idrogeologico e ad un possibile aumento di concentrazione degli inquinanti in atmosfera.

Gli interventi di adattamento già avviati sono stati diversi e relativi a:

## **1. la prevenzione/mitigazione delle Ondate di calore**

Recuperare e riqualificare il territorio

- Recupero sentieristica "Arco e le frecce ed Alta via del golfo";
- Recupero territoriale "Progetto Tramonti", estesa l'area del sito Unesco;
- Riqualificazione orti e giardini "Progetto campagna urbana";
- Recupero terreni privati abbandonati;
- Realizzazione orti scolastici;
- Messa a dimora di alberi in giardini storici e nuove piante in altre aree verdi.

## **2. Il miglioramento della risposta del reticolo idrografico**

- Progetti di adeguamento della rete idrografica nel tratto focivo (lavori già eseguiti: sistemazione canale Vecchia e Nuova Dorgia sia per il tratto "comunale" sia quello di competenza dell'Autorità Portuale; Canale

Fossamastra per il tratto "comunale"; Torrente Cappelletto con cassa di laminazione già realizzata in area ex-IP e in corso di progetto definitivo per il tratto focivo); per le altre porzioni del reticolo si evidenzia l'attenzione posta dall'Amministrazione comunale per l'individuazione di soluzioni tecniche volte al miglioramento della sicurezza idraulica;

- Redazione catasto dei canali urbani volto a ricostruire un preciso quadro conoscitivo quale base di partenza per un piano di manutenzione straordinaria;
- Miglioramento dell'efficienza idraulica dei canali con interventi di miglioramento (da eseguire) della capacità di deflusso idraulico dei canali Rossano, Cappelletto e Lagora;

### **3. La riduzione dei rischi di frana**

- Interventi su dissesti di versante: in corso, frana di Montalbano e Viseggi; Carozzo; via Caporacca di collegamento con Campiglia; strada di collegamento con il cimitero di Strà Marinasco; Pitelli via Pio Ferro; Favaro in prossimità del Social Housing di ARTE La Spezia;
- Interventi di ripristino e recupero di versanti interessati da movimenti gravitativi compresi nella Rete Escursionistica Ligure; impianto di regimazione delle acque piovane, sistemazione/stabilizzazione versanti e ripristino sentiero Loc. Fossola, Loc. Monesteroli, Loc. Schiara, Loc. Persico.

### **4. L'aumento della resilienza della popolazione e dei beni a rischio**

- Progetto Sentinelle del Territorio finalizzato a sviluppare azioni sul breve periodo per l'adattamento ai cambiamenti climatici (migliorare l'efficienza del Centro Operativo Comunale di Protezione Civile; attivare un piano di emergenza di dettaglio da sviluppare con gli ordini professionali; attivare una serie di protocolli di emergenza e azioni da mettere in pratica prima e durante un evento) anche mediante l'aggiornamento delle carte di pericolosità e dei rischi idrogeologici;
- Installazione monitoraggio in remoto del sottopasso di corso Nazionale e del sistema di pompaggio acque meteoriche al servizio del quartiere Fossamastra;
- Previste telecamere in punti strategici che utilizzeranno anche la fibra ottica comunale per monitorare le condizioni meteo.

## 2 Quadro normativo

Il principale riferimento a livello europeo in tema di alluvioni è la Direttiva 2007/60/EC (c.d. "Direttiva Alluvioni" o Flood Directive) che istituisce un quadro comune per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, le attività economiche e le infrastrutture tenendo anche conto del probabile effetto dei cambiamenti climatici. Essa è recepita in Italia dal D. Lgs. 49/2010.

La Direttiva definisce un'alluvione come: "l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da fiumi, torrenti di montagna, corsi d'acqua temporanei, e le inondazioni marine delle zone costiere e può escludere gli allagamenti causati dagli impianti fognari". Sono pertanto interessate tutte le fenomenologie alluvionali presenti in ambiente urbano, mentre non c'è specifica menzione agli allagamenti dovuti ad insufficienza della rete fognaria per effetto di fenomeni meteorici intensi. Riferimenti alla rete di drenaggio artificiale sono invece presenti nel D. Lgs. 49/2010.

Sul tema del cambiamento climatico, la Direttiva 2007/60/CE (così come il D. Lgs. 49/2010) prevede i seguenti approfondimenti:

- Considerato n.14. Gli elementi dei piani di gestione del rischio di alluvioni dovrebbero essere riesaminati periodicamente e, se necessario, aggiornati, tenendo conto delle probabili ripercussioni dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.
- Articolo 4. Co. 2, lett. d) [Elementi della valutazione preliminare del rischio alluvioni]. Una valutazione delle potenziali conseguenze negative di future alluvioni per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, tenuto conto per quanto possibile di elementi quali la topografia, la posizione dei corsi d'acqua e le loro caratteristiche idrologiche e geomorfologiche generali, tra cui il ruolo delle pianure alluvionali come aree naturali di ritenzione delle acque, l'efficacia delle infrastrutture artificiali esistenti per la protezione dalle alluvioni, la posizione delle zone popolate e delle zone in cui insistono attività economiche e gli sviluppi a lungo termine compresi gli impatti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.
- Articolo 14. Co. 4 [Riesami, relazioni e disposizioni finali]. I riesami di cui ai paragrafi 1 e 3 tengono conto del probabile impatto dei cambiamenti climatici sul verificarsi di alluvioni.
- Articolo 16 [Riesami, relazioni e disposizioni finali]. La Commissione presenta al Parlamento europeo e al Consiglio una relazione sull'attuazione della presente direttiva entro il 22 dicembre 2018 e successivamente ogni sei anni. Nell'elaborare la relazione si tiene conto degli impatti dei cambiamenti climatici.

Ai fini di un'adeguata comprensione di quanto segue, si riportano le definizioni di pericolosità e rischio di alluvioni fornite dal D. Lgs. 49/2010:

Pericolosità da alluvione: probabilità di accadimento di un evento alluvionale in un intervallo temporale prefissato e in una certa area.

Rischio da alluvione: la combinazione della probabilità di accadimento di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

A tali definizioni è utile affiancare quelle delle altre componenti che concorrono alla definizione del rischio, per le quali si fa riferimento agli Indirizzi Operativi per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE (MATTM, 2013).

### 3 Analisi delle principali criticità allo stato attuale

L'identificazione dei pericoli e la valutazione delle condizioni di esposizione e vulnerabilità dei sistemi naturali e umani rappresentano la seconda fase del flusso metodologico di riferimento (Linee guida per la redazione di piani di adattamento al rischio alluvioni) definita dal Patto dei Sindaci nell'ambito dei nuovi Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAESC). In questa fase, rientra l'analisi del contesto territoriale che permette di delineare l'esposizione, la vulnerabilità e la valutazione del rischio e prevede la raccolta di informazioni al più elevato livello di dettaglio disponibile per il contesto territoriale comunale.

Le principali criticità per il Comune della Spezia sono state valutate in base alla disponibilità e all'adeguatezza delle basi conoscitive disponibili. Gli uffici comunali, in particolare il SIT (Sistema Informativo Territoriale) competenti per materia, hanno messo a disposizione le tavole redatte per la preparazione del PUC Piano Urbanistico Comunale, elaborato nel 2016 e non ancora approvato, in particolare sono state fornite le cartografie (in formato digitale, shape file) relative all'edificato, alle strade e alla popolazione residente e le tavole della cartografia tecnica regionale (CTR al 10:000) (tabella 1). Sono state inoltre acquisite le cartografie dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Regionale e della Autorità di Bacino interregionale del Fiume Magra, nel seguito denominate AdB, entrambe competenti per il territorio comunale di La Spezia (Figura 3-1).

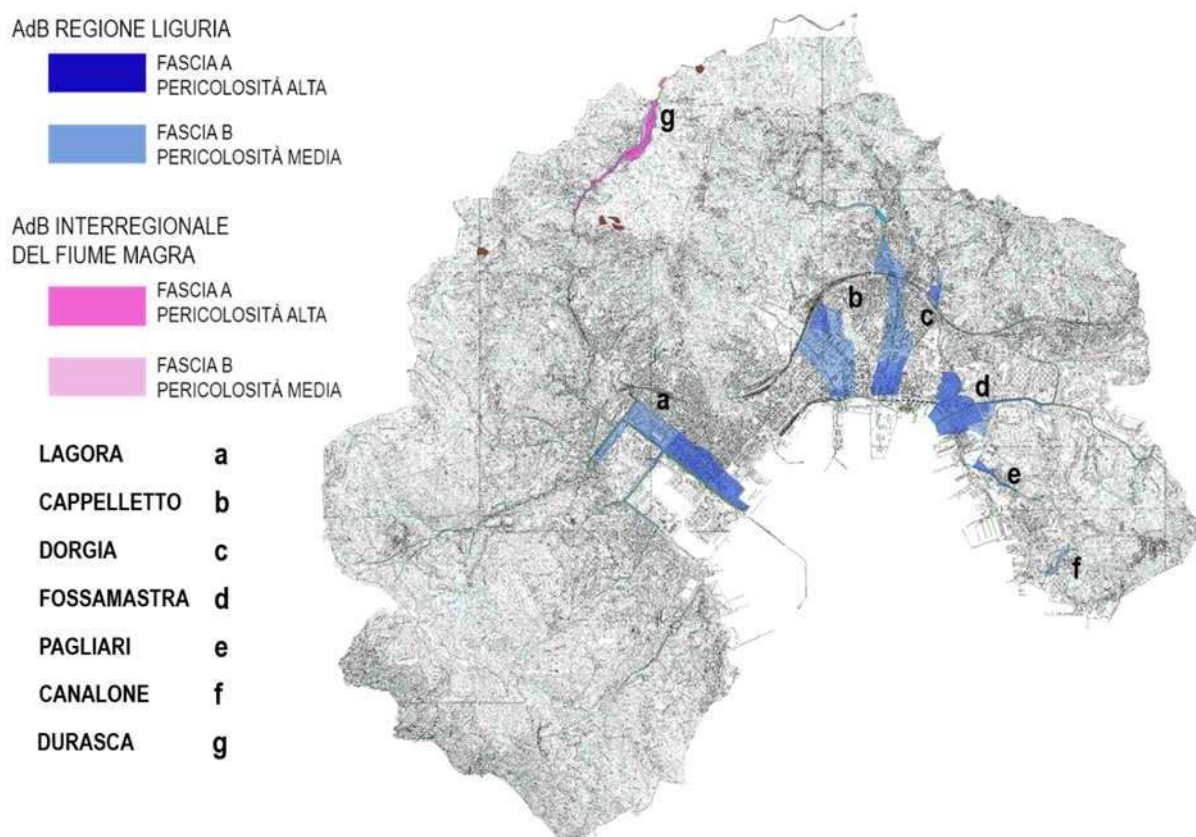


FIGURA 3-1 PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEI PAI DELLE AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE E DELLA AUTORITÀ DI BACINO DEL MAGRA PER IL TERRITORIO DEL COMUNE DELLA SPEZIA. I CORSI D'ACQUA CORRISPONDENTI ALLE FASCE PAI SONO LOCALIZZATI IN CARTA CON LE LETTERE (A-G) MINUSCOLE.

Per quanto riguarda le informazioni storiche di eventi di frana e di inondazione avvenuti nel comune di La Spezia sono stati consultati i dati disponibili sul sistema informativo sulle catastrofi idrogeologiche SICI (<http://sici.irpi.cnr.it/>) e sul Webgis del catalogo nazionale degli eventi di frana e di inondazione con danni alla popolazione (<http://webmap.irpi.cnr.it/>) (Tabella 3-1).

TABELLA 3-1 ELENCO DELLE INFORMAZIONI UTILIZZATE PER L'ANALISI TERRITORIALE

Indicatore
Modelli digitali di elevazione DEM a 5 metri
Schede di evento per processi di tipo frana SICI
Schede di evento per processi di tipo piena SICI
Carta delle fasce di inondabilità dall'Autorità di bacino regionale (Pubblicato sul Bollettino Ufficiale delle Regione Liguria n.34 del 24/08/2016).
Carta delle fasce di inondabilità dall'Autorità di bacino regionale (Pubblicato sul Bollettino Ufficiale delle Regione Liguria n.34 del 24/08/2016).
Fasce di riassetto fluviale e aree inondabili AdB del Fiume Magra
Carta dei Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L.183/89 e D.L. 180/98
Aree sottoposte a tutela
Carta del Reticolo idrografico principale limiti di bacini e sottobacini (ai sensi del DL 180 e successive modific./integr.)
Copertura ed uso del suolo (Corin Land cover)
Carta Geologico Tecnica (PUC 2016)
Carta Geomorfologica (PUC 2016)
Carta Suscettibilità Idrogeologica (PUC 2016)
Edificato del comune (formato shape file)
Vie e strade del comune (formato shape file)
Numeri civici (formato shape file)
Numero residenti per numero civico (formato shape file)
Contrassegni per disabili (formato shape file)

Tutte le informazioni raccolte sono quindi confluite in un sistema informativo (reso disponibile sotto forma di progetto QGis) essenziale e propedeutico a tutte le successive analisi e valutazioni elaborate per il presente documento.

Utilizzando tali informazioni sono state eseguite delle analisi con l'obiettivo di (i) definire il numero, la tipologia e le condizioni degli edifici inclusi e (ii) stimare la densità della popolazione residente nelle diverse fasce a pericolosità idraulica. Le analisi realizzate ed i relativi risultati sono descritti nelle sezioni seguenti.

### 3.1 Numero, tipologia e condizioni degli edifici in fasce a pericolosità idraulica PAI

La stima speditiva del numero di edifici esposti a rischio idraulico è stata operata mediante l'intersezione tra le perimetrazioni della pericolosità idraulica (PAI in Figura 3-1) e la cartografia digitale dei poligoni degli edifici, classificati in base alla categoria d'uso (Figura 3-2).

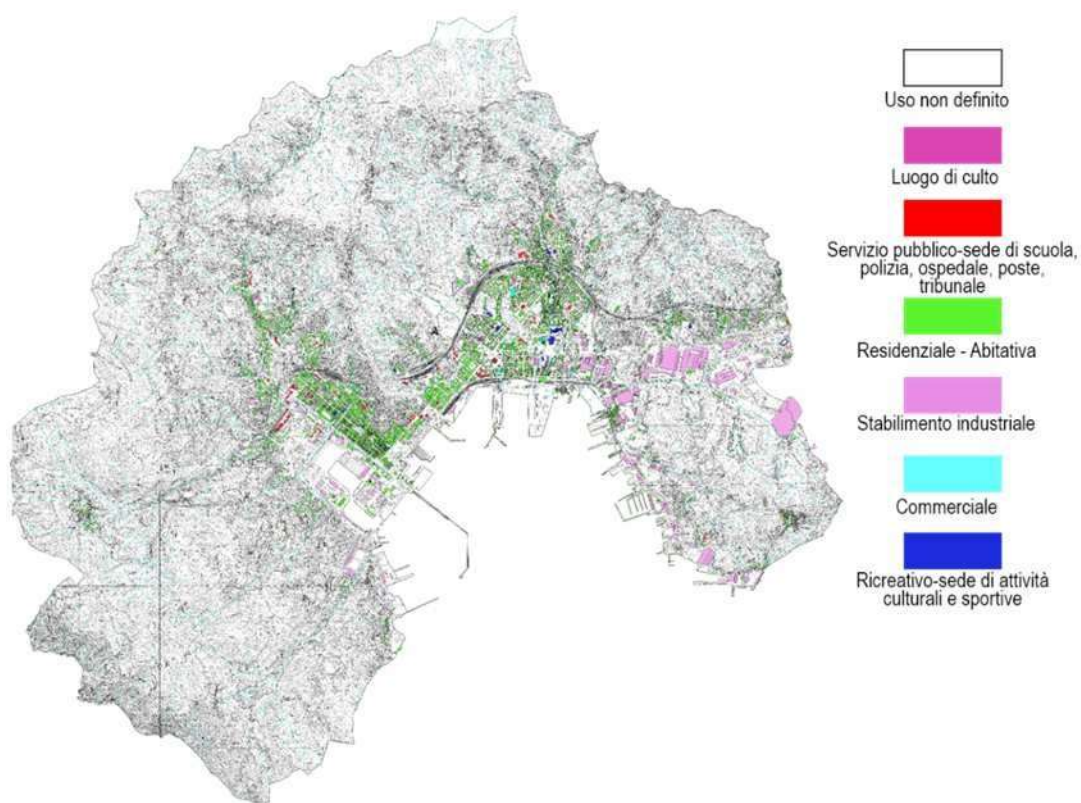


FIGURA 3-2 CARTOGRAFIA DEI POLIGONI DEGLI EDIFICI, CLASSIFICATI IN BASE ALLA CATEGORIA D'USO.

Si sono così ottenute delle stime quantitative del numero di poligoni ricadenti nelle differenti fasce di pericolosità, divisi per tipologia. Le stime, riportate in Tabella 3-2, sono divise per AdB territorialmente competente. Va fatto presente che il numero di poligoni della carta dell'edificato non corrisponde al numero degli edifici, in quanto da più verifiche effettuate sul campo, si è osservato che uno stesso edificio può essere composto da più poligoni. Questa discordanza è molto frequente quando l'edificio presenta balconi, terrazzi, sporgenze, cortili interni, parcheggi, variazione della quota o presenta forma articolata.

TABELLA 3-2 NUMERO DI POLIGONI CLASSIFICATI IN BASE ALLA CATEGORIA DI USO, FORNITA DALL'AMMINISTRAZIONE COMUNALE, INCLUSI NELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA.

Destinazione uso	Numero poligoni	
	AdB Regione Liguria	AdB Interregionale del Fiume Magra
<b>Residenziale</b>	1001	37
<b>Commerciale</b>	15	
<b>Industriale</b>	94	
<b>Servizio di trasporto stradale</b>	2	3
<b>Servizio pubblico</b>	65	
<b>Ricreativo</b>	10	
<b>Luogo di culto</b>	29	

Un esempio di come sono suddivisi i poligoni dell'edificato è riportato in Figura 3-3 dove sono messe a confronto due mappe per la stessa area: la prima, a sinistra,

è stata elaborata dalla cartografia comunale poligonale, la seconda, a destra, è stata ripresa da Google.



FIGURA 3-3 RAPPRESENTAZIONE DELL'EDIFICATO DEL COMUNE DI LA SPEZIA. LA MAPPA DI SINISTRA MOSTRA I POLIGONI CORRISPONDENTI AGLI EDIFICI FORNITA DALL'UFFICIO SERVIZI INFORMATIVI, LA MAPPA DI DESTRA RAPPRESENTA LA STESSA AREA VISIBILE DALLE IMMAGINI GOOGLE.

Per valutare lo stato degli edifici esposti a rischio idraulico nel comune di La Spezia sono stati analizzati i risultati di una indagine conoscitiva condotta nell'ambito del progetto "Sentinelle del territorio" finanziato con fondi POR FESR 2014 - 2020 per l'attuazione del piano per la riduzione del rischio idrogeologico nel comune di La Spezia. Il progetto Sentinelle del territorio nasce dalla consapevolezza che il controllo del territorio e la conoscenza delle sue criticità, sono propedeutiche ad ogni successiva azione, strutturale e non, finalizzata alla mitigazione del rischio. In tal senso si è posto l'obiettivo di monitorare in maniera capillare le specificità legate al dissesto geo-idrologico nel territorio comunale attraverso la partecipazione attiva della cittadinanza, dell'amministrazione comunale, dei volontari del gruppo di Protezione Civile, dei tecnici dei vari ordini professionali e ricercatori dell'istituto di ricerca per la protezione idrogeologica del CNR. Per lo scopo è stata progettata, in collaborazione con il personale dell'amministrazione comunale, una scheda di censimento edificio per la raccolta di dati relativi alle caratteristiche dell'edificato. Per quanto riguarda gli edifici ricadenti nelle aree a pericolosità idraulica media e alta, perimetrate dai PAI, l'attenzione si è concentrata sulle caratteristiche dei piani terreni e degli eventuali seminterrati/interrati, privilegiando la raccolta di informazioni sulla presenza e destinazione d'uso dei piani terreni e seminterrati, la presenza di aperture a piano campagna, quali finestre per aereazione, e sullo stato di manutenzione delle opere di drenaggio delle acque piovane. Queste informazioni rivestono una duplice importanza: (i) di protezione civile, per individuare gli edifici più critici da attenzionare in fase emergenziale, e (ii) di pianificazione urbanistico-territoriale di lungo termine, in funzione di un possibile aumento degli eventi pluviometrici estremi con conseguente amplificazione degli allagamenti in aree urbane.

I dati censiti durante il progetto sentinelle del territorio sono stati aggregati mediante accorpamento dei vari poligoni riconosciuti, in fase di sopralluogo, appartenenti ad uno stesso edificio. Le informazioni, raccolte a scala di edificio, sono state organizzate in un sistema informativo geografico e costituiscono conoscenze capillari e dettagliate sullo stato e sulle caratteristiche dell'esposto. A tal proposito va precisato che, non per tutti gli edifici inclusi nelle fasce PAI sono presenti le informazioni richieste dalla scheda di censimento, ne consegue che, per diversi edifici, si hanno dati incompleti e lacunosi. La mancanza di informazione è dovuta o all'impossibilità dei rilevatori di



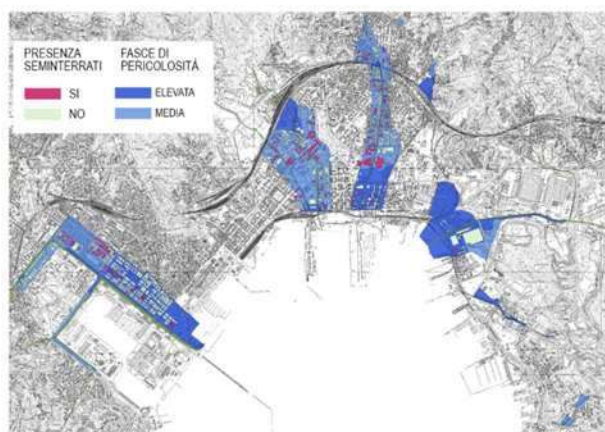
controllare direttamente l'edificio, o alla mancata trascrizione nella scheda cartacea del dato. In questo modo il dato mancante può indicare o l'omissione della risposta negativa relativa all'assenza di determinate caratteristiche, oppure la non compilazione del dato. In Tabella 3-3 sono riportati, a titolo di esempio, alcune delle informazioni per edificio contenute nella banca dati prodotta nell'ambito del progetto "Sentinelle del territorio".

TABELLA 3-3 CARATTERISTICHE EDIFICATO E NUMERO DI POLIGONI E DI CORRISPONDENTI EDIFICI

Tipologia di informazione	N. poligoni	N. edifici
Numero totale	1216	800
Quota di utilizzazione	845	800
Pianterreno destinato a uso abitativo	284	276
Pianterreno destinato a uso commerciale	402	378
Pianterreno a uso misto	318	300
Finestre piano terreno a circa un metro dal piano campagna	509	482
Presenza aperture a circa 20/50 cm dal piano campagna	118	114
Quota accesso pedonale più alta rispetto al piano campagna	126	120
Quota accesso pedonale uguale rispetto al piano campagna	473	442
Quota accesso pedonale più bassa rispetto al piano campagna	54	49
Presenza seminterrati	209	201
Presenza interrati	73	68
Presenza strutture annesse	311	311
Presenza di caditoie esterne lungo strada	673	643
Presenza di caditoie interne alla proprietà	267	252
Presenza di chiusini e pozzetti di scarico	381	366
Presenza di caditoie ostruite	33	28

Per quanto riguarda la presenza di locali seminterrati in area urbana, in Figura 3-4 (A) sono evidenziati, in rosa gli edifici per i quali è stata riscontrata la presenza di locali al piano seminterrato, in grigio chiaro gli edifici per i quali ne è stata verificata l'assenza. In Figura 3-4 (B) è invece rappresentata la distribuzione dei locali interrati. Come si evince dalle due mappe di Figura 3-4 sia in fascia a pericolosità media (blu chiaro) che in quella elevata (blu scuro), insistono edifici con locali interrati e seminterrati.

A



B

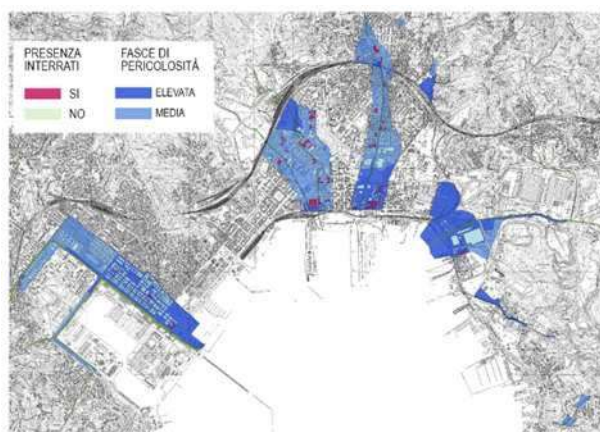


FIGURA 3-4 DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI INCLUSI IN AREA A PERICOLOSITÀ MEDIA (BLU CHIARO) ED ELEVATA (BLU SCURO) PER I QUALI È STATA RILEVATA LA PRESENZA DI PIANI SEMINTERRATI (4 A) E DI PIANI INTERRATI (4 B). PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

Dall'analisi delle destinazioni di uso censite, è emerso che nella maggior parte dei casi, per il 75% dei seminterrati e per l'83% degli interrati, questi locali

vengono utilizzati come magazzini e/o garage. Quindi, se da una parte questo risultato indica una scarsa presenza di persone, dall'altra determina una concentrazione di beni e merci passibili di danneggiamento e deterioramento in caso di allagamento.

Per quanto riguarda gli edifici con il piano terra ad uso abitativo (284 edifici, 33%) la mappa di Figura 3-5 mostra un'elevata concentrazione nelle aree limitrofe al torrente Dorgia e al Torrente Cappelletto. Degli edifici con il piano terra ad uso abitativo, circa il 10% ha la quota di accesso pedonale più bassa del piano stradale di riferimento, il 59% la stessa quota, e il 20% la quota più alta del piano strada (Figura 3-5)

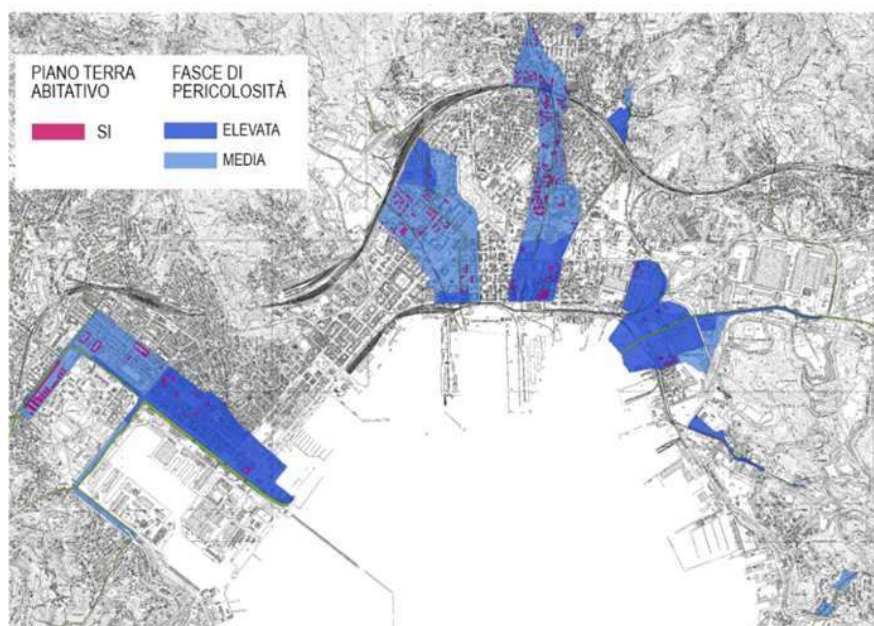


FIGURA 3-5 DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI INCLUSI IN AREE A PERICOLOSITÀ MEDIA (BLU CHIARO) ED ELEVATA (BLU SCURO) PER I QUALI È STATA RILEVATA LA PRESENZA DEL PIANO TERRA A USO ABITATIVO. PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

La Figura 3-6 evidenzia che i pochi edifici per i quali è stato appurato l'accesso pedonale a quota più bassa del piano stradale si trovano nella fascia a pericolosità più elevata del Torrente Dorgia.

Per valutare il grado di esposizione degli edifici a potenziali allagamenti, è stata anche verificata l'eventuale presenza di finestre (dei piani seminterrati e interrati) o aperture per areazione che si aprono al livello del piano campagna fino ad una quota di 30 cm dal suolo.

La mappa riportata in Figura 3-7 mostra la distribuzione degli edifici con aperture al piano campagna sia nelle aree a pericolosità media che in quella a pericolosità elevata.

Per dare un'indicazione sullo stato e qualità degli edifici si riportano i risultati relativi sia alla tipologia costruttiva (Figura 3-8 A) sia alla quota di utilizzazione dell'edificio (Figura 3-8 B) stimata dai rilevatori durante la compilazione della scheda. Si ricorda che queste valutazioni sono state eseguite durante i sopralluoghi effettuati dai volontari di protezione civile che hanno aderito al progetto sentinelle del territorio e che tali valutazioni, per quanto capillarmente censite, sono da considerarsi solo indicative dello stato dell'edificio e non ufficiali. Dalle informazioni disponibili, rappresentate in Figura 3-8 A, emerge che la maggior parte delle strutture in muratura portante è concentrata nella parte della città adiacente al Canale Lagora, mentre nell'area del Torrente Cappelletto e del Torrente Dorgia la tipologia costruttiva degli

edifici è più eterogenea, con percentuali simili sia per il cemento armato che per la muratura portante. Un dato rilevante emerge dalla analisi delle informazioni sulla quota di utilizzazione degli edifici (Figura 3-8 B), la maggior parte risulta utilizzata per più del 65% e solo il 4% risulta abbandonato o in restauro o non utilizzato. Questo dato può essere utilizzato come una misura indiretta della buona qualità delle strutture esposte al rischio idraulico.

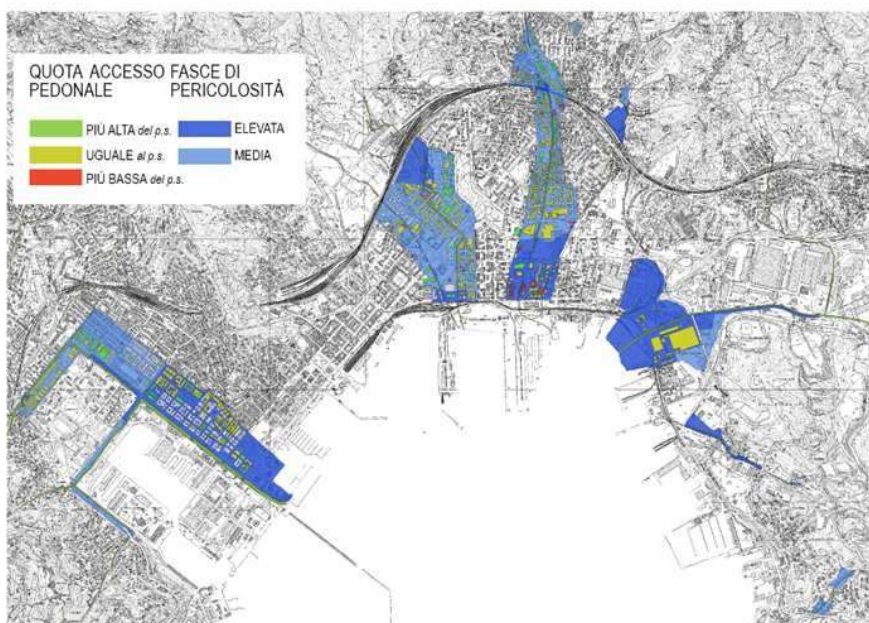


FIGURA 3-6 DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI INCLUSI IN AREE A PERICOLOSITÀ MEDIA (BLU CHIARO) ED ELEVATA (BLU SCURO) PER I QUALI È STATA RILEVATA LA QUOTA DI ACCESSO PEDONALE RISPETTO AL PIANO STRADALE (P.S.). PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

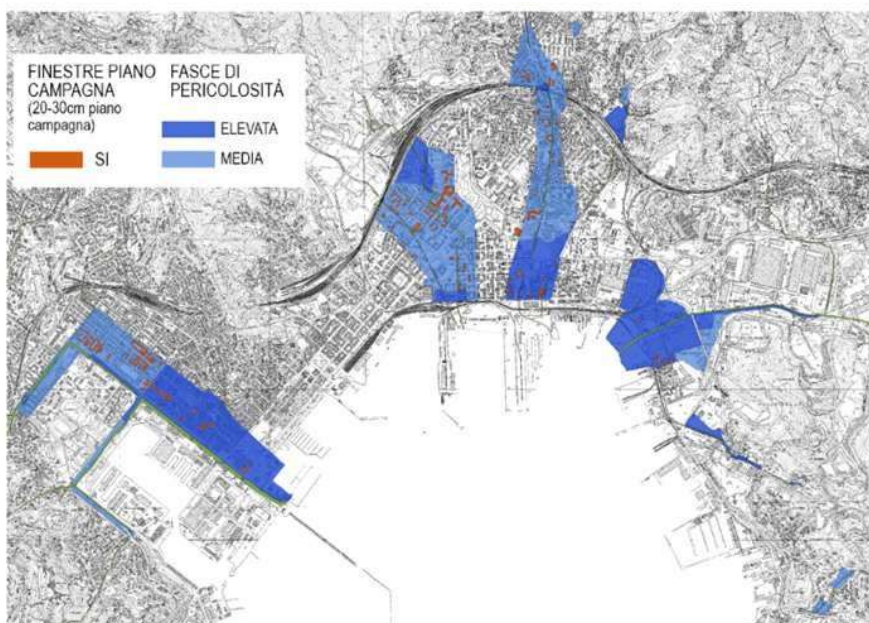


FIGURA 3-7 DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI INCLUSI IN AREE A PERICOLOSITÀ MEDIA (BLU CHIARO) ED ELEVATA (BLU SCURO) PER I QUALI È STATA RILEVATA LA PRESENZA DI APERTURE E/O FINESTRE AL PIANO CAMPAGNA. PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

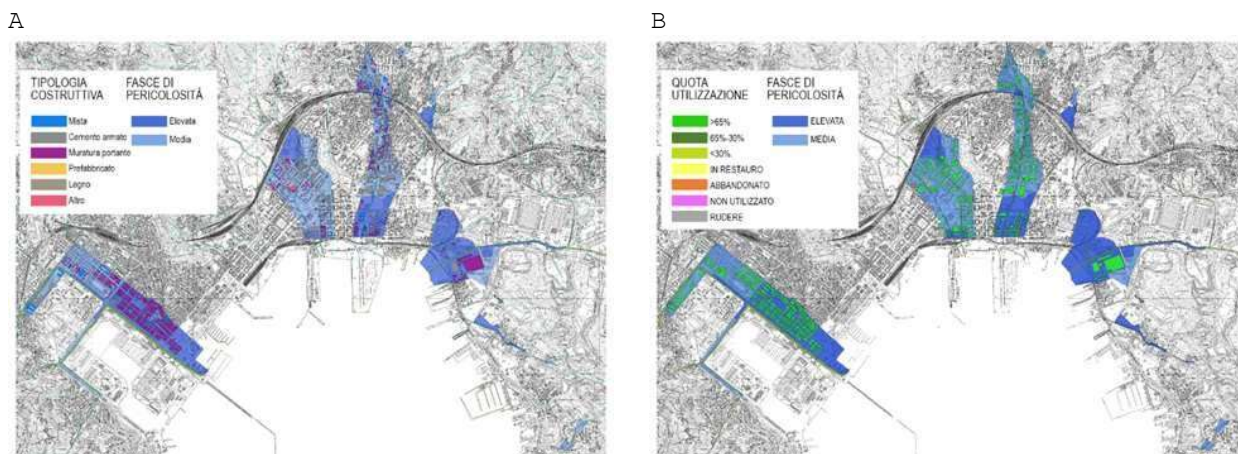


FIGURA 3-8 DISTRIBUZIONE DEGLI EDIFICI INCLUSI IN AREE A PERICOLOSITÀ MEDIA (BLU CHIARO) ED ELEVATA (BLU SCURO) PER I QUALI È NOTA LA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DEGLI EDIFICI (8A) E LA QUOTA DI UTILIZZAZIONE DEGLI EDIFICI (8B). PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

Tutte queste informazioni raccolte ed organizzate durante il progetto "Sentinelle del territorio" potranno essere utilizzate per analisi di rischio e vulnerabilità di maggior dettaglio da utilizzare come supporto a quelle già disponibili ed approvate con DGR n. contenute nei piani di gestione del rischio alluvioni.

### 3.2 Popolazione residente in aree a pericolosità idraulica PAI

Per valutare la porzione di popolazione del comune della Spezia soggetta a rischio idraulico si è proceduto analizzando differenti strati informativi per il territorio spezzino tra quelli resi disponibili sia direttamente dall'amministrazione comunale, sia quelli resi disponibili dal progetto Corine Land Cover (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>).

Per l'intera estensione del territorio comunale è noto il numero di residenti per numero civico (Figura 3-9) inclusa l'informazione del numero degli invalidi ove presenti. Questi dati sono stati forniti dall'amministrazione comunale come informazione puntuale in formato vettoriale e sono stati utilizzati per calcolare il numero di persone residenti ( $N$ ,  $R$ ) e la densità per  $\text{km}^2$  ( $D$ ) per fascia a pericolosità alta e media dei PAI, riportati in Tabella 3-4. Nella tabella sono stati indicati anche il numero di residenti (aggiornato al 2018) con invalidità che rappresenta la porzione di popolazione più vulnerabile. Le fasce di pericolosità idraulica dei PAI con le densità di popolazione più elevata sono quelle del Lagora e del Cappelletto.

Le densità sono state calcolate dividendo il numero di abitanti per la superficie del poligono che corrisponde alla fascia di pericolosità media (e che comprende anche la porzione di territorio a pericolosità alta).

Per ottenere un'informazione spazialmente distribuita della densità di popolazione al  $\text{km}^2$ , a partire dai dati puntuali disponibili per numero civico, è stata elaborata una funzione di densità applicando un raggio di ricerca di 500 metri. La mappa raster risultante è mostrata in Figura 3-10, dove le tonalità più scure corrispondono a zone con densità di popolazione residente più elevata.

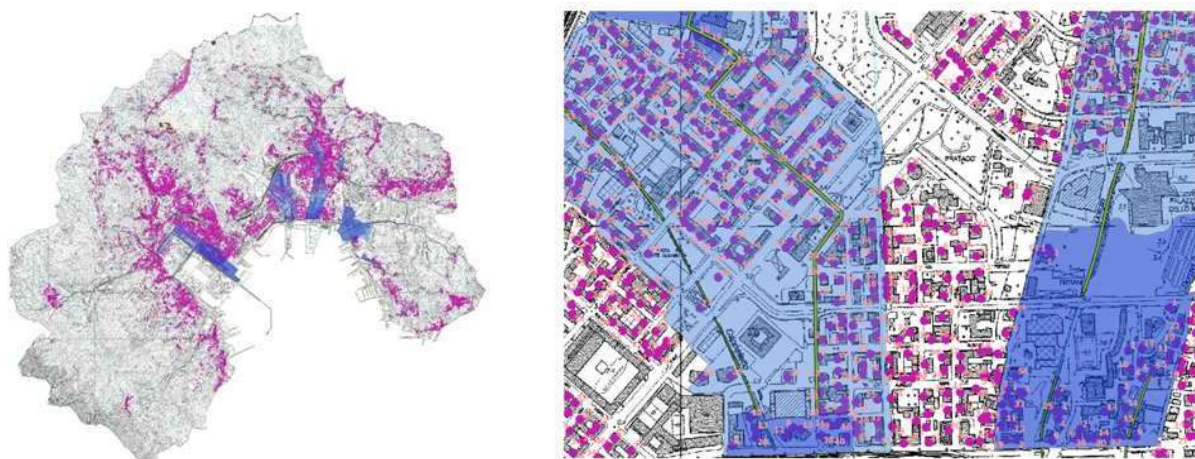


FIGURA 3-9 DISTRIBUZIONE DEL NUMERO DI RESIDENTI (PUNTO FUCSIA) PER NUMERO CIVICO (A) PER L'INTERO TERRITORIO COMUNALE (B) INGRANDIMENTO PER AREA DEL DORGIA E CAPPELLETTO. PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

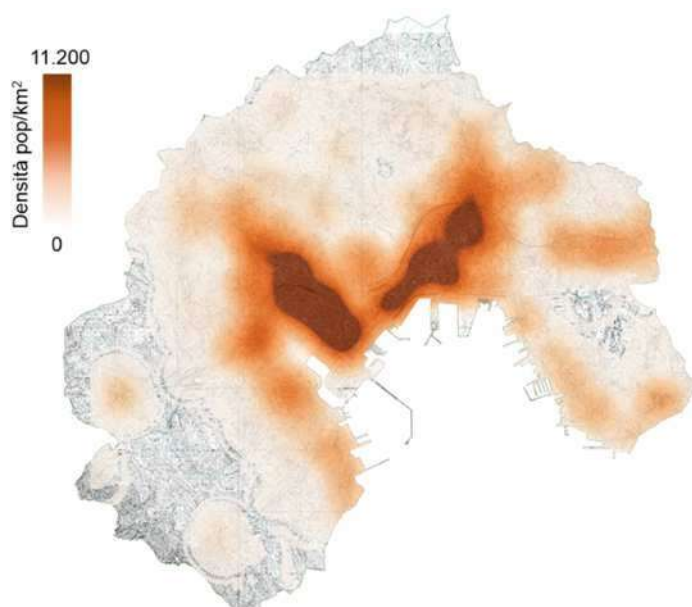


FIGURA 3-10 DENSITÀ DI POPOLAZIONE PER KM<sup>2</sup>. L'INTENSITÀ DEL COLORE AUMENTA CON L'AUMENTARE DELLA DENSITÀ.

TABELLA 3-4. NUMERO DI RESIDENTI E DENSITÀ AL KM<sup>2</sup> PER AREA DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA. PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

	Lagora		Cappelletto		Dorgia		Fossamastra		Pagliari		Canalone	
	N. R	D	N. R	D	N. R	D	N. R	D	N. R	D	N. R	D
<b>Popolazione</b>	7334	13486	5775	13160	3384	6992	279	849	6	260	93	4895
<b>Invalidi</b>	154		146		62		1				2	

Sono ben evidenti le aree di massima concentrazione della popolazione localizzate in corrispondenza del centro della città (in arancione scuro) e di come, allontanandosi da queste, i valori di densità diminuiscano in modo abbastanza uniforme. La sovrapposizione delle carte di pericolosità PAI con la densità di popolazione (Figura 3-11) rende molto evidente come le fasce di pericolosità ricadano nelle aree cittadine a maggiore densità. Dalla figura si evince inoltre che le aree con colore più chiaro, anche se non comprese in aree perimetrate a pericolosità idraulica, rappresentano comunque un valore di densità di popolazione

non trascurabile, e data la loro diffusione questo ci dimostra come il contesto rurale sia diffusamente abitato.

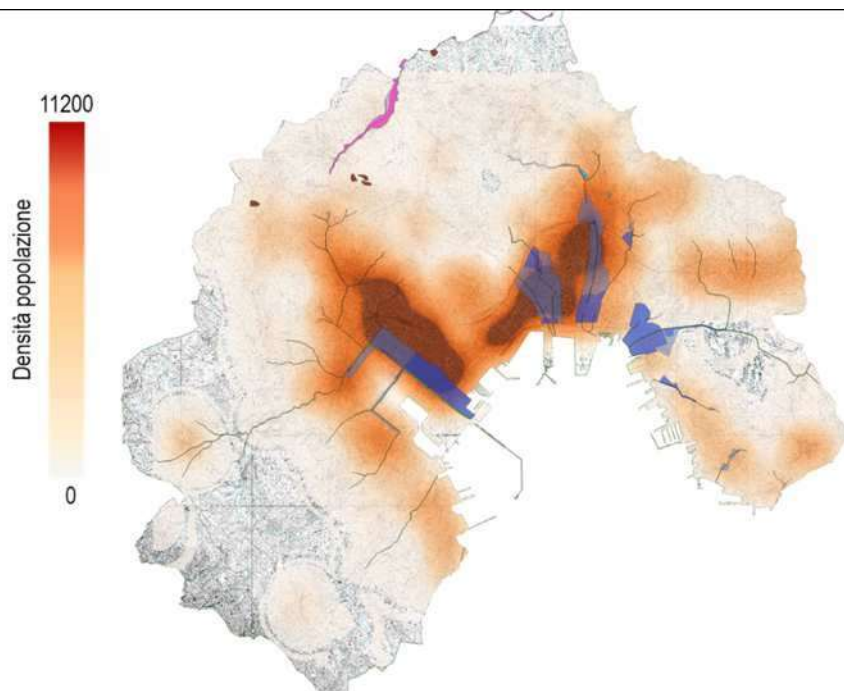


FIGURA 3-11 DENSITÀ DI POPOLAZIONE PER KM<sup>2</sup>. L'INTENSITÀ DEL COLORE AUMENTA CON L'AUMENTARE DELLA DENSITÀ. IN BLU SONO RAPPRESENTATE LE FASCE DI PERICOLOSITÀ. PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARER RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1.

A partire dall'informazione del numero di residenti con invalidità per numero civico (Figura 3-12 A) è stata elaborata una funzione di densità per tutto il territorio comunale, simile a quella elaborata per tutta la popolazione, applicando un raggio di ricerca di 500 metri. La mappa raster risultante è mostrata in Figura 3-12 B, dove le tonalità più scure corrispondono alle zone con densità di popolazione con invalidità più elevata. Il confronto della densità elaborata per la popolazione con invalidità rispetto a quella elaborata per tutta la popolazione mostra come le due siano molto simili: nella parte di territorio comunale dove si registra la densità abitativa più alta è anche presente una maggiore concentrazione di persone diversamente abili. In caso di emergenza la presenza di molte persone concentrate in aree ristrette potrebbe rendere più difficili operazioni di evacuazione o di soccorso, aumentando la vulnerabilità, già di per se molto alta, delle persone con invalidità.

Per definire meglio le aree al di fuori del centro città, sono stati analizzati i dati del progetto Corine Land Cover 2015 che classifica tutto il territorio nazionale in base alla copertura e uso del suolo. Una prima analisi è stata condotta estrapolando i dati di uso del suolo per tutto il territorio comunale, al fine di valutare le aree del comune che ricadano nella macro-categoria delle "superfici artificiali", categoria suddivisa a sua volta in altre sottoclassi come per le aree residenziali, commerciali o industriali, per citare le più diffuse.

La mappa di Figura 3-13 riporta per tutto il territorio comunale la distribuzione delle superfici antropizzate ed evidenzia come le zone classificate come urbanizzato residenziale, sia continuo che discontinuo denso (rispettivamente in verde acceso e in giallo in figura), siano concentrate nella parte meridionale del comune corrispondente all'area di città. I punti viola rappresentano le case sparse, diffusamente presenti su tutto il territorio comunale a dimostrazione di come il territorio sia diffusamente abitato.

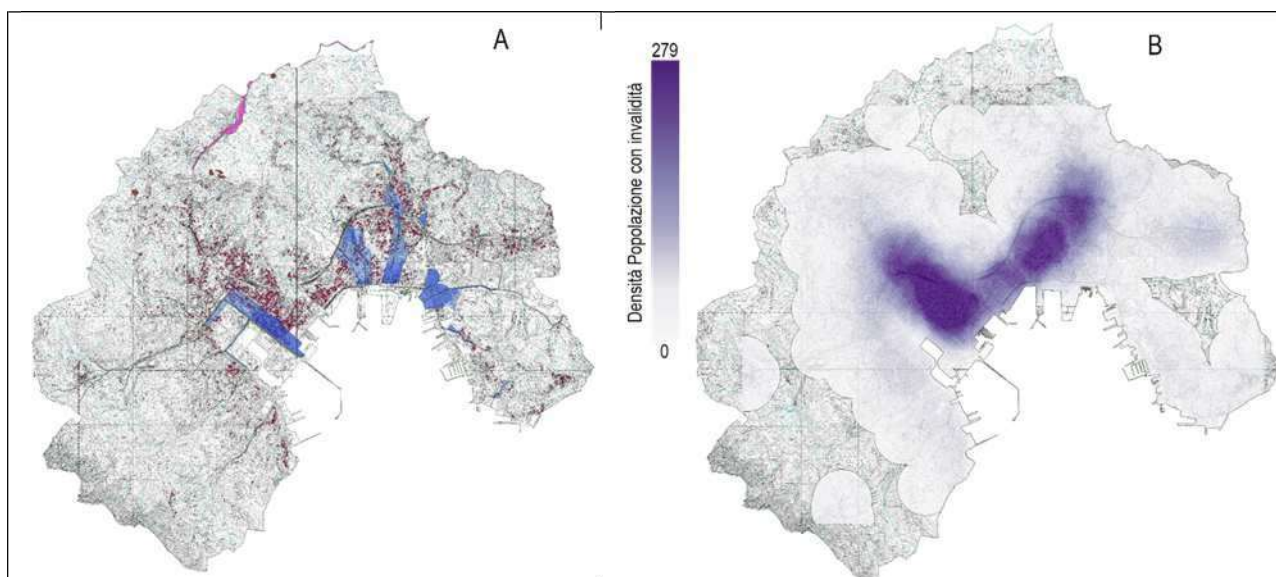


FIGURA 3-12 A) DISTRIBUZIONE DEI RESIDENTI CON INVALIDITÀ (PUNTI ROSSI), IN BLU SONO RAPPRESENTATE LE FASCE DI PERICOLOSITÀ. PER LA DENOMINAZIONE DEI CORSI D'ACQUA FARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA 3-1. 12 B) DENSITÀ DI RESIDENTI CON INVALIDITÀ PER KM<sup>2</sup>. L'INTENSITÀ DEL COLORE AUMENTA CON L'AUMENTARE DELLA DENSITÀ.

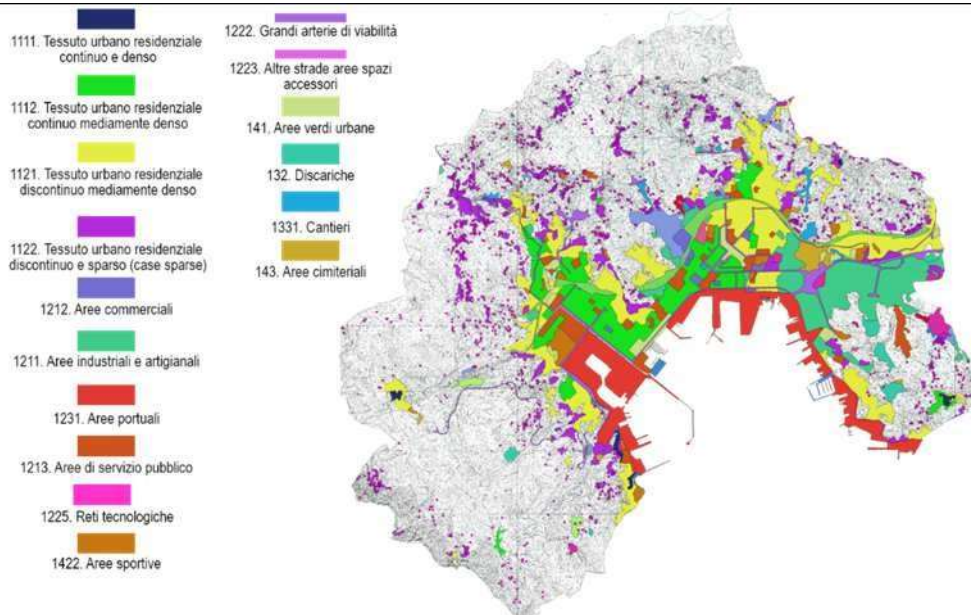


FIGURA 3-13 DISTRIBUZIONE DELLE AREE CLASSIFICATE COME "SUPERFICI ARTIFICIALI" SECONDO LA CLASSIFICAZIONE DEL CORINE LAND COVER

La zona del canale Lagora e del Cappelletto sono classificate come tessuto urbano residenziale continuo mediamente denso (verde acceso in figura), l'area del Torrente Dorgia è a maggioranza rappresentato da aree classificate come tessuto urbano residenziale discontinuo mediamente denso (giallo in figura) e la parte più orientale, corrispondente alla fascia del Fossamastra, coincide con la classe delle aree industriali o artigianali. La Tabella 3-5 elenca: (i) la descrizione dell'area, (ii) il codice di classificazione, (iii) l'estensione in km<sup>2</sup>, e (iv) la rispettiva densità di popolazione calcolata per ciascuna area del Corine classificata all'interno della macrozona "Superfici artificiali".

TABELLA 3-5. DATI DI POPOLAZIONE E DENSITÀ CALCOLATI PER LE CLASSI DI LEGENDA DEL CORINE LAND COVER ALL'INTERNO DELLA MACROZONA "SUPERFICI ARTIFICIALI".

Codice	Descrizione	Popolazione residente	Area Km <sup>2</sup>	Densità pp/Km <sup>2</sup>
1111	Tessuto urbano residenziale continuo e denso	1286	8,79	146,4
1112	Tessuto urbano residenziale continuo mediamente denso	44861	771,45	58,2
1121	Tessuto residenziale discontinuo e mediamente denso	37671	1060,92	35,5
1122	Tessuto residenziale discontinuo e sparso (case sparse)	6194	38,06	162,8
1211	Aree industriali o artigianali	1275	35,96	35,5
1212	Aree commerciali	185	0,19	968
1213	Aree occupate da grandi impianti di servizi pubblici, militari e privati	908	2,56	355,1
1222	Superstrade, grandi arterie di viabilità e spazi accessori	271	6,41	42,2
1223	Altre strade della rete di viabilità extraurbana e spazi accessori	58	0,18	320,2
1224	Reti ferroviarie e spazi accessori	86	3,19	27
1225	Reti tecnologiche e aree di servizio	26	0,08	344,2
1231	Aree portuali commerciali e militari e atte alla pesca	63	3,43	18,3
132	Discariche	5	0,07	71,1
1331	Cantieri, spazi in costruzione e scavi	63	0,13	496,6
141	Aree verdi urbane	44	0,33	132,7
1421	Campeggi e strutture turistico-ricettive	8	0,01	1328,8
1422	Aree sportive	55	0,68	81,3
143	Aree cimiteriali	1	0,01	112,3

### 3.3 Modellistica

Per avere un quadro completo e sinottico delle aree del territorio comunale potenzialmente suscettibili a subire un evento alluvionale, a partire dai dati territoriali disponibili, si sono elaborati due modelli statistici, uno per l'individuazione delle aree di allagabilità **Flood-SHE** (*Flood statistical hazard Estimation*) (Marchesini et al., 2016) e l'altro per l'individuazione delle porzioni di territorio a potenziale coinvolgimento per eventi di tipo colate detritiche utilizzando il **software "r.randomwalk"** (Mergili et al., 2015).

Poiché le colate di detrito sono processi di versante che rispondono molto velocemente alle sollecitazioni meteoriche, nell'ottica di un possibile aumento della frequenza di eventi di pioggia intensi, sono da ritenersi come processi in possibile aumento nella regione macroclimatica 1 (PNACC, 2017), all'interno della quale ricade il territorio comunale. Per tale motivo, si è deciso di considerare, anche la suscettibilità alle colate di detrito per tutto il territorio comunale oltre alla pericolosità idraulica. La modellazione delle colate di detrito è stata inizialmente sviluppata per le aree di versante del territorio comunale nell'ambito del progetto "Sentinelle del Territorio" qui estesa a tutto il territorio comunale. Per consentire una zonazione spaziale coerente e confrontabile come Unità Cartografica di Riferimento (UCR) è stato selezionato il pixel con una risoluzione di 5m x 5m corrispondente a quella del DEM attualmente disponibile nell'area di studio. Tutti i dati in input dei diversi modelli di tipo raster sono stati calcolati e/o ricampionati alla stessa risoluzione e sulla stessa regione (dominio spaziale) di analisi.

I risultati dei modelli elaborati per il territorio di La Spezia sono da considerarsi delle integrazioni alle zonazioni della pericolosità idraulica elaborate nell'ambito del D.L 49/2010 Direttiva Alluvioni, al fine di ottenere un'analisi elaborata alla scala comunale dettagliata e completa.

#### 3.3.1 Flood-SHE

La procedura statistica elaborata per il progetto è stata finalizzata alla definizione delle Mappe degli Scenari di Pericolosità Modellati (MSPM) per tutto il territorio comunale. Il lavoro ha avuto come obiettivo di perimetrare le aree inondabili in funzione di diversi tempi di ritorno su tutto il territorio comunale



e su tutte le aste fluviali utilizzando la metodologia di tipo statistico geomorfologica basata sull'utilizzo in input delle mappe di pericolosità istituzionali, ovvero le fasce di pericolosità elaborate nell'ambito dei PAI.

In particolare tale metodologia sviluppata dal CNR IRPI è di tipo statistico ed utilizza modelli di tipo «*machine-learning*» per classificare il territorio (inondabile vs non-inondabile) basandosi sull'uso di variabili morfometriche derivate dai DEM (in questo caso con risoluzione spaziale di DEM 5 m) individuate sulla base della letteratura (*Degiorgis et al., 2012*). Si sono costruite le cartografie dei due tematismi derivati quali la distanza idrologica dall'alveo più vicino (L), la differenza di quota rispetto all'alveo idrologicamente più vicino (H), che sono state utilizzate come variabili indipendenti. Si è partiti tracciando il reticolo fluviale a partire dal modello digitale del terreno. La procedura adottata per la determinazione del reticolo idrografico si è basata sull'analisi dei valori di accumulazione, cioè del numero di celle che si trovano idrologicamente "a monte" di ogni cella, all'interno delle aree inondabili delle mappe di pericolosità istituzionali. Una volta ottenuto il reticolo fluviale si è individuata, tra quelle disponibili, la tecnica statistica più idonea. Per modellare i dati a disposizione è stata scelta la tecnica della regressione logistica, un modello lineare generalizzato particolarmente utile laddove la variabile dipendente sia di tipo binario. Nei modelli statistici basati sulla regressione logistica, le variabili dipendenti sono di tipo dicotomico (1, 0). Nel caso in esame, le variabili dipendenti sono state derivate dalle cartografie delle aree inondabili degli scenari di pericolosità idraulica istituzionali (MSPI), elaborate ai sensi del D.Lgs 49/2010. In ciascuna di queste mappe è stato assegnato 1 a tutte le aree comprese all'interno delle zone inondabili e 0 a quelle di fuori di esse. L'approccio utilizzato nel presente lavoro è stato quello di limitare la calibrazione e la validazione dei modelli statistici esclusivamente ad alcune specifiche porzioni di territorio. I modelli di regressione logistica sono stati calibrati, validati e applicati utilizzando in input le variabili dipendenti e indipendenti di tipo geomorfometrico sopra descritte e sulla base di considerazioni di carattere geomorfologico. Oltre alle due variabili distanza idrologica dal fiume (L), e altezza idrologica dal fiume (H), sono state testate l'altezza idrologica dalla foce (Hd), la pendenza (S), la classificazione del bacino in base alla classificazione dell'ordine del reticolo fluviale proposta da Shrevees (O) e la scabrezza (vector roughness) (R). Tutte le possibili combinazioni di tali variabili sono state utilizzate per la modellazione delle MSPM. L'analisi dei risultati delle performance dei modelli ha dimostrato che la combinazione di variabili indipendenti ottimale è quella formata dalla coppia distanza idrologica dal fiume (L) e altezza idrologica dal fiume (H). Pertanto per questa combinazione sono stati calibrati 3 modelli logistici, che utilizzano, come variabili dipendenti, le aree inondabili delineate dallo scenario di pericolosità istituzionale con tempi di ritorno ( $T_R$ ) di 30-50 anni (alta probabilità), 100-200 anni (media probabilità), e più di 200 anni (bassa probabilità). Ogni modello ha restituito in calibrazione, una mappa che riporta per ogni cella, un valore compreso tra 0 e 1 e che esprime la probabilità che quella cella sia più o meno inondabile in quel dato tempo di ritorno. Ogni mappa in output da ciascun modello per i tre diversi tempi di ritorno è stata classificata utilizzando una soglia di probabilità per ottenere mappe binarie delle aree inondabili (valore 1) e non inondabili (valore 0). La procedura statistica elaborata ha consentito l'individuazione delle aree inondabili anche nelle aste fluviali e dei bacini secondari che non sono stati oggetto di specifici studi da parte dei Piani di Assetto Idrogeologici (PAI) e delle perimetrazioni della pericolosità idraulica elaborate ai sensi del D.Lgs 49/2010 che costituiscono lo scenario di pericolosità istituzionale (MSPI). La figura riporta la mappa combinata dei tre scenari (alta, media e bassa probabilità) modellati con *Flood-SHE*. La mappa evidenzia una condizione molto diffusa di pericolosità per tempi di ritorno ( $T_R$ ) tra i 20 e i 50 anni.

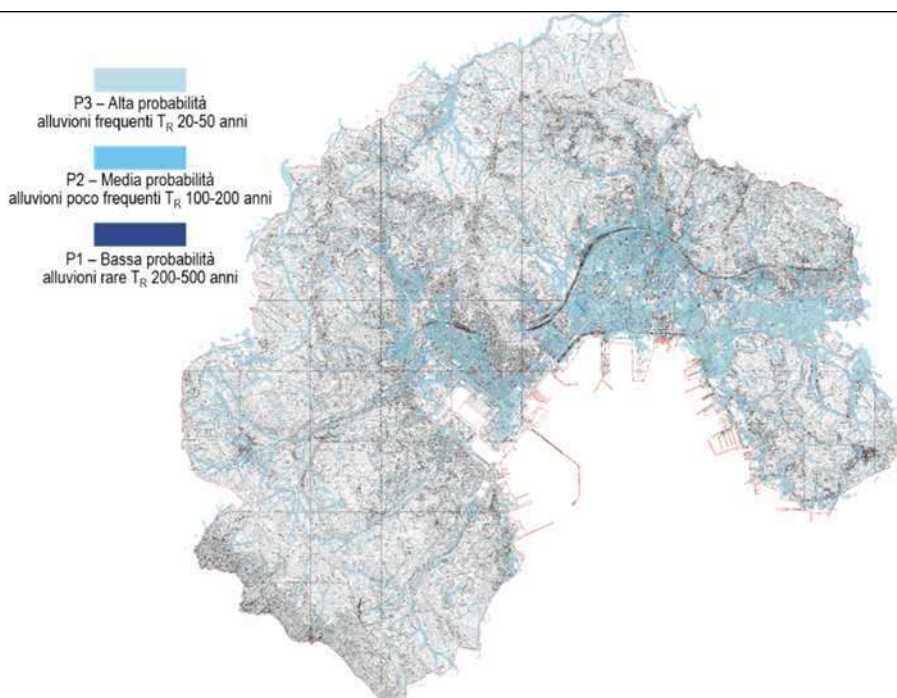


FIGURA 3-14 MAPPA DELLO SCENARIO DI PERICOLOSITÀ MODELLATO CON FLOOD-SHE.

Ai fini della valutazione della pericolosità è necessaria la produzione di una cartografia dei tiranti idrici attesi per le diverse MSPM che identifica e quantifica la magnitudo dell'evento atteso, dato necessario ai fini della valutazione quantitativa della pericolosità. A tale scopo è stata sviluppata una specifica procedura di carattere prettamente geometrico. Sono stati inizialmente delineati i limiti più esterni delle aree inondabili definite dalle mappe degli scenari di pericolosità modellati (MSPM), su ogni cella di questi limiti è stato acquisito il valore di elevazione del DEM. Perpendicolarmente ai limiti e a partire da ogni cella degli stessi, è stata tracciata una retta verso il centro dell'alveo e ad ogni retta è stato associato il valore di elevazione del DEM della cella di partenza. Per ogni cella il tirante idrico è stato calcolato sottraendo la quota del DEM alla quota assoluta del pelo libero. Questa procedura di carattere prettamente geometrico si è ripetuta per coprire l'intera area all'interno dell'alveo e in modo da simulare la quota assoluta del pelo libero dell'acqua per i tre diversi scenari di pericolosità. I risultati non sono stati considerati accettabili, in quanto il DEM dal quale sono state ricavate le misure ha una risoluzione di 5m e non è continuo. Per poter elaborare le altezze del tirante idrico si dovrebbe disporre di un modello digitale del terreno continuo e con una risoluzione più alta, almeno di 2m. Con una base dati adeguata infatti si potrebbero elaborare le mappe del tirante idrico per i tre scenari (corrispondenti ai tre tempi di ritorno) e si potrebbero poi incrociare i dati del tirante con la distribuzione degli edifici sul territorio per valutare il grado di danno atteso da eventi alluvionali.

### 3.3.2 r.randomwalk

Per le simulazioni delle colate di detrito si è deciso di utilizzare un approccio basato su modelli concettuali. Infatti vista (i) la base dati topografica disponibile, (ii) l'assenza di informazioni geotecniche di dettaglio e (iii) la scarsità di mappature di eventi di colate detritiche non è stato possibile applicare altri approcci di tipo fisicamente basato. A differenza di questi ultimi, i modelli concettuali non rappresentano nel dettaglio i fenomeni e i processi fisici delle colate di detrito, ma descrivono i comportamenti di esse colate sulla base di relazioni empiriche semplificate. L'utilizzo di modelli più complessi, basati su principi fisici o misure di campo, è raccomandabile ove si disponga di informazioni sulle caratteristiche meccaniche e fisiche dei materiali coinvolti

nei processi, sui tempi di ritorno degli stessi, e su eventi storici da utilizzare per la calibrazione e la validazione delle simulazioni.

Per le simulazioni è stato quindi utilizzato il modello "r.randomwalk" (Mergili et al., 2015). Il modello concettuale "r.randomwalk" è un software per l'analisi della propagazione dei movimenti di massa di tipo "colata" sviluppato come modulo in ambiente GRASS GIS. Il modello adotta un approccio di tipo Monte Carlo per simulare i percorsi delle colate di detrito a partire da sorgenti di rilascio note (pre-definite), che possono essere puntuali o areali. I percorsi delle colate sono modellati evitando che il flusso si concentri lungo tracciati lineari, non realistici per colate di detrito, e sono condizionati dalla pendenza locale del terreno e da regole che forzano il perpetuarsi della direzione di flusso. "r.randomwalk" è in grado di lavorare "in parallelo" simulando un gran numero di "random walk" ("percorsi casuali", ciascuno rappresentativo di una singola di traiettoria), a partire da ogni area sorgente. Ogni "percorso casuale" simulato dal modello segue una traiettoria che è condizionata dalla topografia locale (rappresentata dal DEM). La traiettoria termina, e la colata si arresta, quando è soddisfatta una "condizione di arresto" predefinita. Possono essere utilizzate diverse "condizioni d'arresto", che si basano per lo più su relazioni empiriche definite in letteratura. Una delle condizioni più utilizzate è quella che si basa sul rapporto H/L (dislivello/distanza percorsa). Possono anche essere utilizzate relazioni che si basano sul volume del materiale rilasciato, o sulla velocità del flusso. "r.randomwalk" è in grado di produrre diversi tipi di cartografie. Per questo studio si è utilizzata la mappa della "frequenza d'impatto" ("impact frequency") che indica il numero totale di "percorsi casuali" (ciascuno corrispondente ad una diversa colata simulata) che hanno transitato per ogni "cella" considerata dal modello.

Dalle diverse mappe delle possibili traiettorie di colata nell'area di studio (mappe dei conteggi delle traiettorie casuali) ottenute utilizzando le diverse mappe di aree sorgenti, è stata ricavata una mappa delle traiettorie pesata utilizzando la seguente formula:

$$\sum p_i \cdot c_i$$

Dove  $p_i$  è la probabilità di non superamento della soglia topografica utilizzata per la definizione della *iesima* mappa delle aree sorgenti, e  $c_i$  è la *iesima* mappa di conteggio ottenuta applicando il modello *r.randomwalk* alla *iesima* mappa sorgente. In pratica la mappa del conteggio delle traiettorie di colata risultante tiene conto dei diversi scenari probabilistici di sorgente di colata, ma pesa maggiormente quelle con probabilità di superamento maggiore (i.e. più plausibili). Infine, come mostrato in Figura 3-15, i valori del conteggio delle traiettorie sono stati riclassificati in 5 classi sulla base dei quantili 0.2 (classe 1: (0-0,2]), 0.4 (classe 2: (0,2-0,4]), 0.6 (classe 3: (0,4-0,6]), 0.8 (classe 4: (0,6-0,8]) e 1 (classe 5: (0,8-1]) della distribuzione di frequenza dei valori ottenuti. Si è così prodotta una mappa di classi di probabilità (susceptibilità), nella quale ogni classe ha lo stesso numero di "celle" (ossia, la stessa estensione areale). La mappa finale (Figura 3-15) è stata classificata nelle seguenti cinque classi: Classe 1) verde scuro: susceptibilità molto bassa MB; Classe 2) verde chiaro: susceptibilità bassa B; Classe 3) giallo: susceptibilità media M; Classe 4) arancione: susceptibilità medio alta MA; Classe 5) rosso: susceptibilità alta A.

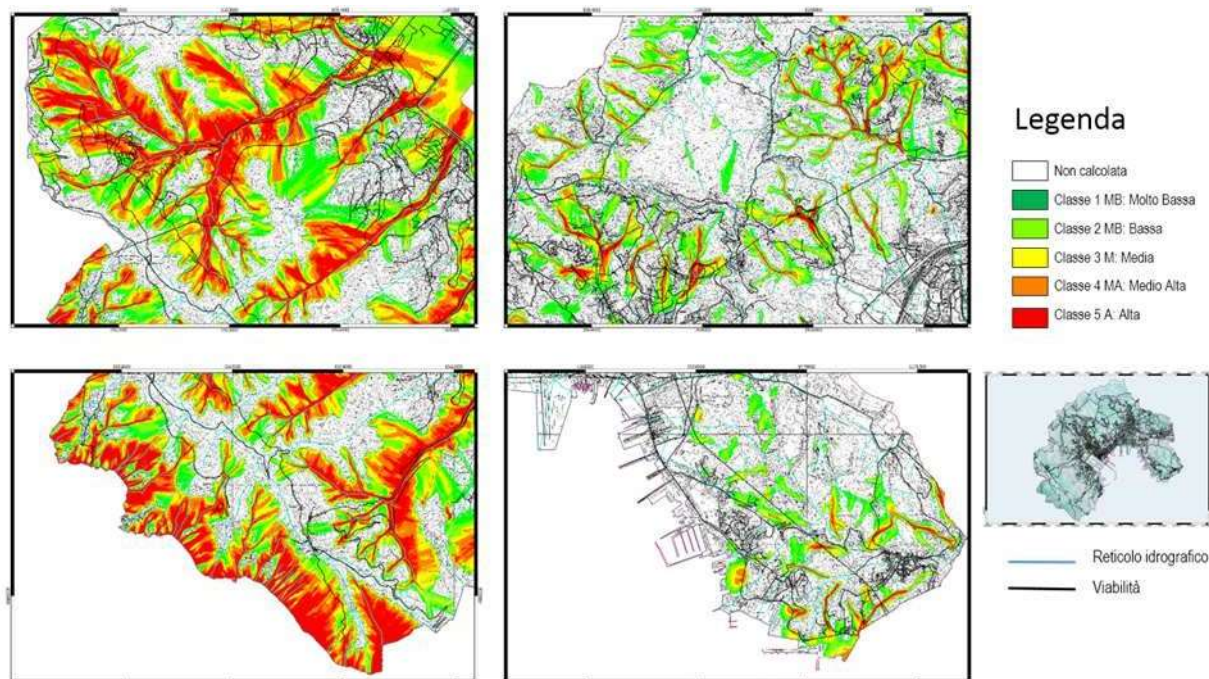


FIGURA 3-15 MAPPA DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLE COLATE CLASSIFICATA IN CINQUE CLASSI: CLASSE 1) VERDE SCURO: SUSCETTIBILITÀ MOLTO BASSA MB; CLASSE 2) VERDE CHIARO: SUSCETTIBILITÀ BASSA B; CLASSE 3) GIALLO: SUSCETTIBILITÀ MEDIA M; CLASSE 4) ARANCIONE: SUSCETTIBILITÀ MEDIO ALTA MA; CLASSE 5) ROSSO: SUSCETTIBILITÀ ALTA A.

### 3.3.3 Edificato e modellazioni

Per avere un quadro generale e completo dei risultati dei modelli di pericolosità e suscettibilità, descritti nel paragrafo precedente, si sono visualizzati gli output in un'unica mappa, riportata in Figura 3-16, insieme con le perimetrazioni della pericolosità dei PAI.

Per avere una visione di insieme degli elementi potenzialmente esposti a eventi di inondazione e di colata detritica si sono incrociate le informazioni sul tipo e destinazione d'uso dell'edificato con i risultati delle modellistiche *Flood-SHE* per le inondazioni e *r.randomwalk* per le colate, elaborate per tutto il territorio comunale. A ciascun edificio si è associato il valore della classe di pericolosità derivata dal modello *Flood-SHE* (0,1) e suscettibilità derivante dal modello *r.randomwalk* (1,2,3,4,5) corrispondente. Sono così stati individuati gli edifici potenzialmente danneggiabili da eventi di inondazione e/o di colata detritica.

La Tabella 3-6 elenca il numero di poligoni per ciascuna categoria d'uso dell'edificato che ricade in aree potenzialmente allagabili (*Flood-SHE*) e/o soggette a potenziale colata detritica (*r.randomwalk*).

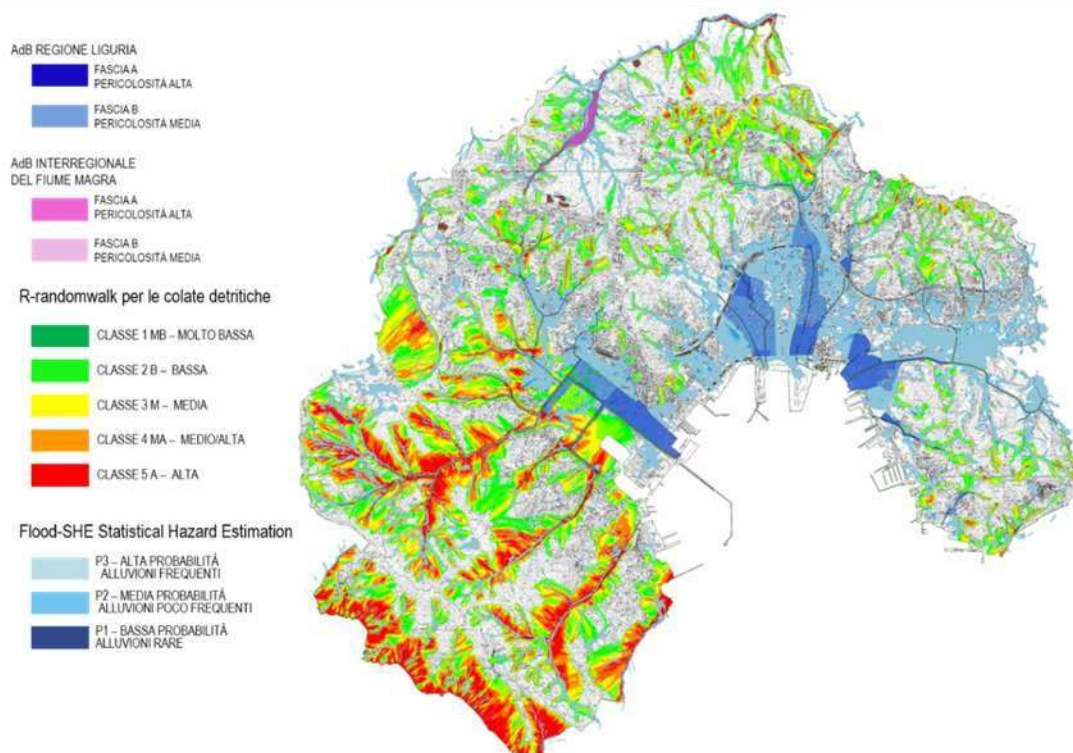


FIGURA 3-16 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DEI MODELLI INSIEME CON LE FASCE RIPERIMETRAZIONE DELLE ADB.

TABELLA 3-6 NUMERO DI POLIGONI RICADENTI IN AREE POTENZIALMENTE ALLAGABILI E/O A POTENZIALE COLATA DETRITICA PER CATEGORIA D'USO DELL'EDIFICATO. A) FLOOD-SHE, B) R.RANDOMWALK, C) ENTRAMBI I MODELLI

CATEGORIA DI USO EDIFICATO	N. POLIGONI		
	A	B	C
Amministrativo-municipio	6	-	-
Commerciale-sede di albergo, locanda	6	-	-
Commerciale-sede di centro commerciale	8	-	-
Industriale-impianto di produzione energia-stazione/sottostazione elettrica	5	2	2
Industriale-impianto di produzione energia-centrale termoelettrica	-	1	-
Industriale-stabilimento industriale	473	103	66
Industriale-stazione di telecomunicazioni	1	-	-
Luogo di culto	43	13	8
Non definibile	9	7	2
Residenziale-Abitativa	4051	1453	809
Ricreativo-sede di attività culturali-cinema	6	-	-
Ricreativo-sede di attività culturali-museo	3	-	-
Ricreativo-sede di attività sportive-palestra	7	3	2
Servizi di trasporto ferroviario- stazione passeggeri ferrovia	8	-	-
Servizi di trasporto ferroviario-deposito ferroviario per vagoni, rimessa locomotive	4	-	-
Servizi di trasporto ferroviario-scalo merci	3	-	-
Servizi di trasporto stradale-stazione di rifornimento carburante autostradale	1	-	--
Servizio pubblico-ASL - sede di ospedale	13	1	1
Servizio pubblico-sede di polizia	11	10	7
Servizio pubblico-sede di poste-telegrafi	11	6	-

Servizio pubblico-sede di scuola, università, laboratorio di ricerca	102	30	21
Servizio pubblico-sede di tribunale	2	-	-

### 3.4 Classi di danno per gli esposti

In accordo con gli indirizzi MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), secondo il PGRA, la classificazione del danno atteso può essere in generale così schematizzata:

**D4 Danno potenziale molto elevato:** aree in cui si può verificare la perdita di vite umane, ingenti danni ai beni economici, naturali storici e culturali di rilevante interesse, gravi disastri ecologico - ambientali;

**D3 Danno potenziale elevato:** aree con problemi per l'incolumità delle persone e per la funzionalità del sistema economico, aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di rilevante interesse, le aree sedi di importanti attività produttive;

**D2 Danno potenziale medio:** aree con limitati effetti sulle persone e sul tessuto socioeconomico. Aree attraversate da infrastrutture secondarie e attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico;

**D1 Danno potenziale moderato o nullo:** comprende le aree libere da insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene.

Più specificamente, in raccordo con quanto stabilito dai tavoli tecnici istituiti dalle Autorità di Bacino nazionali con funzioni di coordinamento, si è provveduto ad assumere una matrice di collegamento tra le varie tipologie di elementi a rischio (esposti) e il danno atteso, in funzione delle loro caratteristiche generali, sempre ipotizzando che la loro vulnerabilità sia uniforme. La tabella con le specifiche di tale associazione è riportata nel seguito del paragrafo (Tabella 3-7). La Figura 3-17 riporta, per tutto il territorio comunale, la distribuzione delle aree classificate in funzione del danno atteso.

TABELLA 3-7 NUMERO DI POLIGONI PER CLASSE DI DANNO IN FUNZIONE DELLA CATEGORIA DI USO DEL SUOLO. IN ROSSO È RIPORTATO IL NUMERO DI EDIFICI PER I QUALI LA CLASSE DI DANNO È 4 MA CHE SONO INCLUSI IN AREE A CLASSE PIÙ BASSA

Codice	Descrizione antropico	Classe di danno	Numero poligoni
1111	Tessuto urbano residenziale continuo e denso	D4	427
1112	Tessuto urbano residenziale continuo mediamente denso	D4	2477
1121	Tessuto residenziale discontinuo e mediamente denso	D4	5135
1122	Tessuto residenziale discontinuo e sparso (case sparse)	D4	1759
1211	Aree industriali o artigianali	D4	734
1212	Aree commerciali	D4	35
1213	Aree occupate da grandi impianti di servizi pubblici, militari e privati	D4	418
1222	Superstrade, grandi arterie di viabilità e spazi accessori	D4	19
1223	Altre strade della rete di viabilità extraurbana e spazi accessori	D4	20
1224	Reti ferroviarie e spazi accessori	D4	53
1225	Reti tecnologiche e aree di servizio	D4	26
1231	Aree portuali commerciali e militari e atte alla pesca	D4	515
141	Aree verdi urbane	D4	35
1421	Campeggi e strutture turistico-ricettive	D4	7
1422	Aree sportive	D4	49
124	Aeroporti	D4	-
132	Discariche	D3	11
1331	Cantieri, spazi in costruzione e scavi	D3	7
1332	Suoli rimaneggiati e artefatti	D1	4
143	Aree cimiteriali	D3	31
131	Aree estrattive	D3	4

1232	Aree portuali usate prevalentemente per il diporto	D2	11
134	Terreni non utilizzati e/o abbandonati all'interno delle aree urbane	D1	-
Codice	Descrizione terreni boscati	Classe di danno	Numero poligoni
323	Aree con vegetazione a sclerofille	D1	19
3111	Bosco xerofilo a prevalenza di specie sempreverdi	D1	6
322	Brughiere e cespuglieti	D1	1
3117	Bosco di specie igrofile	D1	-
313	Boschi misti	D1	21
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	D1	46
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	D1	1
3113	Bosco misto mesofilo	D1	8
3115	Bosco a prevalenza di castagno	D1	16
3112	Bosco misto termofilo	D1	36
333	Aree con vegetazione rada	D1	-
312	Boschi di conifere	D1	21
Codice	Descrizione superficie agricole	Classe di danno	Numero poligoni
2231	Oliveti abbandonati	D2	25
242	Sistemi colturali e particellari complessi	D2	116
223	Oliveti	D2	778
231	Prati stabili	D1	14
2211	Vigneti misti ad oliveti;	D2	271
221	Vigneti	D2	71
2212	Vigneti e/o altri tipi di colture permanenti (non oliveti) abbandonate	D2	4
211	Seminativi in aree non irrigue	D2	1
243	Colture agrarie prevalenti con presenza di spazi naturali	D2	84
2122	Vivai	D3	5

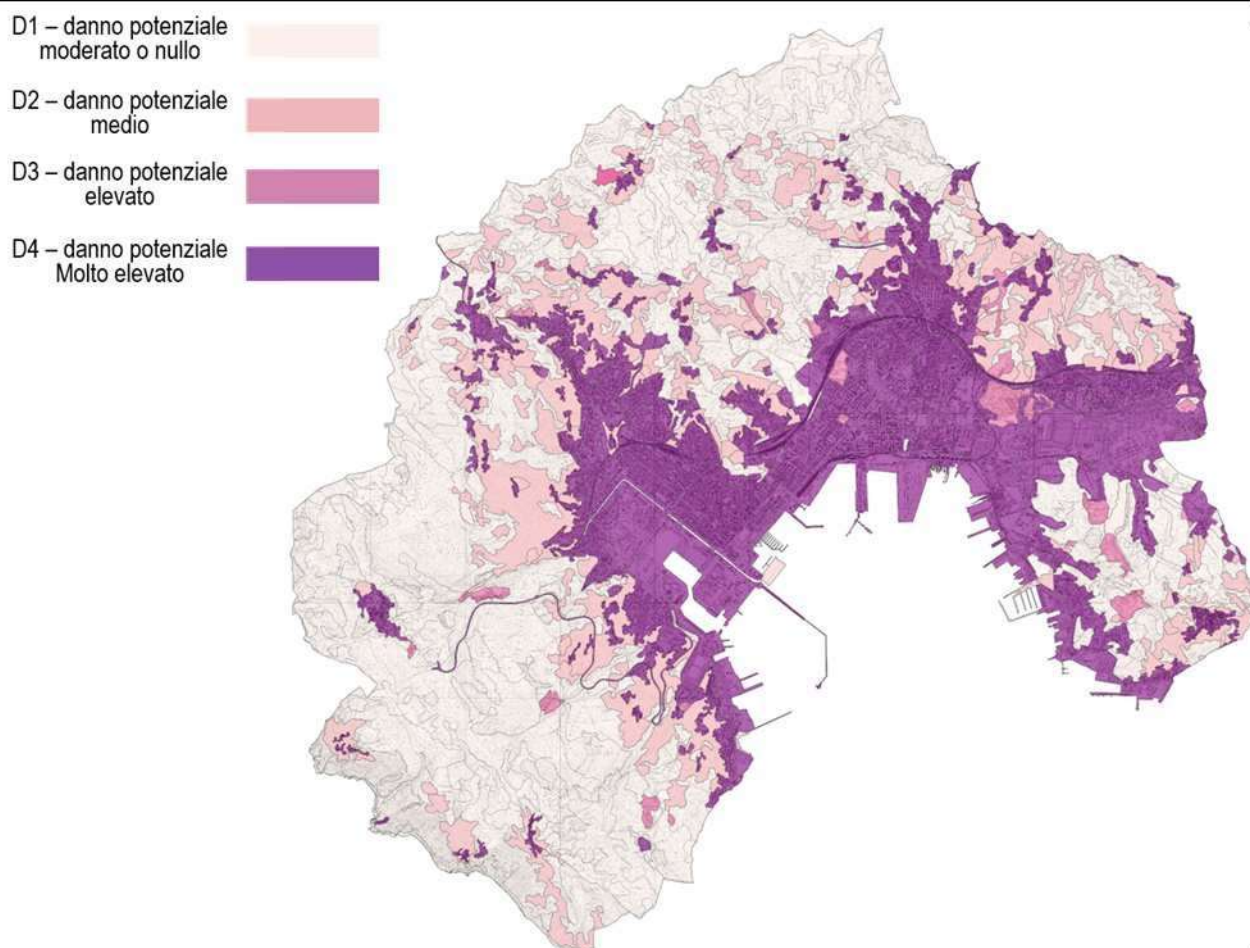


FIGURA 3-17 DISTRIBUZIONE DELLE AREE CLASSIFICATE IN FUNZIONE DEL DANNO ATTESO.

### 3.5 Stima del rischio da inondazione

Il rischio rappresenta il prodotto delle tre componenti pericolosità, esposizione e vulnerabilità. Il prodotto di esposizione e vulnerabilità a sua volta fornisce il danno potenziale; di conseguenza, il rischio può essere espresso anche come il prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento:

$$R=P \times E \times V=P \times Dp$$

con la seguente definizione dei fattori (MATTM, 2013):

- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.
- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area (S) e in un certo intervallo di tempo (T), di un fenomeno naturale di assegnata intensità o magnitudo (M), ovvero per il calcolo della pericolosità si usa la seguente formula  $P=S \times T \times M$ ;
- E (esposizione): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, etc.) e/o attività (economiche, sociali, etc.) esposte ad un evento naturale;
- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;



- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;

Il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 del D.L. 11.06.98, n. 180" definisce, con riferimento ad esperienze di pianificazione già effettuate, quattro classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche;
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Pertanto, definiti i 3 livelli di pericolosità (P3, P2, P1) e i 4 di danno potenziale (D4, D3, D2, D1) vengono di norma stabiliti i quattro livelli di Rischio conseguenti R4, R3, R2 e R1 e quindi redatta la carta del rischio.

Per il territorio del comune di la Spezia si hanno a disposizione due diverse informazioni per la stima del rischio da inondazione:

- la valutazione del rischio come stabilito dai PGRA per le aree perimetrate dai PAI nell'ambito del Dlg. 49/2010 ([http://www.appenninoseptentrionale.it/rep/UOM/UoM\\_RLi\\_pa\\_01.pdf](http://www.appenninoseptentrionale.it/rep/UOM/UoM_RLi_pa_01.pdf))
- il risultato della modellistica *Flood-SHE* che indica quale porzione di territorio possa subire una inondazione (1) o no (0), per tre tempi di ritorno ( $T_R = 20-50$ ,  $T_R = 100-200$  e  $T_R > 200$ ).

Nelle aree per le quali esiste la valutazione del rischio elaborata nell'ambito dei PGRA le porzioni di territorio comunale perimetrate dai PAI sono risultate tutte appartenenti alla classe di rischio più elevato (R4) come si evince dalla figura estratta dal documento del PGRA per il distretto Appennino settentrionale (bacino regionale della Liguria ITR071).

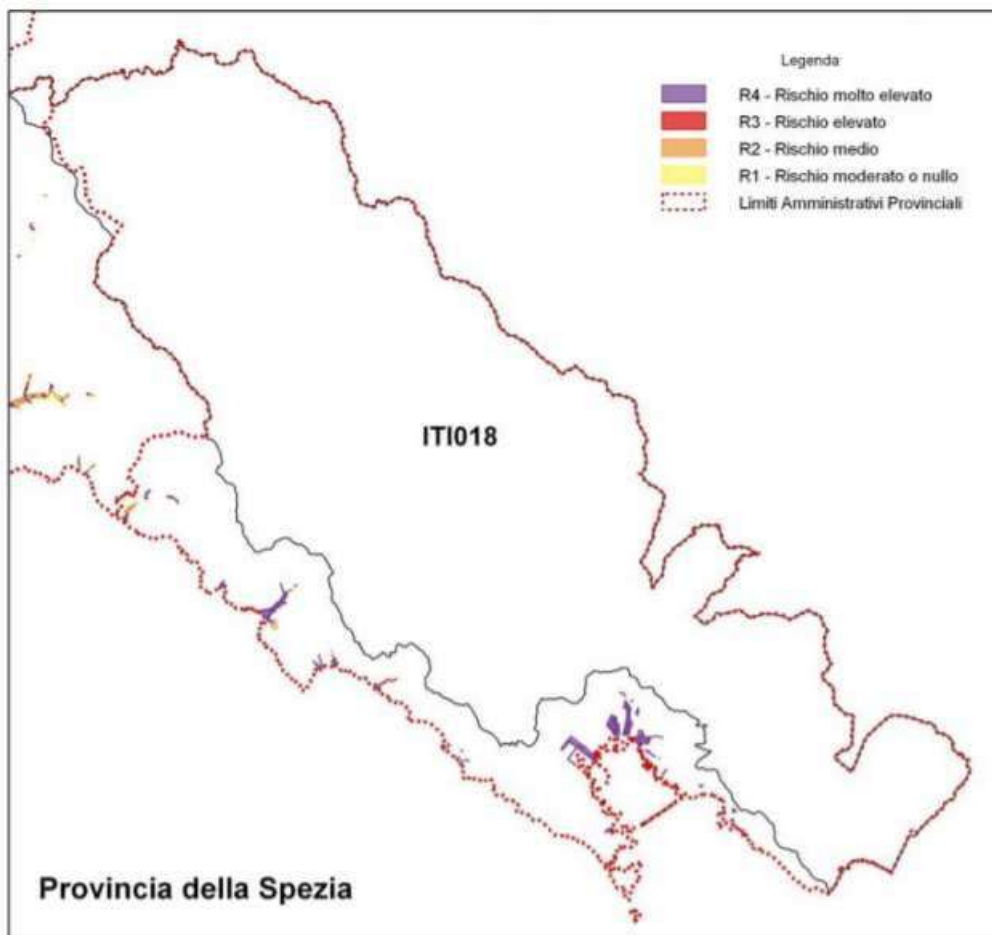


FIGURA 3-18 MAPPA DELLE CLASSI DI RISCHIO ESTRATTO DA PGRA.

Nelle aree non perimetrate dai PAI, ma identificate in tre classi di pericolosità con il modello *Flood-SHE* e, nota la classe di danno attribuita a ciascun edificio (cfr § 3.4), si è potuto assegnare a ciascun edificio la classe di rischio risultante, utilizzando la matrice di valutazione del rischio e assumendo vulnerabilità pari a 1 in accordo quanto disposto dal PGRA (Figura 3-19).

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

FIGURA 3-19 MATRICE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO COME DA PGRA.

La matrice di valutazione elaborata è stata utilizzata per l'elaborazione della carta di rischio per tutto il territorio comunale in Figura 3-20. La Figura 3-21 mostra degli ingrandimenti esplicativi di tale carta ottenuta a scala comunale. Si evidenzia come anche nelle aree al di fuori delle perimetrazioni PAI siano presenti degli edifici per i quali è stato stimato un rischio elevato.

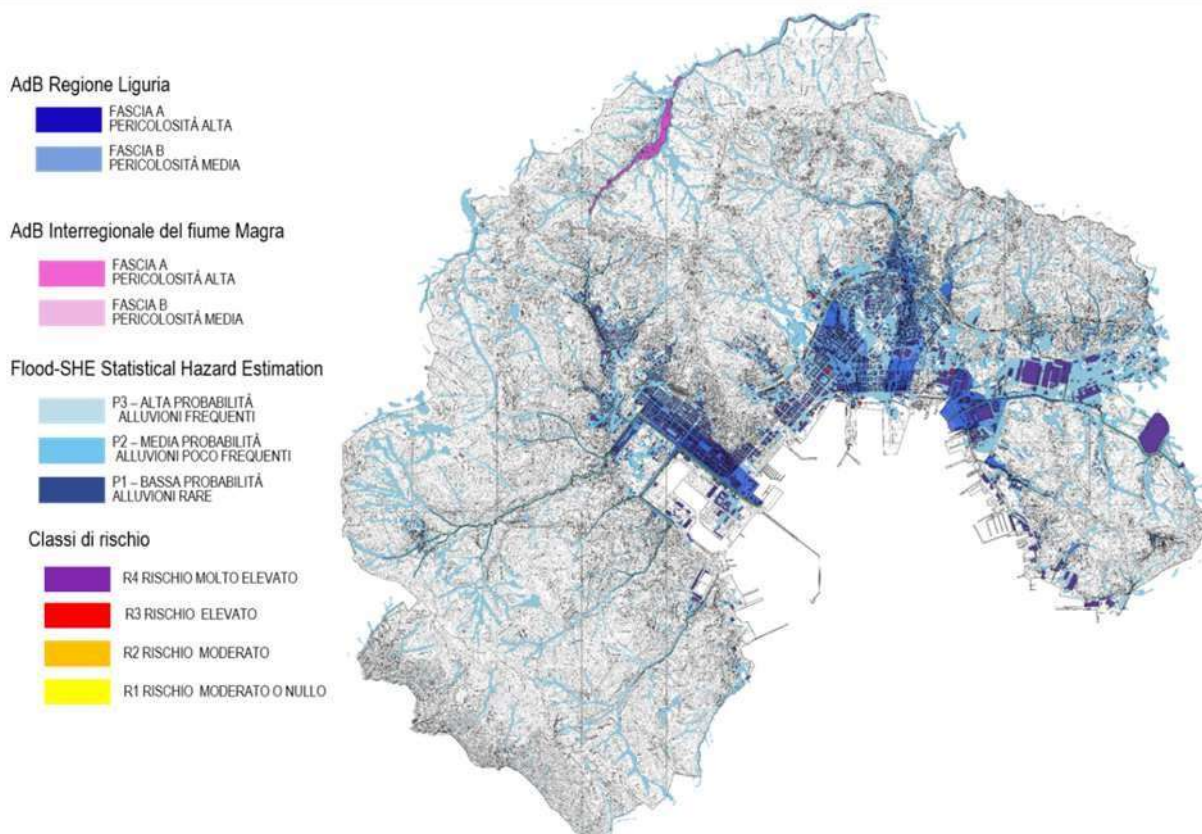


FIGURA 3-20 MAPPA DEL RISCHIO DA INONDAZIONE ELABORATA PER GLI EDIFICI DEL COMUNE DI LA SPEZIA. GLI EDIFICI SONO COLORATI IN BASE ALLA CLASSE DI RISCHIO ATTRIBUITA

Per le sole aree perimetrare dai PAI con pericolosità P3 e P2 si possono confrontare questi risultati con i dati emersi dal progetto "Sentinelle del territorio". In questo modo sarà possibile attribuire agli edifici un grado di vulnerabilità e quindi rimodulare le classi di rischio. I valori del rischio sono risultati molto elevati per tutte le aree di città. Analisi più di dettaglio per la valutazione del rischio richiederebbe uno studio idraulico di dettaglio che allo stato attuale non è disponibile.

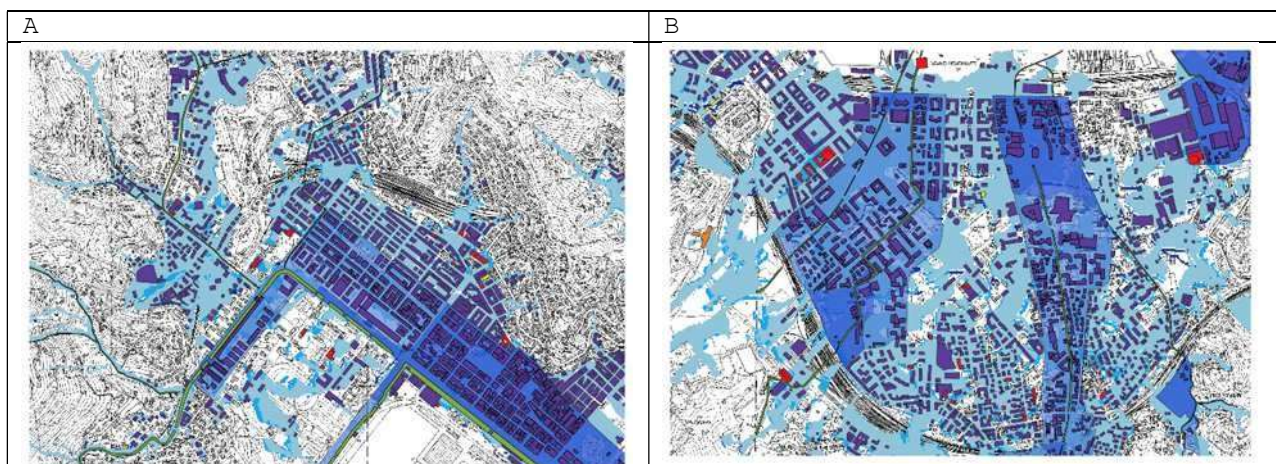


FIGURA 3-21 INGRANDIMENTI DELLA MAPPA DEL RISCHIO DA INONDAZIONE ELABORATA PER GLI EDIFICI DEL COMUNE DI LA SPEZIA. A) AREA DEL CANALE LAGORA, B) AREA DEI TORRENTI CAPPELLETTO E DORGIA. PER LA LEGENDA VEDI FIGURA FIGURA 3-20.

### 3.6 Stima del rischio per colate detritiche

Per le colate detritiche non si dispone di informazioni sulla ricorrenza temporale (T) né sulla intensità o magnitudo (M) degli eventi avvenuti. Per questo motivo si assume che la frequenza temporale e la magnitudo siano pari al valore di probabilità massima e quindi posti uguale ad 1. In questo modo la pericolosità corrisponde alla suscettibilità definita con il modello *r.randomwalk* suddivisa nelle cinque classi (1, 2, 3, 4 e 5). Si ribadisce che sotto tali assunzioni la stima delle pericolosità è da intendersi estremamente conservativa, ovvero rappresentativa delle peggiori condizioni. Analogamente a quanto fatto per le inondazioni, si sono considerati i valori di classe di danno per tipologia di esposto estratti dal PGRA. La matrice di riferimento del rischio elaborata di conseguenza è riportata in Tabella 3-8. Utilizzando questa matrice è stato calcolato il rischio per l'edificato dell'intero territorio comunale. La Figura 3-22 riporta la mappa di rischio per colate detritiche elaborata per tutto l'edificato del comune e la Figura 3-23 ne mostra degli ingrandimenti.

TABELLA 3-8 MATRICE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA COLATA DETRITICA

		classe di danno						classe di danno			
		1	2	3	4			1	2	3	4
classe di pericolosità	(0-0,2]	0,2	0,4	0,6	0,8	classe di pericolosità	1	R1	R1	R1	R2
	(0,2-0,4]	0,4	0,8	1,2	1,6		2	R1	R2	R2	R2
	(0,4-0,6]	0,6	1,2	1,8	2,4		3	R1	R2	R3	R3
	(0,6-0,8]	0,8	1,6	2,4	3,2		4	R2	R2	R3	R4
	(0,8-1]	1	2	3	4		5	R2	R3	R4	R4

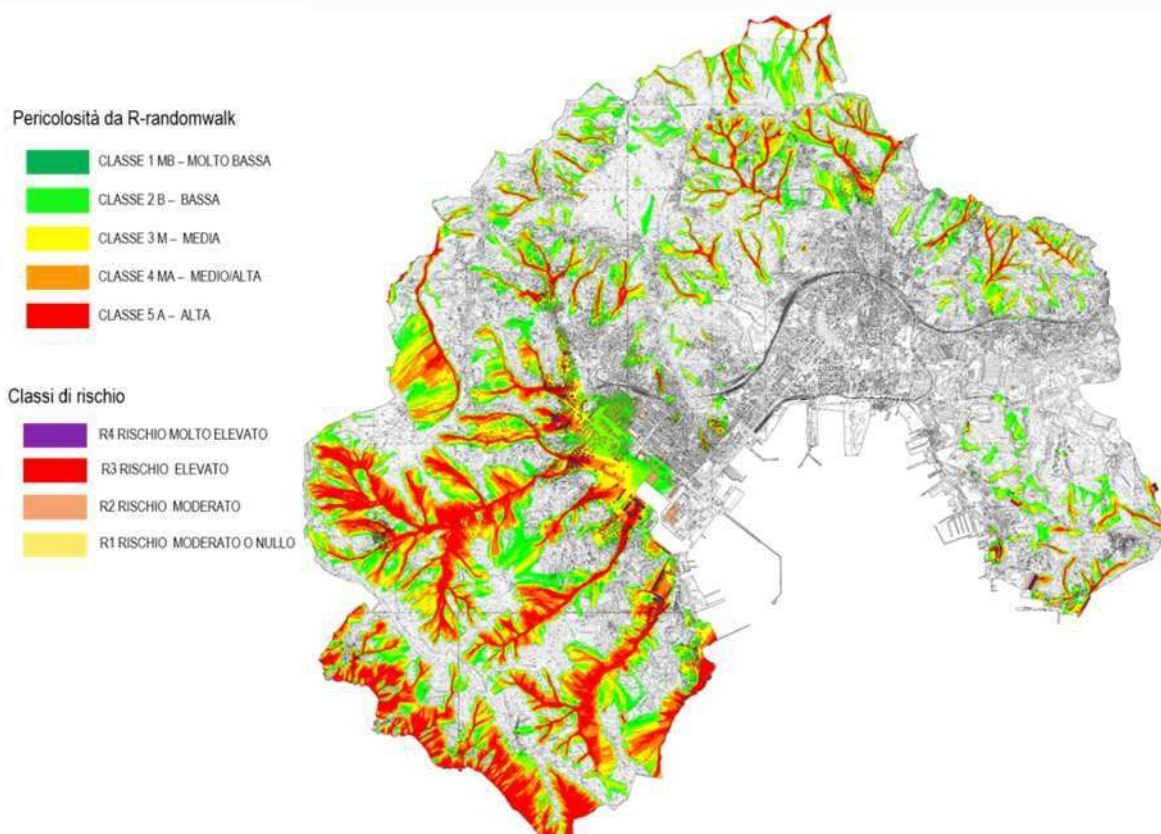


FIGURA 3-22 MAPPA DEL RISCHIO DA COLATA DETRITICA ELABORATA IN CONDIZIONI CONSERVATIVE (I.E. ASSUMENDO FREQUENZA TEMPORALE E MAGNITUDO MASSIME ATTESE) PER GLI EDIFICI DEL COMUNE DI LA SPEZIA

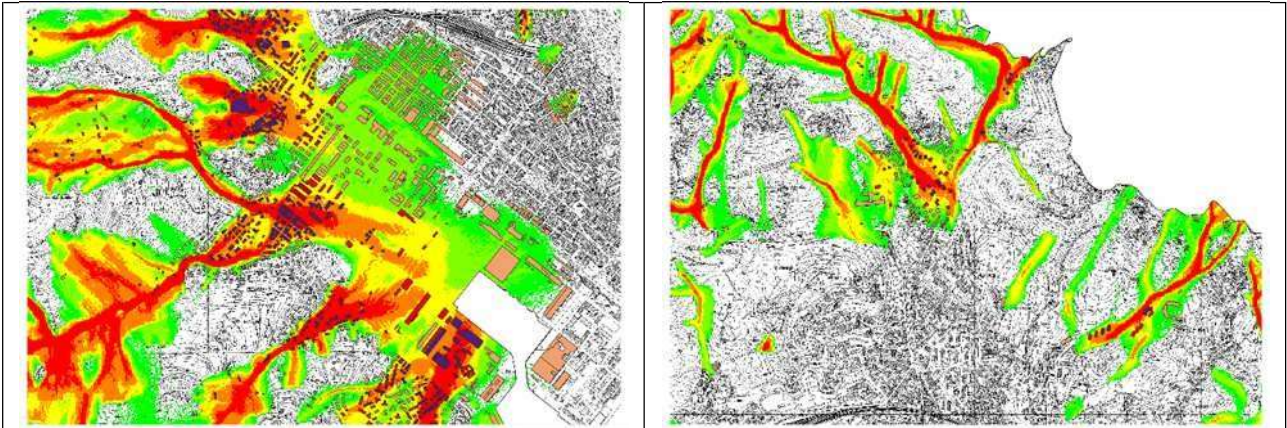


FIGURA 3-23 INGRANDIMENTI DELLA MAPPA DEL RISCHIO DA COLATA DETRITICA ELABORATA PER GLI EDIFICI DEL COMUNE DI LA SPEZIA. PER LA LEGENDA VEDI FIGURA FIGURA 3-20

## 4 Sintesi del profilo climatico locale

Il Profilo Climatico Locale è stato redatto in due diverse fasi la prima fase ha prodotto il documento "Profilo Climatico Locale" consegnato in data 1 agosto 2018 e la seconda fase ha prodotto il documento denominato "Integrazione Profilo Climatico Locale" che è stato redatto ad integrazione del primo ed è stato consegnato in data 19 dicembre 2018. In particolare tale documento ha avuto lo scopo di descrivere il profilo climatico locale del comune della Spezia, sulla base delle osservazioni e delle proiezioni climatiche attualmente disponibili. È stata caratterizzata la variabilità climatica locale osservata e sono state valutate le anomalie climatiche attese localmente, in futuro, per effetto dei cambiamenti climatici. L'analisi della variabilità climatica osservata è stata condotta sulla base dei dati di temperatura (minima e massima) e di precipitazione relativi alla stazione di misura di La Spezia per il periodo di osservazione 1981-2010. La serie temporale per la stazione di La Spezia è stata in parte ricostruita, tramite elaborazione statistica, per ottenere una serie completa, utilizzando le misure di temperatura e precipitazione registrate della stazione di Sarzana e quelli di precipitazione della stazione di Levante (FIGURA 4-1) (Regione Liguria, 2018; Faccini, 2018). In Tabella 4-1 sono riassunte le informazioni utili a descrivere la ricostruzione della serie dei dati per la stazione di misura di La Spezia. Le serie statistiche ricostruite sono da ritenersi affidabili sebbene contengano valori ricostruiti e non misurati.

TABELLA 4-1 INFORMAZIONI RELATIVE ALLE SERIE DI DATI DELLA STAZIONE DI LA SPEZIA E ALLA LORO RICOSTRUZIONE.

SERIE RICOSTRUITA	
data_inizio	01/01/1981
data_fine	31/12/2010
giorni_totali	10957
giorni_dato_prec	10931
giorni_gap_prec	26
giorni_dato_tmin	10317
giorni_gap_tmin	640
giorni_dato_tmax	10319
giorni_gap_tmax	638
perc_prec	99.8 %
perc_tmin	94.2 %
perc_tmax	94.2 %
SERIE ORIGINALE	
giorni_dato_originale_prec	2888
giorni_dato_originale_tmin	2861
giorni_dato_originale_tmax	2860
perc_dato_originale_prec	26.4 %
perc_dato_originale_tmin	26.1 %
perc_dato_originale_tmax	26.1 %
DATI RICOSTRUITI	
giorni_ricostruiti_prec	8043
giorni_ricostruiti_tmin	7456
giorni_ricostruiti_tmax	7459
perc_ricostruiti_prec	73.4 %
perc_ricostruiti_tmin	68 %
perc_ricostruiti_tmax	68.1 %

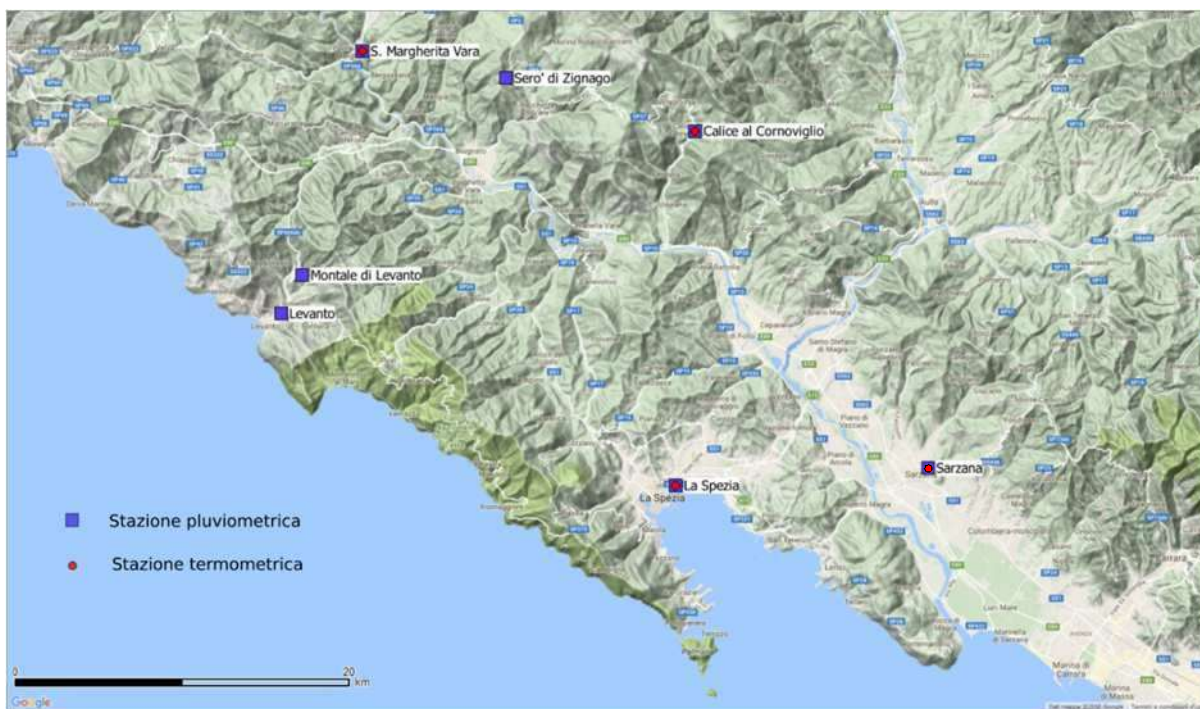


FIGURA 4-1 Localizzazione delle stazioni di misura di La Spezia, Sarzana e Levante.

Sono state analizzate le anomalie climatiche attese per alcuni indicatori opportunamente selezionati, per tre trentenni futuri di interesse (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. Le anomalie degli indicatori sono state calcolate, considerando i due diversi scenari RCP4.5 e RCP8.5, a partire dai dati simulati dei modelli climatici regionali attualmente disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX alla più alta risoluzione orizzontale di circa 12 km (<http://www.euro-cordex.net>).

In sintesi nella Tabella 4-2 e nella Tabella 4-3 sono mostrati i valori medi di precipitazione, di temperatura massima e di temperatura minima e i relativi percentili (5° e 95°) rispettivamente a scala stagionale e annuale. In termini di temperatura, si osserva una temperatura massima media di 28.6°C durante l'estate e una temperatura minima media di circa 5.4°C durante l'inverno. Invece in termini di precipitazione, l'autunno risulta essere la stagione più piovosa (con 376.0mm di pioggia) mentre l'estate è caratterizzata da precipitazioni basse di 122.3 mm. Inoltre, La Spezia risulta caratterizzata da precipitazioni annuali medie di 999.8 mm e da precipitazioni medie invernali di circa 279.8 mm, primaverili di 225.3 mm e autunnali di 376.0 mm; le precipitazioni estive medie risultano invece pari a 122.3mm.

TABELLA4-2 VALORI MEDI DI PRECIPITAZIONE, DI TEMPERATURA MASSIMA E DI TEMPERATURA MINIMA E I RELATIVI PERCENTILI (Q5=QUINTO PERCENTILE, Q95=NOVANTACINQUESIMO PERCENTILE) A SCALA STAGIONALE.

stagione	Media prec	q5 prec	q95 prec	Media tmin	q5 tmin	q95 tmin	Media tmax	q5 tmax	q95 tmax
<b>DGF (Dic-Gen-Feb)</b>	<b>279.8</b>	120.2	499.1	<b>5.4</b>	3.7	6.5	12.7	11.6	13.8
<b>MAM (Mar-Apr-Mag)</b>	<b>225.3</b>	119.2	396.7	10.2	8.8	11.1	18.7	17.3	20.0
<b>GLA (Giu-Lug-Ago)</b>	<b>122.3</b>	35.5	228.5	18.4	17.7	19.5	<b>28.6</b>	27.8	29.5
<b>SON (Set-Ott-Nov)</b>	<b>376.0</b>	136.0	663.1	12.8	11.0	14.8	21.2	19.4	22.6

TABELLA 4-3 VALORI MEDI DI PRECIPITAZIONE, DI TEMPERATURA MASSIMA E DI TEMPERATURA MINIMA E I RELATIVI PERCENTILI (Q5=QUINTO PERCENTILE, Q95=NOVANTACINQUESIMO PERCENTILE) A SCALA ANNUALE.

Media prec	q5 prec	q95 prec	Media tmin	q5 tmin	q95 tmin	Media tmax	q5 tmax	q95 tmax
999.8	628.8	1394.2	11.7	10.8	12.7	20.2	18.9	21.1

L'analisi della variabilità climatica è stata eseguita anche per serie temporali annuali di temperatura e precipitazione con valutazione dei trend di crescita/decrecita e della relativa significatività statistica tramite il Test di Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1962; Hirsch et al., 1982).

La serie temporale della temperatura minima è risultata l'unica per la quale il test di Mann Kendall abbia mostrato un test significativo (a livello di significatività del 95%) sul periodo di analisi (Figura 4-2) con un aumento di circa 0.1°C ogni due anni.

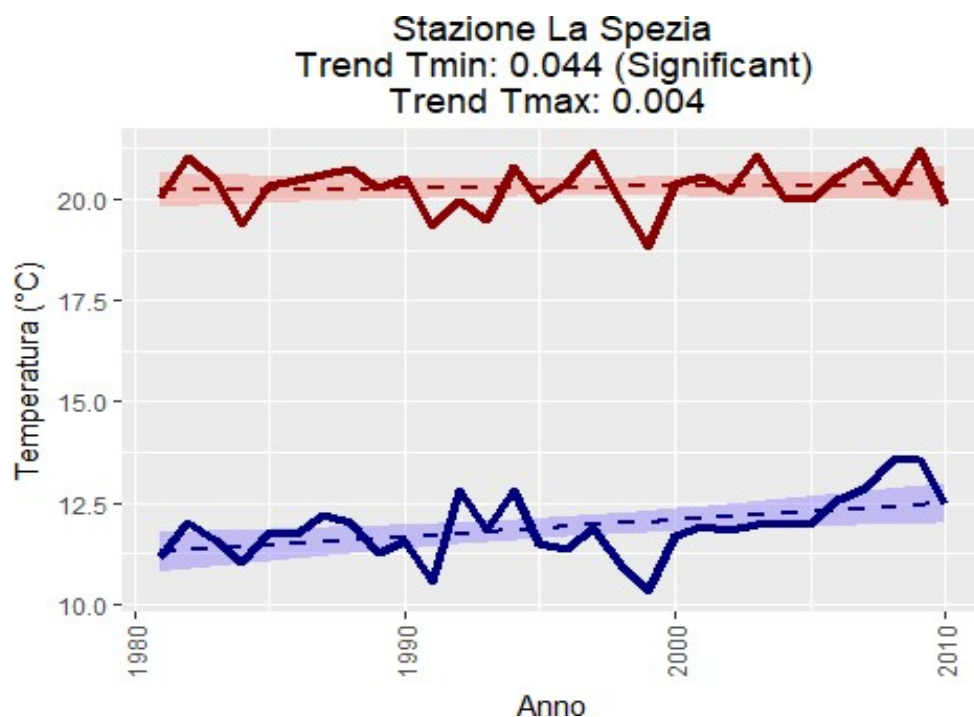


FIGURA 4-2 SERIE TEMPORALE ANNUALE DELLA TEMPERATURA MASSIMA (TMAX, LINEA ROSSA) E DELLA TEMPERATURA MINIMA (TMIN, LINEA BLU). LA LINEA DI TREND È RIPORTATA CON UNA LINEA NERA TRATTEGGIATA.

Per la definizione degli scenari climatici, diversi indicatori sintetici (medi e/o estremi) sono comunemente utilizzati in letteratura. Tali indicatori sono utili ai fini della conoscenza delle caratteristiche del clima locale e per avere evidenza dell'eventuale presenza di cambiamenti climatici già in atto. Gli eventi estremi sono definiti come eventi che differiscono, nelle loro caratteristiche, in maniera sostanziale dalla media climatologica dell'area. Essi possono essere analizzati attraverso un set di indicatori definiti in letteratura, ad esempio quelli resi disponibili dall'ETCCDI (ETCCDI, *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*). Tali indicatori descrivono principalmente l'intensità e la frequenza degli eventi estremi in termini di precipitazione e temperatura, e sono certamente molto utili per i successivi studi di settore volti a valutare i principali impatti locali del cambiamento climatico su cui si basano le strategie di adattamento. Nella Tabella 4-4 sono stati riportati alcuni degli indicatori ETCCDI, selezionati per descrivere la variabilità climatica dell'area geografica di interesse.



TABELLA 4-4 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI UTILIZZATI PER CARATTERIZZARE GLI EVENTI ESTREMI.

Acronimo	Indicatore
<b>SU</b>	( <i>summer days</i> ) numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C
<b>TN/TR</b>	( <i>tropical nights</i> ) numero di giorni all'anno con temperatura minima maggiore di 20°C
<b>R10</b>	numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore di 10 mm
<b>PRCPTOT</b>	cumulata (somma) della precipitazione annuale per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
<b>PRCPTOT DJF</b>	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
<b>PRCPTOT SON</b>	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi autunnali (settembre, ottobre, novembre) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
<b>PRCPTOT MAM</b>	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
<b>PRCPTOT JJA</b>	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi estivi (giugno, luglio, agosto) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
<b>RX1DAY</b>	massimo valore di precipitazione su 24 ore su scala annuale
<b>RR1</b>	numero di giorni all'anno dei giorni con pioggia maggiore o uguale ad 1 millimetro

La stazione di La Spezia è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C (SU) pari a 107, mentre il numero medio di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera maggiore di 20°C (TN) è pari a 30 (Tabella 4-5).

TABELLA 4-5 VALORI MEDI DEGLI INDICATORI SELEZIONATI PER IL PERIODO OSSERVATO 1981-2010 (GG=GIORNI).

SU	TN_TR	R10	PRCPTOT	PRCPTOT DJF	PRCPTOT MAM	PRCPTOT JJA	PRCPTOT SON	RX1DAY	RR1
gg/anno	gg/anno	gg/anno	mm/anno	mm/stagione	mm/stagione	mm/stagione	mm/stagione	mm/5gg	gg/anno
<b>107</b>	30	32	996	277	222	124	373	35	80

Nel documento Integrazione al Profilo Climatico Locale è stato inoltre fornito un quadro sintetico delle proiezioni climatiche future per il breve termine (2011-2040), medio termine (2041-2070) e lungo termine (2071-2100) utilizzando i dati simulati dai diversi modelli climatici regionali disponibili all'interno del programma EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>). Le proiezioni climatiche future sono state ottenute considerando due diversi scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5 al fine di valutare il valore medio (ensemble mean) delle proiezioni climatiche rispetto ai due scenari considerati e l'incertezza associata (Kotlarski et al., 2014; Jacob et al., 2014).

Tali analisi evidenziano un generale aumento delle temperature con intensità crescente sul lungo periodo e maggiore se si considera lo scenario RCP8.5. Considerando entrambi gli scenari, l'incremento maggiore è atteso in estate in tutti i 3 periodi analizzati; in particolare, con lo scenario RCP8.5, nel periodo più lontano (2071-2100) si raggiunge mediamente anche un aumento dei valori di temperatura di circa 4°C in estate.

In termini di precipitazione, in generale, si proietta una tendenza all'aumento delle precipitazioni annuali e anche stagionali, nei periodi di breve (2011-2040), medio (2041-2071) e lungo termine (2071-2100) con alcune eccezioni. Per quanto riguarda il periodo di breve (2011-2040) e medio (2041-2070) termine si nota una diminuzione delle precipitazioni estive considerando lo scenario RCP4.5. Si nota inoltre una tendenza alla diminuzione per la stagione primaverile per quanto riguarda il periodo a medio e lungo termine sempre considerando lo scenario RCP4.5.

Considerando invece lo scenario RCP8.5, si proietta a breve (2011-2040), a medio termine (2014-2070) e a lungo termine (2071-2100) una diminuzione delle precipitazioni primaverili e per lo scenario a lungo termine anche autunnali.

Infine, in termini di estremi nel comune di La Spezia in futuro è atteso un evidente aumento del numero di giorni all'anno con temperature massime maggiori di 25 °C (SU) e del numero di giorni con temperatura minima maggiore di 20 °C (TR).

In termini di precipitazione si evince una lieve diminuzione statisticamente significativa del numero di giorni con precipitazione maggiore o uguale a 1 mm (indicatore RR1) per lo scenario RCP8.5.

A tali analisi descritte in dettaglio nel documento Integrazione al Profilo Climatico Locale, sono state aggiunte analisi delle curve IDF (intensità, durata, frequenza) per valutare per diversi tempi di ritorno, la variabilità dell'intensità delle precipitazioni per varie durate. Tali analisi sono descritte in dettaglio nella sezione successiva.

## 5 Analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulle principali criticità locali

Lo sviluppo di un piano locale di adattamento al cambiamento climatico prevede prima di tutto l'analisi della condizione climatica (presente e futura) del territorio. Il PCL redatto nell'ambito del progetto ha avuto il principale obiettivo di verificare la presenza di trend per le variabili temperatura e precipitazione.

Per quanto riguarda la temperatura le analisi realizzate mostrano l'aumento di tale variabile (i.e. considerando diversi indici) nei diversi scenari climatici considerati. Tale risultato comporta un livello di attenzione elevato da parte della amministrazione comunale in quanto gli aumenti di temperatura previsti potrebbero avere conseguenze dirette nei confronti della popolazione (si pensi a possibili ondate di calore), o ad esempio conseguenze economiche per quanto riguarda l'agricoltura (scarsità idrica, incendi, perdita di suolo agrario), o anche a livello di dissesto idrogeologico (ad esempio in un ipotetico scenario di aumento di incendi dovuto a temperature più elevate, la propensione al dissesto per fenomeni geo-idrologici di tipo canalizzati è maggiore).

Per quanto riguarda la pioggia le analisi realizzate non hanno mostrato trend significativi anche vista l'estrema variabilità di tale variabile e degli indici derivati negli scenari climatici considerati. In aggiunta alle elaborazioni del profilo climatico, ai fini della valutazione dei possibili impatti della pioggia su fenomeni di tipo geo-idrologico, si è ritenuto necessario includere valutazioni delle curve Intensità-Durata-Frequenza (IDF) di pioggia. Tali valutazioni sono inoltre particolarmente utili anche per la progettazione di opere idrauliche che risentono significativamente di piogge ad alta intensità, la cui variabilità per vari tempi di ritorno può essere stimata attraverso le curve IDF. Per una più esaustiva descrizione di tali curve e della metodologia utilizzata per derivarle si rimanda alla successiva sezione.

### 5.1 Analisi intensità frequenza delle piogge

Come già accennato in precedenza i dati di precipitazione sono fondamentali per la progettazione idraulica come ponti, sfioratori, strutture di protezione dalle inondazioni e molte altre strutture di ingegneria civile che coinvolgono flussi idrologici. Tra queste, le opere di regolamentazione del drenaggio urbano, sono significativamente nell'ambito dei principali obiettivi del progetto ADAPT.

In particolare per il corretto dimensionamento di tali infrastrutture è necessario avere una stima della frequenza delle piogge con una data intensità o cumulata per varie durate, ma più in particolare per la stima della frequenza degli eventi estremi. Tali stime risultano complesse perché le precipitazioni estreme, per natura poco frequenti, non seguono necessariamente distribuzioni simili a quelle per le piogge di normale intensità o cumulata. La stima della frequenza parte innanzitutto dall'analisi dei dati storici (o come anche in questo studio proiettati) di precipitazione con l'obiettivo principale di definire curve Intensità-Durata-Frequenza (IDF) di pioggia.

Per ottenere analisi accurate è innanzitutto necessario avere stime affidabili dell'intensità delle precipitazioni. La curva IDF associa infatti stime delle intensità delle precipitazioni di diversa durata e dei periodi di ritorno. Il primo passo fondamentale per la determinazione delle curve IDF è l'identificazione della distribuzione delle intensità di pioggia corrispondenti a vari durate. Tale operazione può essere fatta utilizzando funzioni (i.e. modelli) di distribuzione empiriche o teoriche (e.g. tra le più comuni si possono citare le distribuzioni Generalized Extreme Value (GEV), Gumbel, Log normale, Log Pearson Type III). Nell'ambito del progetto ADAPT per le analisi IDF di seguito descritte si è deciso di utilizzare funzioni di distribuzioni empiriche e in particolare la Empirical Cumulative Distribution Function (ECDF). Tale scelta ha il vantaggio di pesare

significativamente la distribuzione dei dati empirici senza passare attraverso una modellazione che potrebbe avere come effetto principale il filtraggio o il lisciamento di alcune frequenze per date intensità di pioggia e così rendere meno evidenti alcune differenze nelle serie di pioggia analizzate. Insieme a quanto precedentemente descritto si evidenzia che utilizzando funzioni di distribuzione empiriche con campioni statistici significativi, si ottengono stime della frequenza di pioggia comparabili a quelle ottenute utilizzando modelli di distribuzione. Il limite principale di questo approccio è invece legato alla stima della frequenza/probabilità di eventi il cui tempo di ritorno sia maggiore della lunghezza del periodo di riferimento del campione di dati di pioggia utilizzato (e.g. con un campione di pioggia di 30 anni, le stime ottenute con distribuzione empiriche consentono di dire solamente se una data intensità o cumulata di pioggia ha un tempo di ritorno maggiore di 30 anni e non permettono di dire esattamente quanti anni esso corrisponde esattamente). Nell'ambito delle presenti analisi questo non rappresenta un limite perché ci si è limitati alle analisi delle frequenze per tempi di ritorno inferiori alle lunghezze delle serie di dati utilizzate e comunque pari al massimo a 25 anni (i.e. i tempi di ritorno considerati sono stati 1, 2, 5, 10 e 25 anni).

Le curve IDF sono state derivate ricostruendo in sequenza le tre seguenti funzioni per diverse durate di pioggia pari a 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 336 e 672 ore:

- a. funzione ECDF che esprime la probabilità di non superamento di una cumulata di pioggia per la durata considerata;
- b. funzione empiriche della distribuzione di frequenza che esprime la frequenza di non superamento di una cumulata di pioggia per la durata considerata;
- c. funzione empirica del tempo di ritorno che permette di stimare il tempo di ritorno associato ad una cumulata di pioggia per la durata considerata.

Una volta ottenute tutte le funzioni al punto c per ogni durata di pioggia considerata, è stato possibile ottenere per ogni tempo di ritorno i valori di intensità di pioggia associati ad ogni durata. Tali linee colorate diversamente in base al tempo di ritorno sono state riportate in un grafico log-log con assi x e y corrispondenti rispettivamente a durata e intensità di pioggia. Tale grafico, così ottenuto riassume le analisi IDF.

Ai fini delle valutazioni nell'ambito del progetto ADAPT le curve IDF sono state derivate per le serie di dati proiettati (i.e. modellati) e osservati oggettività delle analisi riportate nel profilo climatico, e in particolare per le serie di:

- I. Dati giornalieri previsti dai modelli climatici nel periodo 1981-2010 (con analisi di *hindcast*) nel comune della Spezia (Figura 5-1);
- II. Dati giornalieri previsti dai modelli climatici nel periodo 2011-2100 nel comune della Spezia considerando lo scenario RCP4.5 (Figura 5-2);
- III. Dati giornalieri previsti dai modelli climatici nel periodo 2011-2100 nel comune della Spezia considerando lo scenario RCP8.5 (Figura 5-3);
- IV. Dati giornalieri osservati nel periodo 1981-2010 nella stazione della Spezia opportunamente ricostruiti (Figura 5-4);

I dati sopra analizzati derivati dagli scenari climatici (punti I, II, III) sono ottenuti dalle medie dei valori di pioggia diversi *pixel* nel territorio di La Spezia ricavati per diversi *run* dei modelli climatici. Visto che tutti i dati delle serie sopra riportate sono giornalieri, le curve IDF ricavate da essi non permettono di analizzare le frequenze e i tempi di ritorno di piogge sub-giornaliere. Si ritiene comunque che ulteriori valutazioni che considerino periodi di pioggia sub-giornaliere sono possibili solo a scapito di una incertezza molto elevata.

In aggiunta alle serie sopra riportate (incluse nella caratterizzazione del profilo climatico) è stata anche utilizzata anche una serie di dati orari ottenuta dalla rete fiduciaria del Centro Funzionale Decentrato della Regione Liguria (ARPAL), della rete dei centri di Protezione Civile. Tale serie con un periodo di copertura massimo di 15 anni nel periodo 2002-2017 ha permesso di stimare le curve IDF per durate di pioggia sub-giornaliere caratterizzanti l'occorrenza di pioggia

a La Spezia nell'ultimo quindicennio. Vista la lunghezza del periodo di osservazione di 15 anni, per tali dati non è stata stimata la curva IDF per il tempo di ritorno pari a 25 anni. I risultati di tale analisi sono riportati in Figura 5-5.

Le analisi delle curve IDF ci permettono di evidenziare delle differenze, ma si ribadisce che tali differenze anche se visibili possono rientrare nei margini di incertezza degli scenari climatici considerati. Se si considerando ad esempio i risultati degli *hindcast* nel periodo 1981-2010 (Figura 5-1) e delle proiezioni nel periodo 2011-2100 (Figura 5-2 e Figura 5-3) si può osservare che in futuro le i valori medi di intensità associata a diverse durate di pioggia per omologhi tempi di ritorno sono in aumento. Le curve IDF ottenute invece con dati misurati giornalieri nel periodo 1981-2010 (Figura 5-4) e orari nel periodo 2002-2017 (Figura 5-5) mostrano nel periodo più recente un aumento delle intensità di pioggia almeno limitatamente a durate maggiori o uguali a 24 ore. Anche per queste due serie di dati si ribadisce comunque che sono da tenere in considerazione possibili incertezze legate alla ricostruzione delle serie di dati.

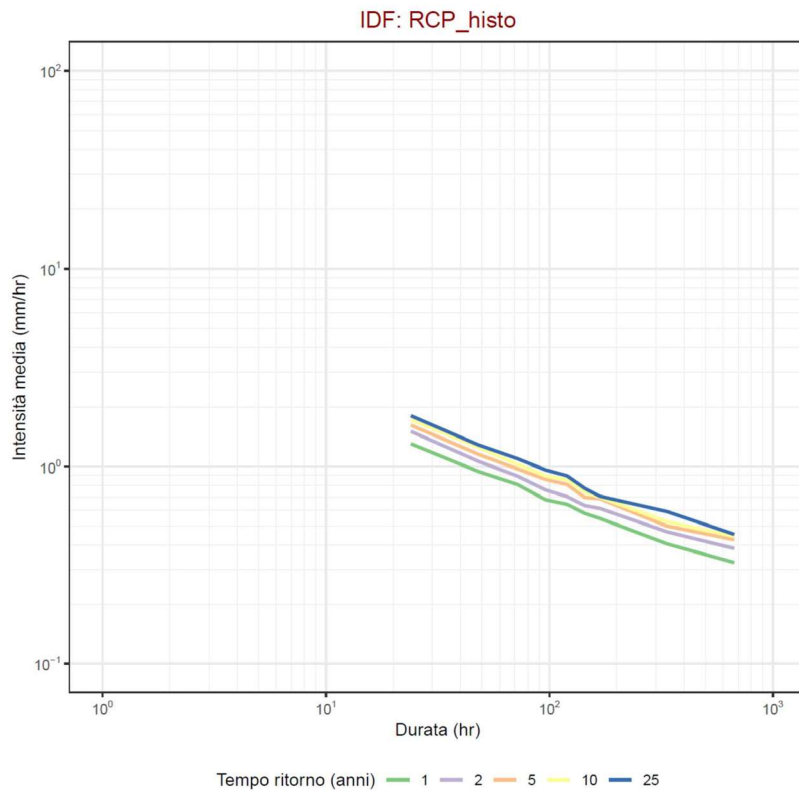


FIGURA 5-1 CURVE IDF OTTENUTE PER LA SERIE DI DATI GIORNALIERI PREVISTI DAI MODELLI CLIMATICI NEL PERIODO 1981-2010 (CON ANALISI DI *HINDCAST*) NEL COMUNE DELLA SPEZIA.

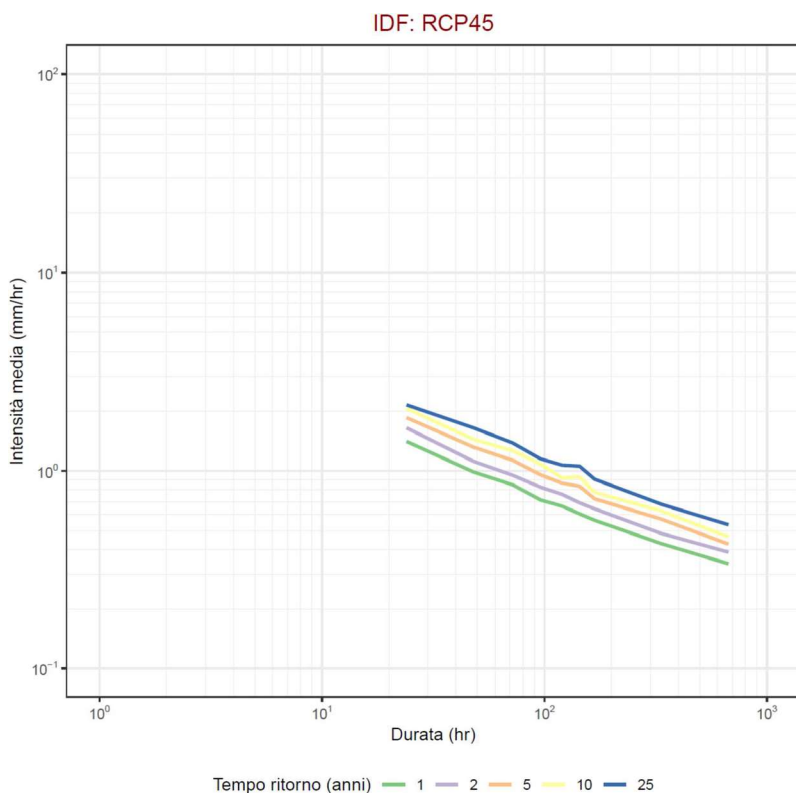


FIGURA 5-2 CURVE IDF OTTENUTE PER LA SERIE DI DATI GIORNALIERI PREVISTI DAI MODELLI CLIMATICI NEL PERIODO 2011-2100 NEL COMUNE DELLA SPEZIA CONSIDERANDO LO SCENARIO RCP4.5.

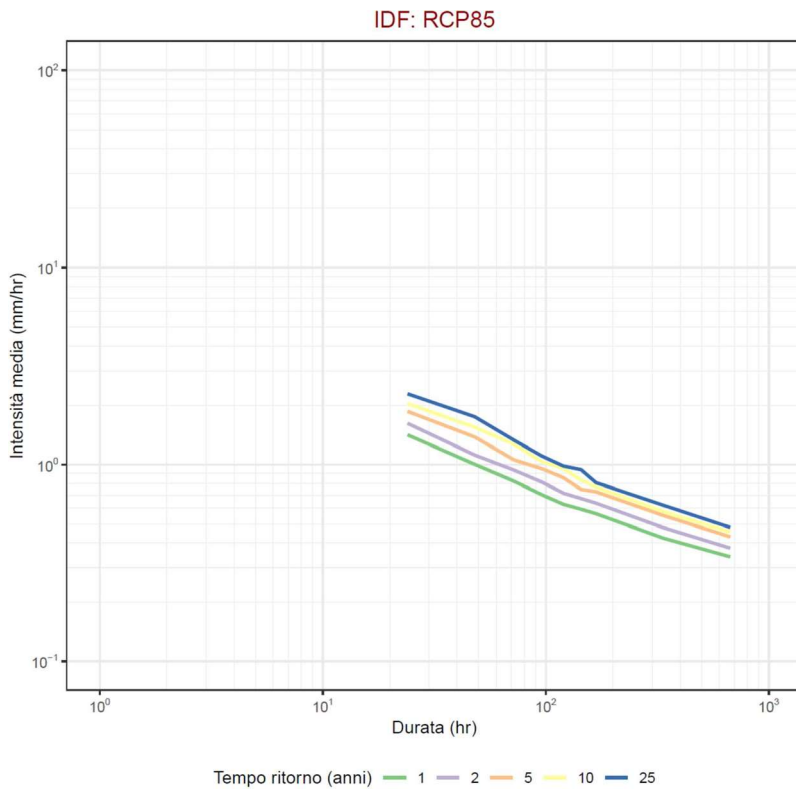


FIGURA 5-3 CURVE IDF OTTENUTE PER LA SERIE DI DATI GIORNALIERI PREVISTI DAI MODELLI CLIMATICI NEL PERIODO 2011-2100 NEL COMUNE DELLA SPEZIA CONSIDERANDO LO SCENARIO RCP8.5.

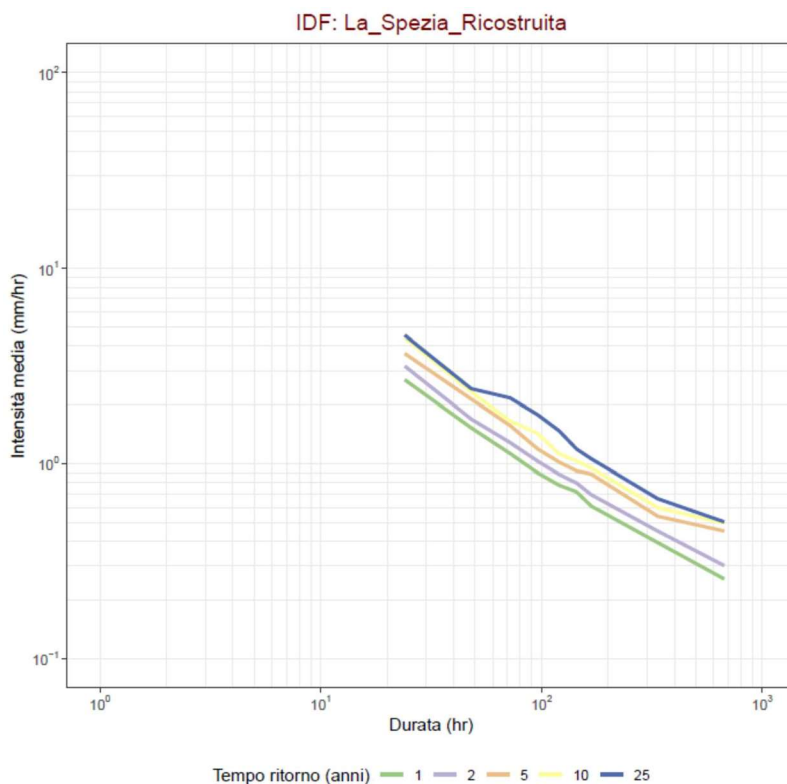


FIGURA 5-4 CURVE IDF OTTENUTE PER LA SERIE DI DATI GIORNALIERI OSSERVATI NEL PERIODO 1981-2010 NELLA STAZIONE LA SPEZIA OPPORTUNAMENTE RICOSTRUITA.

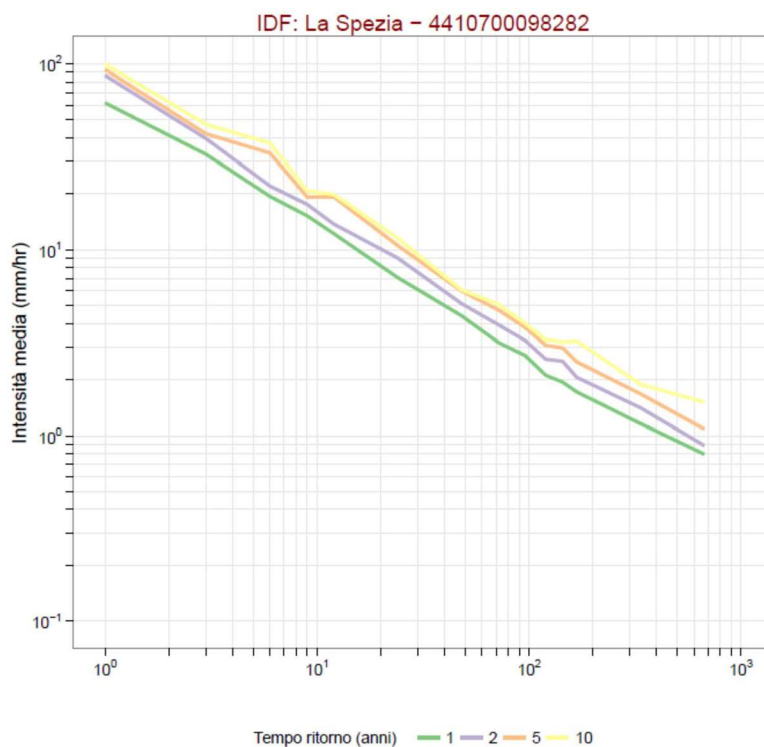


FIGURA 5-5 CURVE IDF OTTENUTE PER LA SERIE DI DATI ORARI DELLA STAZIONE LA SPEZIA DELLA RETE FIDUCIARIA DELLA PROTEZIONE CIVILE NEL PERIODO 2002-2017.

## 5.2 Considerazioni sulla variazione delle principali criticità locali

Anche se non sempre tutte le analisi statistiche sono risultate significative soprattutto a causa delle incertezze modellistiche, emerge comunque una tendenza significativa all'aumento delle temperature e di vari indici basati su di esse, e alcune indicazioni di aumento delle piogge e delle intensità di pioggia in futuro (e.g. analisi curve IDF).

Risulta evidente che tali risultati comportano un livello di attenzione elevato da parte della amministrazione comunale. Infatti aumenti di temperatura previsti potrebbero avere conseguenze dirette nei confronti della popolazione (si pensi a possibili ondate di calore), alla disponibilità di risorse idriche (per effetto dell'aumento di periodi siccitosi), o anche conseguenze economiche per quanto riguarda l'agricoltura (scarsità idrica, incendi, perdita di suolo agrario). Possibili impatti possono essere attesi anche a livello di dissesto idrogeologico sia per effetto dell'aumento delle temperature che delle precipitazioni.

Prendendo ad esempio in un ipotetico scenario di aumento di incendi dovuto a temperature più elevate (scenario ritenuto significativo nella analisi realizzate), la propensione al dissesto per fenomeni geo-idrologici di tipo canalizzati è da considerarsi in aumento, visto che in aree incendiate si osservano significativi aumenti dei deflussi idrici superficiali.

Chiaramente qualora si osservino in futuro aumenti della intensità di pioggia corrispondenti a vate durate, si capisce che il principale effetto a terra sia l'aumento dei deflussi idrici, in particolare in occasione degli eventi di pioggia più intensi con conseguente aumento della possibilità di occorrenza di fenomeni di erosione canalizzati.



## 6 Obiettivi strategici delle azioni

### 6.1 Premessa

Un Piano di Azione Locale individua e descrive, in relazione a ciascuna delle criticità individuate dal Profilo Climatico Locale e dall'analisi di vulnerabilità, le principali linee di azione (di adattamento) con cui il Comune intende "adattarsi" ai cambiamenti indotti dal mutarsi del clima fronteggiandone le criticità. Le specifiche e concrete azioni devono rispondere ad obiettivi specifici e misurabili i quali, a loro volta, discendono da obiettivi strategici più generali; il principio di fondo degli obiettivi strategici è, da un lato, quello di minimizzare i rischi derivanti dai cambiamenti climatici e dall'altro di permettere al territorio di sfruttare eventuali opportunità derivanti da tali cambiamenti.

Nell'ambito del rischio alluvioni e di allagamento, riferendosi con questa definizione rispettivamente al tema delle alluvioni dei corsi d'acqua e a quello della inefficienza del sistema di smaltimento urbano delle acque meteoriche, si possono individuare i seguenti obiettivi specifici di intervento:

- aumentare la resilienza della comunità locale (popolazione, enti, aziende, stakeholder, ecc.);
- aumentare la resilienza dei beni a rischio (infrastrutture, patrimonio culturale, ecc.);
- migliorare la risposta idrologica e idraulica del territorio e della città (misure progettuali e pianificatorie).

Appare del tutto ineludibile che la definizione degli obiettivi e conseguentemente delle azioni, deve essere strettamente incentrata sulle reali esigenze locali, poiché è a livello locale che gli impatti legati al clima sono direttamente e principalmente percepiti. Secondo quanto indicato dalla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC) e dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), le principali azioni di adattamento, così come riportate nella tabella sottostante, possono essere sintetizzate come segue:

- *soft* o non infrastrutturali. Si tratta di azioni che non richiedono interventi diretti ma che contribuiscono ad aumentare la capacità adattiva di un territorio (divulgazione di maggiore conoscenza e sviluppo di un contesto organizzativo, istituzionale e legislativo favorevole);
- *grey* o infrastrutturali. Si tratta di azioni che propongono un miglioramento e/o l'adeguamento di impianti e infrastrutture per i rischi connessi al dissesto geologico e/o idraulico;
- *green* o basate su un approccio eco-sistemico. Si tratta di azioni basate sull'utilizzo o sulla gestione sostenibile dei "servizi" naturali del territorio inclusi quelli ecosistemici (*Nature Based Solution*).

OBIETTIVI SPECIFICI	Azioni <i>soft</i>	Azioni <i>grey</i>	Azioni <i>green</i>
<b>Resilienza della comunità</b>	Azioni nel campo della formazione e dell'informazione, nel campo della <i>governance</i> e della gestione dell'emergenza, etc.	Monitoraggio e allertamento	
<b>Resilienza dei beni</b>		Monitoraggio e allertamento, adeguamento strutturale	
<b>Risposta idrologica e idraulica del territorio/città</b>		Adeguamento strutturale	Buone pratiche nel settore del <i>greening</i> urbano e della gestione delle acque

Diversi sono i criteri che possono essere utilizzati per la valutazione delle azioni di adattamento tra i quali: efficacia, efficienza economica, effetti di secondo ordine, performance in presenza di incertezza, considerazioni per l'implementazione politica. Nella scelta delle azioni può essere valutato se utilizzare tutti o solo alcuni di questi criteri in funzione delle diverse finalità individuate.

È del tutto evidente che il quadro strategico delle azioni da prevedere nell'ambito del Piano di Adattamento deve assumere coerenza anche e soprattutto a livello degli strumenti di pianificazione e di governo del territorio e a quello della gestione degli interventi, ai quali dovranno essere affiancati nuovi strumenti, regolamenti e linee guida incentrati sulla progettazione e realizzazione delle opere di difesa idraulica ed infrastrutturali, sui concetti di invarianza idraulica e idrologica, sulla Polizia Idraulica e Rurale e sui sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUSD). La scelta degli obiettivi e l'identificazione delle azioni di adattamento a scala locale, sia a breve che a medio-lungo termine, potranno trovare concretezza applicativa, espletati i necessari processi decisionali e valutativi, negli strumenti e dispositivi di natura pianificatoria e normativa in grado di orientare il Comune e la collettività verso una gestione più sostenibile delle acque, dell'assetto fisico-spaziale della città e del territorio, del paesaggio e del rapporto uomo/fiume, ridando all'acqua lo spazio di cui ha bisogno, sottratto dalla progressiva urbanizzazione del territorio.

Gli strumenti di pianificazione e di governance sono infatti strumenti capaci di incidere capillarmente ed in maniera diffusa sul territorio che, se ben orientati, potrebbero invertire tendenze consolidate responsabili degli aspetti più problematici legati alle condizioni dei bacini idrografici e dei corsi d'acqua oltre a contribuire al buon funzionamento del sistema di drenaggio urbano. Questo consentirebbe il raggiungimento dei seguenti risultati:

- consapevolezza della stretta dipendenza tra scelte di piano e problematiche idrauliche;
- aumento della sensibilità dello strumento urbanistico verso i temi del drenaggio urbano e sul monitoraggio dell'ambito fluviale;
- applicazione di criteri e buone pratiche di progettazione urbana finalizzati ad aumentare la sicurezza idraulica;
- inserire all'interno dell'apparato normativo vigente del PUC opportuni accorgimenti per il potenziamento delle prestazioni di carattere ecologico e alcune regole fondamentali per il risparmio delle risorse idriche e di gestione delle acque;
- trattamento coordinato tra diversi enti competenti sul tema delle acque a superamento dei confini amministrativi e della settorialità degli strumenti e delle politiche;
- migliore approfondimento sulla valutazione del rischio alluvioni, valutazione delle vulnerabilità, programmi e politiche per la manutenzione del territorio derivanti da una gestione condivisa del quadro conoscitivo e delle sue necessarie ricadute sulla disciplina sul governo del territorio.

Le proposte che seguono sono pertanto un riepilogo non esaustivo dei necessari adattamenti degli aspetti regolamentari della strumentazione vigente per poter implementare le pratiche che, a diversi livelli, discendono dalle nuove necessità di adattamento al rischio; ciò anche in ragione delle innovazioni legislative intervenute nell'arco degli ultimi 20 anni. Adattamento, dunque, e svecchiamento anche e prima di tutto degli strumenti in grado di sostenere, ad ampio raggio e a lungo termine, le azioni.

## 6.2 Interdisciplinarietà

A complemento di quanto evidenziato in premessa, pare altrettanto ovvio che il perseguimento degli obiettivi e delle innovazioni della strumentazione non possa che avvenire attraverso un lavoro di rete nell'ambito delle competenze coinvolte:

l'urbanistica non potrà che integrarsi appieno con gli studi e le valutazioni di natura ambientale, geologica, idrologico-idraulica ed ecologico-naturalistica.

### 6.3 Aggiornamento del quadro delle conoscenze

Affinché possano essere predisposti i necessari aggiornamenti degli strumenti regolamentari e pianificatori a supporto della scelta delle azioni ritenute prioritarie, si ritiene indispensabile approfondire il quadro conoscitivo del territorio in tutte le sue sfaccettature, dai temi geologici s.l. a quelli idrologico-idraulici, dallo stato corrente di efficienza delle reti di scolo di drenaggio urbano alla valutazione del profilo climatico locale già sviluppato (con tutte le sue valutazioni sull'influenza dei cambiamenti climatici sulle criticità e rischi da alluvione e allagamenti). In tal senso si dovrà integrare ed aggiornare il quadro delle conoscenze in merito:

- alla ricognizione di piani, programmi e progetti afferenti alle tematiche ambientali (territorio, geologia, idrologia, idraulica, ecc.) con una particolare attenzione alle relazioni di scala sovracomunale;
- alla ricognizione sintetica e qualitativa dei fenomeni di degrado e compromissione dei sottobacini presenti all'interno del territorio comunale relativi a criticità ambientali, dissesti idrogeologici, sottoutilizzo, abbandono e dismissione;
- ai dati sull'uso del suolo, analizzando e rappresentando la capacità drenante del territorio comunale al fine di evidenziare le differenti condizioni di permeabilità superficiale sia negli ambiti urbanizzati che in quelli aperti;
- all'evoluzione per soglie temporali del consumo di suolo attraverso banche dati disponibili, ove esistenti;
- ai caratteri e all'ubicazione di aree con patrimonio edilizio dismesso o sottoutilizzato che possono essere riqualificate e de-impermeabilizzate;
- all'individuazione a scala locale di aree del territorio comunale caratterizzate da problematiche idrologico-idrauliche tali da comportare l'attivazione di specifiche politiche, strategie e regole;
- alla perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica e alla definizione del rischio e delle criticità del territorio comunale sulla base di uno studio idraulico di dettaglio ad integrazione del quadro conoscitivo dello strumento sovraordinato;
- alla mappatura della rete di drenaggio urbano e del suo stato di efficienza.

Quanto sopra anche al fine di implementare ed aggiornare la conoscenza della strumentazione sovraordinata quale ad esempio quella dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale.

### 6.4 Punti strategici

Per semplificare, i punti sui quali sembra strategico intervenire nell'ottica di aggiornare e adattare la strumentazione vigente in ordine ai principi di adattamento sono almeno cinque, sia al livello della pianificazione che a quello regolamentare e gestionale degli interventi. Appare ovvio che, pur avendo identificato per chiarezza espositiva i differenti punti, gran parte delle azioni assumono una valenza molteplice sui vari aspetti considerati, essendo ogni intervento inserito in una rete di relazioni che unisce le diverse componenti strategiche in modo complesso.

#### a) Permeabilità dei suoli

Il PUC vigente, nato sotto il profilo disciplinare ormai vent'anni fa, identifica regole urbanistico ecologiche accurate nell'ambito della disciplina della trasformazione urbana, che meritano oggi di essere adeguatamente articolate in relazione al presente piano. I piani d'area e i distretti di trasformazione sono accompagnati da parametri relativi alle aree di cessione,

al verde e alla permeabilità dei suoli, nonché da schemi di assetto ambientale che integrano le componenti di disegno insediativo. I parametri di permeabilità e verde tornano ad essere cogenti anche negli interventi di piccola dimensione, le edificazioni ad intervento diretto. Restano invece scoperti da parametri ecologici cogenti le numerose aree di ricomposizione urbana e ad attuazione convenzionata che investono diffusamente il territorio urbanizzato e, in misura minore, le frange pedecollinari.

Ad uno sguardo "contemporaneo" e alla luce degli esiti reali delle - peraltro assai limitate - attuazioni di distretti e piani d'area possiamo affermare che gli spazi verdi e la permeabilità dei suoli siano senza dubbio un fattore da potenziare e da rendere più incisivo nelle componenti strutturali delle trasformazioni urbanistiche, soprattutto in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici. In particolare la permeabilità dei suoli può diventare un parametro strategico nella gestione degli interventi disciplinati da perequazione urbanistica sopra citati. Il caso di Bologna, che ha declinato i parametri ecologici del piano anche in base alla distribuzione e alla età della popolazione, costituisce un esempio significativo che impone una seria riflessione sul tema e una rivisitazione della nostra strumentazione ecologico-urbanistica. È in altri termini necessario focalizzare tra le varie compensazioni previste nell'ambito degli interventi urbanistici la componente relativa all'indice di permeabilità, dalla piccola alla grande dimensione. Nella concretezza, questo primo punto potrebbe, una volta stabiliti e vagliati gli indirizzi politico-amministrativi da parte degli organi di governo della città, trovare attuazione nella definizione dei criteri per i piani di rigenerazione urbana, di cui ai successivi punti.

#### b) Invarianza idraulica e idrologica

L'invarianza idraulica è il principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione; l'invarianza idrologica è il principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

Ad oggi il piano urbanistico è totalmente sprovvisto di una valutazione adeguata della compatibilità delle previsioni con i concetti di invarianza idraulica/idrologica connessi con le trasformazioni territoriali, finalizzata ad una migliore protezione idraulica e ambientale del tessuto urbano e di quello periferico e garantire un corretto funzionamento della rete di drenaggio urbano. Su questa tematica si riscontra una grave carenza e occorre operare urgentemente. Si segnala infatti una profonda discrasia tra il PUC e il Piano di Bacino vigenti, sia in termini di invarianza idraulica che di permeabilità dei suoli; infatti nell'articolato normativo del Piano di Bacino Ambito 20, al fine di mitigare gli effetti degli interventi che producono impermeabilizzazione dei suoli nonché di migliorare il sistema di smaltimento delle acque superficiali e favorirne il riuso, sono stati definiti indirizzi vincolanti, sia a livello pianificatorio che in fase di progettazione di singoli interventi, che avrebbero dovuto essere stati recepiti dallo strumento urbanistico comunale.

Lo strumento regolamentario dovrebbe pertanto prevedere i requisiti di invarianza idraulica/idrologica ogni qualvolta un determinato intervento, sia esso una nuova costruzione, un ampliamento, una ristrutturazione urbanistica, ecc., impatti in maniera significativa sul territorio, definendone i contenuti progettuali indispensabili a supporto dell'intervento stesso (progetto di invarianza idraulica/idrologica), come già in uso per la Città metropolitana di Genova. Con le finalità di un miglior governo delle acque, lo strumento dovrebbe prevedere una scala di priorità nella gestione dello "smaltimento" dei volumi derivanti da impermeabilizzazione, quale in ordine decrescente: (1)

riuso dei volumi stoccati (innaffiamento, lavaggio pavimentazioni, ecc.); (2) infiltrazione nel sottosuolo; (3) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale; (4) scarico nel sistema di drenaggio urbano (da consentire solo a valle dell'impossibilità delle precedenti modalità). Risulta chiaro che le misure di invarianza idraulica e idrologica, applicate per promuovere la partecipazione di ogni proponente agli oneri connessi all'impatto idrico e ambientale nonché all'incremento del rischio idraulico conseguente agli interventi di cui sopra, debbano essere differenziate in funzione delle caratteristiche di permeabilità del suolo, all'importanza degli interventi, delle caratteristiche del reticolo di smaltimento, delle caratteristiche dei sistemi di drenaggio urbano/extraurbano oggetto di nuovo apporto di acque meteoriche e della dipendenza degli effetti di nuovo apporto sui recettori finali in termini di capacità idraulica dei tratti soggetti ad incremento di portata.

La differenziazione di cui sopra richiede necessariamente, come già in precedenza segnalato, un approfondimento del quadro conoscitivo territoriale in merito alla permeabilità dei suoli delle aree urbane (soprattutto) e di quelle extraurbane, delle criticità idrauliche del reticolo idrografico principale e anche di quello minuto, dell'efficacia del sistema di drenaggio urbano, ecc., non dimenticando l'urgenza di redigere quanto prima un dettagliato studio idraulico esteso alle porzioni più significative del territorio comunale.

#### c) Reti ecologiche e verde urbano

Il principio di continuità ecologica deve essere totalmente rivalutato e approfondito. Le indicazioni che si ricavano dal PUC attuale nei distretti di trasformazione quanto alla formazione di corridoi ecologici sono da rendere normativamente più efficaci a beneficio della rete ecologica urbana. Potrebbe rivelarsi fortemente incisivo per le ricadute sull'adattamento climatico, sull'esempio delle città francesi, disegnare una rete verde e blu "forte", a valenza strutturale, capace di integrare la continuità della rete ecologica regionale (RER) anche in ambito urbano. Le ricadute climatiche e in termini di aumento della resilienza di un rafforzamento della rete sarebbero evidentemente di grande rilievo. Il disegno della rete, espletate le necessarie analisi, può essere prodotto in tempi relativamente brevi e potrebbe, in via sperimentale, rientrare negli strumenti definiti ai punti precedenti.

Appare ineludibile, alla luce dei cambiamenti climatici in atto e delle oramai superate previsioni infrastrutturali del PUC che prevede ancora in alcuni casi la possibilità di tombinature per la realizzazione di strade, la necessità, ove questo sia possibile, della riapertura e della rinaturalizzazione di tratti di rogge e canali tombinatial fine di tutelare la risorsa idrica, migliorare la risposta idraulica, aumentarne la visibilità nell'ambito urbano e la sensibilizzazione degli abitanti.

#### d) Consumo di suolo

Il tema è vasto e ampiamente trattato in letteratura. Pare oggi un traguardo condivisibile quello di avere eliminato gran parte delle previsioni residuali di espansione in area collinare, portando a termine il disegno dell'attuale amministrazione che all'inizio del 2018 ha prodotto due varianti al PUC vigente per azzerare le espansioni più rilevanti sul territorio pedecollinare, a Valdellora e Costa di Murlo. Vero è che, da un punto di vista legislativo, il disegno di legge sul consumo di suolo è ancora fermo. Ma è altrettanto vero che nelle prassi urbanistiche più avanzate è ormai diventato un obiettivo costante la formulazione di piani a consumo di suolo zero, a fronte del riconoscimento della fine della fase storica di espansione delle città. Ed è altrettanto vero che il codice dei contratti individua, nei criteri per la

valutazione delle opere pubbliche, la minimizzazione del consumo di suolo come elemento di rilevanza.

#### e) Campagna urbana e terre incolte

E' senz'altro necessario procedere nel percorso avviato con il progetto Campagna Urbana. Ci sono alcune piccole aree di proprietà comunale nel tessuto urbano e a margine di esso che potrebbero completare il quadro attuale dei terreni affidati ad aziende e associazioni, contribuendo alla riqualificazione ambientale della città e al recupero di parti di territorio collinare. È in fase di finanziamento nell'ambito dei fondi PSR il sistema di interventi di recupero boschivo nell'area del Parodi. Per quanto riguarda i terreni di proprietà privata è in fase di redazione il novo Regolamento di Polizia Rurale, strumento propedeutico a rilanciare il recupero dei terreni di proprietà privata, con particolare riguardo a quelli che assumono valore strategico nella mitigazione del rischio idrogeologico. A valle della approvazione del regolamento sarà possibile riformulare bandi per manifestazioni di interesse nei confronti dei proprietari di terreni incolti per incentivare la disponibilità all'affitto dei terreni incolti ad aziende agricole.

## 6.5 Strumenti

Gli obiettivi sopra richiamati possono essere gli elementi di base per un programma di rigenerazione urbana e del territorio collinare. L'avvio dei progetti di rigenerazione urbana sulla base della L.R. n. 23/18 o comunque dell'attuazione dei distretti di trasformazione dei piani d'area potrebbe in tal senso concorrere all'implementazione dei criteri di azione elencati in precedenza. Si potrebbe ipotizzare - ferma restando la necessità di agire entro un quadro ricognitivo e valutativo di insieme - l'individuazione di un sistema discreto di ambiti di trasformazione urbana e di recupero del territorio da attuare anche per "fasi pilota" secondo criteri di priorità da stabilire da parte dell'amministrazione sulla base di valutazioni integrate tra le diverse competenze da coinvolgere (vedi punto 6.2). Le agevolazioni contenute nella legge (che opportunamente conferisce priorità alla leva fiscale anziché a quella meramente edilizia, spesso rivelatasi fallimentare) potrebbero a medio-breve termine portare ad attuare in situazioni sperimentali gli obiettivi di ADAPT sia in ambito urbano che in collina. È pertanto ipotizzabile stabilire una individuazione degli ambiti di rigenerazione e un programma sintetico per la loro definizione in vista di una loro successiva elaborazione e deliberazione. Una prima azione potrebbe essere la redazione di un *masterplan* che fissi i criteri generali di cui sopra, articolandoli sul territorio, e che individui il sistema di aree di intervento dove poter sperimentare gradualmente le azioni funzionali al programma di adattamento a scala urbana. Dal *masterplan* sarebbe così possibile passare in fase successiva alla stesura e approvazione di singoli strumenti nell'ambito dei criteri di coerenza generale definiti.

## 6.6 Interventi per l'individuazione degli strumenti di drenaggio urbano sostenibili (SUDS)

La vulnerabilità di un territorio e di una città, non dipende solo dalla impermeabilizzazione dei suoli, ma anche dalle modalità di gestione delle acque. Per decenni le reti di smaltimento sono state dimensionate in riferimento a rovesci/alluvioni legati a determinati periodi di ritorno (non più adeguati alle odierne e soprattutto future variazioni climatiche) ed il reticolo idrografico minore è stato interrotto o eliminato in molte zone. Le variazioni climatiche e l'urbanizzazione recente hanno messo in crisi il sistema in diverse città; le precipitazioni intense di breve durata, le impermeabilizzazioni e le urbanizzazioni in aree a rischio hanno portato ad un aumento delle portate di piena e all'inquinamento delle acque del reticolo idrografico.

Far fronte a queste nuove sfide richiede un approccio integrato al territorio, volto a ridurre la vulnerabilità complessiva. I sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) tendono a riequilibrare il ciclo dell'acqua nell'ambiente urbano, riducendo l'impatto dello sviluppo antropico sulla qualità e la quantità del deflusso, massimizzando le opportunità connesse alla qualità del paesaggio, tra cui fruizione, biodiversità, microclima, ecc. I SUDS sono interventi volti a:

- ridurre gli effetti idrologico-idraulici dell'impermeabilizzazione che provocano una accelerazione dei deflussi superficiali e un aumento del rischio idraulico;
- migliorare la qualità delle acque, fortemente alterata dagli inquinanti diffusi, prevalentemente provenienti dal traffico veicolare e dal dilavamento delle strade dall'inquinamento organico distribuito dagli sfioratori fognari;
- integrare il design del verde nella città migliorando il paesaggio urbano e il microclima.

Una adeguata gestione sostenibile dell'acqua, quale obiettivo di una migliore risposta idrologica e idraulica del territorio comunale nell'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici, può avvenire nei seguenti modi: (1) visione unitaria dei bacini idrografici; (2) trattenerne il più possibile le acque a monte; (3) aumento della flessibilità e multifunzionalità delle porzioni dei bacini idrografici; (4) riconnessione e riqualificazione del reticolo idrografico minore; (5) minimizzare i volumi prelevati e la circolazione "artificiale" dell'acqua prelevata; (6) favorire il riuso dell'acqua; (7) minimizzare i volumi di acqua pulita immessi nelle reti di drenaggio urbano; (8) minimizzare e compensare la superficie impermeabilizzata; (9) dotare gli edifici di dispositivi di adattamento agli allagamenti.

I SUDS assolvono un insieme diversificato di funzioni: da quelle propriamente connesse alla gestione delle portate idriche (laminazione, ritenzione e infiltrazione) e quelle legate al miglioramento della qualità delle acque e del paesaggio. Ogni tipologia di opera può avere pertanto uno o più funzioni dominanti, ma un'attenta progettazione può inserire molteplici funzioni, aumentando le prestazioni degli interventi.

Per una migliore comprensione dei differenti ambiti di applicazione dei SUDS e della loro funzione, si riportano di seguito le "buone pratiche" in utilizzo per differenti tipologie di opere comprendenti interventi sui corsi d'acqua, aree allagabili, infrastrutture, spazi aperti urbani, edifici, pavimentazioni drenanti, ecc.

**INTERVENTI SUI CORSI D'ACQUA RETICOLO MINORE**

**DOVE**  
Ambiti fluviali, paesaggi in trasformazione

**PERCHÉ**  
Per rallentare il deflusso, aumentare lo spazio fluviale e le funzioni dei corsi d'acqua

**OCCASIONE/MOTORE PER**  
Riqualificazioni paesistico ambientali. Incremento della biodiversità. Opportunità per la fruizione

**COSA SONO?** Si tratta di interventi finalizzati ad aumentare lo spazio fluviale e la sua diversificazione morfologica e, possibilmente, di habitat.

**A COSA SERVONO?** Riqualificare il paesaggio, mitigare il rischio idraulico, aumentare la biodiversità, migliorare la qualità dell'acqua, aumentare la superficie filtrante dell'alveo.

Se realizzati con modalità integrate possono:

- migliorare il paesaggio naturale,
- assicurare funzioni di fitodepurazione,
- garantire la presenza di aree umide permanenti tali da assicurare l'insediamento di vegetazione igrofila e della correlata fauna, attraverso la modellazione delle sponde,
- sviluppare la funzione fruitiva dell'area o di porzioni di essa. Tale opportunità dovrà essere valutata in relazione alla necessità di non interferenza con la fauna (per esempio nei periodi di nidificazione), per cui potrà essere necessario scegliere se e dove realizzare strutture di accesso e avvicinamento all'area umida.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** Molto variabili a seconda delle disponibilità di spazio. Nei casi in cui si opti anche per le funzioni depurative, sarebbe opportuno mantenere una fascia di vegetazione riparia della larghezza di almeno 12-15 metri al fine di assicurarne la funzionalità ecologica. In questi casi più è ampia la fascia a contatto dell'acqua, più sono efficaci gli effetti sulla qualità dell'acqua e la biodiversità.

## AREE ALLAGABILI E INVASI DI RITENUTA

### DOVE

Ambiti fluviali. Ambiti Rurali  
Spazi aperti urbani e periurbani

### PERCHÉ

Per intercettare e rilasciare gradualmente le acque

### OCCASIONE/MOTORE PER

Riqualificazioni paesistico ambientali.  
Incremento della biodiversità.  
Opportunità per la fruizione.

**COSA SONO?** Si tratta di invasi realizzati sfruttando la conformazione del terreno oppure realizzando opere di scavo o arginature.

**A COSA SERVONO?** A **intercettare, invasare e trattenerne** - anche grazie alla realizzazione di opere di presa e regolazione - **i volumi di piena dei corsi d'acqua** (trattenendo quantità di acqua tali da smorzare le onde di piena e rilasciandole eventualmente con un adeguato sfasamento temporale) o le acque meteoriche drenate dalle superfici impermeabili (ad esempio drenate dalle infrastrutture). Se realizzati con modalità integrate possono:

- essere inseriti efficacemente nel paesaggio sfruttando le naturali conformazioni del terreno quali anse, golene e limitando, oltre ai movimenti terra, l'infrastrutturazione delle opere di presa e rilascio
- assicurare anche funzioni di fitodepurazione
- garantire la presenza di aree umide permanenti tali da assicurare l'insediamento di vegetazione igrofila e della correlata fauna, attraverso la differenziazione dei livelli di invaso previsti in differenti aree del bacino.
- sviluppare la funzione fruitiva dell'area o di porzioni di essa. Tale opportunità dovrà essere valutata in relazione alla necessità di non interferenza con la fauna (per esempio nei periodi di nidificazione), per cui potrà essere necessario scegliere se e dove realizzare strutture di accesso e avvicinamento all'area umida e al bacino.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** A seconda delle necessità e della disponibilità di spazio potranno essere realizzati piccoli invasi (detti anche stagni di ritenzione) oppure vere e proprie aree di espansione, che però risultano più complesse da realizzare, da gestire ed da inserire sostenibilmente nel paesaggio.

## SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO APPLICATI ALLE INFRASTRUTTURE

**COSA SONO?** Si tratta di sistemi di drenaggio urbano applicati alle infrastrutture dedicate al traffico ciclo-pedonale, veicolare, ferroviario. Ci si riferisce sia alle infrastrutture di nuova realizzazione che, soprattutto, alle strutture stradali oggetto di trasformazione e di ristrutturazione: ad esempio le strade extraurbane che, a seguito dell'espansione residenziale, si trovano ad essere inglobate in nuovi interventi di lottizzazione e necessitano pertanto di essere rimodulate ed attrezzate per la modificata situazione.

In generale, le soluzioni per il drenaggio urbano da applicare nelle infrastrutture potranno riguardare tutti gli elementi della struttura stradale; quindi in generale le pavimentazioni, i fossati e le banchine erbose, le alberature, le rotatorie, le aree a parcheggio, le piste ciclopedonali, i marciapiedi e tutte le parti delle infrastrutture potenzialmente responsabili dell'intercettazione e della dispersione di acque meteoriche.

**A COSA SERVONO?** Ad **intercettare e disperdere le acque meteoriche** e, per concentrazioni non eccessive di inquinanti (acque di seconda pioggia), per **abbattere e/o trattenerne gli inquinanti** restituendo acque di qualità che possano essere disperse ed infiltrate anziché essere inviate al collettamento di reti miste o bianche.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** Le dimensioni variano a seconda del tipo di opera, del contesto, delle necessità e della disponibilità di spazio.

## FOSSI VEGETATI

### DOVE

Ambiti urbani e periurbani. Insediamenti residenziali o produttivi. Parcheggi

### PERCHÉ

Per intercettare, smaltire e infiltrare le acque drenate dalle infrastrutture

### OCCASIONE/MOTORE PER

Riqualificazione, recupero e valorizzazione dei margini.  
Valore estetico e percettivo.  
Ricostruzione dell'immagine urbana.  
Riduzione delle canalizzazioni (opere grigie).  
Riqualificazioni e recupero paesistico ambientale. Incremento della biodiversità.

**COSA SONO?** Si tratta di aree depresse e/o avvallamenti posizionati a lato delle superfici impermeabilizzate, dove l'acqua non è sempre presente.

**A COSA SERVONO?** Ad **intercettare, smaltire e infiltrare le acque meteoriche drenate da superfici impermeabilizzate**, rallentando il deflusso e provvedendo ad una minima rimozione degli inquinanti. E' una variante del canale, vegetata con specie igrofile o con tappeto erboso a seconda degli ambiti e delle necessità. La depressione raccoglie l'acqua drenata, rallentando il deflusso e provvedendo ad una minima rimozione degli inquinanti. Può essere utilizzato:

- come elemento di collegamento ad una rete di collettamento predisposta,
- come luogo di infiltrazione se le condizioni di qualità dell'acqua drenata lo permettono.

È una soluzione facilmente inseribile nel contesto urbano e che richiede una minima manutenzione delle specie, la rimozione periodica di detriti oltre alla gestione di eventuali problemi di scorrimento o di intasamento che sono, però, facilmente individuabili.

In California i cosiddetti 'biofossati' vengono utilizzati per smaltire le acque di pioggia di superfici a parcheggio e di superfici stradali in genere.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** Le dimensioni variano a seconda delle necessità (ad esempio dalla portata idraulica), del contesto, della disponibilità di spazio e del grado di inserimento paesistico e di multifunzionalità prefissati.



## SISTEMI DI DRENAGGIO APPLICATI AGLI SPAZI APERTI URBANI

**COSA SONO?** Si tratta di sistemi di drenaggio applicati agli spazi aperti urbani. Per spazi aperti urbani si intendono aree non edificate, inserite prevalentemente nel tessuto residenziale, commerciale o industriale; possono essere spazi aperti pubblici o privati, come le aree di pertinenza della residenza ed essere connotati da superfici grandi, medie, di piccole dimensioni o, ancora, avere carattere residuale. Le soluzioni di drenaggio saranno declinate per ogni spazio aperto, avendo come scopo l'intercettazione e la dispersione di acque meteoriche.

**A COSA SERVONO?** Ad intercettare, trattenere e disperdere le acque meteoriche drenate dalle superfici impermeabilizzate limitrofe, attraverso la realizzazione di piccoli invasi in cui ha sede anche un'area vegetata. A seconda della presenza di acqua più o meno permanente si distingue in generale tra 'rain garden' e 'pond' ovvero stagni di ritenzione idrica.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** Le dimensioni variano a seconda del contesto, delle necessità e della disponibilità di spazio.

## STAGNI DI RITENUTA

DOVE

Spazi aperti urbani e periurbani

PERCHÉ

Per intercettare, trattenere e rilasciare gradualmente le acque

OCCASIONE/MOTORE PER

Valore estetico e percettivo.

Ricostruzione dell'immagine urbana.

Riduzione delle canalizzazioni (opere grigie).

Riqualificazione, recupero e valorizzazione dei margini.

Incremento della biodiversità.

Opportunità per la fruizione.

**COSA SONO?** Si tratta di invasi artificiali - più o meno naturaliformi - che intercettano le acque meteoriche drenate dalle superfici impermeabili circostanti.

**A COSA SERVONO?** Ad intercettare, trattenere e disperdere le acque meteoriche collettate dalle superfici impermeabilizzate circostanti e, mediante l'impianto di opportune specie igrofile, realizzano sia processi di sedimentazione che di degradazione della materia organica e degli inquinanti. A seconda delle dimensioni, della conformazione morfologica e del contesto, possono:

- garantire l'invaso di importanti volumi d'acqua, così da permettere la laminazione dei colmi in caso di eventi meteorici importanti,
- qualificare e diversificare l'immagine urbana,
- interagire, sin dalle fasi di pianificazione e progettazione, con le nuove lottizzazioni garantendo agli ambiti di trasformazione un corretto inserimento paesaggistico, una connotazione naturalistica di pregio, l'assolvimento di funzioni ricreative e fruibili.

Trattandosi di fatto di aree umide permanenti 'artificiali', potrebbero risentire dei periodi di prolungata siccità e in qualche caso potrebbe essere necessario intervenire per evitare danni alle specie igrofile impiantate. Nella gestione ordinaria dello stagno sarà invece necessario intervenire con una normale manutenzione per il taglio, il controllo della vegetazione erbacea e l'eventuale ripristino successivo ad eventi meteorici importanti.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** Le dimensioni variano a seconda del contesto, delle necessità e della disponibilità di spazio. Possono essere realizzati piccoli stagni di ritenuta, ad esempio con carattere più artificiale, o vere e proprie aree umide di ampie superfici, con carattere marcatamente più naturaliforme.

## RAIN GARDEN

DOVE

Spazi aperti urbani e periurbani

PERCHÉ

Per intercettare, trattenere e rilasciare gradualmente le acque

OCCASIONE/MOTORE PER

Valore estetico e percettivo.

Ricostruzione dell'immagine urbana.

Riduzione delle canalizzazioni (opere grigie).

Riqualificazione, recupero e valorizzazione dei margini.

Incremento della biodiversità.

**COSA SONO?** Si tratta di aree verdi, solitamente vegetate e caratterizzate da piccole depressioni, che intercettano le acque meteoriche e ne consentono l'infiltrazione graduale nel terreno grazie ad un substrato sabbioso e ghiaioso. Spesso vengono realizzate nelle aree verdi di pertinenza di lottizzazioni o di interi quartieri.

**A COSA SERVONO?** Ad intercettare, trattenere e disperdere le acque meteoriche collettate dalle superfici impermeabilizzate circostanti, con duplice finalità:

- quella idraulica/idrologica, di permettere l'invaso temporaneo di acque meteoriche di prima pioggia,
- quella qualitativa, di depurare le acque collettate attraverso meccanismi biologici (fitodepurazione tramite fasce di vegetazione) e attraverso l'azione meccanica del substrato di sabbia e ghiaia.

Trattandosi di sistemi di drenaggio da realizzare in spazi aperti di vario genere e dimensione, esistenti o di progetto, le soluzioni dovranno contemplare un corretto inserimento paesistico ambientale e il dimensionamento del rain garden (azioni agevolate nel caso di contestuale pianificazione dei lotti). Dovrà essere curata anche la funzione di arredo urbano, ad esempio nel caso di realizzazioni su aiuole o rotonde. Come nel caso degli stagni è necessario intervenire con la normale manutenzione del giardino per il controllo delle infestanti erbacee e l'eventuale ripristino dei substrati filtranti a seguito di eventi meteorici importanti.

**CHE DIMENSIONI HANNO?** Le dimensioni variano a seconda del contesto, delle necessità e della disponibilità di spazio. Possono essere realizzati piccoli rain garden a bordo stradale o nelle aree di pertinenza delle abitazioni, oppure veri e propri sistemi di captazione e di infiltrazione delle acque che partecipano anche al sistema del verde di interi lotti.

**INTERVENTI SUGLI EDIFICI**

## DOVE

Ambiti urbani e periurbani. Ambiti Rurali.  
Ambiti montani. Insediamenti residenziali  
o produttivi.

## PERCHÉ

Per intercettare, rilasciare gradualmente e  
riusare le acque

## OCCASIONE/MOTORE PER

Riduzione delle canalizzazioni.  
Valore estetico e percettivo.  
Ricostruzione dell'immagine urbana.

**COSA SONO?** Si tratta di interventi, connessi alla gestione delle acque meteoriche, applicati agli edifici.

**A COSA SERVONO?** A proteggere gli edifici, intercettare, rilasciare gradualmente e riusare le acque.

A questi interventi appartengono i tetti verdi e le cisterne.

I tetti verdi consentono di ripristinare almeno parzialmente il ciclo naturale dell'acqua:

- favoriscono l'evapotraspirazione e l'infiltrazione,
- riducono il deflusso superficiale e defluito (in ingresso alla rete),
- rilasciano gradualmente le acque meteoriche captate.

Inoltre, la presenza di un tetto verde migliora la coibentazione dell'edificio e può contribuire a migliorare l'inserimento paesistico dello stesso. A seconda delle esigenze, il verde pensile può essere di tipo intensivo (fruibilità, possibilità di impianto di specie arbustive ed arboree, medio-alta manutenzione) o di tipo estensivo (ridotta accessibilità, possibilità di impianto di sole specie erbacee, ridotta manutenzione).

Le cisterne consentono invece di gestire le acque meteoriche in ambito pubblico o privato attraverso il loro stoccaggio e riutilizzo.

**DIMENSIONI?** Per i tetti verdi le dimensioni variano a seconda della disponibilità di spazio e dell'adeguatezza delle strutture portanti. Le cisterne vanno dimensionate in relazione al regime pluviometrico ed alla necessità di riutilizzo della risorsa idrica in loco.

**PAVIMENTAZIONI DRENANTI**

## DOVE

Ambiti urbani e periurbani. Ambiti Rurali.  
Ambiti montani. Insediamenti residenziali  
o produttivi.

Spazi aperti pubblici e privati.

## PERCHÉ

Per consentire l'infiltrazione delle acque

## OCCASIONE/MOTORE PER

Riduzione delle canalizzazioni.  
Valore estetico e percettivo.  
Ricostruzione dell'immagine urbana.  
Riqualificazioni paesistico ambientali.

**COSA SONO?** Si tratta di superfici pavimentate permeabili.

**A COSA SERVONO?** A consentire l'infiltrazione delle acque meteoriche e la ricarica delle falde, riducendo le superfici impermeabili e le connesse opere di intercettazione, di collettamento e di smaltimento delle acque meteoriche.

Oltre alle funzioni sopra elencate, le pavimentazioni drenanti si prestano a numerosissime soluzioni progettuali che consentono di diversificare e di caratterizzare l'immagine urbana: la varietà di materiali presenti sul mercato e in natura, permettono di lavorare sull'identità dei luoghi e sulla qualità degli spazi aperti progettati.

Le pavimentazioni drenanti comprendono:

- superfici di ghiaietto, calcestruzzo o asfalto drenante,
- elementi lapidei naturali o lavorati, lastre di pietra o altro materiale,
- elementi prefabbricati o autobloccanti,
- green-block e prati armati in genere.

L'utilizzo di pavimentazioni drenanti si presta ad essere associato ad altre opere di drenaggio urbano, consentendo di coniugare le funzioni utilitaristiche (percorsi, parcheggi, soste, ecc.) con quelle idrauliche (infiltrazione) ed estetico-percettive.

**DIMENSIONI?** Le dimensioni variano a seconda del contesto, della disponibilità di spazio e del tipo di materiale utilizzato. Possono essere realizzate piccole superfici drenanti - ad esempio nelle aree di pertinenza delle abitazioni - oppure veri e propri sistemi di infiltrazione delle acque applicati a porzioni di spazi aperti pubblici o a parcheggi.

## 6.7 Regolamento di Polizia Idraulica

L'appartenenza dei corsi d'acqua al Demanio dello Stato nasce dalla evidente utilità pubblica della risorsa, della sua salvaguardia volta a garantirne la qualità e la fruibilità nel tempo, evitando interazioni negative che ne possano compromettere la disponibilità, ma anche per evitare che gli eventi di piena possano arrecare danni alle infrastrutture pubbliche e private, nonché agli insediamenti umani. Questa ultima finalità impone che le attività umane interferenti con i corsi d'acqua debbano presentare caratteristiche di compatibilità tali da assicurare il bene pubblico.

L'art. 56 del d.lgs. n. 152/2006 stabilisce che "l'attività di programmazione, di pianificazione e di attuazione degli interventi" volti ad "assicurare la tutela, il risanamento del suolo e del sottosuolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni di rischio e la lotta alla desertificazione" (art. 53) non possono essere disgiunti dallo svolgimento di varie attività, fra le quali, in particolare al punto 1) troviamo "lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di navigazione interna, nonché della gestione dei relativi impianti". Il secondo comma del suddetto articolo precisa che dette attività sono svolte secondo criteri, metodi e standard finalizzati a garantire: "condizioni di salvaguardia della vita umana e del territorio, ivi compresi gli abitati ed i beni" e "modalità di utilizzazione delle risorse e dei beni, e di gestione dei servizi connessi".

Nel testo della legge 11 dicembre 2000, n. 365 "Conversione in legge con modifica del decreto legge 12 ottobre 2000", n. 279 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile", all'art. 2 dell'allegato, viene data particolare importanza, oltre agli interventi di ripristino, ad "... una attività straordinaria di sorveglianza e ricognizione lungo i corsi d'acqua e le relative pertinenze, nonché nelle aree demaniali, attraverso sopralluoghi finalizzati a rilevare le situazioni che possono determinare maggiore pericolo, incombente e potenziale, per le persone e le cose ...". Il secondo comma dello stesso art. 2 prevede che l'attività di controllo venga svolta ponendo particolare attenzione a:

- opere e insediamenti presenti in alveo e nelle relative pertinenze;
- restringimenti nelle sezioni di deflusso prodotti dagli attraversamenti o da altre opere esistenti;
- situazioni di impedimento al regolare deflusso delle acque, con particolare riferimento all'accumulo di inerti e relative opere di dragaggio;
- situazioni di dissesto, in atto o potenziale, delle sponde e degli argini;
- efficienza e funzionalità delle opere idrauliche esistenti, e il loro stato di conservazione;
- qualsiasi altro elemento che possa dar luogo a situazione di allarme.

Pertanto una corretta gestione del demanio idrico può incidere in modo fortemente positivo sulla tutela e valorizzazione dell'ambiente e dell'equilibrio idraulico, con risvolti fondamentali in termini di sicurezza. Questo è particolarmente vero nell'area ligure nella quale l'attività di difesa del suolo è fortemente condizionata da:

- elevata e diffusa antropizzazione della pianura e dei fondivalle, dove l'alta densità urbana ha portato al graduale restringimento degli alvei naturali e alla progressiva eliminazione delle aree di naturale laminazione delle piene, portando a elevate criticità sotto il profilo idraulico, aggravate dal graduale aumento delle portate di piena legato a fattori climatici e antropici;
- elevata compromissione delle fasce di pertinenza fluviale;
- progressiva riduzione delle risorse finanziarie destinate alla difesa del suolo, a fronte delle necessità di attuare importanti opere strutturali di difesa dalle esondazioni e di stabilizzazione di versanti soggetti a dissesto e di garantire l'efficacia nel tempo delle opere realizzate attraverso una costante opera di manutenzione;
- esigenza di dedicare risorse ad opere di laminazione delle portate derivanti dal drenaggio delle aree urbane (sistema di collettamento e di smaltimento delle acque piovane) per evitare ulteriori incrementi dell'entità delle piene;
- esigenza di contenere il consumo di suolo allo scopo di superare e rimediare alle compromissioni avvenute quando più forte era la spinta a un'espansione indiscriminata delle aree urbane;
- presenza di diffuse situazioni di abusivismo da far emergere e regolarizzare, recuperando i relativi canoni.

Da qui la estrema necessità di lavorare alla redazione di un regolamento di Polizia Idraulica intendendo con polizia idraulica l'attività tecnico-amministrativa di controllo degli interventi di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici, al fine della tutela e della preservazione del corso d'acqua e delle sue pertinenze.

Per procedere alla redazione del documento dovrà essere innanzitutto effettuata la ricognizione di tutto il reticolo idrico superficiale presente nel territorio comunale individuandone le relative competenze ed operando in stretto raccordo con le autorità competenti in materia. Sul reticolo idrico individuato dovrà quindi essere regolamentata l'attività di Polizia Idraulica, individuando le fasce di rispetto dei corsi d'acqua, nonché le attività vietate o soggette a concessione o nulla-osta idraulico con l'obiettivo di: (i) migliorare la sicurezza idraulica

del territorio attraverso il controllo e la manutenzione delle opere, insediamenti, manufatti che interferiscono con gli alvei fluviali e le relative fasce di esondazioni in caso di piena; (ii) favorire il recupero degli ambiti fluviali all'interno del sistema regionale del verde e grandi corridoi ecologici; (iii) garantire il mantenimento della funzionalità degli alvei, anche attraverso il corretto svolgimento delle attività di polizia idraulica; (iv) disincentivare gli usi del suolo incompatibili con la sicurezza idraulica e l'equilibrio ambientale; (v) promuovere la delocalizzazione degli insediamenti incompatibili e l'adeguamento dei manufatti interferenti; (vi) realizzare interventi che non modificano negativamente gli obiettivi di qualità ambientale con particolare riguardo alla tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua con lo scopo di preservare i paesaggi, le zone umide ed arrestare la perdita di biodiversità.

## 6.8 Linee guida per la progettazione/realizzazione delle opere di difesa idraulica e delle infrastrutture

La gestione del rischio idrogeologico è una questione di grande complessità. Una catena di processi fortemente "non lineari", a partire dal clima che costituisce una delle forzanti primarie, spesso irriducibili a qualsiasi semplificazione e che richiedono, appunto, di essere trattati con strumenti capaci di spiegare prima e di gestire poi la complessità.

Il dissesto idrogeologico è il risultato di una catena fenomenologica che le sole opere strutturali, ritenute per lungo tempo le sole capaci di contrastare i dissesti e i danni causati dalle alluvioni, non sono intrinsecamente in grado di intercettare per intero. Tale contesto richiede pertanto un approccio di tipo integrato nell'ambito del quale la collaborazione proattiva dei territori, la polifunzionalità degli interventi, l'integrazione delle diverse strategie di mitigazione del rischio sono alcune delle armi che permettono, tutte assieme, di perseguire il successo contro il dissesto idrogeologico nella sua accezione più generale. D'altro canto è proprio questo lo spirito della Direttiva europea 2007/60 CE che si fonda su due principi cardine: "valutazione" e "gestione" del rischio. Pertanto è quanto mai auspicabile che nell'ambito delle procedure di gara per l'affidamento dei servizi di progettazione e di appalto dei lavori, nella fattispecie per opere di difesa idraulica e infrastrutturali, vengano definite apposite linee guida in grado di valorizzare gli aspetti riguardanti la resilienza delle opere dinanzi al cambiamento climatico per mezzo di criteri/punteggi premianti per coloro che terranno in debito conto tale tipo di visione olistica.

La "gestione" del rischio implica in maniera ineludibile un approccio pianificatorio per gradi che, basato su analisi quantitative tra costi e benefici, possa consentire al Comune un oculato ed adeguato indirizzo delle risorse disponibili in materia di opere di difesa idraulica ed infrastrutture. Altro elemento cardine è la "valutazione" del rischio: l'opera non è un elemento a sé stante che, di per sé, è in grado di risolvere qualsiasi problema, ma è parte viva in un contesto spaziale e temporale che va conosciuto ed analizzato; il rischio deve essere infatti valutato negli scenari *ante operam* e *post operam* in modo da supportare il decisore attraverso l'analisi differenziale, qualitativa e quantitativa. Non meno importante è la valutazione di un progetto e pertanto dell'opera che ne deriva, nell'ottica di prestazioni per sollecitazioni al di fuori del cosiddetto punto di progetto e della relativa resilienza nei confronti di forzanti alterate per intensità e frequenza, dalla dinamica oramai in atto del clima. Il progettista viene così chiamato ad una visione più integrata del territorio e delle strategie complessive della gestione del rischio residuo. Tale visione integrata richiede inoltre una trattazione e gestione degli aspetti ambientali connessi alla progettazione/realizzazione di un'opera. Infatti la presenza di un'opera in un territorio non può prescindere da un contesto che, comunque in misura più o meno marcata, sarà alterato.

Altro aspetto strategico è la capacità di prevedere il comportamento dell'opera nell'intero ciclo di vita della stessa. Un'opera, dalla cantierizzazione al definitivo smantellamento, vive fasi durante le quali gli scenari di rischio del

territorio mutano anche significativamente. Si tratta delle diverse configurazioni dovute ai lavori, all'occorrere di ulteriori lavori, agli inevitabili processi di dinamica territoriale rispetto ai quali l'opera deve risultare resiliente, garantendo una "larghezza di banda" (in termini di rendimento rispetto alle sollecitazioni), sufficientemente larga.

Sulla base di quanto sopra riportato e riprendendo quanto già individuato nel documento "Linee Guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico" di #ItaliaSicura, dovranno essere stabiliti criteri e modalità nell'ambito delle procedure di gara per l'affidamento dei servizi di progettazione e di appalto lavori (opere di difesa idraulica e infrastrutturali) che tengano conto sinteticamente dei seguenti punti:

- valutazione del rischio ed esplicitazione dei criteri di gestione (la programmazione e la progettazione degli interventi dovrebbero essere guidate da criteri di valutazione del rischio e della relativa gestione su porzioni di territorio che, direttamente o indirettamente, potrebbero risentire dell'effetto dell'intervento);
- valutazione comparata delle diverse opzioni tecniche, attraverso metodi anche semplificati di analisi costi/benefici (stimare i benefici in termini di danni futuri evitabili durante il ciclo di vita dell'opera, confrontandoli con i relativi costi di realizzazione e manutenzione dell'intervento e di gestione del rischio);
- coerenza dell'intervento con la pianificazione e programmazione vigenti (le azioni per la gestione del rischio idrogeologico dovrebbero essere organicamente integrate nell'ambito di uno specifico quadro di pianificazione e programmazione);
- analisi sistemica/aspetti spaziali con particolare riguardo ai fenomeni indotti e al non aggravio del rischio alla scala di bacino idrografico (la progettazione dovrebbe tenere conto delle dinamiche a scala di bacino attraverso un approccio gerarchico che prenda in considerazione l'impatto dell'intervento sull'intera catena fenomenologica, in modo da intercettare adeguatamente ed evitare eventuali conseguenze o effetti collaterali negativi degli interventi in situazioni anche distanti nel tempo e nello spazio);
- analisi sistemica/aspetti temporali e verifica sull'interno ciclo di vita dell'intervento (il progetto dovrebbe valutare le interferenze e gli impatti con riferimento all'intero ciclo di vita dell'intervento, in particolare dalla prima cantierizzazione al termine della fase di esercizio);
- specifiche valutazioni di carattere idrologico e idraulico-fluviale (le valutazioni dovrebbero tenere conto della specificità delle caratteristiche climatiche e idrografiche del contesto territoriale alle diverse scale spaziali e temporali di interesse);
- effetti dell'intervento sulla morfodinamica fluviale, costiera e di versante (il progetto dovrebbe prevedere adeguati studi e un piano di monitoraggio dell'impatto morfodinamico nel corso del tempo);
- effetti dell'intervento sull'ecosistema fluviale, ripario e costiero e sulla qualità delle acque (gli interventi di gestione del rischio idrogeologico possono condizionare in maniera anche rilevante i processi morfologici fluviali alle diverse scale spaziali e temporali, pertanto tali impatti dovrebbero essere considerati nel progetto in coerenza con la sua estensione e rilevanza);
- effetti sociali ed economici dell'intervento (sia all'atto della programmazione che della progettazione dovrebbero essere attentamente considerati, alle diverse scale, le specifiche complessità e impatti di ordine urbanistico e, più in generale, di gestione del territorio sui processi sociali ed economici in corso);
- considerazioni relative alla resilienza dell'intervento, anche nei confronti di scenari di cambiamento climatico (dovrebbe essere valutata la risposta dell'intervento nell'intorno del "punto di progetto", preferendo soluzioni tecniche che garantiscano prestazioni il più possibile stabili rispetto alle variazioni nella frequenza corrispondente alla sollecitazione prevista).