

DANNO ALLE IMPRESE E RESILIENZA DEL TERRITORIO: UNA VALUTAZIONE  
COSTI-BENEFICI APPLICATA AL CASO DELL'ALLUVIONE DI LODI DEL 2002

Giulia PESARO<sup>1</sup>, Guido MINUCCI<sup>1</sup>

**ABSTRACT**

A fronte di un'intensificazione della frequenza e dell'intensità degli eventi alluvionali che hanno colpito il nostro paese negli ultimi 20 anni e del relativo impatto sulla capacità dei territori coinvolti di riprendere successivamente il normale percorso di sviluppo, il lavoro di analisi e valutazione delle ripercussioni di tali eventi sul mondo delle imprese e, più in generale, dei soggetti economici appare ancora agli inizi. Al di là delle difficoltà che ancora oggi si incontrano nel reperimento e nella raccolta di dati e informazioni riguardanti gli eventi del passato, infatti, gli studi sono resi complessi dalla grande varietà di situazioni che caratterizzano le attività economiche coinvolte nelle alluvioni, sia dal punto di vista della tipologia di danni prevalenti che da quello della valutazione del danno indiretto e del danno sistemico sofferti sia dalle imprese stesse che, più in generale, dai territori di cui fanno parte.

In questo saggio si presenta brevemente l'attività di ricerca svolta per l'individuazione e caratterizzazione del danno subito dalle imprese del Comune di Lodi in seguito all'alluvione che ha colpito il territorio nel 2002, e per la produzione di una valutazione quantitativa del danno potenziale cui sono esposte le imprese. Su questa base, a valle di una prima valutazione monetaria del tutto sperimentale dei danni attesi nel caso si verificasse oggi un'alluvione con le stesse caratteristiche di quella del 2002, è stata quindi proposta una valutazione costi-benefici utile alla produzione di mappe di rischio, dove si mette in evidenza il beneficio determinato dal rapporto tra i costi di realizzazione di un argine effettivamente costruito negli anni successivi all'alluvione e i benefici derivanti in termini di riduzione del danno potenziale sofferto dal sistema economico (con focus sulle attività commerciali). La ricerca è stata condotta dal Politecnico di Milano in collaborazione con l'Autorità di Distretto del fiume Po nell'ambito del

---

<sup>1</sup> DASTU Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 26, 20133 Milano. giulia.pesaro@polimi.it, guido.minucci@polimi.it Gli autori ringraziano Edoardo Gattai per il contributo nell'elaborazione dei dati e per la realizzazione delle mappature.

progetto Flood Impat+, finanziato da Fondazione Cariplo per un biennio a partire da aprile 2017.

## **1. Introduzione**

La crescita del valore e dell'incidenza dei danni che caratterizza il nostro Paese e il suo sistema produttivo sono segno evidente di una diffusa condizione di esposizione e fragilità ambientale ai rischi naturali, in particolare idrogeologici.

Negli ultimi anni diversi eventi calamitosi hanno colpito il nostro Paese con ripercussioni molto rilevanti sulle aziende e il mondo economico-produttivo e conseguenze sulla capacità di tenuta del sistema e sui posti di lavoro.

Benché il problema della valutazione accurata dei danni, da un lato, e del rafforzamento della resilienza del sistema economico-produttivo, dall'altro, non siano nuovi, è solo negli ultimi anni che si è cominciato a capire che è necessario dotarsi di strumenti specifici dedicati ai soggetti economici. Questo sia per l'individuazione e la stima, possibilmente quantitativa, degli elementi di valore esposti ai rischi, che in relazione alle attività e agli interventi per la riduzione dei danni futuri, in termini di prevenzione e preparazione in relazione alle diverse tipologie di eventi calamitosi possibili.

La capacità delle imprese di reagire con prontezza e nel modo migliore possibile è infatti molto importante, tenuto conto dell'impatto potenziale degli eventi calamitosi sulle attività economiche. Inoltre sembra ancora sottostimata l'importanza dell'insieme degli effetti di medio e lungo termine, sia per le imprese che, di conseguenza, per i territori, in relazione alle dinamiche e alle dimensioni potenziali del danno indiretto e sistemico (Pesaro et al. 2016). Secondo uno studio del Comitato Europeo Assicuratori, presentato dal presidente dell'AIBA (Associazione Italiana dei Broker Assicurativi) Francesco Paparella in un convegno (AIBA, 2013) il danno indiretto è mediamente superiore di 2,5 volte al danno diretto. *“Il 40% delle aziende che subiscono un sinistro, con un'inattività superiore ai tre mesi, sono fallite entro i due anni dalla ripresa dell'attività [...]”*.

Se da un lato il problema è in fase di definizione, dall'altro è ancora molto il lavoro da fare sul lato della conoscenza relativa alle modalità e alle dimensioni con cui gli eventi naturali colpiscono i luoghi della produzione e del commercio, cioè sulla valutazione dei danni al sistema economico. Tale analisi è importante sia quando realizzata a valle di un evento, per comprenderne il meglio possibile le caratteristiche e le conseguenze, sia ex ante, con l'obiettivo di costruire scenari di danno potenziale utili in funzione di un rafforzamento di strumenti e metodi per la prevenzione, intesi come l'insieme delle attività e delle misure atte a ridurre i danni fisici diretti e indiretti, prima che l'evento accada, a minimizzare l'impatto sulle attività produttive e commerciali quando l'evento si sia verificato (mettendo in campo un vero e proprio piano di emergenza interno), sulla ripresa delle attività nel minor tempo possibile (mediante i

cosiddetti programmi di business continuity), ed infine sul risarcimento dei danni e sulla piena ripresa (indicata generalmente con il termine business recovery).

Un secondo importante elemento del ragionamento riguarda il rapporto stesso tra imprese e territorio, nella prospettiva di rafforzamento della cooperazione tra soggetti economici e soggetti pubblici per la costruzione di mix di azioni ed interventi tali da consentire la massimizzazione dei risultati degli investimenti complessivi in termini di rafforzamento della sicurezza e di riduzione del danno potenziale determinato da eventi futuri.

Il valore aggiunto del mettere al centro dell'attenzione gli attori del sistema della produzione di beni e servizi deriva, in questo caso, dal considerare il sistema delle imprese come attore fondamentale appartenente ad un territorio da cui trae servizi e al tempo stesso restituisce valore sotto forma di redditività, crescita, posti di lavoro, servizi offerti, manutenzione e cura del territorio stesso e, soprattutto in alcune aree, presidio umano e culturale. Le imprese dovrebbero quindi diventare in modo più chiaro e stabile un interlocutore, oltre che soggetti target delle attività pubbliche di rafforzamento della sicurezza, con un rinnovato approccio di sistema che introduce il tema della produzione della sicurezza per i settori e i soggetti economici nei termini di un investimento per la salvaguardia di valori e risorse fondamentali per lo sviluppo territoriale.

Gli aspetti localizzativi delle attività produttive, siano esse di tipo manifatturiero, commerciale o di servizio, assumono dunque una maggiore importanza rispetto al passato, in base alla relazione diretta tra sito e rischi naturali cui le attività sono esposte. La prospettiva territoriale determina infatti la necessità di includere, negli strumenti di analisi, l'esposizione, la vulnerabilità e la resilienza del sistema economico locale da molti punti di vista, considerando componenti materiali e immateriali cui associamo anche elementi di valore:

- spazi produttivi e commerciali;
- tipologia di attrezzature, materie prime, prodotti e servizi;
- occupazione;
- relazioni con il sistema dei servizi pubblici e delle infrastrutture: accessibilità e mobilità delle merci (aree urbane, hub logistici, porti, aeroporti...) e dei lavoratori, servizi pubblici a rete e urbani;
- contributo alle dinamiche del territorio dal punto di vista dei valori prodotti – economici ma anche in termini di vitalità, indotto, spinta all'innovazione, contributo alla formazione.

Infine, è importante sottolineare il fatto che l'approccio che deriva da questa impostazione del problema, che guarda alle imprese in termini di sistema di riferimento e interlocutore dei soggetti pubblici e non solo come sommatoria di singole imprese legate ad un determinato ambito territoriale, ne mette in maggiore rilievo specificità e ruoli a livello locale e sovralocale.

Da qui derivano, in sintesi:

- la necessità di una maggiore comprensione delle specifiche necessità di sicurezza per le imprese nell'ambito dei processi decisionali relativi agli investimenti pubblici e privati in

misure di adattamento e mitigazione, in una prospettiva di tipo sistemico e integrata nelle politiche di sviluppo locale;

- la necessità di comprendere la natura del danno, considerando che, ad oggi, la raccolta dei dati relativi ai danni causati da eventi accaduti realmente non è ancora sistematica e risulta, in molti casi, poco omogenea. I dati ottenuti, infatti, sono fortemente influenzati dal fatto di essere raccolti sotto forma di “dichiarazioni di danno subito” da parte dei soggetti danneggiati sulla base di questionari realizzati dalle pubbliche amministrazioni con metodi diversi. D’altra parte è importante poter lavorare su dati di danno legati ad eventi reali, quindi non su campioni costruiti a fini di ricerca, per arricchire le osservazioni con tutta la possibile varietà di situazioni e danneggiamenti che si produce nella realtà (Botzen et al. 2017, Rose e Huyck 2016, Menoni et al. 2016). Si cerca in questo modo evidenza del danno reale diretto e, al contempo, sulla base delle descrizioni ottenute, di comprendere i meccanismi del danno indiretto e, nel medio e lungo termine, del danno sistemico (Cochrane 2004b);
- la necessità di costruire un sistema di riferimenti e di categorie in modo da ridurre la variabilità che caratterizza gli elementi di danno per i soggetti economici, costruire un sistema di cluster di riferimento e costruire uno strumento di lettura delle caratteristiche del danno potenziale ai soggetti economici nella sua complessità e guardando a tutti i componenti.

Una volta compresa la natura del danno e delle sue cause, il passaggio successivo è quello della costruzione di un percorso decisionale “informato” nell’ambito del quale emerga non solo l’insieme delle azioni potenziali che posso essere messe in campo per la mitigazione della pericolosità (cioè per la riduzione della potenza di impatto dell’evento alluvionale, come, per esempio, la realizzazione di vasche di laminazione a monte che riducono la portata dell’acqua che arriverà nell’area urbana) e del danno (per esempio la messa in opera di paratie mobili o la predisposizione di interventi di emergenza per accelerare la rimozione di oggetti e impianti che potrebbero essere deteriorati dall’acqua) ma anche il sistema dei soggetti coinvolti e dei relativi processi decisionali. Si tratta cioè di armonizzare gli interventi nell’ambito di una strategia condivisa tra i diversi soggetti territoriali, in modo da sviluppare un sistema di azione congiunto e sinergico in cui parte delle attività possano essere realizzate a livello pubblico e parte a livello privato. Nel caso di un’alluvione, per esempio, sarà compito della pubblica amministrazione individuare ed attuare sistemi di difesa dalle piene o dall’eccesso di acque meteoriche a livello di sistema territoriale e sistemi di allarme efficaci e tempestivi. Accanto a questo, però, sarà necessario rafforzare anche la sicurezza a livello di singola impresa, sulla base della localizzazione e delle caratteristiche delle diverse tipologie di attività produttive. Un riferimento, in questo senso, è la diffusione di buone pratiche di prevenzione e preparazione presso le imprese e di strumenti volti alla riduzione dell’incidenza del danno sulle attività produttive stesse, come nel caso delle assicurazioni (su cui il dibattito è molto acceso).

Emerge quindi un'ulteriore necessità, che va ad arricchire la lista presentata in precedenza. Un maggior coordinamento e collaborazione tra i diversi soggetti territoriali in modo da produrre sinergie e massimizzare efficacia ed efficienza delle azioni strutturali e non strutturali per il rafforzamento di prevenzione, preparazione, gestione del rischio, gestione dell'emergenza e del post-emergenza. Il riferimento è al sistema delle imprese e alle loro rappresentanze, alla pubblica amministrazione e agli altri soggetti pubblici preposti alla sorveglianza e all'intervento in caso di calamità naturale (tra cui Protezione Civile e Vigili del Fuoco) e ad altre istituzioni e operatori privati (tra cui associazioni di volontariato in protezione civile, enti di consulenza, i possibili finanziatori degli interventi e le assicurazioni).

## **2. Il progetto Flood Impat+ e l'impostazione del lavoro sul sistema delle imprese del comune di Lodi**

Il progetto Flood Impat+ (<http://www.floodimpatproject.polimi.it/>) è stato realizzato con l'obiettivo di individuare modalità e strategie di analisi utili per identificare e quantificare le diverse tipologie di danno che si possono produrre in una determinata area territoriale in relazione ad un determinato evento alluvionale.

Sono stati privilegiati strumenti per la valutazione quantitativa, e laddove possibile monetaria, dei danni causati dalle alluvioni, in quanto, su questa base, si intendeva sviluppare un modello di analisi di tipo Costi-Benefici per la valutazione dell'efficacia economica potenziale di strategie di mitigazione della pericolosità degli eventi alluvionali e del danno che ne deriva sui territori interessati.

Il progetto è stato realizzato sul territorio del comune di Lodi ed è partito da analisi del danno provocato dall'evento alluvionale che ha interessato Lodi nel 2002, con l'esondazione del fiume Adda nell'area urbana. Un evento ricordato dalla comunità locale come particolarmente importante, tanto che, 10 anni dopo, sulla stampa locale appaiono articoli che parlano del 26 novembre 2002 come di un giorno triste, il giorno in cui *“Mezza città finì sott'acqua. Sono trascorsi dieci anni, ma quella giornata rimane una macchia indelebile nella storia della città, oltre che un ricordo immortale nella testa dei residenti che ebbero la sventura di affrontare una piena del fiume Adda”* (<https://www.ilgiorno.it/lodi/cronaca/2012/11/25/807438-alluvione-fiume-adda-associazione-alluvionati-lodigiani.shtml>).

In termini generali, gli elementi centrali del lavoro di ricerca sono stati:

- l'aver messo al centro dell'attenzione tre diverse tipologie di macrosettori territoriali potenzialmente coinvolti in un evento alluvionale: edifici residenziali, strutture produttive e commerciali e suoli agricoli.
- l'aver lavorato prima alla micro scala territoriale, considerando i dati di danno reali derivanti dall'alluvione del 2002 raccolti nelle schede cartacee archiviate presso il comune,

in modo da costruire un modello di danno reale relativo a quello specifico evento sulla base del quale costruire poi curve di danno da applicare ad eventi alluvionali di diversa pericolosità;

- l’aver lavorato successivamente alla meso scala territoriale, mettendo a punto modelli per la valutazione del danno potenziale patito dal territorio nel caso si ripetesse oggi un evento (si vedrà di seguito quello realizzato per il sistema economico). Sono stati considerati 5 scenari di allagamento basati su 5 categorie di pericolosità dell’alluvione potenziale, con tempi di ritorno rispettivamente di 50, 100, 120, 200 e 500 anni. Il tempo di ritorno 120 anni è stato inserito in quanto relativo ad un evento paragonabile a quello del 2002 per caratteristiche e forza di impatto (il calcolo è stato ottenuto da una calibrazione tra evento idraulico e estensione dell’area allagata basata su letteratura di riferimento nel settore dell’ingegneria idraulica – Menoni et al. 2016);
- l’aver considerato elementi di esposizione e vulnerabilità (Menoni et al. 2016) con differenze legate ai 5 diversi scenari di pericolosità. Per esposizione si intende la quantità di “oggetti territoriali” – edifici residenziali, attività economiche e suoli per uso agricolo – potenzialmente coinvolti in caso di alluvione. Per vulnerabilità si intende il grado di fragilità dei diversi elementi nel caso di arrivo dell’acqua e in base alla relativa altezza nei diversi casi.
- l’aver sviluppato un modello di analisi Costi-Benefici con una simulazione basata sulla costruzione dei 5 scenari di allagamento richiamati sopra. Sono state realizzate curve di danno per i tre macrosistemi considerati per ognuno dei 5 scenari, attraverso cui si evidenzia il patrimonio territoriale allagato e il relativo valore in termini di danno potenziale. La simulazione Costi-Benefici considera:
  - i costi reali sostenuti per la realizzazione dell’argine costruito negli anni successivi al 2002, attualizzati;
  - i benefici rappresentati come “danno potenziale evitato” (Pesaro et al. 2016) grazie alla presenza dell’argine per i 5 scenari di allagamento osservati;
  - il risultato in termini di rapporto costi/ benefici determinato dall’aver sostenuto costi di intervento in funzione dei quali si sarebbero evitati danni.

La valutazione dell’esposizione e della vulnerabilità del sistema economico alle alluvioni è stata basata su due approcci di lavoro distinti.

Inizialmente è stata fatta un’analisi delle informazioni disponibili relativamente ai danni alle imprese registrati a Lodi nell’evento del 2002. La ricerca è stata condotta attraverso la consultazione delle schede (cartacee) compilate dai soggetti economici danneggiati in relazione alla richiesta di rimborso per il danno patito. Sono state analizzate 119 schede ma per il conteggio si è tenuto conto delle 89 per le quali il Comune ha accolto la richiesta di rimborso. Le informazioni presenti nelle schede per i soggetti economici sono presentate nella figura 1.

Figura 1 – Voci presenti nelle scede di rimborso compilate in occasione dell'alluvione che ha interessato il comune di Lodi nel novembre 2002

• Anagrafica	• Beni danneggiati con descrizione
- Forma giuridica azienda	- Danni agli Immobili
- Tipologia sede danneggiata	- Danni alle Apparecchiature
- Codice REA	- Danni al Magazzino
- Danno Riconosciuto Ammissibile	- Danni agli Arredi

L'analisi ha prodotto elementi conoscitivi che hanno consentito di mettere in luce le dinamiche dell'alluvione dal punto di vista dell'impatto reale sulle strutture e le attrezzature dei luoghi dove si svolgevano attività economiche e la grande varietà delle situazioni e delle dinamiche di danneggiamento, nonostante la grande maggioranza delle attività economiche coinvolte fossero nel settore commerciale. Inoltre ha consentito di determinare un valore di riferimento "realistico" del danno diretto al sistema economico, in quanto non si trattava di un campione costruito per la realizzazione dell'analisi, ma dell'insieme dei soggetti danneggiati. Le grandezze di danno rilevate, messe a confronto con quelle relative alla stessa analisi effettuata per il settore residenziale, sono presentate nella figura 2.

Figura 2 – Dimensioni del danno reale prodotto sul territorio del comune di Lodi dall'evento alluvionale del novembre 2002. Dati in milioni di euro

<b>SETTORE RESIDENZIALE:</b> <b>Scenario di danno</b>	<b>SETTORE COMM/PRODUTTIVO:</b> <b>Scenario di danno</b>
Fonti: richieste rimborso (UTR + Comune):	Fonti: richieste rimborso (Comune)
634 richieste, 329 edifici danneggiati	<b>119 ricevute, 89 richieste accolte</b>
Danno totale (indicizzato al 2013): 4,2 M€	Danno Totale (indicizzato al 2013): <b>4,3 M €</b>
Danno medio per abitazione: 12.800 €	<b>Danno medio per soggetto economico: 48.300 €</b>

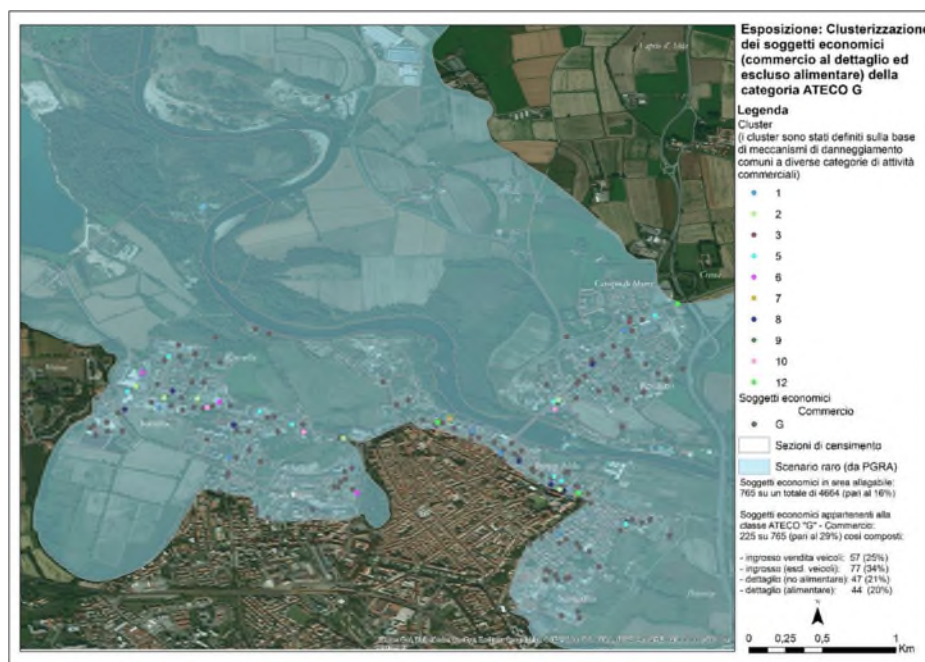
Questa analisi è stata seguita da un'analisi più qualitativa realizzata attraverso un'interpretazione delle dinamiche di danno e degli elementi danneggiati che emergevano dalle descrizioni che accompagnavano le richieste di risarcimento. Gli obiettivi principali di questa fase del lavoro di ricerca sono stati:

- la caratterizzazione del danno fisico alle attività economiche in funzione della successiva identificazione di funzioni di danno da associare a un evento con tempo di ritorno 120 anni che si dovesse verificare oggi;

- la valutazione del danno "monetizzato" alle attività economiche, da utilizzare come riferimento per la realizzazione di analisi costi/benefici relative a scelte tra strategie di mitigazione possibili.

L'analisi di queste informazioni, trattata poi in termini di *lesson learnt*, è stata realizzata sulla base di una serie di elementi di lettura scelti in modo da poter poi costruire un sistema di riferimenti e di categorie utili per la descrizione delle caratteristiche del danno reale sofferto dalle imprese. Si è quindi arrivati alla costruzione di un database con tipologie di danno per tipologia di attività produttiva o commerciale. Ai dati già presenti nelle schede di danno è stato poi associato un codice ATECO per ognuno dei soggetti danneggiati ed è stato fatto un controllo sull'indirizzo, in modo da poter non solo individuare le categorie e i settori economici maggiormente coinvolti ma anche mapparli, rendendone visibile la posizione sul territorio comunale, come nell'esempio proposto nella figura 3.

Figura 3 – Esempio di mappatura delle attività produttive del comune di Lodi coinvolte nell'evento alluvionale del novembre 2002. La parte azzurra rappresenta l'area allagata



Utilizzando i risultati della fase di lavoro precedente è stata sviluppata una metodologia per costruire scenari di danno potenziale al sistema economico della città alla meso scala. I dati sono stati individuati e raccolti nei repertori statistici attualmente disponibili relativamente al sistema delle imprese, con un focus particolare sul settore del commercio in quanto l'analisi dei dati reali ne aveva evidenziato il peso relativo sull'insieme delle categorie economiche coinvolte (aspetto spiegato dal fatto che l'alluvione ha interessato il centro città, dove sono concentrate soprattutto attività di vendita di beni e servizi).



Su tali basi conoscitive è stata quindi sviluppata un'analisi costi-benefici sperimentale in cui i costi reali di costruzione e manutenzione dell'argine già realizzato e in funzione sono stati messi in relazione con i dati di danno potenziale risultati nei cinque scenari di allagamento, trattati in termini di valore del danno evitato grazie alla presenza dell'argine stesso.

### **3. Un'applicazione dell'analisi Costi-Benefici al territorio del comune di Lodi con focus sul sistema delle imprese: effetti potenziali della costruzione dell'argine realizzato dopo l'alluvione del 2002**

#### ***3.1 Introduzione all'Analisi Costi Benefici per le alluvioni e metodologia applicata al caso studio***

Negli ultimi anni, l'analisi Costi Benefici ha trovato un crescente interesse e successo come strumento a supporto dei processi decisionali per la prevenzione e la mitigazione del rischio di alluvione. L'analisi viene applicata principalmente per confrontare i costi di realizzazione e implementazione delle misure di mitigazione delle alluvioni con i potenziali benefici derivanti dalla messa in sicurezza del territorio e dalla conseguente riduzione dei danni potenziali e delle perdite che ne deriva.

Dal punto di vista delle voci di costo, è importante identificare e classificare le misure di mitigazione, poiché la varietà delle possibili soluzioni e i relativi risultati una volta implementati è molto elevata (Pesaro et al. 2018), un aspetto che presuppone anche esigenze di investimento molto diverse e requisiti e capacità di attuazione.

In base alla tipologia di misura di mitigazione, è possibile osservare e valutare diversi profili di beneficio, da considerare in termini di danno potenziale evitato grazie al funzionamento della misura stessa (Pesaro et al. 2016). Inoltre, come si sottolinea bene in Bouwer et al. (2014), spesso esiste una solida base di informazioni sui costi diretti nelle misure di mitigazione strutturali, mentre esistono poche metodologie di valutazione dei costi per le misure non strutturali.

I metodi e gli strumenti di valutazione per quantificare alcune delle categorie di danno sono elementi centrali quando si fa riferimento all'approccio economico in materia di riduzione del rischio di disastri. Il dibattito sviluppato negli ultimi due decenni concorda sul fatto che i danni subiti dalle popolazioni e dall'ambiente costruito sono stati valutati molto più chiaramente rispetto al passato ma permangono difficoltà nelle valutazioni relative ai valori dei settori economici e all'insieme delle risorse territoriali a livello locale, come il patrimonio culturale, l'ambiente naturale e l'identità e i modelli sociali della comunità (alcuni di questi elementi sono discussi in Mechler 2016). Ciò è dovuto principalmente all'incidenza di danni indiretti e sistemici (Cochrane 2004a, b), che è spesso sottovalutato (Shreve & Kelman 2014).

Osservando l'insieme delle risorse su cui un'area territoriale può fare affidamento per sostenere i suoi modelli di produzione e consumo e la crescita qualitativa e quantitativa, la prospettiva economica suggerisce di considerare non solo il danno quantitativo diretto, usando il denaro come unità di misura, ma anche indiretto e sistemico. Questo è tanto più vero quando l'attenzione sia rivolta al ruolo dei soggetti economici e alla loro caratterizzazione in termini non solo di valori investiti nelle attività di produzione ma anche di soggetti con una funzione fondamentale per la vitalità di un territorio (Botzen et al. 2017), anche se non facilmente quantificabile e misurabile. In linea generale, inoltre, appare ancora complessa in tutti i campi di applicazione l'identificazione degli indicatori da utilizzare nelle stime quantitative e monetarie per il dimensionamento del danno potenziale, cioè per la realizzazione di un'immagine e di una grandezza di riferimento dei valori esposti prima che questi vengano investiti da un disastro. E' per questo motivo che, pur essendo l'analisi Costi-benefici uno strumento a supporto delle decisioni riconosciuto a livello pubblico, come dimostrato dalla Commissione Europea nel documento del 2014 relativo al ricorso all'analisi Costi-Benefici per la realizzazione di investimenti pubblici (European Commission, 2014), il suo uso estensivo richiede cautele nella raccolta dei dati e nella valorizzazione degli elementi di beneficio.

L'analisi Costi-Benefici per la valutazione delle misure di mitigazione delle alluvioni è comunque uno strumento ampiamente utilizzato e su cui i decisori possono fare affidamento, anche se l'incidenza di valori non monetizzabili ne influenza il potenziale. In termini generali, la questione cui si intende dare risposta è la scelta tra diverse possibili alternative di intervento. Il confronto tra le varie soluzioni avviene attraverso l'uso di unità di misura di tipo economico, che consentono di mettere a confronto i costi di realizzazione di un determinato intervento con i relativi benefici in termini quantitativi. Inoltre, consente di esaminare i risultati previsti per le diverse misure di mitigazione non solo riguardanti le prestazioni tecniche e operative, ma anche in termini di efficacia degli investimenti.

Sono disponibili numerosi studi che introducono l'analisi costi-benefici come strumento per valutare la fattibilità economica delle strategie di gestione delle alluvioni (Botzen et al 2017). Inoltre, la Direttiva UE sulle alluvioni (2007/60/CE) impone l'uso di analisi Costi-Benefici per la realizzazione di investimenti pubblici per la mitigazione della pericolosità e del danno potenziale derivante dalle alluvioni in tutti gli stati membri dell'Unione Europea.

L'uso di questo strumento di analisi in funzione del miglioramento dei processi decisionali relativi alla scelta delle misure di mitigazione degli impatti degli eventi naturali e delle relative modalità di attuazione si basa sul concetto di redditività dell'intervento, che a sua volta si riferisce alla capacità degli investimenti di ottenere i risultati migliori possibili in termini di riduzione della pericolosità degli eventi e relativi effetti sui valori territoriali. È infatti un metodo per confrontare l'insieme dei costi diretti associati a ciascuna tipologia di misura di mitigazione e l'insieme dei suoi risultati, misurato come il valore totale del danno e delle perdite evitate, cui si sommano i benefici derivanti dall'aumento della sicurezza e della qualità

territoriale. L'analisi Costi-Benefici dovrebbe quindi essere considerata uno strumento efficace anche solo in relazione al fatto che porta all'identificazione degli elementi di valore territoriale che si vogliono proteggere con le opere di mitigazione.

Nel caso qui proposto, del tutto sperimentale, l'analisi viene invece realizzata per la misurazione dei risultati potenziali di uno strumento di mitigazione già esistente, l'argine sul fiume Adda, per verificare la sua efficacia nella protezione dei valori territoriali. In questo saggio si approfondiscono gli aspetti legati al sistema delle attività economiche, per il quale le "sfide" principali sono:

- l'individuazione di categorie di valore e di indicatori utilizzabili in modo estensivo e stabile per la realizzazione di queste analisi;
- lo sviluppo di un metodo per la valutazione del danno potenziale, espresso, come si vedrà in seguito, in termini di valori prodotti dalle imprese e protetti dalla presenza dell'investimento già realizzato dall'amministrazione locale.

La qualità delle valutazioni del danno da alluvione è un elemento cruciale per misurare quelli che poi diventano, una volta applicati nell'ambito dell'analisi Costi-Benefici, i benefici in termini di danni evitati al sistema economico, che possono comprendere, nel caso qui considerato, l'insieme dei danni alle strutture fisiche, ai materiali, alle strumentazioni e agli impianti e, più in generale, alle capacità produttive che caratterizzano i soggetti economici di un determinato ambito territoriale, compresi quelli legati al fattore lavoro e al livello tecnologico.

Questo aspetto è di particolare importanza perché l'evidenza del danno costituisce la base per mettere in evidenza, oltre all'esposizione, i fattori di vulnerabilità sia a livello di territorio nel suo complesso (se un'infrastruttura di comunicazione viene danneggiata da un'alluvione, i lavoratori e le merci non potranno raggiungere il sito di produzione) che a livello delle singole attività. La conoscenza di questi valori, di conseguenza, risulta utile per migliorare l'azione pubblica e privata per la prevenzione e la mitigazione degli impatti, anche alla luce del fatto che i danni ai soggetti economici sono a tutt'oggi meno studiati rispetto ai danni alle persone e alle infrastrutture pubbliche, nonostante le attività economiche siano uno degli elementi chiave per il funzionamento e lo sviluppo di un territorio. Questo principalmente a causa della grande varietà che caratterizza i soggetti economici, i loro settori e le attività di produzione, con i relativi potenziali danni a cui sono soggetti.

In questo studio l'analisi Costi-Benefici è stata realizzata soprattutto per sperimentare l'efficacia di valutazioni ex-ante che, partendo da informazioni e conoscenze sull'ampiezza del territorio interessato da diverse tipologie di alluvione, consentono l'individuazione del sistema territoriale esposto. I macrosistemi considerati sono, come già ricordato in precedenza, gli edifici residenziali, il sistema economico e i suoli utilizzati in agricoltura.

La valutazione, come già ricordato in precedenza, è basata sulla rilevazione di un valore economico che rappresenta il danno potenziale.

Una volta individuati i valori di costo e di beneficio, il risultato viene espresso in termini di relazione tra Costi  $C$  e Benefici  $B$  [ $C/B$ ], cioè di relazione tra la somma dei valori  $C$  attualizzati delle diverse categorie di costo  $i$  per la realizzazione della misura di mitigazione, in questo caso un argine, e della relativa manutenzione programmata e dei benefici  $B$  ottenibili in termini di “danno totale evitato” grazie alla presenza della misura di mitigazione in diversi scenari di alluvione possibili per le tre categorie di danno considerate: edifici residenziali  $DER$ , sistema delle imprese  $DEI$ , superfici agricole  $DEA$ .

L’analisi Costi-Benefici che ne risulterà sarà espressa come:

$$\frac{\sum_{i=1}^n C}{\sum_{i=1}^n DER + \sum_{i=1}^n DEI + \sum_{i=1}^n DEA}$$

$\sum_{i=1}^n C$	= somma di tutti i costi per la realizzazione e la manutenzione dell’opera di mitigazione attualizzati (l’opera è già stata realizzata)
$\sum_{i=1}^n DER$	= somma del valore di tutti i danni evitati per l’insieme degli edifici residenziali localizzati nell’area allagabile
$\sum_{i=1}^n DEI$	= somma del valore di tutti i danni evitati per la somma delle imprese localizzate nell’area allagabile
$\sum_{i=1}^n DEA$	= somma del valore di tutti i danni evitati per l’area agricola coltivata totale localizzata nell’area allagabile

Nella sperimentazione condotta nell’ambito del progetto Flood Impat+, dal punto di vista grafico i valori vengono rappresentati con curve di danno che mettono in relazione scenari di pericolosità, cioè la severità dell’alluvione e l’estensione dell’area allagata che ne deriva, con il relativo danno totale per settore. Per ognuno dei settori considerati vengono quindi prodotte curve di danno che considerano i 5 scenari di pericolosità già richiamati in precedenza.

Nella lettura dei risultati dell’analisi Costi-Benefici, infine, è importante ricordare che opere di mitigazione come gli argini sono dimensionate in modo da contenere alluvioni fino a una certa pericolosità, solitamente legata ad un tempo di ritorno molto elevato. E’ quindi evidente che sono efficaci anche per tutte le piene di minore intensità, che producono danni minori. L’efficacia di opere di questo tipo e, più in generale di qualunque opera di mitigazione strutturale, in termini di rapporto tra costi e benefici dovrebbe quindi considerare la somma di tutti i danni evitati in tutti gli scenari con tempi di ritorno inferiori a quello su cui l’opera è stata dimensionata. La sperimentazione qui proposta è semplificata, tenuto conto che il principale obiettivo di analisi era la valutazione del danno potenziale (e quindi del danno evitato) e la costruzione delle curve di danno.

### ***3.2 La costruzione della base conoscitiva per la valutazione del danno al sistema economico: banche dati e selezione degli indicatori per la realizzazione dell'analisi Costi-Benefici***

Approfondendo l'analisi per il settore economico, rappresentato dal sistema delle imprese, il valore del danno potenziale evitato *DEI* per l'insieme delle imprese *i* esposte all'evento alluvionale in un determinato spazio territoriale è individuato attraverso indicatori che rappresentano *proxy* del valore economico del sistema delle imprese nel loro complesso, scelti in modo da mettere in evidenza la tipologia di danno – diretto, indiretto e sistemico – che può essere determinato dai diversi eventi.

La seconda parte della ricerca si è quindi concentrata su due attività:

- l'individuazione e localizzazione dell'insieme dei soggetti economici del territorio comunale esposti al pericolo alluvionale (per i 5 scenari di severità già presentati sopra) e della loro caratterizzazione, almeno in termini di categoria di attività, necessaria per mettere in evidenza alcune dinamiche di valore e, quindi, di danno potenziale da inserire nell'analisi Costi-Benefici, come già anticipato sopra in termini di danno evitato in presenza di un intervento di mitigazione;
- la selezione di indicatori *proxy* di valore da potervi associare in termini di “valore esposto”, cioè di danno potenziale calcolato ex ante se si verificasse un evento alluvionale, e quindi di danno evitato attraverso la messa in atto di opere e strumenti di mitigazione della pericolosità e del danno.

Il percorso di ricerca di banche dati contenenti dati economici relativi alle imprese del territorio adeguati per rappresentare un valore almeno approssimativo della base di danno potenziale in caso di alluvione, è stato basato sui seguenti criteri:

- La presenza di indicatori di valore riconoscibili come *proxy* della capacità del soggetto economico di produrre valore aggiunto e, di conseguenza, valore territoriale. Il valore aggiunto per impresa, come si vedrà in seguito, non è infatti un valore facile da reperire a livello locale e in presenza di un'elevata varietà di tipologie di attività e di soggetti economici;
- La presenza di codici di individuazione univoci sia per il soggetto economico in quanto tale che per la sua localizzazione e settore economico di riferimento. Il riferimento è stato quindi alla presenza di una ragione sociale con descrizione dell'attività, di un indirizzo e di un codice ATECO;
- La presenza di dati con copertura nazionale al fine di garantire la replicabilità dell'applicazione del metodo che si stava sviluppando e un più facile accesso alle fonti dei dati;
- I dati fossero consistenti ed aggiornati su base stabile e periodica, in forma digitale in un formato facilmente utilizzabile nell'ambito degli strumenti di mappatura e

rappresentazione di dati a livello territoriale e provvisti di codice ATECO e altri dati utili per la geolocalizzazione dell'impresa.

Su tali basi, i database utilizzati sono state due, ISTAT e AIDA (Bureau van Dijk, a pagamento). Dalle banche dati ISTAT sono state tratte informazioni relative al dal censimento delle imprese. L'indicatore selezionato è stato il capitale netto per impresa, dato disponibile a livello nazionale, con indicazione del territorio di riferimento utile per la georeferenziazione e del codice ATECO per la distinzione dei diversi settori e categorie di attività economiche.

I dati utilizzati nello studio fanno riferimento a due modalità di acquisizione dei dati da parte dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), quella del censimento nazionale annuale sull'andamento economico e quella del censimento decennale dell'intero sistema economico e produttivo nazionale. Al primo gruppo appartengono i dati relativi ai "Conti Nazionali" che sono stati utilizzati nello studio, poiché forniscono informazioni relative al capitale netto per categoria ATECO.. Al secondo gruppo appartiene il Censimento delle industrie e dei servizi. Rispetto a questo dataset di dati, le informazioni che si sono utilizzate sono quelle relative alle sezioni di censimento e al numero di unità locali ricadenti in ciascun gruppo ATECO.

Il database AIDA contiene informazioni economico-finanziarie per singolo soggetto economico relative a tutte le imprese che devono depositare il bilancio presso le Camere di Commercio (circa 1.900.000 società di capitale italiane). Permette selezioni per settore di attività, area geografica e dati societari, l'estrazione di grafici e tabelle, la costruzione di insiemi di società per confronti. Permette inoltre l'accesso ai documenti originali (bilanci e note integrative) depositati. Il problema principale nell'uso di questo archivio è il fatto che per molti territori il numero di soggetti obbligati a depositare il bilancio è piccolo o comunque non sufficientemente significativo. L'uso dei dati potrebbe quindi produrre un risultato distorto rispetto alla realtà della composizione dei sistemi produttivi ed economici locali. Infine l'informazione sulla macro sezione economica ATECO non è disponibile (ossia la lettera), ma sono disponibili solo i 6 numeri – ossia divisioni (2 cifre), gruppi (3 cifre), classi (4 cifre), categorie (5 cifre) e sottocategorie (6 cifre)] – rendendo molto più complesse le attività di elaborazione.

Un elemento di complessità rispetto alle analisi che si intendeva svolgere è, infine, il fatto che non sembra esistere (almeno in termini di facile accessibilità) un database nazionale o regionale dei soggetti economici che fornisca un servizio di geolocalizzazione delle attività. L'unica informazione disponibile, che compare sia sul Registro Imprese, il registro pubblico informatico previsto dal Codice Civile, che sul database AIDA è l'indirizzo della sede legale e delle eventuali sedi operative. Il concetto di sede operativa, peraltro, non è del tutto univoco, poiché le attività svolte nelle diverse sedi non compaiono e, di conseguenza, non è possibile delineare l'esposizione e la vulnerabilità del sito. Inoltre la sede operativa può, in molti casi, coincidere con la sede legale, specie per le PMI, oppure essere separata ma nella stessa località della sede legale.

Certamente gli archivi ideali per la realizzazione di analisi come quella qui proposta sarebbero quelli delle Camere di Commercio ma l'esperienza sul campo ha dimostrato che, almeno al momento, non è facile poterli avere a disposizione. Questo senza considerare anche gli effetti dell'innalzamento dei vincoli all'uso delle informazioni nell'ambito delle più recenti leggi sulla privacy.

L'attività di selezione degli indicatori è stata realizzata sulla base dei seguenti elementi di riflessione e decisione:

- necessità di individuare settori e cluster delle attività economiche per avviare una prima valutazione di vulnerabilità (attività che non sarà discussa in questo scritto);
- sviluppo di un modello in grado di valutare il danno atteso in caso di alluvione, in termini quantitativi e laddove possibili monetari, per i diversi settori esposti alle diverse scale spaziali di interesse per la gestione del rischio. In questo senso appariva importante anche mettere in evidenza non solo indicatori di danno potenziale diretto, legati quindi all'esposizione e alla vulnerabilità (localizzare i soggetti economici e associare tale esposizione al meccanismo di danneggiamento – dove arriva l'acqua, a che altezza e con quale impatto – e agli effetti economici in termini di danno diretto), ma anche indicatori di danno indiretto, non ottenibili dalle schede di danno raccolte perché mancavano domande in questo senso, e di danno sistemico, in mancanza di osservazioni disponibili sull'andamento economico dei soggetti danneggiati e dei relativi territori di riferimento nel tempo;
- costruzione di scenari basati su pochi indicatori *proxy* di valore del sistema delle imprese costruiti sulla base di dati presenti in database che raccolgono in modo “estensivo” alcune categorie di dati per insiemi molto grandi di soggetti economici localizzati sul territorio del comune. Questo anche tenendo conto che le elaborazioni sono realizzate sulla base di dati presenti in banche dati realizzate per scopi molto diversi da quello che ci prefiggeva nel progetto Flood Impat+.
  - per il danno diretto è stato considerato il capitale netto, cioè il “*il valore dei beni capitali ancora in uso nel sistema economico valutati allo stesso prezzo dei beni capitali nuovi dello stesso tipo, meno il valore cumulato del deprezzamento maturato fino all'anno per il quale si vuole calcolare lo stock*” (ISTAT, 2011) che si può considerare come *proxy* del “valore netto degli asset” (strutture e contenuti) per tipologia di attività economica, che rappresenta quindi un indicatore di valore per l'esposto;
  - per il danno indiretto e sistemico è stato costruito l'indicatore “valore netto dei contenuti per il numero di dipendenti”, ottenendo un valore *proxy* il cui significato è quello di un soggetto economico che non solo è rappresentativo di un certo valore ma produce anche reddito per il territorio. Quando maggiore sono sia il valore che il numero di dipendenti tanto maggiore è l'impatto sistemico dell'impresa.

Certamente indicatori come il valore aggiunto o il fatturato annuo sarebbero stati molto efficaci ma non è stato possibile trovare, nel tempo a disposizione nell'ambito del progetto, una banca dati facilmente accessibile in cui fosse possibile individuare senza ulteriori laboriose elaborazioni questo dato per le imprese del territorio di Lodi, divise in settori e cluster di attività e con le indicazioni necessarie per la geolocalizzazione.

Si ricorda infine che il valore delle imprese individuato con i diversi indicatori viene interpretato come valore massimo del danno alle imprese stesse in caso di perdita totale delle strutture dovuto all'evento naturale. Nel caso di applicazione a un'alluvione si potrebbe ritenere che questa *proxy* individui valori troppo elevati, dato che difficilmente si perde l'intera struttura e la relativa capacità produttiva, ma è d'altra parte possibile che il danno indiretto e quello sistemico di lungo periodo siano tanto importanti da determinare la chiusura dell'attività e quindi una perdita commisurata all'intera capacità di generare valori economici. Inoltre, l'evidenza di tali valori può rappresentare un'immagine delle dimensioni economiche sia dei singoli soggetti economici che del sistema economico locale esposto ai rischio.

### ***3.3 L'analisi Costi-Benefici e la mappatura del danno potenziale***

#### ***3.3.1 Il lato dei costi. Costi per la realizzazione, la manutenzione e uso dell'argine realizzato***

Come già richiamato in precedenza, l'intervento di mitigazione considerato è l'argine realizzato negli anni seguenti all'evento alluvionale del 2002. L'argine ha una parte strutturale fissa e una parte mobile. La parte mobile è costituita da un sistema di paratie da unire alla parte fissa dell'argine per innalzarlo nel caso in cui la piena attesa fosse tale da superarne l'altezza. Il costo totale dell'intervento, secondo le informazioni ottenute direttamente dal Settore Opere Pubbliche del comune di Lodi, è stato di circa € 4.394.800, di cui € 3.148.400 di spese dirette per l'esecuzione (compresa la spesa di € 66.100 per la realizzazione dei piani di sicurezza). A questo occorre aggiungere € 1.246.400 relativi ad una serie di voci di spesa legate all'insieme delle attività e delle spese accessorie tipiche della realizzazione di opere pubbliche strutturali: attività di supporto alla progettazione, spese e compensazioni per le procedure di espropriazione, interventi di mitigazione/compensazione necessari per la realizzazione dell'opera (che si sviluppa lungo la riva del fiume nell'area urbana), direzione lavori e coordinamento della sicurezza, gare d'appalto, ammodernamento servizi esistenti, adeguamento dei prezzi, IVA e costi per eventuali emergenze e voci di spesa non considerate nell'ambito della progettazione.

Dato che il sistema, in caso di alluvione importante, prevede un eventuale innalzamento aggiuntivo dell'argine tramite la messa in opera delle barriere mobili, occorre anche formare operatori che possano intervenire in caso di emergenza. Ai costi indicati sopra vanno aggiunti quelli necessari per la realizzazione di corsi di qualificazione annuali per il personale assegnato al montaggio del sistema di paratie mobili. Il numero di operatori necessari per assemblare le



paratie in tempo utile per evitare l'alluvione è 12 (6 squadre con 2 componenti per squadra). Il tempo stimato per l'installazione dell'intero sistema è di circa 2,5 ore, dall'inizio dell'allarme alluvione. Si è stimato che il corso deve essere frequentato da almeno 18 persone per avere la sicurezza di poter contare su 12 in caso di emergenza. Il costo di ciascun corso di qualifica è stimato in 1.000 € a persona, per un importo totale di 18.000 € / anno.

Il totale dei costi annui per la manutenzione, la gestione e la preparazione del personale sono stati stimati in 50.700 € / anno.

### *3.3.2 Il lato dei benefici. Elaborazioni per il solo settore economico*

Il calcolo del danno alle attività economiche è iniziato con l'identificazione e la geolocalizzazione delle imprese appartenenti al comune di Lodi, per le quali sono state considerate sedi legali e sedi operative e la classe ATECO per definirne il settore economico di appartenenza. Per ciascuna classe ATECO sono stati quindi ricavati i valori patrimoniali netti per tipologia di attività economica, presenti nel database ISTAT già citato, considerando i valori delle strutture e dei loro contenuti principali (impianti, materie prime ecc...). Questi due valori, ottenuti come media delle imprese nazionali in relazione alla classe ATECO di appartenenza, sono stati associati a ciascuna delle imprese del comune di Lodi, geolocalizzate, e quindi sommati. Il motivo di questa scelta è legato al fatto che strutture e contenuti sono gli elementi principalmente coinvolti nel caso di eventi alluvionali. Il valore così ottenuto rappresenta una *proxy* del valore dell'esposto per ciascuna impresa in base alla classe ATECO, vale a dire il danno potenziale massimo che l'attività economica considerata potrebbe subire e non il danno reale subito, come già messo in evidenza nella presentazione della metodologia vista in precedenza.

### *3.3.3 La costruzione degli scenari di danno e la valutazione della relazione C/B*

Al fine di ottenere un valore *proxy* quantificabile del danno potenziale per ciascuna impresa coinvolta in un'alluvione è necessario applicare le curve di danno, cioè, come già richiamato in precedenza, funzioni che mettono in relazione l'altezza raggiunta dall'acqua nelle diverse aree interessate dall'allagamento e il danno potenziale prodotto agli elementi allagati. Tuttavia, in Italia non sono al momento disponibili modelli validati per valutare i danni (Molinari et al. 2014) . Inoltre, per una stima accurata, occorrerebbe avere a disposizione i dati di valore specifici di ogni singola impresa e le caratteristiche nell'uso degli spazi e dei loro contenuti. Dato che questo non è possibile, come già indicato in precedenza, sono stati utilizzati i valori *proxy* ricavati dall'uso degli indicatori di valore e rilevanza economica.

E' quindi stata fatta una valutazione dei valori esposti al rischio alluvionale in relazione ai 5 scenari di pericolosità (tempo di ritorno) utilizzando la somma degli indicatori proxy "valore delle strutture" e "valore dei contenuti". Il risultato è riassunto nella tabella presentata nella figura 4.

Come si può notare, i risultati mostrano un trend crescente nella riduzione del danno totale potenziale prodotta dall'argine, valutato in termini di differenza di imprese esposte e quindi del relativo valore incorporato. La stima della riduzione dei valori economici esposti in caso di alluvione in presenza dell'argine va da -48,2% per lo scenario con tempo di ritorno di 50 anni a -76,4% per l'evento considerato più grave, con tempo di ritorno di 500 anni. Lo scenario con tempo di ritorno di 120 anni, paragonabile all'alluvione del 2002, presenta una riduzione di -66,9%.

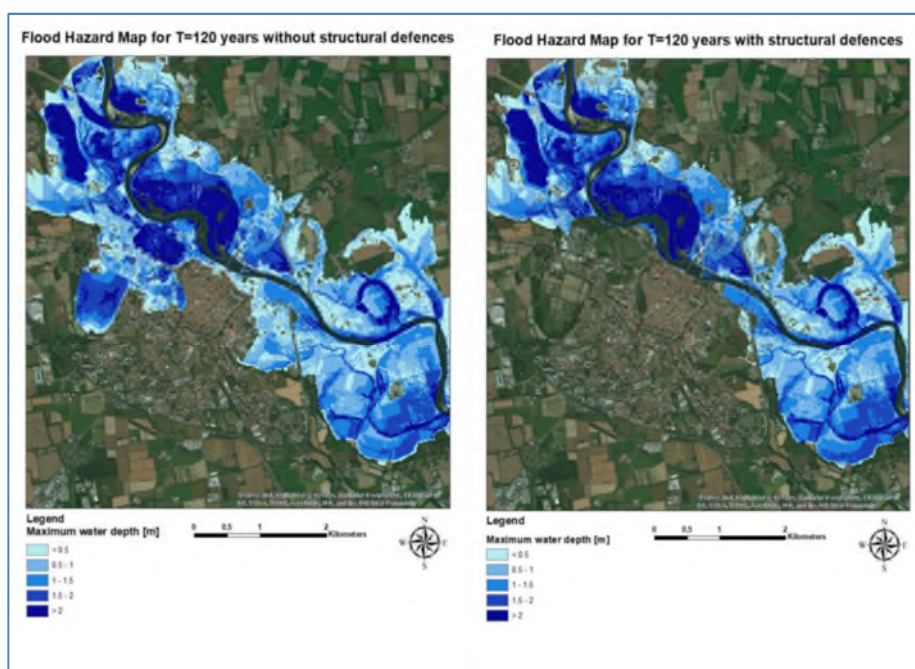
Sono inoltre stati fatti calcoli separati relativi ai due indicatori “valore delle strutture” e “valore dei contenuti”. Ne è emerso che, in assenza dell'argine, il danno ai contenuti rappresenta una quota tra il 20% e il 26% del danno totale stimato mentre in presenza dell'argine il peso relativo di questo valore tende ad aumentare, passando ad una quota tra il 27% e il 30% del totale. L'opera strutturale sembra quindi più efficace per ridurre il danno alle strutture.

Fig. 4 – Valori economici esposti per scenario di tempo di ritorno dell'alluvione e nel caso di presenza o assenza dell'argine per il comune di Lodi

Maximum potential damage to economic activities			
T	Without structural defences [MLN €]	With structural defences [MLN €]	Damage reduction with structural defences [%]
50	120,79	62,61	48,2%
100	128,12	62,61	51,1%
120	189,51	62,61	66,9%
200	197,58	63,35	67,9%
500	293,89	69,40	76,4%

La figura 5 mostra l'area allagata per lo scenario con tempo di ritorno di 120 anni senza l'argine e con l'argine.

Fig. 5 – Scenari di allagamento per un'alluvione con tempo di ritorno di 120 anni con e senza l'argine nel comune di Lodi



La figura 6 mostra la differenza nel numero di imprese esposte e nei valori di danno potenziale totale per scenario di tempo di ritorno.

Fig. 6 – Imprese e valori esposti per scenario di tempo di ritorno dell'alluvione per il comune di Lodi



La stima del danno indiretto e sistemico, molto più complessa, è stata approssimata con l'uso dell'indicatore *proxy* “valore degli asset per numero di dipendenti”. L'indicatore, proposto in assenza di altri dati disponibili nelle banche dati alle condizioni descritte in precedenza, vuole rappresentare il valore territoriale incorporato nei valori d'impresa. L'impresa produce infatti valore per sé ma anche reddito per i lavoratori e, quindi, per il territorio di riferimento.

Come per il valore del danno totale dell'esposto, le imprese del comune sono state geolocalizzate e classificate secondo la classe ATECO e poi rappresentate sulla base del risultato dell'indicatore *proxy* del danno sistemico. Come già menzionato in precedenza, quanto maggiori sono sia il valore incorporato negli asset che il numero di dipendenti, tanto maggiore è l'impatto sistemico dell'impresa. Per una più facile lettura del risultato, l'indicatore è stato trasformato in un “valore indice”, ottenuto dividendo il [prodotto del valore degli asset per il numero di dipendenti] per il valore massimo del prodotto stesso osservato nelle elaborazioni. Ne sono risultati valori compresi tra 0 e 1. Tanto maggiore è il valore, tanto maggiore è l'effetto sistemico potenziale di un danno a quell'impresa, da sommare ovviamente con il danno diretto. Tale indicatore è stato definito [moltiplicatore di danno sistemico] ed è espresso come valore degli asset dell'impresa  $i$  [ $VA_i$ ] moltiplicato per il numero di dipendenti dell'impresa  $i$  [ $D_i$ ]

diviso per il valore massimo [ $V_{Amax}$ ] tra i  $V_{Ai}$  osservati nel campione di imprese selezionato da 1 a n.

$$(V_{Ai} * D_i) / V_{Amax} [da V_{Ai1} a V_{Ain}]$$

Valori vicini allo zero significano un basso impatto sistemico sul territorio in caso di danneggiamento mentre risultati più elevati indicano una maggiore tendenza potenziale a generare effetti “a cascata”.

La scelta di tentare di sviluppare un valore indice di questo tipo per il danno sistemico nasce dal fatto che il solo numero dei lavoratori non sembra sufficiente a rappresentare il danno indiretto e sistemico perché non dà conto dei valori incorporati nell'impresa che devono essere ripristinati dopo il danneggiamento per riprendere le attività. Maggiore è il capitale, infatti, maggiore sarà l'investimento necessario nella fase di recupero e il tempo impiegato per riprendere le attività produttive. Se il lavoro non riprende in tempi adeguati le imprese rischiano di perdere quote di mercato, in quanto imprese concorrenti che non hanno dovuto affrontare l'alluvione potrebbero assorbire parte della domanda delle imprese allagate non solo nel breve periodo ma anche in forma più stabile (spostamento della domanda nel medio periodo), con conseguenti danni futuri ancora maggiori causati dalla conseguente riduzione di fatturato. Alla fine, a causa dell'interruzione dell'attività, i dipendenti perderanno la loro posizione lavorativa, coinvolgendo il territorio nel suo complesso e la stessa amministrazione pubblica, che dovrà coprire i pagamenti della disoccupazione, aggravando ulteriormente i costi per tornare alla normalità.

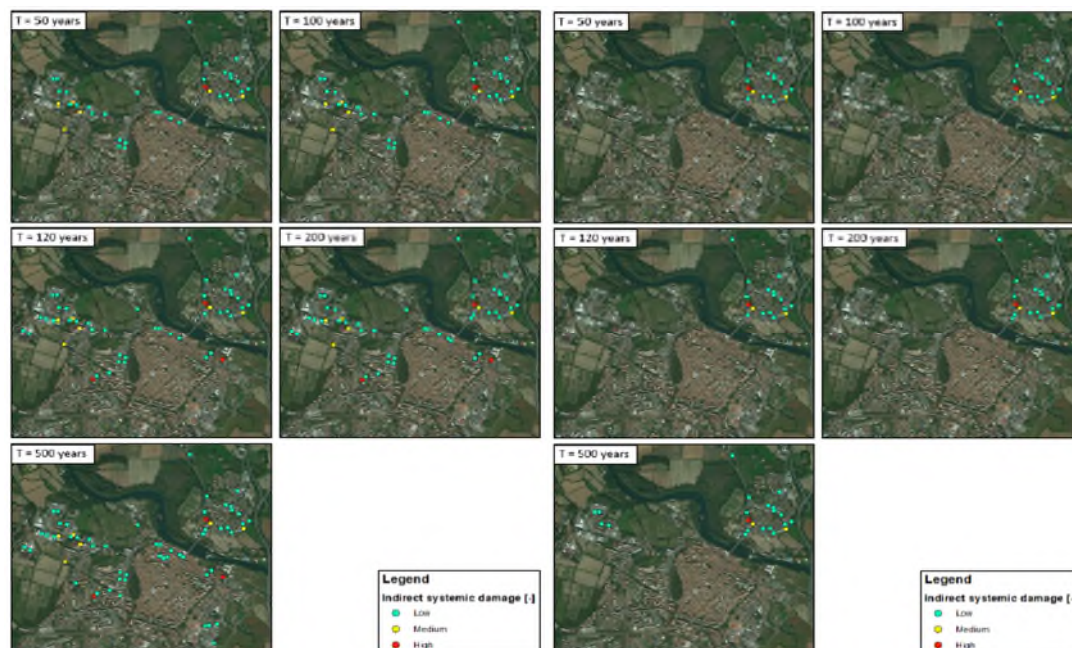
Anche per questo indicatore sono state fatte mappature con e senza argine.

I risultati per i cinque scenari di riferimento sia senza che con la difesa strutturale rappresentata dall'argine sono presentati nella figura 7.

Anche in questo caso si osserva una notevole riduzione dell'esposto tra le due opzioni. Nella costruzione della mappa, l'impatto sistemico potenziale delle imprese, espresso con il moltiplicatore del danno sistemico, è stato differenziato in tre categorie, bassa, media e alta, secondo l'algoritmo Jenks Natural Breaks (le caratteristiche sono divise in classi i cui confini sono stabiliti dove ci sono relativamente grandi differenze nei valori dei dati, Guida di ArcGIS Pro).



Fig. 7 – Rappresentazione delle imprese in relazione al valore indice [moltiplicatore di danno sistemico] per scenario di tempo di ritorno dell'alluvione per il comune di Lodi



#### 4. Conclusioni

Le sfide conoscitive legate alla valutazione dei sistemi economici come base per la realizzazione di politiche e misure di intervento per un futuro più resiliente dei sistemi economici nei loro territori di appartenenza sono ancora aperte e il percorso di ricerca appare tuttora complesso.

Il lavoro realizzato per il progetto Flood Impat+ ha consentito di mettere in evidenza alcuni elementi importanti per lo sviluppo di nuove attività di ricerca per migliorare la conoscenza dei valori economici incorporati nelle imprese e, più in generale, nei sistemi economici, in funzione della valutazione del danno potenziale che si produce su un'area territoriale nel caso di un'alluvione.

Un primo elemento riguarda l'individuazione e la selezione di dati e indicatori capaci non solo di dare conto dei principali valori incorporati nelle imprese, in funzione della valutazione del danno, ma anche di consentire confronti nel tempo e tra territori diversi e la realizzazione di mappature con geolocalizzazione.

Certamente sarà anche importante proseguire con attività sistematiche di raccolta di dati sui danni subiti dalle imprese nella realtà degli eventi calamitosi nei diversi territori oggetto di indagine, per migliorare la valutazione di danno e di vulnerabilità. In questo senso potrebbe essere molto utile lavorare sulle schede di rilevazione dei danni subiti con uno sguardo alle grandezze di impresa e al loro significato, in modo da ottenere descrizioni dei danni e delle

dinamiche di danno utili per la costruzione di profili di vulnerabilità per tipologia di attività. Appare inoltre necessario mettere meglio in evidenza i danni subiti alle strutture e ai contenuti, distinguendoli in macrocategorie.

Con riferimento al danno indiretto e sistemico, è evidente come la continuità delle indagini e delle ricerche orientate alla raccolta dei dati di danno reale possa essere la base per una maggiore comprensione delle dinamiche di danno e per la relativa valutazione. La stabilità della raccolta di dati potrebbe inoltre consentire di individuare e dimensionare meglio il danno indiretto e sistemico, che non sempre si presentano subito in modo evidente.

Appare anche opportuno aumentare, nel tempo, il numero e le tipologie di indicatori da utilizzare per la valutazione dei valori esposti, affinandoli per specificità e dettaglio in modo da rafforzare il significato della costruzione di scenari di danno ex ante basati su dati disponibili in banche dati accessibili (almeno in via sperimentale). In questo senso sarà importante avere a disposizione un numero crescente di informazioni relative ai meccanismi di danneggiamento e agli impatti di eventi alluvionali reali, soprattutto a livello puntuale. Dati e informazioni che si dovranno però elaborare in modelli applicabili a diversi contesti e a diversi eventi.

Per una valutazione del danno più realistica in una prospettiva ex-ante, quindi utilizzando dati di valore esposto e non di danno subito, appare infine importante il rafforzamento delle conoscenze necessarie per la costruzione di profili di vulnerabilità per settore e tipologia di attività. Un esempio è quello delle caratteristiche degli impianti di produzione (edifici e macchinari), delle tipologie di materie prime e prodotti finiti e delle catene logistiche.

In relazione all'aumento della resilienza dei sistemi economici, le considerazioni sono due. La prima, legata alla ricerca, vede la necessità di rafforzare gruppi di lavoro fortemente interdisciplinari, poiché alla comprensione dei dati economici e del loro significato si associano competenze di tipo scientifico, come le analisi idrauliche, e capacità di elaborazione sia per la selezione e/o costruzione di indicatori adeguati che per la loro rappresentazione cartografica, con mappature dell'esposizione accompagnate da dati di valore di danno potenziale. La seconda si riferisce al fatto che le analisi e le valutazioni proposte portano a sottolineare l'importanza di investimenti in conoscenza e in interventi di prevenzione e preparazione. Le valutazioni sviluppate suggeriscono infatti che la somma dei danni potenziali, se vengono considerate tutte le categorie di danno diretto, indiretto e sistemico atteso (cioè potenziale, in caso si verifichi l'evento alluvionale), appare sempre maggiore dell'insieme dei costi per interventi di mitigazione, anche di tipo strutturale e comprensivi dei costi di manutenzione ordinaria. Inoltre l'evidenza del "danno evitato" è una forma di rappresentazione di rimborsi futuri che le amministrazioni pubbliche ancora ad oggi e in mancanza di assicurazioni obbligatorie sarebbero chiamati a sostenere in caso di evento. La resilienza e la capacità di resistere e reagire agli eventi naturali in modo da minimizzare i danni e ridurre l'incidenza sulle dinamiche economiche locali è certamente una strategia preferibile rispetto al rimborso dei danni,

soprattutto perché il solo rimborso non garantisce la continuità delle attività economiche nel tempo, producendo così un danno sistemico di grande impatto.

## Bibliografia

- AIBA, 2013, Intervento del presidente F. Paparella, Convegno *Le nuove frontiere dell'assicurazione. Il broker a tutela delle persone e delle aziende*, disponibile in <https://www.insurancereview.it/insurance/contenuti/distribuzione/219/nel-paese-delle-catastrofi-nessuno-si-assicura>
- Botzen, W.W.J., Monteiro, E., Estrada F., Pesaro G., Menoni S. 2017. Economic Assessment of Mitigating Damage of Flood Events: Cost–Benefit Analysis of Flood-Proofing Commercial Buildings in Umbria, Italy. *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice* 42 (4): 585-608. doi:10.1057/s41288-017-0065-0.
- Bouwer, L. M., Papyrakis, E., Poussin, J., Pfurtscheller, C., and Thieken, A. H. 2014. The Costing Of Measures for Natural Hazard Mitigation in Europe. *Natural Hazards Re-view* 15 (4): 04014010. doi:10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000133.
- BTRE - Bureau of Transport and Regional Economics. 2002. *Benefits of Flood Mitigation in Australia*, Bureau of Transport and Regional Economics, Commonwealth of Australia: Canberra. Disponibile in [https://www.bitre.gov.au/publications/2002/report\\_106.aspx](https://www.bitre.gov.au/publications/2002/report_106.aspx)
- Cochrane H. C. 2004a. Economic loss: myth and measurement, *Disaster Prevention and Management*, 13, 4:290-296
- Cochrane, H.C. 2004b. Indirect Losses from Natural Disasters: Measurement and Myth. In Okuyama Y. & Chang S.E. (eds) *Modeling the Spatial and Economic Effects of Disasters*, New York, Springer.
- European Commission. 2014. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- ISTAT. 2011. Glossario dei conti economici nazionali 1970-2010. ISTAT, disponibile in <https://www.istat.it/it/files//2011/04/glossario1.pdf>
- Jonkman, S.N., Brinkhuis-Jak, M. & Kok, Matthijs. 2004. Cost benefit analysis and flood damage mitigation in the Netherlands, *Heron*, 49 (1). 49.
- Joseph, R., Proverbs, D., Lamond, J. & Wassell, P. 2014. Application of the concept of cost benefit analysis (CBA) to property level flood risk adaptation measures, *Structural Survey*, 32(2): 102-122.
- Kelman, I. 2013. *Disaster Mitigation is Cost Effective*. World Bank, Washington, DC. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16341> License: CC BY 3.0 IGO.

- Klijn, F., Olfert, A., Schanze, J. 2009. *Methodology for ex-post evaluation of measures and instruments in flood risk management (postEval) – Executive Summary*, Leibniz Institute for Ecological and Regional Development (IOER), FLOODsite Report T12-07-01, Dresden.
- Mechler, R. 2016. Reviewing estimates of the economic efficiency of disaster risk management: opportunities and limitations of using risk-based cost–benefit analysis, *Nat Hazards*, 81(2016): 2121–2147.
- Mechler, R. 2005. *Cost-benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing Countries*: Manual, GTZ.
- Menoni S., Molinari, D., Ballio, F., Minucci, G., Mejri, O., Atun, F., Berni, N., Pandolfo, C. 2016. Reporting flood damages: A model for consistent, complete and multi-purpose scenarios, *Natural Hazards and Earth Systems Sciences*, 16: 2783-2797.
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R. & Thieken, A. 2010. Review Article "Assessment Of Economic Flood Damage", *Natural Hazards And Earth System Science* 10 (8): 1697-1724. doi:10.5194/nhess-10-1697-2010.
- Meyers, V., Becker, N., Markantonis, V., Schwarze, R., van den Bergh, J. C. J. M., Bouwer, L. M., Bubeck, P., Ciavola, P., Genovese, E., Green, C., Hallegatte, S., Kreibich, H., Lequeux, Q., Logar, I., Papyrakis, E., Pfurtscheller, C., Poussin, J., Przyluski, V., Thieken, A. H., Viavattene, C. 2013. Review article: “Assessing the costs of natural hazards – state of the art and knowledge gaps”, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13: 1351-1373.
- Molinari, D., Minucci, G., Mendoza, M. T., Simonelli, T. 2016. Implementing the European “Floods Directive”: The Case Of The Po River Basin, *Water Resources Management* 30 (5): 1739-1756. doi:10.1007/s11269-016-1248-3.
- Molinari D., Menoni S., Aronica G. T., Ballio F., Berni N., C. Pandolfo C., Stelluti M., Minucci G. 2014. Ex post damage assessment: an Italian experience, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14: 901–916.
- Pesaro G. 2018, The Contribution of the Economic Thinking to Innovate Disaster Risk Reduction Policies and Action, in Galderisi A., Colucci C. (eds), *Smart, Resilient and Transition Cities. Emerging Approaches and Tools for a Climate-sensitive Urban Development*, Elsevier Inc Publisher, pp. 249-256, ISBN: 978-0-12-811477-3
- Pesaro G. 2007. Prevention and mitigation of the territorial impacts of natural hazards: the contribution of economic and public-private cooperation instruments. In Aven T., Vinnem J.E. (eds.) *Risk, Reliability and Societal Safety – Vol.1 Specialisation Topics*, London, Taylor&Francis.
- Pesaro G., Mendoza M.T., Minucci G., Menoni S. 2018, Cost-Benefit Analysis for non-structural flood risk mitigation measures: Insights and lessons learnt from a real case study, in Haugen, S., Barros, A., Gulijk, C. V., Kongsvik, T., Vinnem, J. (Eds), 2018, *Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World*. London: CRC Press, pp. 109-118, ISBN 978-0-8153-8682-7



- Pesaro G., Mendoza, M. T., Menoni, M., Minucci, G., Bezzam, V., Russo, F., Botzen, W., Monteiro, E., Estrada, F., Hudson, P. 2016. *Cost-benefit analysis of mitigation measures to pilot firms/infrastructures in Italy*, IDEA Project, Deliverable D.4, disponibile in <http://www.ideaproject.polimi.it>.
- Rose A., Huyck, C.K. 2016. Improving Catastrophe Modelling for Business Interruption Insurance Needs, *Risk Analysis*, DOI: 10.1111/risa.12550.
- Schanze J., Hutter, G., Penning-Rowsell, E., Nachtnebel, H-P, Meyer, V., Werritty, A., Harries, T., Holzmann, H., Jessel, B., Koeniger, P., Kuhlicke, C., Neuhold, C., Olfert, A., Parker, D., Schildt, A. 2008. *Systematization, evaluation and context conditions of structural and non-structural measures for flood risk reduction*. FLOOD-ERA Joint Report, published by ERA-NET CRUE, disponibile in <http://www.crue-eranet.net>.
- Shreve C.M. & Kelman, I. 2014. Does mitigation save? Reviewing cost-benefit analyses of disaster risk reduction, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10(2014): 213–235.