



# Flood-IMPAT+

*an Integrated Meso & Micro Scale Procedure to Assess Territorial Flood Risk*



## **Del.3: Strumenti per la modellazione del danno alluvionale**

*Settembre 2019*

[www.floodimpatproject.polimi.it](http://www.floodimpatproject.polimi.it)

Obiettivo principale del progetto Flood-IMPAT+ è stata l'individuazione e lo sviluppo di 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 del 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. Allo stesso tempo, si è cercato di sviluppare strumenti utili anche alla fase di pianificazione dell'emergenza, per la gestione del rischio residuo. Si è quindi rivolta l'attenzione alle diverse scale spaziali di interesse per la mitigazione del rischio, dal singolo elemento esposto (i.e. micro-scala) all'aggregazione spaziale, più o meno ampia, di tali elementi (i.e. meso-scala), garantendo la consistenza dei risultati delle analisi condotte alle diverse scale. Nel seguito vengono riportati i risultati raggiunti dal progetto, per tipologia di elemento esposto (i.e. settore), con una loro applicazione al caso studio di Lodi. L'applicazione ha un duplice scopo: dimostrare l'usabilità degli strumenti prodotti e specificare i dati e le fonti di dati necessari al loro utilizzo. Considerando la letteratura, lo stato delle conoscenze e i dati disponibili, nonché sulla base delle indagini svolte per il caso studio specifico di Lodi, non è stato possibile definire strumenti che permettono una valutazione omogenea del danno per tutti i settori esposti; in particolare, si è giunti allo sviluppo di un modello per la valutazione quantitativa ovvero monetaria del danno solo per i settori residenziale e agricolo (i.e. colture), limitatamente alla sola componente diretta del danno. Per gli altri settori/tipologie di danno si propone comunque un significativo avanzamento metodologico per la valutazione del danno potenziale (i.e. valore esposto) ovvero per la valutazione dei parametri di vulnerabilità maggiormente rappresentativi dei meccanismi di danneggiamento che l'elemento esposto può subire. Data la natura esplorativa di alcuni risultati, nel presente documento sono riportati solo quei risultati che possono essere già utilizzati dal mondo tecnico, ai fini di un significativo aggiornamento delle analisi di rischio. Per approfondimenti relativi alle ulteriori analisi svolte si consultino i seguenti documenti:

- *Frattari M., La modellazione della rete di trasporto stradale a supporto della gestione del rischio alluvionale, Tesi di laurea specialistica in Ingegneria Civile, Politecnico di Milano, 2019*
- *Molinari D, Ballio F, Faiella A, Gallazzi A, Modelli per la previsione e gestione del danno alle reti in caso di alluvione, Politecnico di Milano, 2019*
- *Pituello P., Implementazione e sviluppo del modello Agride per la valutazione del danno alluvionale al settore agricolo, Tesi di laurea specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Politecnico di Milano, 2019*

L'applicazione degli strumenti sviluppati per l'analisi costi-benefici delle strutture arginali costruite nella città di Lodi a seguito dell'alluvione del 2002 è disponibile nella Deliverable 4 di progetto.

## IL MODELLO simple-INSYDE PER LA VALUTAZIONE DEL DANNO AGLI EDIFICI RESIDENZIALI

### Premessa

Per valutare il danno alluvionale, la letteratura scientifica propone alcuni strumenti chiamati modelli o funzioni di danno. Tali strumenti sono affetti da un elevato livello di incertezza, a causa della complessità dei fenomeni di danneggiamento e della mancanza di dati sperimentali per calibrare e validare i modelli. I modelli che mirano a riprodurre i fenomeni di danneggiamento tenendo conto di molteplici variabili esplicative, sia relative all'elemento esposto che al fenomeno alluvionale, sono in genere detti modelli multivariati. Il modello INSYDE, sviluppato da Dottori et al. nel 2016 per il contesto Italiano, si colloca tra di essi. Esso è finalizzato alla stima del danno potenziale agli edifici residenziali, attraverso un approccio definito sintetico, in quanto simula il fenomeno di danneggiamento alle differenti componenti di un'abitazione sulla base di un'analisi expert-based. Il modello si compone di numerose funzioni relative alle diverse azioni di rimozione e ricostruzione delle componenti dell'edificio che vengono danneggiate in caso di alluvione. INSYDE è scaricabile gratuitamente e disponibile sotto forma di codice nel linguaggio R.

All'interno del progetto Flood-IMPAT+, il modello INSYDE è stato inizialmente validato per il contesto in esame, attraverso il confronto sia con i risultati forniti da altri modelli di danno sviluppati per il contesto Italiano, sia con dati sperimentali relativi al caso studio di Lodi; la validazione è stata effettuata utilizzando dati di esposizione e vulnerabilità alla micro scala (ovvero relativi al singolo edificio) e alla meso-scala (facendo riferimento alle celle di censimento dell'ISTAT). Nelle tabelle seguenti si mostrano i risultati dei due esercizi di validazione. La Tabella 1 mostra il confronto tra i dati sperimentali e i risultati della modellazione con INSYDE, alle due diverse scale di analisi e con diversi dati in input. In particolare: (i) la prima valutazione del danno è stata effettuata su 271 edifici, di cui era noto il valore del danno osservato, utilizzando come area dell'edificio quella indicata nel DataBase Topografico Regionale; (ii) la seconda valutazione è stata arricchita da un'analisi delle superfici residenziali e commerciali degli edifici secondo i dati catastali, (iii) nella terza, il modello è stato applicato a tutti gli edifici interni all'area allagata (877) considerando quale area residenziale, nel caso alla meso-scala, quella indicata nei dati ISTAT.

Simulazione	Danno (M€)		
	Osservato	Micro-scala	Meso-scala
271 edifici Area DBTR	4.7	7.3	7.6
271 edifici Area modificata da informazioni catastali	4.7	5.6	7.6
877 edifici	-	20.8	24.8

Tabella 1 - Implementazione del modello di danno INSYDE alla micro-scala e meso-scala; confronto con dati osservati

I risultati mostrano l'importanza della variabile "area dell'edificio" nel calcolo del danno; infatti, laddove sia possibile una stima più accurata dell'effettiva area destinata ad uso residenziale, la differenza tra danno osservato e stimato si riduce considerevolmente; al contrario, quando l'area viene valutata sommariamente (come nel caso del dato ISTAT), si possono avere differenze anche molto significative nel passaggio dalla micro alla meso scala e quindi, tra danno stimato e osservato.

La Tabella 2 mostra invece il confronto tra il danno simulato da differenti modelli sviluppati per il contesto italiano; essa evidenzia come INSYDE sia il modello con le migliori performance, in termini di corrispondenza tra danno stimato e osservato.

Modello	Danno (M€)	SIM/OSS	RMSE (k€)
Osservato	4.7		
Insyde	5.6	1.2	25.6
Luino	20.6	4.4	93.4
Oliveri & Santoro	8.8	1.9	39.5
FLF-IT	16.9	3.6	77.2

Tabella 2 - Confronto tra diversi modelli di danno

Verificata l'adeguatezza del modello INSYDE, nel progetto Flood-IMPAT+ è stata sviluppata una versione semplificata del modello, chiamata simple-INSYDE, con l'obiettivo di creare uno strumento di più immediata implementazione ed interpretazione per l'utente finale ma, allo stesso tempo, basato sulla complessità modellistica e la validità scientifica dello strumento di partenza. In particolare, gli obiettivi della semplificazione sono stati:

- Proporre uno strumento che permetta di osservare la relazione diretta tra il danno totale all'abitazione e le sue variabili esplicative, in modo tale da identificare priorità di intervento per la riduzione del danno.
- Fornire un modello di facile implementazione, cioè che non richieda specifiche conoscenze informatiche o statistiche da parte dell'utilizzatore.
- Proporre un modello che richieda informazioni in ingresso reperibili in database accessibili, almeno all'interno del contesto nazionale.

### Il modello simple INSYDE

Il modello simple-INSYDE si presenta nella forma seguente.

$$D = RV_{basem} \cdot A_{basem} \cdot d_{basem} + RV_{storey} \cdot A \cdot \left[ \sum_{i=1}^n (d_{storey_i} + d_{floor_i}) + d_{boiler} \right]$$

$$d_{basement} = f(A_{basem})f(du) \rightarrow \begin{cases} f(A_{basem}) = 0.02 + \frac{0.35}{\sqrt{A_{basem}}} \\ f(du) = 1 + 0.3 \arctan(du - 36) \end{cases}$$

$$d_{storey} = f(h)f(A)f(LM, du)f(BS)f(FL)f(q) \rightarrow \begin{cases} f(h) = (0.17h - 0.02h^2) \\ f(A) = \left(0.2 + \frac{7}{\sqrt{A}}\right) \\ f(LM, du) = \begin{cases} \text{if } LM \text{ low, } 1 + 0.15 \cdot \arctan(du - 36) \\ \text{if } LM \text{ high, } 0.8 + 0.2 \cdot \arctan(du - 36) \end{cases} \\ f(BS) = \begin{cases} 1.35, \text{ if } BS \text{ masonry} \\ 1, \text{ else} \end{cases} \\ f(FL) = \begin{cases} 1.5, \text{ if } FL \text{ high} \\ 1, \text{ else} \end{cases} \\ f(q) = \begin{cases} 1.2, \text{ if } q = 1, \text{ presence of pollutants} \\ 1, \text{ else} \end{cases} \end{cases}$$

$$d_{floor} = f(h, FL) = \begin{cases} 0.04, & \text{if } h > 0 \text{ and } FL \text{ high} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

$$d_{boiler} = f(A_{basem}, h) = \begin{cases} 0.015, & \text{if } A_{basem} \neq 0 \text{ or } A_{basem} = 0 \text{ and } h > 1.6 \text{ m} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

Il modello calcola il danno all'edificio come somma dei danni ai singoli piani esposti al rischio alluvionale ( $n = \text{numero di piani esposti}$ ). Il danno in termini monetari, detto danno assoluto  $D$  viene calcolato come prodotto del danno relativo  $d_x$  per il costo di ricostruzione del piano corrispondente. Quest'ultimo è valutato come prodotto del valore di ricostruzione  $RV \left[ \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right]$ , ottenuto dalle stime di Cineas-Cresme-Ania, per la superficie del piano [ $\text{m}^2$ ].

Le variabili in input al modello sono:

- Variabili riguardanti l'edificio
  - $A$  Area in pianta dell'edificio [ $\text{m}^2$ ]
  - $A_{basem}$  Area del piano seminterrato [ $\text{m}^2$ ]
  - $LM$  Livello di Manutenzione [alto o basso]
  - $BS$  Struttura dell'edificio [muratura o calcestruzzo armato]
  - $LF$  Livello di finitura [alto o basso]
- Variabili riguardanti l'evento alluvionale
  - $h$  Tirante idrico all'esterno dell'edificio [m]
  - $du$  Durata dell'evento [ore]
  - $q$  Presenza inquinanti [si/no]

Il danno totale assoluto è dato dalla somma del danno a quattro elementi dell'edificio (1):

- Danno al seminterrato  $d_{basem}$ : in caso di alluvione, il seminterrato, se presente, è ipotizzato totalmente allagato. Il danno ad esso riferito risulta indipendente rispetto all'altezza dell'acqua.
- Danno al piano  $d_{storey}$ : la funzione per il calcolo del danno al piano è valida per tutti i piani superiori al seminterrato. Essa è l'unica componente di danno funzione del tirante idrico in corrispondenza dell'edificio.
- Danno al pavimento  $d_{floor}$ : costante di danno considerata in caso di altezza d'acqua superiore a zero e alto livello di finitura dell'edificio.
- Danno alla caldaia  $d_{boiler}$ : componente costante del danno. Presente in caso di seminterrato o di tiranti idrici maggiori di 1.6, rispettivamente corrispondenti alla condizione di caldaia posizionata nel seminterrato o al piano.

Il modello simple-INSYDE è indirizzato alla valutazione del danno in caso di alluvioni pianura, generalmente lente, dovute allo straripamento di fiumi in prossimità di centri abitati. Il modello permette di analizzare abitati costituiti da edifici civili residenziali in muratura e calcestruzzo, trascurando il caso di abitazioni storiche, in legno o in forte degrado.

Di seguito, vengono mostrate alcuni grafici al fine di presentare il comportamento del modello. In Figura 1 viene mostrato l'andamento delle componenti di danno in funzione dell'altezza d'acqua nel caso di un'abitazione di  $100 \text{ m}^2$  in calcestruzzo armato, con un alto livello di finitura, bassa manutenzione, colpita da un'alluvione di 36 ore.

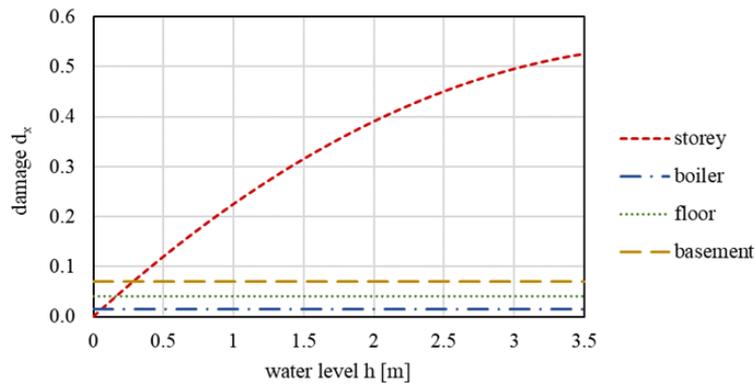


Figura 1– Andamento delle diverse componenti di danno in simple-INSYDE in funzione dell’altezza d’acqua

La figura mostra il peso che le diverse componenti hanno sul danno finale, evidenziando il ruolo determinante che ha la componente storey rispetto alle altre. La struttura del modello permette di analizzare anche l’andamento del danno in funzione delle altre variabili. Di seguito, vengono mostrati gli andamenti della componente storey in funzione dell’area dell’edificio e della durata dell’evento (Figura 2) in tre casi definiti come standard, worst e best condition. Per il grafico in funzione dell’area, i tre casi si riferiscono a: standard, evento di durata 36 ore, assenza inquinanti, casa in cemento armato di bassa finitura e manutenzione; worst, evento durata 62 ore, presenza inquinanti, casa in muratura, alta finitura e bassa manutenzione; better, evento di durata 10 ore, assenza inquinanti, casa in cemento armati, di bassa finitura e alta manutenzione. Per il danno in funzione della durata i casi sono gli stessi a differenza del valore durata che non è fisso.

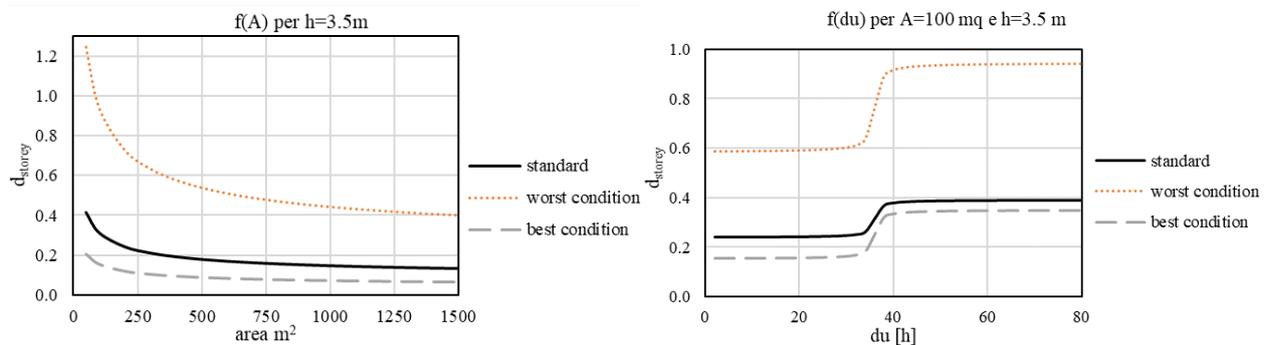


Figura 2- Andamento del danno in funzione dell’area e delle durata per scenari di danno.

### **Metodo di semplificazione**

Le diverse funzioni di danno relativo, sono state ottenute come funzioni interpolanti il danno calcolato da INSYDE, per le quattro componenti considerate. La procedura ha previsto alcuni passaggi. Nel primo passaggio sono state selezionate le variabili esplicative di danno tra quelle considerate nel modello originale. INSYDE considera sei variabili riferite al fenomeno alluvionale (altezza d’acqua, velocità, durata dell’evento, presenza inquinanti, etc.) e diciotto riferite alle caratteristiche dell’edificio (tipologia abitazione, materiale costruzione, numero di piani, etc.). Al fine di semplificare il modello sono state considerate solo alcune di esse. Sono state escluse le variabili non disponibili in database accessibili o la cui influenza sul calcolo del danno risulta modesta a seguito di un’analisi di sensitività locale. In seguito, è stato analizzato l’andamento del danno calcolato da INSYDE e convertito in termini relativi al variare delle singole variabili esplicative. Le funzioni interpolanti sono state scelte come funzioni semplici rappresentative di tale andamento. I

coefficienti di tali funzioni sono stati poi calibrati confrontando il danno stimato dal modello originale e dalla versione semplificata per un campione di 10000 edifici, le cui variabili sono state definite in maniera casuale.

### **Implementazione del modello**

Le funzioni simple-INSYDE sono facilmente utilizzabili da diverse tipologie di utenti, in quanto è possibile implementare il modello in un semplice foglio di calcolo.

I valori delle variabili di input che si riferiscono al fenomeno alluvionale possono essere ricavati dalla modellazione idraulica o da report dell'evento di interesse. I valori delle variabili riferite all'edificio possono essere reperiti da differenti database, disponibili a livello nazionale, che forniscono informazioni a diversi livelli di dettaglio. Per esempio, l'ISTAT fornisce informazioni per sezione di censimento sulla tipologia di struttura dell'edificio o sul livello di manutenzione. I database topografici regionali forniscono l'area di ogni edificio. Nella Tabella 3 vengono definite le diverse fonti utilizzate per implementare il modello alle due scale di analisi (micro ovvero singolo edificio e macro ovvero sezione di censimento) nel caso studio di Lodi. Qualora i dati di input non fossero disponibili, l'utente può fissare dei valori di default o calcolare il danno per differenti valori dei parametri e poi calcolare la media. Per esempio, coerentemente con il modello originale INSYDE, l'area del piano seminterrato è stata calcolata nel caso studio pari al 50% dell'area in pianta dell'edificio. Per le variabili disponibili ad una sola scala di analisi, è invece necessario procedere con un upscaling o downscaling dell'informazione. Per esempio per quanto riguarda la presenza del seminterrato si può applicare la percentuale di frequenza X a tutta la sezione di censimento. Viceversa, per la tipologia strutturale, è sensato attribuire ad ogni edificio la tipologia prevalente nella sezione di censimento.

Il danno calcolato da simple-INSYDE, sia alla micro che alla meso scala, può essere facilmente implementato in ambiente GIS per visualizzarne la distribuzione spaziale. A titolo di esempio, di seguito vengono mostrate le mappe di danno relativamente ad un evento alluvionale di 500 anni di tempo di ritorno secondo il PGRA, per la città di Lodi. Le mappe di danno richieste dalla Direttiva Alluvioni per il caso studio sono disponibili tra le Deliverable del progetto.

Variabile	Fonti di dati	
	Micro-scala	Meso-scala
<b>A</b>	DBTR	ISTAT per Sezione di Censimento
<b>A<sub>basem</sub></b>	Dati catastali forniscono l'informazione sulla presenza del seminterrato	-
<b>LM</b>	PGT	ISTAT per Sezione di Censimento
<b>BS</b>	-	ISTAT per Sezione di Censimento
<b>FL</b>	Dati catastali	Agenzia delle Entrate per zona OMI

*Tabella 3 – Fonti di dati disponibili alle due scale di analisi*

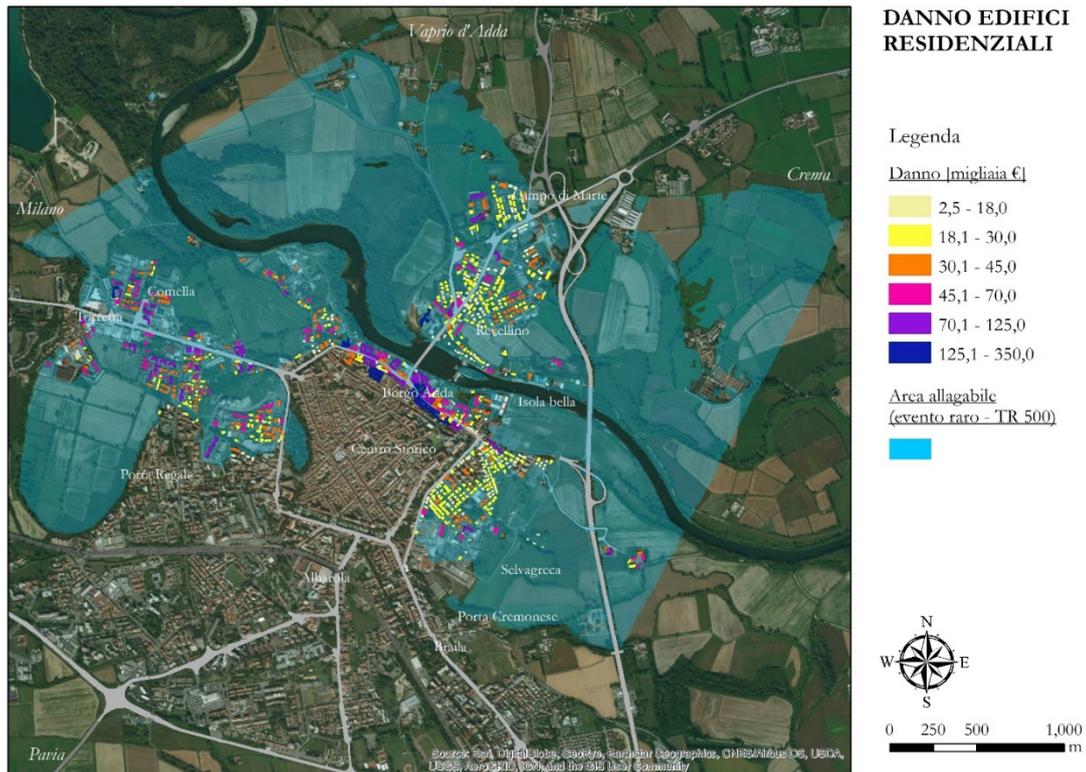


Figura 3 – Danno calcolato con il modello simple-INSYDE agli edifici residenziali all'interno dell'area allagabile di tempo di ritorno 500 anni per la città di Lodi.

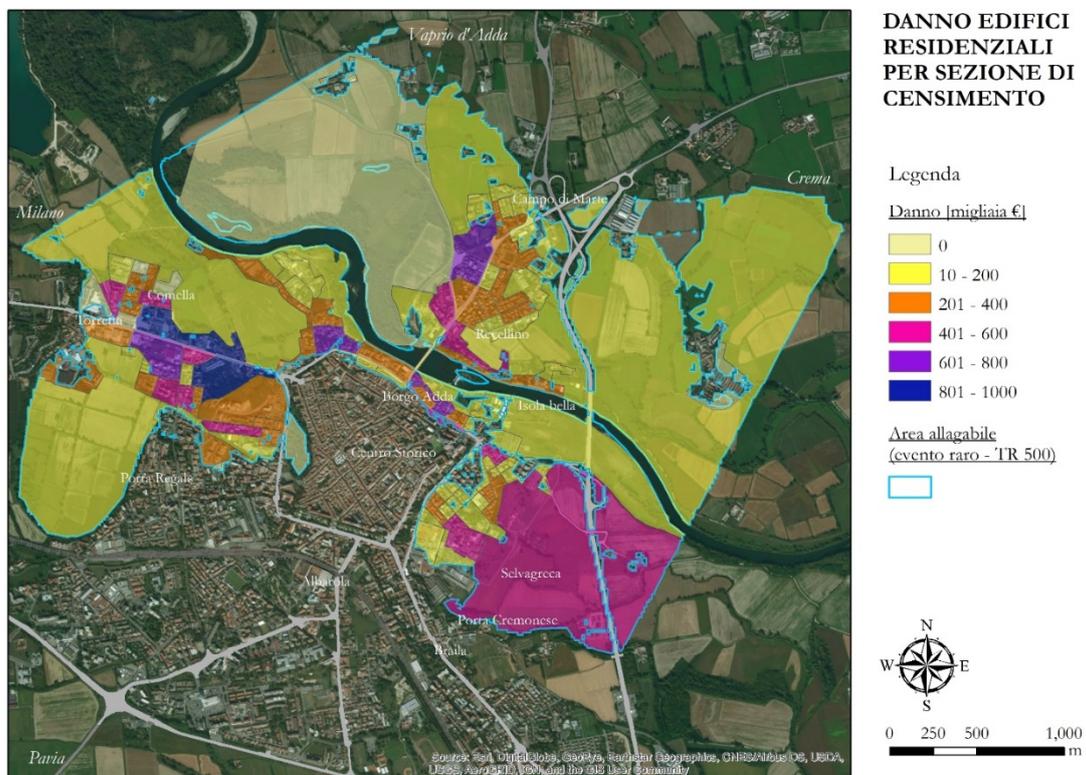


Figura 4 - Danno calcolato con il modello simple-INSYDE agli edifici residenziali all'interno dell'area allagabile di tempo di ritorno 500 anni per la città di Lodi, aggregato per sezione di censimento .

Riferimenti bibliografici

*Dottori F., Figueiredo R., Martina M.L.V., Molinari D., Scorzini A. INSYDE: a synthetic, probabilistic flood damage model based on explicit cost analysis, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 16, 2577-2591, 2016.*

## IL MODELLO AGRIDE-c PER LA VALUTAZIONE DEL DANNO ALLE COLTURE AGRICOLE

### Premessa

Nelle attuali valutazioni del rischio alluvioni, i danni al settore agricolo vengono generalmente trascurati, o stimati con approcci molto semplificati, sia per la mancanza di dati utili alla generazione di modelli più specifici, sia perché considerati di minore importanza rispetto agli impatti su altri settori esposti (es. residenziale, industriale, infrastrutture). Tuttavia, la costruzione di adeguati modelli per la stima del danno alluvionale nelle zone agricole, seppur mediamente inferiore a quello sulle aree urbane, risulta ormai indispensabile per rispondere alle richieste e alle politiche di gestione e mitigazione del rischio, definite a livello comunitario dalla Direttiva Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE): elaborazione delle mappe del rischio, analisi costi-benefici per valutare l'efficienza e la priorità delle misure di mitigazione, in particolare di quei progetti che includono il ripristino di aree golenali e piane alluvionali o la realizzazione dei bacini di laminazione e che solitamente interessano zone destinate all'attività agricola.

All'interno del progetto Flood-IMPAT+ è stato sviluppato un modello concettuale, denominato AGRIDE-c (AGRIculture Damage Estimation-crops), per la valutazione del danno alluvionale alle colture agricole e dei conseguenti impatti economici per gli agricoltori. L'obiettivo finale prevede la realizzazione di un modello più ampio (AGRIDE), atto ad una stima esaustiva del danno totale riscontrabile in un'azienda agricola a seguito di un evento alluvionale, prendendo in considerazione anche i danni su tutte le altre componenti costituenti l'azienda (suolo, bestiame, fabbricati agricoli, macchinari, scorte, ecc.). Per il momento ci si è focalizzati esclusivamente sulle perdite connesse alle coltivazioni in atto, poiché queste rappresentano la componente aziendale più vulnerabile, nonché quella maggiormente studiata in letteratura allo stato attuale.

AGRIDE-c presenta due principali punti di forza, che lo differenziano dalla maggior parte dei modelli sviluppati sinora:

- propone una metodologia esportabile e adattabile a diversi contesti geografici ed economici
- unisce la modellazione del danno fisico alle colture alla modellazione del danno economico conseguente in modo da arrivare a stimare l'effettiva perdita subita dall'azienda agricola

Il modello è stato implementato per la pianura Padana, più precisamente per la provincia di Lodi, al fine di dimostrare l'adoperabilità di AGRIDE-c e fornire uno strumento consistente per la stima del danno alluvionale alle coltivazioni presenti nel territorio in esame.

Lo sviluppo del modello ha evidenziato come accurati modelli di valutazione del danno alluvionale all'agricoltura, possano costituire un importante strumento di supporto decisionale sia per le autorità competenti sia per le imprese agricole. Infatti tali modelli consentono, da un lato, di potenziare le analisi costi-benefici delle azioni di mitigazione del rischio e, dall'altro, aiutano gli agricoltori a orientarsi verso pratiche agricole più resilienti nei confronti dei fenomeni alluvionali.

### Modello concettuale di AGRIDE-c

AGRIDE-c è stato sviluppato attraverso un approccio "expert-based", tenendo conto di tutte le conoscenze acquisite con lo studio della letteratura e grazie al supporto di alcuni esperti. Si è scelto di derivare un modello alla micro-scala, adatto per la valutazione dei danni potenziali a livello della singola azienda agricola.

La struttura concettuale di AGRIDE-c è rappresentata in Figura 1. Nel modello, il danno assoluto ( $D$ ) per il singolo agricoltore è espresso come la differenza tra la riduzione del ricavo ( $\Delta GO$ ) e la variazione dei costi di produzione ( $\Delta PC$ ), conseguenti all'inondazione di una specifica coltura. In altre parole, il danno assoluto coincide con la riduzione dell'utile lordo dell'impresa ( $NM = GO - PC$ , dove  $NM$  = ricavo e  $PC$  = costi di produzione) causata dall'alluvione, rispetto all'utile ottenibile in condizioni normali, cioè in assenza di fenomeni alluvionali (Scenario 0):

$$D = NM_{\text{noflood}} - NM_{\text{flood}} = (GO_{\text{noflood}} - GO_{\text{flood}}) - (PC_{\text{noflood}} - PC_{\text{flood}}) = \Delta GO - \Delta PC$$

Per esplicitare la perdita di profitto in termini percentuali, è possibile calcolare il danno relativo ( $d$ ) dividendo il danno assoluto per il profitto dello Scenario 0 ( $NM_{\text{no flood}}$ ):

$$d = \frac{D}{NM_{\text{no flood}}}$$

Come è ben visibile nella mappa concettuale in Figura 1, AGRIDE-c combina la modellazione fisica e la modellazione economica per la stima del danno assoluto; la prima fornisce l'informazione sul danno fisico sulla coltura, mentre la seconda traduce gli impatti fisici dell'alluvione in termini monetari.

Il danno fisico alle colture è in generale provocato dal contatto diretto dell'acqua di inondazione con le piante, ma può essere aggravato ulteriormente dal danneggiamento di altri elementi dell'azienda: in particolare, il danno al suolo può ridurre la fertilità del terreno stesso e, di conseguenza, la resa della pianta; oppure il danneggiamento di macchinari e attrezzature (es. sistema di irrigazione) può portare a una sospensione temporanea della coltivazione. Tra questi, AGRIDE-c considera unicamente il danno al terreno, dal momento che il suolo e le colture vengono impattati sempre contemporaneamente durante un'alluvione, mentre i danni alle altre componenti possono verificarsi o meno, indipendentemente dal danno alle piante; di conseguenza, i danni al suolo e alle colture sono strettamente interdipendenti, mentre i danni alle altre componenti possono essere modellizzati separatamente. Il modello fisico di AGRIDE-c è composto quindi da due sotto-modelli che valutano, rispettivamente, il danno fisico alle colture (piante) e quello al terreno.

Il sotto-modello relativo alle colture calcola il danno fisico alle piante in termini di riduzione della resa (quantità) e della qualità del raccolto dovuta all'alluvione, in funzione dei parametri di pericolosità dell'evento (periodo di occorrenza e intensità) e di vulnerabilità della pianta (tipo di coltura e stadio vegetativo). Infatti, i danni fisici subiti dalle piante (asfissia radicale, contaminazione, insorgenza malattie, ecc.), dipendono principalmente dall'intensità dell'alluvione, ossia dalle seguenti variabili: altezza idrica, durata di sommersione, velocità della corrente, trasporto di sedimenti e inquinanti, salinità, altezza della falda; in secondo luogo, colture diverse resistono agli impatti alluvionali in maniera differente a seconda delle loro caratteristiche fisiche e del loro stadio vegetativo al momento dell'evento (importanza del periodo di occorrenza, della tipologia colturale e del relativo stadio vegetativo).

Il sotto-modello relativo al terreno calcola invece la quantità di suolo che viene danneggiata e le possibili tipologie di danno (erosione, deposito di sedimenti, contaminazione), insieme alla conseguente riduzione della fertilità che, come già detto, può influire sulla qualità e la quantità del raccolto. I danni al terreno dipendono solamente dalla durata dell'evento, dalla velocità della corrente, dalla salinità e dal trasporto di sedimenti e inquinanti; mentre, a differenza delle colture, il periodo di occorrenza dell'evento e l'altezza dell'acqua non hanno alcuna influenza sul danneggiamento del terreno. Tuttavia, il modello tiene conto dell'effetto sul suolo di possibili fenomeni di ristagno idrico (causati da un innalzamento della falda e da una prolungata saturazione del suolo) in termini di riduzione di fertilità e di aumento dei costi di sistemazione dovuti al drenaggio.

Il modello economico di AGRIDE-c si scompone anch'esso in due sotto-modelli: uno valuta la riduzione del ricavo mentre l'altro considera la variazione dei costi di produzione, rispetto allo Scenario 0 (no alluvioni).

Il primo sotto-modello calcola la riduzione del ricavo ( $\Delta GO$ ) determinata da una diminuzione della resa della pianta e/o da una diminuzione del prezzo di vendita legata alla possibile degradazione della qualità del prodotto finale raccolto.

Il secondo sotto-modello stima la variazione dei costi di produzione ( $\Delta PC$ ) dovuta ai costi aggiuntivi richiesti per sistemare il terreno alluvionato ed eseguire lavorazioni supplementari necessarie per proseguire la produzione, oppure ai costi risparmiati nel caso di abbandono della produzione. La variazione dei costi dipende quindi dalla strategia scelta dall'agricoltore per proseguire l'itinerario colturale, in funzione del

danno fisico subito dalla pianta e del suo stadio vegetativo al momento dell'alluvione. La prima strategia possibile consiste nel proseguire la coltivazione inondata; si tratta della scelta migliore qualora il danno alluvionale non comporti alcuna perdita di resa della pianta o tutt'al più una perdita parziale. Quando invece la perdita di resa non è più trascurabile, l'agricoltore può scegliere di riseminare la coltura utilizzando una specie adatta alla semina tardiva; questa seconda strategia è possibile solamente in alcune stagioni, secondo il ciclo vegetativo della coltura in esame. Infine, qualora la perdita di resa della pianta sia consistente, l'agricoltore può decidere di abbandonare l'intera produzione.

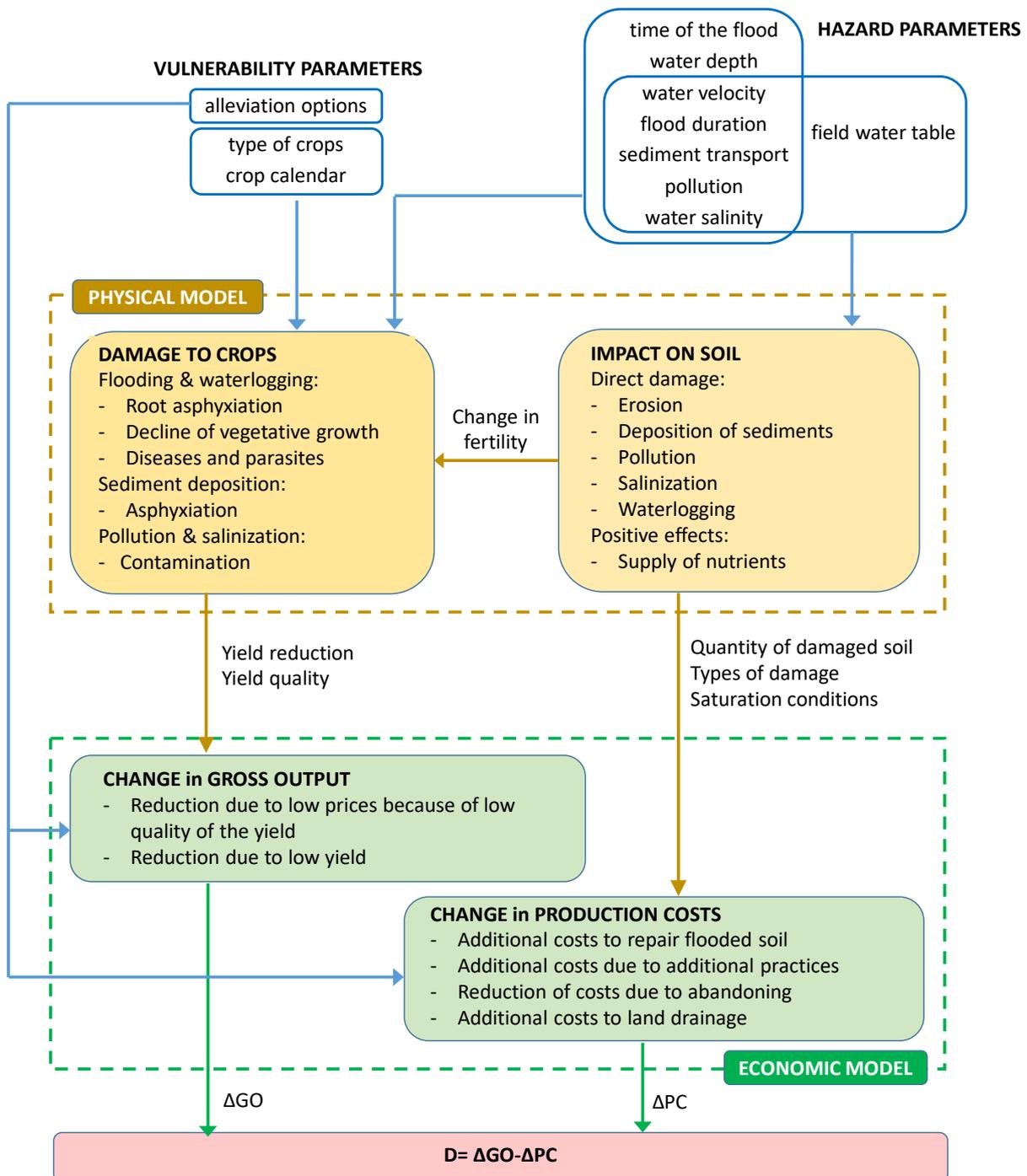


Figura 5 Modello concettuale di AGRIDE-c.

## **Implementazione del modello per la pianura Padana**

Mentre la struttura concettuale di AGRIDE-c ha validità generale per diversi contesti geografici ed economici, l'implementazione del modello (ossia la derivazione di un'espressione analitica per ognuna delle sue componenti) deve essere specifica del contesto di studio, poiché il danno alle coltivazioni dipende da molte caratteristiche locali che non possono essere generalizzate: condizioni climatiche, calendari colturali, rese e prezzi di vendita delle colture, costi di produzione, pratiche agricole. In questa sezione viene riportata l'implementazione dei diversi sotto-modelli inclusi in AGRIDE-c per la pianura Padana, non soltanto per mostrare l'applicazione di AGRIDE-c a un caso reale, ma anche per fornire una guida utile alla definizione dei sotto-modelli per contesti differenti.

L'implementazione è stata operata attraverso tre fasi successive. Il primo passo è stato quello di identificare i tipici fenomeni alluvionali e le principali colture del territorio in esame, da considerare nella modellazione del danno. La seconda fase corrisponde alla caratterizzazione dello Scenario 0 in termini di utile lordo dell'azienda agricola, calcolato considerando la resa della coltura in esame, il prezzo di vendita del prodotto finale, i periodi e i costi delle lavorazioni colturali durante un'annata agraria. Infine, è stata derivata un'espressione analitica delle diverse componenti di AGRIDE-c e, partendo dallo Scenario 0, sono stati stimati i danni alle diverse colture per scenari alluvionali differenti dal punto di vista dell'intensità dell'evento, del tempo di occorrenza e della strategia adottata dall'agricoltore per ridurre la perdita.

## **Caratteristiche di pericolosità ed esposizione della pianura Padana**

La provincia di Lodi è stata scelta come rappresentativa delle caratteristiche di pericolosità ed esposizione della pianura Padana.

Per quanto riguarda la pericolosità, l'analisi dell'ultimo evento significativo verificatosi nel Lodigiano, ovvero l'alluvione del fiume Adda nel novembre 2002, ha evidenziato che le zone agricole dell'area investigata sono interessate quasi esclusivamente dalle grandi piene fluviali, caratterizzate da: durate elevate, tiranti idrici medio-alti (valore medio: 0.9 m), velocità di flusso quasi nulle (valore medio: 0.2 m/s) e carichi di sedimenti e inquinanti limitati. Di conseguenza, i parametri di pericolosità inclusi nell'espressione analitica di AGRIDE-c per la pianura Padana sono solamente l'altezza idrica, la durata di inondazione e il periodo di occorrenza dell'evento.

Per caratterizzare l'esposto ed identificare le colture prevalenti dell'area di studio è stato analizzato l'uso agricolo della provincia di Lodi, e in particolare delle aree adiacenti all'Adda (buffer di 6 km attorno al fiume), utilizzando i dati catastali delle aziende agricole lodigiane scaricabili dal database SIARL (Sistema Informativo Agricolo Regione Lombardia). Si è giunti così ad identificare come colture prevalenti del territorio in esame le seguenti specie: mais da granella, grano, orzo e prato stabile.

## **Caratterizzazione dello Scenario 0**

Lo Scenario 0 è caratterizzato in termini dell'utile lordo annuo unitario (per ettaro) realizzabile dall'agricoltore in condizioni normali, cioè in assenza di fenomeni alluvionali; ciò implica la stima del ricavo annuo e della distribuzione dei costi di produzione sostenuti dall'azienda durante l'anno. In particolare, si è andati a ricostruire lo Scenario 0 relativo alla produzione di ciascuna delle quattro colture principali identificate (mais, grano, orzo, prato), considerandole quindi separatamente, nell'ipotesi che su una particella unitaria di terreno venga coltivata una specie colturale alla volta.

Per ricavo si intende la somma della produzione lorda vendibile (PLV) e dei contributi europei annui. La PLV è calcolata come prodotto tra la resa media e il prezzo medio della coltura nella provincia di Lodi negli ultimi cinque anni; le rese e i prezzi delle quattro colture in esame sono elencati in Tabella 1 (fonti: Regione

Lombardia, Borsa Granaria di Milano). Si può notare come il prato si differenzi dalle altre colture poiché, dal momento che viene tagliato e raccolto quattro volte l'anno, la sua resa annuale totale si distribuisce durante l'anno nei quattro raccolti con una media annua del 50% al primo sfalcio e del 17% circa in quelli successivi. Invece, i contributi europei si riferiscono ai finanziamenti previsti dal Regolamento (UE) n.1305/2013 a sostegno degli imprenditori agricoli e forestali e definiti dal Programma di Sviluppo Rurale (PSR) della Regione Lombardia; in particolare sono stati considerati i contributi previsti per le tecniche di lavorazione ridotta del terreno (minima lavorazione) e per la rotazione colturale, pari a 300 e 150 €/ha, rispettivamente.

Crop	Yield [q/ha]				Price [€/q]
	<i>I</i> mow. 60	<i>II</i> mow. 20	<i>III</i> mow. 20	<i>IV</i> mow. 20	
Maize	175				16.92
Wheat	75				23
Barley	70				19
Grassland	Tot. 120				15.4
	<i>I</i> mow. 60	<i>II</i> mow. 20	<i>III</i> mow. 20	<i>IV</i> mow. 20	

Tabella 4 Valori medi unitari della resa e del prezzo di vendita di mais da granella, grano, orzo e prato, nella provincia di Lodi per gli ultimi cinque anni.

I costi sono dati dalla somma dei costi variabili delle lavorazioni colturali e una quota di costi fissi corrispondente alle spese generali di gestione, che non dipendono dal volume di produzione e vendita; tale quota di costi fissi è stata posta pari al 5% della PLV. Mentre, per quanto riguarda i costi variabili, si è proceduto andando a distribuire le varie lavorazioni e quindi i relativi costi di produzione nell'arco di un'annata agraria, grazie all'aiuto di esperti della Coldiretti di Lodi e sulla base dei costi delle lavorazioni agromeccaniche riportati nel tariffario 2016 dei Contoterzisti della provincia di Lodi; alla scala temporale mensile, è stata affiancata quella del ciclo vegetativo della coltura in modo da creare una correlazione tra gli stadi di crescita della pianta e le lavorazioni colturali con i rispettivi costi e aiutare così la trasferibilità del modello su altri contesti geografici. Le figure sottostanti mostrano la distribuzione dei costi sostenuti durante l'anno per la produzione di ciascuna coltura di nostro interesse, in condizioni normali (Scenario 0). Per il mais, il grano e l'orzo si è deciso di esaminare due possibili itinerari agronomici, che si differenziano per le diverse tecniche di preparazione del terreno (tradizionale/minima lavorazione); mentre, per il prato stabile viene considerato un solo itinerario dal momento che per il prato non è previsto alcun lavoro di sistemazione del terreno, ma viene mantenuto esclusivamente mediante le operazioni di sfalcio e concimazione.

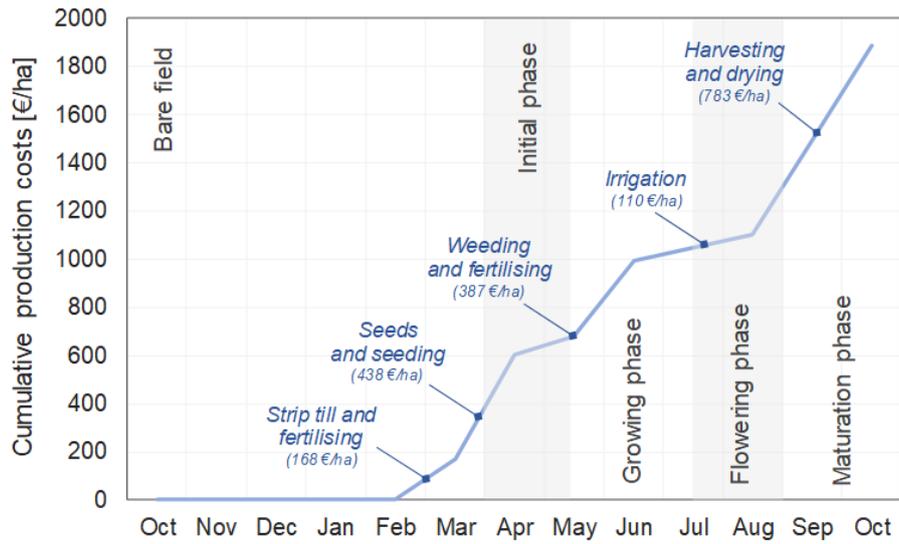


Figura 6 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per il mais da granella, in caso di minima lavorazione del terreno.

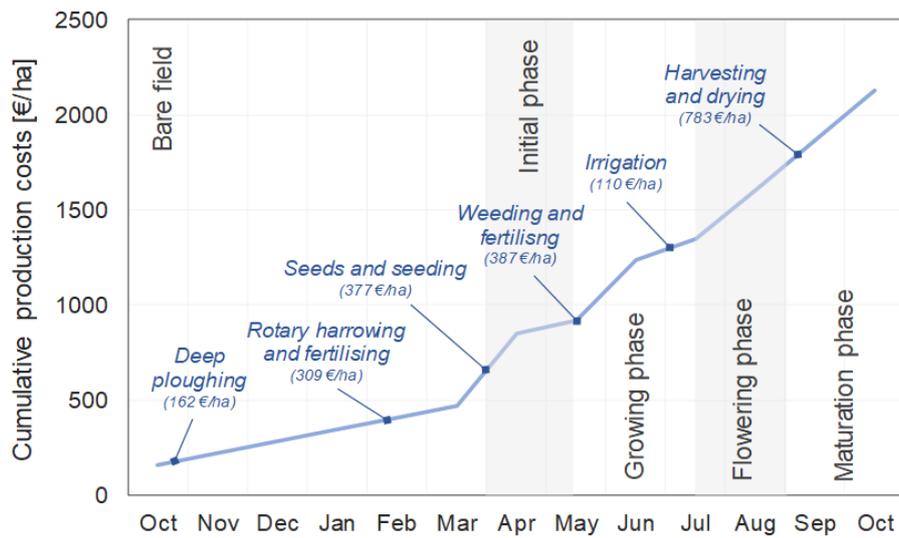


Figura 7 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per il mais da granella, in caso di lavorazione tradizionale del terreno.

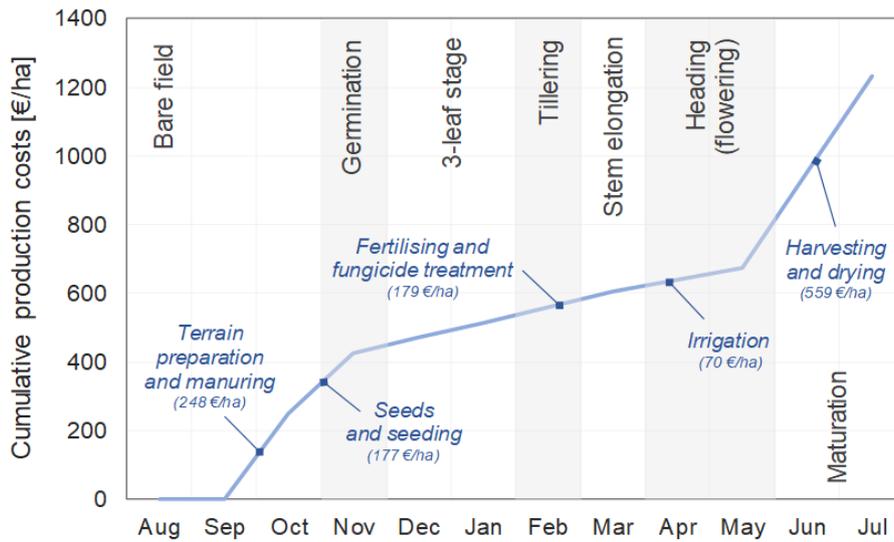


Figura 8 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per il grano, in caso di minima lavorazione del terreno.

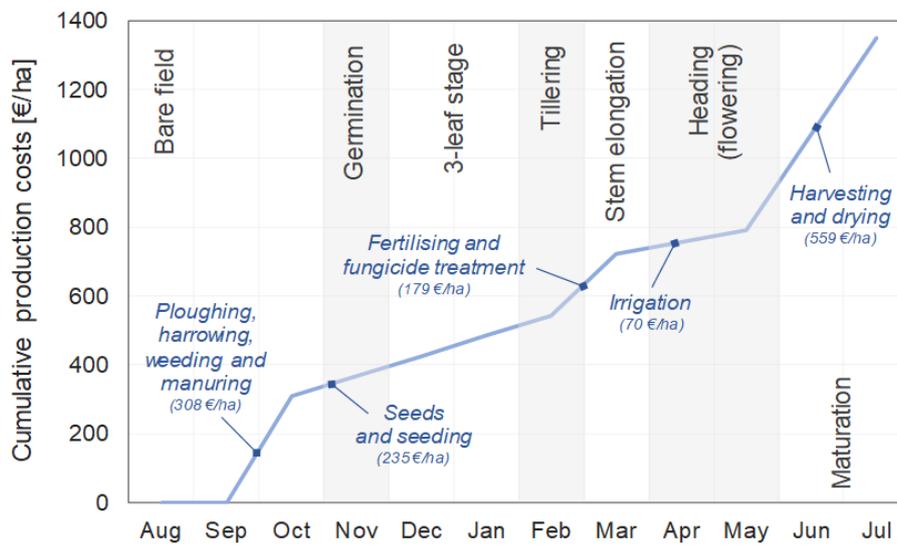


Figura 9 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per il grano, in caso di lavorazione tradizionale del terreno.

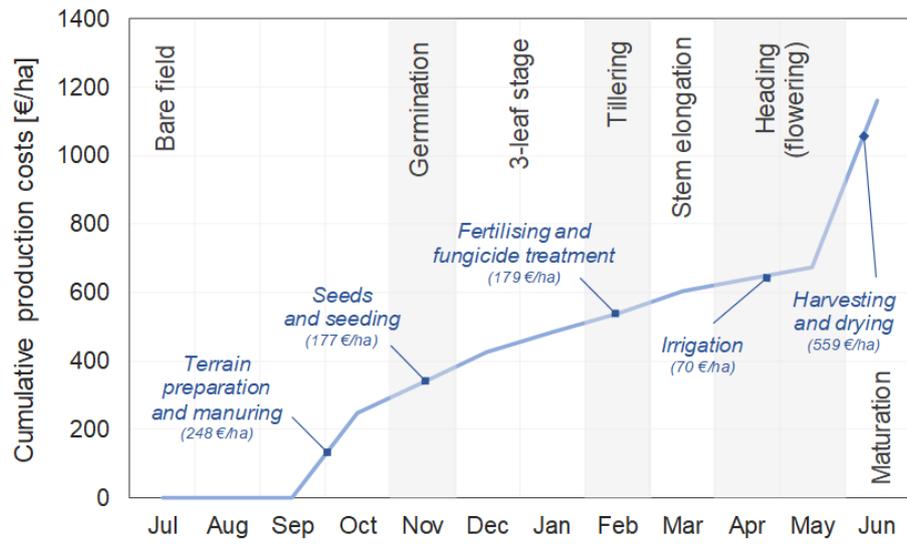


Figura 10 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per l'orzo, in caso di minima lavorazione del terreno.

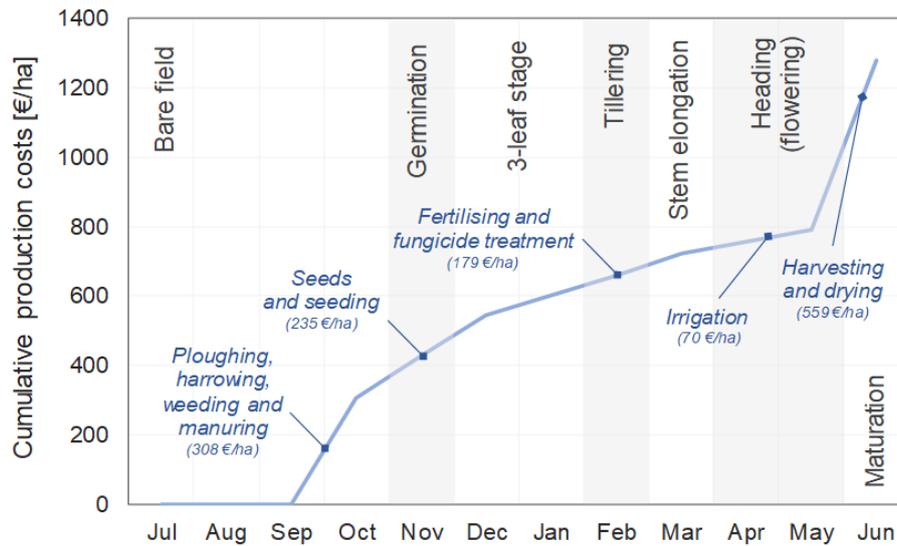


Figura 11 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per l'orzo, in caso di lavorazione tradizionale del terreno.

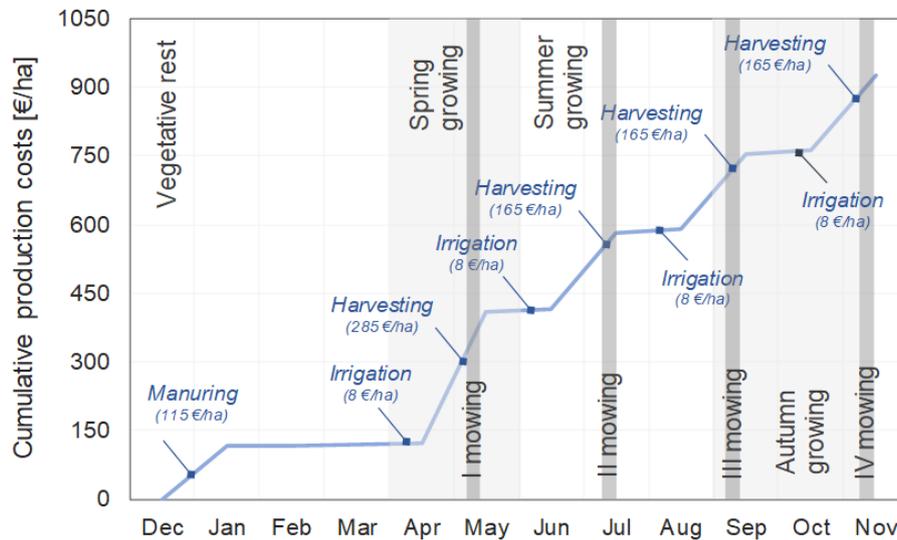


Figura 12 Costi di produzione sostenuti durante l'anno per il prato stabile.

La Tabella 2 riassume l'utile lordo annuo ottenuto dall'azienda agricola con la produzione delle quattro colture considerate, in assenza di eventi alluvionali, calcolati sottraendo i costi di produzione sopra illustrati ai relativi ricavi.

Crop	Tillage technique	Gross profit [€/ha]
Maize	minimum	1376
	conventional	834
Wheat	minimum	855
	conventional	437
Barley	minimum	552
	conventional	135
Grassland	-	829

Tabella 5 Profitti lordi annui dell'azienda agricole nello Scenario 0.

### **Modello fisico: danno alle colture**

Per quanto riguarda la componente di danno fisico alla coltura e la conseguente riduzione della sua resa, è stato preso come riferimento il modello sviluppato in Francia da Agenais et al. (2013), dopo aver verificato con gli esperti della Coldiretti di Lodi che fosse compatibile e applicabile al contesto di studio in oggetto.

Nelle Figure 9, 10 e 11 sono riportati i modelli di danno fisico, rispettivamente, per mais, grano/orzo (stesso modello per i cereali autunno-vernini) e prato, adattati da quelli di Agenais et al. (2013). Ciascun modello consiste in funzioni di vulnerabilità della pianta che esprimono la riduzione della resa conseguente a un'inondazione (come percentuale della resa attesa allo Scenario 0), sulla base dello stadio vegetativo, del tirante idrico e della durata dell'evento. Si ipotizza che la perdita di resa cresca linearmente da 0 (colore grigio) a 100% (colore rosso) con il numero di giorni di inondazione.

Per il momento, non è stato preso in considerazione né l'effetto del danno al terreno sulla resa della coltura né la possibile riduzione della qualità del raccolto e quindi del suo prezzo di vendita, poiché mancano dati e studi di letteratura in merito. Fa eccezione il prato stabile, per il quale si è scelto di considerare anche la riduzione del prezzo di vendita, oltre alla perdita di resa, per tenere conto della minore qualità del foraggio raccolto a seguito di un'alluvione; la riduzione del prezzo del foraggio, rappresentata in Figura 12, è espressa come una funzione della durata di inondazione e del numero di giorni rimanenti al prossimo raccolto.

### **Modello fisico: danno al terreno**

Allo stato attuale non esistono modelli che permettano di stimare le possibili tipologie di danno al terreno, la quantità di suolo danneggiato e la riduzione della sua fertilità in funzione delle caratteristiche di pericolosità. Di conseguenza, AGRIDE-c si basa sull'ipotesi che, in caso di alluvione, il suolo necessiti sempre delle operazioni di ripristino e pulizia (rimozione dei sedimenti e livellamento del terreno) e che il danno alluvionale non incida sulla fertilità e quindi sulla capacità di produzione agricola. L'erosione e la contaminazione, invece, non sono meccanismi di danneggiamento attesi nell'area di studio per via dei bassi valori di velocità e trasporto di contaminanti che caratterizzano le tipiche alluvioni di pianura.

Per le operazioni di ripristino e pulizia del terreno agricolo è stato fissato un costo pari a 500 €/ha, ricavato dal tariffario dei Contoterzisti della provincia di Lodi.

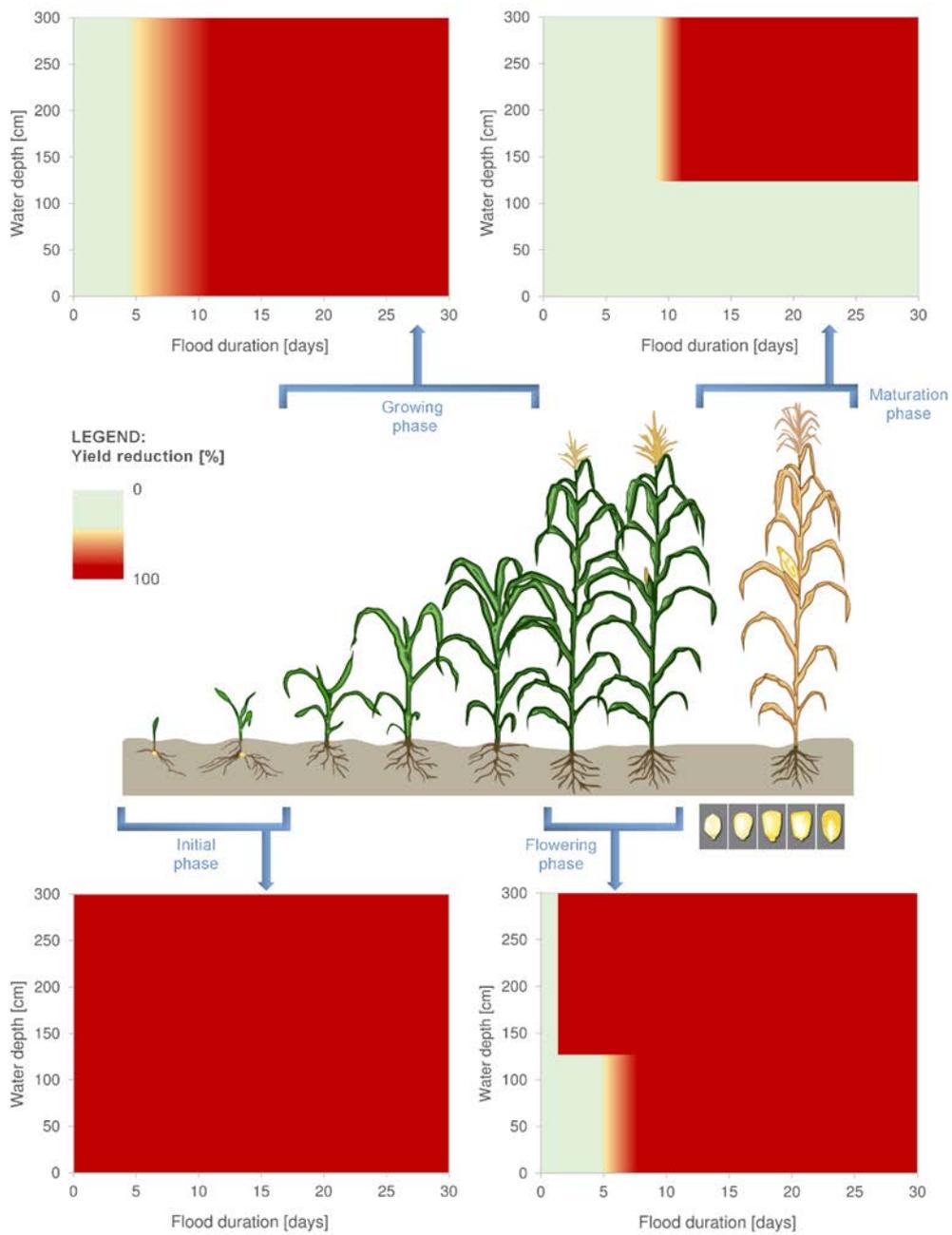


Figura 13 Danno fisico al mais in funzione dello stadio vegetativo, dell'altezza idrica e della durata di inondazione (adattato da Agenais et al., 2013).

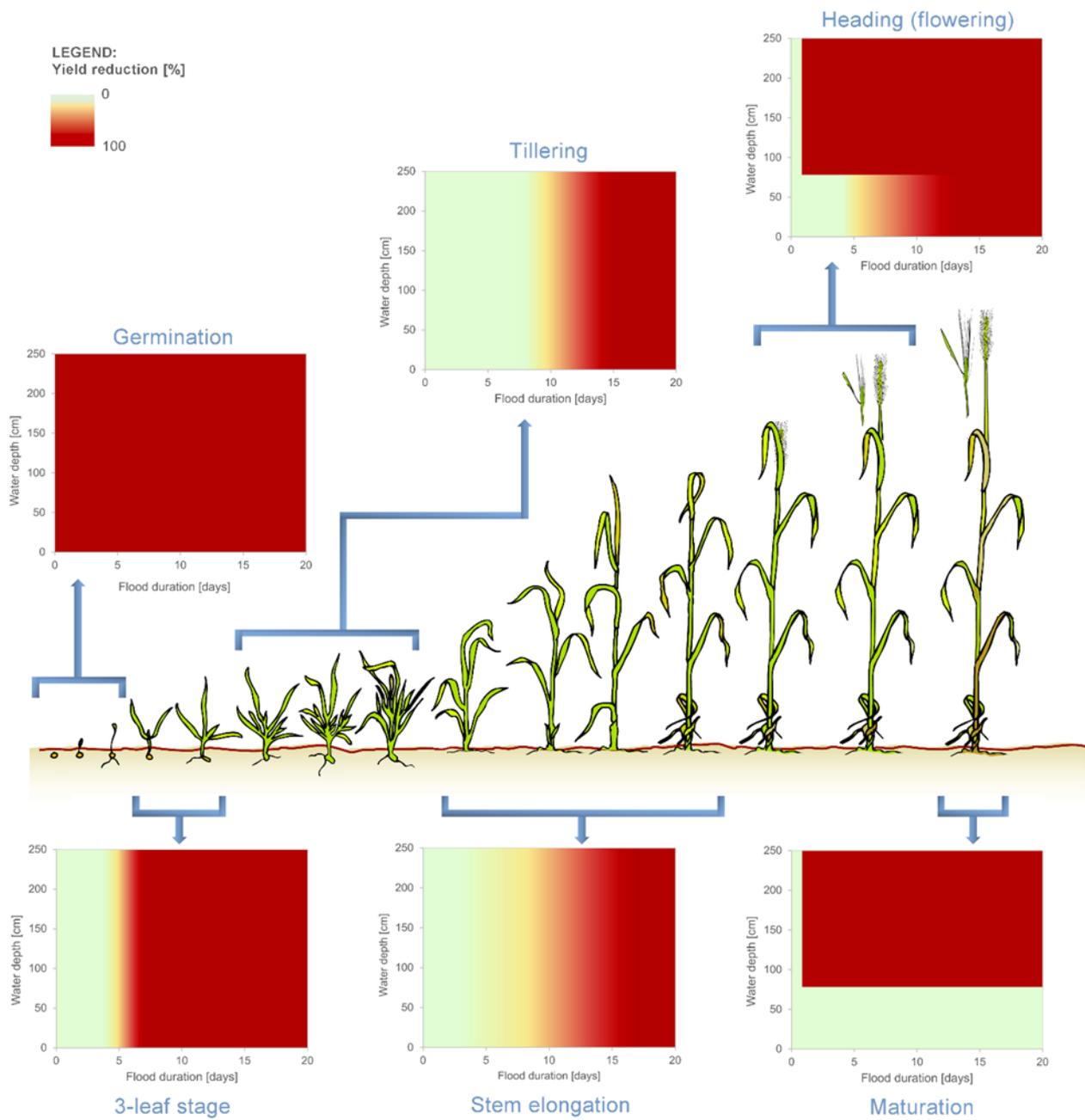


Figura 14 Danno fisico al grano e all'orzo in funzione dello stadio vegetativo, dell'altezza idrica e della durata di inondazione (adattato da Agenais et al., 2013).

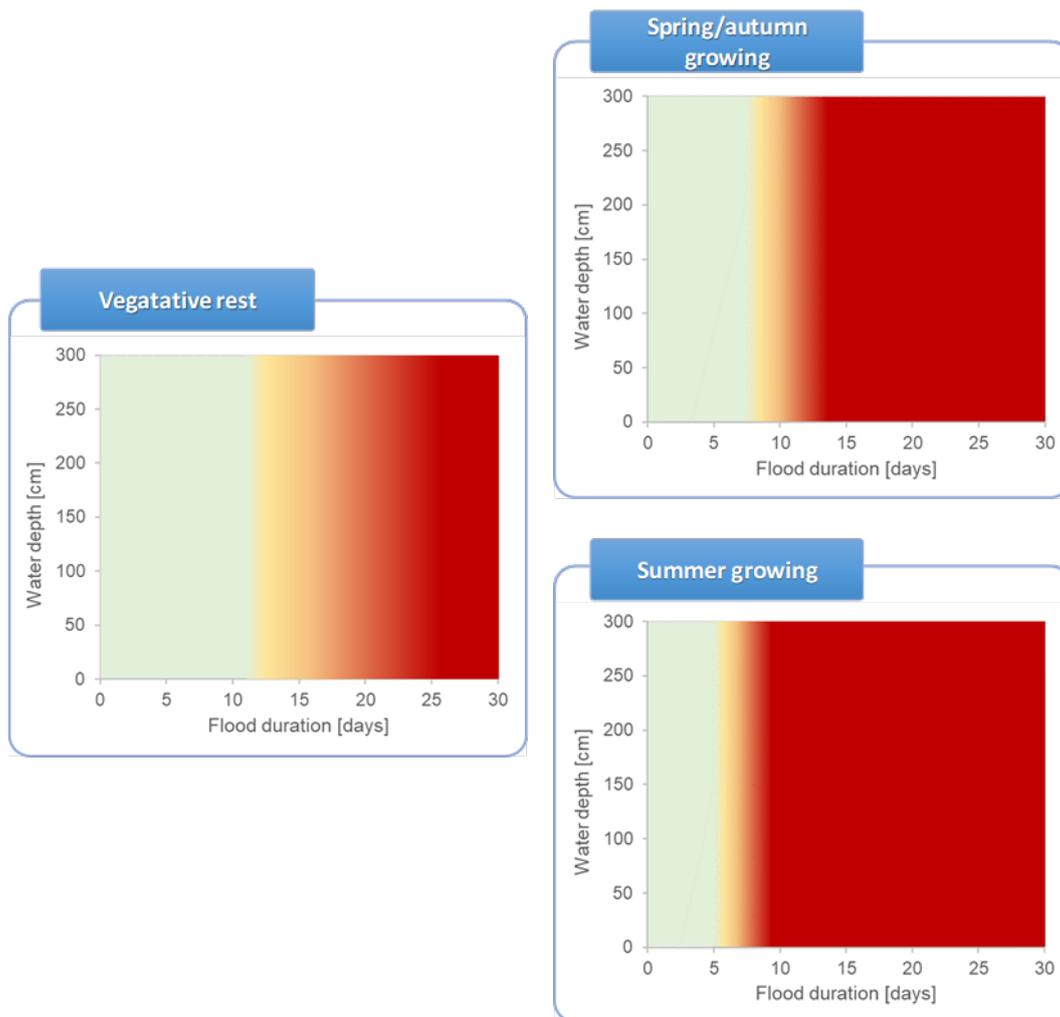


Figura 15 Danno fisico al prato in funzione dello stadio vegetativo, dell'altezza idrica e della durata di inondazione (adattato da Agenais et al., 2013).

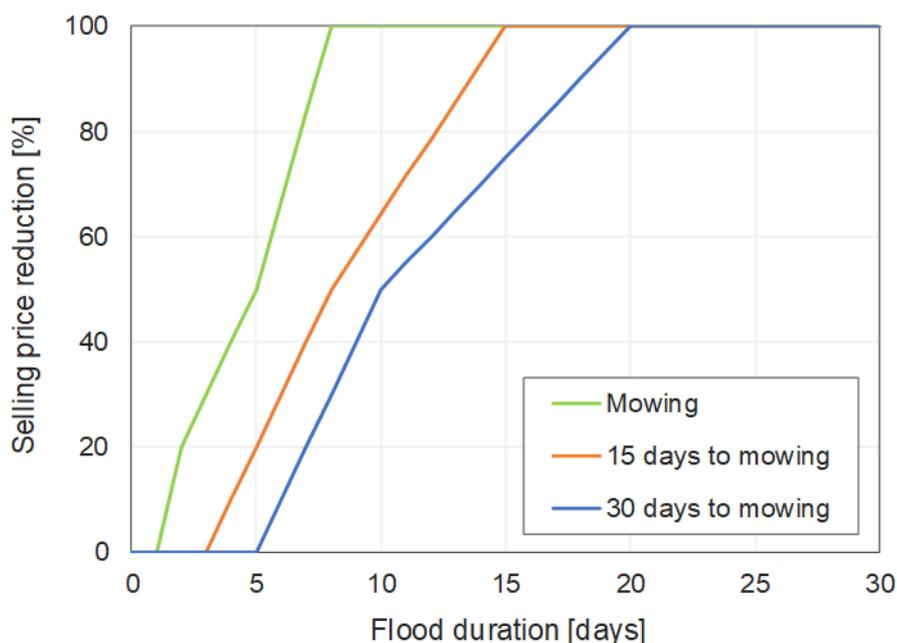


Figura 16 Riduzione del prezzo di vendita del foraggio per diversi periodi di occorrenza dell'alluvione: allo sfalcio, 15 giorni prima dello sfalcio, 30 giorni prima dello sfalcio (adattato da Agenais et al., 2013).

### Strategie di proseguimento dell'itinerario colturale

A seguito di un evento alluvionale, l'agricoltore può intervenire in diversi modi per cercare di ridurre al minimo le perdite sulla propria produzione. In funzione del danno fisico subito dalle colture, che a sua volta dipende dall'intensità dell'alluvione e dallo stadio vegetativo delle piante al momento dell'evento, l'agricoltore può scegliere essenzialmente fra tre strategie principali: proseguimento delle coltivazioni alluvionate, abbandono della produzione, risemina. Ovviamente, la strategia adottata dall'agricoltore incide sia sulla resa finale del raccolto sia sulla variazione dei costi di produzione, a causa delle lavorazioni colturali supplementari richieste in caso di continuazione della produzione o, al contrario, delle lavorazioni che possono essere evitate in caso di abbandono.

La scelta di proseguire la coltivazione inondata è consigliabile qualora il danno fisico alla pianta non implichi alcuna perdita di resa o, al massimo, una perdita parziale. In questo caso si ha una riduzione della resa, corrispondente a quella fornita dal modello fisico corrispondente (Figure 9, 10, 11) in funzione dei parametri di vulnerabilità, mentre i costi di produzione aumentano poiché si aggiungono le spese per il ripristino e la pulizia del terreno.

Viceversa, l'abbandono dell'intera produzione può essere un'opzione valida quando il danno alluvionale sulle piante è consistente. Questa strategia porta ovviamente a una perdita totale della resa e quindi della produzione, mentre i costi si riducono a quelli sostenuti fino al momento dell'inondazione; quindi, nonostante le spese aggiuntive di sistemazione del terreno, si riescono a risparmiare alcuni costi a seconda del periodo in cui si verifica l'evento (tempo restante al raccolto).

La risemina è un'alternativa all'abbandono nel caso di danni alluvionali significativi, ma ovviamente solo entro la stagione adatta alla semina (tradizionale e tardiva) della coltura esaminata. Il nostro modello si basa sull'ipotesi semplificativa che la risemina non porti ad alcuna perdita di resa; in realtà, la semina posticipata comporta una riduzione della resa, che cresce all'aumentare del ritardo rispetto all'epoca standard per la semina e varia in funzione della specie riseminata. Studi di letteratura indicano diminuzioni di resa variabili dal 10 al 30%; per il contesto in esame, gli esperti intervistati non sono però stati in grado di fornire un valore di riferimento. In termini di costi, la risemina implica sicuramente un incremento dei costi di produzione

dovuto sia alle operazioni supplementari di ripristino del suolo alluvionato sia a quelle lavorazioni che devono essere ripetute per effettuare una nuova semina: preparazione del terreno (es. aratura), acquisto di nuove sementi, semina.

Le tabelle seguenti mostrano la riduzione della resa e la variazione dei costi di produzione sulla base della strategia scelta dall'agricoltore e del periodo di occorrenza dell'evento (mese/stadio vegetativo), per ciascuna tipologia colturale, distinguendo sempre tra la minima lavorazione e la lavorazione tradizionale del terreno (dove possibile). Occorre sottolineare come, anche in questo caso, il prato stabile differisca leggermente dalle altre coltivazioni; infatti, per il calcolo del danno alluvionale sul prato sono state fatte le seguenti ipotesi:

- l'abbandono non è contemplato tra le possibili strategie poiché, a differenza delle altre colture, il prato stabile è una coltura poliennale e quindi un possibile abbandono avrebbe degli impatti negativi anche sulla produzione degli anni seguenti
- il danno alluvionale influenza solamente il raccolto più vicino e non quelli successivi

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/ha
November - March	Bare field	Continuation	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
April - May	Initial phase	Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Weeding and fertilising	387
				Irrigation		110	
				Harvesting and drying		783	
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
Strip till and fertilising	168						
Seeds and reseeding	438						
June	Growing phase	Continuation	see Fig. 9	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Irrigation	110
						Harvesting and drying	783
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
						Strip till and fertilising	168
Seeds and reseeding	438						
July - August	Flowering phase	Continuation	see Fig. 9	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Irrigation	55
						Harvesting and drying	783
September - October	Maturation phase	Continuation	see Fig. 9	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	783

Tabella 6 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per il mais, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento, in caso di minima lavorazione del terreno.

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/ha
November - March	Bare field	Continuation	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Deep ploughing	162		
April - May	Initial phase	Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Weeding and fertilising	387
				Irrigation	110		
				Harvesting and drying	783		
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Rotary harrowing and fertilising	309		
Seeds and reseeded	377						
June	Growing phase	Continuation	see Fig. 9	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Abandoning	100		
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Rotary harrowing and fertilising	309		
				Seeds and reseeded	377		
July - August	Flowering phase	Continuation	see Fig. 9	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Abandoning	100		
		Harvesting and drying	783				
September - October	Maturation phase	Continuation	see Fig. 9	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	783

Tabella 7 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per il mais, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento, in caso di lavorazione tradizionale del terreno

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/h a				
August - October	Bare field	Continuation	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
November	Germination	Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179				
						Irrigation	70				
						Harvesting and drying	559				
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
Seeds and reseeding	177										
December - January	3-leaf stage	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
										Irrigation	70
		Harvesting and drying	559								
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Seeds and reseeding	177				
February	Tillering	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
										Irrigation	70
		Harvesting and drying	559								
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Seeds and reseeding	177				
March	Stem elongation	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Irrigation	70				
						Harvesting and drying	559				
April - May	Heading (flowering)	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559				
June - July	Maturation phase	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559				

Tabella 8 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per il grano, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento, in caso di minima lavorazione del terreno.

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/h a
August - October	Bare field	Continuation	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
November	Germination	Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
						Irrigation	70
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Seeds and reseeding	235		
December - January	3-leaf stage	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
						Irrigation	70
						Harvesting and drying	559
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
Seeds and reseeding	235						
February	Tillering	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
						Irrigation	70
						Harvesting and drying	559
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
Seeds and reseeding	235						
March	Stem elongation	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Irrigation	70
						Harvesting and drying	559
April - May	Heading (flowering)	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559
June - July	Maturation phase	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559

Tabella 9 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per il grano, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento, in caso di lavorazione tradizionale del terreno.

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/h a				
July - October	Bare field	Continuation	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
November	Germination	Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179				
						Irrigation	70				
						Harvesting and drying	559				
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
Seeds and reseeding	177										
December - January	3-leaf stage	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
										Irrigation	70
		Harvesting and drying	559								
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Seeds and reseeding	177				
February	Tillering	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
										Irrigation	70
		Harvesting and drying	559								
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Seeds and reseeding	177				
March	Stem elongation	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Irrigation	70				
						Harvesting and drying	559				
April - May	Heading (flowering)	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559				
June	Maturation phase	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559				

Tabella 10 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per l'orzo, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento, in caso di minima lavorazione del terreno.

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/h a				
July - October	Bare field	Continuation	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
November	Germination	Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179				
						Irrigation	70				
						Harvesting and drying	559				
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
Seeds and reseeding	235										
December - January	3-leaf stage	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
										Irrigation	70
		Harvesting and drying	559								
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Seeds and reseeding	235				
February	Tillering	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Fertilising and fungicide treatment	179
										Irrigation	70
		Harvesting and drying	559								
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
						Seeds and reseeding	235				
March	Stem elongation	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Irrigation	70				
						Harvesting and drying	559				
April - May	Heading (flowering)	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559				
June	Maturation phase	Continuation	see Fig. 10	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500						
		Abandoning	100	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500	Harvesting and drying	559				

Tabella 11 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per l'orzo, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento, in caso di lavorazione tradizionale del terreno.

Time of the flood	Vegetative stage	Alleviation strategy	Yield reduction [%]	Additional costs	€/ha	Avoided costs	€/ha
November - March	Vegetative rest	Continuation	see Fig. 11	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
		Reseeding	0	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Seeds and reseeding	89		
April - May	Spring growing	Continuation	see Fig. 11			I mowing (if the flood occurs before it)	285
		Reseeding	Only 1 <sup>st</sup> harvest lost	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Seeds and reseeding	89		
June - August	Summer growing	Continuation	see Fig. 11			II mowing (if the flood occurs before it) or III mowing (if the flood occurs before it)	165
		Reseeding	2 <sup>nd</sup> or 3 <sup>rd</sup> harvest lost	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Seeds and reseeding	89		
September - October	Autumn growing	Continuation	see Fig. 11			IV mowing (if the flood occurs before it)	165
		Reseeding	Only 4 <sup>th</sup> harvest lost	Soil restoring (sediment removal and terrain levelling)	500		
				Seeds and reseeding	89		

Tabella 12 Riduzione della resa e variazione dei costi di produzione per il prato, sulla base della strategia adottata e del periodo di occorrenza dell'evento.

### Stima del danno

Si è proceduto quindi andando a stimare il danno su una particella unitaria di terreno (1 ha) per diversi scenari di pericolosità in termini di periodo di occorrenza dell'alluvione (mese), intensità dell'evento (durata e altezza di inondazione) e strategie di proseguimento dell'itinerario colturale

Le stime di danno ottenute per tutti i casi ipotizzati sono riassunte nelle Figure 13-19 che, di fatto, rappresenta il modello AGRIDE-c per la Pianura Padana. Nello specifico, i risultati sono riportati in termini di danno relativo  $d$  (in percentuale), per meglio esplicitare la perdita di utile lordo rispetto allo Scenario 0, calcolato per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza idrica, durata di inondazione) e delle strategie colturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione (continuazione, risemina, abbandono). Quando una riga è contrassegnata dal trattino significa che la strategia corrispondente non può essere adottata o comunque non è una scelta ragionevole per quel determinato scenario alluvionale.

Water depth < 130 cm		Strategy	Flood duration [days]								
			<5	5	6	7	8	9	10	11	>11
Bare field	Jan	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Feb	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Mar	c	36%								
		r	-								
		a	-								
Initial phase	Apr	c	-								
		r	80%								
		a	158%								
	May	c	-								
		r	80%								
		a	158%								
Growing	Jun	c	36%	63%	90%	117%	144%	171%	198%	225%	-
		r	80%								
		a	-	187%							
Flowering	Jul	c	36%	90%	144%	198%	-				
		r	-								
		a	-	191%							
	Aug	c	36%	90%	144%	198%	-				
		r	-								
		a	-	191%							
Maturation	Sep	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Oct	c	36%								
		r	-								
		a	-								
Bare field	Nov	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Dec	c	36%								
		r	-								
		a	-								

Water depth ≥ 130 cm		Strategy	Flood duration [days]								
			< 5	5	6	7	8	9	10	11	>11
Bare field	Jan	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Feb	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Mar	c	36%								
		r	-								
		a	-								
Initial phase	Apr	c	-								
		r	80%								
		a	158%								
	May	c	-								
		r	80%								
		a	158%								
Growing	Jun	c	36%	63%	90%	117%	144%	171%	198%	225%	-
		r	80%								
		a	-	187%							
Flowering	Jul	c	-								
		r	-								
		a	191%								
	Aug	c	-								
		r	-								
		a	191%								
Maturation	Sep	c	36%			90%			144%	198%	-
		r	-								
		a	-			195%					
	Oct	c	36%			90%			144%	198%	-
		r	-								
		a	-			195%					
Bare field	Nov	c	36%								
		r	-								
		a	-								
	Dec	c	36%								
		r	-								
		a	-								

Figura 13 Danno relativo sul mais da granella (in caso di minima lavorazione) per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza e durata di inondazione) e delle strategie culturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione ("c"=continuazione, "r"=risemina, "a"=abbandono).



Water depth < 130 cm		Strategy	Flood duration [days]								
			<5	5	6	7	8	9	10	11	>11
Bare field	Jan	c	60%								
		r	-								
		a	-								
	Feb	c	60%								
		r	-								
		a	-								
	Mar	c	60%								
		r	-								
		a	-								
Initial phase	Apr	c	-								
		r	129%								
		a	261%								
	May	c	-								
		r	129%								
		a	261%								
Growing	Jun	c	60%	104%	149%	193%	237%	282%	326%	371%	-
		r	129%								
		a	-	308%							
Flowering	Jul	c	60%	149%	237%	326%	-				
		r	-								
		a	-	314%							
	Aug	c	60%	149%	237%	326%	-				
		r	-								
		a	-	314%							
Maturation	Sep	c	60%								
		r	-								
		a	-								
	Oct	c	60%								
		r	-								
		a	-								
Bare field	Nov	c	60%								
		r	-								
		a	-								
	Dec	c	60%								
		r	-								
		a	-								

Water depth ≥ 130 cm		Strategy	Flood duration [days]									
			< 5	5	6	7	8	9	10	11	>11	
Bare field	Jan	c	60%									
		r	-									
		a	-									
	Feb	c	60%									
		r	-									
		a	-									
	Mar	c	60%									
		r	-									
		a	-									
Initial phase	Apr	c	-									
		r	129%									
		a	261%									
	May	c	-									
		r	129%									
		a	261%									
Growing	Jun	c	60%	104%	149%	193%	237%	282%	326%	371%	-	
		r	129%									
		a	-	308%								
Flowering	Jul	c	-									
		r	-									
		a	314%									
	Aug	c	-									
		r	-									
		a	314%	314%	314%	314%	314%	314%	314%	314%	314%	314%
Maturation	Sep	c	60%						149%	237%	326%	-
		r	-									
		a	-						321%			
	Oct	c	60%						149%	237%	326%	-
		r	-									
		a	-						321%			
Bare field	Nov	c	60%									
		r	-									
		a	-									
	Dec	c	60%									
		r	-									
		a	-									

Figura 14 Danno relativo sul mais da granella (in caso di lavorazione tradizionale) per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza e durata di inondazione) e delle strategie colturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione ("c"=continuazione, "r"=risemina, "a"=abbandono).



Water depth	Strategy	Flood duration [days]															
		<5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	>16		
3-leaf	Jan	c	114%	213%	470%											-	
		r	168%														
		a	324%														
Tillering	Feb	c	114%				213%	282%	351%	421%	490%						-
		r	168%														
		a	324%														
Stem el.	Mar	c	114%	164%	193%	223%	253%	282%	312%	342%	371%	401%	430%	460%	490%	-	
		r															
		a	365%														
Flowering	Apr	c	114%	164%	208%	251%	295%	338%	382%	426%	470%						-
		r															
		a	381%														
	May	c	114%	164%	208%	251%	295%	338%	382%	426%	470%						-
		r															
		a	381%														
Maturation	Jun	c	114%														
		r															
		a															
Jul	c	114%															
	r																
	a																
Bare field	Aug	c	114%														
		r															
		a															
	Sep	c	114%														
		r															
		a															
Oct	c	114%															
	r																
	a																
Germin.	Nov	c															
		r	168%														
		a	324%														
3-leaf	Dec	c	114%	213%	470%											-	
		r	168%														
		a	324%														

Water depth	Strategy	Flood duration [days]															
		<5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	>16		
3-leaf	Jan	c	114%	213%	470%											-	
		r	168%														
		a	324%														
Tillering	Feb	c	114%				213%	282%	351%	421%	490%						-
		r	168%														
		a	324%														
Stem el.	Mar	c	114%	164%	193%	223%	253%	282%	312%	342%	371%	401%	430%	460%	490%	-	
		r															
		a	365%														
Flowering	Apr	c															
		r															
		a	381%														
	May	c															
		r															
		a	381%														
Maturation	Jun	c															
		r															
		a	381%														
Jul	c																
	r																
	a	381%															
Bare field	Aug	c	114%														
		r															
		a															
	Sep	c	114%														
		r															
		a															
Oct	c	114%															
	r																
	a																
Germin.	Nov	c															
		r	168%														
		a	324%														
3-leaf	Dec	c	114%	213%	470%											-	
		r	168%														
		a	324%														

Figura 16 Danno relativo sul grano (in caso di lavorazione tradizionale) per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza e durata di inondazione) e delle strategie colturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione ("c"=continuazione, "r"=risemina, "a"=abbandono).

Water depth < 60 cm	Strategy	Flood duration [days]															
		<5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	>16		
3-leaf	Jan	c	91%	151%	307%											-	
		r	91%														
		a	-	219%													
Tillering	Feb	c	91%						151%	193%	235%	277%	319%	-			
		r	123%														
		a	-										219%				
Stem el.	Mar	c	91%	121%	139%	157%	175%	193%	211%	229%	247%	265%	283%	301%	319%	-	
		r	-														
		a	-	231%													
Flowering	Apr	c	91%	121%	147%	174%	201%	227%	254%	280%	307%	-					
		r	-														
		a	-	243%													
	May	c	91%	121%	147%	174%	201%	227%	254%	280%	307%	-					
		r	-														
		a	-	243%													
Matur.	Jun	c	91%														
		r	-														
		a	-														
Bare field	Jul	c	91%														
		r	-														
		a	-														
	Aug	c	91%														
		r	-														
		a	-														
	Sep	c	91%														
		r	-														
		a	-														
	Oct	c	91%														
		r	-														
		a	-														
Germin.	Nov	c	-														
		r	123%														
		a	198%														
3-leaf	Dec	c	91%	151%	307%	-											
		r	91%														
		a	-	219%													

Water depth ≥ 60 cm	Strategy	Flood duration [days]															
		< 5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	>16		
3-leaf	Jan	c	91%	151%	307%											-	
		r	91%														
		a	-	219%													
Tillering	Feb	c	91%						151%	193%	235%	277%	319%	-			
		r	123%														
		a	-										219%				
Stem el.	Mar	c	91%	121%	139%	157%	175%	193%	211%	229%	247%	265%	283%	301%	319%	-	
		r	-														
		a	-	231%													
Flowering	Apr	c	-														
		r	-														
		a	243%														
	May	c	-														
		r	-														
		a	243%														
Matur.	Jun	c	-														
		r	-														
		a	243%														
Bare field	Jul	c	91%														
		r	-														
		a	-														
	Aug	c	91%														
		r	-														
		a	-														
	Sep	c	91%														
		r	-														
		a	-														
	Oct	c	91%														
		r	-														
		a	-														
Germin.	Nov	c	-														
		r	123%														
		a	198%														
3-leaf	Dec	c	91%	151%	307%	-											
		r	91%														
		a	-	219%													

Figura 17 Danno relativo sull'orzo (in caso di minima lavorazione) per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza e durata di inondazione) e delle strategie culturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione ("c"=continuazione, "r"=risemina, "a"=abbandono).

Water depth < 60 cm	Strategy	Flood duration [days]														
		<5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	>16	
3-leaf	Jan	c	371%	619%	1261%											-
		r	546%													
		a	898%													
Tillering	Feb	c	371%	371%	371%	371%	371%	371%	618%	791%	964%	1137%	1310%			-
		r	546%													
		a	898%													
Stem el.	Mar	c	371%	495%	569%	643%	717%	791%	866%	940%	1014%	1088%	1162%	1236%	1310%	-
		r														
		a	946%													
Flowering	Apr	c	371%	495%	605%	713%	823%	932%	1041%	1151%	1261%					-
		r														
		a	998%													
	May	c	371%	495%	605%	713%	823%	932%	1041%	1151%	1261%					-
		r														
		a	998%													
Matur.	Jun	c	371%													
		r														
		a														
Bare field	Jul	c	371%													
		r														
		a														
	Aug	c	371%													
		r														
		a														
	Sep	c	371%													
		r														
		a														
	Oct	c	371%													
		r														
		a														
Germin.	Nov	c														
		r	546%													
		a	813%													
3-leaf	Dec	c	371%	619%	1261%											-
		r	546%													
		a	898%													

Water depth ≥ 60 cm	Strategy	Flood duration [days]															
		< 5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	>16		
3-leaf	Jan	c	371%	619%	1261%											-	
		r	546%														
		a	898%														
Tillering	Feb	c	371%	371%	371%	371%	371%	371%	371%	618%	791%	964%	1137%	1310%			-
		r	546%														
		a	898%														
Stem el.	Mar	c	371%	495%	569%	643%	717%	791%	866%	940%	1014%	1088%	1162%	1236%	1310%	-	
		r															
		a	946%														
Flowering	Apr	c															
		r															
		a	998%														
	May	c															
		r															
		a	998%														
Matur.	Jun	c															
		r															
		a	998%														
Bare field	Jul	c															
		r															
		a															
	Aug	c															
		r															
		a															
	Sep	c															
		r															
		a															
	Oct	c															
		r															
		a															
Germin.	Nov	c															
		r	546%														
		a	813%														
3-leaf	Dec	c	371%	619%	1261%											-	
		r	546%														
		a	898%														

Figura 18 Danno relativo sull'orzo (in caso di lavorazione tradizionale) per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza e durata di inondazione) e delle strategie colturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione ("c"=continuazione, "r"=risemina, "a"=abbandono).

		Strategy	Flood duration [days]									
			<5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
Vegetative rest	Jan	c	60%		67%	82%	96%	110%	124%	139%	153%	-
		r	-		-*							71%
	Feb	c	60%		67%	82%	96%	110%	124%	139%	153%	-
		r	-		-*							71%
	Mar	c	60%		67%	82%	96%	110%	124%	139%	153%	-
		r	-		-*							71%
Spring grow.	Apr	c	45%	71%	93%	107%	-					
		r	-		-*		148%					
	May	c	45%	71%	93%	107%	-					
		r	-		-*		148%					
Summer growing	Jun	c	4%	24%	34%	-						
		r	-		-*		88%					
	Jul	c	4%	24%	34%	-						
		r	-		-*		88%					
	Aug	c	4%	24%	34%	-						
		r	-		-*		88%					
Aut grow.	Sep	c	4%	15%	23%	31%	36%	-				
		r	-		-*		88%					
	Oct	c	4%	15%	23%	31%	36%	-				
		r	-		-*		88%					
Veget rest	Nov	c	60%		67%	82%	96%	110%	124%	139%	153%	-
		r	-		-*							71%
	Dec	c	60%		67%	82%	96%	110%	124%	139%	153%	-
		r	-		-*							71%

Figura 19 Danno relativo sul prato stabile per diverse combinazioni dei parametri di pericolosità (periodo di occorrenza dell'evento, altezza e durata di inondazione) e delle strategie colturali adottate dall'agricoltore a seguito dell'alluvione ("c"=continuazione, "r"=risemina, "a"=abbandono). I risultati si riferiscono a un'alluvione che si verifica prima del raccolto, in particolare 15 giorni prima dello sfalci (\*la risemina è considerata solamente in caso di danno fisico del 100%).

### Applicazione di AGRIDE-c alla micro e alla meso scala

Il modello AGRIDE-c può essere implementato per la costruzione delle mappe di rischio previste dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE per l'attuazione dei Piani di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

I valori delle variabili di input che si riferiscono al fenomeno alluvionale possono essere ricavati da modellazione idrologico-idraulica o da report dell'evento di interesse. La caratterizzazione dell'esposizione e della vulnerabilità dell'area in esame si traduce in un'analisi dell'uso agricolo di ogni particella catastale. Per fare ciò è possibile utilizzare i dati catastali delle aziende agricole, che forniscono tutte le informazioni d'uso relative alle singole particelle in formato testo, tra cui le specifiche tipologie colturali e le relative superfici utilizzate, e i poligoni delle particelle stesse in formato vettoriale.

A titolo di esempio si riporta l'applicazione del modello AGRIDE-c al comune di Lodi, per lo scenario alluvionale del PGRA corrispondente a bassa probabilità (i.e. alluvioni rare con  $T_R = 500$  anni). Nota la distribuzione spaziale dei tiranti idrici ottenuta con RAPIDE (vedi Del. 1.1), si è andati ad assegnare ad ogni particella catastale un unico valore di altezza d'acqua, corrispondente al valore medio. Per la durata evento si è ipotizzato un valore pari a 3 giorni, prendendo in riferimento l'evento del 2002. Infine, si è ipotizzata un'alluvione nel mese di aprile, trattandosi di un periodo significativo sia dal punto di vista della pericolosità che della vulnerabilità; aprile è infatti caratterizzato da eventi di piena abbastanza frequenti dovuti alle precipitazioni abbondanti e allo scioglimento dei ghiacciai, ed è rilevante per l'agricoltura in quanto vi si verificano le fasi più delicate dei cicli di diverse colture. I dati catastali delle aziende agricole sono stati ricavati dal database regionale SIARL (Sistema Informativo Agricoltura Regione Lombardia).

Il calcolo del danno è stato effettuato a due scale differenti, corrispondenti di fatto ad un diverso grado di dettaglio dell'informazione relativa alle colture in atto:

- micro scala: si considera l'effettiva composizione interna delle particelle, ovvero tutti i diversi utilizzi presenti su ogni singola particella
- meso scala: si ipotizza che l'intera superficie della particella sia occupata solamente dalla coltura prevalente e che non ci siano avvicendamenti delle diverse colture

Per quanto riguarda la tecnica di preparazione del suolo e rotazione colturale, siccome non è stato possibile formulare delle ipotesi sulla tipologia di lavorazione del terreno operata da ciascun agricoltore (tradizionale o minima) e sull'avvicendamento delle colture in ogni singolo anno, si è deciso di calcolare il danno al variare di questi parametri per identificare un intervallo di variabilità del danno stimato. Infine, per la strategia di proseguimento dell'itinerario colturale a seguito dell'evento (continuazione, abbandono, risemina): si è ipotizzato che l'agricoltore scelga sempre la strategia che minimizza le perdite

La tabella sottostante riassume i dati necessari per l'applicazione del modello AGRIDE-c e le relative fonti.

Dati	Fonti
<b><i>Caratterizzazione pericolosità</i></b>	
Distribuzione spaziale del tirante idrico	Risultati metodo RAPIDE
Durata dell'evento	ipotesi
Periodo di occorrenza dell'evento	ipotesi
Giorni mancanti allo sfalcio (per il prato)	ipotesi
<b><i>Caratterizzazione vulnerabilità</i></b>	
Uso agricolo particelle catastali	Database SIARL (Sistema Informativo Agricoltura Regione Lombardia)
<b><i>Calcolo danno</i></b>	
Resa di ciascuna coltura	Regione Lombardia, Borsa Granaria di Milano
Prezzo di vendita di ciascuna coltura	Regione Lombardia, Borsa Granaria di Milano
Costi di produzione di ciascuna coltura	Tariffario 2016 dei Contoterzisti della provincia di Lodi, Coldiretti di Lodi
Contributi europei per l'agricoltura	Piano di Sviluppo Rurale (PSR) della Regione Lombardia

Di seguito vengono riportate le mappe prodotte in questa analisi, ovvero la mappa di vulnerabilità alla meso scala che mostra la coltura prevalente per ogni particella (quella alla micro scala con l'effettiva composizione interna delle particelle risulta di difficile rappresentazione) e le mappe di danno assoluto alla micro (tradizionale/minima lavorazione) e alla meso scala per il mese di aprile.

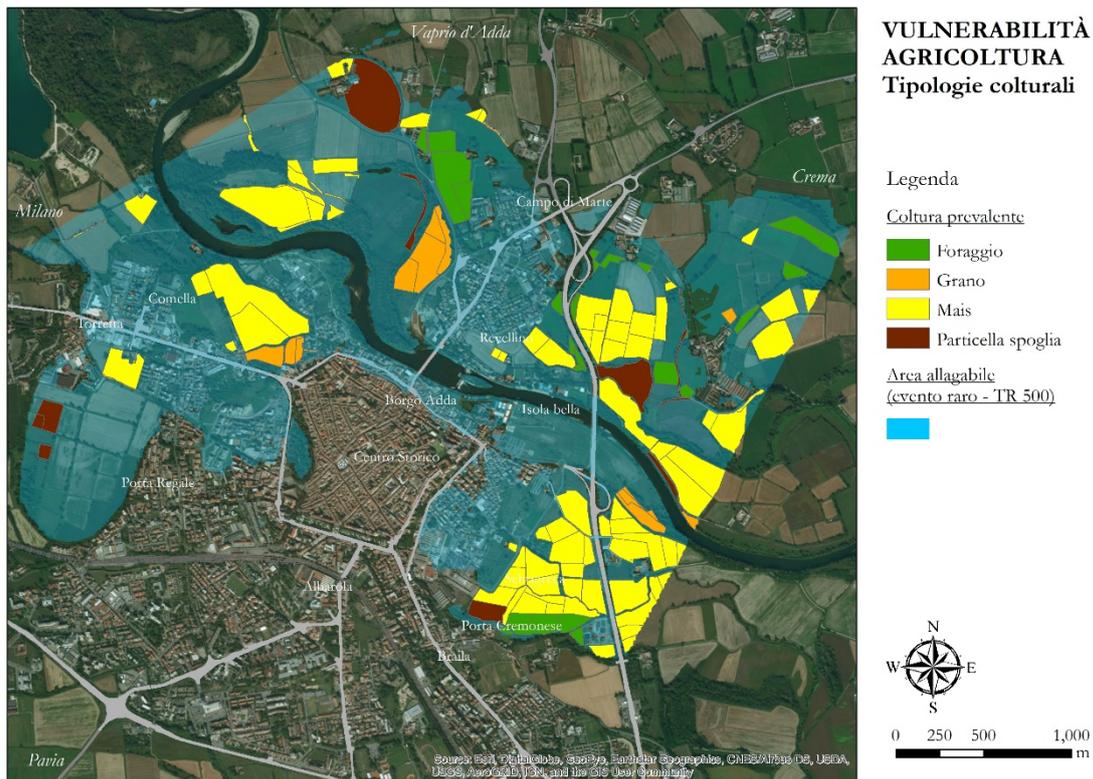


Figura 17 Mappa di vulnerabilità agricola per il comune di Lodi - meso scala (scenario raro –  $T_R$  500).

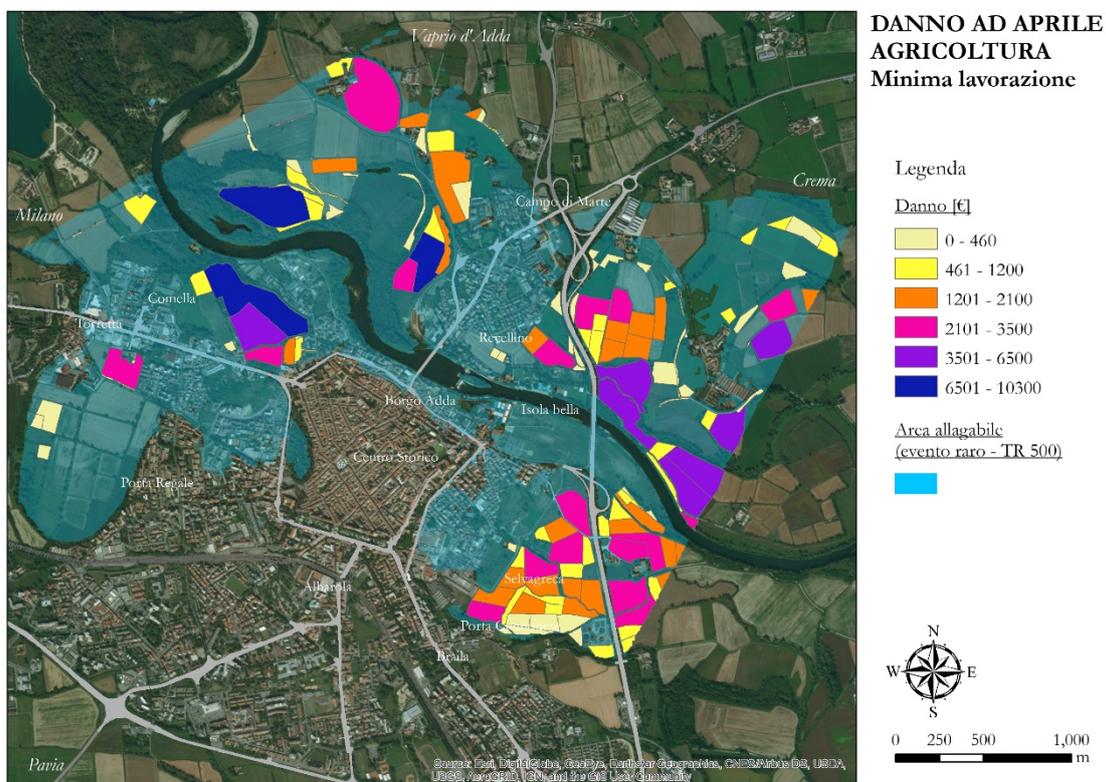


Figura 18 Mappa di danno all'agricoltura per il comune di Lodi - micro scala, aprile, minima lavorazione (scenario raro –  $T_R$  500).

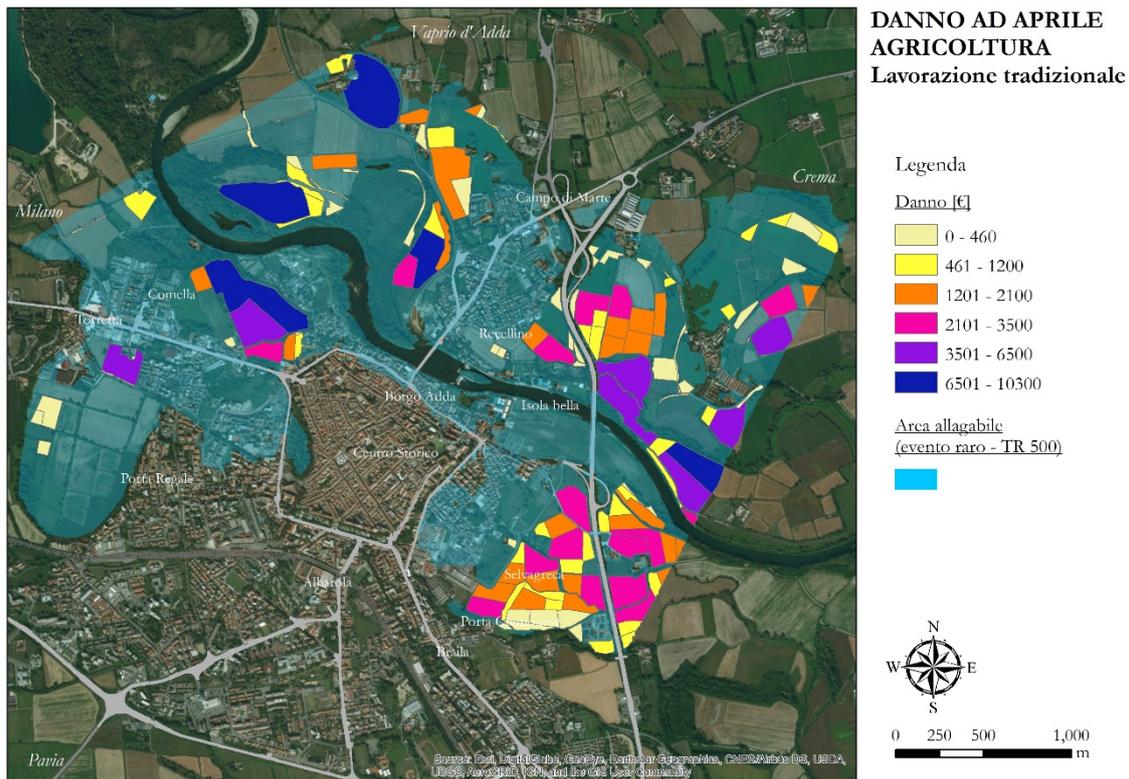


Figura 19 Mappa di danno all'agricoltura per il comune di Lodi - micro scala, aprile, lavorazione tradizionale (scenario raro -  $T_R$  500).

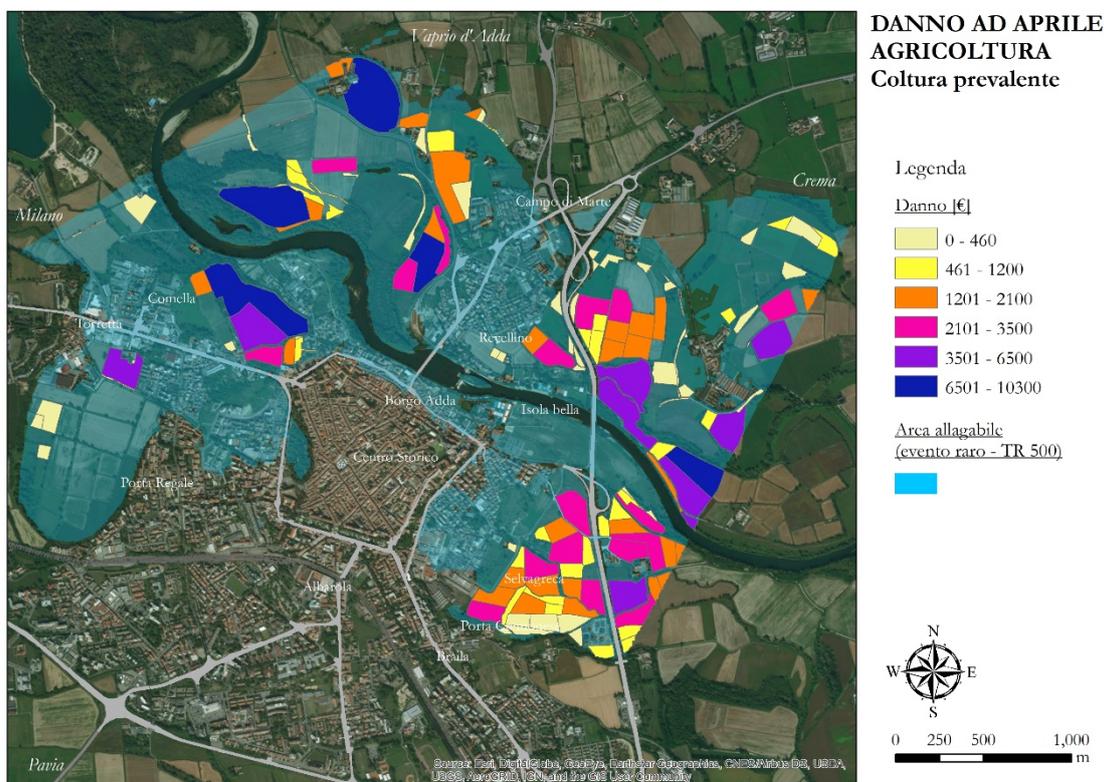


Figura 20 Mappa di danno all'agricoltura per il comune di Lodi - meso scala, aprile (scenario raro -  $T_R$  500).

## Simulatore AGRIDE-c

Al fine di supportare gli utenti nell'implementazione di AGRIDE-c per contesti geografici ed economici differenti dalla pianura Padana, si è deciso di sviluppare il software "AGRIDE-c\_simulator" (disponibile al link <https://tinyurl.com/yyj2arhp>) che consente di calcolare il danno alle coltivazioni di mais da granella, grano, orzo e prato sulla base delle caratteristiche di pericolosità e vulnerabilità specifiche dell'area in esame.

Di seguito vengono riportate le istruzioni per il corretto utilizzo del software.

"MAIZE", "WHEAT", "BARLEY", "GRASSLAND" sono i quattro fogli di calcolo su cui l'utente deve lavorare per calcolare il danno su mais da granella, grano, orzo e prato stabile, rispettivamente. Ciascuno di questi fogli è costituito da due tabelle: la prima raccoglie tutti dati che devono essere inseriti in ingresso al programma, mentre la seconda riporta i risultati suddivisi, dove possibile, in base alla tecnica di preparazione del terreno (i.e. tradizionale/minima lavorazione) in modo da poter considerare e confrontare i due diversi itinerari agronomici. In particolare, l'utente deve riempire tutte le celle arancioni della tabella INPUT DATA inserendo le seguenti informazioni:

- *durata dell'evento*: scegliere dall'elenco a discesa che va da 0 a 30 giorni (NB 0 giorni non vuol dire assenza di evento alluvionale, ma evento che si consuma in tempi rapidi, i.e. <24h)
- *altezza raggiunta dall'acqua*: scegliere dall'elenco a discesa che va da 0 a 2 m
- *periodo di occorrenza dell'evento in termini di stadio vegetativo della coltura*: scegliere dall'elenco a discesa la fase vegetativa della pianta al momento dell'alluvione
- *numero di giorni mancanti allo sfalcio successivo del prato*: scegliere dall'elenco a discesa tra 0, 15, 30 giorni
- *resa della coltura*: inserire valore medio unitario [q/ha]
- *resa (ridotta) della coltura in caso di semina ritardata*: inserire valore medio unitario [q/ha]
- *prezzo di vendita della coltura*: inserire valore medio unitario [€/q]
- *contributi europei* distinti, dove possibile, in base alla tecnica di lavorazione del terreno (tradizionale/minima): inserire valore annuo unitario [€/ha]
- *costo di sistemazione del terreno alluvionato* (rimozione sedimenti, livellamento, ecc.): inserire valore medio unitario [€/ha]
- *costi di produzione* distinti, dove possibile, in base alla tecnica di lavorazione del terreno (tradizionale/minima): inserire il costo unitario di ciascuna lavorazione colturale nella colonna "Costs [€/ha]" (NB i costi cumulativi si aggiornano automaticamente)

Per calcolare il danno nel caso di mais, grano e orzo, l'utente deve infine scegliere la strategia più probabile adottata dall'agricoltore a seguito dell'evento per ridurre il più possibile le perdite; infatti, come detto precedentemente, la scelta della strategia di proseguimento della coltivazione influisce sulla resa finale della pianta, sui costi di produzione e, di conseguenza, sul danno risultante. Quindi, come ultimo dato di input, l'utente deve selezionare la *strategia* più conveniente tra continuazione, abbandono e risemina dall'elenco a discesa della cella arancione presente nella tabella RESULTS.

Una volta inseriti tutti i dati in ingresso, il software calcola il ricavo, i costi e l'utile per lo scenario 0 (parte sinistra della tabella RESULTS) e per lo scenario alluvionale analizzato (parte destra della tabella RESULTS), nonché il danno conseguente sia in termini assoluti che relativi (celle rosse).

NB Il software calcola il danno unitario (€/ha), ossia il danno su una particella di terreno con superficie unitaria di un ettaro.

NB L'utente non deve modificare i primi due fogli del software in quanto contenenti una serie di valori preimpostati necessari per il corretto funzionamento del programma. Il foglio "Preset Data" riassume infatti tutti i possibili valori che possono assumere le seguenti variabili di input: durata evento, altezza d'acqua, stadi vegetativi di ciascuna coltura, strategie di proseguimento, giorni mancanti allo sfalcio del prato. Il foglio "Agenais" riporta invece le riduzioni della resa e/o del prezzo di vendita di ogni coltura in funzione dei parametri di pericolosità secondo il modello francese Agenais et al. (2013).

Riferimenti bibliografici

*Agenais, A.L., Grelot, F., Brémond, P., and Erdlenbruch, K.: Dommages des inondations au secteur agricole, Guide méthodologique et fonctions nationales, IRSTEA, UMR G-EAU «Gestion de l'Eau, Acteurs et Usages», Montpellier, France, 2013*

## STRUMENTI PER LA MODELLAZIONE DEL DANNO ALLE ATTIVITA' COMMERCIALI E INDUSTRIALI

### Premessa

La crescita del valore e dell'incidenza dei danni, dovuti a calamità naturali, 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 a quelli idrogeologici; negli ultimi anni, diversi eventi calamitosi hanno colpito il territorio italiano, con ripercussioni molto rilevanti sulle aziende e il mondo economico-produttivo, e con conseguenze sulla capacità di tenuta del sistema e sui posti di lavoro.

Benché il problema del rafforzamento della resilienza del sistema economico-produttivo non sia nuovo, è solo negli ultimi anni che si è cominciato a capire che è necessario dotarsi di strumenti specifici dedicati ai soggetti economici (i.e. la letteratura disponibile in merito allo sviluppo di modelli di danno specifici per il settore commerciale/produttivo è decisamente inferiore rispetto a quella relativa al settore residenziale e più recente, con pochissimi esempi relativi al territorio Italiano e solo alla macro-scala). 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 recentemente dal presidente dell'Associazione Italiana dei Broker Assicurativi (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 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 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.

Da qui derivano, in sintesi:

- la necessità di comprendere il valore degli elementi esposti, sia di tipo materiale che immateriale ovvero di stimare il danno potenziale (massimo) alle attività economiche, associato ad eventi di natura calamitosa;
- 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 2004);
- la necessità di costruire un sistema di riferimenti e di categorie in modo da ridurre la variabilità che caratterizza le tipologie di danno per i soggetti economici, ovvero di costruire uno strumento di lettura delle caratteristiche del danno potenziale ai soggetti economici nella sua complessità e guardando a tutti i componenti (i.e. un modello di vulnerabilità/danno).

Tali attività sono state sviluppate all'interno del progetto Flood-IMPAT+ in relazione al caso studio di Lodi, partendo dai dati di danno relativi all'evento alluvionale del 2002.

Una volta compresa la natura del danno e delle sue cause, e sviluppato strumenti utili per la sua definizione ex-ante o ex-post, il passaggio successivo sarà 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.

## L'analisi dei danni occorsi al sistema produttivo del Comune di Lodi a seguito dell'evento alluvionale del 2002

L'analisi dei danni occorsi al sistema produttivo del Comune di Lodi, a seguito dell'evento alluvionale del 2002, si è basata sulle informazioni disponibili all'interno delle schede (cartacee) compilate dai soggetti economici danneggiati in relazione alla richiesta di rimborso (pubblico) per il danno subito. Complessivamente, sono state analizzate 119 schede, delle quali si è tenuto conto delle 89 per le quali il Comune di Lodi ha accolto la richiesta di rimborso. Le informazioni presenti nelle schede per i soggetti economici possono essere distinte in due tipologie:

- informazioni anagrafiche, quali forma giuridica dell'azienda, tipologia della sede danneggiata e codice REA
- informazioni sui beni danneggiati quali danno riconosciuto ammissibile, e una descrizione dei beni danneggiati suddivisi in: danni agli immobili, danni alle apparecchiature, danni al magazzino e danni agli arredi.

L'analisi delle informazioni raccolte 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 Tabella 1.

<b>Settore residenziale</b> (fonte: UTR + Comune)	<b>Settore commerciale/produttivo</b> (fonte: Comune)
634 richieste, 271 edifici danneggiati	119 richieste, <b>89 richieste raccolte</b>
Danno totale (indicizzato al 2013): 4.7 M€	Danno totale (indicizzato al 2013): <b>4.3 M€</b>
Danno medio per abitazione: 12.800 €	Danno medio per soggetto economico: <b>48.300 €</b>

Tabella 1 – Dimensioni del danno reale prodotto sul territorio del comune di Lodi dall'evento alluvionale del novembre 2002.

In particolare, l'analisi dei dati contenuti all'interno delle schede di rimborso ha permesso di evidenziare come, per l'evento alluvionale considerato, la tipologia di danno alla struttura più frequente (Tabella 2) è stata quella relativa agli intonaci ed ai rivestimenti interni (circa il 49%), seguiti dai danni alle porte (12%), mentre, per quanto riguarda i danni agli impianti (Tabella 3), quelli che maggiormente sono stati interessati dall'evento del 2002, risultano essere gli impianti elettrici (circa il 33%), gli impianti di riscaldamento (9%) e telefonici (circa il 7%). Infine, il danno alle merci ha interessato principalmente i prodotti finali o in vendita (con il 38%), seguito dai danni allo stock (Tabella 4).

<b>Categoria di danno</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Frequenza assoluta</b>	<b>Frequenza relativa (%)</b>
Danno diretto alla struttura	danni intonaci & rivestimenti (esterno)	8	9
	danni intonaci & rivestimenti (interno)	44	49
	danni serramenti (porte)	11	12
	danni serramenti (finestre)	1	1
	danni serramenti (cancelli)	3	3
	<i>Danni Totali su 89 imprese danneggiate</i>	<i>67</i>	

Tabella 2 – Frequenza osservata dei danni alla struttura dell'edificio

Categoria di danno	Descrizione	Frequenza assoluta	Frequenza relativa (%)
Danno agli impianti	danni agli impianti (elettrico)	29	33
	danni agli impianti (riscaldamento)	8	9
	danni agli impianti (telefonico)	6	7
	danni agli impianti (idrico)	1	1
	danni agli impianti (sanitario)	2	2
	danni agli impianti (altri)	1	1
	<i>Danni Totali su 89 imprese danneggiate</i>	<i>47</i>	

Tabella 3 – Frequenza osservata dei danni agli impianti

Categoria di danno	Descrizione	Frequenza assoluta	Frequenza relativa (%)
Danno al magazzino	danni alle merci (stock)	13	15
	danni alle materie prime	5	6
	danni ai semi-lavorati	7	8
	danni ai prodotti finali/prodotti in vendita	34	38

Tabella 4 – Frequenza osservata dei danni al magazzino

L'analisi della struttura delle schede di rimborso e dei dati di danno ha quindi portato alla definizione di diverse categorie di danno, che possono colpire un'attività economica. Nello specifico, la Tabella 5 riporta nella colonna di sinistra le diverse categorie individuate e nella colonna di destra una descrizione, per ciascuna categoria di danno, delle tipologie di danno corrispondenti.

Categorie di Danno	Tipologia
Danni alla struttura	- Danni intonaci e rivestimenti esterni - Danni intonaci e rivestimenti interni - Danni ai pavimenti
Danni agli impianti	- Elettrico - Riscaldamento - Telefonico - Autoclave - Sanitario - Altri
Danni agli arredamenti	- Danni ai serramenti - Danni agli arredamenti
Danni agli strumenti di supporto all'attività	- Macchine da ufficio - Cancelleria
Danni ai macchinari	
Danni alle merci e allo stock	- Materie prime - Semi-lavorati - Prodotti finiti
Danni ai mezzi	
Danni all'area di carico/scarico merci	
Danni per perdita di contratti	
Altri danni non compensabili	- Documenti - Archivi

Tabella 5: Categorie di danno

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 (Figura 1). Si è quindi arrivati alla costruzione di un database con tipologie di danno osservate per classe di attività produttiva o commerciale ATECO. L'analisi delle informazioni presenti nel database ha evidenziato come la classe ATECO non sia un parametro rappresentativo (o sufficientemente rappresentativo) della vulnerabilità (ovvero della propensione a subire una certa tipologia di danno) delle attività economiche analizzate, data l'estrema variabilità delle tipologie di danno osservate, anche all'interno di una specifica classe ATECO. Ai fini di identificare idonei parametri (di vulnerabilità) che permettano di ridurre la variabilità del danno all'interno di una stessa classe di elementi esposti, si è quindi provveduto ad un'analisi sintetica, del tipo expert-based, dei possibili meccanismi di danneggiamento che possono interessare un'attività economica in caso di alluvione.



Figura 1 –Mappatura delle attività produttive del comune di Lodi coinvolte nell'evento alluvionale del novembre 2002 ed identificazione del relativo codice ATECO. In azzurro è rappresentata l'area allagata.

### **Analisi esperta dei meccanismi di danneggiamento e clusterizzazione delle attività economiche in funzione del danno atteso**

#### **Caratterizzazione dei soggetti economici**

Il primo passo dell'analisi esperta è consistito nella caratterizzazione dei diversi soggetti economici. Questi ultimi sono distinguibili in due macro-categorie: la prima include le attività dedicate alla vendita di prodotti e servizi, la seconda, invece, è caratterizzata dalla produzione di beni. Le due categorie si differenziano l'una dall'altra per la presenza di impianti ed impianti tecnologici specifici per la produzione di beni (Figura 2).

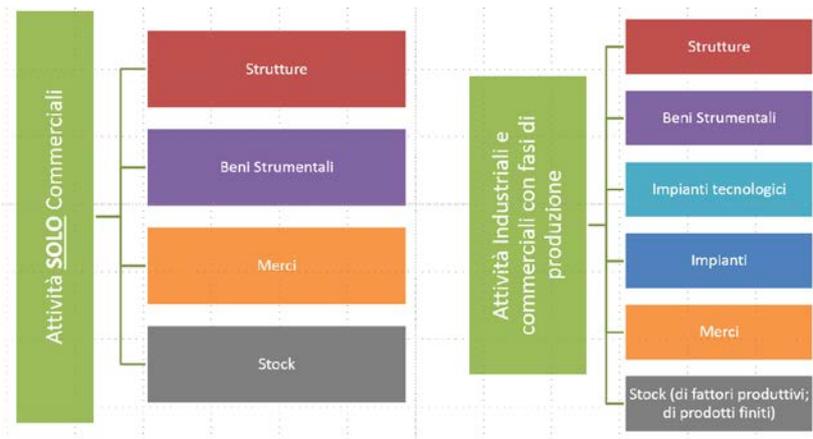


Figura 2: Elementi costitutivi rispettivamente dei soggetti economici solo commerciali e di quelli caratterizzati dalla produzione

Nel presente studio ci si è focalizzati sulle sole attività di vendita di prodotti e servizi, data la loro rilevanza sull'insieme delle categorie economiche coinvolte nell'alluvione del 2002 a Lodi (aspetto spiegato dal fatto che l'alluvione ha interessato il centro città, dove sono concentrate soprattutto attività di vendita di beni e servizi). I soggetti economici destinati alla vendita di prodotti e servizi possono essere a loro volta distinti in attività dedicate alla vendita all'ingrosso ed al dettaglio. Nel caso di ingrosso i beni sono venduti a imprenditori (o professionisti), quindi soggetti per definizione con partita iva (che può essere assegnata solo a soggetti che svolgono in via continuativa e abituale attività di impresa o professionale). Nel caso invece di commercio al dettaglio è possibile vendere a chiunque, privato cittadino, imprenditore o professionista. Nel presente studio ci si è occupati unicamente delle attività di vendita al dettaglio.

## Metodologia

Lo studio si è concentrato sull'analisi dei soli danni diretti ai contenuti dell'attività, tralasciando i danni alla struttura; data la principale collocazione delle attività di vendita al dettaglio all'interno di edifici civili, è infatti ragionevole assumere che il danno alla struttura possa essere valutato con la stessa metodologia adottata per gli edifici residenziali.

Data l'elevata variabilità di tipologie di attività di vendita al dettaglio, si è deciso di affrontare come primo settore di ricerca, quello commerciale e nello specifico il settore commerciale non alimentare. Tuttavia, anche all'interno di questo sotto-insieme la variabilità è molto elevata, basti pensare a quante diverse attività commerciali si possono incontrare attraversando un'area urbana. Dato il tema della variabilità, il quesito che ci si è posti è stato quello di comprendere se esistesse un contenuto (od un insieme di elementi interni) comune a tutte o ad una parte delle attività commerciali, tale da identificare classi di attività economiche che possano essere soggette alla stessa tipologia di danno in caso di alluvione. Per rispondere alla seguente domanda, si è quindi deciso di analizzare come le diverse attività commerciali vengono, oggi, progettate e quali sono gli elementi costitutivi. A tal fine sono state analizzate diverse fonti di dati. Nello specifico:

- Manuale dell'architetto e di architettura degli interni (Salvi, 2013, Zevi 2013)
- 5 Librerie CAD<sup>1</sup>
- 137 siti di progettazione di attività commerciali:
- 10 siti di arredamenti shop-online
- progetti di arredamento

<sup>1</sup> CAD libraries containing CAD retails blocks, which are, as stated in the AUTOCAD manual, "essentially a block definition that includes the block name, the block geometry, the location of the base point to be used for aligning the block when you insert it, and any associated attribute data"

- cataloghi di arredamento ed attrezzature

Sono inoltre stati richiesti 3 preventivi per arredamento di negozi (2 di abbigliamento e 1 farmacia). Infine, sono state condotte due interviste con l'Unione ConfCommercio di Lodi, al fine di verificare e convalidare la correttezza delle assunzioni adottate per le diverse tipologie di attività commerciali. Contestualmente, è stata svolta anche una campagna di indagine che ha coinvolto diverse attività commerciali in Lodi, il cui risultato però non ha rispettato le attese, poiché i commercianti si sono dimostrati poco disponibili a rilasciare informazioni in merito alle caratteristiche delle loro attività.

## **La progettazione delle attività commerciali non alimentari**

### La definizione di contenuto

Con contenuto si intendono i beni strumentali e le merci (oltre allo stock, se il magazzino è incorporato nel negozio al dettaglio). Nel dettaglio:

- I beni strumentali comprendono essenzialmente le apparecchiature mobili, come casse, tappeti e cestini, e gli arredi fissi (ad esempio: il mobilio, le scaffalature, arredi per il bagno, ecc.). In alcuni casi possono esserci delle difficoltà a separare le attrezzature mobili da quelle fisse (ad es. tipi di scaffalature differenziate) poiché sebbene qualcosa possa essere definito mobile, durante un evento alluvionale è molto probabile che l'oggetto non venga effettivamente spostato (ad esempio se fosse molto pesante o se il tempo o la forza della persona fossero insufficienti).
- Le merci e le scorte tendono ad essere le più variabili in termini di valore delle diverse componenti del danno da alluvione. Per i punti vendita al dettaglio, a differenza delle aziende manifatturiere che comprendono altre materie prime, lavori in corso o prodotti finiti, le merci e le scorte comprendono i beni che vengono venduti.

### La progettazione

Ai fini di caratterizzare i contenuti delle diverse attività economiche si è provveduto ad una vera e propria progettazione di massima, sulla base dei dati e delle informazioni acquisite. Il processo di progettazione è stato condotto per tutte le attività commerciali non alimentari riportate dal codice ATECO nella sezione G (da G 47.11.10 a G 47.79.40), di cui si riporta qui un estratto (Tabella 6).

La progettazione è stata svolta considerando i seguenti fattori:

- dimensione media dell'attività commerciale identificando, dove possibile, la dimensione minima del negozio
- numero di elementi costitutivi l'arredamento
- tipologia di elementi che compongono l'arredamento del negozio

Le Figure 3, 4, 5 e 6 mostrano esempi dei risultati dell'attività di progettazione. Per quanto riguarda la dimensione delle attività economiche, è stata condotta un'analisi approfondita della vigente normativa al fine di identificare quali fossero i requisiti minimi previsti dalla legge (Tabella 7). Inoltre, nella progettazione delle attività si è tenuto conto sia dei materiali di cui gli elementi componenti l'arredo possono essere composti, sia della loro collocazione spaziale (e in altezza), sia del range di costo (in termini di costo minore, medio, massimo) dei diversi elementi dell'arredamento (Figura 7). In questo modo, è anche possibile giungere ad una stima del valore monetario dei contenuti, nonché ad una stima della percentuale di contenuti persi in caso di alluvione. Questo tipo di analisi è però ancora in fase di sviluppo e non è qui riportato; ad ogni modo, è opportuno sottolineare che tale categorizzazione per materiali, collocazione e prezzi esula dall'essere esaustiva e non include, in alcun modo, quegli elementi di arredamenti identificabili come di lusso o personalizzati.

Codice ATECO	Descrizione
<b>47</b>	<b>COMMERCIO AL DETTAGLIO (ESCLUSO QUELLO DI AUTOVEICOLI E DI MOTOCICLI)</b>
47.11.10	Ipermercati
47.11.20	Supermercati
47.11.30	Discount di alimentari
47.11.40	Minimercati ed altri esercizi non specializzati di alimentari vari
47.11.50	Commercio al dettaglio di prodotti surgelati
47.19.10	Grandi magazzini
47.19.20	Commercio al dettaglio in esercizi non specializzati di computer, periferiche, attrezzature per le telecomunicazioni, elettronica di consumo audio e video, elettrodomestici
47.19.90	Empori ed altri negozi non specializzati di vari prodotti non alimentari
47.21.01	Commercio al dettaglio di frutta e verdura fresca
47.21.02	Commercio al dettaglio di frutta e verdura preparata e conservata
47.22.00	Commercio al dettaglio di carni e di prodotti a base di carne
47.23.00	Commercio al dettaglio di pesci, crostacei e molluschi
47.24.10	Commercio al dettaglio di pane
47.24.20	Commercio al dettaglio di torte, dolci, confetteria
47.25.00	Commercio al dettaglio di bevande
47.26.00	Commercio al dettaglio di generi di monopolio (tabaccherie)
47.29.10	Commercio al dettaglio di latte e di prodotti lattiero-caseari
47.29.20	Commercio al dettaglio di caffè torrefatto
47.29.30	Commercio al dettaglio di prodotti macrobiotici e dietetici
47.29.90	Commercio al dettaglio di altri prodotti alimentari in esercizi specializzati nca
47.30.00	Commercio al dettaglio di carburante per autotrazione
47.41.00	Commercio al dettaglio di computer, unità periferiche, software e attrezzature per ufficio in esercizi specializzati
47.42.00	Commercio al dettaglio di apparecchiature per le telecomunicazioni e la telefonia in esercizi specializzati

Tabella 6: Estratto del codice ATECO – sezione G

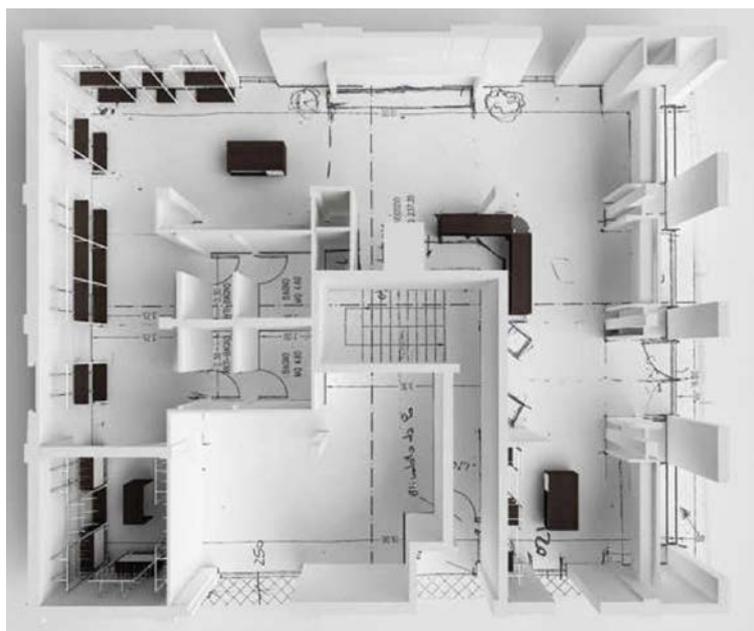


Figura 3: Progettazione di un'attività commerciale per la vendita di abbigliamento



Figura 4: Progettazione di un'attività commerciale per la vendita di prodotti bio-medicali



Figura 5: Progettazione di un'attività commerciale per la vendita di tabacchi e periodici

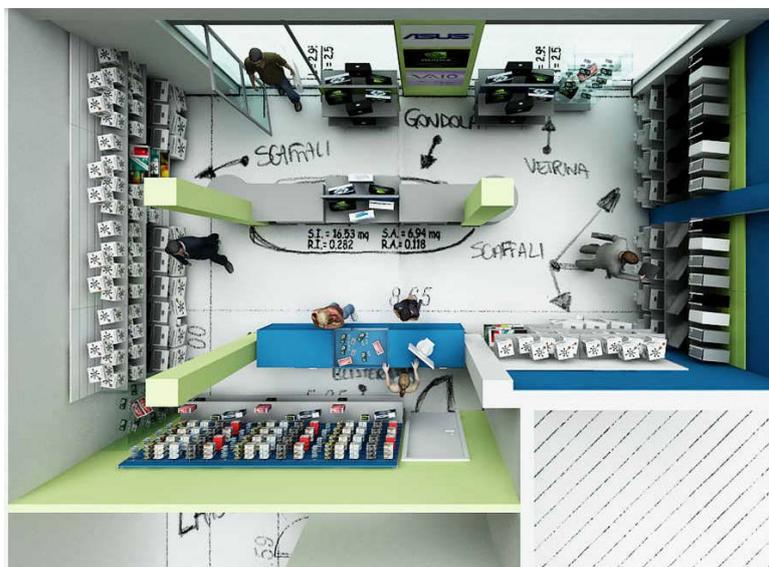


Figura 6: Progettazione di un'attività commerciale per la vendita di elettronica

Dimensione delle attività economiche – criteri normativi
D.Lgs. n. 81/08
Reg. (CE) 29-04-2004, n. 852/2004
L.P. n. 3/07
Norme UNI
D.M. 10/03/1998
D.P.R. 547/55
D.M. 14/06/1989, n. 236
D.M. 16/05/1987
Circolare Min. Lav. n. 102/95
D.P.R. 384/78
D.M. 236/89
DPGP 27/11/2000
DGP 17/10/2003
DM 37/08
DPCM 23/12/03
APSS
D.Lgs. 230/95
DPGP 9/08/1976
Regolamento edilizio Comune di Lodi
Linee guida per la progettazione e requisiti prestazionali del manufatto edilizio
DPR 327/80

Tabella 7: criteri normativi sulla dimensione delle attività economiche

Caratterizzazione negozio di Abbigliamento 100mq						COSTO €/MQ			
Numero	Descrizione	Caratteristiche specifiche	Unità	sto minimo	to massimo	più frequent	MIN	MAX	"medio"
Pavimentazione									
	in laminato		mq	30	50				
	in resina		mq	20	120		2000	12000	6000
	gres porcellanato		mq			25			
	parquet industriale		mq	20	60				
Area Vendita prodotti NON alimentari									
	in metallo	Altezza (cm): tra i 121 e 132							
Gondole	in metallo	Larghezza (cm): tra i 121 e i 147 Profondità (cm): tra i 61 e i 99	n	190	400	250	1330	2800	1750
		Altezza (cm): 30 (pannello singolo); 240 (composto)							
Pannelli espositori dogati	singolo; cc	Larghezza (cm): 100 (pannello singolo); 120 (composto) Profondità (cm): 1,2 (pannello singolo); 1,8 (composto)	n	9 (pannello singolo); 49 (composto)	9 (pannello singolo); 170 (composto)	90	180	3400	1800
	n luci+mobi	Altezza (cm): 220							
		Larghezza (cm): tra i 95 e i 122 Profondità (cm): tra i 37 e i 47	n	250	600	420	1750	4200	2940
Cabine prova		Altezza (cm): 210 Larghezza (cm): 99,7 Profondità (cm): 90	n			300	900	900	900
Manichini interi	busti interi		n	20	220	120	100	1100	600
			n	240	850	520	720	2550	1560
Area Cassa									
Registratori di cassa			n	130	1240	600	130	1240	600
Mobile cassa		Altezza (cm): 100 cm Lunghezza (cm): da 120 a 300 cm Larghezza (cm): 75	n	1330	2800	1900	1330	2800	1900
Impianti									
Impianti Elettrico			n			5000			
Impianti Fonia/Dati			n			100			
Area Spogliatoio									
Armadietti		Altezza (cm): 180 Larghezza (cm): da 43cm a 50 cm Lunghezza: da 47 cm a 120 cm	n	120	360	190			

Figura 7: Estratto del foglio di calcolo per l'identificazione di materiali, collocazione e prezzi degli elementi di arredo di un negozio di abbigliamento

## La clusterizzazione delle attività commerciali

L'analisi delle fonti e la progettazione di numerose attività commerciali ha permesso di evidenziare come le differenti attività siano composte da due elementi principali. Un primo elemento, che abbiamo identificato come archetipo, fa riferimento a quattro componenti di accessori per negozi, comuni a tutti le diverse attività di vendita al dettaglio non alimentari. Questi sono: i pannelli a parete, le gondole, il banco vendita e il sistema di allarme dell'antitaccheggio. Il secondo elemento, invece, è rappresentato da tutti quei componenti che rispondono alle specificità ed alle esigenze legate alla singola attività commerciale. Tali specificità possono essere sia elementi dell'arredamento che attrezzature specialistiche (Figura 8)

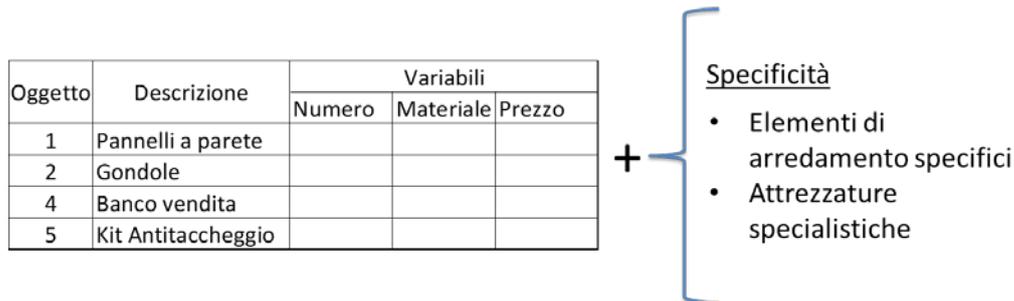


Figura 8: Archetipo ed elementi specifici di un negozio

Sulla base degli elementi di specificità identificati dall'applicazione della metodologia appena presentata siamo stati in grado di identificare tredici categorie di attività commerciali, o cluster (Figura 9). Tali categorie comprendono attività commerciali di diverso tipo, il cui meccanismo di danneggiamento dei contenuti è, tuttavia, simile nel momento in cui dovessero essere danneggiate da un evento alluvionale.

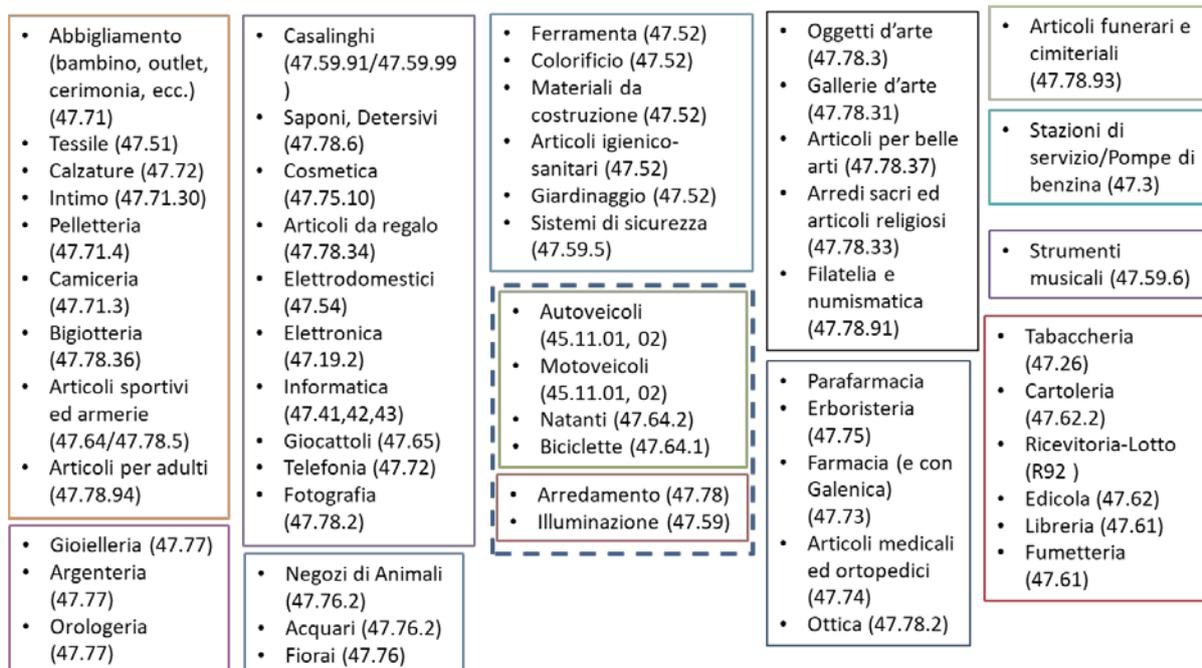


Figura 9: cluster dei soggetti economici commerciali non-alimentari con identificazione del codice ATECO (tra parentesi) per ogni attività

Per ciascuna categoria è stata redatta una scheda descrittiva delle caratteristiche peculiari della medesima attività, qui di seguito riportate.

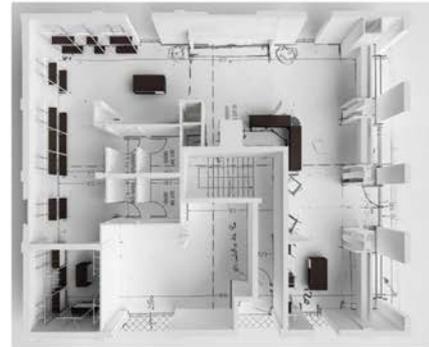
Abbigliamento, Calzature, Intimo, Pelletteria, Camiceria, Bigiotteria, Articoli sportivi ed armerie, articoli per adulti

**Elementi Arredamento - Base**

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

**Elementi Arredamento - Specialistici**

- Spogliatoio
- Mobili con vetrine
- Manichini
- Sedie/Pouf/Divanetti



Parafarmacia, Erboristeria, Articoli medicali ed Ortopedici, Ottica

**Elementi Arredamento - Base**

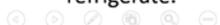
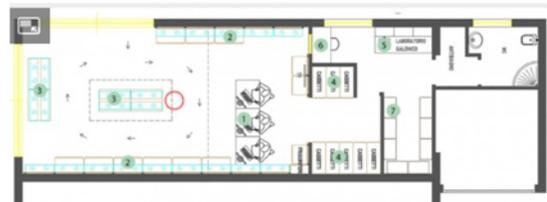
- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

**Elementi Arredamento - Specialistici**

- Laboratori Galenici
- Aree make-up
- Laboratori di analisi e/o officina ortopedica

**Merci**

- Presenza di prodotti alimentari o assimilabili
- Presenza di sostanze refrigerate.



Tabaccheria, Cartoleria, Ricevitoria-Lotto,  
Edicola, Libreria, Fumetteria

#### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

#### Arredamento specialistico

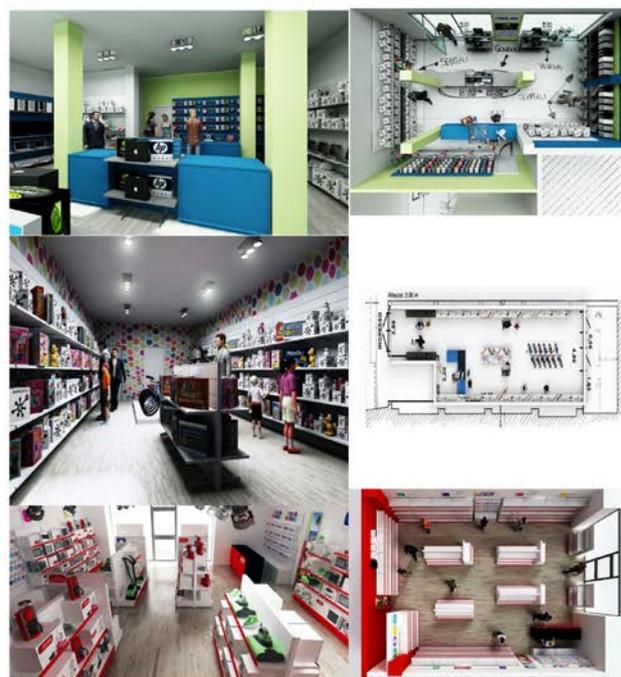
- Camaleonti
- Espositori a gradoni
- Box/Piano Tabacchi
- Cassonetti resa giornali
- Retrobanco Tabaccheria



Casalinghi, Saponi e Detersivi, Articoli da  
Regalo, Elettrodomestici, Elettronica,  
Informatica, Giocattoli, Telefonia, Fotografia

#### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio



## Automobili, Motoveicoli, Natanti, Biciclette (+ Arredamento, Illuminazione)

### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

### Arredamento specialistico

- Display

### Divisione Area Interna Negozio

- Area espositiva
- Area vendita



## Strumenti musicali

### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

### Elementi Arredamento - Specialistici

- Mobili con vetrine
- Espositori a gradoni
- Mensole
- Vetrinette



## Stazioni di Servizio/Pompe di benzina

### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- (Gondole) \*
- Banco Vendita
- (Kit antitaccheggio)\*

### Elementi Arredamento - Specialistici

- Pompa di benzina/diesel
- Pompa GPL
- Pompa Metano
- Aria compressa
- Colonnina bancomat per self-service
- Gabiotta benzinaio
- Scrivania
- Sedia

\* Presenza di questi elementi di arredo dipende dalla dimensione dell'attività



## Negozi di Animali, Acquari, Fiorai

### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

### Arredamento specialistico

- Vasche per animali
- Toiletta per animali
- Acquari
- Vasche per piante
- Cucce, ecc.



## Gioielleria, Argenteria, Orologeria

### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

### Arredamento specialistico

- Mobili a vetrina
- Casseforti
- Sistemi di sicurezza e di accesso



## Articoli funerari e cimiteriali

### Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

### Elementi Arredamento - Specialistici

- Espositori specialistici
- Laboratori specializzati per lavorazioni marmoree
- Mobilio ed arredamenti per vestizione e tanatoestetica



Oggetti d'arte, Galleria d'arte, Articoli per belle arti, Arredi sacri ed articoli religiosi, Filatelia e numismatica

Elementi Arredamento - Base

- Pannelli a parete
- Gondole
- Banco Vendita
- Kit antitaccheggio

Elementi Arredamento - Specialistici

- Espositori
- Cassettiere
- Mobilio specialistico
- Sistemi di sicurezza e sorveglianza



Il risultato principale del processo di clusterizzazione delle attività commerciali è riconducibile alla possibilità di ottenere un'ulteriore lettura del tessuto economico esposto al rischio alluvionale. Se, infatti, il nome dell'attività rappresenta la singolarità dell'attività economica e quindi fornisce una descrizione del tessuto economico alla micro-scala e l'attribuzione del codice ATECO, sulla base della tipologia di attività condotta, permette di ottenere una descrizione del tessuto economico alla meso-scala, l'attribuzione di uno dei tredici cluster ad ogni attività permette di ottenere una descrizione della vulnerabilità fisica del tessuto economico, sulla base dell'occorrenza di meccanismi di danneggiamento simili in caso di evento.

La clusterizzazione è stata applicata a tutte le attività comprese nella categoria ATECO G, esposte a rischio alluvionale per il caso studio di Lodi. La figura 10 ne riporta un esempio per quanto riguarda lo scenario di pericolosità del PGRA corrispondente ad un tempo di ritorno di 500 anni. Un elemento di complessità rispetto a questo tipo di analisi è 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 (i.e. il registro pubblico informatico previsto dal Codice Civile) che sul database AIDA (si veda la sezione seguente per la sua definizione) 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. 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 potervi accedere. Questo senza considerare anche gli effetti dell'innalzamento dei vincoli all'uso delle informazioni nell'ambito delle più recenti leggi sulla privacy.

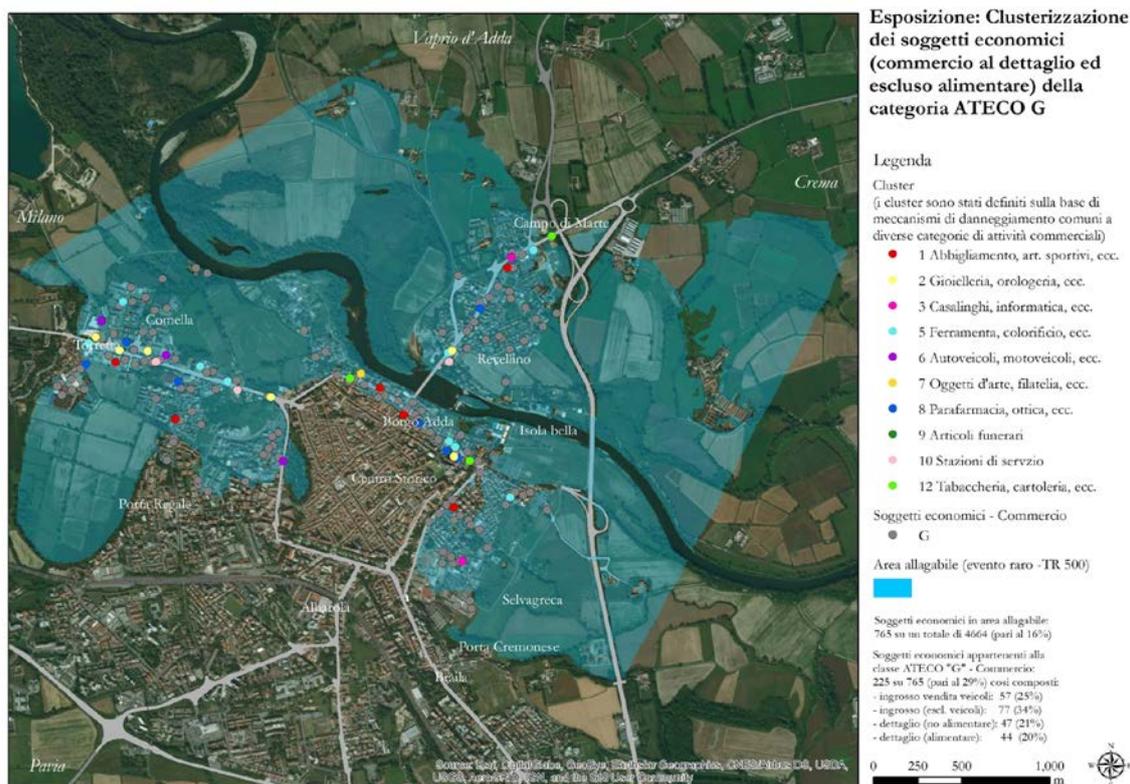


Figura 10: Rappresentazione cartografica della clusterizzazione dei soggetti economici del commercio al dettaglio, per la città di Lodi (TR=500 anni)

### **La valutazione del danno potenziale**

In assenza di funzioni di danno specifiche per il settore economico nel contesto Italiano e in attesa di ulteriori dati/analisi utili ad una loro definizione, la seconda parte della ricerca si è concentrata sulla selezione di indicatori *proxy* da poter associare alle varie attività economiche 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. In particolare, si è ricercata la 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 del metodo di valutazione del danno potenziale 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.

Su tali basi, i database utilizzati sono stati due, le banche dati dell'ISTAT e il database AIDA (Bureau van Dijk, a pagamento).

Per quanto riguarda le banche dati ISTAT, i dati utilizzati fanno riferimento a due modalità di acquisizione dei dati da parte dell'istituto, 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" contenenti informazioni relative al capitale netto delle imprese, per categoria ATECO. Con capitale netto si intende "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" (Glossario ISTAT, 2011). 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 ed il numero di unità locali ricadenti in ciascun gruppo ATECO, per sezione di censimento.

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 che contenendo informazioni sulle attività obbligate a depositare il bilancio fornisce un'informazione parziale rispetto al numero totale di attività presenti in un dato territorio o città. 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. Tuttavia, attraverso una procedura manuale è possibile, a partire dal codice numerico, risalire alla sezione economica ATECO.

### **La selezione di indicatori *proxy* del danno potenziale**

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

- necessità di sviluppare 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 e alle diverse scale spaziali di interesse per la gestione del rischio. In questo senso appariva importante mettere in evidenza non solo indicatori di danno potenziale diretto, legati quindi all'esposizione e alla vulnerabilità fisica (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 e di danno sistemico;
- possibilità di costruire scenari realistici di danno ancorché 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 (generalmente a scala comunale). 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+.

Sulla base di tali considerazioni, per il danno diretto è stato scelto quale indicatore *proxy* del "valore netto degli asset esposti" (strutture e contenuti), il capitale netto fornito dall'ISTAT, essendo il dato disponibile a livello nazionale, con l'indicazione del territorio di riferimento (utile per la georeferenziazione) e del codice ATECO per la distinzione dei diversi settori e categorie di attività economiche. La Figura 11 mostra un esempio di valutazione del danno diretto potenziale a Lodi per lo scenario alluvionale del PGR corrispondente al tempo di ritorno pari a 500 anni, relativamente al solo valore dei contenuti.

Per il danno indiretto e sistemico è stato costruito l'indicatore "valore netto dei contenuti per 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.

Si ricorda che il valore delle imprese individuato con i diversi indicatori deve essere 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 queste *proxy* individuino 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 al rischio.

Certamente indicatori come il valore aggiunto o il fatturato annuo sarebbero stati molto più 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, diviso in settori e cluster di attività, e con le indicazioni necessarie per la geolocalizzazione delle singole imprese.

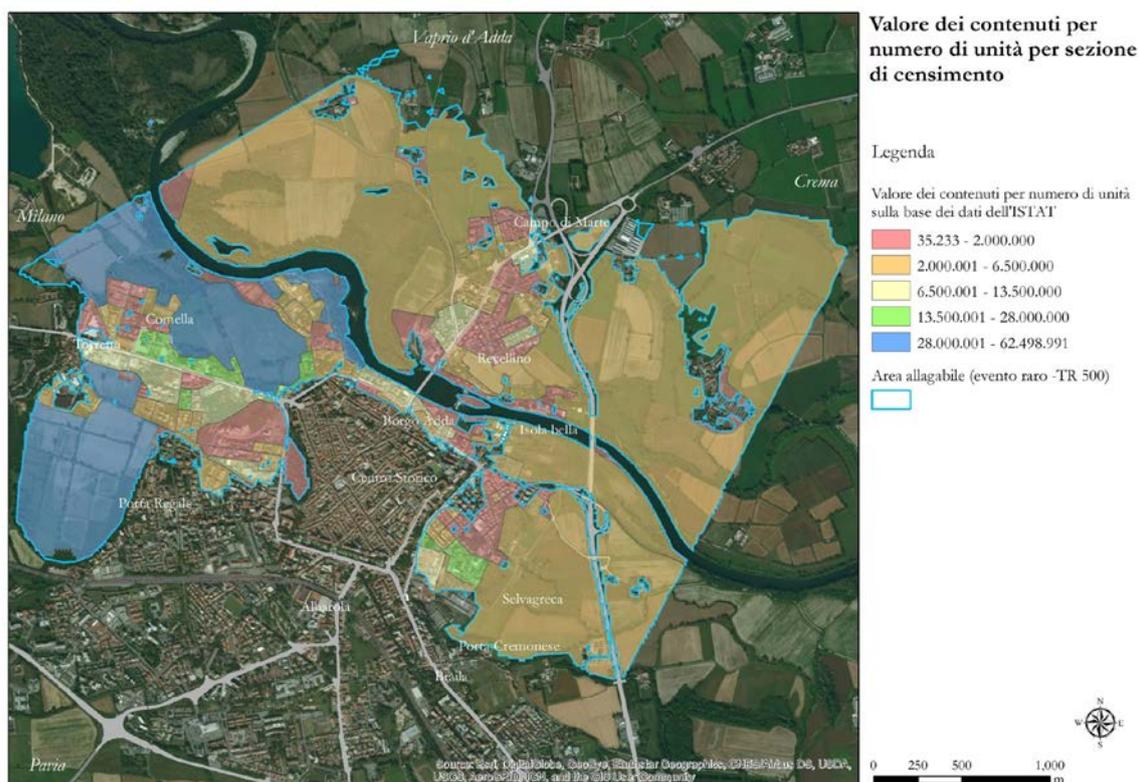


Figura 11: Mappa del danno potenziale a Lodi, relativamente ai contenuti delle attività economiche, per sezione di censimento (TR=500 anni)

**Riferimenti bibliografici**

AIBA, 2013, *Intervento del presidente F. Paparella, Convegno Le nuove frontiere dell'assicurazione. Il broker a tutela delle persone e delle aziende*

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.

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.

<https://www.insurancereview.it/insurance/contenuti/distribuzione/219/nel-paese-delle-catastrofi-nessuno-si-assicura>

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.

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.

Salvi, R. 2013. *Manuale di architettura d'interni. 5. Il negozio*. Franco Angeli Editore.

Zevi, L. (eds.) 2013. *Il nuovissimo manuale dell'architetto*. Mancosu Editore.

## **STRUMENTI PER LA VALUTAZIONE DELL' ESPOSIZIONE E DELLA VULNERABILITA' DI POPOLAZIONE, EDIFICI STRATEGICI E RETE STRADALE**

### **Premessa**

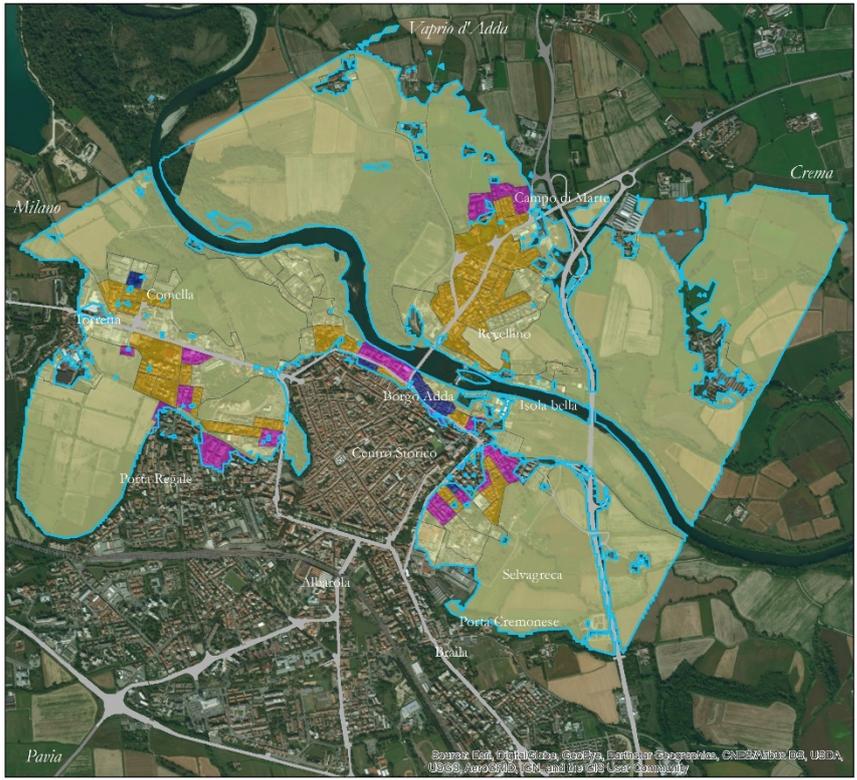
Pur non avendo sviluppato dei modelli di danno per la popolazione, la rete stradale e gli edifici strategici si è deciso di caratterizzarne e mapparne l'esposizione e la vulnerabilità come punto di partenza per eventuali sviluppi futuri. Di seguito, viene riportata una breve descrizione delle variabili scelte per caratterizzare ognuno dei tre settori esposti, presentando alcune delle mappe prodotte, a titolo esemplificativo. L'idea alla base della scelta delle variabili è quella di garantire la disponibilità del dato almeno a livello di Distretto Idrografico e, laddove possibile, a livello nazionale, a supporto di analisi consistenti seppur riferite a diversi ambiti territoriali.

### **Esposizione e vulnerabilità della popolazione**

Il valore esposto della popolazione è stato definito in termini di densità abitativa per sezione di censimento. Si è scelto di utilizzare questo parametro, a valle del confronto con i tecnici e gli esperti svoltosi durante i laboratori di mappatura collettiva (Del. 5.1), per essere coerenti con le mappe di rischio del PGRA, organizzate anch'esse per densità di popolazione. Dal punto di vista della vulnerabilità, si è deciso di rappresentare la distribuzione spaziale di alcune categorie di soggetti particolarmente vulnerabili, che richiedono quindi maggiore assistenza nella fase di emergenza (es. persone con mobilità ridotta come anziani e bambini). La rappresentazione della vulnerabilità per categorie di popolazione può essere utile anche per azioni di sensibilizzazione mirate per uno specifico target. Tutte le informazioni necessarie possono essere facilmente ricavate dai dati ISTAT su popolazione e abitazioni per zona censuaria; è da sottolineare che attualmente nel database ISTAT non sono disponibili informazioni circa il numero di persone affette da patologie croniche o disabilità, che rappresentano invece una categoria fortemente vulnerabile e sarebbe opportuno mappare in fase di pianificazione. Di seguito vengono riassunti i dati utilizzati con le relative fonti e, a titolo di esempio, vengono mostrate la mappa di esposizione e una mappa di vulnerabilità della popolazione relativamente ad un evento alluvionale di 500 anni di tempo di ritorno secondo il PGRA, per il caso studio di Lodi.

<b>Dati</b>	<b>Fonti</b>
<b><i>Caratterizzazione esposizione</i></b>	
Popolazione residente - totale	ISTAT per Sezione di Censimento (2011)
Superficie delle abitazioni occupate da almeno una persona residente	ISTAT per Sezione di Censimento (2011)
Densità popolazione residente	= Popolazione/Superficie
<b><i>Caratterizzazione vulnerabilità</i></b>	
Popolazione residente – età < 10 anni	ISTAT per Sezione di Censimento (2011)
Popolazione residente – età > 65 anni	ISTAT per Sezione di Censimento (2011)
Stranieri residenti in Italia - totale	ISTAT per Sezione di Censimento (2011)

*Tabella 13 Fonti di dati disponibili per caratterizzare il valore esposto e la vulnerabilità della popolazione residente, alla scala della sezione di censimento.*



**VALORE ESPOSTO POPOLAZIONE**

- Legenda
- Residenti/Km<sup>2</sup>
- 0 - 3500
  - 3501 - 9000
  - 9001 - 15500
  - 15501 - 27500
- Area allagabile (evento raro - TR 500)

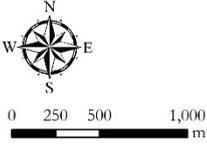
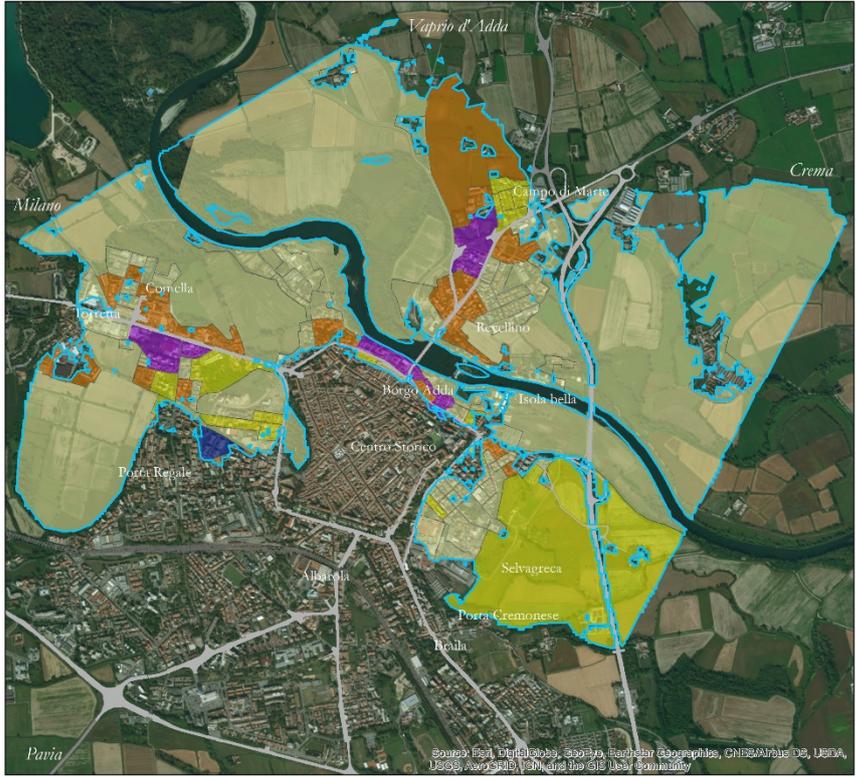


Figura 21 Mappa di esposizione della popolazione per il comune di Lodi (scenario raro – TR 500).



**VULNERABILITÀ POPOLAZIONE**  
Residenti con età inferiore a 10 anni

- Legenda
- Residenti con età < 10 anni
- 0 - 5
  - 6 - 10
  - 11 - 25
  - 26 - 50
  - 51 - 114
- Area allagabile (evento raro - TR 500)

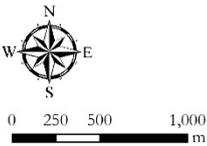


Figura 22 Mappa di vulnerabilità della popolazione per il comune di Lodi (scenario raro – TR 500).

## Esposizione e vulnerabilità della rete stradale

Il costo di costruzione è la variabile generalmente utilizzata per determinare il valore economico delle strade. Il costo di costruzione comprende i costi della manodopera, dei materiali e dei mezzi impiegati durante le operazioni di costruzione. Quindi, anche nel seguente studio, il valore esposto della rete stradale è stato valutato in termini del costo di costruzione [migliaia di €], ottenuto moltiplicando il costo unitario [€/m] per la lunghezza di ciascun tratto stradale [m]. Dall'altro lato, la rappresentazione della rete stradale in base alla tipologia (autostrade, strade comunali, ecc.) permette di analizzare la vulnerabilità di ciascuna tratta; infatti, le diverse tipologie di infrastrutture hanno determinate caratteristiche intrinseche (es. materiale, stato di conservazione, fragilità, robustezza) che le rendono più o meno vulnerabili, dal punto di vista fisico, al rischio alluvionale: è lecito aspettarsi che il grado di vulnerabilità aumenti passando dalle autostrade alle strade comunali. La tipologia stradale può anche essere assunta quale variabile proxy della vulnerabilità funzionale e sistematica del tratto in esame, laddove le conseguenze legate all'interruzione della rete sono potenzialmente più rilevanti nel caso di un'autostrada rispetto ad una strada provinciale, e così via. La tabella sottostante riassume i dati e le fonti disponibili per eseguire tale analisi. Successivamente, vengono riportate le mappe di esposizione e vulnerabilità prodotte per lo scenario alluvionale del PGRA corrispondente a bassa probabilità (i.e.  $T_R = 500$  anni), per la città di Lodi.

Dati	Fonti
<b>Caratterizzazione esposizione</b>	
Shapefile strade	Database Topografico Regionale - Lombardia
Costi unitari di costruzione	Regione Lombardia - Osservatorio lavori pubblici
<b>Caratterizzazione vulnerabilità</b>	
Shapefile strade	Database Topografico Regionale - Lombardia

Tabella 14 Fonti di dati disponibili per caratterizzare il valore esposto e la vulnerabilità della rete stradale.

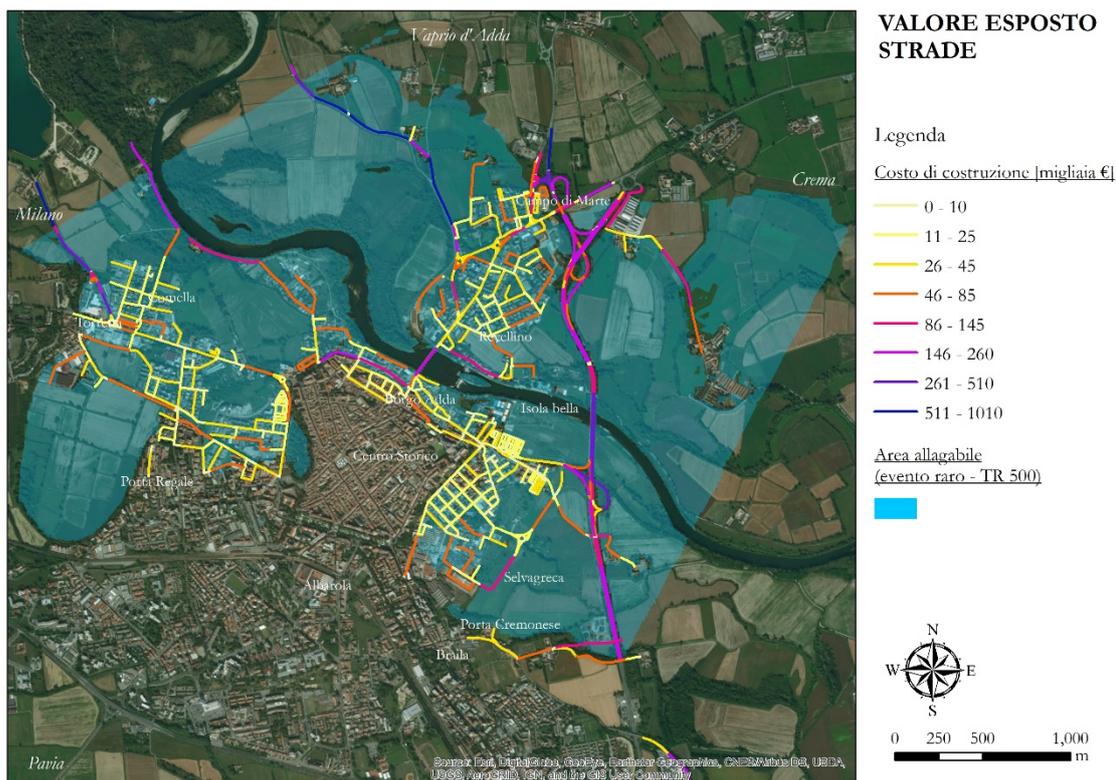


Figura 23 Mappa di esposizione della rete stradale per il comune di Lodi (scenario raro -  $T_R$  500).

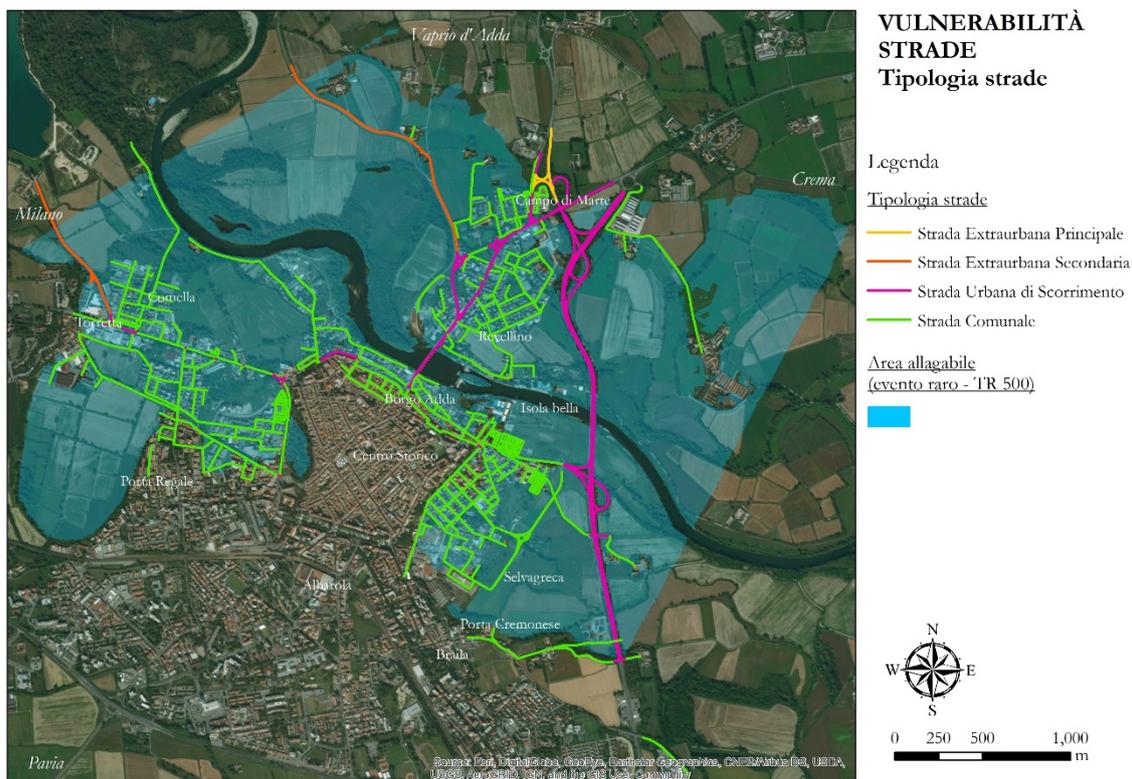


Figura 24 Mappa di vulnerabilità della rete stradale per il comune di Lodi (scenario raro -  $T_R$  500).

### Esposizione degli edifici strategici (i.e. servizi)

A differenza degli altri due settori, gli edifici strategici sono stati caratterizzati solamente dal punto di vista dell'esposizione. Difatti, una classificazione del loro livello di vulnerabilità richiederebbe uno studio

approfondito, a livello del singolo edificio esposto, che non è stato condotto all'interno del seguente progetto. Al momento, ci si è limitati ad indentificare e a localizzare i principali edifici strategici presenti nel comune di Lodi indicando, ove possibile, il numero di utenti del servizio. La mappa dei servizi è molto utile per la pianificazione territoriale, ma soprattutto per la gestione dell'emergenza. I dati e le fonti utilizzate per la mappature dei servizi e delle attrezzature ricadenti all'interno della possibile area di allagamento (scenario TR= 500 anni) (Figura 5) sono i seguenti:

Dati	Fonti
Servizi e attrezzature (attrezzature sportive, protezione civile, parcheggi, pronto soccorso veterinario, cinema, banche)	Piano dei servizi del Comune di Lodi
Tribunale	Tribunale di Lodi
Scuole	Open Data Lombardia
Ospedale	Ministero della salute

Tabella 15 Fonti di dati disponibili per caratterizzare il valore esposto degli edifici strategici

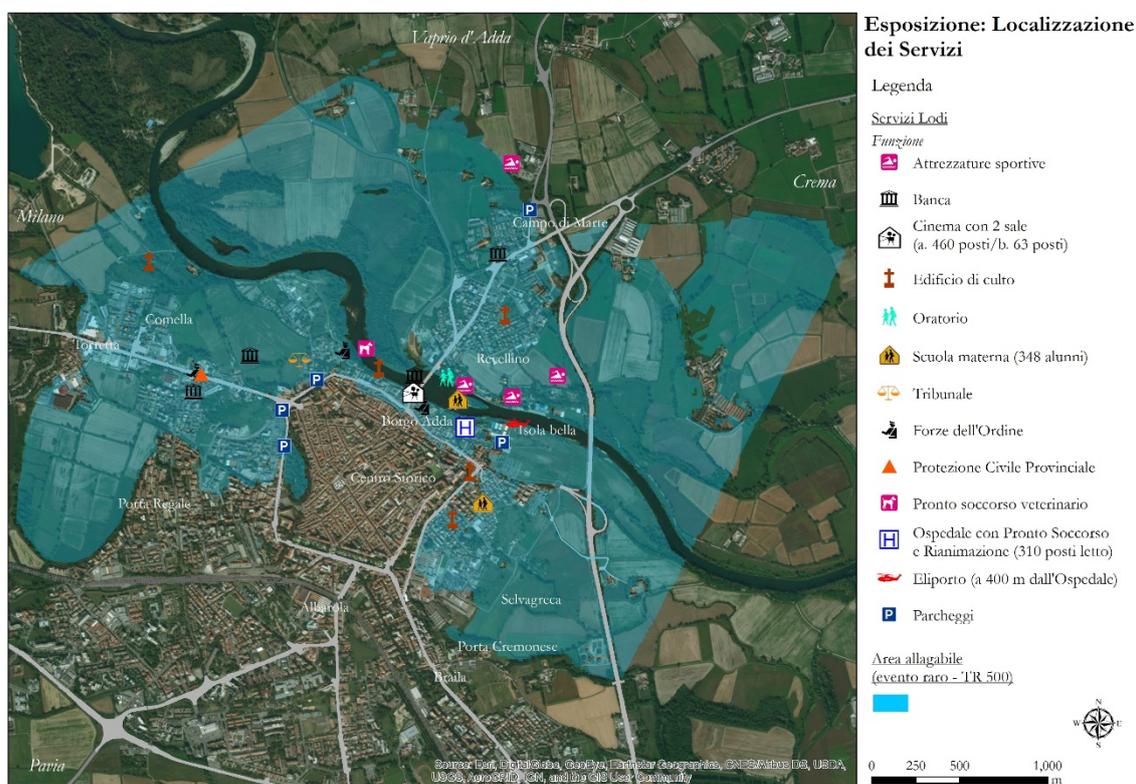


Figura 25 Mappa di esposizione degli edifici strategici per il comune di Lodi (scenario raro – TR 500).