



**SINTESI NON TECNICA DEL PIANO
INTEGRATO D'AREA DELLA
PROVINCIA DI LECCO**





INDICE

AUTORI E RINGRAZIAMENTI	3
Quadro generale del Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco	4
Capitolo 1 – Inquadramento territoriale	5
Capitolo 2 - Mappatura degli elementi territoriali vulnerabili	6
Capitolo 3 - La grid abitanti equivalenti.....	6
Capitolo 4 - La griglia del valore economico	6
Capitolo 5 - Analisi della resilienza	7
Capitolo 6 - Rischio Industriale.....	7
Capitolo 7 - Rischio incidenti stradali	8
Capitolo 8 - Rischio trasporto merci pericolose	9
Capitolo 9 - Rischio incidenti sul lavoro	10
Capitolo 10 – Metodologia PIA Lecco.....	10
Capitolo 11 – Rischio Idrogeologico – Caduta Massi.....	11
Capitolo 12 – Rischio Idrogeologico - Scivolamenti Superficiali.....	11
Capitolo 13 – Rischio Idrogeologico - Frane Profonde.....	12
Capitolo 14 – Rischio Idrogeologico - DGPV	12
Capitolo 15 – Rischio Idrogeologico - Colate di detrito	13
Capitolo 16 – Rischio Idrogeologico -Alluvioni in conoide	13
Capitolo 17 – Rischio Idrogeologico – Alluvioni	14
Capitolo 18 – Rischio Idrogeologico - Collasso dighe.....	14
Capitolo 19 – Rischio Idrogeologico - Valanghe	15
Capitolo 20 – Rischio Sismico	15
Capitolo 21 – Rischio Incendi Forestali	16
Capitoli 22 e 23 – Rischio Idrogeologico Integrato e Conclusione Rischi Naturali	16
Capitolo 24 – Infrastrutture critiche	17
Capitolo 25 – Approccio Decisionale alla Definizione di Interventi di Mitigazione.....	17
Capitolo 26 – Criticità territoriali (Hotspot).....	18
Capitolo 27 – Conclusioni	19





AUTORI E RINGRAZIAMENTI

Il *Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco* è stato redatto dal seguente gruppo di lavoro:

TRR srl – Tecnologia Ricerca Rischi:

- Ing. Alfredo Romano
- Ing. Giovanni Romano
- Ing. Carmelo Di Mauro
- Ing. Sara Mariani

CRASL – Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia:

- Dott. Paolo Seminati
- Dott. Stefano Oliveri
- Dott. Francesco Pozza

FLA - Fondazione Lombardia per l'Ambiente:

- Dott. Fabrizio Piccarolo
- Ing. Giuseppe Pastorelli
- Dott. ssa Mariangela Aloe

Università Milano Bicocca - Dipartimento Scienze Geologiche e Geotecnologie:

- Dott. Paolo Frattini
- Dott. ssa Claudia Giusti

Si ringrazia per la collaborazione e il supporto allo sviluppo del progetto la *Regione Lombardia - D.G. Protezione Civile, Prevenzione e Polizia Locale*, in particolare: Dott. Andrea Zaccone, Dott. Massimo Ceriani, Dott. Angelo Crippa, Arch. Stefania Paoletti, Ing. Valeria Chinaglia.

Si ringraziano, inoltre, i seguenti enti per il contributo fornito all'attività di raccolta dati: ARPA Lombardia – Dipartimento Provinciale di Lecco; ASL di Lecco; Vigili del Fuoco della Provincia di Lecco; FISM della Provincia di Lecco; la Provincia di Lecco; il Comune di Lecco.





Introduzione

Questo documento costituisce la sintesi non-technica del Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco, sviluppato nell'ambito dell'accordo di programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e la Regione Lombardia per la condivisione delle conoscenze e la sperimentazione di metodologie nel settore della prevenzione e del controllo dei rischi di incidenti rilevanti che prevede, tra le varie attività, la definizione di Piani Integrati d'Area per la valutazione multi-rischio di alcuni ambiti territoriali.

La finalità di questo documento è di fornire una breve descrizione dei contenuti e dei risultati ottenuti e pertanto è stato definito congruentemente alla struttura dell'intera relazione di progetto.

Per maggiori dettagli si rimanda quindi a tale relazione e ai relativi elaborati.

Quadro generale del Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco

Le tipologie di rischio prese in esame per la realizzazione del Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco (*Capitolo 1*), in continuità con quanto già valutato in sede PRIM, sono le seguenti:

- *Rischi Naturali (Capitoli 10-23)*, caratterizzati da eventi frequenti a bassa gravità, prevedibili e liberamente assunti dalla popolazione esposta, suddivisi in Rischio idrogeologico, Rischio incendi boschivi, Rischio sismico;
- *Rischi di origine Tecnologico-sociali (Capitoli 6-9)*, caratterizzati da eventi rari ad alta gravità, non prevedibili e non volontari per la popolazione esposta, comprendenti il *Rischio industriale*, *Rischio incidenti stradali*, *Rischio trasporto di merci pericolose*, *Rischio incidenti sul lavoro*.

Le potenziali tipologie di bersagli per i rischi descritti comprendono gli elementi territoriali vulnerabili (*Capitolo 2*) e le persone realmente o potenzialmente esposte al pericolo (*Capitolo 3*).

Poiché la presente analisi ha come finalità principale lo studio dei rischi con particolare attenzione alla loro distribuzione e sovrapposizione spaziale (*analisi spaziale georeferenziata*), le informazioni ed elaborazioni analitiche sono riferite ad ogni singolo elemento spaziale in cui è stata scomposta l'area provinciale, costituito da una griglia a maglia quadrata di lato 20 m x 20 m. Al fine di supportare i processi decisionali per la definizione di strategie di mitigazione, l'informazione è stata aggregata a diversi livelli di accuratezza:

- griglia di 200 m di lato
- griglia di 500 m di lato
- griglia di 1000 m di lato





L'aggregazione ha permesso di mantenere un sufficiente livello di dettaglio per valutare e discriminare il territorio studiato nel suo insieme, permettendo inoltre di poter procedere a approfondimenti successivi con scale di dettaglio più accurate.

Il modello di rischio implementato sull'area di Lecco per la realizzazione del Piano Integrato d'Area ha previsto la scomposizione del rischio insistente su un dato luogo in base alla tipologia di danno atteso, in:

- **Rischio per l'uomo**, la cui misura è condotta in termini di:
 - *Rischio Sociale*, inteso come numero di colpiti/anno attesi per ogni cella spaziale;
 - *Rischio Individuale*, inteso come probabilità, in termini di colpiti/anno, che un individuo presente in una data cella spaziale venga colpito poiché potenzialmente esposto;
- **Rischio di danni materiali**, definiti in termini di €/anno attesi in ogni cella spaziale (**Capitolo 4**).

Il rischio, per ogni tipologia di pericolo, è stato calcolato come:

- *Rischio fisico diretto*, ossia il contributo, in un dato luogo, derivante da ogni tipologia di rischio senza considerare la resilienza del territorio (**Capitolo 5**);
- *Rischio totale*, ossia il contributo al rischio, in un dato luogo, derivante da ogni tipologia di rischio considerando la resilienza del territorio;
- *Rischio integrato*, ossia il rischio complessivo insistente su un dato luogo, usando come approccio la somma diretta dei rischi totali oppure la somma dei rischi totali pesata sulle soglie di accettabilità.

Un approfondimento dell'analisi di rischio è stato condotto per l'individuazione di nodi infrastrutturali critici a causa dell'esposizione a fenomeni idrogeologici e a scenari di impatto industriale (**Capitolo 24**) e per le aree risultate a maggior rischio al fine di investigare di porzioni circoscritte del territorio a maggior criticità (hotspot; **Capitolo 26**).

Il risultato del presente Piano Integrato d'Area consiste nella possibilità di fornire un sistema di supporto alle decisioni per la definizione di strategie per la riduzione del rischio, ovvero interventi mitigativi (**Capitolo 25**).

Capitolo 1 – Inquadramento territoriale

L'area oggetto dello studio ha un'estensione di circa 409 km² e interessa 43 dei 90 Comuni della Provincia di Lecco. Essa è distribuita lungo la sponda orientale del ramo di Lecco del Lago di Como (settore centro-nord), lungo il corso del fiume Adda (settore sud-est) e lungo il tracciato della S.S.36 tra Milano e Lecco (settore sud-ovest).

La popolazione presente sul territorio in oggetto è di circa 200.000 persone.

Sono state analizzate nel dettaglio le caratteristiche territoriali (morfologia del territorio, geologia e idrogeologia, suolo, aria, acqua) e caratteristiche socio-economiche (strutture





insediative e produttive, sistema delle infrastrutture, sistema di protezione civile) dell'area oggetto di studio e del contesto provinciale in cui essa è inserita.

Capitolo 2 - Mappatura degli elementi territoriali vulnerabili

La mappatura degli elementi territoriali vulnerabili consiste nella predisposizione di cartografie in formato vettoriale degli elementi territoriali utilizzati per il calcolo delle *grid* "Abitanti equivalenti" e del "Valore economico" tramite l'analisi di banche-dati e sopralluoghi diretti sul territorio.

Nella Provincia di Lecco, gli elementi considerati vulnerabili, ossia possibili bersagli (aree pubbliche e private), sono i seguenti: edilizia residenziale; ospedali e case di cura; case di riposo; strutture dell'istruzione di ogni ordine e grado; mercati rionali; supermercati e centri commerciali; centri sportivi; alberghi; campeggi; attività produttive; infrastrutture di trasporto e tecnologiche (stazioni ferroviarie; linee ferroviarie; viabilità stradale; ponti/viadotti; linee elettriche dell'alta tensione - linee e tralicci; impianti tecnologici - centrali elettriche e depuratori; metanodotti; acquedotti; pozzi); beni culturali.

Questa fase analitica di lavoro, articolata in raccolta, aggiornamento e mappatura dei dati, ha permesso di restituire banche-dati in forma cartografica (cartografia vettoriale).

Capitolo 3 - La grid abitanti equivalenti

La fase di censimento dei bersagli (strutture sensibili, luoghi di aggregazione) ne ha introdotta una successiva di analisi del territorio per caratterizzare il grado di vulnerabilità in funzione della localizzazione e distribuzione territoriale delle persone (ad esempio a partire da dati ISTAT e DUSAF2 per le aree residenziali).

Le tipologie di bersagli censite (*Capitolo 2*) sono state valutate singolarmente, mentre il numero delle persone presenti all'interno di ogni struttura è stato attribuito in base alla tipologia della struttura e dei dati disponibili.

Il metodo utilizzato per la stima del numero di persone presenti in ogni struttura ha permesso di ottenere una distribuzione territoriale del numero di abitanti equivalenti per cella da 20 m di lato e per ogni bersaglio considerato, mentre la somma di tutti i contributi dei layer costruiti, di ricavare una carta degli abitanti equivalenti su tutto il territorio del Piano d'Area.

Capitolo 4 - La griglia del valore economico

La valutazione economica dei danni diretti derivanti da vari scenari incidentali è stata ottenuta mediante la quantificazione del valore monetario dei singoli elementi





architettonici, tecnologici e naturali presenti sul territorio che rappresentano bersagli a rischio di danneggiamento parziale o totale a seguito di un evento incidentale.

Il metodo utilizzato per la stima del valore economico di ogni struttura (urbanizzato residenziale/produttivo industriale e commerciale/produttivo agricolo; strutture sanitarie; strutture dell'istruzione; centri commerciali; alberghi e hotels; campeggi; stazioni ferroviarie; vie di comunicazione stradali; ponti; linee ferroviarie; tralicci e linee elettriche) e delle diverse coperture di suolo (bosco; seminativi agricoli; frutteti; oliveti; vigneti) ha permesso di ottenere una classificazione monetaria del territorio per cella da 20 m di lato con un dettaglio accurato che ben si adatta alla molteplicità di elementi territoriali situati nell'area di studio.

Capitolo 5 - Analisi della resilienza

La resilienza è la capacità di un territorio di fronteggiare un evento e di ripristinare le condizioni di normalità e rappresenta il livello di organizzazione di strutture di soccorso tecnico (comandi/distaccamenti del corpo nazionale dei Vigili del Fuoco), strutture di soccorso sanitario, strutture per la pubblica sicurezza e Protezione Civile dei Comuni (in termini di dotazione di un Piano di Emergenza Comunale/intercomunale, presenza di Gruppi/Associazioni volontari di Protezione Civile comunali o intercomunali e di reti di monitoraggio).

Per le analisi previste, sono state censite e cartografate le strutture operative di soccorso tecnico-sanitario e di pubblica sicurezza dislocate nell'area in esame e sul territorio limitrofo per un intorno significativo.

Per tutti gli elementi di resilienza che prevedono un intervento diretto sul territorio da postazioni fisse di controllo (postazioni 118, VVF, Forze dell'Ordine) o che costituiscono un punto fisso di ricezione a seguito di un'emergenza (ospedali), è stato valutato il tempo di intervento/raggiungibilità.

La seconda fase dell'analisi di resilienza ha permesso la valutazione del costo di transito da un punto A ad un punto B mediante il calcolo del percorso meno dispendioso in termini di tempo in relazione alla percorribilità delle celle appartenenti ad aree esterne, dipendente dall'uso del suolo e dalla variazione altimetrica media della cella.

E' stata, infine, effettuata un'integrazione della presenza/assenza di piani di protezione civile e gruppi di protezione civile nella Provincia di Lecco per completare le mappe del *grado* di resilienza del territorio.

Tutti gli indicatori di resilienza considerati sono stati successivamente combinati per creare livelli informativi specifici per ogni tipologia di rischio.

Capitolo 6 - Rischio Industriale

Al fine di predisporre le cartografie necessarie per il calcolo del rischio industriale, riguardante attività industriali/commerciali e sostanze pericolose che possono





determinare un pericolo grave per l'uomo e l'ambiente, è stato acquisito l'elenco aggiornato delle seguenti aziende ricadenti nell'area in esame:

- aziende a Rischio di Incidente Rilevante ai sensi del D.Lgs. 334/99 e s.m.i., soggette ad Art. 8, ad Art. 6 e ad Art. 5;
- aziende non soggette a D. Lgs. n. 334/99 e s.m.i, nel dettaglio:
 - aziende autorizzate al trattamento di gas tossici (cianuri, ammoniaca o anidride solforosa);
 - aziende soggette a Certificato Prevenzione Incendi (C.P.I.);
 - aziende soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A).

Inoltre, si è proceduto con la mappatura dei confini aziendali, dei centri di pericolo (magazzini, serbatoi, ecc.) e delle aree di impatto potenziale (Aimp).

Nel caso per un singolo stabilimento fossero indicati più scenari incidentali (rilascio tossico, incendio, BLEVE/fireball, flash fire, esplosione), è stato necessario procedere all'individuazione di uno scenario "massimo credibile", selezionando l'evento con conseguenze di danno esterne ai confini aziendali, con area di elevata letalità esterna maggiore e in grado di produrre effetti domino.

Non sono stati considerati gli scenari di rischio che prevedono dispersione di contaminanti nel suolo, poiché essi non permettono generalmente l'esatta definizione delle aree di impatto, non consentendo quindi l'applicazione della metodologia di analisi prevista.

Per quanto riguarda gli effetti sull'uomo, in riferimento al D.M. 25/02/2005, le aree esterne alle aziende sono state suddivise in tre zone di danno, nel dettaglio Zona 1 "di sicuro impatto" (soglia elevata letalità), Zona 2 "di danno" (soglia lesioni irreversibili) e Zona 3 "di attenzione" (soglia lesioni reversibili). Per ogni scenario incidentale e per ogni zona di danno è stata individuata, quindi, la probabilità che un individuo subisse un danno di morte, lesioni gravi o lesioni lievi.

Per quanto concerne gli effetti sulle cose e sull'ambiente, data la diversa tipologia di effetti di danno, è stata considerata soltanto la Zona 1 che, oltre all'elevata letalità, è associabile anche ai danni alle strutture, ponendo attenzione sul fatto che la gravità di danno dipende dalla tipologia di scenario e che, per diverse tipologie di scenario, sono coinvolte diverse tipologie di bersaglio.

L'analisi svolta ha permesso di individuare i livelli di criticità più alta del rischio sociale derivante da *rischio industriale* nei Comuni di Bulciago e Lecco. Per quanto attiene il rischio individuale, il Comune di Bulciago emerge nuovamente come la realtà territoriale più rilevante.

I danni economici maggiori derivanti da rischio industriale sono stati calcolati nei Comuni di Bulciago e Lecco e, seppure con entità inferiore, anche i Comuni di Mandello del Lario, Colico, Costa Masnaga, Olginate e Valmadrera emergono come entità territoriali rilevanti.

Capitolo 7 - Rischio incidenti stradali

L'analisi del rischio legato al verificarsi di incidenti stradali che possano portare a gravi danni per le persone in transito (in termini di morti e feriti) è stata svolta mediante:

FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE

Piano Integrato d'Area Lecco

70490 Sintesi_non_tecnica-Finale-01 - Pag. 8





- individuazione delle principali vie di comunicazione a livello urbano ed extraurbano (strade statali, provinciali e comunali urbane della Città di Lecco), predisponendo il grafo stradale su cui sviluppare le analisi;
- acquisizione e mappatura dei dati relativi all'incidentalità stradale lungo la viabilità considerata per descrivere il livello di pericolosità di ogni km della rete stradale principale sul territorio del Piano d'Area (con dettaglio di morti e feriti);
- acquisizione e mappatura dei dati relativi ai flussi di traffico;
- analisi del rischio per la popolazione e del rischio individuale.

Per ogni tratta chilometrica è stato definito, su base statistica (dati ACI-ISTAT), il numero di incidenti mortali e con feriti avvenuti nel periodo di osservazione.

Inoltre, alle due sotto-tipologie di rischio definite (morti e feriti) sono stati attribuiti valori di frequenza attesa differenti al fine di mantenere distinti i termini di gravità. I danni relativi ad incidenti con feriti sono stati assimilati a lesioni gravi.

Per quanto riguarda l'analisi del rischio per la popolazione, il dato di morti e feriti per tratto stradale è stato distribuito sulla griglia di riferimento (celle con 20 m di lato), ottenendo una superficie con indicazione dei morti e feriti per ogni cella.

Successivamente tali dati sono stati combinati applicando al numero di feriti un coefficiente di lesione reversibile per ottenere il rischio per la popolazione per cella.

Per il calcolo del valore di rischio individuale si è tenuto conto dei flussi di traffico annui per ogni singolo tratto stradale. Il valore di rischio per la popolazione (numero di colpiti/anno per tratto stradale) è stato diviso per i veicoli equivalenti annui considerando una media di due passeggeri per autovettura.

Per quanto concerne la distribuzione territoriale del rischio totale derivante da incidenti stradali, i settori maggiormente critici sono concentrati nell'area urbana della Città di Lecco, lungo la S.S.36 verso la Valtellina e lungo le principali arterie che permettono il raggiungimento del Capoluogo di Provincia.

Capitolo 8 - Rischio trasporto merci pericolose

Le sorgenti di rischio del trasporto di merci pericolose, con riferimento ai soli rischi per l'uomo, sono le tratte stradali individuate nel progetto TRANSIT (curato dalla *Fondazione Lombardia per l'Ambiente*), utilizzando come base di partenza, per la Provincia di Lecco, il grafo stradale del "Rischio del Trasporto di Merci Pericolose in Lombardia", modificato tenendo conto dell'effettivo passaggio di merci pericolose su ogni tratto stradale e integrando le informazioni raccolte presso l'ente provinciale e la sezione Polizia Stradale della Polizia di Stato.

Inoltre, viste le caratteristiche del grafo stradale che collega i paesi della sponda orientale del lago da Lecco alla Valtellina, è stato necessario caratterizzare ogni tratto in base alla tipologia di merce transitante, escludendo i tratti di rete ove il passaggio di merci ADR fosse interdetto soprattutto a causa della forte presenza di gallerie, in molti casi chiuse al transito di merci pericolose.

Nel dettaglio, su ogni tratta in esame sono stati analizzati gli scenari incidentali derivanti dal trasporto di ammoniacca, GPL e benzina.





Per quanto riguarda il rischio di danni materiali, per il calcolo del rischio fisico diretto è stata considerata come area di impatto solo la Zona 1.

I valori di maggiore criticità relativi al rischio sociale derivante dal trasporto di merci pericolose sono attesi per il Comune di Lecco, mentre dal punto di vista del rischio individuale per l'area di Lecco sono stati calcolati valori trascurabili. Per il rischio trasporto di merci pericolose non si segnala, inoltre, nessun danno economico rilevante.

Capitolo 9 - Rischio incidenti sul lavoro

Attraverso la mappatura di tutti gli addetti appartenenti alle varie categorie ATECO2002 e censiti da ISTAT è stato possibile stimare il livello di rischio di accadimento di eventi incidentali sui luoghi di lavoro che causare gravi danni al personale addetto alle attività produttive.

Le frequenze attese, per gli infortuni sul lavoro, sono state definite a partire dai dati riportati nella banca dati INAIL mediati sul triennio 2003-2005 per l'area della Provincia di Lecco.

Nota la probabilità di infortunio per ogni categoria ATECO, è stata calcolata la relativa frequenza individuale attesa per eventi mortali, lesioni gravi, lesioni lievi con un intervallo temporale di riferimento pari a un anno.

Il rischio per la popolazione (in questo caso per gli addetti) è stato calcolato moltiplicando il valore di addetti per cella e per ogni categoria ATECO2002 con i relativi coefficienti di frequenza infortunistica attesa sulla base della percentuale del tipo di infortunio (eventi mortali, lesioni gravi, lesioni lievi). I contributi derivanti da queste tre tipologie sono stati sommati applicando i relativi coefficienti del fattore di gravità, eseguendo infine la quantificazione per cella dei colpiti per anno totali (sommando i contributi di tutti i settori economici).

Per ogni azienda è stato definito il numero di infortuni attesi tenendo in considerazione sia la tipologia di attività sia l'effettiva dimensione della stessa.

Infine, la mappatura del rischio individuale riporta sostanzialmente la distribuzione delle frequenze infortunistiche per cella sulla base della distribuzione degli addetti per le varie categorie ATECO2002.

Nel caso del rischio incidenti sul lavoro, il Comune di Lecco presenta i valori di rischio sociale più elevati, mentre i danni economici sono trascurabili.

Capitolo 10 – Metodologia PIA Lecco

Viene illustrata la metodologia implementata, nell'ambito del presente Piano Integrato d'Area, per l'analisi dei rischi naturali (rischi idrogeologici, rischio sismico e rischio incendi boschivi, di seguito descritti in dettaglio).

Per ogni pericolo considerato sono riportati il modello matematico utilizzato per la simulazione del fenomeno e i fattori per il calcolo del rischio (frequenza di





accadimento, di esposizione relativamente agli effetti sull'uomo e sull'ambiente, di gravità per l'uomo), con riferimento alle fonti bibliografiche consultate.

Capitolo 11 – Rischio Idrogeologico – Caduta Massi

Per effettuare la mappatura delle sorgenti di pericolo di caduta massi nell'area di studio, sono stati consultati diversi database, in particolare in quello della Regione Lombardia, e raccolti dati storici.

Non avendo informazioni dettagliate sulle caratteristiche litologico-strutturali, sul grado di fratturazione e sulla circolazione idrica, durante la modellazione 3D è stato adottato un criterio per la simulazione delle possibili traiettorie di blocchi rocciosi a partire da aree sorgenti di tipo empirico basato esclusivamente sulla pendenza soglia di 40° che permette di includere tutti i possibili eventi, pur essendo probabilmente sottostimata in numerosi contesti.

Essendo l'ampiezza dell'area di studio considerevolmente ampia, non si è tenuto conto dell'eventuale presenza di strutture di contenimento e protezione (ad esempio: reti, rilevati, valli, etc.).

I maggiori effetti dei crolli si manifestano principalmente in aree con pareti ripide, spesso poco densamente vegetate, a ridosso di centri abitati.

Nel dettaglio dell'area di studio, i seguenti comuni evidenziano le maggiori criticità: il Comune di Lecco per il massimo rischio sociale annuo atteso (minaccia principale è costituita dal monte San Martino lungo il margine settentrionale del paese), il Comune di Varenna per il rischio individuale annuo massimo atteso (pareti a monte delle località Fiumelatte e Pino), il Comune di Valmadrera per il massimo danno economico annuo stimato (Hotel Bellavista in frazione Parè).

Sono state, inoltre, evidenziate criticità anche nei Comuni di Dorio, Vercurago, Erve e Monte Marenzo.

Capitolo 12 – Rischio Idrogeologico - Scivolamenti Superficiali

Le frane superficiali si verificano solitamente in modo diffuso durante eventi meteorologici estremi e non provocano danni particolarmente significativi (a meno che non evolvano in colate di detrito), con conseguente difficoltà della relativa mappatura.

Inoltre, spesso le frane superficiali alimentano grandi movimenti distruttivi o alluvioni/debris flows durante eventi piovosi.

La modellazione del fenomeno è stata eseguita valutando le potenziali sorgenti di frane superficiali mediante l'individuazione di aree ad elevata probabilità di rottura.

Durante la simulazione di questi fenomeni franosi si è tenuto conto della natura dei depositi (roccia affiorante e subaffiorante, depositi di natura detritica, alluvionale, colluviale e glaciale) e della tipologia di copertura vegetale (prati, boschi o arbusti) presenti nell'area di studio.

Le tipologie di superfici sono state individuate incrociando la carta dei depositi superficiali e la carta dell'uso del suolo, opportunamente riclassificate.





Inoltre, durante la simulazione sono stati utilizzati i dati pluviometrici e meteorologici locali per facilitare l'individuazione del valore di ricarica stazionaria.

La modellazione delle frane superficiali, eseguita solo per gruppi di sorgenti appartenenti allo scenario più conservativo con tempo di ritorno di 10 anni, ha permesso di evidenziare che le frane superficiali non costituiscono, nell'area di studio, una delle più importanti sorgenti di rischio né sociale né economico.

I valori maggiori di rischio sociale sono stati valutati nel Comune di Carenno e lungo la fascia costiera del lago, nella zona di transizione tra il Comune di Varenna e il territorio Bellanese.

Per quanto riguarda il rischio individuale i valori maggiori sono stati stimati presso i comuni centro-settentrionali di Bellano, Vendrogno, Dervio e Vestreno, e presso quelli più meridionali di Olginate e Calolziocorte. Seppur con valori trascurabili, le maggiori criticità relative al danno economico, sono state stimate presso i Comuni di Civate, Vercurago, Dorio, Bellano, Varenna, Lierna, Valmadrera, Pescate, Lecco e Carenno.

Capitolo 13 – Rischio Idrogeologico - Frane Profonde

La mappatura delle sorgenti di pericolo relative a frane profonde è stata realizzata sulla base degli eventi catalogati nel database della Regione Lombardia.

L'area di studio si caratterizza per la presenza di un consistente numero di frane profonde, tra le quali sono stati presi in considerazione solo i colamenti lenti e le frane caratterizzate da movimenti di tipo complesso o rotazionale.

In termini di predominanza, le frane quiescenti sono le più abbondanti, seguite dalle frane inattive e, infine, da quelle attive e pericolose, mentre per quanto attiene alla tipologia, le frane rotazionali prevalgono nettamente rispetto alle altre.

Durante le simulazioni, sono stati considerati solo i fenomeni caratterizzati da un'estensione superiore ai 1000 m², poiché dimensioni inferiori sono maggiormente rappresentative di fenomeni più superficiali.

Per quanto concerne le frane profonde, i massimi valori di rischio sociale, individuale ed economico sono attesi rispettivamente in corrispondenza dei comuni di Bellano, Vendrogno e Torre de' Busi.

Capitolo 14 – Rischio Idrogeologico - DGPV

Nell'area di studio si ha evidenza di un unico fenomeno di deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) che interessa il territorio tra i comuni di Dorio, Sueglio e Vestreno. In località Monte Letè (Vestreno) l'intero versante occidentale si caratterizza per il lento movimento, dell'ordine di qualche mm/anno, che interessa profondità superiori ai 30-40 m e che coinvolge sia la linea ferroviaria Lecco-Colico sia il tracciato della galleria M. Piazza lungo la S.S. 36. In passato questo movimento ha provocato una complessa serie di franamenti.





L'unico fenomeno di deformazioni gravitative profonde di versante interessa il Monte Letè. I comuni potenzialmente coinvolti da tale tipologia di rischio sono Dorio, Sueglio e Vestreno e solo marginalmente quello di Colico. Per questo ambito territoriale è stato calcolato il danno economico atteso annuo massimo presso il comune di Sueglio, ove è presente l'agglomerato urbano di Sommafiume.

Tuttavia, qualora venissero considerate le gallerie nella categoria dei bersagli, Dorio risulterebbe il comune esposto al maggior rischio a causa del movimento sulla Galleria Monte Pizzo.

Capitolo 15 – Rischio Idrogeologico - Colate di detrito

I dati relativi ad eventi di debris flows sono molto difficili da individuare nelle cronache storiche perché la classificazione di tali fenomeni è stata incerta fino agli anni '70 del secolo scorso (i debris flows non venivano distinti dalle alluvioni).

Gli eventi mappati nel database della Regione Lombardia includono sia fenomeni propriamente definibili come debris flow sia fenomeni con caratteristiche più incerte.

Per la modellazione del fenomeno sono state valutate le potenziali sorgenti di debris flow mediante l'individuazione di aree ad elevata probabilità di rottura.

Il confronto operato tra le aree sorgenti individuate tramite un software specialistico e le zone sorgenti storicamente riconosciute come propense all'innescio di debris flow ha evidenziato una buona correlazione tra l'effettivo manifestarsi di fenomeni e l'indice di stabilità.

Per l'analisi del rischio relativo ai debris flow è stata effettuata una modellazione utilizzando un modello semi-empirico in grado di definire la massima estensione di propagazione delle colate a partire da aree sorgenti preventivamente identificate.

I valori più elevati di rischio sociale derivante da debris flow si riscontrano nei Comuni di Pescate, Bellano, Varenna e Lecco. Nonostante il modello non abbia evidenziato valori particolarmente rilevanti di rischio sociale per i Comuni di Esino Lario, Dervio e Perledo, va tenuta in considerazione la loro particolare e storicamente comprovata propensione a tale fenomeno.

I valori massimi di rischio individuale ed economico si ottengono per il Comune di Abbadia Lariana anche se tale risultato potrebbe essere la conseguenza di una sovrastima della probabilità di transito (seppure la zona sia effettivamente sensibile per la presenza di diverse infrastrutture). Si evidenziano inoltre le seguenti aree critiche: il rischio individuale è elevato per i Comuni di Varenna, Bellano, Perledo, Esino Lario, Colico e Pescate, mentre il rischio economico in quelli di Varenna, Bellano, Pescate, Sueglio, Vestreno e Torre de' Busi.

Capitolo 16 – Rischio Idrogeologico -Alluvioni in conoide

I dati relativi a eventi alluvionali (debris flows o flussi idrici con elevato trasporto solido) sono molto difficili da distinguere nelle cronache storiche.





Nell'area di studio, desta particolare attenzione la grande conoide alluvionale attiva che occupa il settore più settentrionale del comune di Colico.

Per quanto riguarda il rischio sociale derivante da alluvioni in conoide, nell'area di studio i comuni con le maggiori criticità sono Lecco e Colico, seguiti dai comuni che sorgono su antiche conoidi (Dervio, Bellano, Varenna, Lierna, Mandello del Lario, Abbazia Lariana, Valmadrera), mentre il rischio individuale è particolarmente alto per il comune di Bellano.

I massimi valori di danno economico sono stati stimati per il comune di Airuno. Nel dettaglio della grande conoide alluvionale del torrente Perlino a Colico, la condizione di criticità è ulteriormente aggravata dall'incombenza della frana del Bedolessio a monte della conoide. Si ricorda che la criticità di quest'ambito è stato in parte arginato mediante la costruzione di briglie e vasche di laminazione.

Capitolo 17 – Rischio Idrogeologico – Alluvioni

Per l'analisi del rischio relativo alle alluvioni in fondovalle sono state utilizzate le perimetrazioni delle fasce PAI relative ai fiumi Adda e Lambro, per le quali si distinguono diversi scenari di frequenza di piena.

I risultati ottenuti dalle simulazioni di alluvioni in fondovalle consentono di individuare le maggiori criticità economiche e sociali in corrispondenza del comune di Brivio.

Capitolo 18 – Rischio Idrogeologico - Collasso dighe

Durante la mappatura delle sorgenti di pericolo associato al collasso di dighe, sono state prese in considerazione quattro dighe, tre ubicate in territorio lecchese nei Comuni di Pagnona, Olginate-Vercurago e Robbiate e una in provincia di Sondrio (Cancano). Seppure soltanto la seconda sia effettivamente compresa nell'area di studio, tutte e quattro le dighe sono state utilizzate durante l'analisi poiché l'eventuale cedimento di una delle suddette strutture avrebbe drammatici effetti in comuni di fatto compresi nel territorio oggetto di studio.

In particolare, il collasso della diga di Pagnona manifesterebbe i propri effetti lungo il corso del torrente Varrone sino a coinvolgere il comune di Dervio; il collasso delle dighe di Cancano andrebbe a coinvolgere il comune di Colico, e, infine, la diga di Olginate, oltre all'omonimo comune, anche quelli di Calolziocorte, Monte Marenzo, Brivio e Airuno.

Per l'analisi del rischio relativo al collasso di dighe sono stati utilizzati i modelli idraulici realizzati dai gestori delle dighe in accordo con la Circ. LL.PP.1125/1986, 352/1987 e Circ. P.C.M. 22806/95.

Il rischio derivante dal collasso delle dighe presenti nell'area di studio o nelle aree limitrofe con potenziali onde di piena in grado di coinvolgere porzioni del territorio d'indagine è decisamente basso dal punto di vista sociale ed economico, soprattutto a





causa del valore di frequenza attesa degli episodi di collasso decisamente basso (10^{-6}). Il maggiore rischio per le persone è stato valutato nel comune di Dervio, mentre quello di Colico ha evidenziato la maggiore criticità economica.

Capitolo 19 – Rischio Idrogeologico - Valanghe

Per l'analisi del rischio relativo alle valanghe si è fatto riferimento ai cataloghi dell'AINEVA (Associazione Internazionale Neve e Valanghe) nei quali vengono indicati i dati relativi a ogni singolo evento di valanga del periodo 1985-2010 (data, provincia, località, categoria di persone colpite, numero di persone travolte, illese, ferite o morte). In tali cataloghi, non vengono normalmente considerati gli incidenti di cui non si hanno notizie documentate e che comportano soltanto danni materiali.

Per quanto riguarda l'area di studio, l'unico dato certo è relativo alla stagione sciistica 1986/1987, verificatosi sul versante NW della Grigna Settentrionale.

Nella trattazione del rischio sociale è stata valutata anche la probabilità che si registrino vittime tra categorie di persone non incluse nella mappa della popolazione/equivalenti (alpinisti, sciatori e affini) direttamente calcolata a partire dalle statistiche degli eventi pregressi (cataloghi AINEVA).

Le aree più colpite da fenomeni valanghivi ricadono nella fascia nord e centro-orientale dell'area di studio, dove il territorio presenta le cime più elevate.

Il rischio sociale si distribuisce principalmente tra i comuni di Colico, Dorio, Sueglio, Perledo, Vendrogno, Esino Lario e Mandello del Lario. Sono coinvolte anche piccole porzioni di territorio comprese entro i limiti comunali di Lierna, Bellano e Abbadia Lariana. Il massimo valore di rischio sociale è stato stimato nei comuni di Bellano e Vendrogno (M.te Muggio).

La carta del danno economico evidenzia, invece, le maggiori criticità nel comune di Sueglio (M.te Legnoncino).

Capitolo 20 – Rischio Sismico

La definizione delle zone sismiche è stata effettuata assumendo come parametro di pericolosità l'accelerazione orizzontale massima al suolo, relativa al 50esimo percentile, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

L'appartenenza a una delle quattro zone sismiche è stabilita in base alla distribuzione sul territorio dei valori di tale accelerazione con una certa tolleranza, la cui adozione è giustificata dal confronto con altri parametri di scuotimento e/o da esigenze di continuità territoriale.

L'area oggetto di studio ricade all'interno della fascia 4 di pericolosità sismica nazionale (pericolosità espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni), risultando così, nel contesto regionale, una delle meno esposte a fenomeni di tipo sismico.





Le aree a maggior densità abitativa, in particolare il comune di Lecco, sono a più alto rischio sociale derivante da eventi sismici.

Anche il rischio individuale si concentra principalmente nelle città delle zone di pianura, con i massimi valori di probabilità di decesso in corrispondenza dell'hinterland lecchese.

Infine, le aree con i danni economici attesi maggiori sono le zone industriali e produttive all'interno dei centri abitati.

Capitolo 21 – Rischio Incendi Forestali

Per l'analisi del rischio di incendi boschivi, è stata utilizzata la banca dati del Sistema Informativo Antincendio Boschivo della Regione Lombardia (SIAB), che riporta i seguenti dati: schedatura degli incendi boschivi, consistenza e localizzazione dei mezzi, degli strumenti, delle risorse umane e delle opere strutturali e infrastrutturali di supporto alla lotta agli incendi.

Per quanto concerne il rischio sociale ed economico derivanti da incendi boschivi, non sono risultate criticità di sostanziale rilievo, nonostante l'analisi statistica degli incendi pregressi evidenzii episodi di notevole entità.

Il rischio assume valori più alti in prossimità dei maggiori centri abitati, nelle fasce di transizione tra zone boschive ed urbanizzate.

Nell'area analizzata è emersa, infatti, la situazione di tutte le aree boscate, in cui il bene esposto è il bosco nel quale propaga l'incendio e dei centri abitati nella zona pedemontana delle valli.

Capitoli 22 e 23 – Rischio Idrogeologico Integrato e Conclusione Rischi Naturali

Il rischio idrogeologico integrato, ovvero il “grado di criticità o di insicurezza” causato dalla molteplicità di rischi caratterizzanti il territorio in esame, consiste nella valutazione degli effetti valutati per le differenti dinamiche idrogeologiche considerate (crolli, frane superficiali e profonde, DGPV, alluvioni in fondovalle e in conoide, debris flow, collasso dighe e fenomeni valanghivi), dal punto di vista del rischio sociale, individuale ed economico.

La valutazione del rischio idrogeologico integrato mira all'individuazione di macro-aree di rischio per le quali è possibile procedere nella pianificazione del territorio fino alla scala del dettaglio.

Infine, è stato valutato il rischio naturale integrato cui è complessivamente coinvolto il territorio in esame integrando al rischio idrogeologico il rischio sismico e quello derivante dagli incendi boschivi.

Per quanto concerne il quadro generale dei rischi naturali, si può concludere che il rischio idrogeologico sociale e quello individuale sono massimi per i fenomeni di debris





flow, mentre sono attesi i danni economici maggiori per gli eventi di crollo (al secondo posto vi sono i debris flow).

Frane superficiali e collassi di dighe sono, invece, i fenomeni di minor peso per lo scenario complessivo di rischio idrogeologico, sia sociale sia economico, dell'intera area di studio.

Il comune con i massimi valori di rischio sociale idrogeologico è Pescate, seguito da Bellano, ove è rilevante soprattutto il fenomeno delle colate detritiche. A Lecco, che è il terzo comune per numero di vittime attese/anno seguito da quello di Varenna, sono stati stimati valori massimi di rischio sociale legato a crolli e alluvioni in conoide.

Dal punto di vista del rischio idrogeologico individuale, destano le maggiori preoccupazioni i comuni di Dorio, Varenna e Bellano.

Per quanto riguarda, infine, il rischio naturale integrato, ottenuto dalla somma del rischio idrogeologico, del rischio sismico e di quello legato agli incendi boschivi, il massimo valore del rischio sociale è stato calcolato nel Comune di Pescate, mentre il massimo valore del rischio individuale e di quello economico nel Comune di Valmadrera. I comuni di Lecco, Varenna, Galbiate e Airuno emergono come realtà territoriali caratterizzate da importanti criticità.

Capitolo 24 – Infrastrutture critiche

Nell'ambito del Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco sono state valutate le problematiche derivanti da scenari di incidenti industriali e idrogeologici che coinvolgono tratti di infrastrutture stradali, ferroviarie e linee elettriche.

L'analisi svolta ha permesso di identificare i seguenti nodi infrastrutturali più critici:

- *rete stradale*: la rete stradale più esposta a eventi tecnologici è compresa nel Comune di Pescate, mentre i fenomeni idrogeologici (crollo da versante) hanno un impatto potenziale maggiore sulla Strada Statale S.S. 36 in corrispondenza del Comune di Lierna;
- *rete ferroviaria*: i tratti critici esposti a scenari di carattere industriale potrebbero avere un impatto nei Comuni di Lecco, Valmadrera, Dervio, Mandello del Lario e Galbiate, mentre a fenomeni idrogeologici nei Comuni di Dervio, Bellano, Varenna, Abbazia Lariana e Monte Marenzo;
- *elettrodotti*: i tralici che potrebbero essere esposti a possibili esplosioni si trovano nei comuni di Bulciago e Civate, mentre quelli potenzialmente interessati da fenomeni idrogeologici sono nei Comuni di Bellano, Colico, Dorio, Lecco, Pescate e Varenna.

Capitolo 25 – Approccio Decisionale alla Definizione di Interventi di Mitigazione

Il Piano Integrato d'Area ha tra i propri obiettivi lo sviluppo di una base di conoscenza che consenta di supportare i processi decisionali associati all'identificazione delle





criticità territoriali e delle relative priorità di mitigazione, al monitoraggio dell'implementazione delle strategie di intervento e alla valutazione della loro efficacia. Considerata la quantità di informazione elaborata durante lo sviluppo dello studio, ci si pone il problema di come sfruttarla al meglio per supportare processi decisionali che, pur restando nell'ambito della definizione di attività di mitigazione, possono variare in funzione delle diverse variabili decisionali considerate.

In questo capitolo sono state analizzate le caratteristiche di un processo decisionale associato alla definizione di una strategia di mitigazione dei rischi.

Un processo di gestione dei rischi associati ad un territorio complesso deve tener conto dei molti aspetti che ne influenzano la definizione e l'implementazione.

Affinché la definizione di una strategia di mitigazione sia efficace, occorre considerare, oltre alla caratterizzazione del territorio in funzione della distribuzione dei rischi, anche gli aspetti di carattere socio-economico e culturale (ad esempio la percezione del rischio da parte della popolazione, la domanda di protezione e prevenzione e l'efficacia della comunicazione del rischio).

La definizione di una strategia di mitigazione deve essere considerata come frutto di un processo non strutturato, che non può essere definito a priori e che non ha un'unica soluzione ottimale.

Infine, l'identificazione di una strategia è il risultato, in primo luogo, della definizione delle caratteristiche del problema da affrontare, in secondo luogo, della sua soluzione attraverso un approccio condiviso che includa tutti i diversi obiettivi dei portatori d'interesse nel processo decisionale.

In altri termini tale processo può essere definito come un processo decisionale non strutturato nel quale i sistemi di supporto alla decisione possono contribuire notevolmente ad analizzare il contesto decisionale e a caratterizzare le differenti tipologie di soluzione.

Capitolo 26 – Criticità territoriali (Hotspot)

In termini di rischio sociale, la rappresentazione territoriale dei rischi dominanti mostra che la popolazione lecchese è maggiormente esposta a quelli di carattere naturale (61,8%), soprattutto agli incendi boschivi (57,7%) particolarmente diffusi in tutta la porzione orientale e in quella sud-occidentale dell'area di studio. Anche le frane superficiali, seppur in proporzione decisamente inferiore (3,7%) rispetto agli incendi, emergono come un fenomeno rilevante. I rischi tecnologici e sociali rappresentano il 28,6% dei rischi totali cui è esposta la popolazione. In particolare il rischio di incidenti stradali (24,4%) è predominante, seguito dal rischio trasporto di merci pericolose (2,4%) e da quello industriale (1,9%).

In generale, i rischi naturali sono prevalenti negli ambiti territoriali prealpini e collinari. Il rischio industriale e di incidenti sul lavoro corrisponde grossolanamente alla distribuzione dell'alta pianura prevalente nella porzione centro-meridionale dell'area di studio, dove sono concentrati i più importanti insediamenti abitativi.

Il rischio di incendi boschivi, di incidenti stradali e di trasporto merci pericolose sono particolarmente diffusi in tutta l'area di studio, anche se tutte e tre le tipologie di rischio





non sono particolarmente rilevanti per quanto concerne il rischio sociale e i danni economici attesi.

Nel dettaglio dei singoli comuni, è possibile evidenziare la seguente dominanza relativa di certe tipologie di rischio:

- *solo rischi naturali*: Varenna, Vendrogno, Pescate, Bellano, Dorio, Vestreno, Esino Lario, Sueglio, Perledo, Torre de' Busi, Erve, Monte Marenzo, Malgrate, Carenno, Vercurago, Valgrehentino;
- *sia rischi naturali sia tecnologico-sociali*: Lecco, Colico, Valmadrera, Olginate, Dervio, Mandello del Lario, Calolziocorte, Abbazia Lariana, Lierna, Airuno, Galbiate, Brivio, Civate, Garlate;
- *solo rischi tecnologico-sociali*: Bulciago, Bosisio Parini, Costa Masnaga, Rogeno, Garbagnate Monastero, Sirone, Oggiono, Cesana Brianza, Suello.

Capitolo27 – Conclusioni

Il Piano Integrato d'Area della Provincia di Lecco ha permesso di determinare la distribuzione territoriale dei rischi naturali, tecnologici e sociali analizzati e di individuare le criticità più rilevanti (*hotspot*) che richiedono in via prioritaria, interventi di mitigazione, in funzione del rischio per l'uomo (rischio individuale e sociale) e dei danni economici attesi.

Sono stati, inoltre, evidenziati i nodi infrastrutturali più critici per l'esposizione a pericoli naturali e tecnologici.

I Comuni di Lecco, Colico, Valmadrera, Varenna, Pescate, Olginate, Galbiate, Abbazia Lariana, Dervio, Mandello del Lario, Airuno e Calolziocorte sono emersi come le realtà territoriali più critiche per tutta l'area di studio, proprio per la presenza di un elevato numero di pericoli cui sono esposti persone e beni materiali.

