



Realizzazione della terza corsia nel tratto compreso tra Verona Nord (Km 223) e l'intersezione con l'Autostrada A1 (Km 314)
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - Aggiornamento 2020



ALL07	Allegato 7 – Analisi dei rischi
--------------	--

Data	Revisione	Redazione	Verifica	Approvazione
Marzo 2021	00	A. Pompigna	F. Righetti	M. Tamanini

Progettista e responsabile SIA

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI BOLZANO
Dott. Ing. CARLO COSTA
Nr. 891
INGENIEURKAMMER
DER PROVINZ BOZEN



INDICE

TERMINI E DEFINIZIONI	2
1. PREMESSA	3
2. METODOLOGIA DI APPROCCIO ALLA VALUTAZIONE	4
2.1. ANALISI QUANTITATIVA DI RISCHIO (QRA).....	4
2.2. STRUTTURAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO	5
3. INFRASTRUTTURA, CONDIZIONI DEL FLUSSO VEICOLARE E TASSO DI INCIDENTALITÀ	6
3.1. IL DEFLUSSO VEICOLARE	6
3.2. IDENTIFICAZIONE DELLE TRATTE DI RIFERIMENTO DELL'INFRASTRUTTURA	7
3.3. LIVELLI DI INCIDENTALITÀ.....	7
3.4. ANALISI DEI TRANSITI CON MERCI PERICOLOSE E PROPRIETÀ DELLE SOSTANZE DI RIFERIMENTO	9
3.5. IDENTIFICAZIONE DELLE SOSTANZE DI RIFERIMENTO	12
3.6. CARATTERISTICHE DELLE SOSTANZE DI RIFERIMENTO	13
3.7. ANALISI STORICA DEGLI INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI SOSTANZE PERICOLOSE	14
3.8. STIMA DELLA FREQUENZA DI ACCADIMENTO DEGLI EVENTI INCIDENTALI	16
3.9. DEFINIZIONE DEI DATI METEOROLOGICI.....	23
4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO	24
4.1. RISCHIO INTERFERENZE CON STABILIMENTI SEVESO.....	24
4.2. ANALISI T.R.A. - RISCHIO TRASPORTO MERCI PERICOLOSE.....	30
4.2.1. Rischio individuale chimico.....	31
4.2.2. Rischio sociale chimico	37
5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO CINETICO	42
5.1. APPROCCIO ALLA VALUTAZIONE	42
5.2. RISCHIO INDIVIDUALE CINETICO	43
5.3. RISCHIO SOCIALE CINETICO	43
6. CRITERI DI ACCETTABILITÀ	45
6.1. IL RISCHIO INDIVIDUALE	45
6.1.1. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio individuale chimico.....	45
6.1.2. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio individuale cinetico.....	46
6.1.3. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio individuale stradale complessivo.....	47
6.2. IL RISCHIO SOCIALE	48
6.2.1. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio sociale chimico	48

6.2.2. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio sociale cinetico	51
6.2.3. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio sociale cumulativo (chimico + cinetico).....	52
7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO CINETICO NEGLI SCENARI FUTURI	54
7.1. EVOLUZIONE DEL TRAFFICO E DELL'INCIDENTALITÀ STRADALE.....	54
7.2. ANALISI DELLE PRINCIPALI CAUSE INCIDENTALI.....	58
7.3. ANALISI DELLA QUALITÀ DEL DEFLUSSO AUTOSTRADALE	60
7.4. IMPATTO DEL PROGETTO SUI LIVELLI DI INCIDENTALITÀ.....	62
8. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE CONCLUSIVO	65
8.1. LA SITUAZIONE ATTUALE.....	65
8.2. IL RISCHIO CINETICO NEGLI SCENARI EVOLUTIVI	67
INDICE DELLE FIGURE	72
INDICE DELLE TABELLE	72
BIBLIOGRAFIA	74
1. APPENDICE: IL SOFTWARE RISKCURVES	76
1.1. METODOLOGIA QRA.....	76
1.2. IL SOFTWARE RISKCURVES - GENERALITÀ.....	78
1.2.1. Dati di INPUT	78
1.2.2. Risultati.....	79



TERMINI E DEFINIZIONI

TERMINOLOGIA DERIVANTE DALLA VALUTAZIONE DI RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

Stabilimenti SEVESO

Stabilimenti industriali o depositi che ricadono nel campo di applicazione del D.lgs. 105/2015 (art. 2 c.1) per produzione, consumo, o stoccaggio di sostanze pericolose.

Incidente rilevante

Evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verificano durante l'attività di uno stabilimento soggetto al presente decreto (incluso il trasporto delle sostanze) e che dia luogo a un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose

Sostanze pericolose

Sostanze o miscele, sotto forma di materia prima, prodotto, sottoprodotto, residuo o prodotto intermedio, identificate e riportate nel D.lgs. 105/2015 all'allegato 1;

ADR - Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route

"Accordo europeo relativo ai trasporti internazionali di merci pericolose su strada", acronimo utilizzato per identificare all'interno del presente testo i mezzi di trasporto su gomma di merci identificate come "sostanze pericolose"

Attualmente è in vigore l'accordo ADR edizione 2019, ma è già edito l'accordo edizione 2021 che entrerà in vigore da gennaio 2021.

TERMINOLOGIA SCENARI DI INCIDENTE PER RILASCIO SOSTANZE PERICOLOSE

UVCE

Sovrappressione per esplosione non confinata

BLEVE

Sovrappressione per collasso termico di recipienti

Flash fire

Irraggiamento da incendio di vapori emessi a bassa velocità

Pool fire

Irraggiamento da incendio di pozze di liquido infiammabile

Jet fire

Irraggiamento da incendio di rilasci gassosi/vapori ad alta velocità

Rilascio

Dispersione atmosferica dei rilasci di gas/vapori leggeri

TERMINOLOGIA DERIVANTE DAGLI STUDI DI TRAFFICO

Pkm – persone km

Parametro virtuale calcolato sulla base della media persone transitate lungo una tratta stradale. Il valore è direttamente proporzionale al flusso e alla lunghezza del tratto stradale analizzato.

TERMINOLOGIA DERIVANTE DALL'ANALISI DI RISCHIO

Popolazione esposta

Insieme di uno o più individui potenzialmente esposti a un rischio per caratteristiche individuali e vicinanza all'area di impatto del rischio. Nel presente documento è intesa come popolazione esposta sia quella residente lungo la tratta stradale, sia quella interessata da spostamenti lungo la stessa.

Rischio (morti/anno)

Frequenza di accadimento (occasioni per anno) di eventi incidentali con danni letali per le persone causati dall'attività in esame.

Curva F-N

Curva che indica la frequenza di eventi dannosi (nella presente analisi intesi come eventi mortali) in funzione del numero di persone coinvolte contemporaneamente

Curva (o soglia) di accettabilità

Curva F-N che definisce la soglia al di sotto della quale il rischio è considerato accettabile da parte della comunità.

Rischio nel trasporto

Rischio connesso alla movimentazione di merci e persone lungo una tratta stradale. Lo si esprime come rischio espresso in morti/anno per unità di lunghezza (km)

Rischio chimico

Rischio nel trasporto causato dal rilascio di sostanze pericolose trasportate in strada

Rischio cinetico

Rischio nel trasporto causato dall'impatto cinetico di uno più veicoli durante la movimentazione lungo la tratta stradale

Rischio nel trasporto per pkm*anno

Rischio nel trasporto per unità di flusso. Si esprime come rischio nel trasporto per le persone che hanno percorso la tratta nell'anno.



1. PREMESSA

Questo report rappresenta l'output dell'Analisi Quantitativa di Rischio (QRA – Quantified Risk Analysis) predisposta da Righetti & Monte Ingegneri e Architetti Associati (di seguito R&M Associati) per conto di società Autostrada del Brennero Spa con riferimento al progetto di adeguamento alla 3° corsia dell'Autostrada A22 del Brennero nella tratta compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena.

Le analisi e valutazioni effettuate si inquadrano nella reiterazione della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto citato resasi necessaria a seguito del provvedimento del MATTM, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di cui alla nota 0015782 del 20 giugno 2019, che evidenzia come la procedura di VIA attivata nel 2011 risulti scaduta e che quindi, se è intenzione del proponente realizzare il progetto, sia necessario adempiere ai vari passaggi amministrativi e tecnici alla luce delle attuali norme a partire dalla rielaborazione/aggiornamento dello Studio di Impatto Ambientale all'epoca prodotto e degli elaborati tecnici ad esso connessi tra cui figura, ovviamente, l'Analisi di Rischio.

L'Analisi di Rischio predisposta da R&M Associati è stata declinata, come compiutamente specificato nel capitolo successivo dedicato ad illustrare l'approccio metodologico alla valutazione, rispetto a due componenti primarie:

- l'analisi del rischio chimico
- l'analisi del rischio cinetico

L'obiettivo delle elaborazioni e valutazioni svolte risulta di duplice livello:

- in prima istanza, l'analisi effettuata è stata volta a quantificare il rischio nelle sue componenti di rischio chimico e rischio cinetico che allo stato di fatto caratterizza la tratta compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena comprensivo del nuovo svincolo per la connessione del futuro Collegamento Autostradale Campogalliano - Sassuolo
- in seconda istanza, l'analisi effettuata è stata orientata alla verifica dell'impatto del progetto di adeguamento alla 3° corsia in termini di capacità dell'intervento di incidere positivamente, rispetto all'orizzonte di lungo termine individuato nell'anno 2035, sul rischio, in questo caso prevalentemente cinetico, e quindi sull'incidentalità che ad oggi caratterizza la tratta dell'Autostrada A22 del Brennero oggetto dell'adeguamento alla 3° corsia

Con riferimento ai volumi di traffico previsti sulla tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero, ai parametri cinematici e condizioni di deflusso, alla composizione del parco veicolare circolante negli scenari evolutivi alla base dell'Analisi di Rischio si è fatto esplicito riferimento alle indicazioni contenute nello Studio di Traffico a supporto dello Studio di Impatto Ambientale.

Le risultanze di tale studio, volendone sintetizzare i contenuti, pongono in luce la capacità dell'intervento di adeguamento alla 3° corsia di determinare un significativo miglioramento delle attuali condizioni di deflusso del traffico garantendo, anche sul lungo periodo, un'adeguata risposta infrastrutturale alla mobilità futura della tratta senza comportare un incremento significativo del traffico rispetto all'assetto ante operam.

In altri termini lo Studio di Traffico evidenzia come la realizzazione della 3° corsia dell'Autostrada A22 del Brennero nella tratta compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena si configuri quale intervento di "qualità" e non di "quantità": l'ulteriore corsia di marcia disponibile determina, infatti, un incremento marginale di domanda di mobilità lungo il tracciato consentendo, nel contempo, di garantire al traffico circolante condizioni di deflusso ottimali in termini di Livelli di Servizio e riduzione della possibilità di accodamenti veicolari.

Gli scenari analizzati sono rappresentati dall'assetto attuale, identificato dalla distribuzione del traffico sull'arteria all'anno base 2019, e dagli assetti evolutivi di lungo termine.

Pertanto gli assetti di traffico considerati quali riferimento per lo sviluppo dell'Analisi di Rischio sono:

- lo scenario trasportistico attuale – anno 2019
- l'assetto trasportistico tendenziale al 2035
- l'assetto trasportistico programmatico al 2035
- l'assetto trasportistico progettuale (quindi con adeguamento alla 3° corsia) al 2035

2. METODOLOGIA DI APPROCCIO ALLA VALUTAZIONE

2.1. ANALISI QUANTITATIVA DI RISCHIO (QRA)

La metodologia dell'analisi quantitativa di rischio (QRA – Quantified Risk Analysis) è nata nell'ambito del settore nucleare; successivamente, a partire dagli anni '70, è stata estesa anche al settore dell'industria di processo [CCPS, 1989]/30/, a seguito del verificarsi, in questo ambito industriale, di incidenti che hanno causato, o avrebbero potuto causare, la perdita di numerose vite umane; tale metodologia è quindi stata introdotta con l'obiettivo di quantificare il rischio associato a tali attività, al fine di individuare la priorità degli interventi finalizzati alla diminuzione del rischio.

Pertanto, inizialmente, il punto di partenza dell'analisi quantitativa di rischio è stato rappresentato unicamente dalla valutazione del rischio chimico connesso alla presenza di stabilimenti con pericolo di incidente rilevante (rientranti negli obblighi di cui al D.Lgs. 105/2015), cosiddetti stabilimenti Seveso, presenti lungo il percorso autostradale e quindi con considerazione "statica" della potenziale fonte di rischio chimico.

In anni più recenti la metodologia dell'analisi di rischio quantitativa è stata estesa, integrando l'approccio precedente con una visione "dinamica" della potenziale fonte di rischio chimico, al trasporto delle merci pericolose (ADR) lungo una tratta stradale o autostradale: in tale ambito è denominata TRA – Transportation Risk Analysis [CCPS, 1994]/31/.

L'estensione della valutazione del rischio chimico alla movimentazione su gomma delle merci pericolose deriva dalla considerazione del fatto che l'attività di trasporto delle merci comporta sempre il rischio di incidenti, e se le merci trasportate sono pericolose, è necessario considerare anche la possibilità che possano avvenire perdite o fuoriuscite di materiale tali da dare luogo a incendi, esplosioni o nubi tossiche con conseguenti danni alla salute umana, all'ambiente e ai beni materiali.

In aggiunta a tali considerazioni si evidenzia come:

- diversi studi specialistici abbiano dimostrato che gli incidenti che si verificano durante il trasporto delle sostanze pericolose hanno un potenziale di danno analogo, se non superiore, a quello degli incidenti che si verificano nelle installazioni fisse che effettuano stoccaggio e lavorazioni delle stesse sostanze;
- il volume di merci pericolose trasportate sia significativo: secondo i dati della Commissione Europea [Road freight by goods 2018]/49/, il volume totale delle merci pericolose trasportate in Europa è pari circa a 110 miliardi di t/km all'anno,
- nonostante gli incidenti stradali coinvolgenti merci pericolose con conseguenze mortali siano eventi rari, l'opinione pubblica percepisce l'attività di trasporto delle merci pericolose come estremamente rischiosa, e avverte fortemente la necessità di ridurre i rischi connessi a tale attività, per la sua caratteristica di rischio involontario e per la gravità dei danni potenziali in caso di incidente.

L'applicazione della metodologia dell'analisi di rischio quantitativa al trasporto delle merci pericolose su strada appare particolarmente necessaria in quanto esso costituisce la modalità più diffusa: secondo dati della Commissione Europea (Freight transport statistics -

modal split 2018) [50], infatti, circa il 75% del volume totale delle merci pericolose trasportate in Europa viaggia su gomma.

Con riferimento all'Italia tale indicazione risulta anche superiore: dai dati del Conto Nazionale dei Trasporti 2016-2017 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) [27] riguardanti il trasporto delle merci pericolose all'interno dei confini nazionali emerge, infatti, che il trasporto di più del 90% del volume totale delle merci pericolose avviene su strada.

La necessità di ridurre il rischio connesso al trasporto stradale delle merci pericolose emerge palmare dalle seguenti evidenze:

- il trasporto stradale delle merci pericolose presenta un trend di crescita, al quale spesso non segue un opportuno adeguamento della rete stradale, dei sistemi di sicurezza dei veicoli e dei sistemi di gestione delle emergenze;
- gli incidenti stradali coinvolgenti merci pericolose hanno generalmente conseguenze che si protraggono per tempi successivi al momento del sinistro, in primo luogo danni all'uomo e ai beni materiali, e in secondo luogo il fenomeno della congestione del normale deflusso veicolare;
- le infrastrutture stradali sono spesso attigue a zone con alta densità di popolazione, e tale situazione risulta particolarmente pericolosa in quanto le conseguenze di un incidente stradale coinvolgente merci pericolose possono avere ampie aree di impatto.

In termini generali, pertanto, a fronte dei "benefici" correlati al trasporto di merci pericolose (senza di esso, ad esempio, non potrebbe esistere un polo chimico, nel quale necessariamente entrano materie prime e dal quale escono prodotti finiti) risulta necessario valutare i rischi che questa attività può causare sull'ambiente circostante e in particolare sulla qualità dell'ambiente naturale e sulla salute e sulla sicurezza delle persone.

Tali alterazioni possono essere di tipo cronico (inquinamento) e acuto (incidenti).

Le prime (aumento di rumore, emissioni atmosferiche, polverosità, etc.) esulano dagli scopi dell'analisi quantitativa di rischio e sono oggetto, ad esempio, di altre sezioni del SIA (Studio di Impatto Ambientale).

Con riferimento alle seconde, quindi alle alterazioni di tipo acuto cioè gli incidenti, si evidenzia come questi possano risultare di tipo antropico o di tipo ambientale.

L'analisi di rischio viene generalmente condotta sugli effetti di tipo antropico, prendendo come indicatore l'effetto più grave - la perdita della vita - rappresentativo anche di altri effetti, quali ferite di diversa gravità, attraverso l'analisi del rischio dell'incidentalità stradale connesso alla movimentazione delle merci pericolose indipendentemente dal fatto che si verifichi o meno una perdita di contenimento del mezzo.

Per evidenziare la specificità dei rischi legati agli eventi incidentali senza perdita di contenimento si è identificato quest'ultimo come rischio cinetico del trasporto in aggiunta al rischio chimico del trasporto connesso agli eventi incidentali con perdita di contenimento.

Infine, considerando che l'intervento di adeguamento alla 3° corsia di marcia riguarda l'intero tratto dell'Autostrada A22 del Brennero compreso tra Verona e Modena, si è scelto di estendere l'analisi dell'incidentalità anche agli incidenti tra veicoli che non trasportano merci pericolose, quindi incidenti tra veicoli pesanti con merci non pericolose e veicoli leggeri e incidenti tra veicoli leggeri.

2.2. STRUTTURAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO

Muovendo dalle considerazioni esposte, si evidenzia come l'Analisi Rischio predisposta da R&M Associati sul progetto di adeguamento alla 3° corsia dell'Autostrada A22 del Brennero nella tratta compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena sia stata strutturata rispetto a due componenti primarie del rischio:

- l'analisi e valutazione del rischio chimico
- l'analisi e valutazione del rischio cinetico

Il punto di partenza delle analisi è rappresentato, pertanto, dalla valutazione della prima componente di rischio e quindi dal rischio chimico che risulta riconducibile a due fattori principali:

- la presenza di stabilimenti con pericolo di incidente rilevante (rientranti negli obblighi di cui al D.Lgs. 105/2015), cosiddetti stabilimenti Seveso, presenti lungo il percorso autostradale
- il trasporto di merci pericolose (ADR) lungo la tratta autostradale (analisi T.R.A. Transportation Risk Analysis).

In seconda analisi, la valutazione del rischio è stata estesa anche al rischio cinetico determinato dall'incidentalità stradale cioè alla possibilità di accadimento di incidenti stradali che coinvolgono veicoli non adibiti al trasporto di merci pericolose o che, pur coinvolgendo mezzi adibiti al trasporto di merci pericolose, siano senza la perdita dei materiali trasportati.

Le finalità dell'analisi si concretizzano, pertanto, nella definizione quantitativa di tutti i rischi mortali (rischio chimico + rischio cinetico) cui è esposta la popolazione nell'assetto stradale attuale e negli assetti evolutivi.

Con riferimento all'approccio descritto si evidenzia come:

- l'analisi del rischio chimico sia stata condotta rispetto all'assetto attuale del sistema e quindi con riferimento all'attuale presenza e localizzazione lungo il tracciato della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero di stabilimenti Seveso e all'attuale quantitativo e tipologia di merci pericolose trasportate su gomma
- l'analisi del rischio cinetico sia stata condotta oltre che rispetto all'assetto attuale anche rispetto agli scenari evolutivi domanda/offerta di mobilità che caratterizzano la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero nel lungo termine (2035) presi in esame dal citato Studio di Traffico: assetto tendenziale, assetto programmatico e assetto progettuale

Con riferimento a questo ultimo punto si specifica che tale valutazione è stata condotta con la finalità di verificare la capacità del progetto di adeguamento alla 3° corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero di incidere positivamente sull'incidentalità che caratterizza la tratta stessa e quindi di verificare “se” e “come” il miglioramento delle condizioni del deflusso autostradale, cioè la riduzione della congestione, costituisca una condizione in grado di prefigurare una riduzione degli incidenti e contribuire all'incremento della sicurezza della circolazione.

Nei capitoli successivi sono affrontati i due aspetti su cui risulta strutturata l'Analisi di Rischio:

- l'analisi del rischio chimico nel capitolo 4 e specificatamente:
 - capitolo 4.1 con riferimento all'analisi e presenza di stabilimenti con pericolo di incidente rilevante (rientranti negli obblighi di cui al D.Lgs. 105/2015)
 - capitolo 4.2 relativamente al trasporto di merci pericolose ADR (TRA - Transportation Risk Analysis [CCPS, 1994]/31/)
- l'analisi del rischio cinetico nel capitolo 5

Nel capitolo 3 successivo, quale analisi preliminare necessaria ad affrontare il tema del rischio connesso all'incidentalità, quindi sia relativamente alla valutazione del rischio chimico (T.R.A.) sia relativamente al rischio cinetico, si è proceduto alla descrizione delle caratteristiche dell'infrastruttura oggetto di analisi, e quindi della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero, del traffico che la impegna, delle relative condizioni di incidentalità oltre che ad una specifica disamina del trasporto attuale di merci pericolose e delle materie trasportate, del livello di incidentalità che coinvolge questa tipologia di trasporto, delle condizioni meteo che insistono sulla tratta autostradale.

In termini generali si evidenzia come la trattazione del rischio chimico connesso al trasporto di merci pericolose e del rischio cinetico sia stata affrontata con riferimento:

- al rischio individuale
- al rischio sociale

Infine si ritiene opportuno sottolineare già in incipit di trattazione come per larga parte delle elaborazioni effettuate si sia utilizzato il software RISKCURVES, applicativo specificamente strutturato per la determinazione delle curve di iso-rischio, cui è dedicata, per gli eventuali approfondimenti sulle sue caratteristiche funzionali ed operative, l'Appendice del report.

Il software RISKCURVES oltre che per le elaborazioni sul rischio chimico è stato utilizzato anche per le elaborazioni sul rischio cinetico.

3. INFRASTRUTTURA, CONDIZIONI DEL FLUSSO VEICOLARE E TASSO DI INCIDENTALITÀ

Al fine di poter valutare sia il rischio chimico connesso al trasporto di merci pericolose sia il rischio cinetico dovuto alla movimentazione dei veicoli lungo la tratta autostradale interessata dall'adeguamento alla terza corsia, si è proceduto innanzitutto alla valutazione delle condizioni di traffico cui questa è sottoposta nel tratto tra il km 226 e il km 310 in entrambe le direzioni e delle attuali condizioni di incidentalità.

I dati qui raccolti sono serviti da INPUT per il software RISKCURVES che è stato utilizzato per le valutazioni effettuate e le cui specifiche tecniche sono contenute nell'Appendice.

3.1. IL DEFLUSSO VEICOLARE

Il traffico che interessa attualmente la tratta dell'Autostrada A22 del Brennero compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena è visualizzato nella successiva Tabella XX in termini di TGMA (Traffico Giornaliero Medio Annuo) dell'anno 2019.

I volumi di traffico transitante sono disaggregati per direzione di percorrenza e rispetto alle due macro classi veicolari:

- veicoli leggeri (classe di esazione A)
- veicoli pesanti (classi di esazione B, 3, 4 e 5)

Ovviamente, i dati presentati sono desunti dallo Studio di Traffico predisposto a supporto del SIA.

SUD			Descrizione tratta	NORD		
Leggeri	Pesanti	Totali		Leggeri	Pesanti	Totali
18'225	6'042	24'267	Verona nord – Interconn. A4	18'941	6'109	25'050
17'728	6'841	24'569	Interconn. A4 – Nogarole Rocca	17'731	7'058	24'789
17'515	6'471	23'986	Nogarole Rocca – Mantova nord	17'569	6'754	24'323
17'097	6'692	23'789	Mantova nord – Mantova sud	17'246	6'878	24'124
17'248	6'848	24'096	Mantova sud – Pegognaga	17'389	6'984	24'373
15'110	5'952	21'062	Pegognaga – Reggiolo-Rolo	15'307	6'029	21'336
15'255	6'010	21'265	Reggiolo-Rolo – Carpi	15'500	6'116	21'616
16'467	6'240	22'707	Carpi – Campogalliano	17'130	6'407	23'537
16'630	6'421	23'051	Campogalliano – Interconn. A1	17'319	6'525	23'844

Tabella 3.1: Media dei veicoli giornalieri transitati nell'anno 2019

Nella Figura 3.1 è schematizzato il sistema di classificazione dei veicoli per "assi-sagoma" alla base della classificazione di esazione utilizzata per la definizione delle due macro classi Leggera e Pesante utilizzate nello Studio di Traffico e pertanto mutuata nell'Analisi di Rischio.

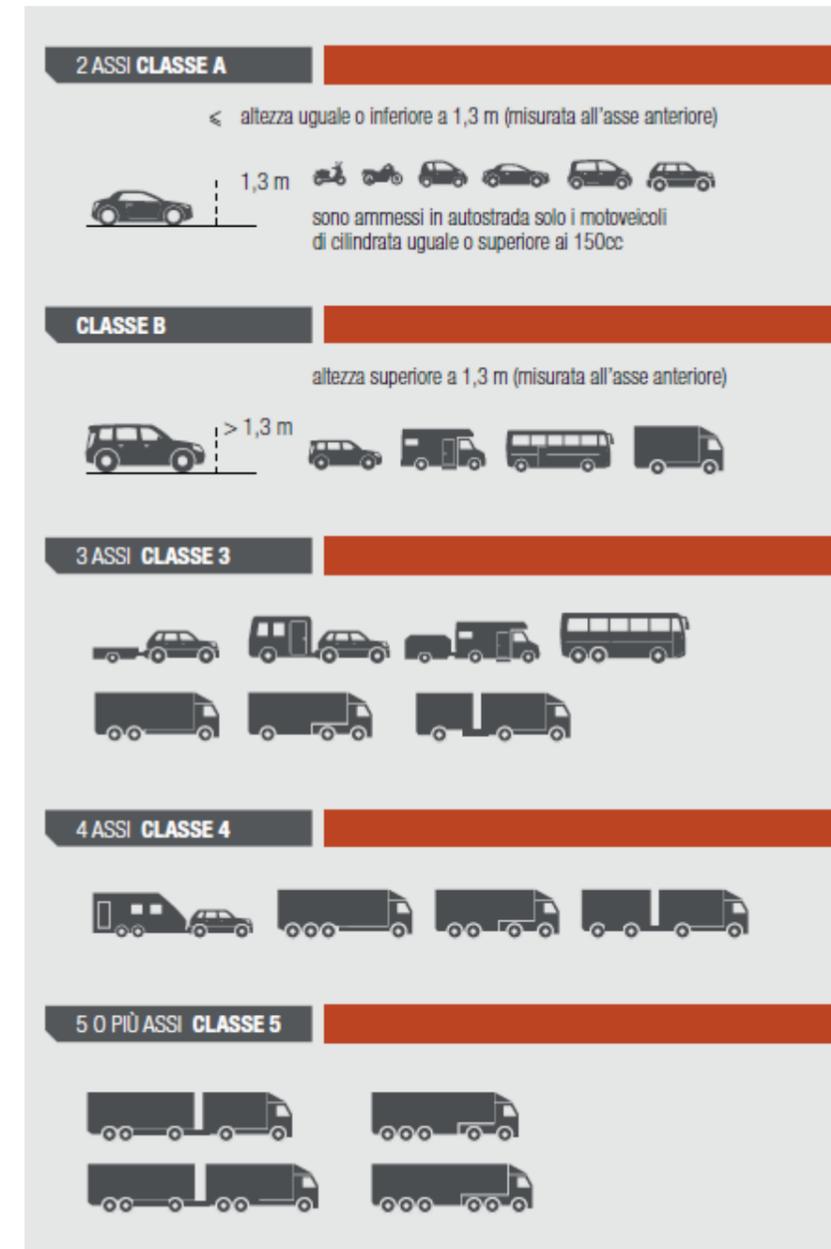


Figura 3.1: Classificazione veicoli per assi-sagoma

3.2. IDENTIFICAZIONE DELLE TRATTE DI RIFERIMENTO DELL'INFRASTRUTTURA

Per la predisposizione delle analisi di rischio "incidentale" sulla tratta della A22 del Brennero oggetto dell'adeguamento alla 3° corsia, si è proceduto ad una scomposizione del tracciato complessivo da Verona Nord sino al raccordo con l'Autostrada A1 Milano – Bologna in tre tratte di riferimento:

- Verona Nord – Mantova Nord di lunghezza pari a circa 30 chilometri
- Mantova Nord – Reggiolo Rolo di lunghezza pari a circa 30 chilometri
- Reggiolo Rolo – Allacciamento Autostrada A1 di lunghezza pari a circa 30 chilometri

Nella Figura 3.2 si evidenziano le 3 "Tratte" identificate

Tratta	Da Km	Località	A Km	Località	Fin Km
TRATTA n° 1	Km 226	Verona Nord	Verona Nord		Km 89
	Km 228		A 4	A 4	Km 86
	Km 240	Povegliano Ovest		Povegliano Est	Km 75
	Km 243	Nogaro Rocca		Nogaro Rocca	Km 72
	Km 256	Mantova Nord		Mantova Nord	Km 60
TRATTA n° 2	Km 266	Mantova Sud		Mantova Sud	Km 50
	Km 267	Po Ovest		Po Est	Km 48
	Km 276	Pegognaga		Pegognaga	Km 39
	Km 285	Reggiolo - Rolo		Reggiolo - Rolo	Km 30
TRATTA n° 3	Km 301	Carpì		Carpì	Km 14
	Km 308	Campogalliano Ovest		Campogalliano Est	Km 7
	Km 313	Modena Campogalliano		Modena Campogalliano	Km 2
	Km 315		A 1	A 1	Km 0

Figura 3.2: Suddivisione A22 per tratte di riferimento funzionali all'analisi dell'incidentalità

3.3. LIVELLI DI INCIDENTALITÀ

Per poter valutare la frequenza di accadimento degli eventi incidentali è stato innanzitutto necessario identificare il numero di persone circolanti lungo l'autostrada e, di conseguenza esposte ai rischi valutati.

Si è assunto quanto segue:

- la tratta in esame consta di circa 90 km; si è considerato che la maggior parte dei suoi utenti ne percorra il 70% e quindi circa 63 km, lunghezza che è stata approssimata a 60 km. Considerata una velocità media di 120 km/h, si calcola che l'arco temporale di esposizione al rischio di ogni persona è di c.a. 30 minuti, pari a 1/48 della durata di un giorno;
- i dati AISCAT evidenziano che la tratta Verona - Modena della A22 nel 2019 è stata percorsa da 1,5 miliardi di veicoli km. Con una media di 1,3 persone per veicolo¹, si calcola, la presenza di 1,95 miliardi di persone km nell'arco di un anno. Ne consegue che (considerata una percorrenza media del 70% del percorso totale) in un anno circolano circa 32,5 milioni di persone, in altre parole, 89'000 persone al giorno;
- considerando il tempo di esposizione al rischio, ne deriva che le persone esposte all'interno della giornata sono 1'860. Ne deriva che, considerata la lunghezza complessiva del tratto autostradale, le persone esposte per km sono 22.

Nella Tabella 3.22 è riportato il numero di incidenti relativi alla tratta sotto osservazione con riferimento all'anno 2018 (dati ricavati da "Programma Statistico Nazionale - PSN -, ACI00012 "Localizzazione degli incidenti stradali" e ACI00013 "Veicoli e incidenti", 2019").

Regione	Provincia	Da km	A km	N° incidenti	Mezzi pesanti
Veneto	Verona	226.0	227.0	2	0
Veneto	Verona	227.0	228.0	1	0
Veneto	Verona	228.0	229.0	1	0
Veneto	Verona	229.0	230.0	0	0
Veneto	Verona	230.0	231.0	3	3
Veneto	Verona	231.0	232.0	2	0
Veneto	Verona	232.0	233.0	0	0
Veneto	Verona	233.0	234.0	0	0
Veneto	Verona	234.0	235.0	0	0

¹Dato ricavato da Conto Nazionale Trasporti 2016-2017 ¹²⁷/rappresentando le persone km riportate della tabella del documento Tab. V.1.2.4ai veicoli km sulle autostrade in Italia della tabella Tab. V.1.2.1



Regione	Provincia	Da km	A km	N° incidenti	Mezzi pesanti
Veneto	Verona	235.0	236.0	1	0
Veneto	Verona	236.0	237.0	0	0
Veneto	Verona	237.0	238.0	1	0
Veneto	Verona	238.0	239.0	1	0
Veneto	Verona	239.0	240.0	0	0
Veneto	Verona	240.0	241.0	1	1
Veneto	Verona	241.0	242.0	1	0
Veneto	Verona	242.0	243.0	0	0
Veneto	Verona	243.0	244.0	1	1
Veneto	Verona	244.0	245.0	1	1
Veneto	Verona	245.0	246.0	1	0
Veneto	Verona	246.0	246.6	1	1
Lombardia	Mantova	246.6	247.0	1	0
Lombardia	Mantova	247.0	248.0	1	0
Lombardia	Mantova	248.0	249.0	0	0
Lombardia	Mantova	249.0	250.0	0	0
Lombardia	Mantova	250.0	251.0	3	1
Lombardia	Mantova	251.0	252.0	0	0
Lombardia	Mantova	252.0	253.0	0	0
Lombardia	Mantova	253.0	254.0	1	1
Lombardia	Mantova	254.0	255.0	2	2
Lombardia	Mantova	255.0	256.0	0	0
Lombardia	Mantova	256.0	257.0	0	0

Tabella 3.2: N° eventi incidentali Tratta n° 1

Regione	Provincia	Da km	A km	N° incidenti	Mezzi pesanti
Lombardia	Mantova	257.0	258.0	1	1
Lombardia	Mantova	258.0	259.0	2	1
Lombardia	Mantova	259.0	260.0	0	0
Lombardia	Mantova	260.0	261.0	1	0
Lombardia	Mantova	261.0	262.0	2	1
Lombardia	Mantova	262.0	263.0	3	1
Lombardia	Mantova	263.0	264.0	2	2
Lombardia	Mantova	264.0	265.0	2	1
Lombardia	Mantova	265.0	266.0	0	0
Lombardia	Mantova	266.0	267.0	3	2
Lombardia	Mantova	267.0	268.0	0	0
Lombardia	Mantova	268.0	269.0	2	0
Lombardia	Mantova	269.0	270.0	2	2
Lombardia	Mantova	270.0	271.0	0	0
Lombardia	Mantova	271.0	272.0	0	0
Lombardia	Mantova	272.0	273.0	0	0
Lombardia	Mantova	273.0	274.0	3	1
Lombardia	Mantova	274.0	275.0	1	1
Lombardia	Mantova	275.0	276.0	3	2
Lombardia	Mantova	276.0	277.0	2	0
Lombardia	Mantova	277.0	278.0	0	0
Lombardia	Mantova	278.0	279.0	1	0
Lombardia	Mantova	279.0	280.0	0	0
Lombardia	Mantova	280.0	281.0	1	0
Lombardia	Mantova	281.0	282.0	1	1
Lombardia	Mantova	282.0	283.0	0	0
Lombardia	Mantova	283.0	284.0	3	0
Lombardia	Mantova	284.0	284.3	0	0
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	284.3	285.0	0	0
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	285.0	286.0	0	0
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	286.0	287.0	0	0

Tabella 3.3: N° eventi incidentali Tratta n° 2



Regione	Provincia	Da km	A km	N° incidenti	Mezzi pesanti
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	287.0	288.0	0	0
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	288.0	289.0	1	1
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	289.0	290.0	0	0
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	290.0	291.0	0	0
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	291.0	291.2	1	1
Emilia-Romagna	Modena	291.2	292.0	1	0
Emilia-Romagna	Modena	292.0	293.0	4	3
Emilia-Romagna	Modena	293.0	294.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	294.0	295.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	295.0	296.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	296.0	297.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	297.0	298.0	2	2
Emilia-Romagna	Modena	298.0	299.0	3	1
Emilia-Romagna	Modena	299.0	300.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	300.0	301.0	1	0
Emilia-Romagna	Modena	301.0	302.0	1	1
Emilia-Romagna	Modena	302.0	303.0	1	0
Emilia-Romagna	Modena	303.0	304.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	304.0	305.0	1	0
Emilia-Romagna	Modena	305.0	306.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	306.0	307.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	307.0	308.0	0	0
Emilia-Romagna	Modena	308.0	309.0	3	0
Emilia-Romagna	Modena	309.0	310.0	2	2

Tabella 3.4: N° eventi incidentali Tratta n° 3

Si ha pertanto un totale di 86 eventi incidentali di cui 38 hanno coinvolto mezzi pesanti. Di seguito si riporta il numero complessivo degli incidenti verificatisi nelle tre tratte analizzate.

Tratta	Da km	A km	N° incidenti	Mezzi
1	226.0	256.0	26	11
2	257.0	286.0	35	16
3	287.0	310.0	21	11

Tabella 3.5: N° eventi incidentali per Tratta

3.4. ANALISI DEI TRANSITI CON MERCI PERICOLOSE E PROPRIETÀ DELLE SOSTANZE DI RIFERIMENTO

Per l'analisi del rischio chimico connesso al trasporto delle sostanze pericolose, è stato innanzitutto necessario procedere a una prima analisi delle tipologie di sostanza che hanno interessato la tratta oggetto di studio.

I dati utilizzati sono stati forniti direttamente dalla società concessionaria. Nelle figure seguenti si riportano i grafici della "Analisi dei transiti con merci pericolose al km 228 Nord / Sud e al km 310 Nord / Sud: (Rif. 2019).

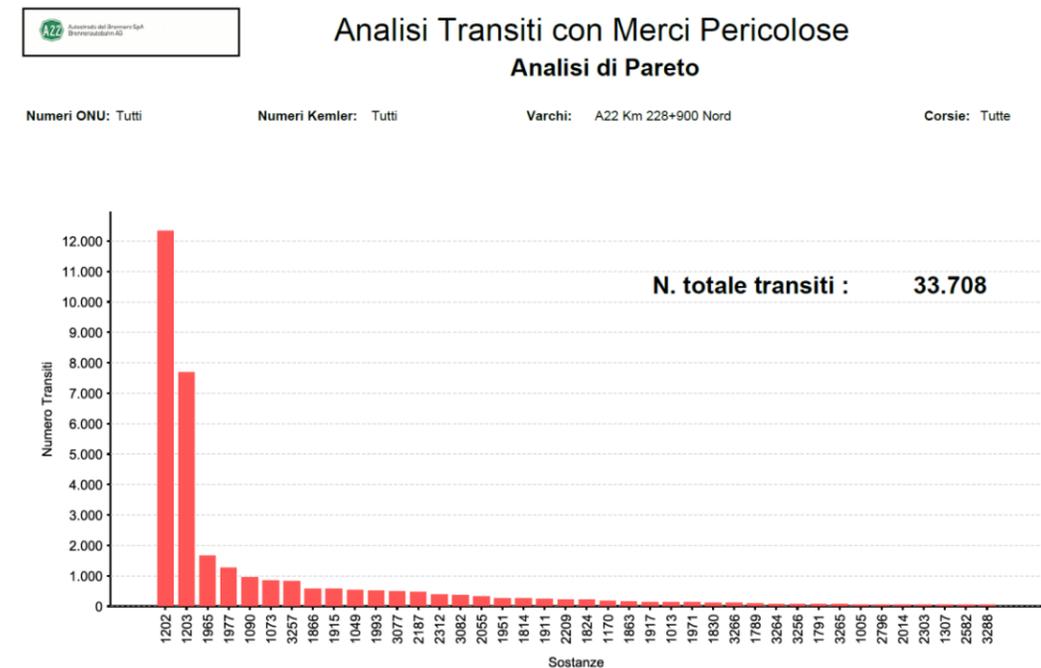


Figura 3.3: Analisi Transiti merci pericolose km 228 Nord



Analisi Transiti con Merci Pericolose
Analisi di Pareto

Numeri ONU: Tutti Numeri Kemler: Tutti Varchi: A22 Km 228+900 Sud Corsie: Tutte

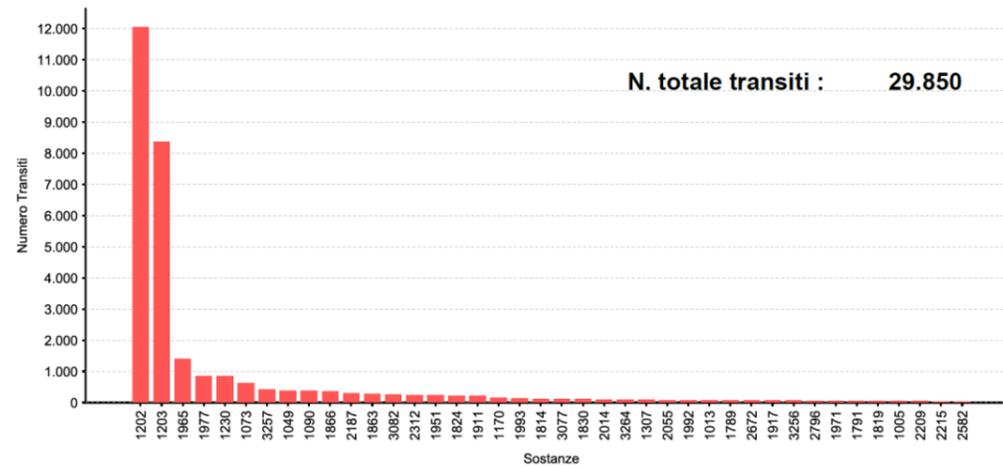


Figura 3.4: Analisi Transiti merci pericolose km 228 Sud



Analisi Transiti con Merci Pericolose
Analisi di Pareto

Numeri ONU: Tutti Numeri Kemler: Tutti Varchi: A22 Km 310+900 Sud Corsie: Tutte

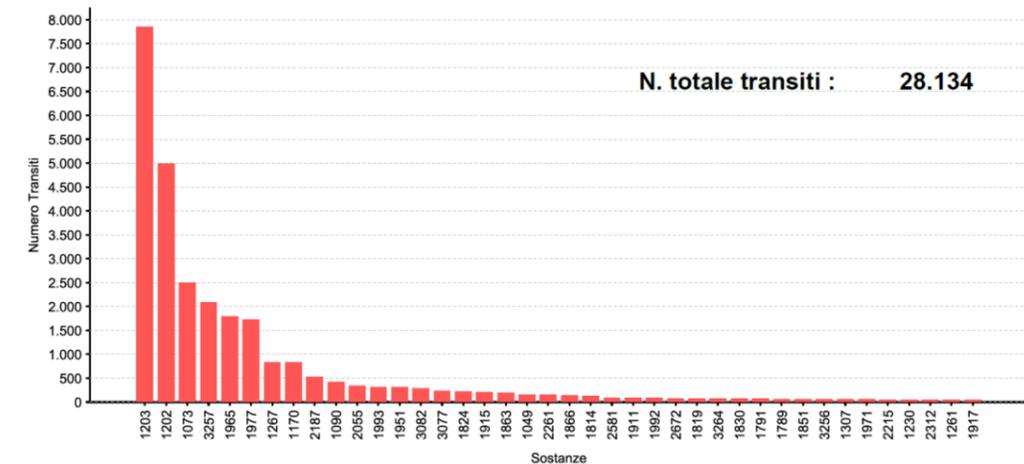


Figura 3.6: Analisi Transiti merci pericolose km 310 Sud



Analisi Transiti con Merci Pericolose
Analisi di Pareto

Numeri ONU: Tutti Numeri Kemler: Tutti Varchi: A22 Km 310+900 Nord Corsie: Tutte

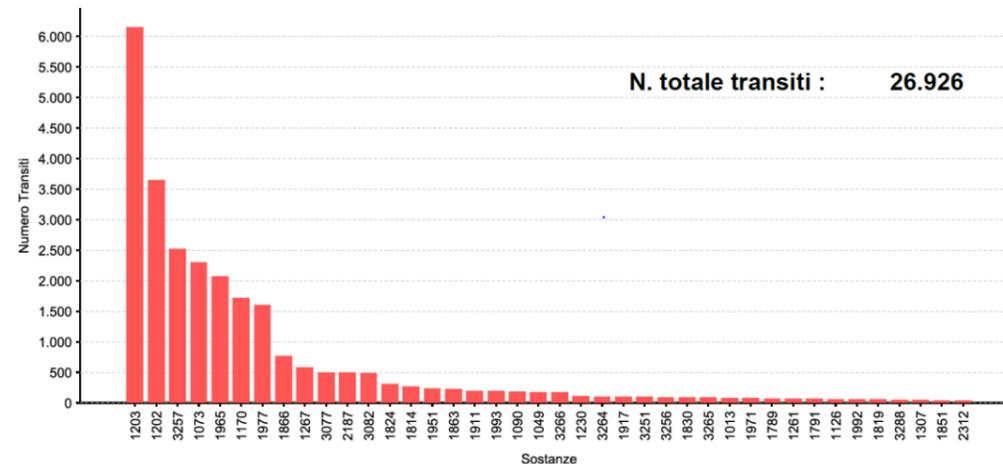


Figura 3.5: Analisi Transiti merci pericolose km 310 Nord

Sulla base di quanto riportato nelle figure precedenti si stima quanto segue.

Direzione Nord

- Passaggio al km 310 26'926 veicoli (entrata nella tratta di riferimento)
- Passaggio al km 228 33'708 veicoli (uscita dalla tratta di riferimento)
- N° medio dei veicoli con trasporto merci pericolose = 30'317

Direzione Sud

- Passaggio al km 228 29'850 veicoli (entrata nella tratta di riferimento)
- Passaggio al km 310 28'134 veicoli (uscita dalla tratta di riferimento)
- N° medio dei veicoli con trasporto merci pericolose = 28'992

Per ripartire il numero di veicoli con trasporto di sostanze pericolose nelle tre tratte identificate si è fatto riferimento a quanto riportato all'interno dello Studio di Traffico elaborato per il SIA (aggiornamento 2020), come riportato in Tabella 3.6, ottenuta sulla base dei dati riportati nello Studio di Traffico. Mediando per tratta i dati sopra riportati e moltiplicandoli per 365 giorni si calcola il traffico totale nell'anno 2019 nelle tre tratte

SUD			Descrizione tratta	NORD			Totale
Leggeri	Pesanti	Totale		Leggeri	Pesanti	Totale	
6'505'27 3	2'354'73 7	8'860'01 0	Verona nord -Mantova nord	6'599'32 2	2'423'72 2	9'023'04 3	17'883'05 3
6'017'02 5	2'371'52 7	8'388'55 2	Mantova nord -Reggiolo- Rolo	6'076'27 7	2'420'07 2	8'496'34 8	16'884'90 0
5'882'82 7	2'271'63 8	8'154'46 5	Reggiolo-Rolo -Interconn. A1	6'077'12 8	2'317'50 7	8'394'63 5	16'549'10 0

Tabella 3.6: Traffico totale nelle tre tratte nell'anno 2019

Nella definizione di veicolo pesante rientrano i mezzi classificati (secondo la classificazione per assi-sagoma riportata in Figura 3.1) B, 3, 4 e 5.

Complessivamente il numero di mezzi pesanti circolato sul tratto autostradale in direzione nord e sud è pari a circa 4'720'000 mezzi (media delle somme dei veicoli pesanti transitanti in direzione N-S nelle tre tratte). Da Monitraf! 2019 si calcola che i mezzi pesanti adibiti al trasporto merci sia pari a 2'450'000 veicoli, ossia il 52% dei mezzi pesanti transitati nell'anno 2019.

Rapportando il numero di veicoli in ADR transitati nel 2019 a quanto stimato poco sopra, si ricava che percentualmente questi costituiscono il 2,4% dei mezzi pesanti adibiti al trasporto merci. Può essere utile un riscontro a livello nazionale per cui la media dei mezzi che trasportano merci pericolose è di circa il 7%². Già a partire da questi dati è quindi possibile supporre che il trasporto delle merci pericolose, rispetto alla situazione nazionale vigente, non costituisce l'elemento di maggiore criticità nel tratto stradale in esame, soprattutto se comparato al traffico complessivo.

Il calcolo del rapporto tra Trasporto MPS (sostanze pericolose) e Trasporto Merci si è rivelato necessario per poter ricavare il numero di mezzi in ADR dai dati forniti dai sensori posizionati in direzione N-S al:

- KM 242+500 – NOGAROLE ROCCA
- KM 283+300 – PEGOGNAGA
- KM 301+200 – CARPI

I dati delle postazioni di rilievo sono stati utilizzati per valutare percentualmente il traffico transitato nei vari archi della giornata, considerando:

- GIORNO dalle 6.00 alle 20.00
- NOTTE dalle 20.00 alle 6.00

Si ricava che in tutte le tre tratte analizzate in media il traffico veicolare di giorno corrisponde al 85% del traffico complessivo, mentre di notte il traffico veicolare si attesta sul 15%. Sulla base dei calcoli sopra riportati si ricava che:

Postazione	Dir.	N°tot veicoli 2019	Notte	Giorno
Nogarole Rocca	NORD	9'023'043	1'263'226	7'759'817
Nogarole Rocca	SUD	8'860'010	1'417'602	7'442'408
Carpi	NORD	8'394'635	1'259'195	7'135'440
Carpi	SUD	8'154'465	1'304'714	6'849'751
Pegognaga	NORD	8'496'348	1'274'452	7'221'896
Pegognaga	SUD	8'388'552	1'342'168	7'046'384

Tabella 3.7: Distribuzione del traffico diurno/notturno

² Valore calcolato sulla base dei dati in Tab. V.4.3A - Trasporto complessivo di merci su strada per tipo di trasporto e gruppo merceologico - Anno 2016 del Conto nazionale trasporti 2016-2017 ^{127/} sommando le voci "Carboni fossili e ligniti; petrolio greggio", "Coke e prodotti petroliferi raffinati" e al 50%, "Prodotti chimici e fibre sintetiche".

Con riferimento alle singole tratte si ottengono pertanto i seguenti valori:

Rif.	Tratta	Dir.	Giorno notte	N° tot veicoli pesanti 2019 trasporto merci	Percentuale merci pericolose ³	Frazione giorno - notte	Transiti MPS
1A	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte	2'423'722 x 52% = 1'260'335,44	2,4%	14%	4'234,727
1B	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno	2'423'722 x 52% = 1'260'335,44	2,4%	86%	26'013,32
1C	Tratta 1 – km 226/256	Sud	Notte	2'354'737 x 52% = 1'224'463,24	2,4%	16%	4'701,939
1D	Tratta 1 – km 226/256	Sud	Giorno	2'354'737 x 52% = 1'224'463,24	2,4%	84%	24'685,18
2A	Tratta 2 – km 257/286	Nord	Notte	2'420'072 x 52% = 1'258'437,44	2,4%	15%	4'530,375
2B	Tratta 2 – km 257/286	Nord	Giorno	2'420'072 x 52% = 1'258'437,44	2,4%	85%	25'672,12
2C	Tratta 2 – km 257/286	Sud	Notte	2'371'527 x 52% = 1'233'194,04	2,4%	16%	4'735,465
2D	Tratta 2 – km 257/286	Sud	Giorno	2'371'527 x 52% = 1'233'194,04	2,4%	84%	24'861,19
3A	Tratta 3 – km 287/310	Nord	Notte	2'317'507 x 52% = 1'205'103,64	2,4%	15%	4'338,373
3B	Tratta 3 – km 287/310	Nord	Giorno	2'317'507 x 52% = 1'205'103,64	2,4%	85%	24'584,11
3C	Tratta 3 – km 287/310	Nord	Notte	2'271'638 x 52% = 1'181'251,76	2,4%	16%	4'536,007
3D	Tratta 3 – km 287/310	Nord	Giorno	2'271'638 x 52% = 1'181'251,76	2,6%	84%	23'814,04

Tabella 3.8: Stima transiti veicoli con trasporto di sostanze pericolose

3.5. IDENTIFICAZIONE DELLE SOSTANZE DI RIFERIMENTO

Come si evince dalle figure riportate alle pagine precedenti il trasporto di merci pericolose è costituito per lo più da prodotti petroliferi (gasolio, benzine e a seguire olio combustibile e bitume), seguono il GPL e l'azoto liquido.

Sulla base di tale distribuzione e al fine di caratterizzare le diverse caratteristiche di infiammabilità e/o tossicità delle sostanze trasportate si è deciso di focalizzare l'analisi su: benzina; GPL; ossigeno liquido metanolo e ammoniaca anidra considerando le distribuzioni riportate nelle tabelle e nei grafici seguenti:

³ Percentuale ricavata dal rapporto tra il N. totale dei mezzi che trasportano sostanze pericolose registrati al km 228 in direzione Nord e Sud e la media dei veicoli pesanti che trasportano merci transitanti in direzione N-S nelle tratte 1, 2, 3

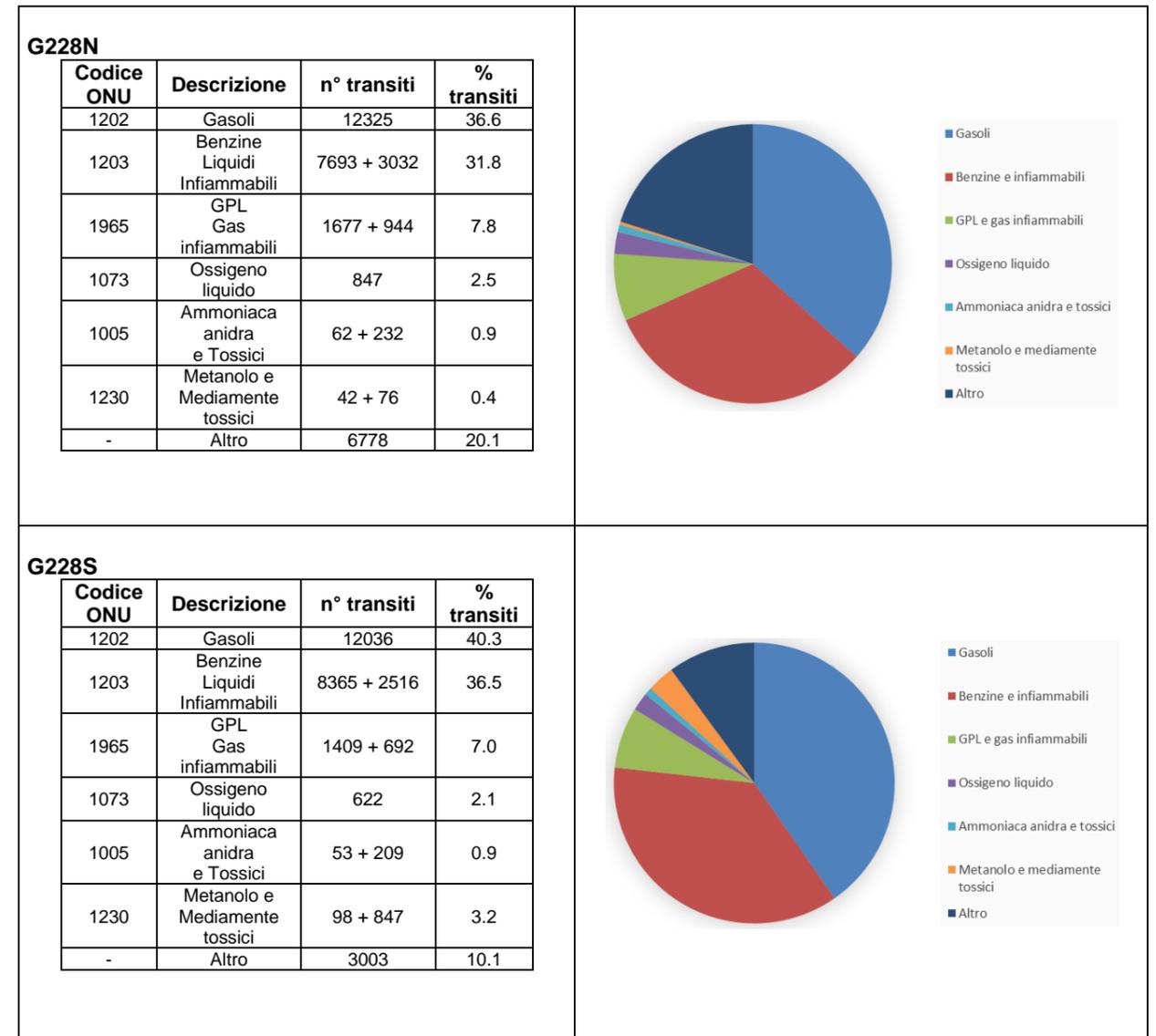


Figura 3.7: Distribuzione dei transiti per sostanze km 228 Nord e Sud

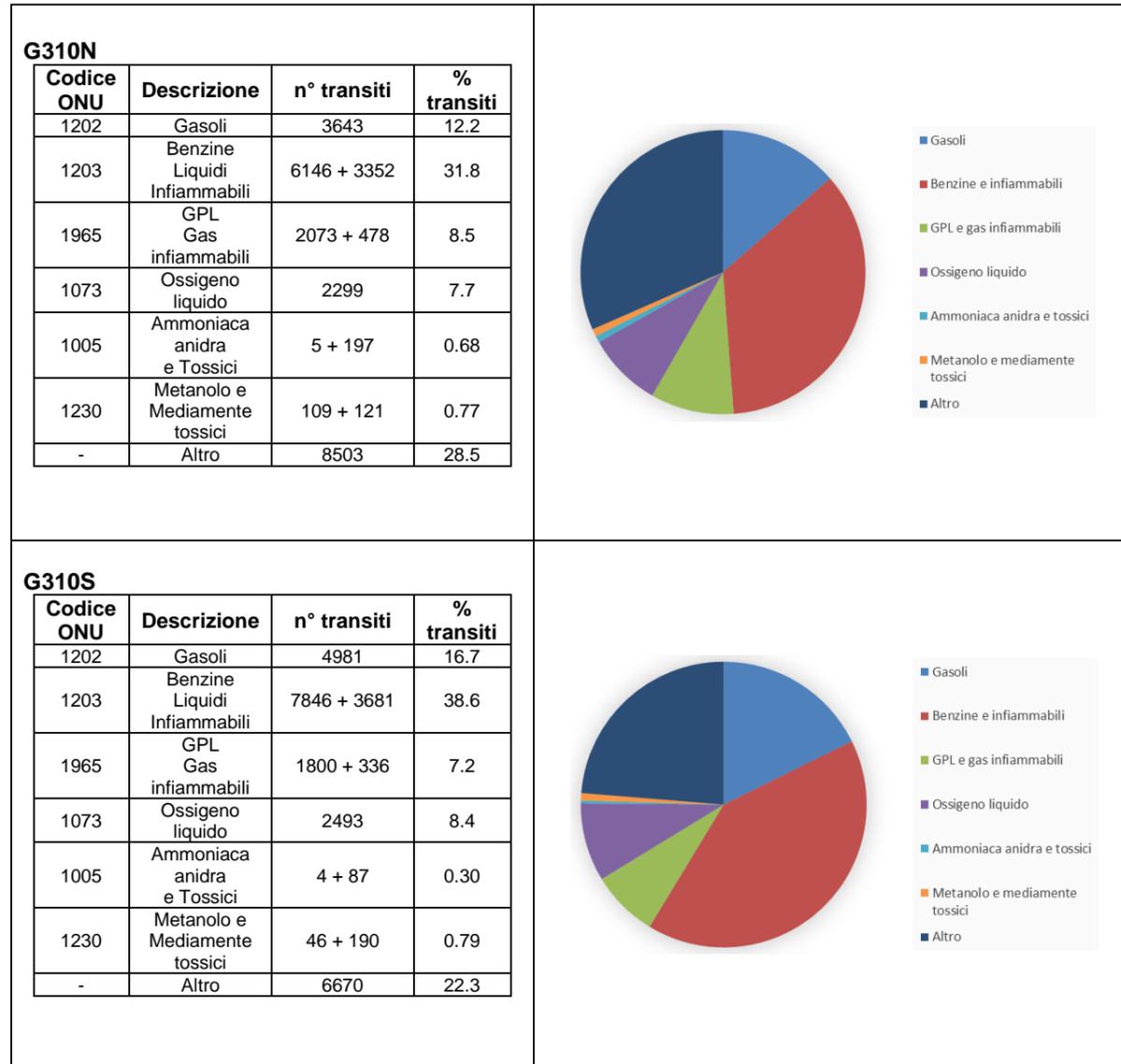


Figura 3.8: Distribuzione dei transiti per sostanze km 310 Nord e Sud

3.6. CARATTERISTICHE DELLE SOSTANZE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le caratteristiche di pericolosità delle sostanze attenzionate, come riportato nella versione armonizzata presente nel sito dell'ECHA/33/.

Ammoniaca anidra			
Index Number	EC / List no.	CAS Number	International Chemical Identification
007-001-00-5	231-635-3	7664-41-7	ammonia, anhydrous

Classification		Labelling		Specific Concentration limits, M-Factors, Acute Toxicity Estimates (ATE)
Hazard Class and Category Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Pictograms, Signal Word Code(s)	
Press. Gas			GHS09	--
Flam. Gas 2	H221	H221	GHS05	
Skin Corr. 1B	H314	H314	GHS04	
Acute Tox. 3 *	H331	H331	GHS06	
Aquatic Acute 1	H400	H400	Dgr	

Signal Words	Pictograms			
Danger				
	Environment	Corrosion	Gas cylinder	Skull and crossbones

Seveso Substance	Seveso Categories
Si	P2 E1

Tabella 3.9: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità ammoniaca anidra

Ossigeno			
Index Number	EC / List no.	CAS Number	International Chemical Identification
008-001-00-8	231-956-9	7782-44-7	oxygen

Classification		Labelling		Specific Concentration limits, M-Factors, Acute Toxicity Estimates (ATE)
Hazard Class and Category Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Pictograms, Signal Word Code(s)	
Press. Gas			GHS03	--
Ox. Gas 1	H270	H270	GHS04 Dgr	

Signal Words	Pictograms	
Danger		
	Flame over circle	Gas cylinder

Seveso Substance	Seveso Categories
Si	Named P4

Tabella 3.10: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità dell'ossigeno

GPL			
Index Number	EC / List no.	CAS Number	International Chemical Identification
649-202-00-6	270-704-2	68476-85-7	Petroleum gases, liquefied Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C3 through C7 and boiling in the range of approximately - 40 °C to 80 °C (- 40 °F to 176 °F).]

Classification		Labelling		Specific Concentration limits, M-Factors, Acute Toxicity Estimates (ATE)
Hazard Class and Category Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Pictograms, Signal Word Code(s)	
Press. Gas			GHS02	--
Flam. Gas 1	H220	H220	GHS08	
Muta. 1B	H340	H340	GHS04	
Carc. 1A	H350	H350	Dgr	

Signal Words	Pictograms		
Danger			
	Flame	Health hazard	Gas cylinder

Seveso Substance	Seveso Categories
Si	Named; P2

Tabella 3.11: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità del GPL

Metanolo			
Index Number	EC / List no.	CAS Number	International Chemical Identification
603-001-00-X	200-659-6	67-56-1	methanol

Classification		Labelling		Specific Concentration limits, M-Factors, Acute Toxicity Estimates (ATE)
Hazard Class and Category Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Pictograms, Signal Word Code(s)	
Flam. Liq. 2	H225	H225	GHS02 GHS08 GHS06 Dgr	STOT SE 1; H370: C ≥ 10 % STOT SE 2; H371: 3 % ≤ C < 10 %
Acute Tox. 3 *	H301	H301		
Acute Tox. 3 *	H311	H311		
Acute Tox. 3 *	H331	H331		
STOT SE 1	H370 **	H370 **		

Signal Words	Pictograms		
Danger			
	Flame	Health hazard	Skull and crossbones

Seveso Substance	Seveso Categories
Si	Named; H2;H3;P5a;P5b;P5c

Tabella 3.12: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità del metanolo

Benzina			
Index Number	EC / List no.	CAS Number	International Chemical Identification
n.a.	n.a.	n.a.	Gasoline unleaded

Classification		Labelling		Specific Concentration limits, M-Factors, Acute Toxicity Estimates (ATE)
Hazard Class and Category Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Pictograms, Signal Word Code(s)	
Flam. Liquid 1:	H224	H224	GHS08 Dgr	
Asp. Tox. 1:	H304	H304		
Skin Irrit. 2:	H315	H315		
STOT Single Exp. 3:	H336	H336		
Muta. 1B:	H340	H340		
Carc. 1B:	H350	H350		
Repr. 2:	H361	H361		
Aquatic Chronic 2:	H411	H411		

Signal Words	Pictograms			
Danger				

Seveso Substance	Seveso Categories
Si	Named P5c E2

Tabella 3.13: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità della benzina

3.7. ANALISI STORICA DEGLI INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI SOSTANZE PERICOLOSE

Nel seguito si riporta una disamina critica relativa agli eventi incidentali che abbiano coinvolto il trasporto di merci pericolose accaduti su tutta la rete autostradale degli Stati Uniti a partire dal 1 Gennaio 2000. (Rif. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration - The Hazmat Incident Report Search Tool) [34].

Su 56'369 eventi incidentali riportati in:

- 44'956 (79,7 %) si è avuto un rilascio di prodotto di modesta entità ≤ 0.5 m³
- 4'204 (7,45%) sono classificati come "Serious Bulk Release"

Con riferimento ai liquidi infiammabili (Rif. 3) si ha la seguente distribuzione dei quantitativi rilasciati:

- Totale eventi = 25'984 di cui
 - 22'767 (87.6 %) < 0.5 m³ di liquido
 - 971 (3.7 %) tra 0.5 e 5 m³ di liquido
 - 461 (1.8 %) tra 5 e 10 m³ di liquido
 - 1'785 (6.9 %) >= 10 m³ di liquido

Con riferimento ai gas infiammabili pressurizzati (Rif. 2.1) si ha la seguente distribuzione dei quantitativi rilasciati:

- Totale eventi = 877 di cui
 - 750 (85.5 %) < 10 m³ di gas
 - 50 (5.7 %) tra 10 e 100 m³ di gas
 - 33 (3.8 %) tra 100 e 1000 m³ di gas
 - 44 (5 %) >= 1'000 m³ di gas

Inoltre, con riferimento alle conseguenze attese (in termini di incendio ed esplosione) si ha la distribuzione riportata in Tabella 3.14 e in Figura 3.9.

Scenario conseguente	N° eventi	% rispetto alla totalità degli incidenti	% rispetto ai "Serious Bulk Release"
Esplosione	143	0.25	3.40
Danno ambientale	1100	1.95	16.91
Incendio ed esplosione	194	0.34	4.61
Incendio	1008	1.79	23.98
Dispersione di gas/vapori	1446	2.56	31.42
Altro	827	1.47	19.67

Tabella 3.14: Scenari incidentali conseguenti incidenti stradali trasporto merci pericolose

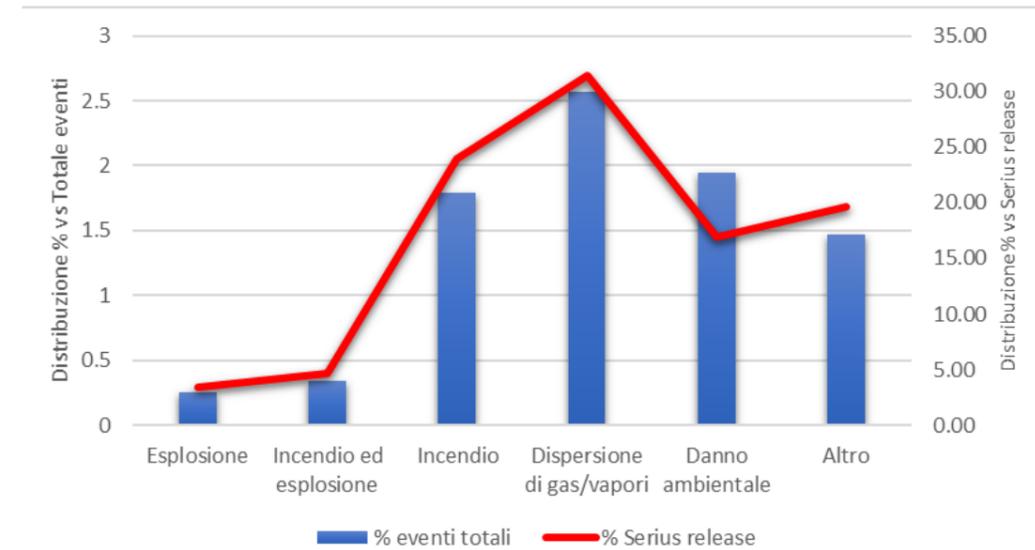
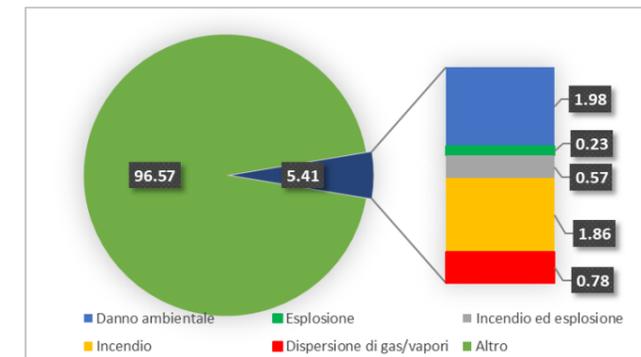


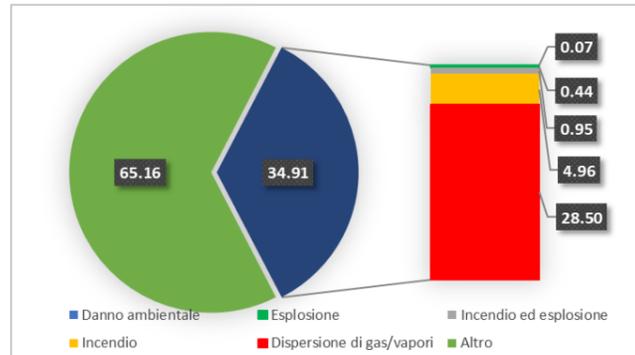
Figura 3.9: Distribuzione degli eventi incidentali valutati

Con riferimento ai liquidi infiammabili (benzina) e ai gas infiammabili pressurizzati (GPL) si è evidenziata la distribuzione evidenziata nelle tabelle e nei grafici seguenti:



Scenario conseguente	N° eventi	% totalità dei rilasci liquidi infiammabili (25683)
Danno ambientale	526	1.98
Esplosione	61	0.23
Incendio ed esplosione	150	0.57
Incendio	493	1.86
Dispersione di gas/vapori	206	0.78
Altro	25638	96.57

Tabella 3.15: Scenari incidentali conseguenti ai rilasci di liquidi infiammabili



Scenario conseguente	N°	% rispetto alla totalità dei rilasci di liquidi infiammabili (894)
Danno ambientale	1	0.07
Esplosione	6	0.44
Incendio ed esplosione	13	0.95
Incendio	68	4.96
Dispersione di gas/vapori	391	28.50
Altro	894	65.16

Tabella 3.16: Scenari incidentali conseguenti rilasci di gas infiammabili pressurizzati

Riprendendo la Tabella 3.5 e assumendo che le probabilità di collisioni che possono interessare mezzi adibiti al trasporto di merci pericolose sia proporzionalmente equivalente a quelle che interessano qualsiasi mezzo pesante, dal numero di incidenti registrati sulla tratta si deduce che la frequenza di accadimento di incidenti che coinvolgono mezzi in ADR sia pari al 2.4%⁴ degli eventi che hanno coinvolto mezzi pesanti.

Da tali valutazioni ne deriva quanto riportato nella Tabella 3.17.

Tratta	Da km	A km	N° incidenti	Mezzi pesanti	Trasporto merci pericolose
1	226.0	256.0	26	11	0.3
2	257.0	286.0	35	16	0.4
3	287.0	310.0	21	11	0.3

Tabella 3.17: N° eventi incidentali per Tratta

⁴ Il rapporto percentuale si riferisce ai mezzi pesanti che trasportano merci. Non essendo tuttavia riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** se gli incidenti in cui sono coinvolti mezzi pesanti interessino tutti i veicoli

3.8. STIMA DELLA FREQUENZA DI ACCADIMENTO DEGLI EVENTI INCIDENTALI

I rischi del trasporto di sostanze pericolose su strada sono determinati principalmente dal trasporto di grossi quantitativi.

Nella QRA viene fatta una distinzione tra sostanze infiammabili e tossiche (liquidi e gas infiammabili) trasportate a pressione atmosferica e sostanze trasportate in pressione (es. GPL e ammoniaca).

Le conseguenze finali dipendono dall'evoluzione dello scenario e dalla sostanza coinvolta (nel caso di gas o liquidi infiammabili, l'innesco della perdita si è verificato con una certa frequenza).

Per quel che riguarda i recipienti per il trasporto di gas infiammabili in pressione (botticelle e bilici, con volumi variabili dai 20 ai 50 m³), caratterizzati da spessori delle lamiere dell'ordine dei 10 mm, si è riscontrato che le rotture sono dovute essenzialmente all'urto di parti sporgenti (valvole o bocchelli) contro un ostacolo fisso a seguito ad es. di ribaltamento.

Per lo studio, ci si è quindi riferiti ad autobotti di non recente costruzione, poiché quelle più moderne sono tutte dotate di coperchio a protezione dei gruppi valvolari; si è ipotizzata una rottura a seguito di incidente con foro equivalente pari a 50 mm, dovuta ad esempio a urto con conseguente distacco di connessioni sporgenti dal mantello.

Tale scenario ricomprende anche quello, meno verosimile e riguardante anche le autobotti di più recente costruzione, della rottura del mantello per collisione con oggetti appuntiti e penetrazione nella lamiera.

Riferendosi al trasporto di liquidi infiammabili (benzina e metanolo) mediante autocisterna (volumi compresi tra 20 e 40 m³), l'analisi storica evidenzia che non sono da escludersi rotture di dimensioni maggiori di quelle considerate per i gas infiammabili: le autocisterne, che non sono progettate per il trasporto in pressione, hanno spessori delle lamiere variabili dai 3 ai 4 mm e sono registrati casi in cui a seguito di collisione si sono avute rotture significative (squarcio della lamiera).

È comunque importante sottolineare che le cisterne sono divise in compartimenti (da 5 a 10 taniche), per cui alla rottura di una parte della lamiera può venire associato lo svuotamento di 1 o 2 taniche al massimo: rotture maggiori rientrerebbero nell'ambito degli scenari catastrofici che l'analisi storica appare collocare nel novero degli eventi improbabili. Sulla scorta di questi ragionamenti, si è stimato un foro equivalente a seguito di rottura con diametro equivalente pari a 100 mm.

Infine, con riguardo al trasporto di liquidi tossici (volumi dell'ordine dei 18-25 m³), è necessario sottolineare che solitamente i mezzi adibiti a tale scopo sono dotati di roll-bar di protezione in acciaio, sia sulla parte superiore (attacchi e connessioni) che sulle fasce laterali, che consentono di limitare i danni in caso di urto o ribaltamento.

In virtù della protezione offerta dalle barre, si è ipotizzato un foro equivalente a seguito di rottura pari a 25 mm.

superiori alla classe A o solo quelli che trasportano merci, il valore calcolato viene applicato cautelativamente a tutti gli incidenti che coinvolgono veicoli pesanti.

La frequenza di accadimento di un evento incidentale, originato da un rilascio di sostanze infiammabili e/o tossiche, viene stimata mediante l'applicazione della tecnica degli alberi degli eventi, associando le probabilità, così desunte, alle frequenze di accadimento dei rilasci significativi individuate come descritto ai paragrafi precedenti.

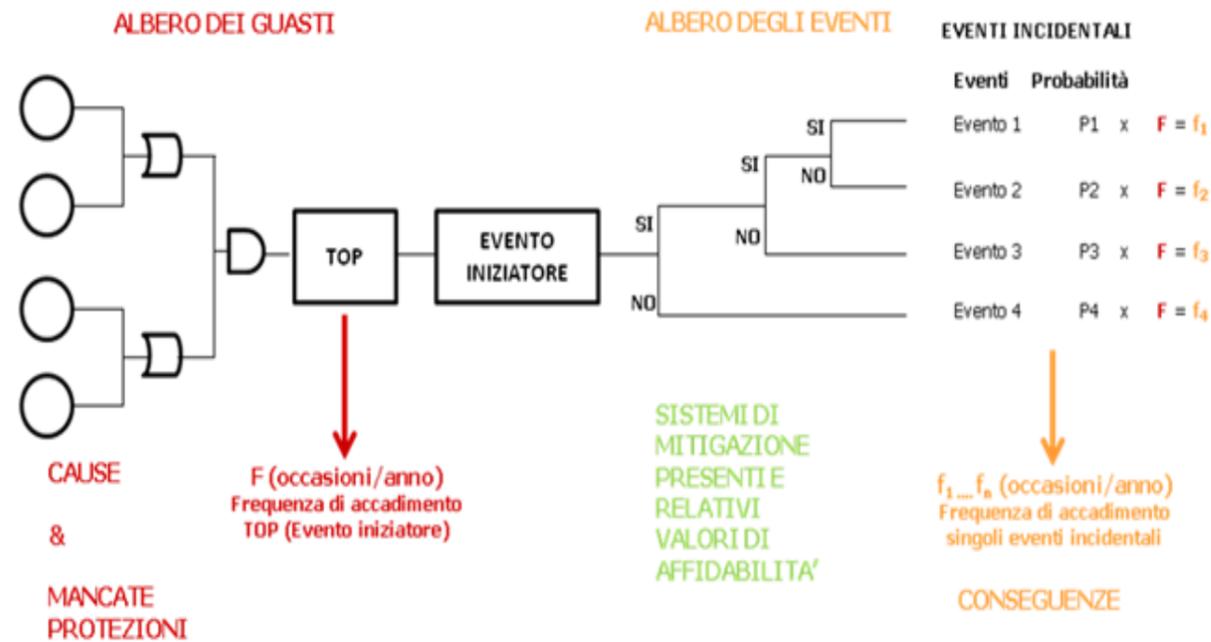


Figura 3.10: Flusso logico per il calcolo delle frequenze incidentali

Il Purple Book [24], a proposito dei rilasci di liquidi infiammabili e di gas infiammabili pressurizzati propone i seguenti alberi degli eventi visualizzati nelle successive figure.

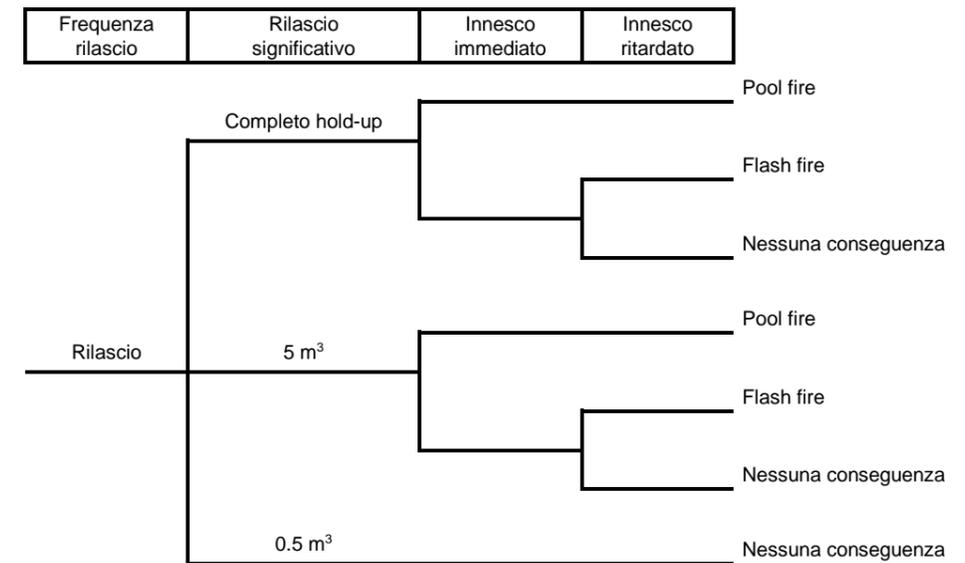


Figura 3.11: Albero eventi per rilascio di Liquidi infiammabili (Purple book)

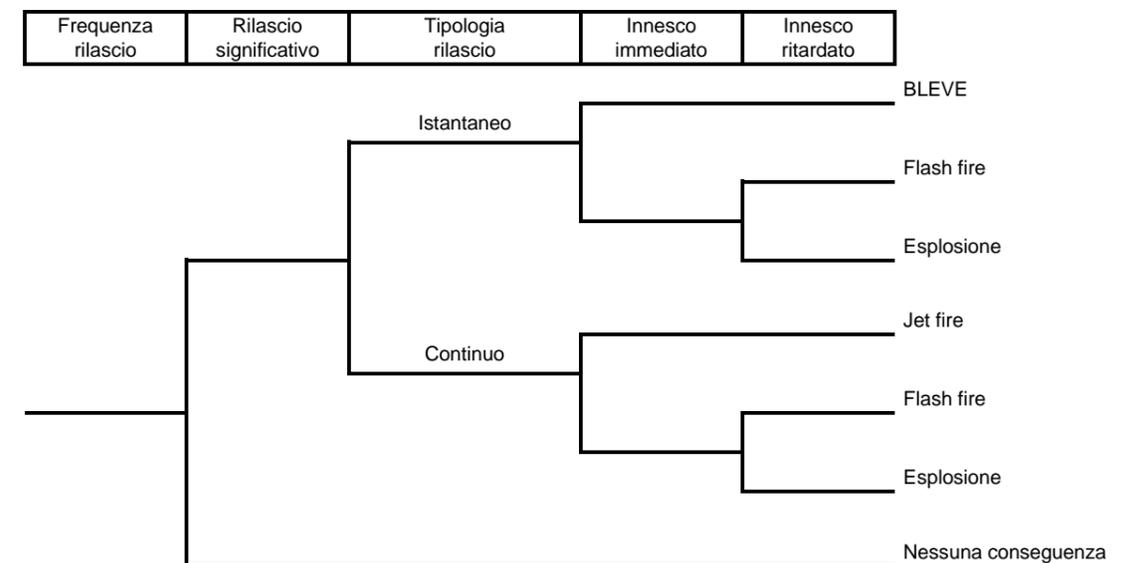


Figura 3.12: Albero eventi per rilascio Gas infiammabili pressurizzati (Purple book)

Con riferimento a quanto riportato nel paragrafo relativo all'analisi storica, si trascurano i rami relativi ai rilasci di tutto l'hold-up e si attribuiscono i valori probabilistici stimati e nel riportati di seguito:

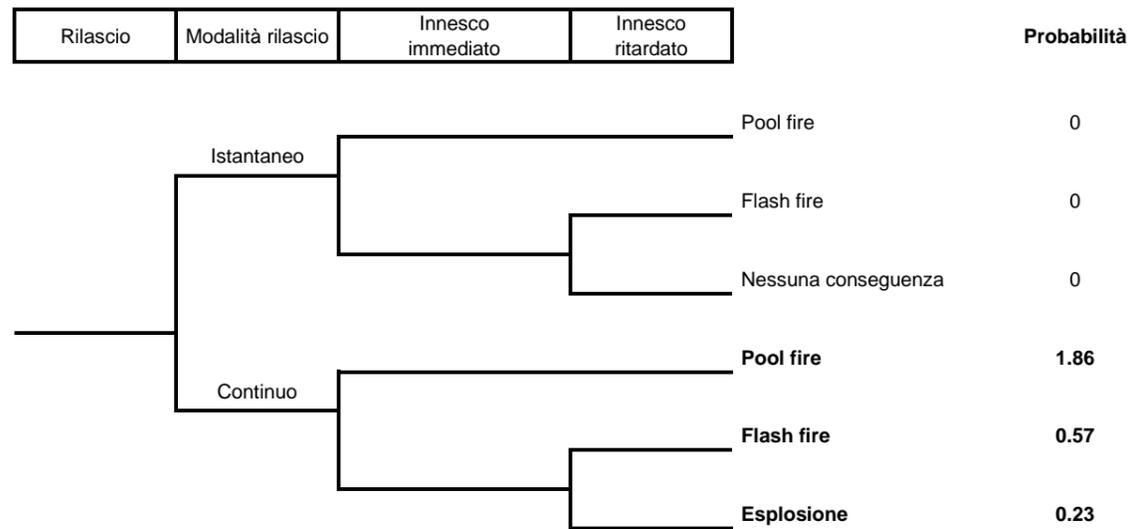


Figura 3.13: Albero degli eventi per rilascio di Liquidi infiammabili

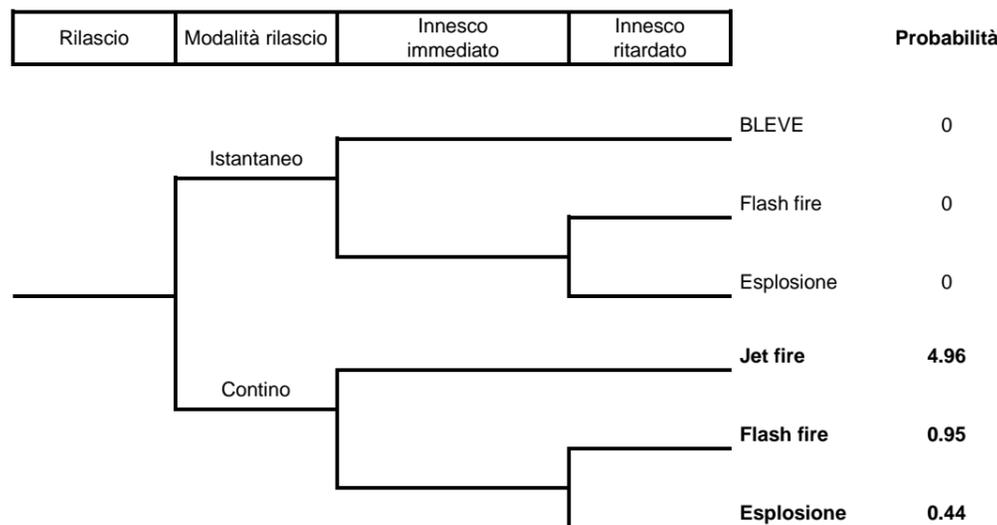


Figura 3.14: Albero degli eventi per rilascio di Gas infiammabili pressurizzati

Nel caso dell'ossigeno, dell'ammoniaca anidra e del metanolo (per il quale ci si riferisce alla sola dispersione tossica) si assume conservativamente una probabilità di dispersione pari a 1.

Sulla base dei risultati dell'analisi storica condotta e dei dati relativi agli eventi incidentali relativi al 2019 si assume quanto segue:

- distribuzione degli incidenti giorno (6-20)/notte (20-6) pari al 75% - 25% (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**)
- distribuzione degli incidenti direzione NORD/SUD pari al 50%
- incidenti con conseguenze legate al rilascio di sostanza pericolosa pari al 7.5% (Rif. PHMSA^{34/})

Pertanto, con riferimento alla lunghezza di ciascuna tratta si stimano le seguenti frequenze di evento incidentale con dispersione significativa di sostanza pericolosa:

Rif.	Tratta	Dir.	Giorno notte	N° incid/anno DATO BASE	Serious Bulk Release	Nord Sud	% Notte Giorno	Fr. assoluta incidenti con potenziali conseguenze per anno
1A	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte	0,3	7.5 %	50 %	25 %	2,81E-03
1B	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno				75 %	8,44E-03
1C	Tratta 1 – km 226/256	Sud	Notte			50 %	25 %	2,81E-03
1D	Tratta 1 – km 226/256	Sud	Giorno				75 %	8,44E-03
2A	Tratta 2 – km 257/285	Nord	Notte	0,4	7.5 %	50 %	25 %	3,75E-03
2B	Tratta 2 – km 257/285	Nord	Giorno				75 %	1,13E-02
2C	Tratta 2 – km 257/285	Sud	Notte			50 %	25 %	3,75E-03
2D	Tratta 2 – km 257/285	Sud	Giorno				75 %	1,13E-02
3A	Tratta 3 – km 287/315	Nord	Notte	0,3	7.5 %	50 %	25 %	2,81E-03
3B	Tratta 3 – km 287/315	Nord	Giorno				75 %	8,44E-03
3C	Tratta 3 – km 287/315	Nord	Notte			50 %	25 %	2,81E-03
3D	Tratta 3 – km 287/315	Nord	Giorno				75 %	8,44E-03

Tabella 3.18: N° eventi incidenti stradali TMP

La frequenza di accadimento di un incidente con un particolare tipo di sostanza pericolosa è stimata, per ciascuna tratta; ciascuna direzione di percorrenza (Nord/Sud) e la frazione giorno/notte nel modo seguente:

$$F = N \cdot P/T \cdot 1/H$$

dove:

N = Fr. assoluta incidenti con potenziali conseguenze/anno;

T = numero totale di mezzi in transito;

H = lunghezza tratta;

P = numero dei trasporti di merci pericolose.

Con riferimento a quanto riportato ai paragrafi precedenti nella Tabella 3.19 si riepilogano i valori di riferimento delle frequenze di accadimento per gli eventi considerati.

Sulla base di quanto ricavato nelle tabelle precedenti e sulla base delle probabilità derivanti dagli alberi di guasto, si è quindi proceduto al calcolo delle probabilità di accadimento dei singoli scenari, come di seguito riportato.

Rif.	Tratta	Dir.	Giorno/ notte	Fr. assoluta incidenti con potenziali conseguenze/anno (N)	N° totale mezzi in transito (T)	N° Transiti MPS (P)	km tratta (H)	Frequenza evento (occ./anno km) (F)
1A	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte	2,81E-03	1'263'226	4'234,73	30	3,14E-07
1B	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno	8,44E-03	7'759'817	26'013,32	30	9,43E-07
1C	Tratta 1 – km 226/256	Sud	Notte	2,81E-03	1'443'687	4'701,94	30	3,11E-07
1D	Tratta 1 – km 226/256	Sud	Giorno	8,44E-03	7'579'356	24'685,18	30	9,33E-07
2A	Tratta 2 – km 257/285	Nord	Notte	3,75E-03	1'258'283	4'530,38	30	4,44E-07
2B	Tratta 2 – km 257/285	Nord	Giorno	1,13E-02	7'130'269	25'672,12	30	1,33E-06
2C	Tratta 2 – km 257/285	Sud	Notte	3,75E-03	1'342'168	4'735,47	30	4,41E-07
2D	Tratta 2 – km 257/285	Sud	Giorno	1,13E-02	7'046'384	24'861,19	30	1,32E-06
3A	Tratta 3 – km 287/315	Nord	Notte	2,81E-03	1'259'195	4'338,37	26	3,72E-07
3B	Tratta 3 – km 287/315	Nord	Giorno	8,44E-03	7'135'440	24'584,11	26	1,12E-06
3C	Tratta 3 – km 287/315	Sud	Notte	2,81E-03	1'343'142	4'536,01	26	3,76E-07
3D	Tratta 3 – km 287/315	Sud	Giorno	8,44E-03	7'051'493	23'814,04	26	1,13E-06

Tabella 3.19: Frequenza eventi incidentali per tratta, direzione e ora (giorno/notte)



Rif.	Tratta	Dir.	Giorno ⁵ notte	Frequenza evento (occ./anno km)	Sostanza	Frazione tipologia sostanza ⁶	Scenario	Probabilità	Frequenza incidente (occ./anno km)
1A-B1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	Benzina	0.318	Pool fire	1.86E-02	7,75E-10
1A-B2N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	Benzina	0.318	Flash fire	5.70E-03	2,37E-10
1A-B3N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	Benzina	0.318	UVCE	2.30E-03	9,58E-11
1A-G1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	GPL	0.078	Jet fire	4.96E-02	4,70E-10
1A-G2N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	GPL	0.078	Flash fire	9.50E-03	9,70E-11
1A-G3N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	GPL	0.078	UVCE	4.40E-03	4,49E-11
1A-O1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	Ossigeno	0.025	Dispersione	1	3,27E-09
1A-M1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	Metanolo	0.004	Dispersione	1	5,24E-10
1A-N1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Notte - 0.417	3,14E-07	Ammoniaca anidra	0.009	Dispersione	1	1,65E-09
1B-B1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	Benzina	0.318	Pool fire	1.86E-02	3,25E-09
1B-B2N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	Benzina	0.318	Flash fire	5.70E-03	9,97E-10
1B-B3N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	Benzina	0.318	UVCE	2.30E-03	4,02E-10
1B-G1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	GPL	0.078	Jet fire	4.96E-02	2,13E-09
1B-G2N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	GPL	0.078	Flash fire	9.50E-03	4,08E-10
1B-G3N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	GPL	0.078	UVCE	4.40E-03	1,89E-10
1B-O1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	Ossigeno	0.025	Dispersione	1	1,37E-08
1B-M1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	Metanolo	0.004	Dispersione	1	2,20E-09
1B-N1N	Tratta 1 – km 226/256	Nord	Giorno - 0.583	9,43E-07	Ammoniaca anidra	0.009	Dispersione	1	4,95E-09

Tabella 3.20: Frequenza eventi incidentali Tratta 1 – NORD (G228N)

Rif.	Tratta	Dir.	Giorno/ notte	Frequenza evento (occ./anno km)	Sostanza	Frazione tipologia sostanza	Scenario	Probabilità	Frequenza incidente (occ./anno km)
1C-B1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	Benzina	0.365	Pool fire	1.86E-02	8,80E-10
1C-B2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	Benzina	0.365	Flash fire	5.70E-03	2,70E-10
1C-B3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	Benzina	0.365	UVCE	2.30E-03	1,09E-10
1C-G1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	GPL	0.070	Jet fire	4.96E-02	4,17E-10
1C-G2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	GPL	0.070	Flash fire	9.50E-03	8,62E-11
1C-G3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	GPL	0.070	UVCE	4.40E-03	3,99E-11
1C-O1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	Ossigeno	0.021	Dispersione	1	2,72E-09
1C-M1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	Metanolo	0.032	Dispersione	1	4,15E-09
1C-N1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	3,11E-07	Ammoniaca anidra	0.009	Dispersione	1	1,63E-09
1D-B1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	Benzina	0.365	Pool fire	1.86E-02	3,69E-09
1D-B2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	Benzina	0.365	Flash fire	5.70E-03	1,13E-09
1D-B3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	Benzina	0.365	UVCE	2.30E-03	4,57E-10
1D-G1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	GPL	0.070	Jet fire	4.96E-02	1,89E-09
1D-G2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	GPL	0.070	Flash fire	9.50E-03	3,62E-10
1D-G3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	GPL	0.070	UVCE	4.40E-03	1,68E-10
1D-O1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	Ossigeno	0.021	Dispersione	1	1,14E-08
1D-M1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	Metanolo	0.032	Dispersione	1	1,74E-08
1D-N1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	9,33E-07	Ammoniaca anidra	0.009	Dispersione	1	4,90E-09

Tabella 3.21: Frequenza eventi incidentali Tratta 1 – SUD (G228S)

⁵ Percentuale ore sull'arco temporale

⁶ Per la tratta 1 sono stati considerati i veicoli transitati al varco 228 (N-S), per la tratta 3 quelli transitati al varco 310 (N-S), per la tratta 2 è stata calcolata la media tra i veicoli transitati ai due varchi



Rif.	Tratta	Dir.	Giorno/ notte	Frequenza evento (occ./anno km)	Sostanza	Frazione tipologia sostanza	Scenario	Probabilità	Frequenza incidente (occ./anno km)
2A-B1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	Benzina	0.318	Pool fire	1.86E-02	1,10E-09
2A-B2N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	Benzina	0.318	Flash fire	5.70E-03	3,36E-10
2A-B3N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	Benzina	0.318	UVCE	2.30E-03	1,35E-10
2A-G1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	GPL	0.082	Jet fire	4.96E-02	6,98E-10
2A-G2N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	GPL	0.082	Flash fire	9.50E-03	1,44E-10
2A-G3N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	GPL	0.082	UVCE	4.40E-03	6,68E-11
2A-O1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	Ossigeno	0.051	Dispersione	1	9,44E-09
2B-M1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	Metanolo	0.008	Dispersione	1	1,11E-09
2A-N1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Notte -0.417	4,44E-07	Ammoniaca anidra	0.006	Dispersione	1	2,07E-09
2B-B1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	Benzina	0.318	Pool fire	1.86E-02	4,60E-09
2B-B2N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	Benzina	0.318	Flash fire	5.70E-03	1,41E-09
2B-B3N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	Benzina	0.318	UVCE	2.30E-03	5,69E-10
2B-G1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	GPL	0.082	Jet fire	4.96E-02	3,16E-09
2B-G2N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	GPL	0.082	Flash fire	9.50E-03	6,06E-10
2B-G3N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	GPL	0.082	UVCE	4.40E-03	2,81E-10
2B-O1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	Ossigeno	0.051	Dispersione	1	3,97E-08
2B-M1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	Metanolo	0.006	Dispersione	1	4,67E-09
2B-N1N	Tratta 2 - km 257/285	Nord	Giorno - 0.583	1,33E-06	Ammoniaca anidra	0.008	Dispersione	1	6,22E-09

Tabella 3.22: Frequenza eventi incidentali Tratta 2 – NORD (G228N/G310N)

Rif.	Tratta	Dir.	Giorno/ notte	Frequenza evento (occ./anno km)	Sostanza	Frazione tipologia sostanza	Scenario	Probabilità	Frequenza incidente (occ./anno km)
2C-B1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	Benzina	0.375	Pool fire	1.86E-02	1,28E-09
2C-B2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	Benzina	0.375	Flash fire	5.70E-03	3,93E-10
2C-B3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	Benzina	0.375	UVCE	2.30E-03	1,58E-10
2C-G1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	GPL	0.071	Jet fire	4.96E-02	6,00E-10
2C-G2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	GPL	0.071	Flash fire	9.50E-03	1,24E-10
2C-G3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	GPL	0.071	UVCE	4.40E-03	5,74E-11
2C-O1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	Ossigeno	0.052	Dispersione	1	9,56E-09
2C-M1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	Metanolo	0.020	Dispersione	1	3,68E-09
2C-N1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Notte -0.417	4,41E-07	Ammoniaca anidra	0.006	Dispersione	1	1,54E-09
2D-B1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	Benzina	0.375	Pool fire	1.86E-02	5,38E-09
2D-B2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	Benzina	0.375	Flash fire	5.70E-03	1,65E-09
2D-B3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	Benzina	0.375	UVCE	2.30E-03	6,66E-10
2D-G1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	GPL	0.071	Jet fire	4.96E-02	2,72E-09
2D-G2S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	GPL	0.071	Flash fire	9.50E-03	5,21E-10
2D-G3S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	GPL	0.071	UVCE	4.40E-03	2,41E-10
2D-O1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	Ossigeno	0.052	Dispersione	1	4,01E-08
2D-M1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	Metanolo	0.020	Dispersione	1	1,54E-08
2D-N1S	Tratta 2 - km 257/285	Sud	Giorno - 0.583	1,32E-06	Ammoniaca anidra	0.006	Dispersione	1	4,63E-09

Tabella 3.23: Frequenza eventi incidentali Tratta 2 – SUD (G228S/G310S)



Rif.	Tratta	Dir.	Giorno/ notte	Frequenza evento (occ./anno km)	Sostanza	Frazione tipologia sostanza	Scenario	Probabilità	Frequenza incidente (occ./anno km)
3A-B1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	Benzina	0.318	Pool fire	1.86E-02	9,18E-10
3A-B2N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	Benzina	0.318	Flash fire	5.70E-03	2,81E-10
3A-B3N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	Benzina	0.318	UVCE	2.30E-03	1,13E-10
3A-G1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	GPL	0.085	Jet fire	4.96E-02	6,07E-10
3A-G2N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	GPL	0.085	Flash fire	9.50E-03	1,25E-10
3A-G3N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	GPL	0.085	UVCE	4.40E-03	5,80E-11
3A-O1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	Ossigeno	0.077	Dispersione	1	1,19E-08
3B-M1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	Metanolo	0.0077	Dispersione	1	3,59E-09
3A-N1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Notte -0.417	3,72E-07	Ammoniaca anidra	0.0068	Dispersione	1	4,44E-09
3B-B1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	Benzina	0.318	Pool fire	1.86E-02	3,86E-09
3B-B2N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	Benzina	0.318	Flash fire	5.70E-03	1,18E-09
3B-B3N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	Benzina	0.318	UVCE	2.30E-03	4,77E-10
3B-G1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	GPL	0.085	Jet fire	4.96E-02	2,75E-09
3B-G2N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	GPL	0.085	Flash fire	9.50E-03	5,27E-10
3B-G3N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	GPL	0.085	UVCE	4.40E-03	2,44E-10
3B-O1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	Ossigeno	0.077	Dispersione	1	5,02E-08
3B-M1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	Metanolo	0.0077	Dispersione	1	5,02E-09
3B-N1N	Tratta 3 - km 286/315	Nord	Giorno - 0.583	1,12E-06	Ammoniaca anidra	0.0068	Dispersione	1	4,44E-09

Tabella 3.24: Frequenza eventi incidentali Tratta 3 – NORD (G310N)

Rif.	Tratta	Dir.	Giorno/ notte	Frequenza evento (occ./anno km)	Sostanza	Frazione tipologia sostanza	Scenario	Probabilità	Frequenza incidente (occ./anno km)
3C-B1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	Benzina	0.386	Pool fire	1.86E-02	1,12E-09
3C-B2S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	Benzina	0.386	Flash fire	5.70E-03	3,44E-10
3C-B3S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	Benzina	0.386	UVCE	2.30E-03	1,39E-10
3C-G1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	GPL	0.072	Jet fire	4.96E-02	5,19E-10
3C-G2S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	GPL	0.072	Flash fire	9.50E-03	1,07E-10
3C-G3S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	GPL	0.072	UVCE	4.40E-03	4,96E-11
3C-O1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	Ossigeno	0.084	Dispersione	1	1,32E-08
3C-M1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	Metanolo	0.0079	Dispersione	1	1,24E-09
3C-N1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Notte -0.417	3,76E-07	Ammoniaca anidra	0.003	Dispersione	1	6,58E-10
3D-B1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	Benzina	0.386	Pool fire	1.86E-02	4,73E-09
3D-B2S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	Benzina	0.386	Flash fire	5.70E-03	1,45E-09
3D-B3S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	Benzina	0.386	UVCE	2.30E-03	5,84E-10
3D-G1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	GPL	0.072	Jet fire	4.96E-02	2,35E-09
3D-G2S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	GPL	0.072	Flash fire	9.50E-03	4,50E-10
3D-G3S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	GPL	0.072	UVCE	4.40E-03	2,09E-10
3D-O1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	Ossigeno	0.084	Dispersione	1	5,53E-08
3D-M1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	Metanolo	0.0079	Dispersione	1	5,20E-09
3D-N1S	Tratta 3 - km 286/315	Sud	Giorno - 0.583	1,13E-06	Ammoniaca anidra	0.003	Dispersione	1	1,97E-09

Tabella 3.25: Frequenza eventi incidentali Tratta 3 – SUD (G310S)

3.9. DEFINIZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

I dati meteorologici di riferimento sono stati ricavati dall'archivio storico della stazione "Mantova Lunetta2" resi disponibili sul sito internet di ARPA Lombardia^{/35/}.

Parametro	Valore
Temperatura media ambiente giorno (°C)	16.9
Temperatura media suolo giorno (°C)	16.9
Temperatura media acqua giorno (°C)	16.9
Umidità relativa giorno (%)	68.2
Pressione ambiente giorno (bar)	1.0151
Radiazione solare giorno (W/m ²)	300
Temperatura media ambiente notte (°C)	12.9
Temperatura media suolo notte (°C)	12.9
Temperatura media acqua notte (°C)	12.9
Umidità relativa notte (%)	82.9
Pressione ambiente notte (bar)	1.0151
Radiazione solare notte (W/m ²)	1.3
Frazione di CO2 in atmosfera (-)	0.0003
Latitudine (deg)	45°9'10"80 N
Nuvolosità (%)	50
Frazione del giorno meteorologica (-)	58.3

Tabella 3.26: Dati meteorologici

Per quanto riguarda la velocità e direzione del vento nelle figure e tabelle seguenti si riportano i dati relativi all'anno 2019

km	< 0.5	0.5 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 6	> 6
241	0.0	12.3	38.1	34.1	11.3	4.2
252	6.3	32.3	42.8	17.3	1.4	0.0
269	6.8	25.0	42.6	21.3	3.2	1.2
279	5.3	24.6	48.8	18.8	2.5	0.1
290	3.5	21.2	45.2	25.3	4.4	0.5
300	5.0	25.8	48.3	19.8	2.2	0.0
MEDIA	4.5	23.5	44.3	22.7	4.2	1.0

Tabella 3.27: Velocità dei venti

Facendo riferimento, per congruenza all'area di Mantova, si assumono i valori riportati nella Tabella 3.28 cui si attribuiscono le classi di stabilità indicate.

km	< 0.5	0.5 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 6	> 6
252	6.3	32.3	42.8	17.3	1.4	0.0
	NOTTE			GIORNO		
	0.5E	1E	2F	3B	5D	6C

Tabella 3.28: Velocità dei venti - Mantova

Per quanto riguarda la velocità e direzione del vento Tabella 3.29 si riepilogano i valori ricavati dalle figure delle pagine precedenti. Si evidenziano i valori medi e i valori relativi all'area di Mantova utilizzati nella modellazione.

Dir Vento	km						MEDIA
	241	252	269	279	290	300	
N	0	0	0	0	0	0	0.0
NNE	0	1	5	2	0	0	1.3
NE	10	5	12	7	1	2	6.2
ENE	12	12	16	8	7	10	10.8
E	9	14	10	15	12	8	11.3
ESE	5	11	8	11	10	4	8.2
SE	6	7	6	7	8	4	6.3
SSE	5	7	5	6	8	6	6.2
S	6	5	4	7	5	7	5.7
SSO	7	6	5	8	6	14	7.7
SO	9	8	8	9	5	12	8.5
OSO	14	9	8	8	6	12	9.5
O	8	8	7	7	9	11	8.3
ONO	4	6	4	4	12	7	6.2
NO	3	1	2	1	9	2	3.0
NNO	2	0	0	0	2	1	0.8

Tabella 3.29: Direzioni dei venti

4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO

4.1. RISCHIO INTERFERENZE CON STABILIMENTI SEVESO

Per quanto concerne la valutazione del rischio chimico derivante dalla presenza di stabilimenti industriali Seveso, sono stati identificati gli stabilimenti con pericolo di incidente rilevante per valutare la compatibilità territoriale del progetto in funzione:

- del controllo dell'urbanizzazione per attività a rischio di incidente rilevante (ai sensi del D.M. 9 maggio 2001 attuazione dell'art. 22 del D.Lgs. 26 giugno 2015 n. 105)
- dell'effetto domino che potrebbero causare incidenti stradali con coinvolgimento di sostanze pericolose (come indicato da Allegato E parte 2 del D.Lgs. 105/2015).

Le aziende interessate dalla presenza di sostanze pericolose sono state individuate tramite l'inventario nazionale degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (ultimo aggiornamento 29 febbraio 2020) che raccoglie e riporta tutte le informazioni pervenute al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Ai fini dell'esecuzione dell'analisi si è provveduto alla raccolta dati relativa alle informazioni dei vari aspetti locali che servono a delineare la situazione al contorno del problema esaminato, ossia gli aspetti oro-topografici, meteo-climatici, socio-economici, le industrie che nel territorio in esame siano potenziale fonte di rischio per il trasporto stradale, le sostanze pericolose trattate, i loro quantitativi ed i flussi movimentati.

L'identificazione degli stabilimenti PIR (pericolo di incidente rilevante) è stata necessaria per valutare innanzitutto le potenziali aree di danno che potrebbero interessare la tratta stradale analizzata.

Si è proceduto individuando e mappando in maniera georeferenziata rispetto all'asse autostradale tutti gli stabilimenti ricadenti all'interno dei comuni interessati dalla tratta Verona – Modena oggetto dell'intervento di potenziamento alla 3° corsia dell'autostrada A22 del Brennero.

La ricognizione effettuata ha restituito gli esiti presentati nella successiva Tabella in cui sono inserite le seguenti informazioni:

- il Comune in cui ha sede lo stabilimento
- la ragione sociale dello stabilimento
- la distanza espressa in metri dello stabilimento dal tracciato della A22 del Brennero
- la tipologia dell'attività specifica dello stabilimento
- la soglia che caratterizza lo stabilimento definita "soglia inferiore" o "soglia superiore" secondo la classificazione introdotta dal citato D.Lgs. n.105/2015

Comune	Ragione Sociale	Distanza A22 (m)	Attività	Soglia
Povegliano Veronese	Chimica CBR spa	1350	(22) Impianti chimici	Inferiore
Povegliano Veronese	Valentis srl	1300	(22) Impianti chimici	Inferiore
Villafranca di Verona	PUBLIGAS VERONA spa	5500	(14) Stoccaggio di GPL	Superiore
Mantova	IES spa Italiana Energia e Servizi	3000	(10) Stoccaggio di combustibili (anche per il riscaldamento, la vendita al dettaglio ecc.)	superiore
Mantova	SAPIO PRODUZIONE IDROGENO OSSIGENO SRL - Stabilimento di Mantova	1400	(39) Altra attività (non specificata altrimenti nell'elenco). Stoccaggio, infustamento e commercializzazione di prodotti	Inferiore
Mantova	SOL Gas Primari srl.	1700	(22) Impianti chimici	Superiore
Mantova	Versalis spa	1700	(22) Impianti chimici	Superiore
Correggio	Dow Italia srl - Stabilimento di Correggio	1600	(38) Fabbricazione di sostanze chimiche (non specificate altrimenti nell'elenco)	superiore
Correggio	SILCOMPA spa	7800	(39) Altra attività (non specificata altrimenti nell'elenco). Stoccaggio, trasformazione e commercializzazione alcol etilico	Inferiore

Tabella 4.1: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante e distanza dalla tratta Verona - Modena dell'autostrada A22 del Brennero

Per identificare le aziende che potenzialmente possono impattare sull'autostrada in caso di incidenti rilevanti, o essere impattate da eventuali incidenti coinvolgenti sostanze pericolose, è stato applicato un primo criterio di verifica basato sulla considerazione di una distanza dal ciglio autostradale più prossimo della tratta Verona – Modena della A22 del Brennero individuata da un buffer di 400 metri.

Tale distanza è stata assunta quale valore primario dell'analisi poiché identifica un'area di danno statisticamente valutata come indicativa delle massime conseguenze dall'epicentro dell'evento.

Come si evince dalla disamina delle distanze degli stabilimenti PIR (pericolo di incidente rilevante) riportati nella Tabella 4.1 precedente non emergono situazioni che verificano questa condizione.

Pertanto non ricadendo nessuna delle aziende presenti in tale raggio di azione, l'analisi è stata estesa a quelle ricadenti in un raggio di 1 km, valore definito alla nota 7 dell'allegato E del D.lgs. 105/2015 come distanza entro cui investigare possibili effetti domino.

Anche con riferimento a questo secondo criterio di valutazione, quindi considerando una distanza dal ciglio autostradale più prossimo della tratta Verona – Modena della A22 del Brennero individuata da un buffer di 1000 metri, non si rileva la localizzazione di nessuno stabilimento.

Pertanto, in ragione dell'assenza di stabilimenti PIR sia all'interno del buffer primario di 400 metri dal ciglio autostradale sia all'interno del buffer secondario di 1000 metri dal ciglio autostradale della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero, risulta verificata la compatibilità territoriale del progetto rispetto:

- al controllo dell'urbanizzazione per attività a rischio di incidente rilevante (ai sensi del D.M. 9 maggio 2001 attuazione dell'art. 22 del D.Lgs. 26 giugno 2015 n. 105)
- all'effetto domino che potrebbero causare incidenti stradali con coinvolgimento di sostanze pericolose (come indicato da Allegato E parte 2 del D.Lgs. 105/2015).

Il rischio derivante dalla presenza di stabilimenti con pericolo di incidente rilevante, per la loro localizzazione dall'asse autostradale superiore al buffer di 1000 metri, può essere considerata trascurabile.

Pertanto non risulta necessario effettuare ulteriori analisi puntuali riferite alla possibilità di accadimenti di incidenti rilevanti connessi agli stabilimenti PIR localizzati lungo il tracciato Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero.

Le figure successive riportano, con differente livello di zoom, le risultanze della mappatura degli stabilimenti PIR rispetto al tracciato della tratta compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena che costituisce l'oggetto dell'adeguamento alla 3° corsia dell'Autostrada A22 del Brennero.

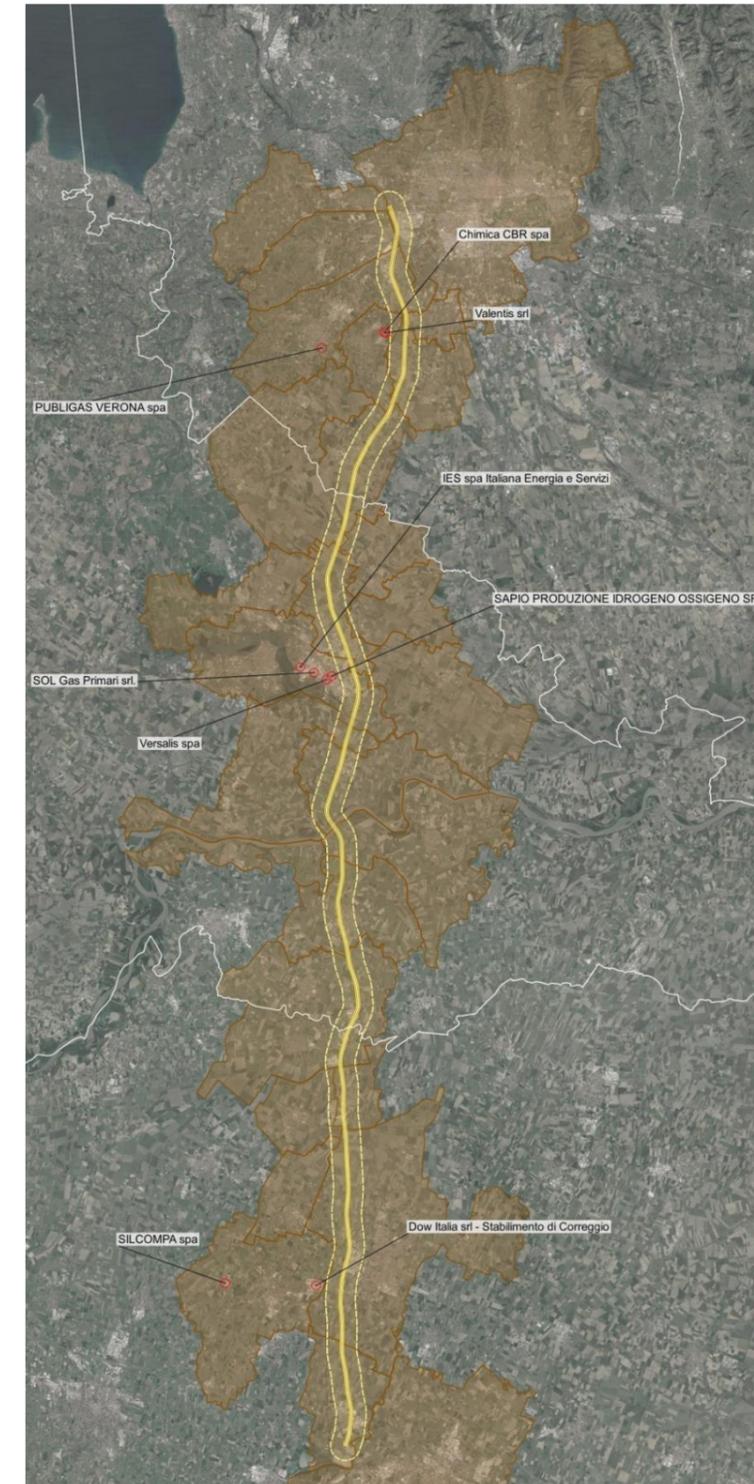


Figura 4.1: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (vista di insieme)

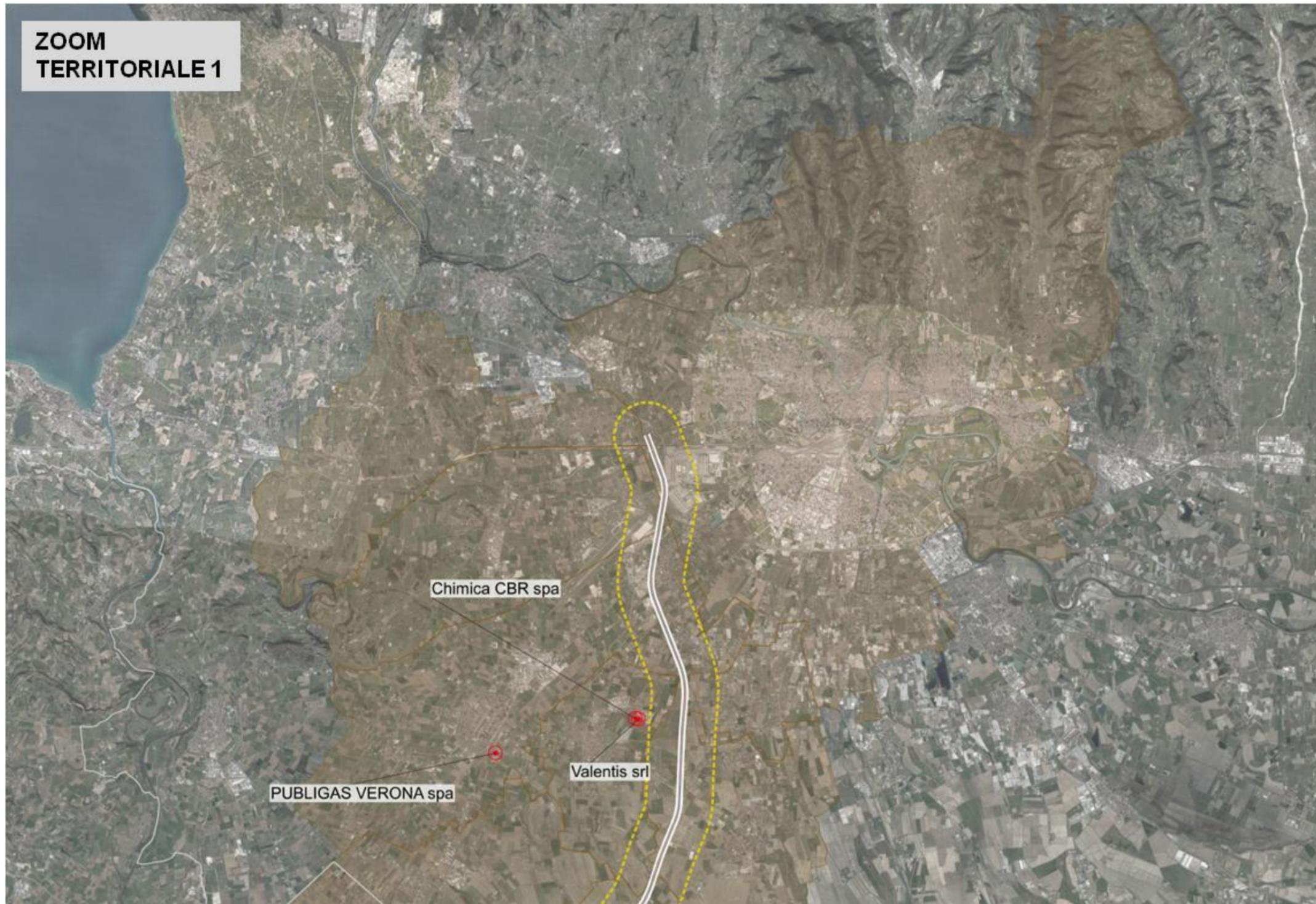


Figura 4.2: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 1° finestra territoriale)

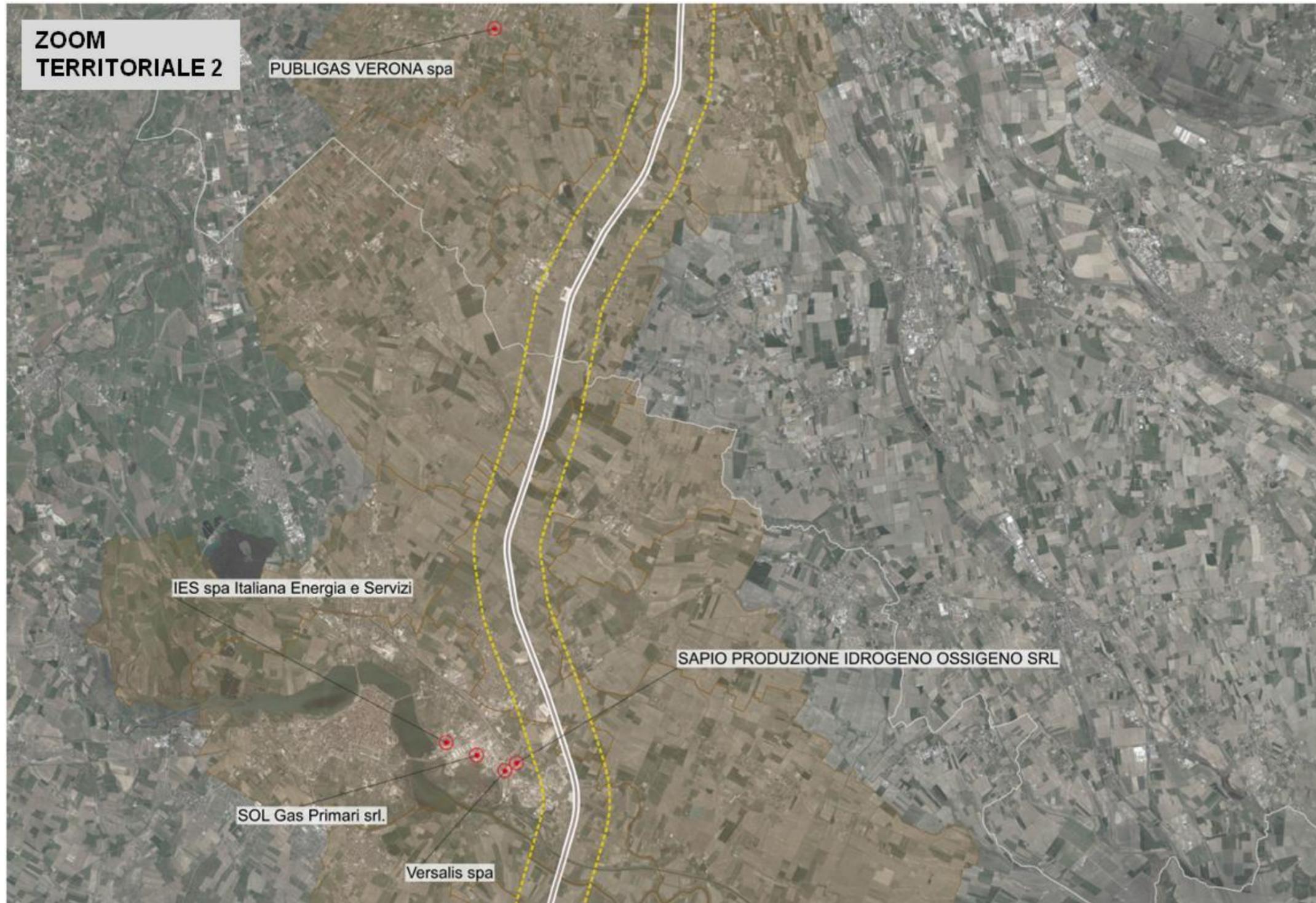


Figura 4.3: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 2° finestra territoriale)



Figura 4.4: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 3° finestra territoriale)



Figura 4.5: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 4° finestra territoriale)

4.2. ANALISI T.R.A. - RISCHIO TRASPORTO MERCI PERICOLOSE

L'attività di quantificazione del rischio sul territorio prevede la definizione di due parametri relativi alla possibilità di decesso ovvero:

- il "Rischio Individuale"
- il "Rischio Sociale"

Tali parametri sono alla base della formulazione degli indicatori grafici quali: le "curve di iso-rischio" e le "curve F-N", dove N è il numero di decessi e F la frequenza cumulata degli eventi incidentali con un numero di decessi pari o superiore a N.

Il **Rischio Individuale** rappresenta la frequenza di decesso di un individuo in seguito ad un incidente di uno o più veicoli adibiti al trasporto di merci pericolose che comporta il rilascio di tali sostanze. L'individuo è assunto essere all'aperto e privo di mezzi di protezione durante tutta la durata dell'esposizione. In realtà però l'individuo non è sempre sottoposto a tale rischio, poiché la sua presenza nel punto non può essere assunta costante.

Il rischio individuale locale è sostanzialmente una frequenza (occasioni di decesso/anno), che si può ottenere attraverso una serie di valutazioni che tengono conto sia del grado di esposizione, sia della probabilità di accadimento dell'evento incidentale, sia ancora della vulnerabilità agli effetti dell'incidente nel punto specifico. Il Rischio Individuale viene rappresentato in planimetria mediante linee di contorno che delimitano le aree di "iso-rischio".

Il **Rischio Sociale** rappresenta una misura del rischio globale a cui è sottoposta la popolazione che occupa una determinata area ubicata in prossimità di una sorgente di rischio.

Più in dettaglio, il Rischio Sociale rappresenta la frequenza relativa a un incidente con N o più persone il cui decesso può essere assunto essere simultaneo. Il Rischio Sociale cumulativo è rappresentato attraverso una "curva F-N", dove N è il numero di decessi e F la frequenza cumulata degli eventi incidentali con un numero di decessi pari o superiore a N.

Ai fini del calcolo di questo indice di rischio è necessario disporre dei dati di popolazione e di presenze nei punti sensibili dell'area e la frequenza di accadimento di un evento incidentale in un ciascun punto (per ogni tipologia di scenario, per ogni tipologia di condizione meteo e direzione del vento). Il numero totale di persone che subisce il danno di riferimento in seguito al verificarsi del generico scenario è valutato dalla somma di tutti i punti dell'area, su tutte le categorie di popolazione e sulla posizione indoor/outdoor.

Con questo tipo di dati, prendendo in considerazione tutte le categorie di abitanti presenti e tutti gli scenari, è possibile costruire la curva cumulativa F-N. Il rischio sociale è dunque quantificabile come la somma delle frequenze di tutti gli incidenti che si ipotizza si possano verificare, ognuno dei quali determini la morte di un numero di individui maggiore o uguale a N.

Attualmente non esiste un criterio univoco di accettabilità del rischio stradale da potersi utilizzare nell'ambito delle valutazioni di rischio.

Ai fini di un giudizio circa la compatibilità con un criterio internazionale si è assunto in prima analisi il criterio di accettabilità definito dall'ente Health Safety Executive britannico (HSE) [40] e visualizzato nella figura successiva.

Per valutare se il Rischio Sociale calcolato rispecchi criteri di accettabilità (ovvero se il rischio dato da frequenza ed entità del danno rispecchi una condizione comunemente accettata), questo viene messo a confronto con due ulteriori grafici:

- la soglia di accettabilità del rischio
- la soglia non accettabilità del rischio

Perché il rischio sia considerato accettabile, questo non deve in nessun punto superare la soglia di non accettabilità. Se si colloca al di sotto della soglia di accettabilità, non necessita di essere indagato ulteriormente, in quanto questo implica che il rischio generato dalle condizioni in essere è ampiamente accettato a livello di comunità.

Qualora invece, si collochi tra le due soglie, diventa necessario valutare se sia possibile intervenire sulla condizione vigente per ridurre l'entità.

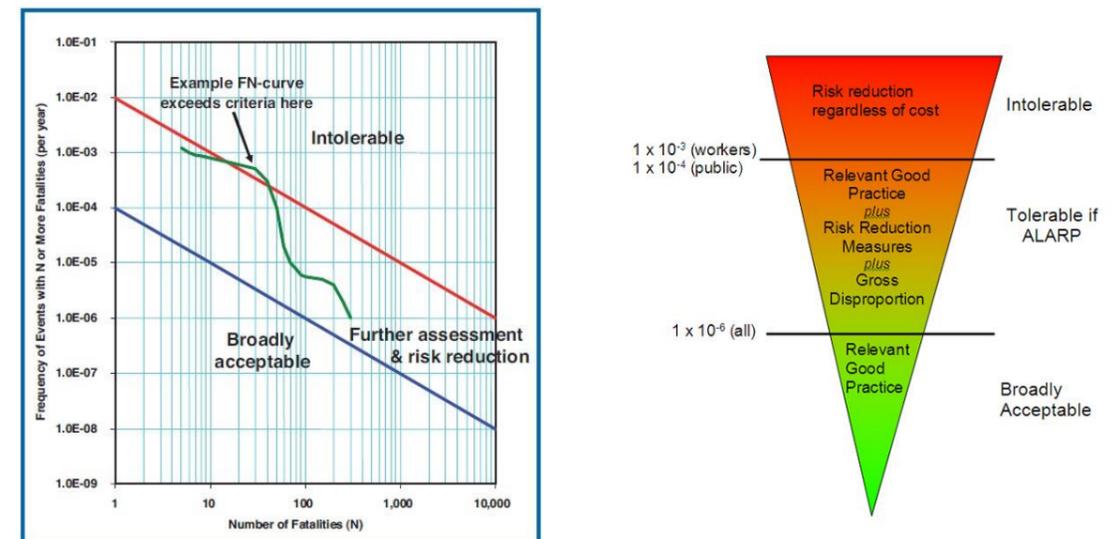


Figura 4.6: Esempio di curva di accettabilità del rischio stradale

Si precisa infine che i due termini "accettabilità" e tollerabilità" sono qui considerati sinonimi, come da uso comune, anche se li distingue una sottile differenza legata alla volontarietà dell'esposizione.

Successivamente (Cfr. Capitolo 6

CRITERI DI ACCETTABILITÀ) si è provveduto ad aggiornare tale criterio.

Per quanto concerne l'Analisi Quantitativa del Rischio riguardante il trasporto di merci pericolose (T.R.A.), si fa riferimento a quanto indicato nel PURPLE BOOK [24], tenendo presente il fatto che le regole fornite sono generali e devono essere applicate a situazioni aperte, in altre parole percorsi di trasporto in cui non siano presenti ostacoli, come gallerie, barriere antirumore, ecc. che devono essere considerati caso per caso.

I dati di base necessari per condurre l'Analisi Quantitativa del Rischio relativa al trasporto di sostanze pericolose includono:

- Descrizione dei flussi di trasporto (numero di mezzi/anno in transito suddivisi per sostanza o categoria, di giorno e di notte)
- Descrizione del tipo di strada
- Analisi dei transiti con merci pericolose e proprietà delle sostanze di riferimento
- Descrizione dei mezzi di trasporto
- Descrizione del numero di incidenti
- Descrizione delle fonti di innesco
- Popolazione presente nelle vicinanze della strada
- Dati meteorologici.

Tali aspetti sono stati introdotti e trattati nel precedente capitolo 3 e costituiscono dati di input per le successive analisi riferite al rischio di trasporto di merci pericolose in termini Rischio Individuale chimico e Rischio Sociale chimico.

4.2.1. Rischio individuale chimico

Considerano sia i dati di riferimento introdotti nel Capitolo 3 sia l'hold-up del veicolo si è proceduto alla valutazione della durata del rilascio.

Nella Tabella 4.2 si riportano i risultati delle simulazioni effettuate

Sostanza	Hold-up ATB (m³)	Diametro di efflusso (mm)	Temperatura (°C)	Pressione (barg)	Portata (kg/s)	Durata (s)
Benzina	40	100	amb	atm	60.2	600
GPL	50	50	amb	saturazione	31.5	600
Metanolo	40	100	amb	atm	68.1	600
Ammoniaca	25	25	amb	saturazione	10.9	1500
Ossigeno	25	25	-183	7	11.8	2500

Tabella 4.2: Portata e durata del rilascio

Per la stima delle conseguenze del pool-fire si è ipotizzata una pozza illimitata mentre per il jet-fire si è considerato un rilascio orizzontale.

Per quanto riguarda il flash-fire il modello utilizzato richiede in input il raggio del flash-fire che è stato stimato per ciascuna delle condizioni atmosferiche considerate come evidenziato nella Tabella 4.3 (si è fatto riferimento al LFL)

Sostanza	0.5E	1E	2F	3B	5D	6C
Benzina	25	28	33	42	36	35
GPL	99	100	105	107	111	113

Tabella 4.3: Raggio Flash-fire

Per quanto riguarda l'UVCE il modello utilizzato richiede in input la massa esplosiva e la distanza del centro della nube dal punto di origine.

Considerando la presenza di numerose sorgenti di innesco lungo l'autostrada per la stima della massa infiammabile si è fatto riferimento a quella contenuta tra il limite superiore (UFL) ed inferiore di infiammabilità (LFL) mentre il centro della nube (punto di innesco) è stato posto pari alla distanza dell'UFL come evidenziato nella Tabella 4.4.

Sostanza	0.5E		1E		2F		3B		5D		6C	
	Massa (kg)	UFL (m)										
Benzina	10.6	8	4.8	8	12.4	8	2.4	8	1.6	8	1.0	8
GPL	3982	18.2	2309	17.8	1290	17.7	244	15.9	192	14.8	142	13.6

Tabella 4.4: Massa infiammabile e centro della nube per UVCE

Per quanto riguarda l'intensità dell'esplosione si è considerato:

- Weak deflagration per la benzina e
- Medium deflagration per il GPL

Per quanto riguarda le dispersioni tossiche di ammoniaca e metanolo si è fatto riferimento alle costanti di Probit riportate in letteratura.

Per quanto riguarda l'ossigeno, le linee guida EIGA IGC Doc 60/04/E [47] indicano che i pericoli legati alle caratteristiche comburenti dell'ossigeno possono insorgere già in atmosfere al 25%. Generalmente tali effetti sono lievi a concentrazioni di O₂ pari al 25%, significativi al 40% e prossimi al loro massimo al 50% ca.

Tali valori devono poi essere riproporzionati tenendo conto del fatto che l'atmosfera è costituita per il 21% da ossigeno.

Allo stesso modo una temperatura di -20 °C è considerata come il limite sopportabile da un essere umano.

Si è pertanto associato alle concentrazioni pari al 25% e 35% una probabilità di letalità rispettivamente pari al 10% e al 99.9%.

Assumendo inoltre un valore di n pari a 1 in quanto l'ossigeno non risulta classificato tossico, si sono stimati i seguenti valori per le due costanti:

- A = -79.339 kg/m³ s
- B = 12.99

Attraverso l'inserimento dei dati sopra riportati, il software RISKCURVES ha elaborato le curve di isorischio derivanti dal rilascio delle sostanze trasportate.

A conferma di quanto riportato nel capitolo 4.1 RISCHIO INTERFERENZE CON STABILIMENTI SEVESO è possibile innanzitutto rilevare come tutte le aree di danno identificate siano ampiamente entro 1000 m dal ciglio stradale.

Di conseguenza, come da valutazione iniziale, non sono stati considerati potenziali effetti domino che coinvolgessero gli stabilimenti presenti lungo la tratta.

Dato che le sorgenti dei possibili eventi incidentali sono costituite esclusivamente dai mezzi che trasportano le sostanze pericolose, le aree di danno identificate hanno uno sviluppo lineare omogeneo lungo tutta la tratta.

In Figura 3.16 si riporta la rappresentazione cartografica di quanto emerso dalle analisi effettuate che sostanziano come l'ungo il tracciato Verona – Modena della A22 del Brennero il rischio individuale chimico risulti compreso tra 1E-9 e 1E-10 occ./anno.

Analogamente a quanto effettuato per la visualizzazione grafica delle risultanze dell'analisi sugli stabilimenti PIR, di seguito sono riportate le viste di dettaglio relative alle risultanze ottenute dall'analisi del rischio chimico individuale connesso all'eventuale incidentalità di mezzi adibiti al trasporto di merci pericolose.

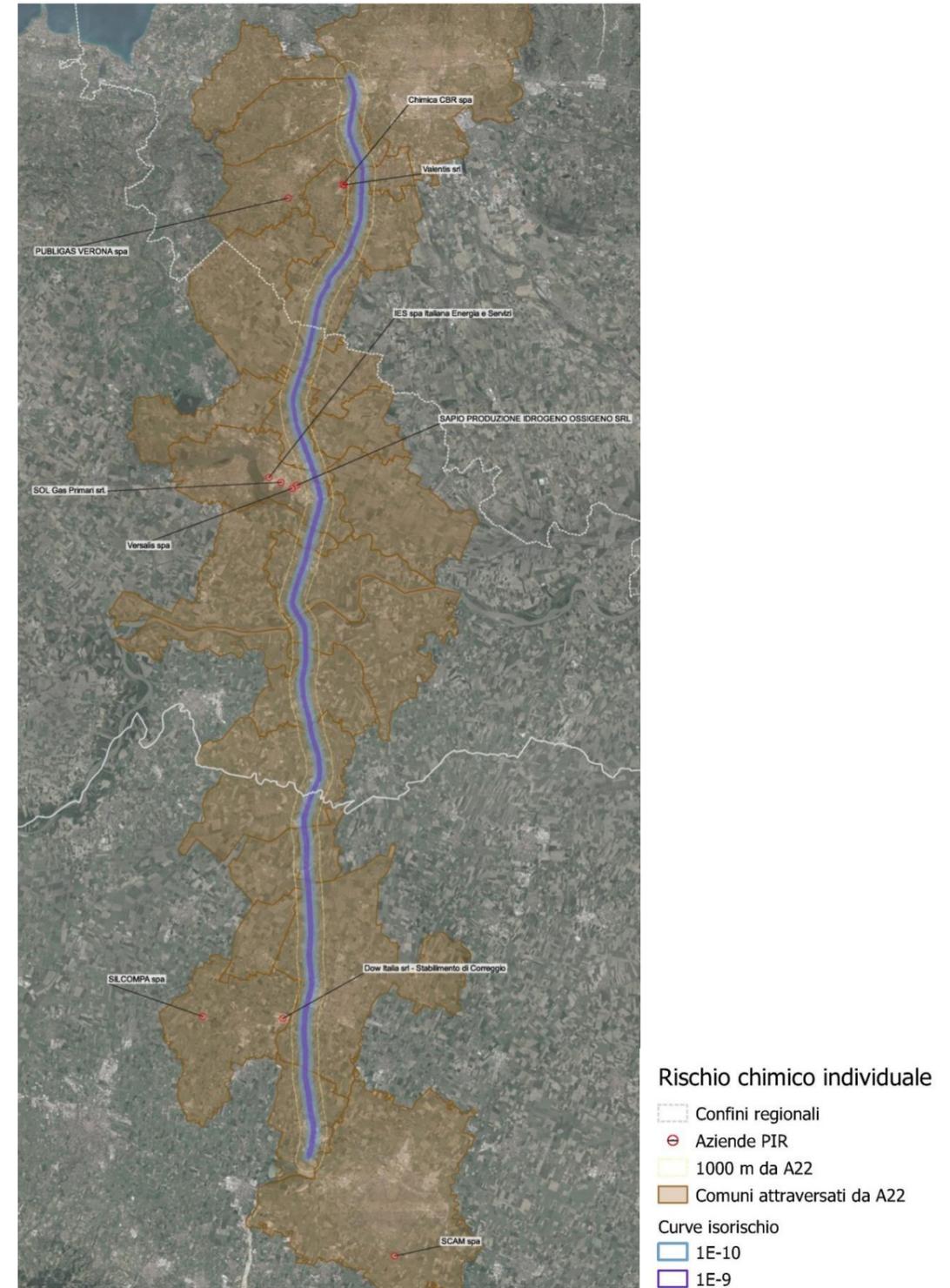


Figura 4.7: Analisi T.R.A. - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (vista di insieme)

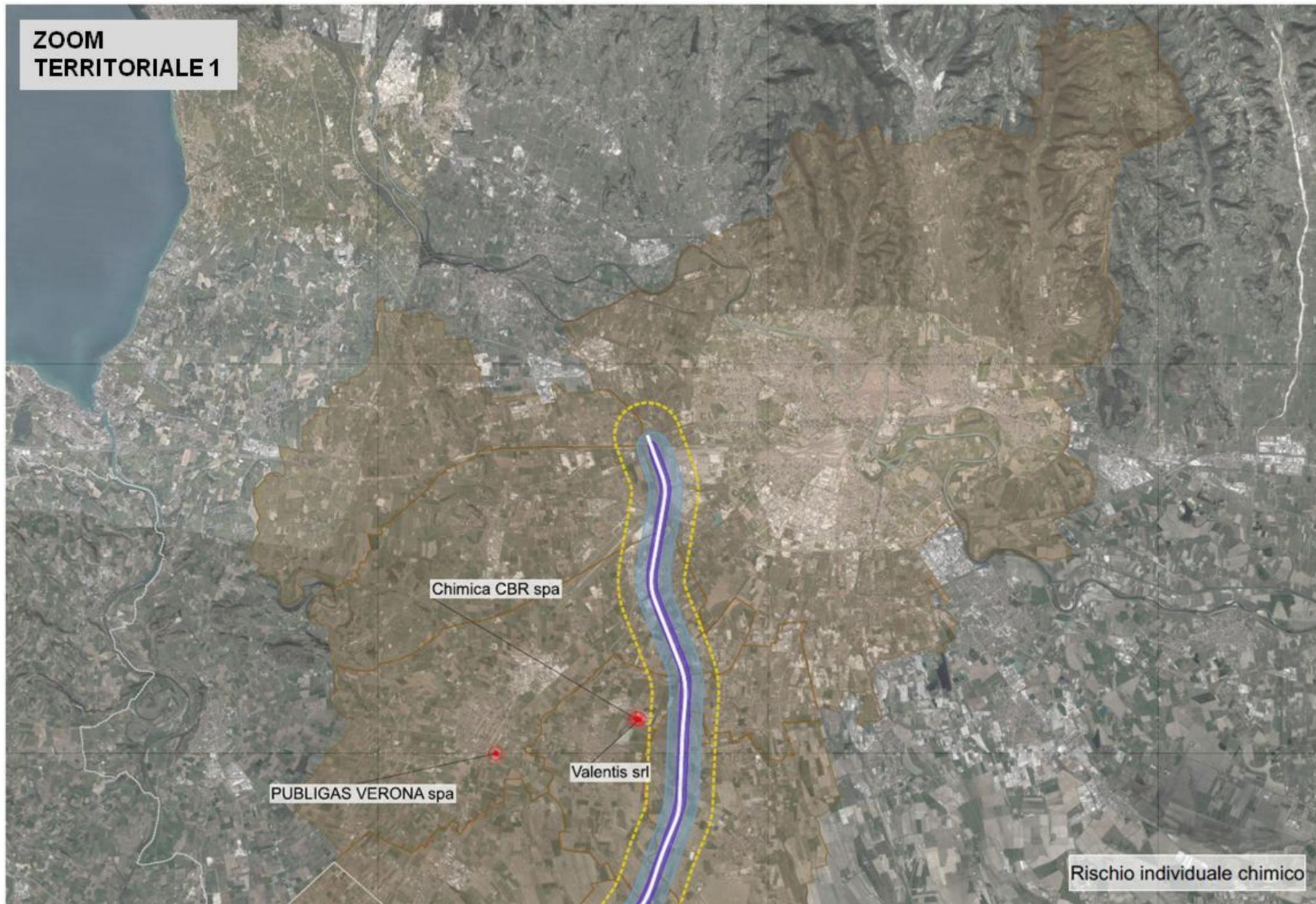


Figura 4.8: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 1° finestra territoriale)

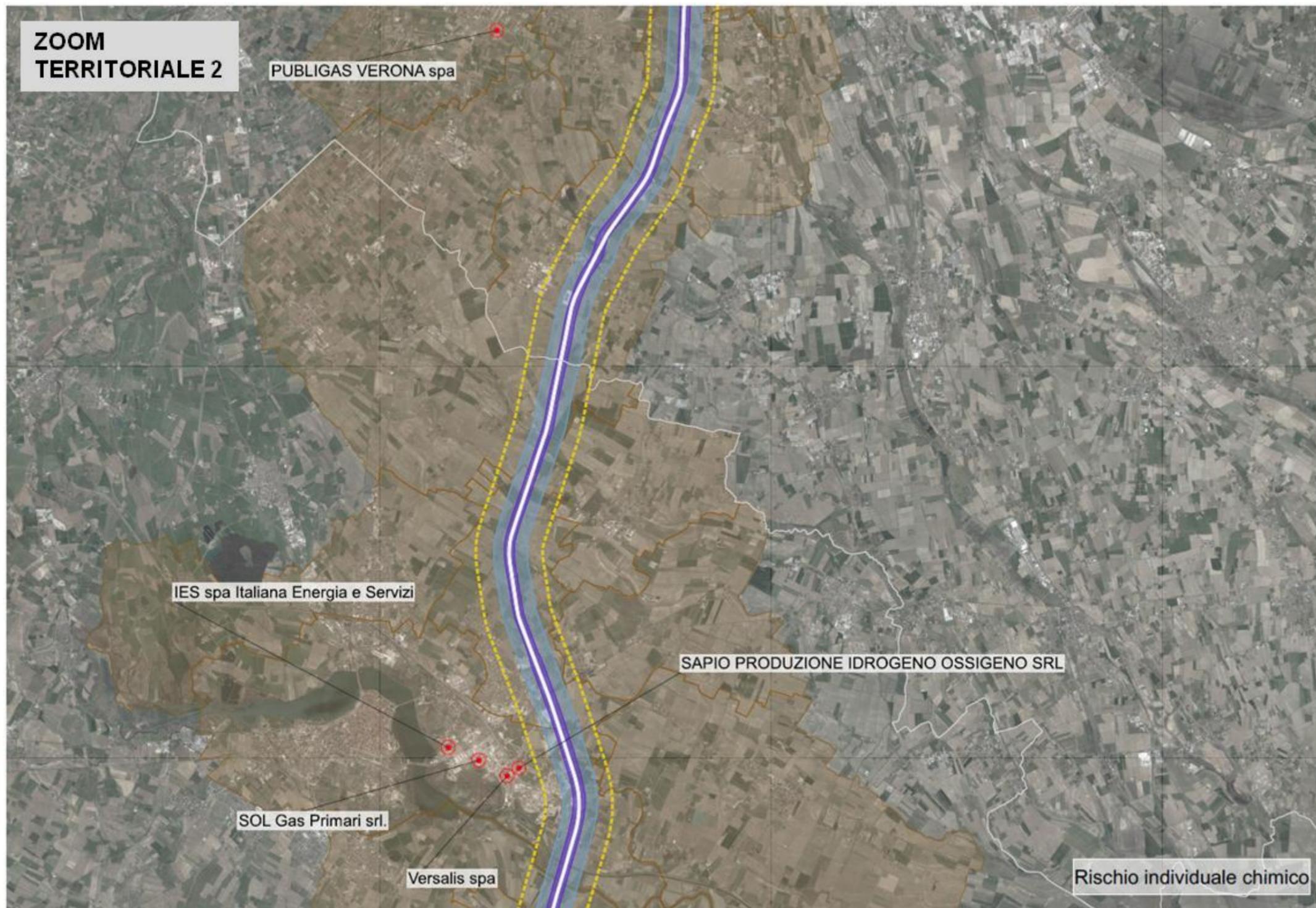


Figura 4.9: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 2° finestra territoriale)



Figura 4.10: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 3° finestra territoriale)



Figura 4.11: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 4° finestra territoriale)

4.2.2. Rischio sociale chimico

Se il Rischio Individuale locale costituisce il rischio in cui incorre il singolo considerata la sua permanenza in area specifica, il Rischio Sociale rappresenta, invece, una misura del rischio globale a cui è sottoposta la popolazione che occupa una determinata area ubicata in prossimità di una sorgente di rischio.

Avendo considerato l'autostrada alla stregua di una sorgente di rischio lineare, ci si è quindi concentrati sull'analisi della densità abitativa delle aree limitrofe.

Si è proceduto a mappare in maniera georeferenziata i dati sulla popolazione residente relativi all'ultimo Censimento ISTAT disponibile e quindi facendo riferimento all'indagine censuaria del 2011 [36].

Questo approccio ha consentito di porre in evidenza le aree più densamente abitate limitrofe al tracciato della tratta Verona Nord – Allacciamento Autostrada A1 Milano – Napoli dell'Autostrada A22 del Brennero.

La sovrapposizione ottenuta ha reso possibile l'identificazione delle aree maggiormente critiche che risultano localizzate in prossimità dei centri abitati.

Come è possibile notare dalla rappresentazione cartografica riportata nella Figura 317, in generale il rischio sociale lungo l'intero tracciato della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero è limitato quasi esclusivamente alla sede autostradale con una frequenza di accadimento che si mantiene mediamente su valori compresi tra $1E-9$ e $1E-10$.

Le eccezioni che identificano le situazioni di maggiore criticità sono localizzate, ovviamente, in prossimità dei centri abitati attraversati dall'infrastruttura: in tali situazioni la frequenza di accadimento risulta superiore ma, comunque, contenuta entro il valore di $1E-7$.

Anche in questo caso, in aggiunta alla vista complessiva della tratta Verona Nord – Allacciamento A1 dell'Autostrada A22 del Brennero, sono presentate nelle successive figure le viste territoriali di zoom.

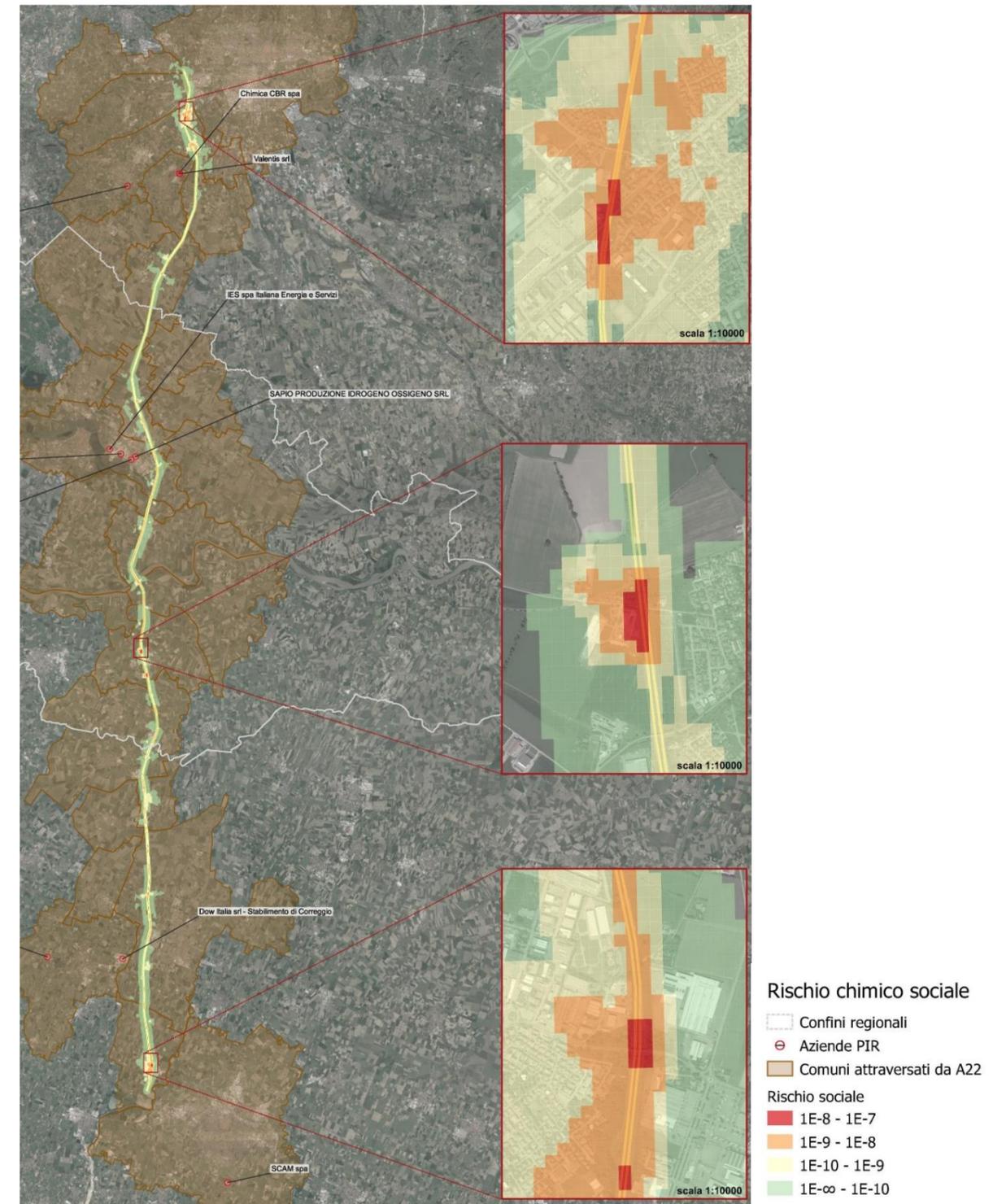


Figura 4.12: Rischio chimico sociale lungo la tratta Verona Modena della A22 (vista di insieme)

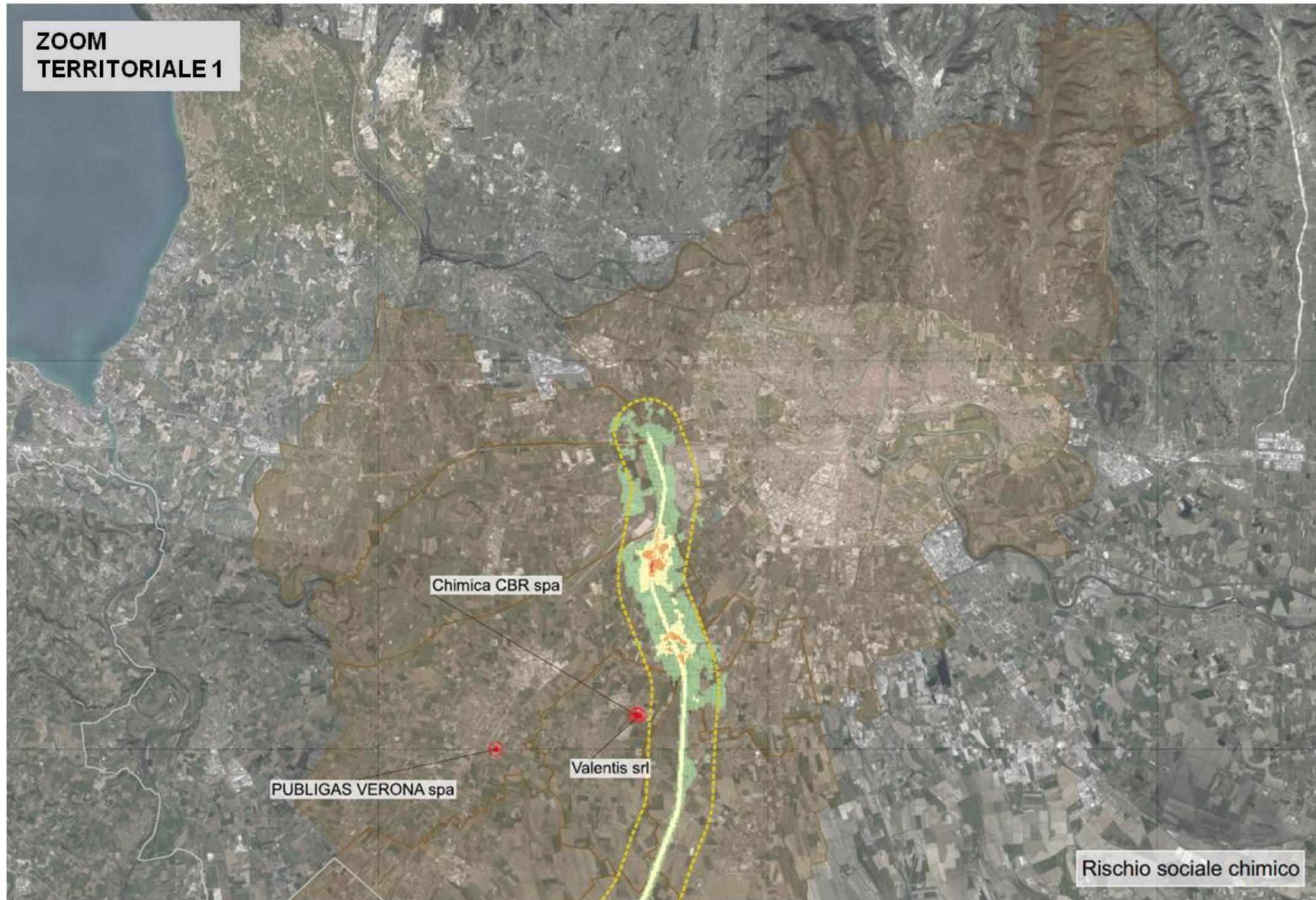


Figura 4.13: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 1° finestra territoriale)

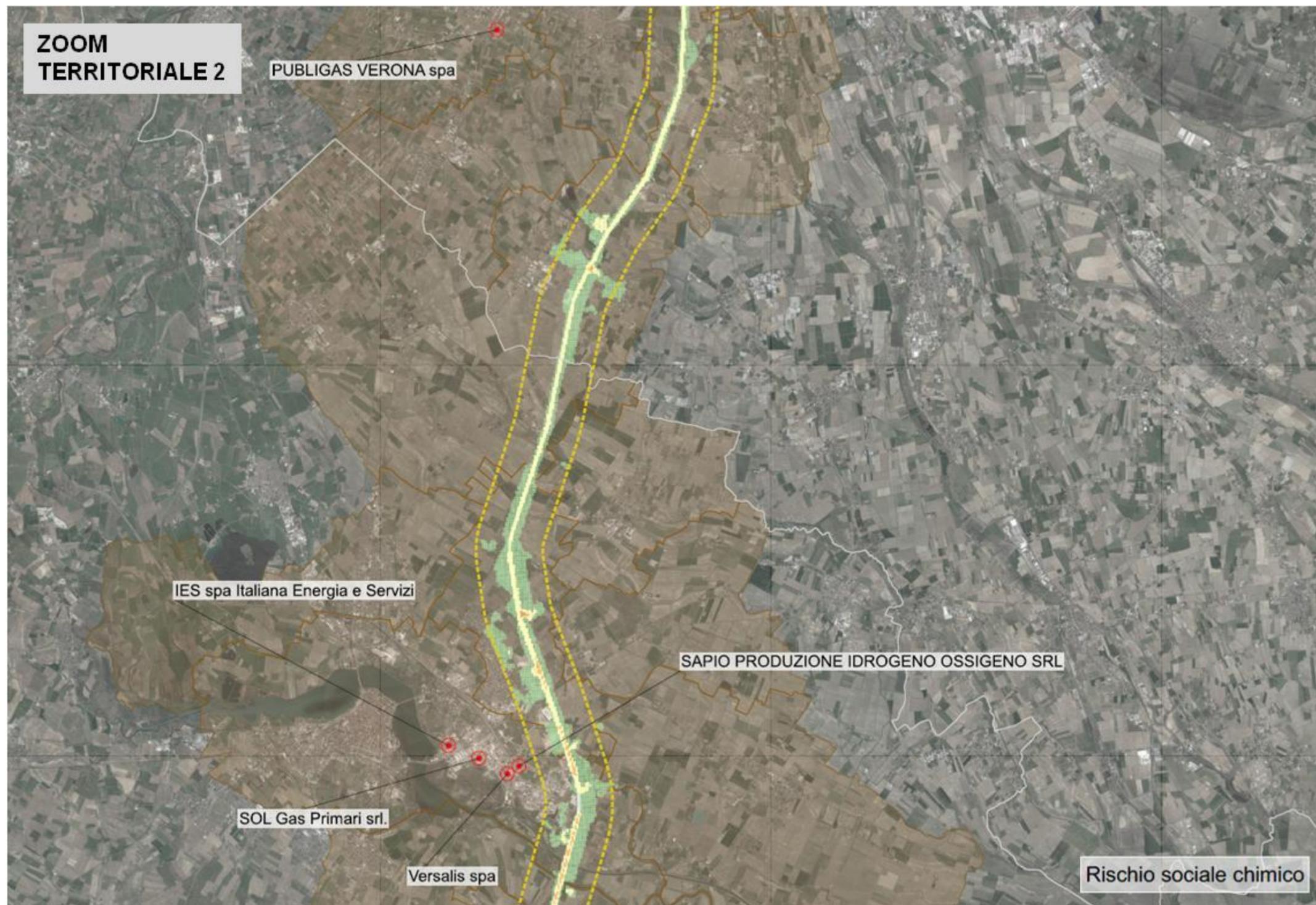


Figura 4.14: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 2° finestra territoriale)

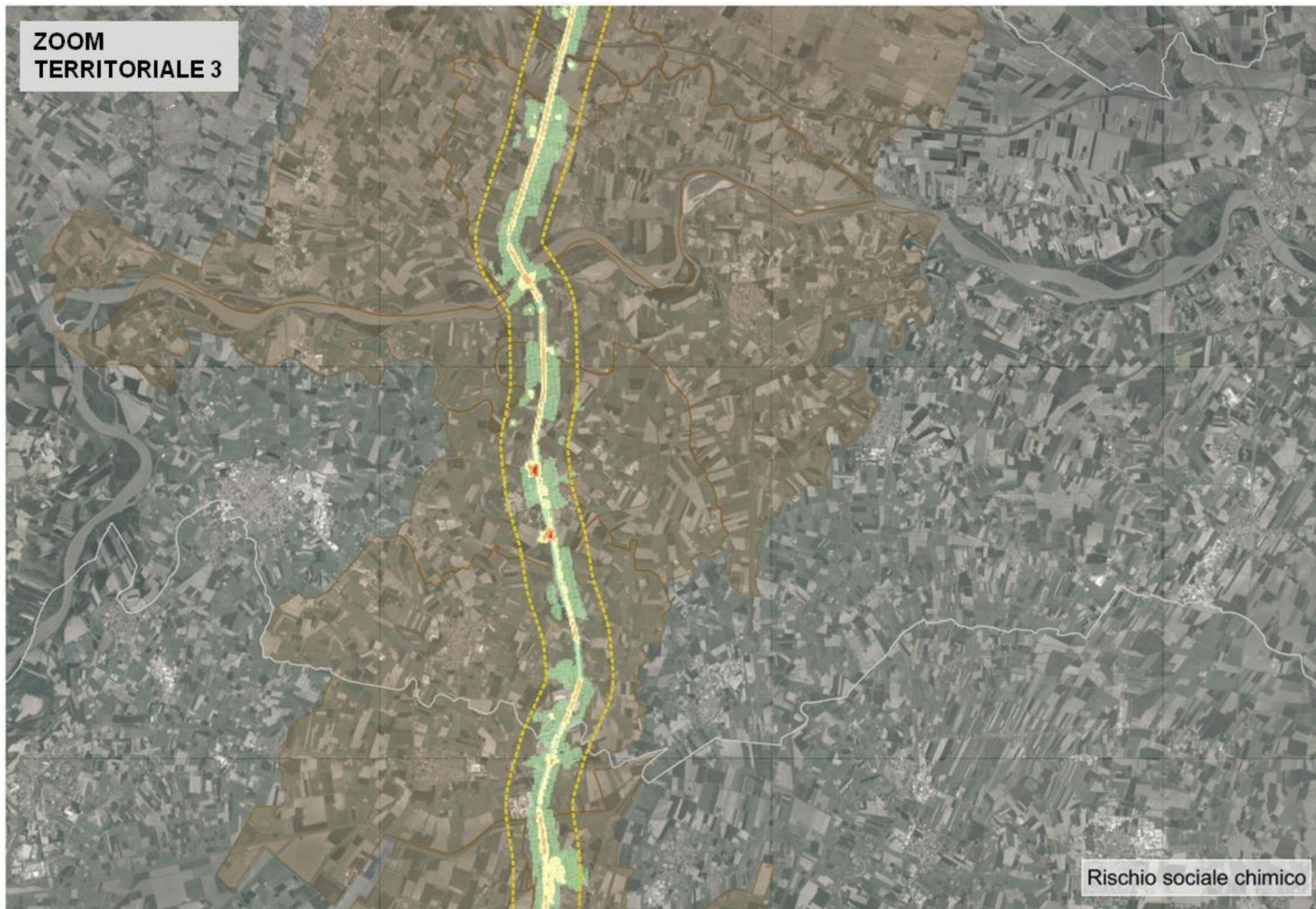


Figura 4.15: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 3° finestra territoriale)



Figura 4.16: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 4° finestra territoriale)

5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO CINETICO

5.1. APPROCCIO ALLA VALUTAZIONE

Considerando la rilevanza degli incidenti stradali come una delle principali cause di morti traumatiche, si è ritenuto opportuno, come anticipato il Premessa e nelle considerazioni iniziali di ordine metodologico, sfruttare le peculiarità di elaborazione del software RISKCURVES anche per la valutazione di un'analisi dei danni derivanti da incidenti che non coinvolgono il rilascio di sostanze pericolose.

Per poter valutare in modo congruente i dati degli incidenti da rischio cinetico con quelli da rischio chimico, lo scenario del rischio cinetico è stato trattato alla stregua di un incidente i cui effetti NON sono stati simulati in automatico dal programma ma inseriti manualmente come dati di input secondo le modalità di seguito descritte.

Il dato di partenza è lo stesso della Tabella 3.5. Essendo il numero di morti/anno basso è soggetto a una variabilità statistica per cui si è preferito utilizzare come dato di input la media degli ultimi tre anni disponibili. Di seguito la media dei dati storici negli anni 2016-2018 distribuiti nelle tre tratte in cui si è suddivisa la tratta complessiva Verona Nord – Allacciamento A1 dell'Autostrada A22 del Brennero.

Tipologia incidente	Tratta T1	Tratta T2	Tratta T3
Lunghezza tratta (km)	30	30	30
N° incidenti	31.25	36.75	26.5
N° morti	2.5	1.75	1.37
N° feriti	59.25	62.25	43.5

Tabella 5.1: Distribuzione incidenti con coinvolgimento di persone

Recentemente Istat ha iniziato a elaborare in conformità alle indicazioni europee separatamente i dati statistici sui feriti distinguendo tra feriti gravi e lievi in funzione delle reversibilità del danno subito. Non essendo questo dato riportato per le tratte in esame, per suddividere il numero dei feriti tra gravi e leggeri si è fatto riferimento alle statistiche nazionali da cui emerge che i feriti lievi rappresentano il 93% del totale, mentre i gravi il 7% [48].

Un dato interessante emerge dai ISTAT del 2018 [26] su scala nazionale: sebbene sul totale il numero degli incidenti che hanno visto coinvolti dei mezzi pesanti costituisca una percentuale contenuta rispetto al complessivo, la percentuale di morti causate dagli stessi risulta significativa, attestandosi genericamente sul 21% delle morti traumatiche da collisione tra mezzi.

Descrizione	Numero incidenti	Numero morti	Numero feriti
incidenti tot 2018	123'710	1'733	176'155
incidenti autovetture con autovetture	56'340	565	95'182
incidenti tot autocarri	11'793	361	16'642
incidenti autovetture con autocarri	10'434	268	14'894
Percentuale degli incidenti per tipologia di mezzo			
percentuale autovetture con autovetture su tot	46%	33%	54%
percentuale autocarri su tot	9,53%	20,83%	9,45%
percentuale autovetture con autocarri su tot	8%	15%	8%

Tabella 5.2: Distribuzione incidenti per categoria di veicolo

Nell'analisi finale, tuttavia non sono state fatte distinzioni tra i danni causati dai veicoli leggeri e quelli causati dai veicoli pesanti, non disponendo di un quantitativo sufficiente di dati che permettesse un confronto reale tra le due situazioni.

Nella Tabella 5.3 si riporta la media del numero di incidenti negli anni 2016-2018 con coinvolgimento di persone per ciascuna tratta ed il numero totale di morti e feriti conseguenti.

Tipologia incidente	Tratta T1	Tratta T2	Tratta T3
N° morti	2.5	1.75	1.37
N° feriti	59.25	62.25	43.5
N° feriti gravi	4.15	4.36	3.05
N° feriti leggeri	55.10	57.89	40.46

Tabella 5.3: Distribuzione conseguenze modificata

Come input al programma sono stati inseriti i valori della frequenza cumulata delle conseguenze degli incidenti per km anno per le diverse tratte.

Conseguenze incidente	Tratta T1 (occ./anno km)	Tratta T2 (occ./anno km)	Tratta T3 (occ./anno km)
Decessi	8.33E-02	5.83E-02	3.85E-02
Feriti gravi	1.38E-01	1.45E-01	1.17E-01
Feriti leggeri	1.84E+00	1.93E+00	1.56E+00

Tabella 5.4: Probabilità di coinvolgimento persone

5.2. RISCHIO INDIVIDUALE CINETICO

Gli eventi in questione sono stati ricondotti per similitudine con il rischio chimico a singoli scenari aventi per estensione la dimensioni fisiche di mezzi impattati ovvero un'area variabile tra 5 e 20 m.

Infine sempre per similitudine è stato considerato l'effetto cumulativo del dato di morti e feriti per equiparare alla diversa probabilità di letalità di effetti da esposizione a prodotti tossici o a irraggiamenti o esplosioni.

Pertanto è stata inserita una probabilità di letalità così valutata: letalità al 100% per i morti, al 20% per i feriti gravi e al 0% per i feriti lievi.

Per calcolare il rischio individuale, ovvero il rischio a cui è esposto un individuo che percorra l'arteria in esame è stato utilizzato il software RISKCURVES con i suddetti valori quali parametri di input.

Ne sono emerse le curve isorischio di seguito riportate in Figura 3.18 che rappresentano la probabilità di un individuo di subire gli effetti di un incidente in uno specifico punto della tratta Verona – Modena della A22 del Brennero. Esattamente come nel caso del rischio chimico, il rischio cinetico presenta uno sviluppo lineare ed omogeneo lungo tutta la tratta.

5.3. RISCHIO SOCIALE CINETICO

Per quanto concerne il rischio sociale cinetico, contrariamente a quanto calcolato per il rischio sociale chimico, le risultanze ottenute pongono in luce come esso non risulti minimamente influenzato dalla densità abitativa esterna al percorso autostradale.

Tale risultanza è diretta conseguenza del fatto che il rischio individuale si sviluppa quasi completamente all'interno del sedime autostradale.

Nella Figura 5.2 successiva si riporta la rappresentazione cartografica di quanto emerso dalla valutazione.



Figura 5.1: Rischio individuale cinetico



Figura 5.2: Rischio sociale cinetico

6. CRITERI DI ACCETTABILITÀ

L'individuazione dei rischi a cui sono soggette le persone esposte non basta di per sé a fornire un giudizio che ci permetta di analizzarlo in modo critico. È necessario confrontarlo con valori di riferimento che ci permettano di elaborare un giudizio di accettabilità dello stesso. A rigore, sarebbe più corretto parlare di tollerabilità del rischio, per sottolineare la mancata volontarietà. Ma di seguito, per consolidamento della terminologia, si è mantenuto il termine di accettabilità.

Se vale il principio che nessun rischio, anche basso, sia accettabile senza un beneficio superiore connesso, risulta evidente che i rischi di cui stiamo parlando, connessi all'utilizzo dell'autostrada A22 nelle tratte in esame, sono connessi al fatto che viene consentito il trasporto sia di merci (con l'evidente beneficio di consentire le attività produttive correlate) sia di persone (con il beneficio degli spostamenti in tempi rapidi per lavoro o per altre motivazioni personali).

Per poter valutare l'accettabilità dei rischi individuale e sociale presenti allo stato attuale, è stata svolta un'analisi storica che comparasse la situazione pregressa e generale a quella vigente e specifica dell'autostrada.

Per il rischio chimico, non disponendo di dati sufficienti che permettessero di concentrarsi esclusivamente sugli incidenti rilevanti derivanti dal trasporto merci, si è fatto riferimento all'analisi storica mondiale sugli incidenti rilevanti nei siti industriali produttivi e nel trasporto.

Per il rischio cinetico, invece, si è fatto riferimento ai dati mondiali, europei e nazionali delle morti traumatiche per incidenti stradali, concentrandosi, per quel che riguardava quelli nazionali, sull'incidentalità connessa agli spostamenti su strade extraurbane.

6.1. IL RISCHIO INDIVIDUALE

Come anticipato nella descrizione della metodologia adottata, il rischio individuale è inteso come probabilità annua che un individuo subisca danni significativi in seguito a un incidente. In particolare in queste circostanze il danno significativo corrisponde alla morte dello stesso a seguito dell'evento incidentale.

Il principio generale che dovrebbe essere rispettato nella definizione dei livelli di accettabilità dei rischi individuali è il seguente:

Il rischio a cui un individuo è esposto non deve essere incrementato significativamente da attività umane (industriali o di servizio) create da terzi, a meno di una esplicita e cosciente accettazione dello stesso.

Tale principio rappresenta un discrimine nella valutazione dell'accettabilità del rischio chimico rispetto a quello cinetico. Ciò accade in quanto: il primo è connesso ad attività produttive che non coinvolgono direttamente la popolazione al di fuori dei lavoratori specificatamente interessati, se non per i benefici ultimi della stessa (il trasporto delle merci pericolose fa parte delle attività necessarie per la produzione di beni quali i prodotti

dell'industria chimica, elettronica; il secondo è connesso ad attività specificatamente di interesse per gli utenti stessi (spostamenti per lavoro, tempo libero, etc.).

Ne consegue, quindi, che il rischio chimico è un rischio che può essere classificato come "involontario" mentre il rischio cinetico è un rischio che può essere classificato come "volontario".

Per tale ragione i valori di accettabilità del rischio chimico e cinetico saranno trattati in modo differente.

6.1.1. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio individuale chimico

Per le ragioni appena esposte, di conseguenza, l'accettabilità del rischio individuale chimico non corrisponde al valore storico, ovvero al rischio già insito e connesso nelle attività produttive esistenti, ma sarà ridotto rispetto a questo per la necessità di imporre standard di sicurezza sempre indirizzati alla sua minimizzazione.

Occorre precisare che se gli standard normativi costituiscono di fatto un modo per valutare l'accettabilità delle nuove attività produttive, nel nostro paese come in molti altri paesi europei non esiste una valutazione quantitativa del rischio e pertanto i valori di accettabilità sono impliciti (nei controlli e nelle autorizzazioni per impianti a pericolo di incidente rilevante, per la normativa antincendio, per la sicurezza negli ambienti di lavoro) e non espliciti. È utile pertanto riferirsi al corpo normativo dei paesi in cui la valutazione quantitativa del rischio è obbligatoria e i valori di accettabilità sono espliciti.

- il governo olandese ha definito i livelli di accettabilità del rischio individuale nel Piano ambientale 1986-1990, fissando il rischio individuale massimo a 1E-6/anno (probabilità annua di letalità a seguito di incidente catastrofico) e considerandolo trascurabile quando è inferiore a 1E-8/anno. Le norme precisano che il rischio individuale va calcolato con riferimento a un soggetto che sia presente nelle vicinanze della installazione pericolosa per 24 ore al giorno. [37] [38]
- l'ente britannico per la salute e la sicurezza (HSE Health & Safety Executive) nelle Linee Guida per l'uso del suolo in prossimità di installazioni industriali a grande rischio ha definito un limite inferiore (LI) (ossia il limite di accettabilità) e un limite superiore (LS) (altrimenti detto limite di inaccettabilità) del rischio individuale. Come nel caso del governo olandese, il Limite inferiore è stato valutato pari a 1E-6/anno, mentre il Limite superiore = 1E-5/anno.^{/39/}
- il governo danese, a sua volta, supportato da un gruppo di specialisti nell'analisi dei rischi (ITSA, COWI consult, RISO, OC), ha identificato per l'emissione di standard nazionali sulla accettabilità dei rischi come valore raccomandato per il rischio individuale 1E-6 /anno, espresso come rischio annuo di morte per l'individuo più esposto presente nelle vicinanze della installazione pericolosa.^{/40/}

Partendo da queste valutazioni si è ritenuto applicabile anche al contesto nazionale un limite di accettabilità del rischio chimico pari 1E-6 occ./anno.

Tale valore può essere considerato una soglia da non superare sia per rischi connessi a stabilimenti con pericolo di incidente rilevante sia per il trasporto delle merci pericolosi utilizzate dagli stessi stabilimenti.

Le analisi effettuate hanno posto in evidenza come il rischio individuale associato ai trasporti di merci pericolose lungo la A22 sia di un ordine di grandezza compreso tra 1E-9 e 1E-10 occ./anno (Cfr. Capitolo 4.2.1) e, di conseguenza, accettabile.

6.1.2. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio individuale cinetico

Per quel che concerne il rischio cinetico, contrariamente a quanto detto per quello chimico, è opportuno sottolineare come questo rappresenti un rischio “volontario” in quanto lo spostamento delle persone lungo l'autostrada costituisce un beneficio autonomamente scelto che porta la maggior parte dell'utenza ad accettarlo come possibile eventualità.

Per tale ragione risulta inappropriato, per non dire impossibile, definire correttamente un livello numerico di accettabilità del rischio individuale cinetico; ne deriva che in questa sede si è proceduto analizzando e comparando la situazione degli incidenti che caratterizza la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero con la rete stradale italiana ed europea.

I dati utilizzati sono stati desunti dalle seguenti fonti:

- Le statistiche ISTAT per i dati nazionali [26]
- Annual Accident Report 2018 redatto da ERSO (European Road Safety Observatory) per i dati incidentali europei [17]
- I dati forniti da WHO (World Safety Organization) in merito agli incidenti stradali nel mondo [41] [42]

Di seguito si riporta quanto emerso per l'ultimo anno analizzato (2018).

Contesto	Numero morti	Abitanti	Morti/ popolazione	Morti_eq
Mondiale	1'300'000	7,80E+9	16,7E-05	10,0E+03
Europeo	26'000	0,51E+9	5,10E-05	3,1E+03
Italiano	3'334	0,06E+9	5,50E-05	3,3E+03

Tabella 6.1: Distribuzione incidenti stradali mortali in funzione della popolazione persone

⁷ Sono stati qui considerati 21.000 km di strade di interesse nazionale, 155.000 km di strade regionali e provinciali e 312.000 strade comunali extraurbane, fonte CNT 2016-2017 /27/ e CNT 2004

⁸ Non sono stati considerati 185.000 km di strade vicinali.

⁹ Il dato è calcolato sulla base del rapporto pkm (persona per km)/km percorribili

¹⁰ Fonte SIA Verona-Modena /29/

¹¹ Fonte CNT 2016-2017 /27/

Per poter confrontare i dati mondiali ed europei con quelli italiani, è stato necessario mettere in relazione il numero dei morti dovuti agli incidenti stradali con gli abitanti effettivi e quindi rapportarli al numero di abitanti dell'Italia per ricavarne i morti equivalenti.

Come è possibile notare dalla disamina della tabella precedente, i morti equivalenti mondiali rappresentano quasi 3 volte il dato sia italiano sia europeo anche se il dato europeo risulta in media leggermente inferiore a quello italiano.

Per analizzare più in dettaglio i rischi ad oggi presenti si è calcolata l'incidentalità per km.

Contesto	Numero morti	km	Morti/km
A22 Tratta Verona-Modena	5,62	90	6,3E-02
Autostrade	330	6'900	4,8E-02
Strade extraurbane	1'603	488'000 ⁷	5,1E-03
Strade urbane	1'401	172'000 ⁸	8,2E-03

Tabella 6.2: Morti/km in Italia

Dalla Tabella 6.2 si può osservare che i morti per km sono maggiori sulle autostrade rispetto alle strade urbane ed extraurbane e che sulla tratta Verona – Modena della A22 i morti/km sono superiori di quelli medi delle altre autostrade italiane.

In realtà questi dati non tengono conto della densità di traffico, per cui è opportuno riferire l'analisi alle “persone per km” che percorrono le arterie in esame.

Rapportando il numero dei morti dovuti al rischio cinetico con le persone che in un anno percorrono le strade prese in esame, si ottiene il valore del rischio individuale per miliardo di km percorso riportato nella tabella successiva.

Contest	Morti/ km	km	Pkm/anno	P/kmy ⁹	Rischio ind .per miliardo km percorsi
A22	6,3E-02	90	1,95E+09 ¹⁰	2,3E+07	2,7
Autostrade	4,8E-02	6.900	1,10E+11 ¹¹	1,6E+07	3,0
Strade extraurbane	5,1E-03	488.000	4,27E+11 ¹²	8,8E+05	3,8
Strade urbane	8,2E-03	172.00	2,07E+11 ¹³	1,2E+06	6,8
Tutte le strade	4,0E-3	842.937	7,44E+11	8,8E+05	4,5

Tabella 6.3: Rischio individuale per miliardo di km percorsi in Italia

¹² Per calcolare il dato delle strade extraurbane si è considerato il valore totale pari a 745e+09 e vi si è sottratto i pkm per autostrade e per strade urbane (vedi note 9 e 11)

¹³ Il dato complessivo è ricavato da https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2019_en/19/ da cui risulta che in Europa nel 2017 c'è stato uno spostamento di 4091 e+09 pkm in auto e in Italia 745e+09. Per calcolare la distribuzione urbana si è estratto il dato da Isfort. 15° rapportodella mobilità in Italia da cui risulta che su scala urbana i pkm sono il 27,4% del totale /21/

Nella Tabella 6.3 la scala dei valori dei rischi individuali per km percorso risulta invertita rispetto alla tabella precedente in ragione del fatto che il numero di persone che transitano per un singolo km è molto maggiore sulle autostrade rispetto alle strade urbane ed extraurbane.

In particolare emerge palmare il buon livello di sicurezza che caratterizza la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero.

A fronte di un rischio medio in Italia pari a 4,5 morti per miliardo di km percorso considerando l'insieme di tutte le strade, i dati derivanti dall'analisi effettuata restituiscono il seguente esito che delinea il rischio individuale cui si è esposti:

- 6,8 morti per miliardo di km percorso sulle strade urbane
- 3,8 morti per miliardo di km percorso sulle strade extraurbane
- 3,0 morti per miliardo di km percorso sulle autostrade
- 2,7 morti per miliardo di km percorso sulla tratta Verona – Modena dell'A22 del Brennero

Ad ulteriore rafforzamento delle considerazioni effettuate va evidenziato come la situazione italiana, complessivamente, risulti migliore rispetto a quella che caratterizza l'intera Europa: il rischio individuale su strada in Italia è pari a 4,5 morti per miliardo di km percorso rispetto a quello europeo che è di 6,4 morti per miliardo di km percorso (26.000 morti nel 2018 per 4091 E+09 pkm spostati sulle strade europee)

6.1.3. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio individuale stradale complessivo

Sovrapponendo il rischio individuale cinetico e il rischio individuale chimico è possibile, quindi quantificare il rischio individuale complessivo cui chi percorre l'autostrada è sottoposto.

Le principali differenze che emergono tra le due valutazioni sono connesse all'estensione dell'area di danno e alla sua frequenza di accadimento.

Come è possibile notare dalla rappresentazione cartografica di seguito riportata, infatti, il rischio chimico (generato dall'insieme degli eventi calcolati per le sostanze in transito, ovvero Pool fire, Flash fire, UVCE, Jet fire e Dispersione tossica) ha un'estensione massima fino a circa 420 metri dal ciglio stradale; il rischio cinetico invece (per la sua natura di scontro meccanico tra i mezzi) è esclusivamente limitato al sedime stradale e quindi alla larghezza della tratta autostradale.

Tuttavia, è importante segnalare come, se la frequenza di accadimento del rischio chimico si attesta attorno a valori compresi tra 1E-09 e 1E-10 occ./anno, il rischio cinetico si attesta su frequenze molto più elevate (fino a 1E-05 occ/anno).



Figura 6.1: Rischio individuale complessivo (chimico + cinetico)

6.2. IL RISCHIO SOCIALE

Il rischio sociale considera che gli eventi incidentali che possano coinvolgere la popolazione con una distribuzione diversificata in funzione delle frequenze di accadimento e delle conseguenze attese. Basti pensare alla maggiore sensibilità dell'opinione pubblica verso eventi con più morti contemporaneamente, anche se più improbabili, rispetto a eventi più frequenti con un numero di vittime limitato: è noto che il rischio connesso al trasporto aereo sia complessivamente più basso di quello connesso al trasporto su strada (1 morto/miliardo di persone km contro 4,5 morti per miliardi di persone km, dato calcolato nel paragrafo precedente), ma è percepito, nonostante risulti più raro come accadimento, con maggiore evidenza in quanto può determinare un maggiore numero di vittime contemporaneamente.

Poiché il rischio sociale considera cumulativamente più eventi, per poterlo analizzare va indicato il contesto al quale si applica la valutazione.

Tipicamente per gli stabilimenti produttivi si tratta della valutazione di rischi di un'area industriale (considerando il territorio in cui è insediata) mentre per il trasporto, di merci pericolose e non, l'ambito di applicazione dell'analisi è una tratta di un'arteria adibita al trasporto di persone e merci di dimensione analoga a quella in esame (tipicamente un centinaio di km).

Lo strumento per sintetizzare il rischio sociale è dato dalla curva F-N, ovvero dalla correlazione tra la frequenza attesa cumulativa e il numero di vittime dei vari episodi incidentali analizzati. Tipicamente la rappresentazione delle curve F-N avviene su una scala bi-logaritmica.

6.2.1. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio sociale chimico

Prima di valutare quanto emerso dal calcolo è importante definire le soglie di accettabilità del rischio onde fornire un giudizio sulla maggiore o minore criticità della tratta in esame. È prassi individuare non una ma due curve di riferimento: una tipicamente individuata come soglia di inaccettabilità e un'altra come soglia di accettabilità.

Se la curva F-N calcolata per la realtà in esame attraversa anche solo parzialmente l'area superiore alla curva di inaccettabilità, sarà definita non accettabile; se la curva è compresa tra le due soglie, la situazione sarà da investigare (con un confronto rischi-benefici), mentre se totalmente al di sotto della curva di accettabilità, si considera il polo industriale/l'arteria di trasporto come rispondenti agli standard in vigore.

Per similitudine con il rischio individuale ci si riferisce in prima analisi alle curve individuate da altri paesi che applichino l'approccio quantitativo.

Di seguito sono presentate pertanto le curve di accettabilità olandese e danese.

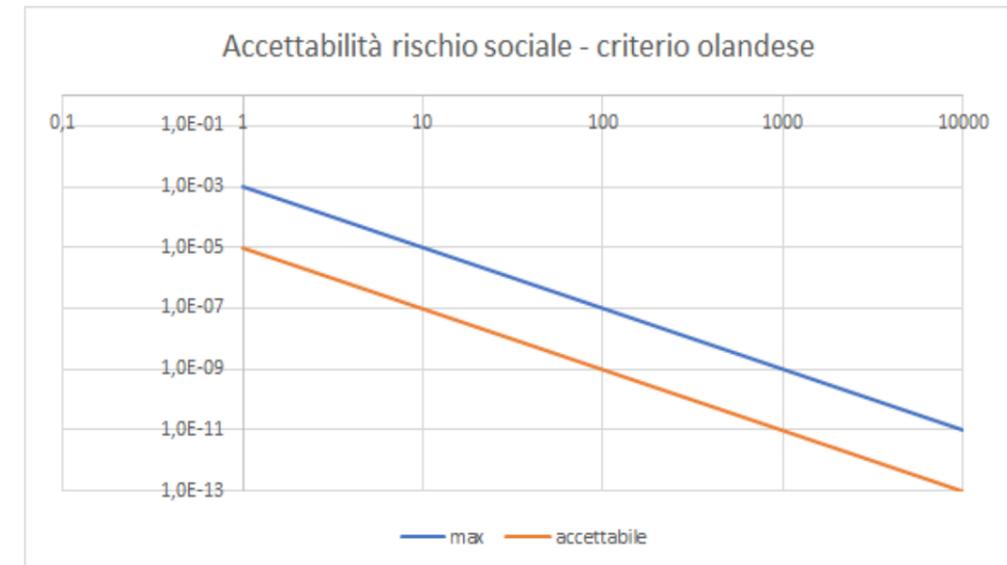


Figura 6.2 Curva accettabilità rischio sociale chimico olandese

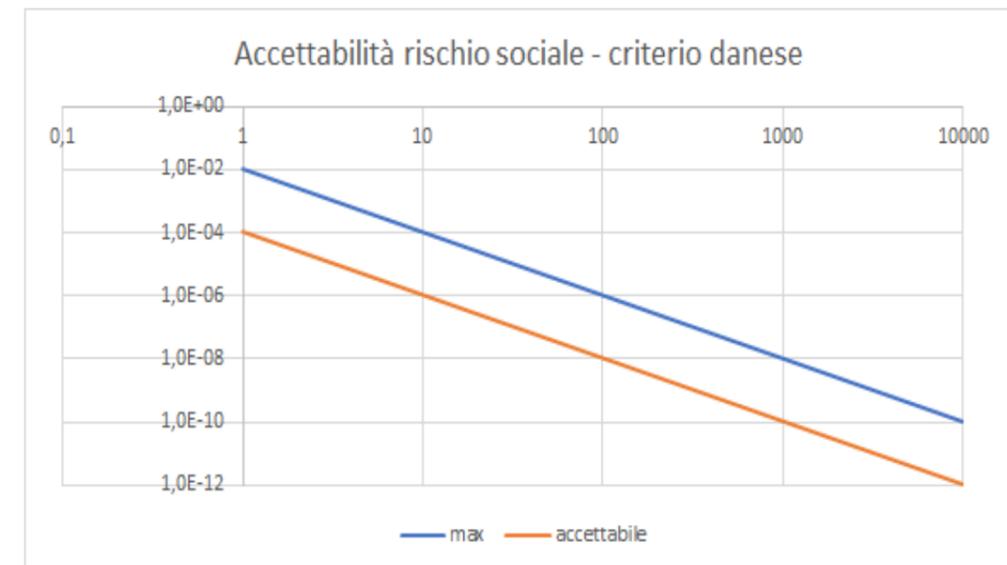


Figura 6.3 Curva accettabilità rischio sociale chimico danese

In Italia negli anni '90 sono stati condotti alcuni progetti aventi come scopo la valutazione del rischio d'area, sulla scia di analoghi studi sviluppati nel mondo anglosassone. È possibile citare qui gli studi ARIPAR di Ravenna [6] [8], Grial di Livorno [10] e ARTIS di Trieste [5] [7].

In quest'ultimo è stata condotta una valutazione critica delle soglie di accettabilità. In particolare, per il rischio sociale è stata proposta una curva non aderente con quella olandese e danese, ma derivata quantitativamente dalla curva storica degli incidenti.

Il procedimento seguito nello studio ARTIS è stato il seguente:

- è stata identificata la curva F-N storica relativa alle industrie chimiche e petrolchimiche e al trasporto di sostanze pericolose nel mondo (in particolare dato il periodo in cui è stata condotta l'analisi sono stati investigati gli incidenti nel periodo 1966-1986)
- è stata applicata la curva F-N mondiale all'Italia, non essendo possibile determinare direttamente una curva italiana dai dati storici (a causa, fortunatamente, della assenza di catastrofi industriali coinvolgenti varie decine o addirittura centinaia di vittime). Il criterio seguito è stato di dividere per 100 la curva storica mondiale. (Si è cioè ipotizzato che l'Italia rappresenti la centesima parte della popolazione mondiale e degli incidenti potenziali considerando per macro-ordini di grandezza che l'Italia rappresenti meno della decima parte del mondo e certamente più della millesima; quindi in scala logaritmica si è considerato il valore centrale "100").
- è stata applicata la curva F-N Italiana a quello di un sito industriale in grado di produrre incidenti rilevanti ipotizzando che in Italia ne esistano circa 1000. (Di nuovo ragionando per ordini di grandezza ed essendo tali impianti in Italia più di 100 e meno di 10'000). Questo dato peraltro coincide con il numero di siti Seveso (circa 1'000 stabilimenti notificati nel 2018). Come su indicato sono presenti in Italia anche circa 1'000 segmenti di trasporto (tratte stradali) da circa 100 km ciascuna; quindi in scala logaritmica si è considerato il valore centrale "1000".
- la curva F-N storica di un sito/tratta stradale è pari alla curva mondiale rapportata a un anno e divisa per $100 \cdot 1'000 = 100'000$.
- la stessa potrebbe rappresentare anche la curva di accettabilità del rischio sociale, ove si decidesse che lo status quo mondiale della sicurezza industriale è soddisfacente. Poiché si aveva ragione di ritenere che la pubblica opinione fosse poco propensa ad accettare le catastrofi petrolchimiche con la frequenza degli anni sessanta/settanta del secolo scorso, la curva storica era stata ridotta mediante l'introduzione di coefficienti di sicurezza pari a 0,1, quindi un ordine di grandezza per determinare la curva limite di inaccettabilità, e di 0,01, quindi due ordini di grandezza per determinare la curva limite dei rischi sociali accettabili.

Si riportano di seguito le curve limite di accettabilità proposte nello studio ARTIS per la Regione Friuli Venezia Giulia cui si è fatto riferimento quale punto di partenza in questa Analisi di Rischio.

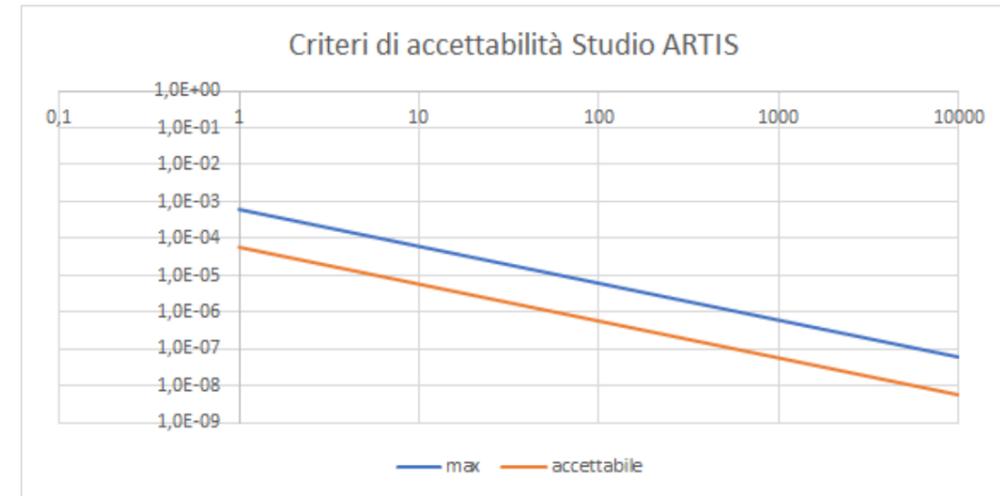


Figura 6.4: Curva accettabilità rischio sociale chimico studio ARTIS

Poiché lo studio ARTIS è stato ultimato all'inizio degli anni '90, si è sviluppata una analoga valutazione storica degli incidenti mondiali nel periodo 2010-2020.

A tal proposito è stata consultata la banca dati ARIA^{14/} [20]. La curva storica cumulativa degli ultimi dieci anni è quella di seguito riportata.

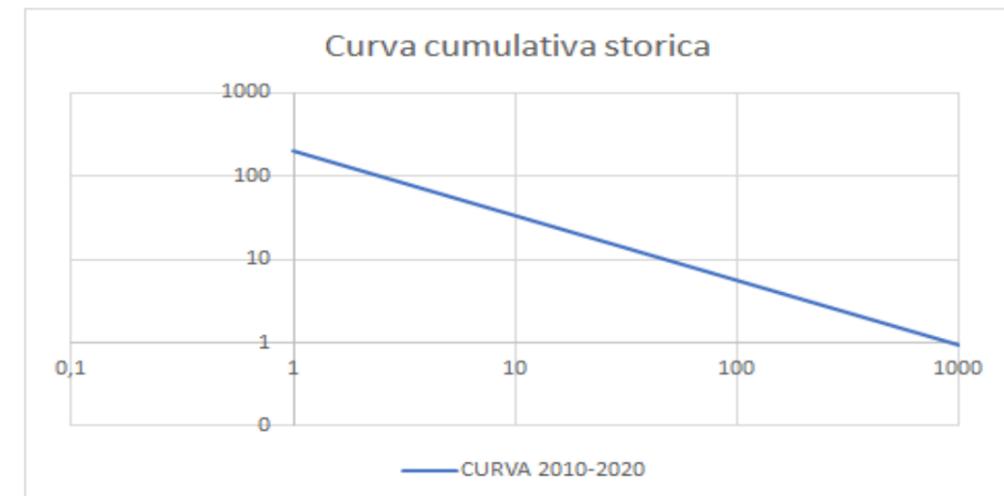


Figura 6.5: Curva cumulativa storica rischio chimico mondo anni 2010-2020

¹⁴<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

Dividendo la curva per 10 (un anno invece di 10) e applicando un ulteriore coefficiente di riduzione pari a 100'000 si è ottenuta la nuova curva storica attualizzata a un sito/tratta stradale.

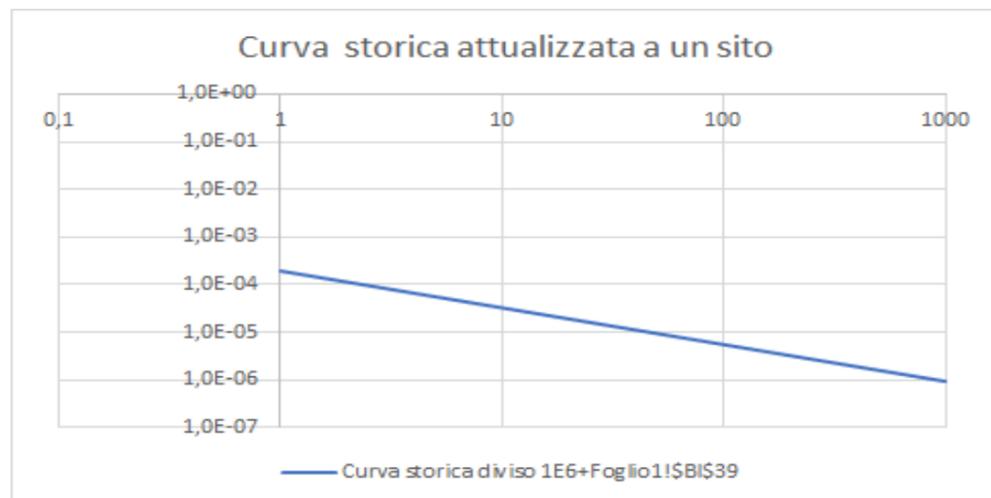


Figura 6.6: Curva cumulativa storica rischio chimico mondo anni 2010-2020 attualizzata

Comparando il risultato emerso con la curva storica degli eventi incidentali PIR del periodo 1966-1986, è stato possibile notare come l'andamento sia simile per cui si procederà a utilizzare la curva degli ultimi dieci anni come riferimento.

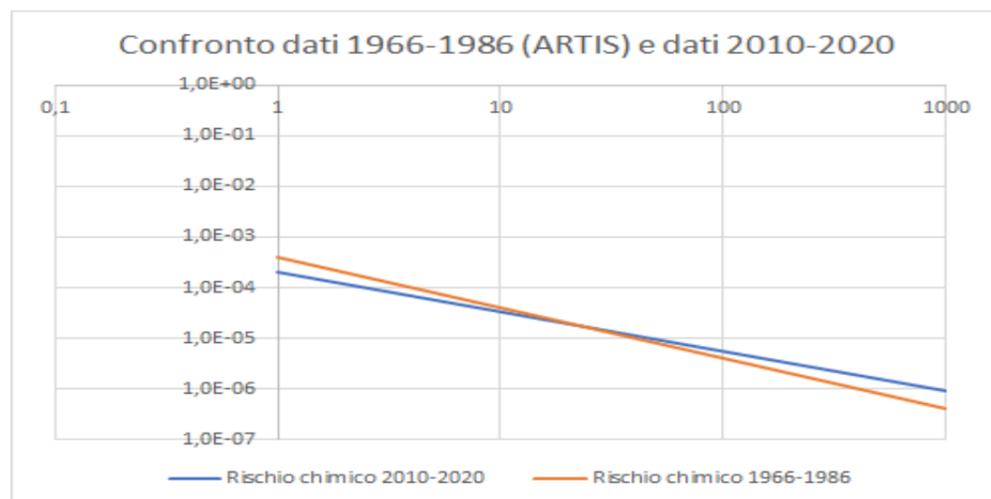


Figura 6.7: Analisi comparata curva storica attualizzata ARTIS 1966-1986/Aria 2010-2020

Come detto la curva è stata considerata di riferimento sia per il rischio di un sito a pericolo di incidente rilevante sia per una tratta stradale nella quale passano sostanze pericolose.

Riprendendo lo stesso concetto della curva di accettabilità e rifacendosi agli studi passati (Olanda, Danimarca, studio ARTIS) la curva storica è stata ridotta di due ordini di grandezza per identificare la curva di accettabilità del rischio chimico, di un ordine di grandezza per

identificare la soglia di inaccettabilità (ossia il limite oltre il quale non è possibile tollerare la situazione data).

Di seguito se ne riporta l'esito.

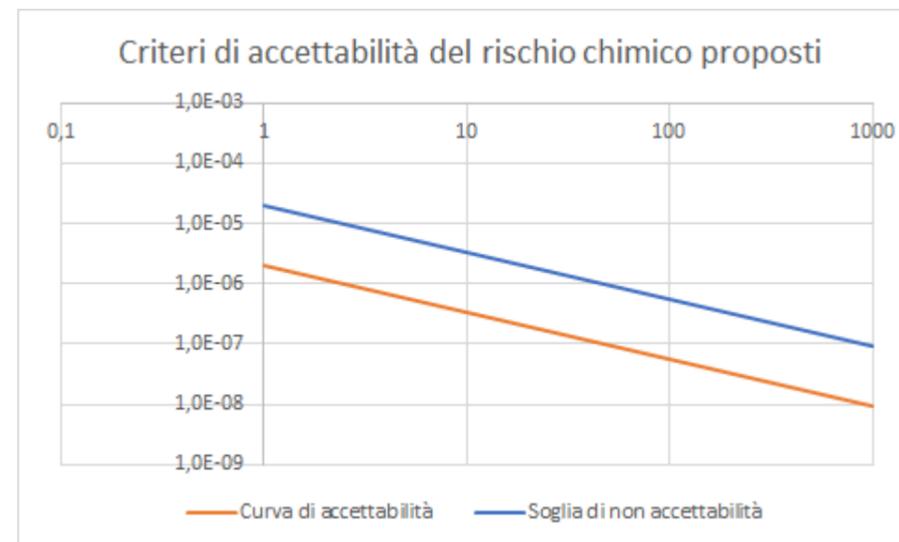


Figura 6.8: Dalla curva storica attualizzata alle soglie di accettabilità del rischio chimico

Mediante l'utilizzo del software RISKCURVES è stata calcolata la curva del rischio chimico della tratta di A22 interessata dall'allargamento alla terza corsia, a partire dai dati disponibili sugli incidenti avvenuti lungo la tratta nell'anno 2018 (dati ACI).

Il programma, mettendo in relazione i dati disponibili sugli eventi incidentali e le probabilità di rilascio delle sostanze pericolose, ha elaborato il numero di vittime per occ./anno potenzialmente coinvolte.

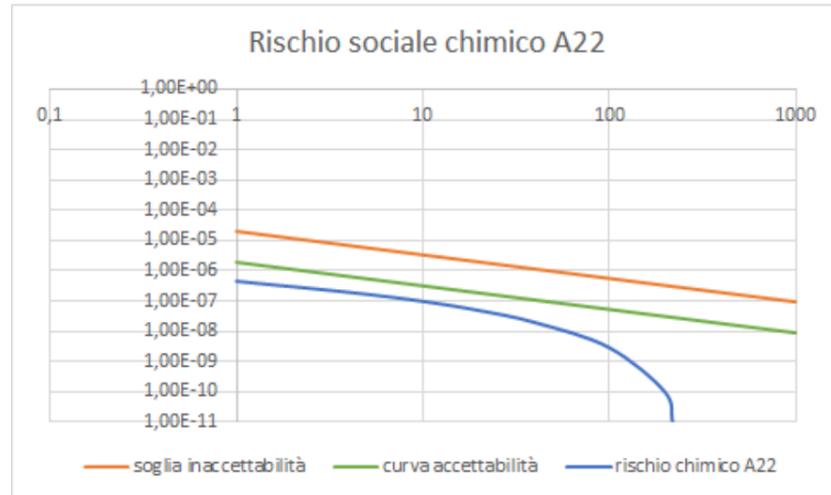


Figura 6.9: Curva F-N rischio chimico A22 confrontata con le curve di accettabilità

Dal confronto della curva F-N del rischio chimico della tratta in esame di A22 con i criteri di accettabilità emerge la bassa criticità di questa tratta stradale caratterizzata da buoni standard di sicurezza, da pochi stabilimenti chimici nelle vicinanze e da un basso traffico merci di sostanze pericolose

6.2.2. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio sociale cinetico

Con riferimento all'analisi del rischio cinematico si è proceduto, in analogia a quanto fatto per il rischio chimico, all'individuazione di una curva di accettabilità che permetta di confrontare la situazione calcolata muovendo, quale primo step, dalla raccolta dei dati sugli incidenti stradali a livello mondiale e nazionale.

Risulta evidente la differenza con il rischio chimico: si riscontrano molti eventi con poche vittime e la quasi totale assenza di eventi con molte vittime contemporaneamente. Ciò è evidente dato che la media di occupanti dei veicoli coinvolti può essere assunta pari a 1,3 persone per veicolo.

Per eventi da 1 a n morti contemporaneamente dove $n < 10$ la curva è stata costruita con i dati ISTAT. Per investigare le casistiche molto più rare con il coinvolgimento di più di 10 persone contemporaneamente, sono stati identificati gli incidenti con coinvolgimento di autobus e pullman.

In base alle indicazioni relative all'intera Europa contenute nell'Annual accident Report 2018, www.erso.eu (European Road Safety Observatory) [17] (negli ultimi dieci anni si sono verificati 21 incidenti con oltre 10 vittime) si è proceduto alla ricostruzione del dato Italiano che risulta rappresentato da una frequenza di accadimento di 0,2 casi/anno di incidenti con oltre 10 morti per incidente.

Con tali informazioni è stata costruita la curva storica del rischio cinetico.



Figura 6.10: Curva storica italiana del rischio cinetico

Dividendo per un fattore 1'000 la curva italiana si ottiene la curva storica equivalente attualizzata ad una tratta come quella in esame della A22.

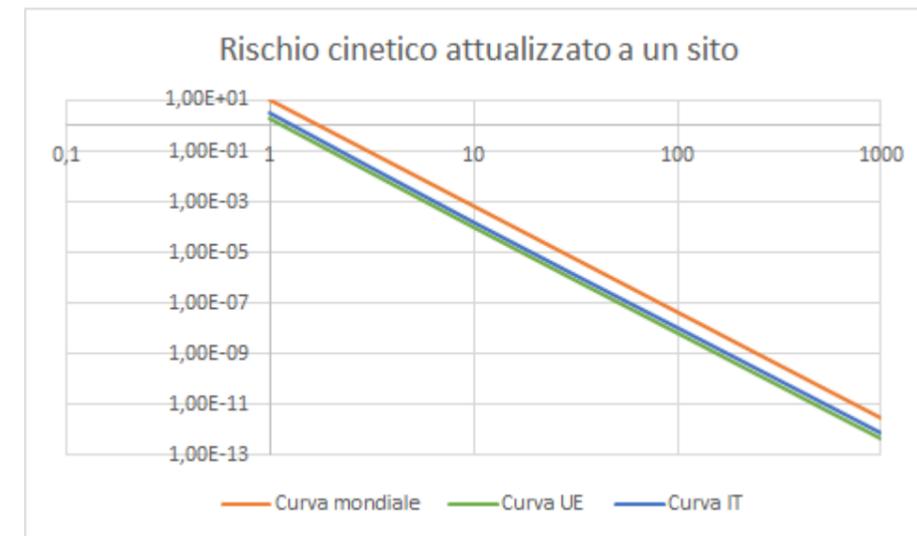


Figura 6.11: Curva storica attualizzata a un sito da dati italiani, europei e mondiali

Con procedimento analogo è possibile tracciare la curva che parte dai dati di incidentalità europei (curva storica europea divisa per un fattore pari al rapporto tra la popolazione europea e quella italiana pari a 8,5, diviso 1'000 per rapportarsi alla curva attualizzata) e quella che parte dai dati di incidentalità mondiali (curva storica mondiale divisa per un fattore pari al rapporto tra la popolazione mondiale e quella italiana pari a 130, diviso 1000 per rapportarsi alla curva attualizzata).

Dalla Figura 6.11 emerge come le distribuzioni italiana ed europea siano sostanzialmente coincidenti, mentre la curva storica di derivazione dei dati mondiali è significativamente più

elevata. L'Europa, infatti, e tra i paesi europei l'Italia, hanno i dati più bassi di incidentalità stradale a livello mondiale.

Per definire le curve di accettabilità del rischio cinetico si è usato un criterio diverso rispetto a quello seguito per il rischio chimico.

Si evidenzia, infatti, che considerare una riduzione sulla curva storica di 1 ordine di grandezza come soglia dell'inaccettabilità e di 2 ordini di grandezza come soglia dell'accettabilità delinea un obiettivo al momento purtroppo non perseguibile: equivarrebbe su scala nazionale a porsi un obiettivo rispettivamente di circa 300 e 30 morti/anno rispetto ai circa 3.300 registrati sulla rete italiana nel 2018 (Cfr. Tabella 6.2).

Secondo le indicazioni comunitarie contenute nel quarto programma quadro 2010-2020, si sarebbe dovuti arrivare al dimezzamento dei morti annuali rispetto al 2010 (che erano 4000). Applicando questo criterio la curva di inaccettabilità potrebbe essere data dalla curva storica mondiale attualizzata a un sito, mentre la curva di accettabilità potrebbe essere quella richiesta come obiettivo dalla Unione europea, ovvero la curva 2010 dimezzata.

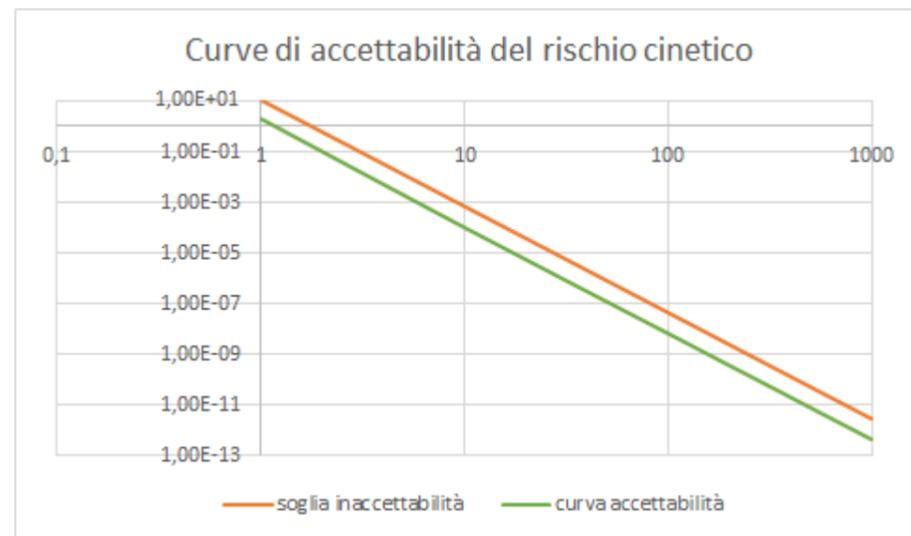


Figura 6.12: Curve di accettabilità del rischio cinetico proposte

Per poter valutare il rischio sociale cinetico della tratta in esame di A22 si è proceduto utilizzando direttamente i dati ACI degli eventi incidentali verificatisi nell'anno 2018 (ultimo aggiornamento disponibile).

In questo caso l'esigua numerosità degli eventi (3 incidenti mortali nell'anno 2018) ha sconsigliato l'utilizzo del software RISKCURVES per la determinazione delle curve di iso-rischio.

Dato il numero esiguo dei casi, per popolare la curva con gli altri punti relativi alla frequenza cumulativa di incidenti con più vittime contemporaneamente, è stata fatta una valutazione

probabilistica, basata sugli eventi incidentali che avevano interessato altre tratte nell'anno 2018 e riportando tali eventi al contesto della A22.

Le risultanze ottenute sono visualizzate nella Figura successiva che riporta il confronto della curva F-N del rischio cinetico sulla tratta Verona – Modena della A22 del Brennero con le due curve di inaccettabilità ed accettabilità.

Come emerge chiaramente dal grafico, sebbene la frequenza di accadimento del rischio cinetico sia notevolmente maggiore di quella del rischio chimico, la frequenza di accadimento di eventi che coinvolgono più di una vittima decresce esponenzialmente fino ad azzerarsi oltre le 50 vittime.

Il confronto della F-N del rischio cinetico della tratta in esame dell'Autostrada A22 del Brennero con i criteri di accettabilità fa emergere, nelle more delle assunzioni adottate nel corso della valutazione, un sostanziale rispetto delle condizioni di accettabilità che risultano non pienamente soddisfatte allo stato attuale unicamente per valori molto contenuti dei decessi connessi ad eventi incidentali (quindi in prossimità dell'asse delle ordinate) in cui la curva tende a raggiungere la soglia dell'accettabilità.

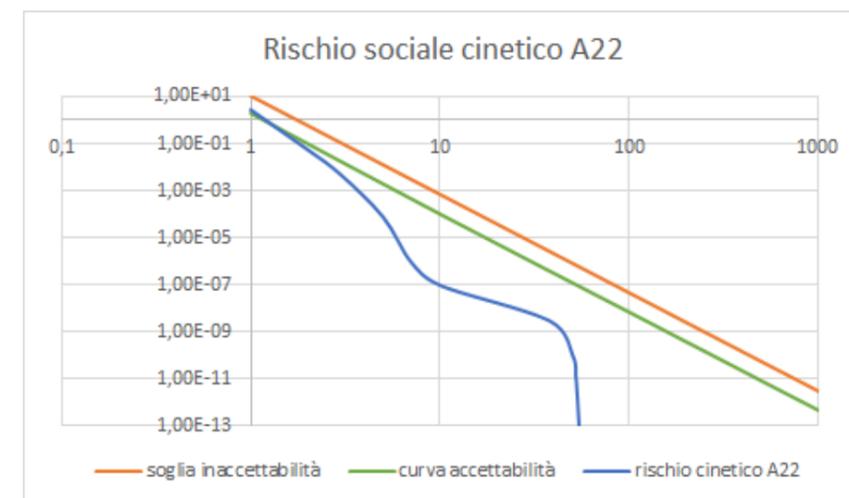


Figura 6.13: Curva F-N rischio cinetico A22 confrontata con le curve di accettabilità

6.2.3. Il livello di accettabilità e valutazione del rischio sociale cumulativo (chimico + cinetico)

Riportando nello stesso grafico le due curve è possibile evidenziare la prevalenza della curva del rischio cinetico per gli eventi con poche vittime (fino a circa 10) e quella del rischio chimico per gli eventi con più vittime.

La curva cumulativa risulta dalla loro sovrapposizione.

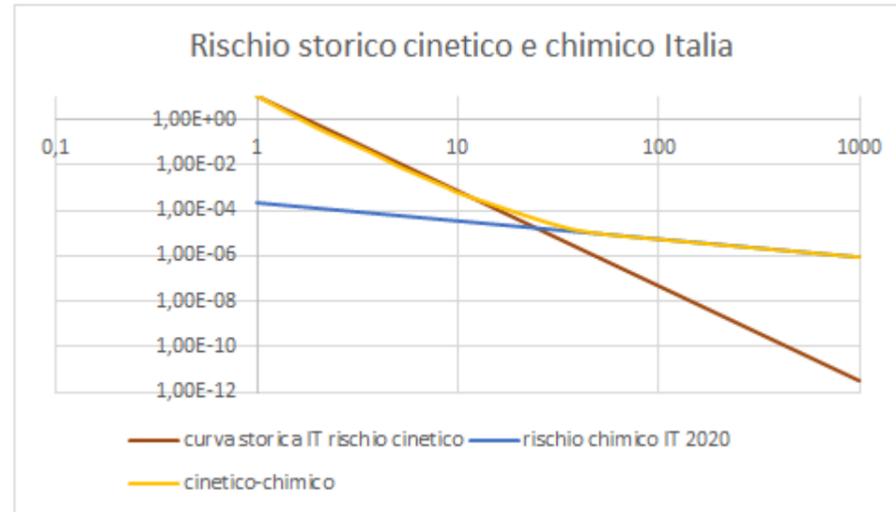


Figura 6.14: Curve storiche attualizzate del rischio cinetico e chimico

Sulla base della curva cumulativa sono state, di conseguenza, definite le curve di accettabilità e di non accettabilità.

Unendo le curve di Figura 6.8 e Figura 6.12 si ottengono le curve di accettabilità necessarie per valutare la sicurezza della tratta stradale.

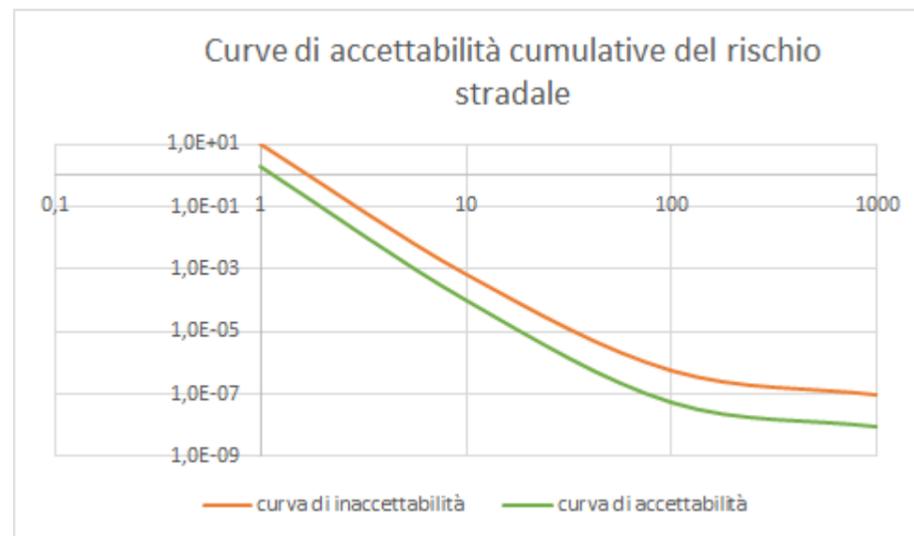


Figura 6.15: Curve di accettabilità del rischio stradale

Muovendo dalle curve F-N costruite per il rischio sociale chimico e cinetico presentate in precedenza si è proceduto alla loro integrazione il cui esito è riportato nella successiva Figura che comprende anche le curve di accettabilità cumulativa.

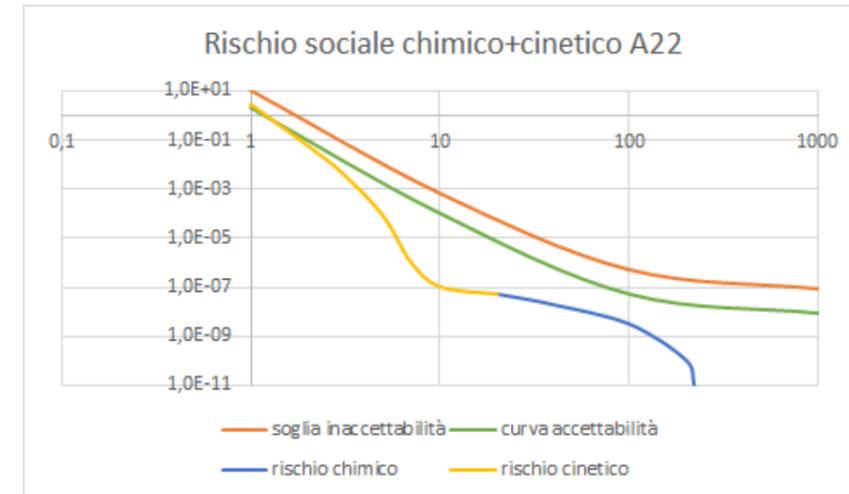


Figura 6.16: Curva F-N rischio stradale A22 confrontata con le curve di accettabilità

La curva risulta essere ampiamente esplicitativa ponendo in evidenza come, complessivamente, il rischio sociale cumulativo risulti essere ampiamente accettabile.

Con maggiore dettaglio si evidenzia come il rischio chimico connesso al trasporto delle sostanze pericolose rientri ampiamente nei parametri di tollerabilità.

Al contrario il rischio cinetico presenta un andamento che tende, per valori molto contenuti di decessi connessi ad eventi incidentali (quindi in prossimità dell'asse delle ordinate) a raggiungere allo stato di fatto il limite della curva di accettabilità.

Ne deriva pertanto che, si ribadisce con riferimento allo scenario attuale della mobilità che caratterizza la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero, l'elemento di maggiore criticità non sia costituito dal trasporto delle merci pericolose quanto dal rischio cinetico in quanto tale, che risulta, ad oggi, fortemente influenzato dalle attuali condizioni del deflusso veicolare.

È per questa ultima considerazione che si è ritenuto fondamentale procedere nel Capitolo successivo alla verifica della capacità del progetto di adeguamento alla 3° corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero di migliorare il livello dell'attuale rischio cinetico anche in ragione del miglioramento delle condizioni del deflusso veicolare.

7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO CINETICO NEGLI SCENARI FUTURI

Sulla base delle valutazioni effettuate al capitolo precedente è emersa una situazione attuale di sostanziale sostenibilità della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero sia relativamente al rischio chimico (incidenti con rilasci nel trasporto di merci pericolose) sia al rischio cinetico (incidenti mortali nel trasporto di cose e persone).

Tuttavia è stato posto in evidenza come l'incidentalità stradale sia direttamente connessa sia al numero di veicoli transitanti lungo la tratta sia, soprattutto, alle condizioni di deflusso in cui tali veicoli compiono gli spostamenti.

La finalità di questo capitolo consiste, come peraltro già introdotto in precedenza, nell'analisi della possibilità del progetto di ampliamento alla terza corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 di incidere positivamente sulle attuali condizioni di rischio cinetico ; tale analisi è stata, quindi, condotta verificando le modifiche del rischio negli scenari di trasporto evolutivi considerati dallo Studio di Traffico redatto in seno al SIA.

Essendo il rischio sociale meno influenzato da queste problematiche, la verifica è stata condotta essenzialmente sul rischio individuale.

7.1. EVOLUZIONE DEL TRAFFICO E DELL'INCIDENTALITÀ STRADALE

Attualmente l'Autostrada A22 del Brennero è caratterizzata da una domanda di traffico dell'ordine dei 43'000 veicoli teorici medi giornalieri annui (VTGMA leggeri + pesanti, anno 2019), valore che risulta leggermente superiore al valore medio del traffico sull'intera rete autostradale nazionale che si attesta su 40'000 unità (dato esercizio 2018).

Con specifico riferimento alla tratta Verona Nord – Interconnessione A1 oggetto del potenziamento alla 3° corsia, i dati dell'esercizio 2019 riportati nello Studio di Traffico evidenziano i seguenti volumi.

SCENARIO	TRATTA	VTGMA BIDIREZIONALE		
		Leggeri	Pesanti	Totali
2019	Verona Nord – Interconnessione A1	33'514	13'025	46'638

Tabella 7.1: VTGMA bidirezionale attuale

Gli scenari evolutivi considerati nello Studio di Traffico sono costituiti da tre assetti futuri:

- lo scenario TENDENZIALE che è definito dalla distribuzione del flusso veicolare futuro rispetto a un sistema infrastrutturale coincidente con quello attuale;

- lo scenario PROGRAMMATICO che è definito dalla distribuzione del flusso veicolare futuro rispetto a un sistema infrastrutturale modificato dalla messa in esercizio degli interventi del Quadro di Riferimento Programmatico¹⁵ sia stradali sia di potenziamento del sistema ferroviario (Tunnel di Base del Brennero e nuova linea ferroviaria Verona – Brennero);
- lo scenario PROGETTUALE che assume le condizioni di traffico definite da scenario PROGRAMMATICO considera l'evoluzione del flusso veicolare in relazione all'intervento di potenziamento alla 3° corsia della macro tratta Verona Nord – Interconnessione A1 dell'Autostrada A22 del Brennero.

Tutti gli scenari di assetto evolutivo del sistema sono stati analizzati mediante la predisposizione e running di scenari di simulazione modellistica organizzati sui seguenti orizzonti temporali:

- anno 2025: lo scenario previsionale di breve termine;
- anno 2030: lo scenario previsionale di medio termine;
- anno 2035: lo scenario previsionale di lungo periodo.

Le elaborazioni svolte nello Studio di Traffico restituiscono sulla Tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero i seguenti volumi previsionali.

SCENARIO TENDENZIALE	TRATTA	VTGMA BIDIREZIONALE	INCREMENTO % RISPETTO ALL'ATTUALE
ANNO			
2025	Verona Nord – Interconnessione A1	51'170	+9,72%
2030		53'590	+14,91%
2035		54'994	+17,92%

SCENARIO PROGRAMMATICO	TRATTA	VTGMA BIDIREZIONALE	INCREMENTO % RISPETTO ALL'ATTUALE
ANNO			
2025	Verona Nord – Interconnessione A1	52'169	+11,86%
2030		53'272	+14,22%
2035		54'606	+17,08%

SCENARIO PROGETTUALE	TRATTA	VTGMA BIDIREZIONALE	INCREMENTO % RISPETTO ALL'ATTUALE
ANNO			
2025	Verona Nord – Interconnessione A1	52'169	+11,86%
2030		53'968	+15,72%

¹⁵ L'elenco delle opere infrastrutturali previste e l'evoluzione dell'assetto territoriale sono riportati nello studio di traffico /29/

2035		56'080	+20,25%
------	--	--------	---------

Tabella 7.2: Scenario tendenziale, programmatico, progettuale - Incremento del traffico previsto

Quanto emerge dalla disamina della Tabella precedente pone in luce come, indipendentemente dall'evoluzione dell'assetto infrastrutturale (scenario TENDENZIALE), sul lungo periodo, cioè al 2035, si preveda un incremento del volume di traffico attuale pari al 18%.

Considerando lo scenario PROGRAMMATICO tale incremento risulta leggermente più contenuto è nell'ordine del 17% soprattutto in ragione dello shift modale gomma-ferro connesso alla realizzazione della nuova linea ferroviaria Verona – Brennero.

Lo Studio di Traffico stima inoltre che la realizzazione della terza corsia (scenario PROGETTUALE) comporterà un incremento del traffico di poco superiore a quello previsto da scenario PROGRAMMATICO, pari al 2,7%.

La Tabella successiva riporta le variazioni previste in termini di traffico per lo Scenario PROGETTUALE rispetto a tutti gli altri assetti analizzati (ATTUALE, TENDENZIALE e PROGRAMMATICO)

SCENARIO		2025	2030	2035
Progettuale	VTGMA	52'169	53'968	56'080
	Incremento rispetto all'attuale	11,86%	15,72%	20,25%
	Incremento rispetto scenario tendenziale	1,91%	0,70%	1,94%
	Incremento rispetto scenario programmatico	0,00%	1,31%	2,70%

Tabella 7.3: incremento di traffico dello scenario progettuale

Fatte queste considerazioni introduttive che riprendono le risultanze numeriche delle valutazioni trasportistiche effettuate sul progetto di realizzazione della 3° corsia sulla tratta Verona – Modena della A22 del Brennero, si procede alla rivalutazione del rischio di incidenti stradali in relazione all'incremento del flusso veicolare.

Si precisa che il concetto di rischio stradale, in questa sede, è strettamente connesso alla gravità degli eventi incidentali e in particolar modo alla mortalità degli stessi, mentre risulta poco rilevante la variazione di rischio chimico.

Di conseguenza per analizzare l'incremento di rischio derivante dall'aumento del traffico veicolare si prende a riferimento la Tabella 6.2, e in particolar modo il rischio cinetico pari a 6,25 E-2 morti/kmy.

Per quanto detto risulta evidente come in ciascuno dei tre scenari evolutivi considerati la considerazione del solo incremento del volume di traffico circolante sulla tratta non possa

che tradursi in un aumento del rischio, stimato in maniera direttamente proporzionale, come riportato nella successiva Tabella.

SCENARIO		2019	2025	2030	2035
Attuale	Rischio cinetico	6,25 E-2	-	-	-
Tendenziale	Incremento di traffico previsto	-	9,72%	14,91%	17,92%
	Rischio cinetico	-	6,86E-2	7,18E-2	7,37E-2
Programmatico	Incremento di traffico previsto	-	11,86%	14,22%	17,08
	Rischio cinetico	-	6,99E-2	7,14E-2	7,23E-2
Progettuale	Incremento di traffico previsto	-	11,86%	15,72%	20,25%
	Rischio cinetico	-	6,99E-2	7,23E-2	7,52E-2

Tabella 7.4: Previsione incremento morti/km

Prima di procedere oltre nella valutazione si ritiene opportuno effettuare un'analisi della serie storica dell'incidentalità e della mortalità sulla rete stradale italiana.

In Figura 7.1 e in Figura 7.2 sono riportati gli andamenti storici dell'incidentalità e della mortalità su strada dal 1950 ad oggi.

L'andamento è decrescente a partire dal 2000 per quel che concerne l'incidentalità e dal 1970 per quel che concerne la mortalità.

Nelle due curve sono riportati sia i valori storici, sia un interpolante a media mobile.

Nella curva della mortalità è possibile riuscire a distinguere 4 fasi [16] [43] successivamente descritte e analizzate:

- crescita delle vittime (anni '50 e '60)
- prima fase di riduzione (anni '70 e '80)
- stagnazione dei primi anni '90
- nuova fase di riduzione (da metà degli anni '90 a oggi)

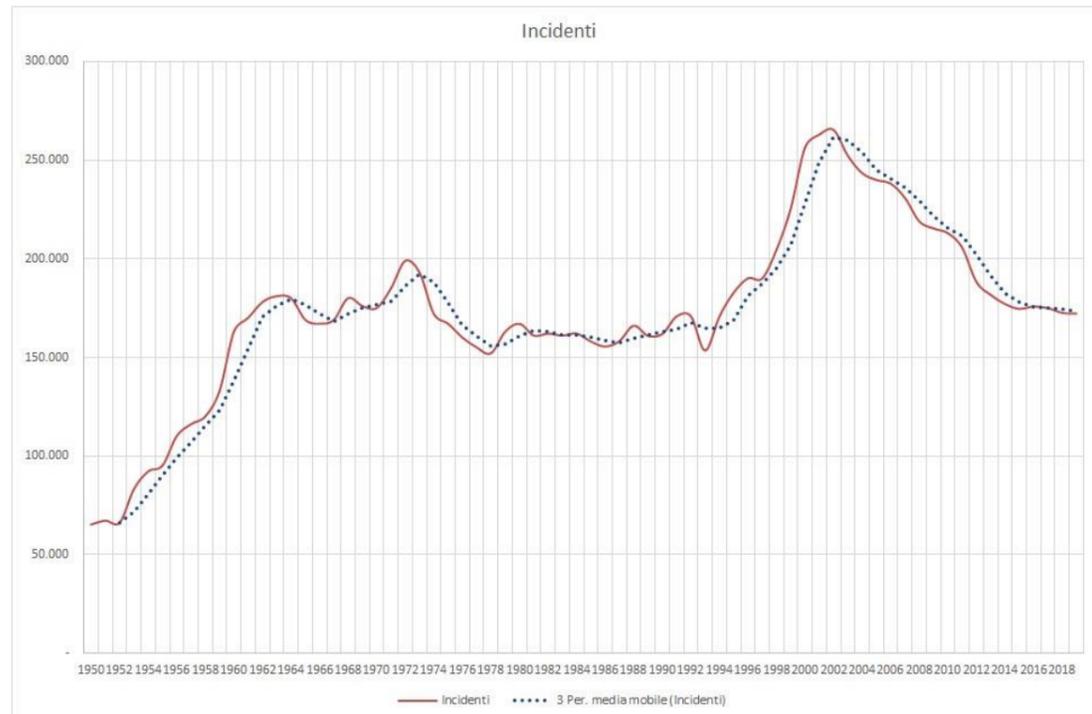


Figura 7.1: Incidentalità stradale 1950-2019

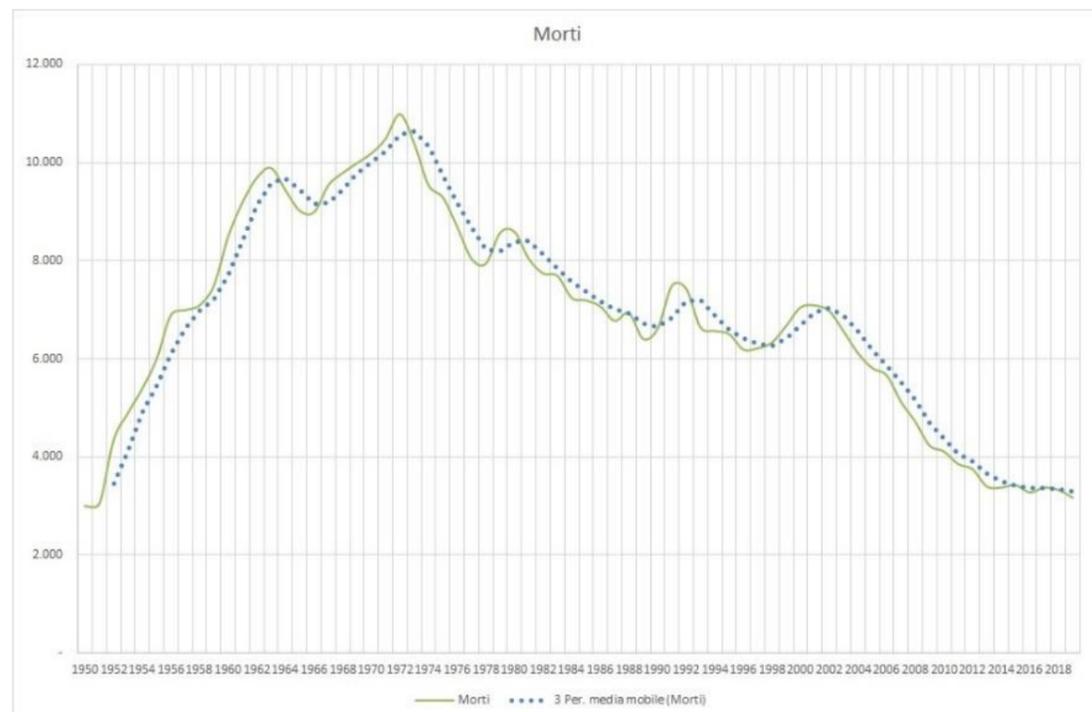


Figura 7.2: Mortalità stradale 1950-2019

Fase 1, la crescita delle vittime (anni '50 e '60)

In tutti i Paesi dell'UE 15 il numero di vittime cresce in questo ventennio per l'aumento in numero e ampiezza degli spostamenti di persone e merci ma, soprattutto, per il progressivo passaggio dal vettore collettivo (treni, autobus, etc.) a quello individuale e il conseguente incremento del traffico. Inoltre, la modifica del volume e delle caratteristiche del traffico su gomma in tutti i Paesi impatta su una rete stradale, precedente al conflitto mondiale, del tutto inadeguata alla nuova situazione.

Ne è risultato il raddoppio del numero di morti e feriti in meno di venti anni. In Italia l'andamento è analogo ma con tassi di mortalità costantemente inferiori a quelli medi. Il massimo storico del numero di morti viene raggiunto nei primi anni '70.

Fase 2, la prima fase di riduzione (anni '70 e '80)

Negli anni '60 sono avviati importanti programmi di ampliamento e miglioramento della rete stradale e l'industria automobilistica comincia a curare il fattore sicurezza del veicolo con maggiore sistematicità ed efficacia.

Tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '70 questi processi cominciano a determinare una generalizzata inversione di tendenza: con una straordinaria sintonia, tra il 1970 e il 1973 il processo di crescita delle vittime degli incidenti autostradali si esaurisce in tutti i Paesi dell'UE 15 per poi invertirsi con il numero di morti e di feriti che comincia a diminuire rapidamente. Nella seconda metà degli anni '80, la velocità di riduzione dei tassi di mortalità in Italia comincia ad affievolirsi, mentre resta sostanzialmente costante nel resto dell'UE 15.

Fase 3, la stagnazione dei primi anni '90

Negli anni '90 l'andamento dell'incidentalità e il numero delle vittime restano sostanzialmente costanti per rialzarsi leggermente verso la fine del decennio.

Ne consegue che il tasso di mortalità italiano si sposta al di sopra della media europea e il nostro Paese cade dalla 4^a alla 8^a posizione nella graduatoria di sicurezza stradale europea. In questi anni l'evoluzione italiana è in netta controtendenza rispetto a quella media europea.

I miglioramenti di veicoli e infrastrutture non sembrano più sufficienti a garantire una progressiva riduzione di incidenti e di vittime. La crescita del parco veicoli e dei volumi di traffico, le modifiche nella composizione degli spostamenti, la maggiore velocità dei veicoli, la generalizzazione dell'accesso alla guida e altri fenomeni di minore rilevanza portano ad una battuta di arresto più o meno lunga nella riduzione dell'incidentalità in tutti i Paesi dell'UE 15.

È in questa fase che comincia ad essere sviluppata una seria riflessione sui motivi di quanto accade, sulla possibilità di sviluppare adeguate azioni di contrasto e sulla opportunità di definire strumenti e strutture dedicate a governare nel modo più efficace tali azioni di contrasto. Il focus dell'attenzione si sposta dai comportamenti di guida alle politiche comunitarie, nazionali e locali, determinando l'avvio di una sorta di rivoluzione copernicana

che comincia a modificare scelte e priorità di molti organismi sovranazionali e di alcuni governi.

Fase 4: la nuova fase di riduzione (dalla metà degli anni '90 a oggi)

Nei primi anni '90 cominciano a delinearsi le prime strategie complessive di miglioramento della sicurezza stradale e si riavvia un intenso processo di riduzione delle vittime. L'aver intrapreso la strada della pianificazione e programmazione della sicurezza stradale, individuato una strategia generale condivisa da tutti i Paesi membri dell'Unione e fissato un obiettivo di riduzione delle vittime quantitativamente definito e costantemente monitorato, indicando il miglioramento della sicurezza stradale tra le priorità dell'UE, ha fatto sì che quasi tutti i Paesi membri si siano attivati sulla sicurezza stradale. Tra il 2000 e il 2004 quasi tutti i Paesi dell'Unione – e anche Paesi europei che hanno scelto di non farne parte, come Norvegia, Svizzera, Islanda, etc. - si dotano di strumenti di pianificazione e programmazione della sicurezza stradale.

In Italia nel 2003, con l'introduzione della patente a punti c'è una intensa ripresa del processo di riduzione delle vittime. Questo effetto si è esaurito nel giro di 12 mesi, ma ulteriori specifiche iniziative e l'aumentata sicurezza passiva dei mezzi motorizzati ha rafforzato la curva in discesa.

Dalla disamina effettuata, ed in particolare modo confrontando i dati italiani ed europei, derivano alcune osservazioni:

- i tassi di mortalità italiani si sono ridotti significativamente pur restando leggermente più alti della media europea.
- ferme restando le motivazioni che hanno portato alla variazione nel tempo di incidentalità e mortalità, è possibile notare una riduzione continuativa negli ultimi decenni.

Pertanto, estendendo la curva interpolante al 2035, si può prefigurare una riduzione, salvo specifici politiche o interventi più incisivi, pari al 14% per l'incidentalità e al 15% per la mortalità come riportato nella Tabella 7.5 di pagina successiva.

Tale riduzione può essere ricondotta all'evoluzione tecnologica trasportistica (sia dei veicoli sia delle infrastrutture) che nel corso degli anni è intervenuta per ridurre la frequenza e la gravità degli impatti negli incidenti stradali.

Di seguito si riporta l'estensione delle curve interpolanti di incidentalità e mortalità sul lungo termine cioè al 2035.

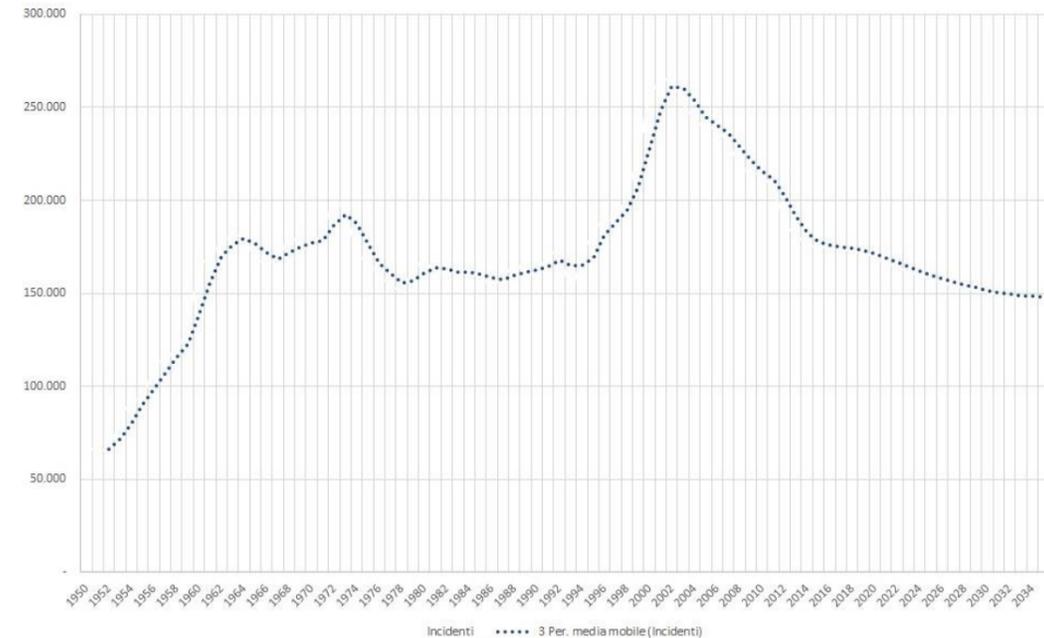


Figura 7.3: Interpolante incidentalità stradale 1950-2035

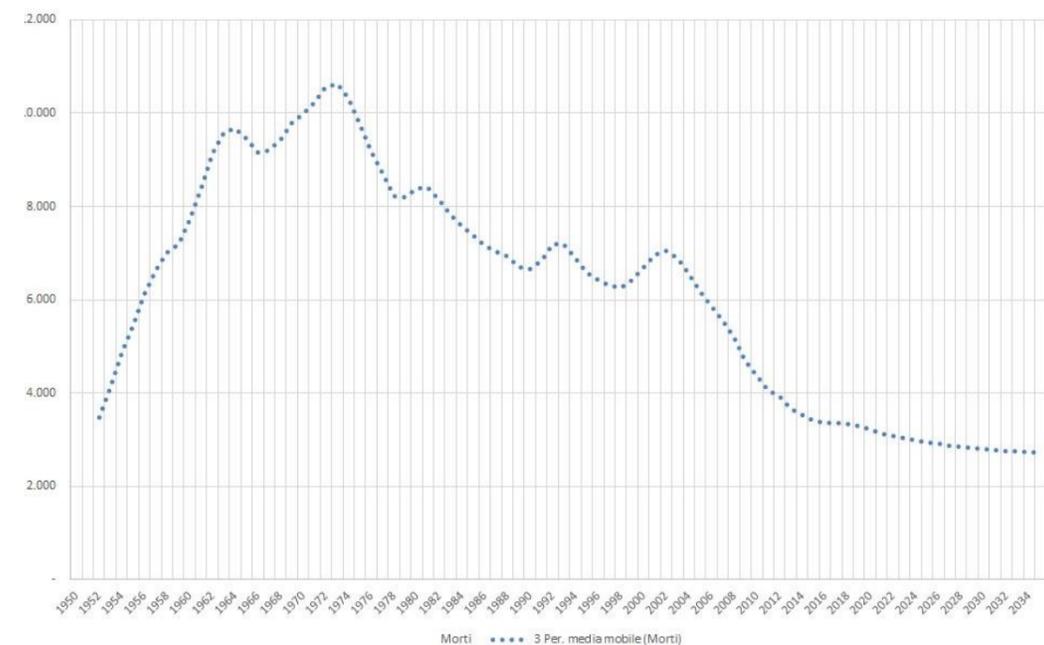


Figura 7.4: Interpolante mortalità stradale 1950-2035



Anno	Numero incidenti	Numero morti
2019 (ultimo dato registrato)	172'183	3'173
2035 (dato previsionale)	147'800	2'700
Variazione percentuale	-14%	-15%

Tabella 7.5: Previsione riduzione incidentalità stradale

Sulla base delle considerazioni effettuate è stato possibile procedere al ricalcolo del rischio cinetico della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero le cui risultanze sono riportate nella Tabella successiva.

Scenario	Rischio morti/km annuo	Rischio morti/pkm annuo
ATTUALE	6,25E-02	2,69E-09
TENDENZIALE	6,26E-02	2,29E-09
PROGRAMMATICO	6,22E-02	2,29E-09
PROGETTUALE	6,39E-02	2,29E-09

Tabella 7.6: Rischio incidentale A22

Si ribadisce che le analisi fin qui effettuate non tengono ancora conto del miglioramento delle condizioni di percorrenza e di sicurezza connesse alla realizzazione dell'allargamento della sede stradale con aggiunta della terza corsia alle due attualmente presenti.

7.2. ANALISI DELLE PRINCIPALI CAUSE INCIDENTALI

Muovendo dal report di ISTAT e ACI del 2018 sugli Incidenti stradali/26/ si è proceduto alla disamina delle principali cause di incidente con l'obiettivo di individuare su quali fattori, cioè, appunto, su quali cause di incidenti, il progetto di adeguamento alla 3° corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero potrebbe agire positivamente incrementando l'attuale livello di sicurezza della circolazione veicolare.

Le risultanze dell'analisi condotta sono riportate nella Tabella successiva che analizza e riporta l'impatto percentuale delle cause accertate o presunte di incidente sul totale degli incidenti stradali verificatisi nell'anno 2018, operando una distinzione tra strade urbane ed extraurbane.

PROSPETTO 4. CAUSE ACCERTATE O PRESUNTE DI INCIDENTE PER CATEGORIA DELLA STRADA⁴
Anno 2018, valori assoluti e composizione percentuale (a)

DESCRIZIONE CAUSE	Strade urbane		Strade extraurbane		Totale	
	Valori assoluti	%	Valori assoluti	%	Valori assoluti	%
Procedeva con guida distratta o andamento indeciso	24.136	14,9	11.973	20,1	36.109	16,3
Procedeva senza rispettare la precedenza o il semaforo	27.504	17,0	4.088	6,8	31.592	14,2
- procedeva senza rispettare lo stop	9.506	5,9	1.732	2,9	11.238	5,1
- procedeva senza dare la precedenza al veicolo proveniente da destra	7.214	4,4	965	1,6	8.179	3,7
- procedeva senza rispettare il segnale di dare precedenza	9.051	5,6	1.276	2,1	10.327	4,7
- procedeva senza rispettare le segnalazioni semaforiche o dell'agente	1.733	1,1	115	0,2	1.848	0,8
Procedeva con velocità troppo elevata	14.341	8,8	8.367	14,0	22.708	10,2
- procedeva con eccesso di velocità	13.748	8,5	8.090	13,6	21.838	9,8
- procedeva senza rispettare i limiti di velocità	593	0,4	277	0,5	870	0,4
Procedeva senza mantenere la distanza di sicurezza	12.231	7,5	8.248	13,8	20.479	9,2
Manovrava irregolarmente	11.935	7,4	3.267	5,5	15.202	6,9
Svoltava irregolarmente	4.200	2,6	600	1,0	4.800	2,2
Procedeva contromano	2.996	1,8	1.661	2,8	4.657	2,1
Sorpassava irregolarmente	2.598	1,6	1.157	1,9	3.755	1,7
Ostacolo accidentale	2.865	1,8	2.453	4,1	5.318	2,4
Veicolo fermo evitato	814	0,5	822	1,4	1.636	0,7
Non dava la precedenza al pedone sugli appositi attraversamenti	7.069	4,4	176	0,3	7.245	3,3
Buche, ecc. evitato	765	0,5	681	1,1	1.446	0,7
Circostanza imprecisata	28.578	17,6	7.500	12,6	36.078	16,3
Veicolo fermo in posizione irregolare urtato	1.942	1,2	336	0,6	2.278	1,0
Altre cause relative al comportamento nella circolazione	5.480	3,4	1.991	3,3	7.471	3,4
Comportamento scorretto del pedone	6.504	4,0	524	0,9	7.028	3,2
Totale comportamento scorretto del conducente e del pedone	153.958	94,9	53.844	90,2	207.802	93,7
Altre cause	8.238	5,1	5.836	9,8	14.074	6,3
Totale cause (b)	162.196	100,0	59.680	100,0	221.876	100,0

(a) Sono incluse nel prospetto tutte le circostanze registrate per i primi due veicoli coinvolti. Per ogni veicolo possono essere indicate fino a tre tipologie di circostanze.
(b) Il totale cause è riferito al numero complessivo delle cause accertate o presunte, corrispondenti ai conducenti dei primi due veicoli coinvolti nell'incidente, comunicate dalle forze dell'ordine al momento del rilievo. Il dettaglio delle singole voci in tabella è riferito alle sole circostanze legate ad inconvenienti di circolazione.

Figura 7.5: Cause accertate o presunte di incidente - 2018

Per poter procedere nell'analisi, la tabella è stata oggetto di rielaborazione volta ad escludere tutte le cause non congruenti con le caratteristiche delle autostrade.

Di conseguenza sono state ricalcolate le percentuali di impatto delle cause residue, con particolare attenzione agli incidenti gravi con potenziali conseguenze mortali.

Sono state quindi identificate le cause riconducibili a condizioni di "congestione" del flusso del traffico e quindi a situazioni caratterizzate da possibili improvvisi accodamenti, repentini cambi di velocità, possibili blocchi, frequenti manovre di sorpasso, etc.

Le percentuali attribuite all'impatto esercitato dal progetto di adeguamento alla 3° corsia sono state definite in funzione della relazione tra "causa" e "condizioni del deflusso veicolare".

Le cause che si ritiene possano ridursi significativamente in seguito al miglioramento delle condizioni di circolazione stradale sono:

- non mantenimento della distanza di sicurezza: la presenza di condizioni di traffico scorrevole aumentano la distanza media tra i veicoli e favoriscono di conseguenza la riduzione di situazioni riconducibili al mancato rispetto delle distanze di sicurezza
- presenza di ostacolo improvviso o accidentale: la presenza di condizioni di traffico scorrevole contribuiscono ad evitare il formarsi di improvvise code e di conseguenza la presenza di improvvisi ostacoli
- presenza di veicolo fermo evitato: esattamente come nel caso sopra citato, l'assenza di code improvvise riduce il rischio di incappare in un veicolo fermo.

Descrizione cause	Valore assoluto ¹⁶	Valore percentuale ¹⁷	Incidenti mortali	Incidenti lievi	Impatto progetto
Procedeva con guida distratta o andamento indeciso	11.973	20,06%	55%	45%	SI – 30%
Procedeva senza rispettare la precedenza:	2.241	3,76%	50%	50%	NO
- procedeva senza dare la precedenza al veicolo proveniente da destra	965	1,62%	50%	50%	NO
- procedeva senza rispettare il segnale di dare precedenza	1.276	2,14%	50%	50%	NO
Procedeva con velocità troppo elevata	8.367	14,02%	80%	20%	NO
- procedeva con eccesso di velocità	8.090	13,56%	80%	20%	NO
- procedeva senza rispettare i limiti di velocità	277	0,46%	80%	20%	NO
Procedeva senza mantenere la distanza di sicurezza	8.248	13,82%	30%	70%	SI – 65%
Manovrava irregolarmente	3.267	5,47%	40%	60%	SI – 15%
Sorpassava irregolarmente	1.157	1,94%	45%	55%	SI – 15%
Ostacolo accidentale	2.453	4,11%	70%	30%	SI – 70%
Veicolo fermo evitato	822	1,38%	65%	35%	SI – 70%
Buche, ecc. evitato	681	1,14%	65%	35%	NO
Circostanza imprecisata	7.500	12,57%	50%	50%	NO
Altre cause relative al comportamento nella circolazione	1.991	3,34%	50%	50%	NO
Altre cause	5.836	9,78%	50%	50%	SI – 20% ¹⁸

¹⁶ Numero incidenti per causa

¹⁷ Il valore percentuale è stato ricalcolato su tutte le cause incidentali valutate congruenti con le condizioni autostradali

¹⁸ Riconducibili all'incremento improvviso di traffico

Tabella 7.7: Impatto del progetto sulle cause incidentali

E' evidente che la disponibilità della 3° corsia di marcia, poiché determina oltre che un deflusso maggiormente scorrevole del traffico anche una migliore gestione delle manovre improvvise, risulta un fattore positivo per tutti i casi "SI" nella Tabella precedente alla colonna "Impatto progetto".

I dati sopra riportati fanno riferimento indistintamente agli incidenti (sia con morti, sia con feriti, sia senza conseguenze per le persone coinvolte) che hanno interessato nel 2018 tutte le strade extraurbane italiane (autostrade incluse).

Considerando che nel 2018 sono stati registrati 9'437 incidenti sulle autostrade, a cui sono corrisposti 330 morti e non disponendo del dato di dettaglio delle singole cause, i dati sono stati calcolati in proporzione.

Descrizione cause	N. inc.AA	N. Min AA ¹⁹	% Inc. mort.	Impatto progetto	N. M evitate ²⁰	Riduzione totale teorica mortalità 20,7%
Procedeva con guida distratta o andamento indeciso	2072	74	55%	30%	22,2	
Procedeva senza rispettare la precedenza	388	13	50%	0%	0	
Procedeva con velocità troppo elevata	1448	75	80%	0%	0	
Procedeva senza mantenere la distanza di sicurezza	1427	28	30%	65%	18,1	
Manovrava irregolarmente	565	15	40%	15%	2,2	
Sorpassava irregolarmente	200	6	45%	15%	0,9	
Ostacolo accidentale	424	19	70%	70%	13,5	
Veicolo fermo evitato	142	6	65%	70%	4,2	
Buche, ecc. evitato	118	5	65%	0%	0,0	
Circostanza imprecisata	1298	42	50%	0%	0,0	
Altre cause relative al comportamento nella circolazione	345	11	50%	0%	0,0	
Altre cause	1010	36	55%	20%	7,2	
TOTALE	9.347	330	--	--	68,3	

Tabella 7.8: Riduzione potenziale della mortalità per miglioramento delle condizioni di traffico

¹⁹ Il dato è stato calcolato considerando la distribuzione delle cause degli incidenti mortali rapportato al numero di morti complessivo nelle autostrade italiane

²⁰ Dato ricavato dal prodotto dell'impatto del progetto il numero dei morti autostradali

Ne deriva che potenzialmente un miglioramento ideale delle condizioni di flusso stradale potrebbe far conseguire una riduzione teorica della mortalità fino al 20,7%.

Tale miglioramento è da attribuirsi a condizioni di traffico sempre ottimali e quindi, anticipando il concetto di Livello di Servizio, a condizioni di deflusso pari a LOS A.

Nel successivo sottocapitolo l'analisi effettuata verrà rimodulata sulle condizioni di deflusso autostradale previste per lo scenario PROGETTUALE nello Studio di Traffico redatto a supporto del SIA.

7.3. ANALISI DELLA QUALITÀ DEL DEFLUSSO AUTOSTRADALE

Per valutare l'apporto reale del progetto alla riduzione della congestione stradale e, di conseguenza, alla riduzione della mortalità, si è fatto riferimento a quanto emerso nello Studio di Traffico del SIA [29].

Tale studio ha quantificato le condizioni del deflusso, attuali e future, lungo la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero attraverso la determinazione dei Livelli di Servizio, LOS (Level of Service) secondo le indicazioni:

- dell'Highway Capacity Manual (HCM) americano ed. 2016
- dell'Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS) tedesco ed. 2015.

Il LOS esprime e caratterizza alcune situazioni standardizzate sulla base di una descrizione qualitativa in relazione al comfort, alla libertà di manovra, al mantenimento della velocità desiderata, alla capacità di assorbire disturbi momentanei.

La definizione dei diversi LOS viene riportata di seguito:

- LOS A - Rappresenta condizioni di deflusso libero con totale assenza di condizionamento tra i veicoli. La velocità di flusso libero tende a prevalere sulla carreggiata e i veicoli non risentono di interferenze o impedimenti nelle loro possibilità di manovra all'interno del flusso di traffico. Gli effetti di incidenti o breakdown momentanei sono facilmente assorbiti.
- LOS B - Rappresenta una situazione che si può ritenere ancora e ragionevolmente di flusso libero, con qualche limitazione alla libertà di manovra dei conducenti, ma ancora con elevate condizioni operative. La libertà di manovra all'interno del flusso di traffico è solo leggermente condizionata, con un livello generale di comfort fisico e psicologico dei conducenti ancora elevato. Gli effetti di incidenti o breakdown momentanei sono ancora facilmente assorbiti.
- LOS C - Rappresenta una situazione di deflusso con velocità prossime, ma inferiori, alla velocità di flusso libero. La libertà di manovra all'interno del flusso di traffico

comincia ad apparire notevolmente limitata. A causa dell'aumento dei condizionamenti rispetto ai precedenti LOS, per mantenere le velocità desiderate occorrono cambi di corsie e/o sorpassi frequenti che richiedono notevole attenzione da parte degli utenti. Gli effetti di breakdown momentanei possono ancora essere assorbiti, ma il peggioramento nella qualità del servizio comincia ad essere significativo e possono formarsi accodamenti a monte di eventuali blocchi significativi.

- LOS D - È il livello per il quale, con l'aumento dei flussi, le velocità e la libertà di manovra cominciano a ridursi sensibilmente, con una densità che cresce più rapidamente. Le condizioni operative all'interno del flusso di traffico sono basse e i guidatori sperimentano ridotti livelli di comfort fisico e psicologico. Anche perturbazioni di ordine minore possono comportare fenomeni di accodamento, per via dell'incapacità del flusso di assorbirne gli effetti.
- LOS E - Rappresenta situazioni con condizionamenti pressoché totali e condizioni operative scadenti. Il limite inferiore di questo livello corrisponde alla capacità ed il regime di deflusso è altamente instabile, con uno scarsissimo distanziamento che lascia pochi spazi di manovra all'interno del flusso di traffico. Qualsiasi interruzione del flusso di traffico, dovuta ad esempio a veicoli che entrano da una rampa o che effettuano un cambio di corsia producono un'onda di perturbazione che si propaga in tutto il flusso di traffico a monte. Alla capacità il flusso di traffico non riesce a dissipare anche la più piccola perturbazione e qualsiasi fenomeno incidentale può produrre effetti sensibili e generare accodamenti. Il comfort fisico e psicologico offerto è scarso.
- LOS F - Descrive un flusso forzato con frequenti ed imprevedibili arresti della corrente, dalla marcia a tratti ("stop and go") fino al blocco del deflusso. Tali condizioni si manifestano negli accodamenti che si formano a monte di un collo di bottiglia. I breakdown possono verificarsi per una serie di motivi: incidenti improvvisi possono ridurre temporaneamente la capacità di un breve tratto, facendo sì che il numero di veicoli che arrivano all'inizio del tratto sia maggiore del numero di veicoli che possono attraversarlo; punti di congestione ricorrenti, come ad esempio confluenze o tronchi di scambio, in corrispondenza dei quali si sperimenta una domanda di veicoli in arrivo superiore rispetto a quella che può essere gestita dalla geometria dell'infrastruttura.

Sulla base di quanto sopra riportato nell'ambito di questo studio si assume la seguente scala di incidenza per l'effetto migliorativo totale

LOS A 100%	LOS B 60%	LOS C 0%	LOS D -50%	LOS E -30%	LOS F na
---------------	--------------	-------------	---------------	---------------	-------------

Le assumptions effettuate derivano dal seguente ordine di considerazioni:

- effetto del LOS A: la fluidità del traffico in queste condizioni è ottimale. Di conseguenza si reputa che il miglioramento apportato corrisponda al 100% della riduzione stimata degli incidenti per problematiche connesse alla congestione (Cfr. Cap. 7.2 ANALISI DELLE PRINCIPALI CAUSE INCIDENTALI).
- effetto del LOS B: alla stregua del LOS A, anche in questo caso le condizioni di fluidità del traffico, sebbene leggermente più intense, sono ancora considerate ottimali, per cui si calcola un miglioramento pari al 60% della riduzione sopra citata.
- effetto del LOS C: sebbene le condizioni di traffico non siano ancora troppo critiche. Si ritiene che questo scenario non apporti nessuna variazione rispetto alla condizione iniziale di incidentalità.
- effetto del LOS D: dato l'aumento del traffico e allo stesso tempo il mantenimento di velocità sostenute, si reputa che questa sia la condizione più critica per quel che concerne la sicurezza stradale. In queste condizioni, infatti, aumenta sia la probabilità di incidenti, sia la potenziale gravità degli stessi.
- effetto del LOS E: in queste condizioni il traffico ha un andamento incostante. Di conseguenza le probabilità di incidenti aumentano. Tuttavia le condizioni di traffico non permettono il mantenimento di velocità elevate, motivo per cui si suppone che la gravità degli incidenti si riduca percentualmente.
- effetto del LOS F: dato il livello di congestione si ipotizza che le velocità siano ridotte al minimo e di conseguenza i possibili incidenti siano esclusivamente riconducibili a tamponamenti senza conseguenze per le persone. Per i detti motivi non è oggetto di studio nella presente trattazione.

In funzione dei criteri riportati si è proceduto, sulla base delle variazioni delle condizioni di deflusso che caratterizzano gli scenari evolutivi di lungo termine predisposti nello Studio di Traffico, al ricalcolo del rischio incidentale.

Ovviamente, in ragione delle considerazioni espone in precedenza e delle finalità di questa specifica analisi, il termine di riferimento è costituito dallo scenario ATTUALE la cui distribuzione delle condizioni di deflusso (anno 2019) è riportata nelle successive tabelle riferite al GMA (Giorno Medio Annuo) e al 20° giorno di picco.

SCENARIO ATTUALE GIORNO MEDIO (2019)						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS ²¹	42,32%	34,11%	23,57%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabella 7.9: Scenari LOS giorno medio attuale

SCENARIO ATTUALE 20° giorno di picco (2019)						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS ²²	35,40%	21,70%	25,00%	14,60%	2,90%	0,40%

Tabella 7.10: Scenari LOS 20° giorno di picco attuale

Al fine di poter operare un confronto completo si è reputato corretto prendere in esame anche l'evoluzione dei LOS sul lungo termine, quindi all'anno 2035, negli scenari TENDENZIALE E PROGRAMMATICO oltre che nello scenario PROGETTUALE.

Le risultanze delle analisi contenute nello Studio di Traffico sono riassunte nelle successive tabelle.

SCENARIO TENDENZIALE - GIORNO MEDIO						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	39,00%	18,63%	27,31%	15,05%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto ATTUALE	-3,32%	-15,48%	3,74%	15,05%	0,00%	0,00%

Tabella 7.11: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario TENDENZIALE (2035)

SCENARIO TENDENZIALE - 20° giorno di picco						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	30,56%	16,20%	19,44%	20,25%	8,80%	4,75%
Variazione % rispetto ATTUALE	-4,84%	-5,50%	-5,56%	5,65%	5,90%	4,35%

Tabella 7.12: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario TENDENZIALE (2035)

²¹ Il dato riportato è una media degli scenari di LOS calcolati tramite due differenti sistemi di valutazione del traffico: HCM e HBS. Gli scenari da cui è stata ricavata la media sono riportati nello studio di traffico.

²² Il dato riportato è una media degli scenari di LOS calcolati tramite due differenti sistemi di valutazione del traffico: HCM e HBS. Gli scenari da cui è stata ricavata la media sono riportati nello studio di traffico.

²³ Scenari riferiti a un andamento del traffico che preveda il transito di più di 470'000 veicoli in un giorno lungo la tratta autostradale. È stato calcolato il raggiungimento e superamento di tale soglia in 20 giorni su 365.

SCENARIO PROGRAMMATICO - GIORNO MEDIO						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	39,38%	19,79%	26,88%	13,96%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto ATTUALE	-2,94%	-14,32%	3,31%	13,96%	0,00%	0,00%

Tabella 7.13: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario PROGRAMMATICO (2035)

SCENARIO PROGRAMMATICO- 20° giorno di picco						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	31,25%	16,35%	20,31%	19,48%	8,96%	3,65%
Variazione % rispetto ATTUALE	-4,15%	-5,35%	-4,69%	4,88%	6,06%	3,25%

Tabella 7.14: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario PROGRAMMATICO (2035)

SCENARIO PROGETTUALE - GIORNO MEDIO						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	67,40%	32,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto ATTUALE	25,08%	-1,51%	-23,57%	0,00%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto TENDENZIALE	28,40%	13,97%	-27,31%	-15,05%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto PROGRAMMATICO	28,02%	12,81%	-26,88%	-13,96%	0,00%	0,00%

Tabella 7.15: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario PROGETTUALE (2035)

SCENARIO PROGETTUALE- 20° giorno di picco						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	47,29%	37,92%	14,69%	0,10%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto ATTUALE	12%	16%	-10%	-15%	-3%	0%
Variazione % rispetto TENDENZIALE	17%	22%	-5%	-20%	-9%	-5%
Variazione % rispetto PROGRAMMATICO	16%	22%	-6%	-19%	-9%	-4%

Tabella 7.16: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario PROGETTUALE (2035)

Dalla disamina, in particolare, delle risultanze che caratterizzano in termini di distribuzione dei LOS lo scenario PROGETTUALE, emerge palese la capacità del progetto di realizzazione della 3° corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero di migliorare sensibilmente, anche sul lungo termine cioè all'anno 2035, le condizioni del deflusso veicolare sia rispetto agli assetti evolutivi sia rispetto all'assetto attuale.

Con specifico riferimento al confronto con la situazione attuale, la realizzazione della 3° corsia, anche con riferimento al lungo termine e quindi considerando l'incremento di traffico stimato per il 2035, evidenzia:

- l'incremento delle condizioni di esercizio a LOS A e LOS B rispettivamente per il 12% e il 16%
- la riduzione delle condizioni di esercizio a LOS C, LOS D e LOS E rispettivamente per il 10%, il 15% e il 3%

Ovviamente i benefici connessi allo scenario PROGETTUALE risultano sensibilmente superiori se confrontati con le condizioni di deflusso degli assetti evolutivi TENDENZIALE e PROGRAMMATICO di lungo periodo.

Tali assetti, rispetto allo scenario ATTUALE, presentano, infatti, livelli di traffico superiori e prevedono il mantenimento dell'attuale geometria a due corsie per senso di marcia sulla tratta Verona - Modena dell'Autostrada A22 del Brennero; questi due fattori contribuiscono inevitabilmente al presentarsi di maggiori livelli di congestione sull'intero tracciato.

7.4. IMPATTO DEL PROGETTO SUI LIVELLI DI INCIDENTALITÀ

Muovendo dalle elaborazioni effettuate nei paragrafi precedenti e considerando che le condizioni di deflusso ottimale, ossia quelle classificate come LOS A, possano apportare una riduzione alla mortalità stradale pari al 20,7%, si è proceduto all'attribuzione di un impatto sulla mortalità per ciascun Livello di Servizio.

Scenario di LOS	Impatto sul miglioramento delle condizioni di traffico	Valore di riduzione della mortalità attribuito
LOS A	100%	20,7%
LOS B	60%	12,42%
LOS C	0%	0%
LOS D	-50%	-10,35%
LOS E	-30%	-6,21%

Tabella 7.17: impatto degli scenari di LOS sulla mortalità stradale

Il valore negativo relativo agli scenari D ed E deve essere letto come un incremento della mortalità in ragione dello sviluppo di condizioni di traffico che favoriscono le dinamiche incidentali. In particolare lo scenario D è considerato il più critico, in quanto permette ancora

il mantenimento di velocità sostenute aumentando in proporzione la potenziale gravità dell'impatto generato.

Per calcolare l'impatto del progetto sulla mortalità incidentale, è stata considerata la distribuzione del deflusso veicolare nello scenario PROGETTUALE di lungo termine (anno 2035) rispetto a quella che caratterizza lo scenario ATTUALE e gli assetti evolutivi di lungo termine TENDENZIALE e PROGRAMMATICO.

Per stimare le condizioni di traffico annuali dell'autostrada, è stata calcolata la media pesata assumendo che le condizioni di traffico del 20° giorno di picco corrispondano a quelle esistenti nel 5% dei giorni dell'anno e quelle del giorno medio al restante 95%.

Quindi è stata calcolata la media pesata delle variazioni percentuali registrate rispetto alle scenario ATTUALE, TENDENZIALE e PROGRAMMATICO.

Le risultanze ottenute sono riportate nella successiva Tabella che contiene la variazione delle condizioni di LOS previste per lo scenario PROGETTUALE e il calcolo della variazione della mortalità considerato l'apporto dei LOS.

SCENARIO PROGETTUALE(2035) - Media pesata variazioni nelle condizioni di traffico						
RANGE	A	B	C	D	E	Variazione mortalità scenario Progettuale
Riduzione mortalità connessa alle condizioni di traffico	20,70%	12,42%	0,00%	-10,35%	-6,21%	
Evoluzione del traffico rispetto alla situazione ATTUALE	24,42%	-0,62%	-22,91%	-0,73%	-0,15%	- 5,06%
Evoluzione del traffico rispetto allo scenario TENDENZIALE	27,82%	14,36%	-26,18%	-15,31%	-0,44%	- 9,15%
Evoluzione del traffico rispetto allo scenario PROGRAMMATICO	27,42%	13,25%	-25,82%	-14,23%	-0,45%	- 8,82%

Tabella 7.18: Evoluzione mortalità stradale nello scenario PROGETTUALE

Ne deriva che è possibile prevedere che l'intervento di ampliamento alla terza corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero possa determinare una riduzione percentuale della mortalità su strada per la fluidificazione del traffico pari a:

- 5,06% rispetto alla situazione attuale
- 9,15% rispetto all'evoluzione prevista nello scenario tendenziale
- 8,82% rispetto all'evoluzione prevista nello scenario programmatico

Al contrario, a causa del peggioramento delle condizioni di traffico dovute all'incremento del flusso senza prevedere alcuna modifica all'assetto della A22, si prevede un incremento della mortalità sia nello scenario TENDENZIALE sia nello scenario PROGRAMMATICO.

Media pesata variazioni nelle condizioni di traffico rispetto alla situazione attuale (2035)						
RANGE	A	B	C	D	E	Variazione mortalità rispetto all'attuale
Riduzione mortalità connessa alle condizioni di traffico	20,70%	12,42%	0,00%	-10,35%	-6,21%	
SCENARIO TENDENZIALE	-3,40%	-14,98%	3,28%	14,58%	0,30%	+ 4,09%
SCENARIO PROGRAMMATICO	-3,00%	-13,87%	2,91%	13,51%	0,30%	+ 3,76%

Tabella 7.19: Evoluzione mortalità stradale negli scenari PROGRAMMATICO E TENDENZIALE

Quello che si rileva, quindi è che, nel caso non venisse realizzato il progetto di adeguamento alla 3° corsia, è possibile prevedere un incremento della mortalità su strada pari al:

- 4,09% nello scenario TENDENZIALE
- 3,76% nello scenario PROGRAMMATICO

Rapportando quindi la variazione di mortalità stradale al rischio cinetico individuale precedentemente calcolato, e considerando tutti i fattori analizzati, ne deriva quanto riportato nella successiva tabella sinottica che sintetizza le risultanze dell'analisi effettuata.

Scenario	Cause alla base degli scenari evolutivi	Tasso di variazione ²⁴	Rischio morti/km	Rischio morti/pkm
ATTUALE (2019)	--	--	6,25E-02	2,69E-09
TENDENZIALE (2035)	Incremento del traffico	+18% ²⁵	7,44E-02	2,69E-09
	Evoluzione tecnologica	-15%	6,32E-02	2,29E-09
	Evoluzione del flusso di traffico ²⁶	+4,09%	6,58E-02	2,38E-09
PROGRAMMATICO (2035)	Incremento del traffico	+17% ²⁵	7,23E-2	2,69E-09
	Evoluzione tecnologica	-15%	6,22E-02	2,29E-09
	Evoluzione del flusso di traffico ²⁷	+3,76%	6,45E-02	2,38E-09
PROGETTUALE (2035)	Incremento del traffico	+20% ²⁵	7,52E-02	2,69E-09
	Evoluzione tecnologica	-15%	6,39E-02	2,29E-09
	Evoluzione del flusso di traffico ²⁸	-5,06%	6,06E-02	2,17E-09

Tabella 7.20: Evoluzione del rischio cinetico

Ne consegue che il miglioramento delle condizioni di deflusso assicurate dal progetto di ampliamento alla terza corsia e l'evoluzione tecnologica determinerebbero, rispetto allo scenario ATTUALE, una riduzione del rischio morti/pkm dal valore 2,69E-09 al valore 2,17E-09 contenendo anche i rischi connessi all'incremento del flusso veicolare.

In termini generali, la disamina della Tabella sinottica 7.20 evidenzia come:

- con riferimento allo scenario ATTUALE:
 - nello scenario tendenziale il rischio individuale, espresso in morti/km*y aumenti del 5,3%, mentre in termini di morti/pkm*y diminuisca del 11,5%.
 - nello scenario programmatico il rischio individuale, espresso in morti/km*y aumenti del 3,2%, mentre in termini di morti/pkm*y diminuisca del 11,6%.

- nello scenario progettuale il rischio individuale, espresso in morti/km*y diminuisca del 3,0%, mentre in termini di morti/pkm*y diminuisca del 19,3%.
- con riferimento allo scenario TENDENZIALE:
 - nello scenario programmatico la riduzione del rischio individuale sia pari al 2% in morti/km*y, mentre in sostanza non cambia in termini di morti/pkm*y.
 - nello scenario progettuale la riduzione del rischio individuale sia pari al 7,9% in morti/km*y e al 8,8% in termini di morti/pkm*y
- con riferimento allo scenario PROGRAMMATICO:
 - nello scenario progettuale si rilevi una riduzione del rischio individuale pari al 6,0% in morti/km*y e al 8,8% in termini di morti/pkm*y.

²⁴ Percentuale di incremento o riduzione rispetto al valore riportato nella precedente riga

²⁵ Da riferirsi ai valori calcolati rispetto alla situazione ATTUALE

²⁶ I dati ricavati dall'analisi della curva storica (evoluzione tecnologica) sono stati incrementati del tasso di peggioramento del 4,09%

²⁷ I dati ricavati dall'analisi della curva storica (evoluzione tecnologica) sono stati incrementati del tasso di peggioramento del 3,76%

²⁸ I dati ricavati dall'analisi della curva storica (evoluzione tecnologica) sono stati ridotti del tasso di miglioramento rispetto alla condizione ATTUALE pari a 5,06%. Se si rapporta il dato del rischio morti/km dello scenario progettuale con quello dello scenario tendenziale è possibile notare come equivalga a un miglioramento pari al 9%

8. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE CONCLUSIVO

Le elaborazioni specialistiche condotte nell'Analisi di Rischio predisposta restituiscono per la tratta dell'Autostrada A22 del Brennero compresa tra lo svincolo di Verona Nord e l'interconnessione con l'autostrada A1 Milano – Napoli presso Modena comprensivo del nuovo svincolo direzionale di Campogalliano una sostanziale sostenibilità.

Tale affermazione si basa sull'analisi delle componenti del rischio prese in esame:

- l'analisi del rischio chimico
- l'analisi del rischio cinetico

8.1. LA SITUAZIONE ATTUALE

Le valutazioni effettuate, declinate in termini di rischio individuale e rischio sociale, evidenziano infatti, con riferimento allo stato attuale, le seguenti risultanze.

Rischio chimico stabilimenti PIR

Il rischio derivante da stabilimenti con pericolo di incidente rilevante (stabilimenti PIR) è trascurabile in ragione della distanza della loro localizzazione dall'asse autostradale; non si riscontra la presenza di alcuno stabilimento PIR né all'interno del buffer dei 400m né all'interno del buffer più ampio considerato e pari a 1000m dal margine di riferimento dell'autostrada

Pertanto, in ragione dell'assenza di stabilimenti PIR sia all'interno del buffer primario di 400 metri dal ciglio autostradale sia all'interno del buffer secondario di 1000 metri dal ciglio autostradale della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero, risulta verificata la compatibilità territoriale del progetto rispetto:

- al controllo dell'urbanizzazione per attività a rischio di incidente rilevante (ai sensi del D.M. 9 maggio 2001 attuazione dell'art. 22 del D.Lgs. 26 giugno 2015 n. 105)
- all'effetto domino che potrebbero causare incidenti stradali con coinvolgimento di sostanze pericolose (come indicato da Allegato E parte 2 del D.Lgs. 105/2015).

Il rischio derivante dalla presenza di stabilimenti con pericolo di incidente rilevante, per la loro localizzazione dall'asse autostradale superiore al buffer di 1000 metri, può essere considerata trascurabile.

Rischio chimico T.R.A (Transportation Risk Analysis)

Con riferimento al rischio chimico derivante dal trasporto di merci pericolose (T.R.A.) l'analisi effettuata ha guardato sia il rischio individuale sia il rischio sociale.

il rischio chimico derivante dal trasporto di merci pericolose (T.R.A.) risulta essere ampiamente accettabile anche in ragione dei margini di sicurezza adottati e del relativamente basso transito di merci pericolose rispetto alla media nazionale. Questa

risultanza è riscontrata sia nella valutazione del rischio individuale che nella verifica del rischio sociale attraverso la curva F-N.

Rischio chimico T.R.A individuale

Con specifico riferimento al rischio individuale chimico, le analisi effettuate hanno posto in evidenza come il rischio individuale associato ai trasporti di merci pericolose lungo la A22 sia di un ordine di grandezza compreso tra $1E-9$ e $1E-10$ occ./anno (Cfr. Capitolo 4.2.1) e, di conseguenza, accettabile.

Rischio chimico T.R.A sociale

Con riferimento al rischio sociale chimico, le elaborazioni effettuate attraverso il software RISKCURVE per la determinazione della curva F-N di iso-rischio della tratta Verona – Modena della A22 del Brennero e il suo confronto con le curve di inaccettabilità e accettabilità restituiscono esito positivo.

Risulta evidente dal confronto tra le curve la bassa criticità di questa tratta autostradale che è caratterizzata da buoni standard di sicurezza, da pochi stabilimenti chimici nelle vicinanze e da un basso traffico merci di sostanze pericolose.

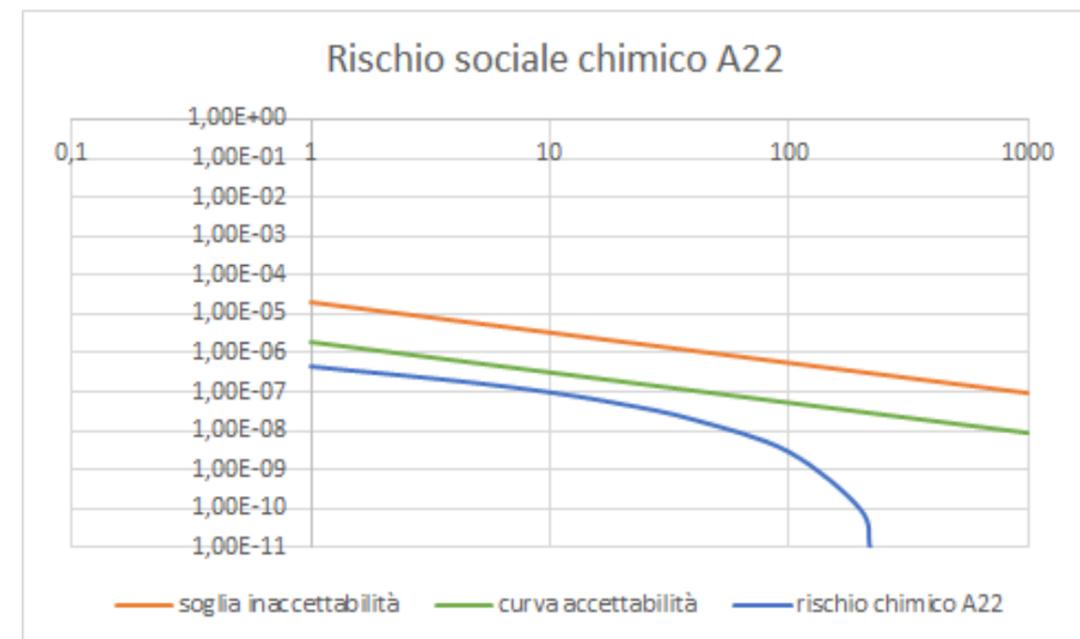


Figura 8.1: Curva F-N rischio chimico A22 confrontata con le curve di accettabilità

Rischio cineticoRischio cinetico individuale

Per quel che concerne il rischio cinetico, contrariamente a quanto detto per quello chimico, è opportuno sottolineare come questo rappresenti un rischio “volontario” in quanto lo spostamento delle persone lungo l'autostrada costituisce un beneficio autonomamente scelto che porta la maggior parte dell'utenza ad accettarlo come possibile eventualità.

Per tale ragione risulta inappropriato, per non dire impossibile, definire correttamente un livello numerico di accettabilità del rischio individuale cinetico; ne deriva che in questa sede si è proceduto analizzando e comparando la situazione degli incidenti che caratterizza la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero con la rete stradale italiana ed europea.

Dalle elaborazioni condotte emerge palese il buon livello di sicurezza che caratterizza la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero.

A fronte di un rischio medio in Italia pari a 4,5 morti per miliardo di km percorso considerando l'insieme di tutte le strade, i dati ottenuti evidenziano i seguenti valori di rischio individuale cui si è esposti:

- 6,8 morti per miliardo di km percorso sulle strade urbane
- 3,8 morti per miliardo di km percorso sulle strade extraurbane
- 3,0 morti per miliardo di km percorso sulle autostrade
- 2,7 morti per miliardo di km percorso sulla tratta Verona – Modena dell'A22 del Brennero

Rischio cinetico sociale

Anche con riferimento al rischio sociale cinetico il confronto della curva F-N costruita con il software RISKCURVE del rischio cinetico della tratta in esame dell'Autostrada A22 del Brennero con i criteri di accettabilità fa emergere, nelle more delle assunzioni adottate nel corso della valutazione, un sostanziale rispetto delle condizioni di accettabilità.

Come emerge chiaramente dal grafico, sebbene la frequenza di accadimento del rischio cinetico è notevolmente maggiore di quella del rischio chimico, la frequenza di accadimento di eventi che coinvolgono più di una vittima decresce esponenzialmente fino ad azzerarsi oltre le 50 vittime.

Il confronto della F-N del rischio cinetico della tratta in esame dell'Autostrada A22 del Brennero con i criteri di accettabilità fa emergere, nelle more delle assunzioni adottate nel corso della valutazione, un sostanziale rispetto delle condizioni di accettabilità.

Le condizioni di accettabilità risultano non pienamente soddisfatte allo stato attuale unicamente per valori molto contenuti dei decessi connessi ad eventi incidentali (quindi in prossimità dell'asse delle ordinate) in la curva tende a raggiungere la soglia dell'accettabilità.

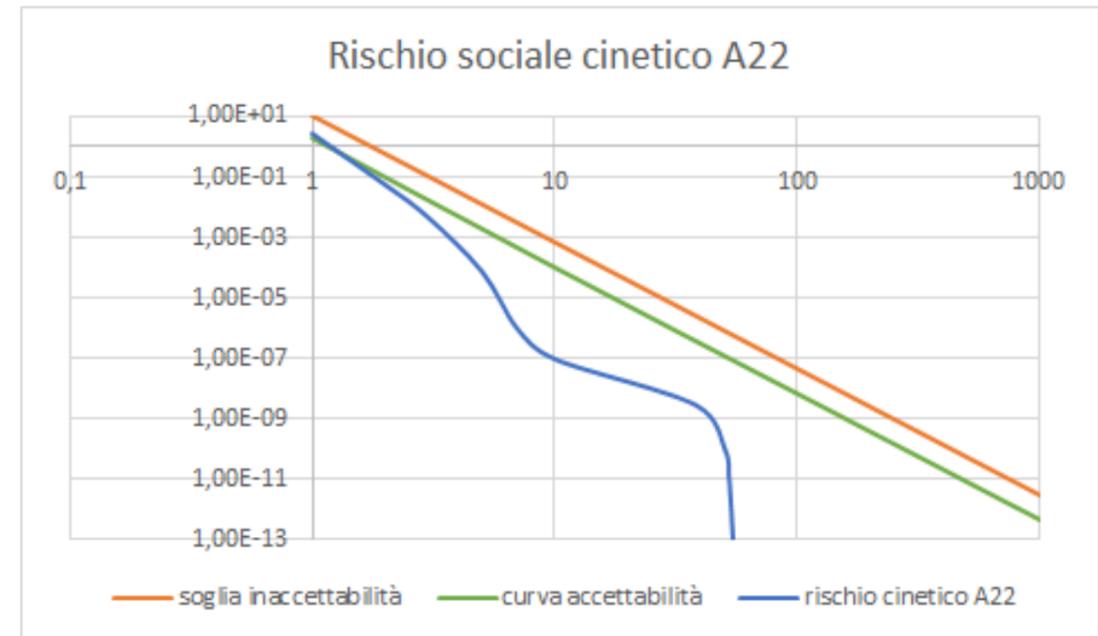


Figura 8.2: Curva F-N rischio cinetico A22 confrontata con le curve di accettabilità

Rischio complessivo chimico e cinetico

A valle delle elaborazioni effettuate si è proceduto alla verifica complessiva di accettabilità del rischio complessivo chimico e cinetico sia individuale che sociale.

Rischio complessivo chimico e cinetico individuale

Sovrapponendo il rischio individuale cinetico e il rischio individuale chimico è stato possibile quantificare il rischio individuale complessivo cui chi percorre l'autostrada è sottoposto.

Le principali differenze che emergono tra le due valutazioni sono connesse all'estensione dell'area di danno e alla sua frequenza di accadimento.

Come è possibile notare dalla rappresentazione cartografica di seguito riportata, infatti, il rischio chimico (generato dall'insieme degli eventi calcolati per le sostanze in transito, ovvero Pool fire, Flash fire, UVCE, Jet fire e Dispersione tossica) ha un'estensione massima fino a circa 420 metri dal ciglio stradale; il rischio cinetico invece (per la sua natura di scontro meccanico tra i mezzi) è esclusivamente limitato al sedime stradale e quindi alla larghezza della tratta autostradale.

Tuttavia, è importante segnalare come, se la frequenza di accadimento del rischio chimico si attesta attorno a valori compresi tra 1E-09 e 1E-10 occ./anno, il rischio cinetico si attesta su frequenze molto più elevate (fino a 1E-05 occ/anno).

Rischio complessivo chimico e cinetico sociale

Muovendo dalle curve F-N costruite per il rischio sociale chimico e cinetico presentate in precedenza si è proceduto alla loro integrazione il cui esito è riportato nella successiva Figura che comprende anche le curve di accettabilità cumulativa.

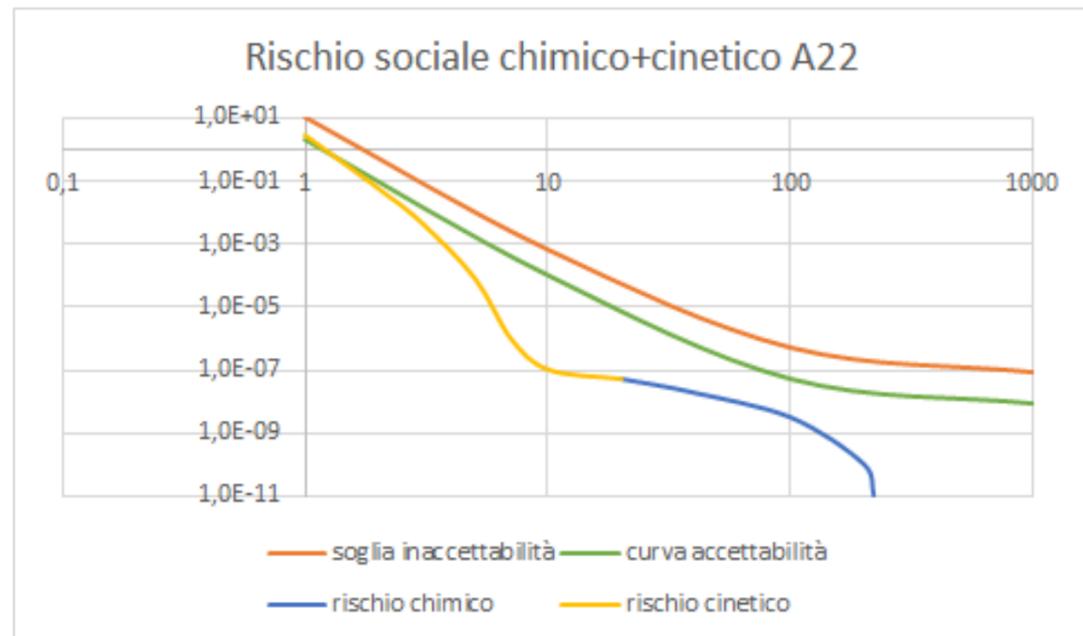


Figura 8.3: Curva F-N rischio stradale A22 confrontata con le curve di accettabilità

La curva risulta essere ampiamente esplicativa ponendo in evidenza come, complessivamente, il rischio sociale cumulativo risulti essere ampiamente accettabile.

Con maggiore dettaglio si evidenzia come il rischio chimico connesso al trasporto delle sostanze pericolose rientri ampiamente nei parametri di tollerabilità.

Al contrario il rischio cinetico presenta un andamento che tende, per valori molto contenuti di decessi connessi ad eventi incidentali (quindi in prossimità dell'asse delle ordinate) a raggiungere allo stato di fatto il limite della curva di accettabilità.

Ne deriva pertanto che, si ribadisce con riferimento allo scenario attuale della mobilità che caratterizza la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero, l'elemento di maggiore criticità non sia costituito dal trasporto delle merci pericolose quanto dal rischio cinetico in quanto tale che risulta, ad oggi, fortemente influenzato dalle attuali condizioni del deflusso veicolare.

È per questa ultima considerazione che si è ritenuto fondamentale procedere nel Capitolo successivo alla verifica della capacità del progetto di adeguamento alla 3° corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero di migliorare il livello dell'attuale rischio cinetico anche in ragione del miglioramento delle condizioni del deflusso veicolare.

8.2. IL RISCHIO CINETICO NEGLI SCENARI EVOLUTIVI

Sulla base delle risultanze ottenute è emersa una situazione attuale di sostanziale sostenibilità della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero sia relativamente al rischio chimico (incidenti con rilasci nel trasporto di merci pericolose) sia al rischio cinetico (incidenti mortali nel trasporto di cose e persone).

Tuttavia è stato posto in evidenza come l'incidentalità stradale sia direttamente connessa sia al numero di veicoli transitanti lungo la tratta sia, soprattutto, alle condizioni di deflusso in cui tali veicoli compiono gli spostamenti.

Pertanto si è reputato rilevante analizzare la possibilità del progetto di ampliamento alla terza corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 di incidere positivamente sulle attuali condizioni di rischio cinetico; tale analisi è stata condotta verificando le modifiche del rischio negli scenari di trasporto evolutivi considerati dallo Studio di Traffico redatto in seno al SIA.

Essendo il rischio sociale meno influenzato da queste problematiche, la verifica è stata condotta essenzialmente sul rischio individuale.

Tale verifica è stata condotta considerando due fattori principali:

- l'evoluzione tecnologica
- l'evoluzione delle condizioni del deflusso veicolare in termini di LOS, Livelli di Servizio, previsti sulla tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero

Impatto dell'evoluzione tecnologica sull'incidentalità

Con particolare riguardo all'incidenza dell'evoluzione tecnologica si sono effettuate le seguenti considerazioni.

Muovendo dai dati incidentali e decessi che caratterizzano la tratta nello stato di fatto e dalla disamina dell'andamento storico di tali curve (1950 – 2019) si è proceduto alla estensione della curva interpolante sino al 2035 giungendo a poter prefigurare una riduzione, salvo specifici politiche o interventi più incisivi, pari al 14% per l'incidentalità e al 15% per la mortalità.

Tale riduzione, riportata nella tabella successiva, può essere ricondotta all'evoluzione tecnologica trasportistica (sia dei veicoli sia delle infrastrutture) che nel corso degli anni è intervenuta per ridurre la frequenza e la gravità degli impatti negli incidenti stradali.

Anno	Numero incidenti	Numero morti
2019 (ultimo dato registrato)	172'183	3'173
2035 (dato previsionale)	147'800	2'700
Variazione percentuale	-14%	-15%

Tabella 8.1: Previsione riduzione incidentalità stradale

Di seguito si riportano le due curve storiche dell'incidentalità stradale e della mortalità stradale 1950 – 2019 in cui è visibile l'estensione della curva interpolante su medie mobili sino all'orizzonte di lungo termine (anno 2035) in cui risultano evidenti per entrambi i dati analizzati gli andamenti decrescenti al crescere dell'orizzonte temporale.

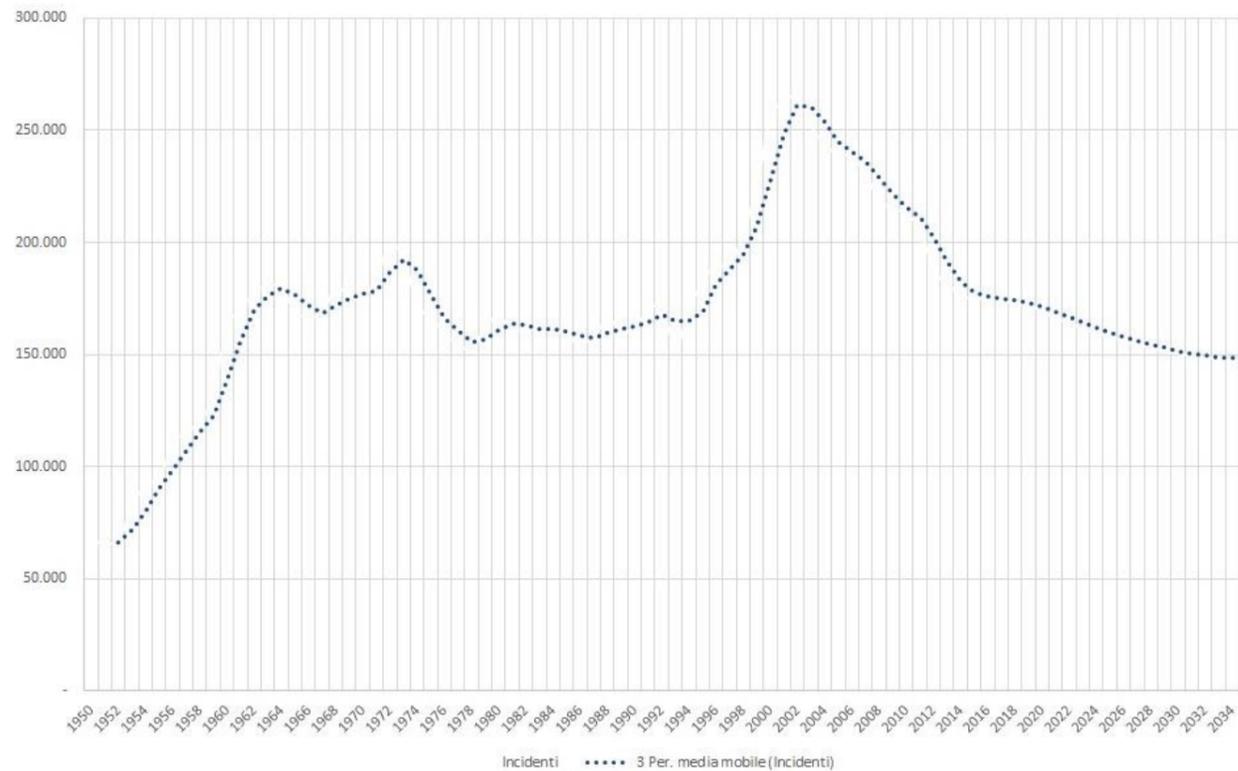


Figura 8.4: Interpolante incidentalità stradale 1950-2035

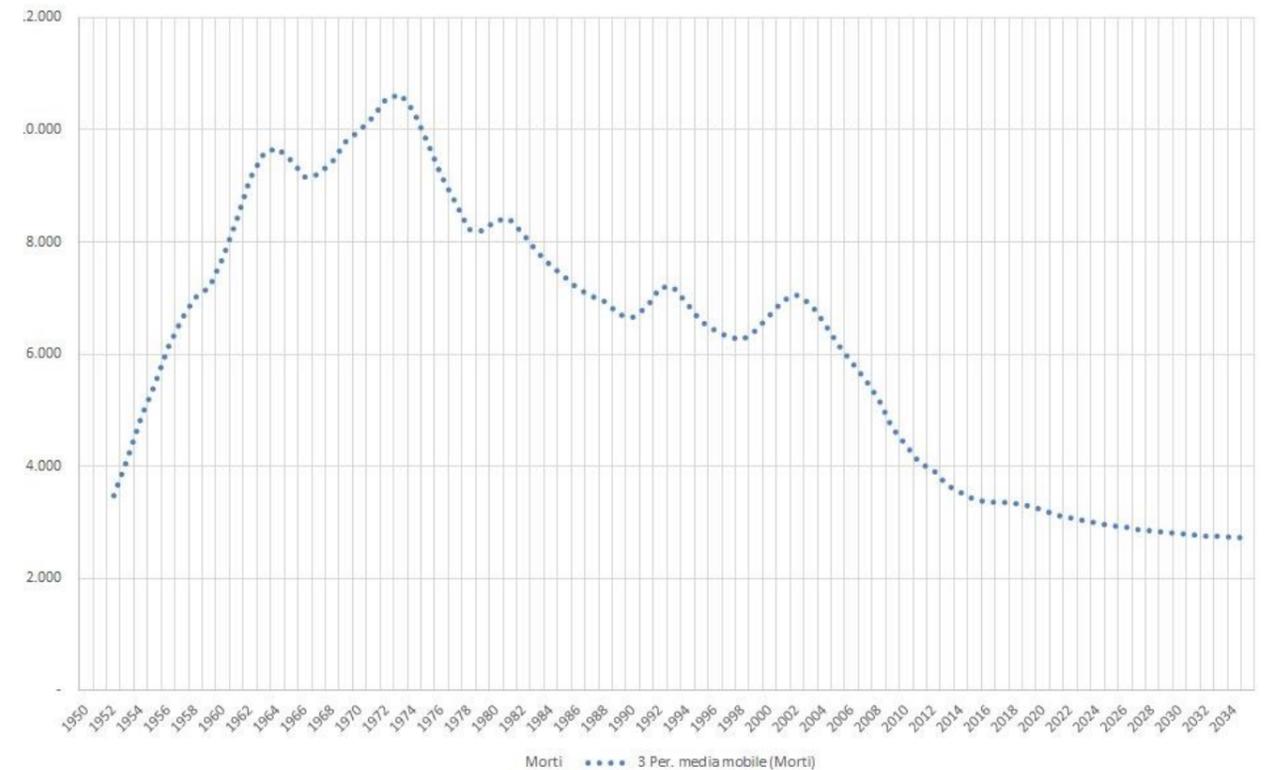


Figura 8.5: Interpolante mortalità stradale 1950-2035

Impatto delle condizioni di deflusso veicolare sull'incidentalità

Per quanto concerne invece la valutazione dell'impatto sull'incidentalità connesso alle condizioni del deflusso veicolare si è fatto esplicito riferimento alle analisi condotte nell'ambito dello Studio di Traffico redatto in seno al SIA ed in particolare agli scenari evolutivi considerati nonché alle tecniche e metodi utilizzati per la classificazione delle condizioni stesse del deflusso.

Gli scenari evolutivi considerati nello Studio di Traffico e ripresi, in termini di risultanze, per l'analisi del rischio cinetico negli assetti evolutivi sono:

- lo scenario **TENDENZIALE** che è definito dalla distribuzione del flusso veicolare futuro rispetto a un sistema infrastrutturale coincidente con quello attuale;
- lo scenario **PROGRAMMATICO** che è definito dalla distribuzione del flusso veicolare futuro rispetto a un sistema infrastrutturale modificato dalla messa in esercizio degli interventi del Quadro di Riferimento Programmatico²⁹ sia stradali sia di potenziamento

²⁹ L'elenco delle opere infrastrutturali previste e l'evoluzione dell'assetto territoriale sono riportati nello studio di traffico /29/

del sistema ferroviario (Tunnel di Base del Brennero e nuova linea ferroviaria Verona – Brennero);

- lo scenario PROGETTUALE che assume le condizioni di traffico definite da scenario PROGRAMMATICO considera l'evoluzione del flusso veicolare in relazione all'intervento di potenziamento alla 3° corsia della macro tratta Verona Nord – Interconnessione A1 dell'Autostrada A22 del Brennero.

Si è quindi mutuata dallo Studio di Traffico l'analisi delle condizioni di deflusso, attuali e future, lungo la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero in termini di Livelli di Servizio, LOS (Level of Service) secondo le indicazioni:

- dell'Highway Capacity Manual (HCM) americano ed. 2016
- dell'Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS) tedesco ed. 2015.

Le condizioni di deflusso che caratterizzano lo scenario PROGETTUALE di lungo termine (anno 2035) sono state confrontate sia con lo scenario ATTUALE (anno 2019) sia con gli assetti evolutivi che non prevedono, sempre sul lungo termine, la realizzazione della 3° corsia e quindi gli scenari TENDENZIALE e PROGRAMMATICO.

in termini di LOS Per valutare l'apporto reale del progetto alla riduzione della congestione stradale e, di conseguenza, alla riduzione della mortalità, si è fatto riferimento a quanto emerso nello Studio di Traffico del SIA. Tale studio ha quantificato le condizioni del deflusso, attuali e future, lungo la tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero attraverso la determinazione dei Livelli di Servizio, LOS (Level of Service) secondo le indicazioni:

- dell'Highway Capacity Manual (HCM) americano ed. 2016
- dell'Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS) tedesco ed. 2015.

Le valutazioni hanno considerato sia il Giono Medio sia il 20° giorno di picco annuale. Le risultanze ottenute sono riportate nelle successive tabelle.

SCENARIO PROGETTUALE - GIORNO MEDIO						
CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	67,40%	32,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto ATTUALE	25,08%	-1,51%	-23,57%	0,00%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto TENDENZIALE	28,40%	13,97%	-27,31%	-15,05%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto PROGRAMMATICO	28,02%	12,81%	-26,88%	-13,96%	0,00%	0,00%

Tabella 8.2: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario PROGETTUALE (2035)

SCENARIO PROGETTUALE- 20° giorno di picco

CARREGGIATA	A	B	C	D	E	F
MEDIA HCM-HBS	47,29%	37,92%	14,69%	0,10%	0,00%	0,00%
Variazione % rispetto ATTUALE	12%	16%	-10%	-15%	-3%	0%
Variazione % rispetto TENDENZIALE	17%	22%	-5%	-20%	-9%	-5%
Variazione % rispetto PROGRAMMATICO	16%	22%	-6%	-19%	-9%	-4%

Tabella 8.3: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario PROGETTUALE (2035)

Dalla disamina, in particolare, delle risultanze che caratterizzano in termini di distribuzione dei LOS lo scenario PROGETTUALE, emerge palmare la capacità del progetto di realizzazione della 3° corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero di migliorare sensibilmente, anche sul lungo termine cioè all'anno 2035, le condizioni del deflusso veicolare sia rispetto agli assetti evolutivi sia rispetto all'assetto attuale.

Con specifico riferimento al confronto con la situazione attuale, la realizzazione della 3° corsia, anche con riferimento al lungo termine e quindi considerando l'incremento di traffico stimato per il 2035, evidenzia:

- l'incremento delle condizioni di esercizio a LOS A e LOS B rispettivamente per il 12% e il 16%
- la riduzione delle condizioni di esercizio a LOS C, LOS D e LOS E rispettivamente per il 10%, il 15% e il 3%

Ovviamente i benefici connessi allo scenario PROGETTUALE risultano sensibilmente superiori se confrontati con le condizioni di deflusso degli assetti evolutivi TENDENZIALE e PROGRAMMATICO di lungo periodo.

Tali assetti, rispetto allo scenario ATTUALE, presentano, infatti, livelli di traffico superiori e prevedono il mantenimento dell'attuale geometria a due corsie per senso di marcia sulla tratta Verona - Modena dell'Autostrada A22 del Brennero; questi due fattori contribuiscono inevitabilmente al presentarsi di maggiori livelli di congestione sull'intero tracciato.

Le variazioni ottenute in termini di distribuzione dei Livelli di Servizio sulla tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero nei vari scenari analizzati sono state ulteriormente elaborate sia con riferimento all'analisi delle cause principali di incidentalità, individuando in particolare quelle legate alle condizioni del deflusso veicolare, sia in termini di attribuzione di un range di impatti sull'incidentalità stessa a ciascun LOS.

Le risultanze ottenute sono sintetizzate nella tabella successiva.

SCENARIO PROGETTUALE(2035) - Media pesata variazioni nelle condizioni di traffico

RANGE	A	B	C	D	E	Variazione mortalità scenario Progettuale
Riduzione mortalità connessa alle condizioni di traffico	20,70%	12,42%	0,00%	-10,35%	-6,21%	
Evoluzione del traffico rispetto alla situazione ATTUALE	24,42%	-0,62%	-22,91%	-0,73%	-0,15%	- 5,06%
Evoluzione del traffico rispetto allo scenario TENDENZIALE	27,82%	14,36%	-26,18%	-15,31%	-0,44%	- 9,15%
Evoluzione del traffico rispetto allo scenario PROGRAMMATICO	27,42%	13,25%	-25,82%	-14,23%	-0,45%	- 8,82%

Tabella 8.4: Evoluzione mortalità stradale nello scenario PROGETTUALE

Dalla disamina dei valori riportati in tabella si evince come sia possibile prevedere che l'intervento di ampliamento alla terza corsia della tratta Verona – Modena dell'Autostrada A22 del Brennero possa determinare una riduzione percentuale della mortalità su strada per la fluidificazione del traffico pari a:

- 5,06% rispetto alla situazione attuale
- 9,15% rispetto all'evoluzione prevista nello scenario tendenziale
- 8,82% rispetto all'evoluzione prevista nello scenario programmatico

Rapportando quindi la variazione di mortalità stradale al rischio cinetico individuale precedentemente calcolato, e considerando tutti i fattori analizzati, ne deriva quanto riportato nella successiva tabella sinottica che sintetizza le risultanze dell'analisi effettuata.

³⁰ Percentuale di incremento o riduzione rispetto al valore riportato nella precedente riga

³¹ Da riferirsi ai valori calcolati rispetto alla situazione ATTUALE

³² I dati ricavati dall'analisi della curva storica (evoluzione tecnologica) sono stati incrementati del tasso di peggioramento del 4,09%

³³ I dati ricavati dall'analisi della curva storica (evoluzione tecnologica) sono stati incrementati del tasso di peggioramento del 3,76%

Scenario	Cause alla base degli scenari evolutivi	Tasso di variazione ³⁰	Rischio morti/km	Rischio morti/pkm
ATTUALE (2019)	--	--	6,25E-02	2,69E-09
TENDENZIALE (2035)	Incremento del traffico	+18% ³¹	7,44E-02	2,69E-09
	Evoluzione tecnologica	-15%	6,32E-02	2,29E-09
	Evoluzione del flusso di traffico ³²	+4,09%	6,58E-02	2,38E-09
PROGRAMMATICO (2035)	Incremento del traffico	+17% ²⁵	7,23E-2	2,69E-09
	Evoluzione tecnologica	-15%	6,22E-02	2,29E-09
	Evoluzione del flusso di traffico ³³	+3,76%	6,45E-02	2,38E-09
PROGETTUALE (2035)	Incremento del traffico	+20% ²⁵	7,52E-02	2,69E-09
	Evoluzione tecnologica	-15%	6,39E-02	2,29E-09
	Evoluzione del flusso di traffico ³⁴	-5,06%	6,06E-02	2,17E-09

Tabella 8.5: Evoluzione del rischio cinetico

Ne consegue che il miglioramento delle condizioni di deflusso assicurate dal progetto di ampliamento alla terza corsia e l'evoluzione tecnologica determinerebbero, rispetto allo scenario ATTUALE, una riduzione del rischio morti/pkm dal valore 2,69E-09 al valore 2,17E-09 contenendo anche i rischi connessi all'incremento del flusso veicolare.

In termini generali, la disamina della Tabella sinottica 8.5 evidenzia come:

- con riferimento allo scenario ATTUALE:
 - nello scenario tendenziale il rischio individuale, espresso in morti/km*y aumenti del 5,3%, mentre in termini di morti/pkm*y diminuisca del 11,5%.
 - nello scenario programmatico il rischio individuale, espresso in morti/km*y aumenti del 3,2%, mentre in termini di morti/pkm*y diminuisca del 11,6%.

³⁴ I dati ricavati dall'analisi della curva storica (evoluzione tecnologica) sono stati ridotti del tasso di miglioramento rispetto alla condizione ATTUALE pari a 5,06%. Se si rapporta il dato del rischio morti/km dello scenario progettuale con quello dello scenario tendenziale è possibile notare come equivalga a un miglioramento pari al 9%



- nello scenario progettuale il rischio individuale, espresso in morti/km*y diminuisca del 3,0%, mentre in termini di morti/pkm*y diminuisca del 19,3%.
- con riferimento allo scenario TENDENZIALE:
 - nello scenario programmatico la riduzione del rischio individuale sia pari al 2% in morti/km*y, mentre in sostanza non cambia in termini di morti/pkm*y.
 - nello scenario progettuale la riduzione del rischio individuale sia pari al 7,9% in morti/km*y e al 8,8% in termini di morti/pkm*y
- con riferimento allo scenario PROGRAMMATICO:
 - nello scenario progettuale si rilevi una riduzione del rischio individuale pari al 6,0% in morti/km*y e al 8,8% in termini di morti/pkm*y.



INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1: Classificazione veicoli per assi-sagoma	6
Figura 3.2: Suddivisione A22 per tratte di riferimento funzionali all'analisi dell'incidentalità	7
Figura 3.3: Analisi Transiti merci pericolose km 228 Nord.....	9
Figura 3.4: Analisi Transiti merci pericolose km 228 Sud	10
Figura 3.5: Analisi Transiti merci pericolose km 310 Nord.....	10
Figura 3.6: Analisi Transiti merci pericolose km 310 Sud	10
Figura 3.7: Distribuzione dei transiti per sostanze km 228 Nord e Sud	12
Figura 3.8: Distribuzione dei transiti per sostanze km 310 Nord e Sud	13
Figura 3.9: Distribuzione degli eventi incidentali valutati	15
Figura 3.10: Flusso logico per il calcolo delle frequenze incidentali.....	17
Figura 3.11: Albero eventi per rilascio di Liquidi infiammabili (Purple book)	17
Figura 3.12: Albero eventi per rilascio Gas infiammabili pressurizzati (Purple book).....	17
Figura 3.13: Albero degli eventi per rilascio di Liquidi infiammabili	18
Figura 3.14: Albero degli eventi per rilascio di Gas infiammabili pressurizzati	18
Figura 4.1: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (vista di insieme)	25
Figura 4.2: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 1° finestra territoriale)	26
Figura 4.3: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 2° finestra territoriale)	27
Figura 4.4: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 3° finestra territoriale)	28
Figura 4.5: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante nell'intorno della tratta Verona Modena della A22 (zoom 4° finestra territoriale)	29
Figura 4.6: Esempio di curva di accettabilità del rischio stradale.....	30
Figura 4.7: Analisi T.R.A. - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (vista di insieme).....	32
Figura 4.8: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 1° finestra territoriale).....	33
Figura 4.9: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 2° finestra territoriale).....	34
Figura 4.10: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 3° finestra territoriale).....	35
Figura 4.11: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 4° finestra territoriale).....	36
Figura 4.12: Rischio chimico sociale lungo la tratta Verona Modena della A22 (vista di insieme) ..	37
Figura 4.13: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 1° finestra territoriale).....	38
Figura 4.14: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 2° finestra territoriale).....	39
Figura 4.15: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 3° finestra territoriale).....	40
Figura 4.16: Analisi TRA - Rischio chimico individuale lungo la tratta Verona Modena della A22 (zoom 4° finestra territoriale).....	41
Figura 5.1: Rischio individuale cinetico	43
Figura 5.2: Rischio sociale cinetico	44
Figura 6.1: Rischio individuale complessivo (chimico + cinetico).....	47
Figura 6.2 Curva accettabilità rischio sociale chimico olandese	48

Figura 6.3 Curva accettabilità rischio sociale chimico danese.....	48
Figura 6.4: Curva accettabilità rischio sociale chimico studio ARTIS	49
Figura 6.5: Curva cumulativa storica rischio chimico mondo anni 2010-2020	49
Figura 6.6: Curva cumulativa storica rischio chimico mondo anni 2010-2020 aggiornata.....	50
Figura 6.7: Analisi comparata curva storica aggiornata ARTIS 1966-1986/Aria 2010-2020	50
Figura 6.8: Dalla curva storica aggiornata alle soglie di accettabilità del rischio chimico.....	50
Figura 6.9: Curva F-N rischio chimico A22 confrontata con le curve di accettabilità	51
Figura 6.10: Curva storica italiana del rischio cinetico.....	51
Figura 6.11: Curva storica aggiornata a un sito da dati italiani, europei e mondiali	51
Figura 6.12: Curve di accettabilità del rischio cinetico proposte	52
Figura 6.13: Curva F-N rischio cinetico A22 confrontata con le curve di accettabilità	52
Figura 6.14: Curve storiche aggiornate del rischio cinetico e chimico	53
Figura 6.15: Curve di accettabilità del rischio stradale	53
Figura 6.16: Curva F-N rischio stradale A22 confrontata con le curve di accettabilità	53
Figura 7.1: Incidentalità stradale 1950-2019	56
Figura 7.2: Mortalità stradale 1950-2019	56
Figura 7.3: Interpolante incidentalità stradale 1950-2035.....	57
Figura 7.4: Interpolante mortalità stradale 1950-2035	57
Figura 7.5: Cause accertate o presunte di incidente - 2018	58
Figura 8.1: Curva F-N rischio chimico A22 confrontata con le curve di accettabilità.....	65
Figura 8.2: Curva F-N rischio cinetico A22 confrontata con le curve di accettabilità.....	66
Figura 8.3: Curva F-N rischio stradale A22 confrontata con le curve di accettabilità	67
Figura 8.4: Interpolante incidentalità stradale 1950-2035.....	68
Figura 8.5: Interpolante mortalità stradale 1950-2035	68
Figura 9.1: Esempio di curva di accettabilità del rischio stradale	77
Figura 9.2: Esempio di curva di iso-rischio.....	79
Figura 9.3: Esempio di curva F-N	79
Figura 9.4: Esempio di curve del rischio sociale	80

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3.1: Media dei veicoli giornalieri transitati nell'anno 2019	6
Tabella 3.2: N° eventi incidentali Tratta n° 1	8
Tabella 3.3: N° eventi incidentali Tratta n° 2	8
Tabella 3.4: N° eventi incidentali Tratta n° 3	9
Tabella 3.5: N° eventi incidentali per Tratta	9
Tabella 3.6: Traffico totale nelle tre tratte nell'anno 2019	11
Tabella 3.7: Distribuzione del traffico diurno/notturno	11
Tabella 3.8: Stima transiti veicoli con trasporto di sostanze pericolose	12
Tabella 3.9: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità ammoniacca anidra	13
Tabella 3.10: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità dell'ossigeno	13
Tabella 3.11: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità del GPL.....	14
Tabella 3.12: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità del metanolo	14
Tabella 3.13: Sostanze in transito: caratteristiche di pericolosità della benzina.....	14
Tabella 3.14: Scenari incidentali conseguenti incidenti stradali trasporto merci pericolose	15
Tabella 3.15: Scenari incidentali conseguenti ai rilasci di liquidi infiammabili	15
Tabella 3.16: Scenari incidentali conseguenti rilasci di gas infiammabili pressurizzati	16
Tabella 3.17: N° eventi incidentali per Tratta	16
Tabella 3.18: N° eventi incidentali stradali TMP	18
Tabella 3.19: Frequenza eventi incidentali per tratta, direzione e ora (giorno/notte).....	19



Tabella 3.20: Frequenza eventi incidentali Tratta 1 – NORD (G228N)	20
Tabella 3.21: Frequenza eventi incidentali Tratta 1 – SUD (G228S)	20
Tabella 3.22: Frequenza eventi incidentali Tratta 2 – NORD (G228N/G310N)	21
Tabella 3.23: Frequenza eventi incidentali Tratta 2 – SUD (G228S/G310S)	21
Tabella 3.24: Frequenza eventi incidentali Tratta 3 – NORD (G310N)	22
Tabella 3.25: Frequenza eventi incidentali Tratta 3 – SUD (G310S)	22
Tabella 3.26: Dati meteorologici.....	23
Tabella 3.27: Velocità dei venti	23
Tabella 3.28: Velocità dei venti - Mantova.....	23
Tabella 3.29: Direzioni dei venti	23
Tabella 4.1: Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante e distanza dalla tratta Verona - Modena dell'autostrada A22 del Brennero	24
Tabella 4.2: Portata e durata del rilascio	31
Tabella 4.3: Raggio Flash-fire	31
Tabella 4.4: Massa infiammabile e centro della nube per UVCE	31
Tabella 5.1: Distribuzione incidenti con coinvolgimento di persone	42
Tabella 5.2: Distribuzione incidenti per categoria di veicolo	42
Tabella 5.3: Distribuzione conseguenze modificata	42
Tabella 5.4: Probabilità di coinvolgimento persone	43
Tabella 6.1: Distribuzione incidenti stradali mortali in funzione della popolazione persone	46
Tabella 6.2: Morti/km in Italia	46
Tabella 6.3: Rischio individuale per miliardo di km percorsi in Italia	46
Tabella 7.1: VTGMA bidirezionale attuale	54
Tabella 7.2: Scenario tendenziale, programmatico, progettuale - Incremento del traffico previsto	55
Tabella 7.3: incremento di traffico dello scenario progettuale	55
Tabella 7.4: Previsione incremento morti/km	55
Tabella 7.5: Previsione riduzione incidentalità stradale	58
Tabella 7.6: Rischio incidentale A22	58
Tabella 7.7: Impatto del progetto sulle cause incidentali	59
Tabella 7.8: Riduzione potenziale della mortalità per miglioramento delle condizioni di traffico.....	59
Tabella 5.9: Scenari LOS giorno medio attuale	61
Tabella 7.10: Scenari LOS 20° giorno di picco attuale	61
Tabella 7.11: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario TENDENZIALE (2035).....	61
Tabella 7.12: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario TENDENZIALE (2035).....	61
Tabella 7.13: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario PROGRAMMATICO (2035) ..	62
Tabella 7.14: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario PROGRAMMATICO (2035)	62
Tabella 7.15: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario PROGETTUALE (2035).....	62
Tabella 7.16: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario PROGETTUALE (2035)...	62
Tabella 7.17: impatto degli scenari di LOS sulla mortalità stradale.....	62
Tabella 7.18: Evoluzione mortalità stradale nello scenario PROGETTUALE.....	63
Tabella 7.19: Evoluzione mortalità stradale negli scenari PROGRAMMATICO E TENDENZIALE	63
Tabella 7.20: Evoluzione del rischio cinetico	64
Tabella 8.1: Previsione riduzione incidentalità stradale	68
Tabella 5.15: Evoluzione del traffico nel giorno MEDIO - scenario PROGETTUALE (2035).....	69
Tabella 8.3: Evoluzione del traffico nel 20° giorno di picco - scenario PROGETTUALE (2035).....	69
Tabella 8.4: Evoluzione mortalità stradale nello scenario PROGETTUALE.....	70
Tabella 8.5: Evoluzione del rischio cinetico	70

BIBLIOGRAFIA

- /1/ HSE, Canvey, an investigation of potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock area, HMSO, London, UK, 1978
- /2/ HSE, A review of potential hazard from operations in the Canvey Island Area, Second Report, London, 1981
- /3/ Central Environmental Control Agency Rijnmond, Risk Analysys of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijnmond area a Pilot Study – a report to the Rijnmond Public Authority, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht Holland, 1982
- /4/ Central Environmental Control Agency Rijnmond, Study into the risks from transportation of liquid chloride and ammonia in the Rijnmond area, Technica London UK, 1985
- /5/ E. Galatola, G.C. Bello, ARTIS, Analisi dei rischi nei trasporti stradali, ferroviari, navali e in tubazione, Regione Friuli Venezia Giulia, 1991
- /6/ ARIPAR, Analisi e controllo dei Rischi Industriali e portuali dell'area di Ravenna, relazione sui risultati, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento protezione Civile, Regione Emilia-Romagna, 1992.
- /7/ E. Galatola, G.C. Bello, ARTIS 2, Analisi di dettaglio del trasporto GPL, Regione Friuli Venezia Giulia, 1994
- /8/ D. Egidi, F.P. Foraboschi, G. Spadoni, A. Amendola, The ARIPAR project: analysis of the major accident risks connected with industrial and transportation activities in the Ravenna area, Reliability Engineering and System Safety, 49: 75-89, 1995
- /9/ CCPS, Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis, AIChE, New York, 1995
- /10/ AA.VV.- GRIPAL, Gestione del Rischio Industriale e Portuale nell'Area di Livorno, relazione finale convenzione ARPAT, Dip. Ing. Chimica, Università degli Studi di Pisa, 1999.
- /11/ E. Galatola, "l'applicazione delle tecniche di analisi di rischio industriale alla sicurezza dei trasporti e alla sicurezza stradale in particolare", VGR 2006 Pisa, 10/11/2006
- /12/ 3° Programma quadro comunitario, Commissione delle Comunità europee, comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato Economico e Sociale e al Comitato delle Regioni, "Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione europea: il programma 1997 - 2001", Bruxelles, 09/04/1997, COM (1997) 131 def.
- /13/ 4° programma quadro comunitario: "Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo al Consiglio, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni - Verso uno spazio europeo di sicurezza stradale: gli orientamenti strategici in materia di sicurezza stradale 2011-2020".
- /14/ E. Galatola, WHY ARE TRANSPORT-RISK ANALYSES WRONG? (a new approach to Transport Risk Analyses with definition of Kinetic Risk Analyses) pubblicato in Toward a safer world, ESREL 2001 - Settembre 2001 - Torino
- /15/ Ricardo-Aea, DG MOVE.2014, Update of the Handbook on external Costs of Transport, 8/1/2014
- /16/ E. Galatola, Vademecum sulla sicurezza stradale con particolare focus sull'utenza non motorizzata, Quaderno Gallimbeni FIAB n. 8, Stati Generali della Mobilità Nuova, Bologna aprile 2015. http://www.fiab.info/download/FIAB_Quad_8_SICUR_AggiornITALOK.pdf
- /17/ Annual accident Report 2018, www.erso.eu (European Road Safety Observatory)
- /18/ Osservatorio Asse ferroviario Torino-Lione, Quaderno n. 15, Transizione ecologica del sistema dei trasporti, Edoardo Galatola, Incidentalità stradale e ferroviaria a confronto: strumenti per aggiornare le politiche trasporto merci in Italia, Torino, Maggio 2019
- /19/ European Commission, Transport Safety, Statistical pocketbook 2019, https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2019_en
- /20/ Base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>, 2019
- /21/ Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per i Trasporti, www.isfort.it, Audimob, Osservatorio sui comportamenti di mobilità degli italiani, 15° rapporto della mobilità in Italia, 2019
- /22/ TNO, Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials (Green Book), CPR-16E, Den Haag, 1992
- /23/ TNO, Methods for the calculation of Physical Effects Due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (Yellow Book), CPR-14E, Den Haag, 1996
- /24/ TNO, Guideline for quantitative Risk Assessment (Purple Book), CPR-18E, Den Haag, 2006
- /25/ TNO, Program Riskcurves, 2018
- /26/ www.istat.it ISTAT-ACI Incidenti stradali (Anno 2019) - Roma settembre 2020
- /27/ www.mit.gov.it, Conto nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti - Anni 2016-2017 – Roma 19/5/2019
- /28/ E. Galatola, Il rischio del trasporto merci come elemento decisionale nella scelta della composizione modale, aggiornamento 2019, https://sindar.it/wp-content/uploads/2016/08/Rischio_Trasporto_Merci.pdf
- /29/ Progetto di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada del Brennero nel tratto compreso tra Verona e l'Innesto A1-A22 a Modena, STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE – Aggiornamento 2020
- /30/ Guidelines for Process Equipment Reliability Data by CCPS, Chemical Process Safety (CCPS) of the American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 1989
- /31/ Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis by CCPS, Chemical Process Safety (CCPS) of the American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 1994
- /32/ Programma Statistico Nazionale - PSN -, ACI00012 "Localizzazione degli incidenti stradali" e ACI00013 "Veicoli e incidenti", 2019
- /33/ ECHA, European Chemicals Agency, Informazioni sulle sostanze chimiche, 2020, <https://echa.europa.eu/it/information-on-chemicals>

- /34/ U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, Washington DC, Hazmat Incident Database, 2020
- /35/ ARPA Lombardia, Dati meteorologici, <https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Richiesta-dati-misurati.aspx#>
- /36/ ISTAT, 15° Censimento della popolazione e delle abitazioni 2011, <https://www.istat.it/it/censimenti-permanenti/censimenti-precedenti/popolazione-e-abitazioni/popolazione-2011>
- /37/ Advisory Council for Transport, Public Works and Water Management and the Council for Housing, Spatial Planning and the Environment, 2003. Verantwoorde risico's, veilige ruimte (in Dutch). Den Haag.
- /38/ Criteria for acceptable risk in the Netherlands, J.K. Vrijling, P.H.A.J.M. van Gelder & S.J. Ouwerkerk, Delft University of Technology, P.O. Box 5048, 2600 GA Delft, the Netherlands;
- /39/ Acceptance criteria in Denmark and the EU Nijs Jan Duijm Danmarks Tekniske Universitet Institut for Planlægning Innovation og Ledelse, 2009
- /40/ HSE, Reducing risks, protecting people - R2P2, HSE's decision-making process, Norwich, 2001
- /41/ WHO, Global status report on road safety 2018, Geneva, 2019
- /42/ WHO, World report on road traffic injury prevention, Geneva, 2004
- /43/ Libro bianco, sintesi, Stato della sicurezza, Segreteria Tecnica Consulta Nazionale Sicurezza Stradale, Aprile 2007
- /44/ GG 104 Requirements for safety risk assessment, Highways England, London, 2018
- /45/ Strumenti per la gestione della sicurezza stradale: procedure tradizionali e nuovi orientamenti, N. Distefano, S. Leonardi, Sicurezza Studi e Ricerche, <http://www.stradelandia.it/pubdown/90.pdf>
- /46/ Linee Guida per la certificazione della sicurezza stradale (RTS) secondo la ISO 39001:2012, Certiquality, 2015, www.certiquality.it.
- /47/ IGC Doc 60/04/E - Prevention of major accidents. Guidance on compliance with the SEVESO II directive.
- /48/ www.istat.it ISTAT-ACI Incidenti stradali (Anno 2017) - Luglio 2018
- /49/ Road freight by goods 2018, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Road_freight_transport_by_type_of_goods#Road_freight_transport_of_dangerous_goods
- /50/ Freight transport statistics-modal split 2018, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics_-_modal_split#Modal_split_in_the_EU

9. APPENDICE: IL SOFTWARE RISKCURVES

Il presente documento costituisce una appendice della relazione generale “Progetto di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada del Brennero nel tratto compreso tra Verona e l'Innesto A1-A22 a Modena - ANALISI DI RISCHIO”.

Per poter determinare il rischio sociale e individuale derivante dall'esposizione a incidenti rilevanti, per il rischio connesso al trasporto delle merci pericolose è stato fatto ricorso al software Riskcurves. Tale software segue si basa su un approccio QRA (di seguito riportato nel dettaglio) ed è solitamente utilizzato per l'analisi del rischio di incidente rilevante negli stabilimenti ricadenti nell'ambito di applicazione del D.Lgs. 105/2015.

Di seguito se ne riporta in dettaglio il funzionamento.

9.1. METODOLOGIA QRA

L'attività di ricomposizione del rischio sul territorio prevede la definizione di due parametri fondamentali ovvero: il “**Rischio Individuale**” ed il “**Rischio Sociale**”. Tali parametri sono alla base della formulazione degli indicatori grafici quali: le “curve di iso-rischio” e le “curve F-N”, dove N è il numero di decessi e F la frequenza cumulata degli eventi incidentali con un numero di decessi pari o superiore a N.

Ciascun parametro deve essere valutato per porzioni di territorio la cui unità minima costituisce il “grid” di riferimento per l'indagine. Si precisa che la risoluzione del “grid” è funzione delle informazioni disponibili e della significatività delle informazioni stesse (i.e. l'impiego di un “grid” estremamente fitto o ad alta risoluzione potrebbe non essere utile nel caso in cui l'intero territorio sia fondamentalmente omogeneo per una o più classi di informazione, es. caratterizzazione demografica dell'area). Le “curve di iso-rischio” e le “curve F-N” sono l'espressione grafica dei parametri definiti rispettivamente “Rischio Individuale” e “Rischio Sociale”.

Il **Rischio Individuale** rappresenta la frequenza di decesso di un individuo in seguito ad un rilascio. L'individuo è assunto essere all'aperto e privo di mezzi di protezione durante tutta la durata dell'esposizione. In pratica, ogni punto definito nel “grid” dell'area analizzata sarà contraddistinto da un valore di frequenza, espresso in “occasioni di decesso/anno”. Ciò significa che se in quel punto vi fosse continuamente un individuo presente, questo sarebbe esposto al rischio di decesso determinato da tale frequenza. In realtà però l'individuo non è sempre sottoposto a tale rischio, poiché la sua presenza nel punto non può essere assunta costante.

Il rischio individuale locale è quindi una frequenza (morti/anno), che si può ottenere attraverso una serie di valutazioni che tengono conto del grado di esposizione, della probabilità di accadimento dell'evento incidentale e della vulnerabilità agli effetti dell'incidente nel punto specifico.

Il Rischio Individuale viene rappresentato in planimetria mediante linee di contorno che delimitano le aree di “iso-rischio”.

Il **Rischio Sociale** rappresenta una misura del rischio globale a cui è sottoposta la popolazione che occupa una determinata **area** ubicata in prossimità di una sorgente di rischio.

Più in dettaglio, il Rischio Sociale rappresenta la frequenza relativa a un incidente con N o più persone il cui decesso può essere assunto simultaneo. Si assume, in via del tutto generale, che le persone coinvolte dispongano di alcuni mezzi di protezione, in modo tale che l'abbigliamento riduca la probabilità di decesso³⁵. Il Rischio Sociale cumulativo è rappresentato attraverso una “curva F-N”, dove N è il numero di decessi e F la frequenza cumulata degli eventi incidentali con un numero di decessi pari o superiore a N.

Ai fini del calcolo di questo indice di rischio è necessario disporre dei dati di popolazione e di presenze nei punti sensibili dell'area e la frequenza di accadimento di un evento incidentale in un ciascun punto (per ogni tipologia di scenario, per ogni tipologia di condizione meteo e direzione del vento). Il numero totale di persone che subisce il danno di riferimento in seguito al verificarsi del generico scenario è valutato dalla somma di tutti i punti dell'area, su tutte le categorie di popolazione e sulla posizione indoor/outdoor.

Con questo tipo di dati, prendendo in considerazione tutte le categorie di abitanti presenti e tutti gli scenari, è possibile costruire la curva cumulativa F-N. Il rischio sociale è dunque quantificabile come la somma delle frequenze di tutti gli incidenti che si ipotizza si possano verificare, ognuno dei quali determini la morte di un numero di individui maggiore o uguale ad N.

Per calcolare i Rischi Individuale e Sociale si inizia definendo una griglia che copre tutta l'area in esame. Il centro di una cella della griglia è chiamato “Punto Griglia” ed il Rischio Individuale viene calcolato per ciascun punto del grid in cui è stato suddiviso il territorio di riferimento separatamente.

Le dimensioni delle celle che costituiscono la griglia devono essere sufficientemente piccole da non influenzare i risultati dei calcoli; in altre parole il Rischio Individuale deve essere uniforme all'interno di ciascuna cella. Se la dimensione scelta per le celle fosse troppo

³⁵ Si considera un fattore pari a 0,14. Tuttavia, se l'abbigliamento prendesse fuoco la probabilità di decesso salirebbe fino alla certezza (ovvero probabilità pari all'unità). La soglia di irraggiamento termico per l'innesco dei vestiti è pari a $Q^2 \cdot t = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ kW}^2 \text{ m}^{-4}$; un tempo di esposizione di 20 s risulta in una soglia di 35 kW/m².

grande, poiché il Rischio Individuale ha lo stesso valore per tutta l'area coperta da una cella, si potrebbero avere celle per le quali risulta un determinato valore del Rischio Individuale che però nella realtà non è correttamente rappresentativo di tutti i punti dell'area coperta dalla cella.

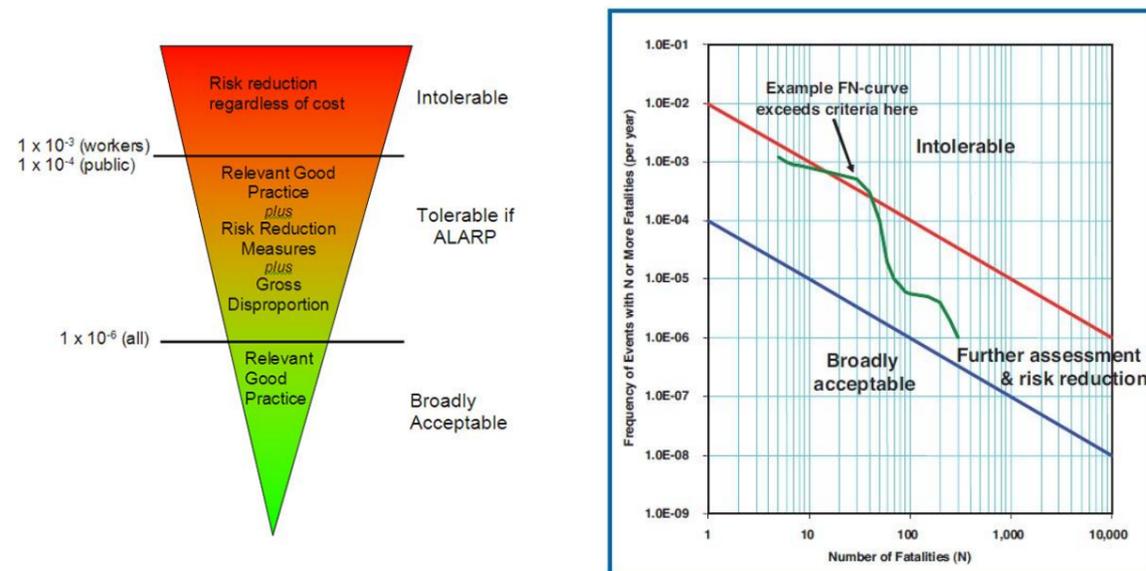
A titolo di esempio, se le distanze raggiunte dagli effetti di uno scenario sono dell'ordine dei 300 m, le celle non dovrebbero avere dimensioni superiori a 25x25 m. Per effetti che raggiungono distanze superiori a 300 m si possono usare celle da 100 m di lato.

Nel caso in analisi, considerato che gli scenari incidentali possono interessare distanze comprese tra i 150 e i 500 metri, si è optato per una griglia 50x50 m.

Una volta definita la griglia, viene determinata la distribuzione della popolazione, assegnando il numero di persone presenti all'interno di ciascuna cella, assumendo che le persone assegnate siano distribuite uniformemente all'interno della cella corrispondente.

Infine, ad ogni cella viene assegnata una probabilità di innesco. Tutte le sorgenti di innesco in una cella sono combinate in un'unica sorgente di innesco posizionata al centro della cella.

Attualmente non esiste un criterio univoco di accettabilità del rischio stradale da potersi utilizzare nell'ambito delle valutazioni di rischio. Ai fini di un giudizio circa la compatibilità con un criterio internazionale si è partiti dal criterio di accettabilità definito dall'ente Health Safety Executive britannico (HSE)³⁶ e individuato nella seguente immagine, che può essere letta attraverso le definizioni che seguono.



³⁶HSE, Reducing risks, protecting people - R2P2, HSE's decision-making process, Norwich, 2001

Figura 9.1: Esempio di curva di accettabilità del rischio stradale

Il Rischio Sociale è rappresentato mediante una curva F-N; sono definite due curve che rappresentano il livello di accettabilità e di non accettabilità, la cosiddetta "Guide Value", che è la linea che non dovrebbe essere oltrepassata; si definisce quindi il rapporto "Guide Ratio R", che indica la distanza della curva F-N dalla linea di riferimento (un R > 1 significa che la linea di riferimento è stata oltrepassata).

Non sempre la curva F-N risulta di immediata interpretazione, perché è il risultato di sorgenti di rischio distribuite nello spazio che possono influenzare una popolazione distribuita nello spazio, e questo porta spesso a chiedersi dove c'è un problema e da cosa è causato.

Al fine di ottenere una risposta a queste domande si utilizzano due differenti mappe ad integrazione della informazione desumibile dalla curva F-N vera e propria:

- La "Societal Risk Area Map" fornisce un'indicazione di quali sono le aree interessate e con quale livello di rischio in rapporto al Guide Value;
- La "Societal Risk Contribution Map" indica quali celle contribuiscono al rischio sociale.

Nello specifico per la TRA (Transport Risk Analysis: metodologia QRA applicata al trasporto di merci pericolose), si fa riferimento a quanto indicato nel PURPLE BOOK³⁷, tenendo presente il fatto che le regole fornite sono generali e devono essere applicate a situazioni aperte, ovvero percorsi di trasporto in cui non siano presenti ostacoli, come gallerie, barriere antirumore, ecc. che devono essere considerati caso per caso.

I dati di base necessari per condurre una QRA relativa al trasporto di sostanze pericolose includono:

1. Descrizione dei flussi di trasporto (numero di mezzi/anno in transito suddivisi per sostanza o categoria, di giorno e di notte)
2. Descrizione del tipo di strada
3. Analisi dei transiti con merci pericolose e proprietà delle sostanze di riferimento
4. Descrizione dei mezzi di trasporto
5. Descrizione del numero di incidenti
6. Descrizione delle fonti di innesco
7. Popolazione presente nelle vicinanze della strada
8. Dati meteorologici

³⁷TNO, Guideline for quantitative Risk Assessment (Purple Book), CPR-18E, Den Haag, 2006

9.2. IL SOFTWARE RISKCURVES - Generalità

Per la realizzazione della QRA relativa al tratto autostradale sotto osservazione si è utilizzato il software "RISKCURVES"³⁸sviluppato dal TNO, in concessione d'uso alla società scrivente. Utilizzando questo software, di cui si riportano di seguito le principali caratteristiche, sono stati estrapolati i dati per l'elaborazione di alcune delle rappresentazioni grafiche riportate nella relazione generale "ANALISI RISCHIO STRADALE CHIMICO E CINETICO":

- Rischio chimico individuale (Fig. 4.7)
- Rischio chimico sociale (Fig. 4.12)

RISKCURVES è un pacchetto software per eseguire una valutazione quantitativa del rischio (QRA) per attività con presenza di sostanze pericolose. Il "Rischio" è definito in questo contesto come la probabilità per unità di tempo (frequenza) che persone presenti in prossimità delle sostanze pericolose in esame possano subire conseguenze letali a causa di un evento (in genere rilascio) indesiderato.

Una valutazione quantitativa del rischio (QRA) analizza i rischi di incidenti che coinvolgono sostanze pericolose, provocando vittime, lesioni e/o danni all'ambiente circostante. Al fine di poter confrontare i rischi, vengono introdotti valori quantitativi per i rischi individuali e per il rischio sociale.

RISKCURVES utilizza un approccio modulare intuitivo, che consente l'uso di mappe topografiche o immagini aeree per definire potenziali "scenari di perdita di contenimento". È possibile creare rappresentazioni geografiche avanzate utilizzando il sistema GIS interno. Basato sui volumi YELLOW BOOK³⁹, GREEN BOOK⁴⁰ e PURPLE BOOK⁴¹, i modelli di effetti e conseguenze inclusi in RISKCURVES forniscono una base solida, scientifica e trasparente per eseguire un QRA.

In un QRA sono definiti specifici scenari di incidenti, analizzando gli eventi conseguenti come ad esempio: da una perdita che porta alla formazione di una pozza, all'evaporazione della sostanza, alla sua dispersione con potenziali effetti letali.

Il calcolo delle frequenze e degli effetti degli eventi identificati porta a quantificare i rischi individuali e i rischi sociali. I rischi individuali sono generalmente presentati come "Iso Risk Contours": linee su una mappa topografica che rappresentano punti con uguale valore: ad es. la curva ISO rischio di 10-6 occ/anno.

RISKCURVES è in grado di eseguire calcoli di effetti fisici, probabilità e conseguenze per calcolare il rischio individuale e sociale. Può anche calcolare i rischi causati dal trasporto di materiali pericolosi. I risultati sono presentati per mezzo di profili di rischio individuali, curve di rischio sociale (curve F-N) ed eventuali mappe di rischio sociale.

La pubblicazione CPR 18E (Purple book: Linee guida per la valutazione quantitativa del rischio)^{24/} fornisce le linee guida sulla scelta dell'**equipment**⁴²(il cosiddetto metodo di sub-selezione), lo scenario tipico di "**Perdita di contenimento**" da valutare, i modelli di calcolo degli effetti e le informazioni di base come i dati meteorologici.

9.2.1. Dati di INPUT

Le domande tipiche quando si esegue un QRA sono "Cosa?" e "Dove?": quali sono gli scenari tipici di perdita di contenimento (Loss of Containment, abbreviato in LoC) e dove si trovano. La posizione geografica dello scenario determinerà anche i parametri ambientali specifici: temperatura, pressione, umidità, rugosità superficiale (che influenza la dispersione) e dati meteorologici (probabilità che il vento provenga da una direzione specifica con velocità e classe di stabilità specifica).

CPR-18 descrive quali equipment e quali scenari debbano essere considerati all'interno di un QRA. Per mezzo di RISKCURVES l'utente può semplicemente aggiungere un equipment entro i confini del sistema del sito da studiare. La posizione dell'equipment deve essere fornita come coordinate o percorso. È utile utilizzare una mappa digitale di sfondo dell'area come base. Una volta localizzato l'equipment, RISKCURVES aggiunge gli scenari LoC (Loss of containment) corrispondenti (G1, G2, G3), comprese le frequenze del tasso di guasto e le probabilità dipendenti da eventi o fenomeni.

Uno scenario LOC viene identificato come una zona nella quale le conseguenze siano pre-calcolate, o nella quale si utilizza il modello di calcolo delle conseguenze. In quest'ultimo caso, RISKCURVES è integrato con i modelli della suite EFFECTS (sempre TNO). È anche possibile copiare/incollare i calcoli effettuati con EFFECTS in uno scenario RISKCURVES.

In generale, per eseguire un QRA sono necessarie le seguenti informazioni:

1. Definizione di uno o più scenari di incidenti includendo le frequenze applicabili degli scenari incidentali. RISKCURVES 9 distingue l'equipment: contenente la posizione di un possibile evento, i possibili scenari di quell'equipment, associando le frequenze e le aree di danno.

³⁸TNO, Program Riskcurves, 2018

³⁹TNO, Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials (Green Book), CPR-16E, Den Haag, 1992

⁴⁰TNO, Methods for the calculation of Physical Effects Due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (Yellow Book), CPR-14E, Den Haag, 1996

⁴¹TNO, Guideline for quantitative Risk Assessment (Purple Book), CPR-18E, Den Haag, 2006

⁴²Letteralmente "attrezzatura", riferito alla tipologia di impianto utilizzato per lo stoccaggio o la lavorazione delle sostanze pericolose analizzate. Nel caso specifico sono prese in considerazione le caratteristiche impiantistiche delle cisterne dei mezzi che trasportano le sostanze pericolose.

- Definizione delle distribuzioni probabilistiche meteo: classe di stabilità (Pasquill A-F)/direzione del vento. Se il dato non è noto, è possibile utilizzare una distribuzione standard uniforme.
- Utilizzo (facoltativo) di una mappa di sfondo digitale per posizionare gli scenari e presentare i risultati.
- Fornire le condizioni ambientali tipiche per l'area di studio (temperature, umidità, radiazione solare).
- Le condizioni di vulnerabilità descrivono le relazioni tra i fenomeni e il danno risultante (letalità).
- In caso di calcolo del rischio sociale, introdurre la distribuzione della popolazione

9.2.2. Risultati

RISKCURVES esegue i calcoli di probabilità, effetti e danni/conseguenze secondo CPR 18E e calcola Rischio Individuale e Rischio Sociale. Una persona che si trovi in una posizione specifica potrà risultare vittima di un incidente nel sito A e anche di un altro incidente nella posizione B. Il software ne calcola il rischio cumulativo e fornisce le curve iso-rischio risultanti.

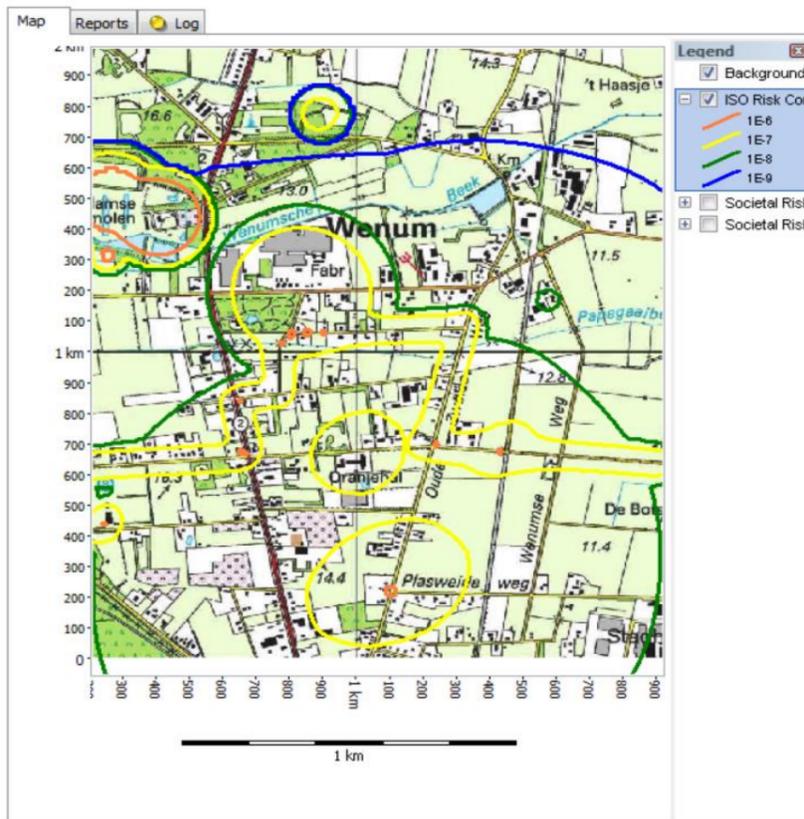


Figura 9.2: Esempio di curva di iso-rischio

Si presuppone una presenza continuativa del 100% nel punto in esame e l'assenza di protezioni esterne. Un cosiddetto "Iso Risk Contour", ovvero curva iso-rischio, può essere disegnato collegando tutti i punti con pari rischio individuale.

Il rischio individuale può anche essere presentato in una cosiddetta curva FX, che presenta la frazione letale rispetto alla distanza dal punto di rilascio, per diverse direzioni del vento.

Il calcolo del rischio può essere anche effettuato lungo uno specifico tracciato considerando le caratteristiche del contesto. Il rischio cumulativo sarà dato dalla somma di tutti i contributi del tracciato in esame per quel punto.

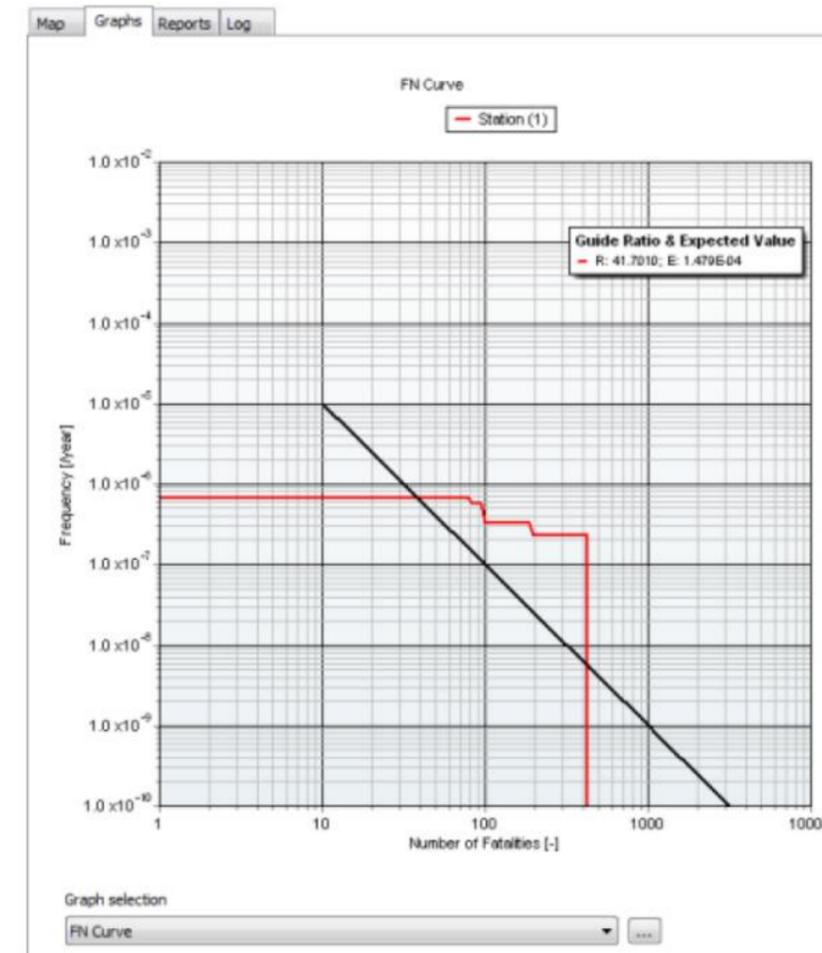


Figura 9.3: Esempio di curva F-N

La curva di rischio sociale (curva F-N) rappresenta il valore cumulativo di letalità per un gruppo di dimensioni specifiche. La curva F-N è rappresentata come un grafico a due

dimensioni, usando una scala logaritmica sull'asse F delle frequenze (asse Y) e sull'asse N (asse X) del numero totale di vittime.

La curva viene confrontata con un valore "accettabile" o meglio "tollerabile" detto Guide Value, ovvero una linea che non deve essere attraversata dalla F-N calcolata. RISKCURVES calcola un indicatore R che rappresenta il rapporto tra il punto calcolato e il valore tollerabile ($R > 1$ implica il superamento del Guide Value); Il rischio sociale è anche rappresentato dal valore E, ovvero l'integrale della curva F-N. Eventualmente la rappresentazione delle mappe SR (Rischio sociale) permette di visualizzare in quali punti venga superato il valore tollerabile precedentemente definito.

Per ogni riquadro della griglia della popolazione è definita una curva F-N. Nella Contribution Map questa curva riporta il numero delle vittime della popolazione presente all'interno della cella. Il rischio più alto all'interno del riquadro (espresso come curva E del valore atteso) è rappresentato dal colore rosso.

Si noti che la rappresentazione delle mappe del rischio sociale si basa sul rapporto tra il valore del rischio in un certo luogo rispetto al valore di riferimento. Questi valori sono colorati secondo una scala logaritmica: -2 significa 100 volte inferiore al valore guida, + 2 significa 100 volte più alto e zero significa rapporto pari a 1.

Per l'esito delle valutazioni relative all'analisi di rischio chimico lunga la tratta Verona-Modena dell'autostrada A22, si rimanda alla relazione generale "Progetto di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada del Brennero nel tratto compreso tra Verona e l'Innesto A1-A22 a Modena - ANALISI RISCHIO STRADALE CHIMICO E CINETICO".

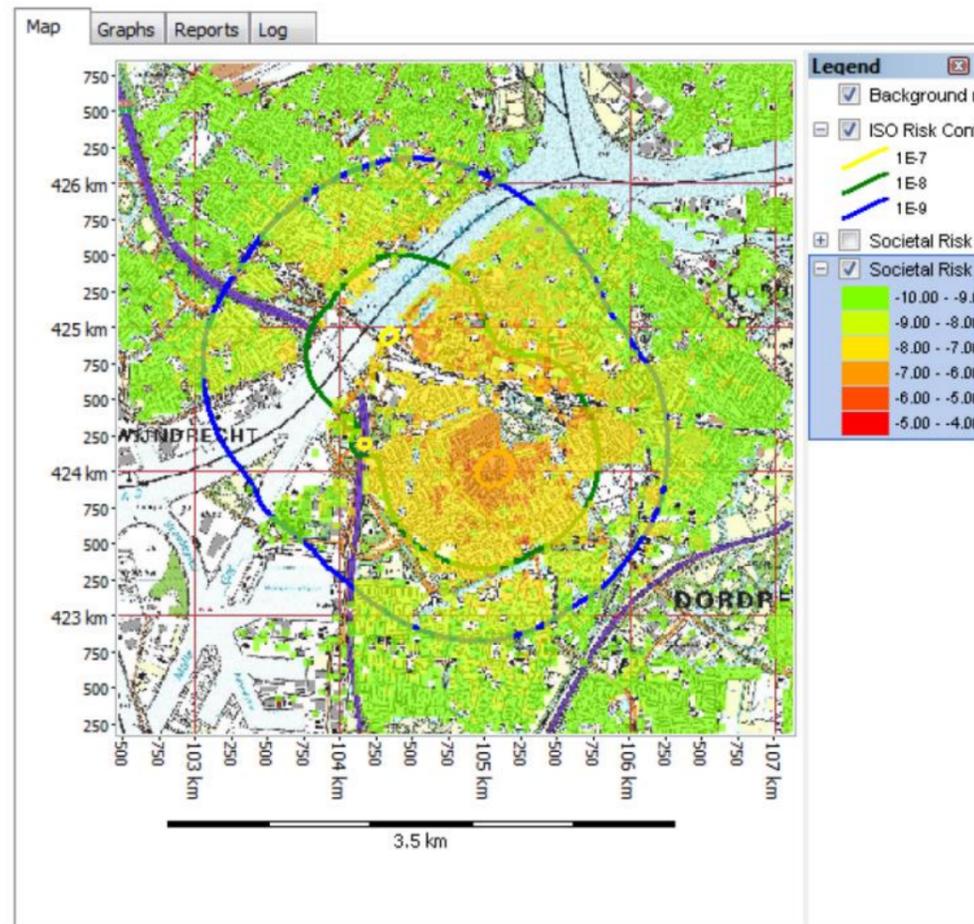


Figura 9.4: Esempio di curve del rischio sociale