

CSD INGEGNERI SA

Via Lucchini 12
Casella postale
CH-6901 Lugano
+41 91 913 91 00
lugano@csd.ch
www.csd.ch

CSD INGEGNERI 
INGEGNOSI PER NATURA



Variante di PR comparto nuova stazione FFS Piazza Indipendenza

Analisi dei rischi OPIR

Lugano, il 15.10.2025 / TI0802.100



Città di Bellinzona

Sommario

1	Contesto.....	4
2	Obbiettivi.....	5
3	Basi legali.....	5
4	Analisi dei rischi.....	5
4.1	Metodo di analisi.....	5
4.2	Struttura del traffico di merci pericolose nel settore di Bellinzona.....	8
4.3	Ipotesi di occupazione e modifiche dell'infrastruttura ferroviaria.....	9
4.4	Risultati dell'analisi di rischio.....	10
4.4.1	Situazione attuale.....	10
4.4.2	Situazione futura con progetto, stazione Piazza Indipendenza e terzo binario.....	12
5	Conclusioni e Raccomandazioni	13
6	Impressum	15
7	Premesse	15

Elenco delle figure

Figura 1.1	Piano delle zone del comparto della futura stazione FFS Piazza Indipendenza.....	4
Figura 4.1	Svolgimento del coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti [4]	6
Figura 4.2	Segmento X173 e subelementi 472, 482, 492 e 502	8
Figura 4.3	Contenuti e ipotesi di occupazione della variante di PR.....	9
Figura 4.4	Diagramma P/C per la situazione attuale - Segmento X173 (screening 2023).....	11
Figura 4.5	Diagramma P/C per la situazione attuale – Subelementi 472, 482, 492, 502 (screening 2023).....	11
Figura 4.6	Diagramma P/C per la situazione futura – Segmento X173.....	12
Figura 4.7	Diagramma P/C per la situazione futura - Subelementi 472, 482, 492, 502	13

Elenco delle tabelle

Tabella 4.1	Sostanze rappresentative proposte nello screening FFS	7
Tabella 4.2	Zone di pericolo	7
Tabella 4.3	Struttura del traffico di merci pericolose per il segmento X173.....	9

Elenco delle appendici

Allegato A	Raggi di impatto per i subelementi 472, 482, 492 e 502	16
------------	--	----

1 Contesto

La realizzazione del terzo binario tra Bellinzona e Giubiasco, con la costruzione della galleria Svitto II e la nuova fermata FFS di Piazza indipendenza comportano delle modifiche importanti nel comparto. La città di Bellinzona intende quindi rivederne la pianificazione e propone una variante di piano regolatore.

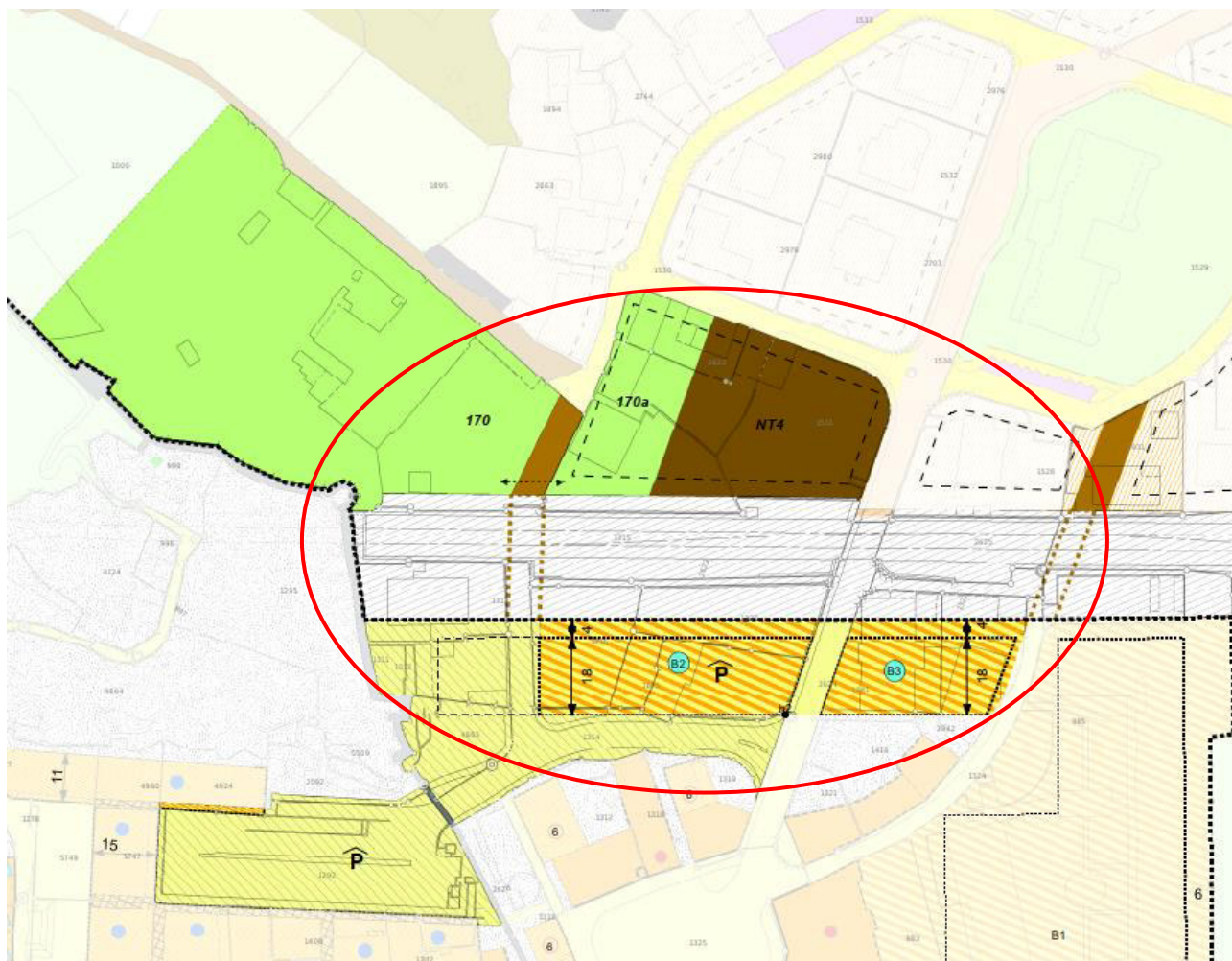


Figura 1.1 Piano delle zone del comparto della futura stazione FFS Piazza Indipendenza

Le modifiche che interessano maggiormente il comparto della futura stazione sono previste all'interno delle zone 170 e 170a (Santa Maria) e delle zone B2 e B3 (San Rocco) dove è prevista l'edificazione di diversi volumi.

La linea ferroviaria Immensee-Bellinzona-Chiasso è soggetta all'Ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR) in quanto vi transitano annualmente importanti quantità di merci pericolose (> 2'500'000 ton/anno). L'articolo 11 let. a OPIR, entrato in vigore nel 2013, impone il coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti durante le procedure pianificatorie che implicano una modifica di piano regolatore all'interno dell'area di coordinamento di un impianto soggetto all'ordinanza. Per gli impianti ferroviari è stata definita un'area di coordinamento di 100 m da ambo i lati e la variante di piano regolatore "Comparto fermata FFS Piazza Indipendenza" si inserisce interamente all'interno di quest'area.

Il metodo di coordinamento è presentato nell'aiuto alla pianificazione "Coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti", edito dall'Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE et al. e aggiornato nel 2022 [4].

2 Obiettivi

L'obiettivo del presente studio è di valutare l'impatto della variante di piano regolatore sul rischio globale del comparto. Il perimetro di variante si situa interamente all'interno dell'area di coordinamento della ferrovia e deve essere sottoposto al coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti secondo art. 11 let. a OPIR.

3 Basi legali

- Ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti del 27 febbraio 1991 (OPIR, stato 1° luglio 2024) [1];
- Risques pour la population et l'environnement liés au transport ferroviaire de marchandises dangereuses, Estimation actualisée des risques 2023 sur l'ensemble du réseau, UFT, marzo 2025 [2] ;
- Rischi per la popolazione derivanti dal trasporto di merci pericolose su ferrovia, Metodologia e preparazione dei dati relativi allo screening dei rischi per la popolazione 2014 (Rapporto metodologico sullo screening dei rischi per la popolazione 2014), UFT, febbraio 2015 [3];
- Aiuto alla pianificazione, Coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti, ARE et al., 2022 [4];
- Critères d'appréciation relatifs à l'OPAM – Un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), UFAM, 2018 [5] ;
- Installations ferroviaires - Un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), UFAM, 2018 [6] ;
- Mesures de protection sur les bâtiments pour la prévention des accidents majeurs, Mesures adéquates de protection sur les bâtiments dans le périmètre de consultation des installations soumises à l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), UFAM, 2025 [7].

4 Analisi dei rischi

4.1 Metodo di analisi

Lo svolgimento del coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti è illustrato nella figura seguente ripresa da [4].

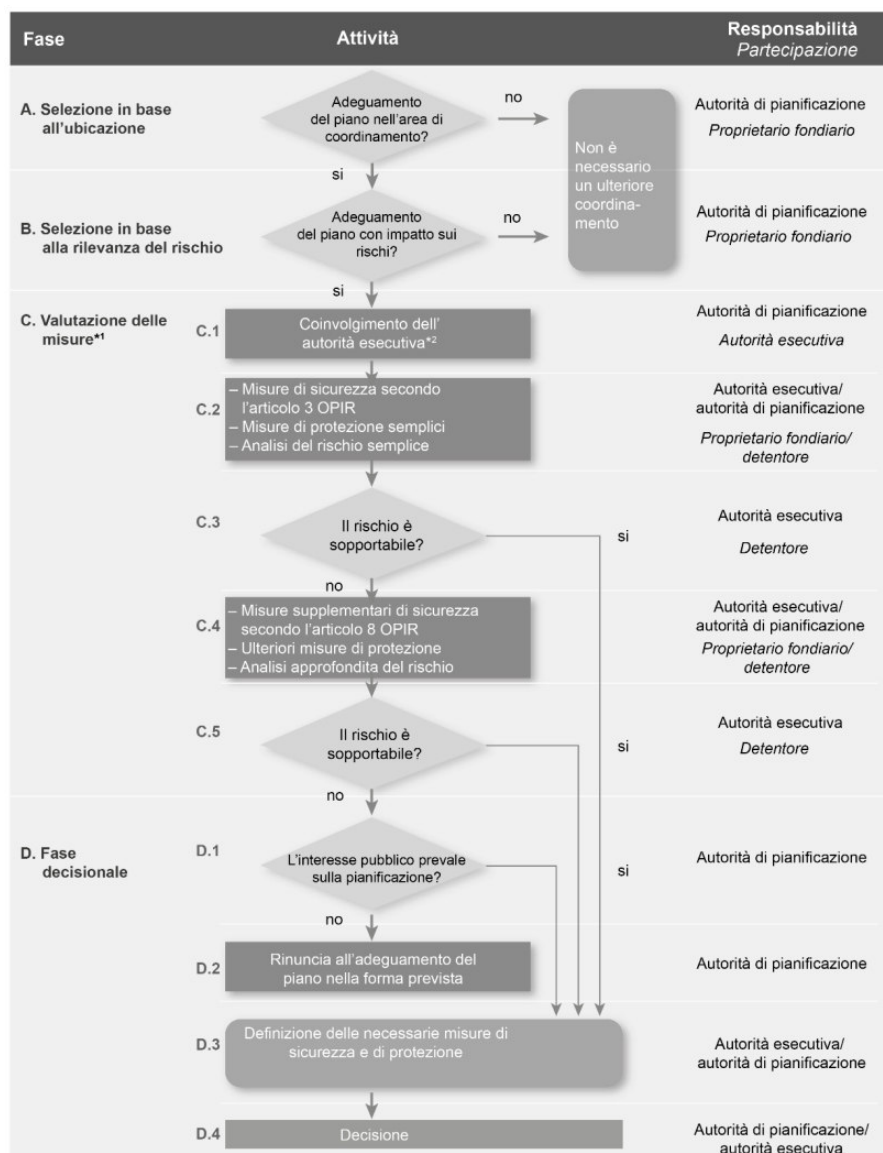


Figura 4.1 Svolgimento del coordinamento tra pianificazione del territorio e prevenzione degli incidenti rilevanti [4]

Il comparto di Piazza Indipendenza si trova all'interno dell'area di coordinamento della linea ferroviaria. Dev'essere quindi verificato se la variante di piano regolatore induce un aumento significativo del rischio nel settore mediante il metodo presentato all'allegato 2 della guida alla pianificazione [4] del 2022.

I contenuti futuri previsti nel comparto sono residenziali, commerciali e scolastici (scuola elementare e scuola media).

Secondo [4], i contenuti scolastici rientrano nella categoria di strutture sensibili per le quali le relative pianificazioni sono considerate rilevanti dal punto di vista dei rischi e che sottostanno quindi ad un coordinamento con la prevenzione degli incidenti rilevanti (punto C della tabella presentata alla figura 2). Questo comporta, sempre secondo il punto C nella figura 2, la presa in considerazione di misure di protezione per ridurre il rischio e, in un secondo tempo, la realizzazione di un'analisi di rischio semplificata volta a valutarne l'accettabilità.

Un elenco non esaustivo di misure di protezione semplici è presentato in [4] e in [7] e le misure raccomandate per il comparto in oggetto sono presentate al capitolo 5 del presente rapporto.

L'analisi di rischio semplificata è basata sulla metodologia per lo screening dei rischi derivati dal trasporto di merci pericolose su ferrovia [3], che considera tre sostanze rappresentative: la benzina, il propano e il cloro. Le caratteristiche determinanti di queste sostanze, i principali rappresentanti delle categorie e il pericolo potenziale che rappresentano, sono descritti nella tabella qui sotto.

Sostanza rappresentativa	Caratteristiche determinanti	Principali rappresentanti	Pericolo
Benzina (vagoni di 60 tonnellate)	- Liquido, altamente infiammabile - Vapori più densi dell'aria	Benzina e carburanti simili, metanolo, etanolo, acetone, etere, solventi diversi	- Effetti termici dovuti ad un incendio - Effetti dovuti alla pressione e alla proiezione di oggetti al seguito di un'esplosione in uno spazio confinato (canalizzazioni, posteggi sotterranei)
Propano (vagoni di 42 tonnellate)	- Allo stato liquido o gassoso, altamente infiammabile - Gas più denso dell'aria	Propano, butano, altri idrocarburi, cloruro di vinile	- Effetti termici dovuti ad un incendio - Effetti dovuti alla pressione e alla proiezione di oggetti al seguito di un'esplosione
Cloro (Vagoni di 53 tonnellate)	- Allo stato gassoso o liquido in pressione, tossico per l'essere umano - Gas più denso dell'aria	Cloro, acido cloridrico, ammoniaca, fluoruro d'idrogeno (senza soluzione acquosa)	- Tossico per inalazione per l'essere umano

Tabella 4.1 Sostanze rappresentative proposte nello screening FFS

La metodologia dello screening FFS definisce delle zone di pericolo per ogni tipo d'incidente. Una letalità differente è applicata in ogni raggio d'impatto.

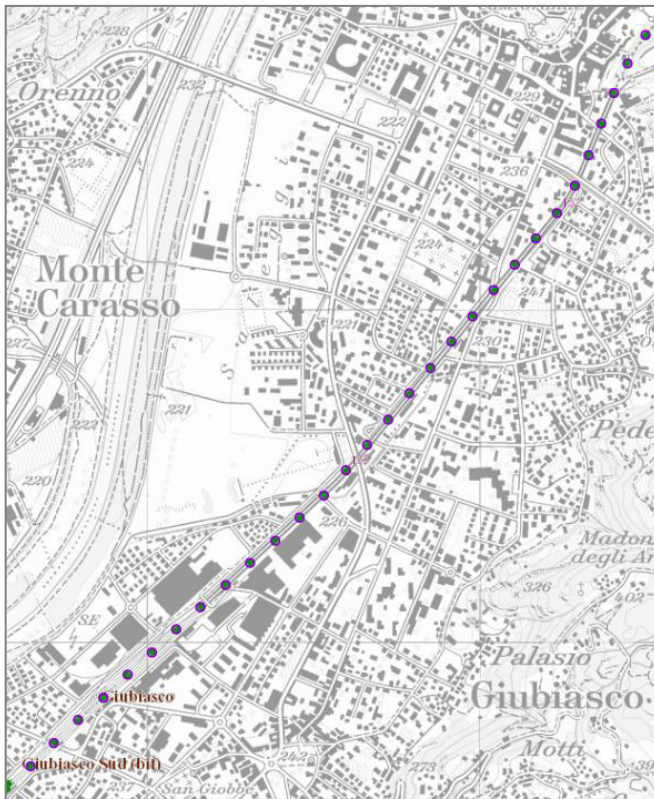
Distanza dai binari	Tasso di letalità
≤ 50 m	> 0 per tutte le sostanze rappresentative
De 50 a 250 m	> 0 per il cloro e il propano
De 250 a 500 m	> 0 per il cloro
De 500 a 2'500 m	> 0 per il cloro

Tabella 4.2 Zone di pericolo

Sulla base di quanto precede, il rischio viene calcolato su tutta la rete ferroviaria svizzera considerata significativa dal punto di vista dei rischi OPIR (generalmente dove circola una quantità di merci pericolose superiore a 100'000 ton/anno). Per facilitare l'elaborazione dello screening, la rete viene suddivisa in segmenti di una lunghezza variabile (alcune centinaia di metri a diversi chilometri); il calcolo dei rischi viene in ogni caso effettuato ogni 100 m per ogni singolo subelemento.

La valutazione dei rischi dovuti alla variante di piano regolatore nel comparto della futura stazione di Piazza Indipendenza si svolge su due livelli. Viene dapprima analizzato il rischio lungo tutto il segmento X173 (Stazione di Giubiasco – portale nord galleria Svitto) come previsto nella metodologia descritta in [3]. Un'analisi più dettagliata è svolta in seguito a ridosso del comparto.

La figura seguente illustra lo stato attuale del rischio sulle persone per l'intero segmento X173 e per i subelementi 472, 482 e 492 nei pressi del perimetro di variante.



Segmento X173



Subelementi 472, 482, 492 e 502

Figura 4.2 Segmento X173 e subelementi 472, 482, 492 e 502

Il rischio attuale, calcolato nell'ambito dell'aggiornamento 2023 dello screening dei rischi OPIR sulla rete ferroviaria svizzera, è accettabile per l'intero segmento X173 (pallini verde scuro), mentre per i singoli punti nei pressi della futura stazione di Piazza Indipendenza, il rischio si situa nella parte bassa dell'area intermedia (pallini gialli).

4.2 Struttura del traffico di merci pericolose nel settore di Bellinzona

I dati delle merci pericolose utilizzati per lo screening 2023 sono una media calcolata dal 2018 al 2022. Le FFS hanno stimato l'aumento di merci su rotaia per la situazione futura basandosi sulle previsioni d'esercizio del traffico merci. Questa stima porta su un aumento del 93% (ZEB Bellinzona orizzonte 2025), legata all'entrata in funzione a pieno regime di Alptransit ma poco pertinente per quanto riguarda il traffico di **merci pericolose**, considerando che già oggi il trasporto sull'asse transalpino è esclusivamente su rotaia, in quanto all'interno della galleria autostradale del Gottardo il transito di merci pericolose è proibito (tunnel cat. E ADR).

Una stima per l'aumento delle **merci pericolose** all'orizzonte di entrata in funzione della stazione Piazza Indipendenza e del terzo binario è stata fatta sulla base dei dati disponibili nell'ambito degli aggiornamenti dello screening (2011, 2014, 2018 e 2023). Si tiene conto di un aumento del 20%.

Le quantità di **merci pericolose** considerate nel presente studio per il calcolo dei rischi sulla popolazione nel settore della stazione di Piazza Indipendenza sono le seguenti:

	Sostanza rappresentativa - Rischi per la popolazione		
	Benzina	Propano	Cloro
Situazione attuale (screening 2023)	711'452 ton	142'465 ton	164 ton
segmento X173	(ca. 32 vagoni/giorno)	(ca. 10 vagoni/giorno)	(ca. 3 vagoni/anno)

Situazione futura segmento X173	853'743 (ca. 40 vagoni/giorno)	172'158 (ca. 12 vagoni/giorno)	196 ton (ca 3 vagoni/anno)
---	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------

Tabella 4.3 Struttura del traffico di merci pericolose per il segmento X173

Da notare che rispetto ai dati dello screening 2014 e dello screening 2018, le quantità di benzina sono rimaste costanti (rispetto al 2014 mentre nel 2018 erano diminuite di molto arrivando a 574'115 t/anno), le quantità di propano sono diminuite rimanendo però nel medesimo ordine di grandezza, mentre le quantità di cloro sono diminuite radicalmente passando da 1'580 t/anno nel 2014, a 2100 t/anno nel 2018 per arrivare a 164 t/anno nel 2023.

Altre categorie di merci pericolose transitano quotidianamente nel settore, ma le conseguenze di un incidente legate a questo tipo di merci non sono giudicate rilevanti dal punto di vista dei rischi sulla popolazione (ad esempio sostanze inquinanti per le acque superficiali e sotterranee, sostanze corrosive).

La quantità di propano che transita in Ticino è alta in proporzione al resto della rete ferroviaria svizzera, mentre quella di cloro è considerata nulla sull'intera rete svizzera tranne che sulla linea Ginevra-Briga [2].

Le proiezioni future per il trasporto di merci pericolose a Bellinzona non dovrebbero discostarsi di molto dai dati utilizzati per lo screening 2023, ciononostante, per una questione prudenziale, nel valutare la situazione futura è stato considerato un aumento del 20%.

4.3 Ipotesi di occupazione e modifiche dell'infrastruttura ferroviaria

Le ipotesi di occupazione considerate nel presente studio sono presentate nella tabella qui di seguito.

Le ipotesi di ripartizione tra popolazione attiva, residente e scolari, così come la densità di occupazione in base alla tipologia di contenuto, sono stati trasmessi dal Settore Pianificazione, catasto e mobilità della Città di Bellinzona e sono illustrati nel Rapporto di pianificazione della variante.

Residenti		50 m2/persona				
Attivi		25 m2/persona				
Scolari		70 m2/persona				
		EP 170	EP 170a	NT4	B2	B3
Superfici abitabili (m2)		4600	1500	2000	4320	2880
Proporzione popolazione attiva e residente		20% residenti 20% attivi 60% scolari	100% scolari	50 % residenti 50% attivi		
Persone presenti	Residenti	18	6	8	17	12
	Attivi	37	12	16	35	23
	Scolari	13	4	6	12	8

Figura 4.3 Contenuti e ipotesi di occupazione della variante di PR

La presenza di viaggiatori sulle banchine della futura stazione di Piazza Indipendenza è stimata in base a quanto proposto dalle FFS per altre stazioni dello stesso tipo (Taverne-Torricella, Balerna, Paradiso), ovvero 55 persone al km².

La valutazione dei rischi futura tiene conto della demolizione degli edifici oggi presenti sul tracciato del terzo binario e della sottrazione della popolazione attualmente presente.

Per quanto riguarda l'infrastruttura ferroviaria, gli elementi da considerare per lo studio della situazione futura sono la futura stazione Piazza Indipendenza, con la presenza di viaggiatori sulle banchine, e lo spostamento di alcuni scambi lungo il segmento X173 (Giubiasco – Galleria Svitto). I due scambi attualmente presenti nel comparto interessato dalla variante di piano regolatore verranno completamente smantellati a fine lavori mentre quattro nuovi scambi verranno posizionati più a sud.

Viene preso in conto un aumento del 15% del traffico passeggeri dovuto alla realizzazione del terzo binario (ipotesi CSD).

La stazione comporta un aumento delle persone a prossimità immediata dei binari e quindi un aumento delle vittime potenziali in caso di incidente. Lo spostamento degli scambi più a sud, permette invece di ridurre notevolmente la probabilità di accadimento di un incidente nei pressi della futura stazione in quanto si considera che in assenza di scambi, la probabilità di deragliamento di un treno è molto bassa.

4.4 Risultati dell'analisi di rischio

L'analisi di rischio è realizzata sull'intero segmento X173 e sui subelementi 472, 482, 492 e 502 a ridosso del comparto di Piazza Indipendenza, mediante lo strumento di calcolo messo a disposizione dall'UFT (<https://www.screeningtgbahn.ch>).

I dati di base provengono dallo screening dei rischi sulla popolazione effettuato nel 2023 [3]. La situazione futura con progetto è stata calcolata considerando le ipotesi presentate nei capitoli precedenti.

Una correzione ai dati di base dello screening è stata effettuata per quanto riguarda il subelemento 502. Infatti, nei calcoli delle FFS, quest'ultimo è considerato all'interno della galleria Svitto mentre invece si situa già all'esterno, provocando così danni sul vicinato in caso di incidente in quel punto. Questa modifica induce un leggero aumento della curva dei rischi in quanto le FFS considerano che i punti situati all'interno di una galleria non provocano danni sul vicinato ma unicamente in caso di transito di un treno passeggeri in concomitanza.

4.4.1 Situazione attuale

La situazione attuale per il segmento X173 e per i subelementi 472, 582, 492 e 502, ripresa dallo screening 2023, è presentata qui di seguito. Il subelemento n°502, direttamente a ridosso della variante di PR è considerato all'esterno della galleria Svitto.

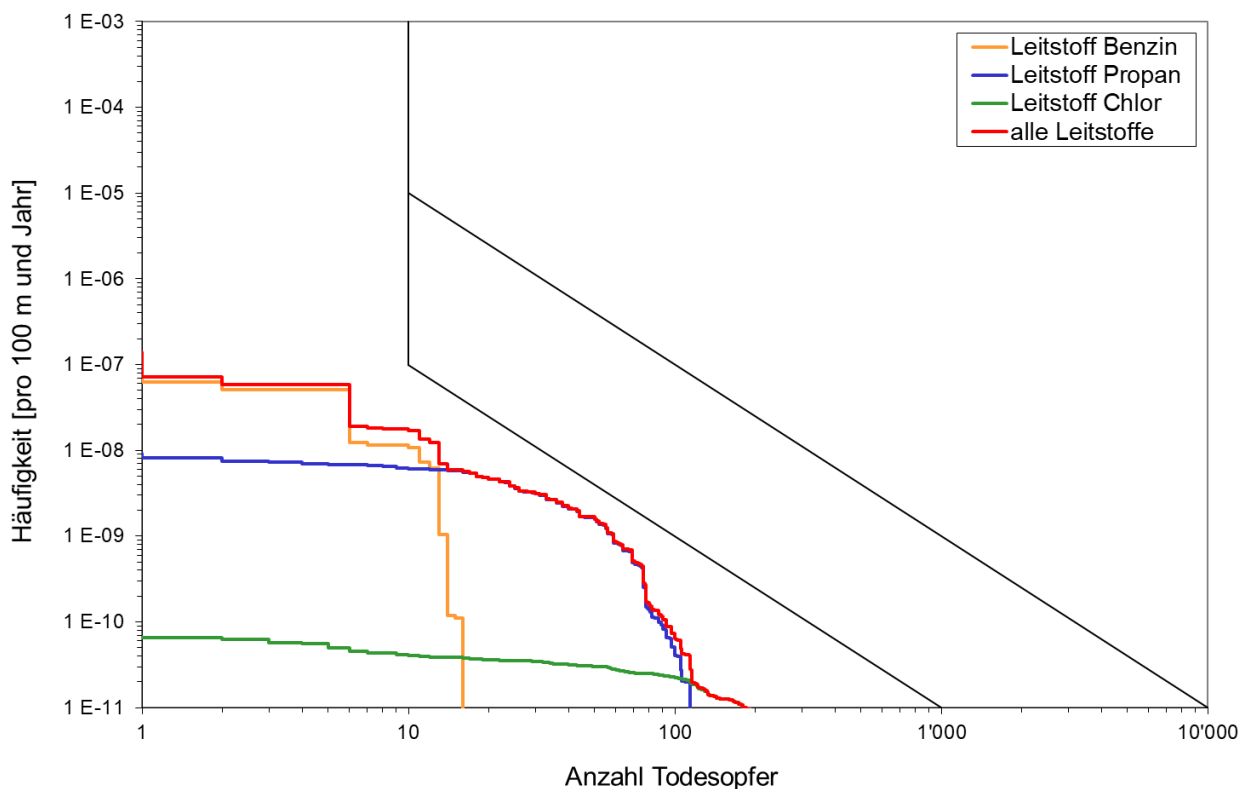


Figura 4.4 Diagramma P/C per la situazione attuale - Segmento X173 (screening 2023)

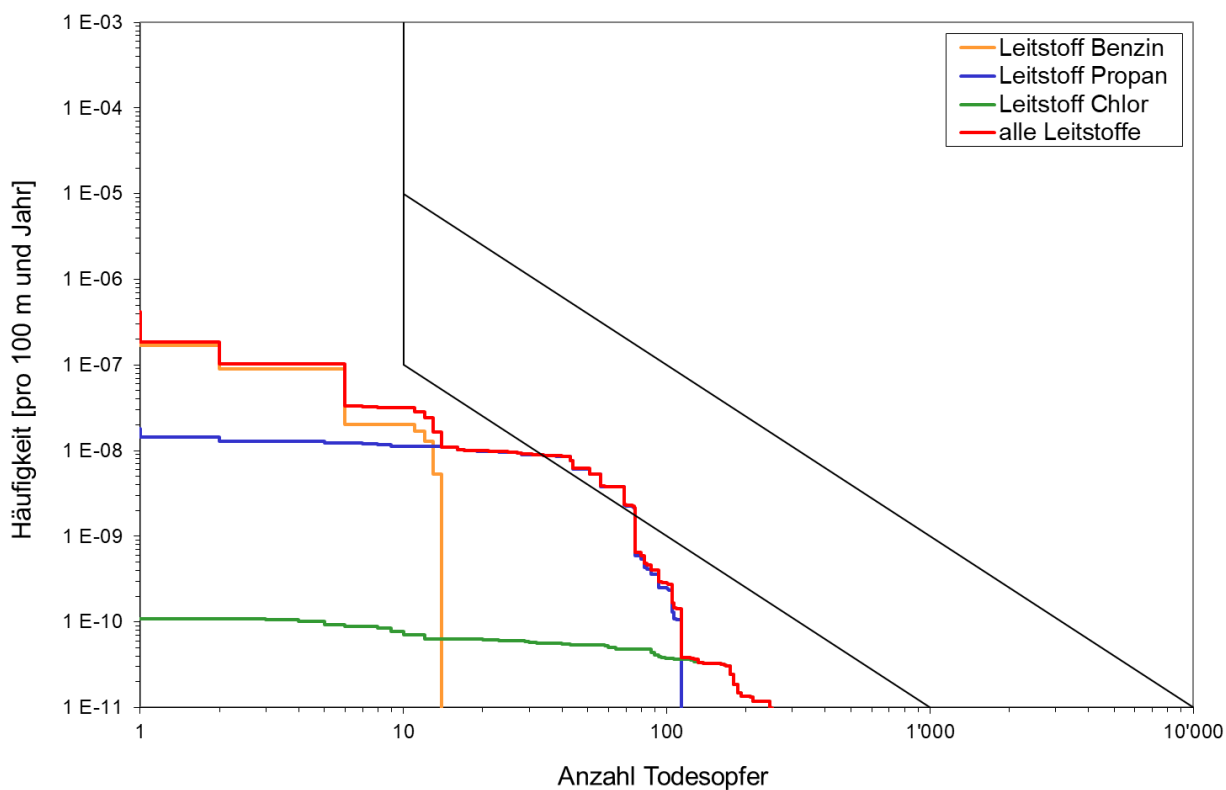


Figura 4.5 Diagramma P/C per la situazione attuale - Subelementi 472, 482, 492, 502 (screening 2023)

La curva dei rischi calcolata durante l'aggiornamento dello screening nel 2023, si situa nell'area accettabile per l'intero segmento X173, mentre per i subelementi a ridosso del comparto di Piazza Indipendenza si colloca nella parte bassa dell'area di transizione.

4.4.2 Situazione futura con progetto, stazione Piazza Indipendenza e terzo binario

I diagrammi P/C della situazione futura per il segmento X173 et per i subelementi 472, 482, 492 e 502 sono presentati nelle figure seguenti.

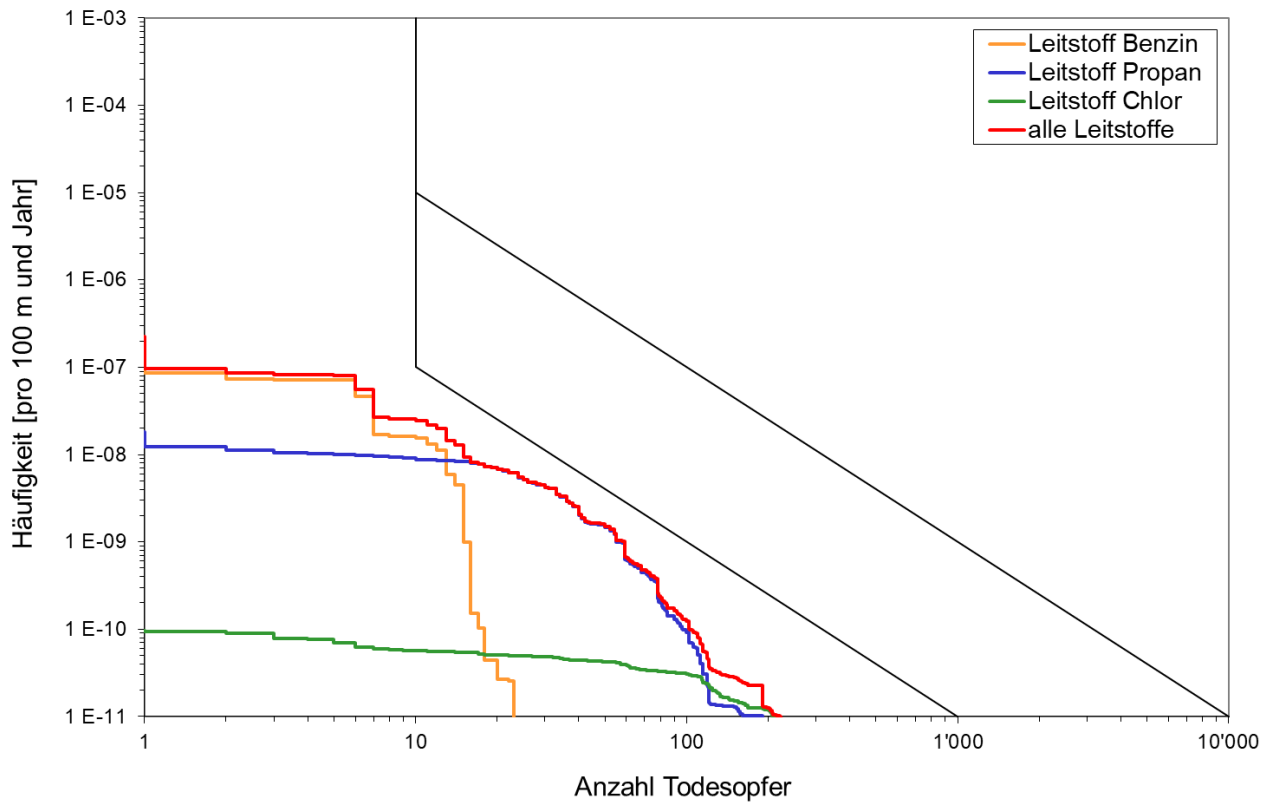


Figura 4.6 Diagramma P/C per la situazione futura – Segmento X173

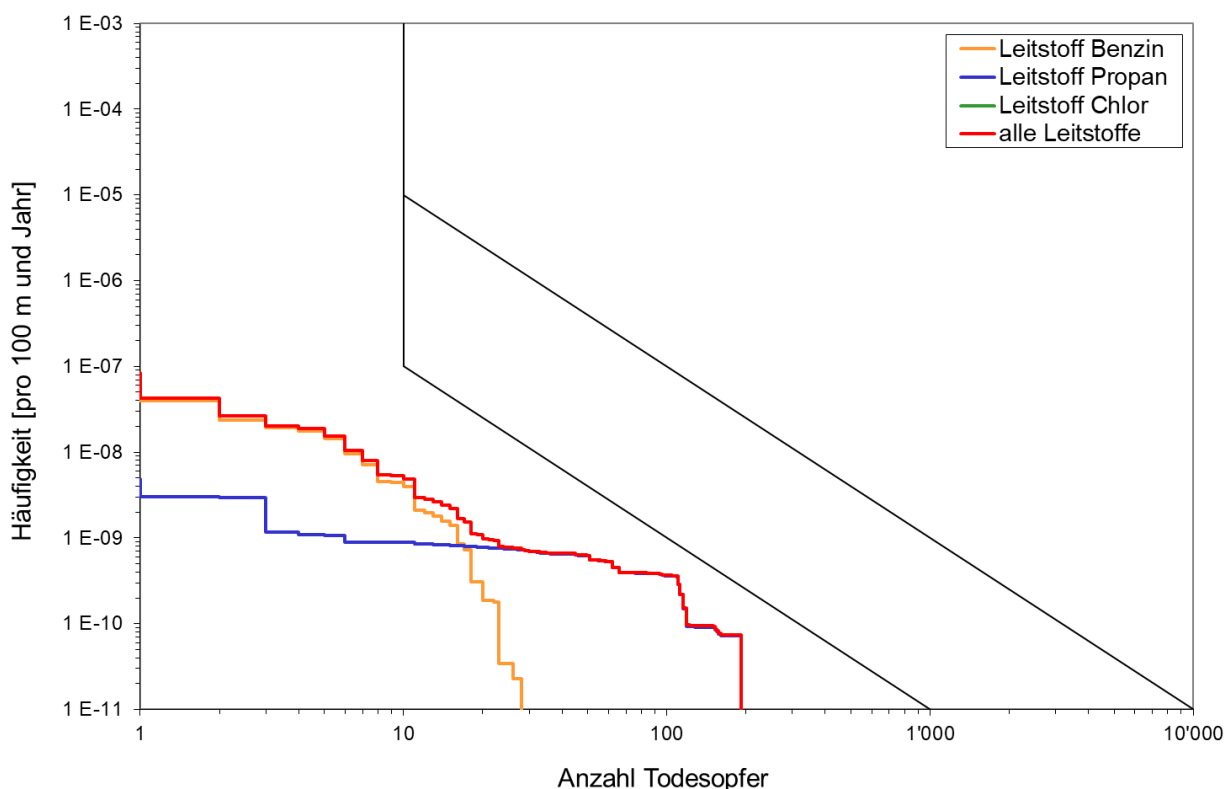


Figura 4.7 Diagramma P/C per la situazione futura - Subelementi 472, 482, 492, 502

Per quanto riguarda i rischi calcolati per tutto il segmento X173, la curva subisce qualche variazione dovuta all'aumento della popolazione nell'area della variante, all'aumento dei passeggeri in transito con la realizzazione del terzo binario, ma soprattutto allo spostamento degli scambi lungo il tracciato. Ciononostante, rimane interamente compresa nell'area dei rischi accettabili.

La curva del rischio futuro, calcolata per i subelementi a ridosso del comparto di Piazza Indipendenza, permette un'analisi più dettagliata dell'evoluzione del rischio dovuto alla variante di PR. La figura 4.7 mostra che con la variante, la futura stazione ed il terzo binario, il livello del rischio si abbassa e si situa interamente nell'area accettabile.

La situazione futura è influenzata principalmente dallo spostamento degli scambi previsto nell'ambito della costruzione del terzo binario tra Giubiasco e Bellinzona e della stazione di Piazza Indipendenza. La soppressione degli scambi attualmente presenti nei pressi della futura stazione riduce consistentemente la probabilità di accadimento di un incidente in quanto la frequenza di deragliamento laddove non vi sono scambi è considerata molto bassa.

5 Conclusioni e Raccomandazioni

La città di Bellinzona propone una variante di piano regolatore per pianificare il comparto nei pressi della futura fermata FFS Piazza Indipendenza. Il perimetro si situa all'interno dell'area di coordinamento della linea ferroviaria Immensee – Bellinzona- Chiasso, soggetta all'OPIR per le importanti quantità di merci pericolose che vi transitano. Per questa ragione, la significatività del rischio è stata dapprima comprovata e un'analisi dei rischi è stata effettuata tenendo conto di diversi parametri (aumento della popolazione, nuova stazione, modifiche sull'infrastruttura ferroviaria, aumento del traffico merci, aumento del traffico viaggiatori).

Attenendoci a quanto prescritto nell'aiuto alla pianificazione [4] e nel documento sulle misure di protezione [7], essendo il rischio significativo con l'introduzione della prevista variante di PR, delle misure di protezione semplici dovranno essere integrate al progetto in fase di domanda di costruzione.

L'analisi dei rischi effettuata secondo il metodo dello screening ha dimostrato che il rischio globale sul segmento X173 rimane nell'area dei rischi accettabili nonostante il progetto. A ridosso dell'area di variante, il rischio diminuisce e si inserisce interamente nell'area dei rischi accettabili.

Malgrado l'aumento della popolazione nei pressi della futura stazione di Piazza Indipendenza e la costruzione della stazione stessa con l'affluenza di viaggiatori sulle banchine, producano un aumento delle potenziali vittime, lo spostamento degli scambi esistenti verso Giubiasco comporta la riduzione della probabilità di accadimento di un incidente rilevante a ridosso del progetto (subelementi 472, 482, 492 e 502).

Considerato che il rischio calcolato per la situazione futura con progetto, per l'intero segmento ma soprattutto per i subelementi a ridosso dell'area di variante, non oltrepassa il primo quarto dell'area di coordinamento, il rischio può essere considerato accettabile applicando le misure di protezione semplici presentate in [7].

Un'attenzione particolare sarà però portata ai contenuti scolastici, considerati sensibili, che saranno preferibilmente inseriti ad una distanza di 20 metri dai binari e per i quali è possibile che vengano richieste dalle autorità misure di protezione aggiuntive.

Alcune misure di protezione semplici, da considerare in **fase di progettazione**, sono elencate di seguito:

- Evitare l'insediamento di popolazione con capacità di auto-salvataggio ridotte a ridosso dei binari (asili nido, case anziani, appartamenti protetti, ecc.). Nel caso fossero comunque previsti contenuti sensibili, prevederli ad oltre 20 metri dai binari;
- Favorire i contenuti scolastici ad una distanza superiore a 20 metri dai binari (fuori dalla zona con effetti pertinenti secondo [7]);
- Orientare il quartiere nel senso opposto ai binari (camminamenti, entrate degli edifici, balconi, ecc.);
- Prevedere vie di fuga che offrano una buona protezione contro flussi di calore elevati provenienti dall'impianto ferroviario e che permettano di evacuare gli edifici sul lato opposto alla ferrovia (evitare che le vie di fuga orizzontali si situino lato binari). Favorire le entrate normali degli edifici quali vie di fuga;
- Limitare le superfici vetrate allo stretto necessario sulle facciate esposte ai binari. Evitare le facciate interamente vetrate. Le facciate degli edifici con contenuti sensibili (scuola), dovranno essere rafforzate con ulteriori misure se esposte ai binari;
- Concepire le prese d'aria per la ventilazione / climatizzazione il più lontano possibile dalla ferrovia.

A **livello pianificatorio** dovrà essere specificato che:

Nelle zone edificabili e per edifici esposti ad incidenti rilevanti devono essere osservate prescrizioni imposte dal diritto federale, in particolare le disposizioni dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR). Le domande di costruzione dovranno dimostrare di aver debitamente considerato le necessarie misure atte a ridurre il grado di rischio in relazione alla protezione dagli incidenti rilevanti.

6 Impressum

Lugano, il 15.10.2025

CSD INGEENERI SA



Simona Piubellini
(Resp. Divisione Ambiente)



Matilde Ribolzi
(Capoprogetto)

7 Premesse

CSD conferma con la presente di avere eseguito il suo mandato con la diligenza richiesta. I risultati e le conclusioni sono stati ottenuti secondo le regole riconosciute del settore e sono basati sullo stato delle conoscenze nel rapporto.

CSD presuppone che:

- ◆ il committente, o i terzi da lui designati, le hanno fornito informazioni e documenti esatti e completi per l'esecuzione del mandato,
- ◆ i risultati del suo lavoro non saranno utilizzati in modo parziale,
- ◆ i risultati del suo lavoro non saranno utilizzati per uno scopo diverso da quello convenuto o per un altro oggetto, né saranno trasposti a circostanze modificate, senza essere stati riesaminati.

In caso contrario, CSD declina esplicitamente ogni responsabilità verso il committente per i danni che ne potrebbero derivare.

Se un terzo utilizza i risultati del lavoro o se si basa su questi per prendere decisioni, è esclusa ogni responsabilità per i danni diretti e indiretti che ne potrebbero derivare.

Allegato A Raggi di impatto per i subelementi 472, 482, 492 e 502

