

**LINEA FERROVIARIA DELLA VALLE CAMONICA
PROLUNGAMENTO DA EDOLO A PONTE DI LEGNO
ED EVENTUALE ESTENSIONE IN TRENTINO**
Studio di Prefattibilità

INTRODUZIONE

Lo Studio si inquadra nella iniziativa della Comunità Montana della Valle Camonica per

elaborazione di una ipotesi di razionalizzazione dei mezzi di trasporto pubblico della Valle Camonica, degli orari, e di rifunzionalizzazione delle strutture connesse (stazioni ferroviarie e centri intermodali);

valutazione di possibili scenari di trasporto ferroviario intervallivo a nord, e verso le città a sud;

ideazione di una filiera dell'idrogeno in Valle Camonica (dalla produzione al consumo) quale progetto strategico che costituisca riferimento emblematico per i territori di montagna;

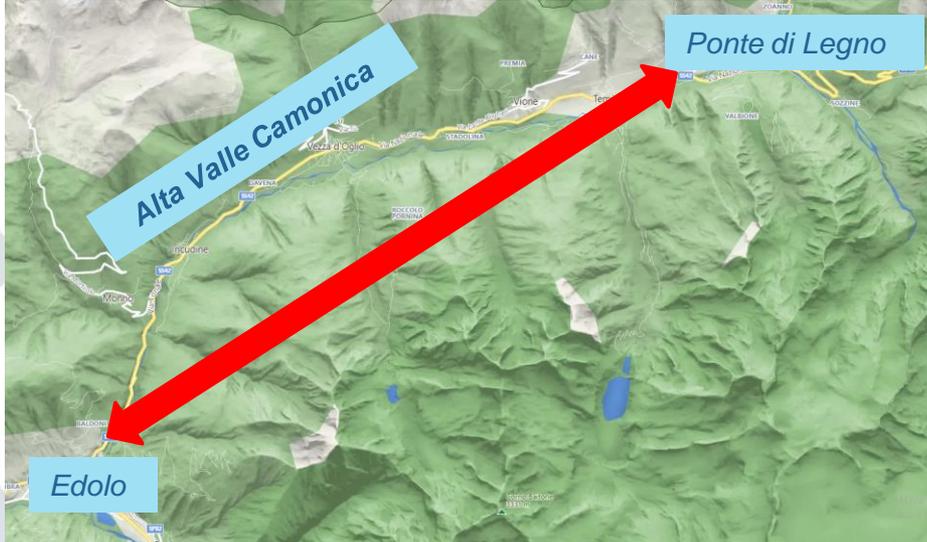
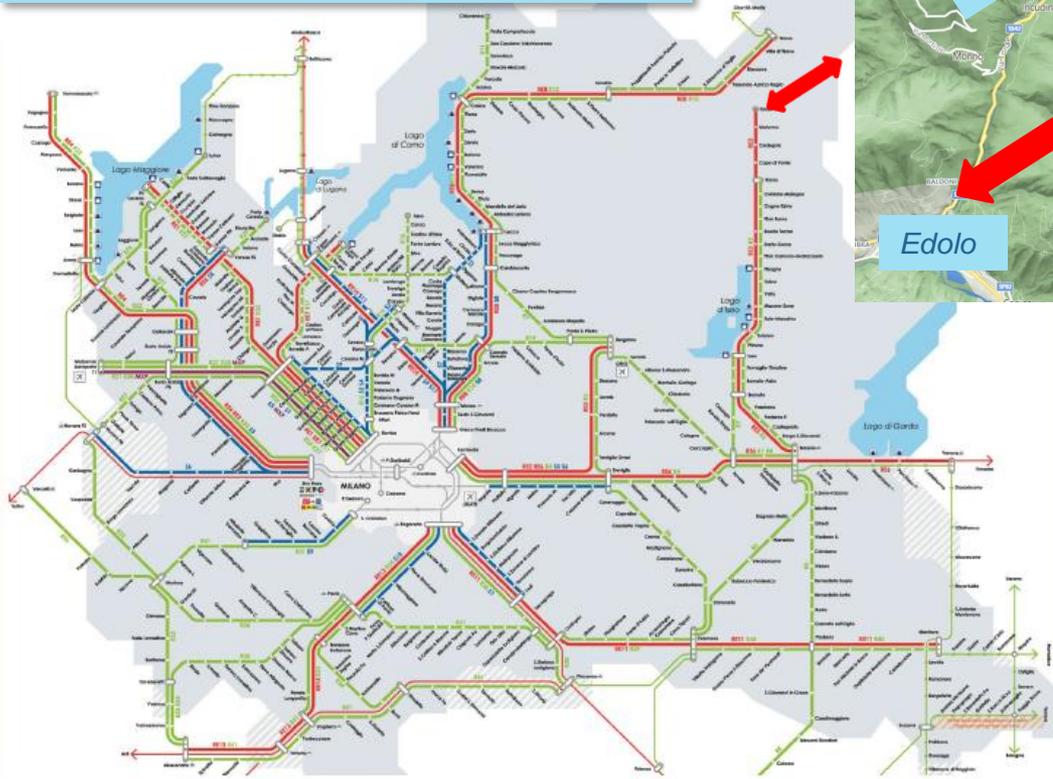
con riferimento principalmente al secondo obiettivo attraverso *«la valutazione di possibili scenari di trasporto ferroviario intervallivo a nord verso Trento, e a sud verso Brescia, Bergamo Orio al Serio, Milano»* della linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo, nello specifico:

- (1) un nuovo tratto di linea lungo l'Alta Valle Camonica da Edolo a Ponte di Legno,
- (2) un'eventuale estensione verso l'alta Val di Sole (TN), oltre il Passo del Tonale, per un servizio passeggeri prevalentemente turistico, estivo e invernale, ma anche potenzialmente (lo Studio non prevede un'analisi del traffico) di tipo pendolare su Milano nello scenario (1) e su Trento in quello (2).

Lo Studio fa anche indirettamente riferimento al terzo obiettivo attraverso *«l'ipotesi dell'alimentazione a idrogeno dei treni operanti sulla linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo»*, in alternativa all'elettrificazione della stessa, quale anello terminale di una *«filiera di produzione e consumo di idrogeno verde in Valle Camonica»* («Hydrogen Valley»).

LOCALIZZAZIONE

Schema rete ferroviaria Regione Lombardia



STATO DI FATTO

LINEA EDOLO-BRESCIA (e raccordo ROVATO-BORNATO CALINO)

LINEA EDOLO-BRESCIA

- **Proprietario/Gestore:** Ferrovie Nord/Trenord
- **Lunghezza:** circa 103 km (lunghezza max gallerie (2) circa 500m)
- **Scartamento:** Standard (1.435 mm)
- **Trazione:** Diesel
- **N. Binari:** 1
- **Armamento:** rotaie da 50 kg/m su traverse cls e ballast
- **Pendenza max:** 2,6%
- **Raggio planimetrico minimo:** 225 m
- **Numero stazioni+fermate:** 31 (19+12)
- **N. treni/giorno per direzione:** 26 di cui 8 a Edolo
- **Materiale rotabile:** 8 Aln 668 Fiat / 2 ATR 220 Pesa / 8 ATR 125 + 2 ATR 225 Stadler
- **Passaggi a livello:** n.112
- **Sistema di esercizio:** D.C.O. (Dirigente Centrale Operativo / Iseo)
- **Impianto segnalamento/Regime circolazione:** S.S.C./B.C.A. (Blocco Conta Assi)



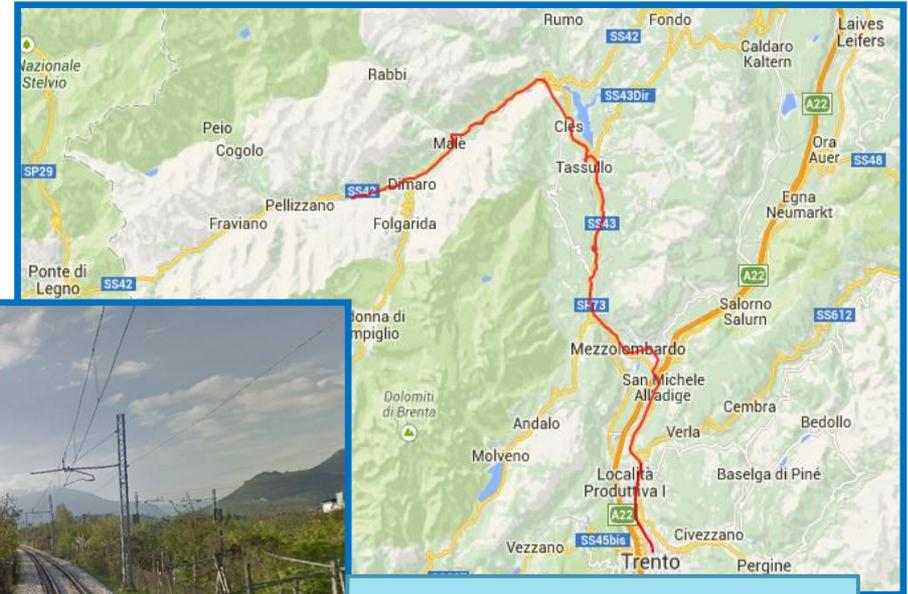
RACCORDO BORNATO-ROVATO

- **Proprietario/Gestore:** Ferrovie Nord/Trenord
- **Scartamento:** Standard (1.435 mm)
- **Trazione:** Diesel
- **Lunghezza:** circa 5,7 km
- **N. Binari:** 1
- **Pendenza max:** 1,1%
- **Numero stazioni+fermate:** 4 (2+2)
- **Operatività:** servizio passeggeri (con trasbordo a Rovato) sospeso e sostituito con alcune coppie di corse bus Iseo-Rovato
- **N. treni/giorno per direzione:** 8 (dal 2010 al 2018)

STATO DI FATTO

LINEA TRENTO-MALÈ-MEZZANA

Proprietario/Gestore: Trentino Trasporti
Lunghezza: circa 66 km (di cui in galleria: 4,7 km / 12 gallerie)
Scartamento: Metrico (1.000 mm)
Trazione: Elettrica (3.000 V)
N. Binari: 1
Armamento: rotaie da 50 kg/m su traverse cls e ballast
Velocità max: 90 km/h
Pendenza max: 5,0%
Raggio planimetrico minimo: 80 m
Numero stazioni+fermate: 38
N.treni/giorno per direzione: 12 (fino Mezzana)
Materiale rotabile: 14 ETi 400 Alstom / 4 E/86 Ansaldo
Passaggi a livello: n.18
Sistema di esercizio: D.C.O. / Trento
Impianto segnalamento: B.A. / A.C.S. e A.T.P.



*Binario misto a 3 rotaie
(scartamento standard e metrico)
nel tratto in prossimità di Trento*



STATO DI FATTO

COLLEGAMENTO STRADALE / SERVIZIO AUTOBUS

S.S. n.42 del Tonale (gestione Province Brescia/Trento, 2 corsie monodirezionali)

LOCALITÀ	DISTANZA	PENDENZA MEDIA	PENDENZA MASSIMA
Edolo (700m s.l.m.)			
	19,3 km	2,8%	6-7%
Ponte di Legno (1.250m s.l.m.)			
	10,7 km	5,9%	8-9%
Passo del Tonale (1.880m s.l.m.)			
	11,6 km	5,3%	8-9%
Vermiglio (1.260m s.l.m.)			
	9,7 km	3,3%	7-8%
Mezzana (940m s.l.m.)			

Linee Autobus Extraurbane (soc. Arriva / Trentino Trasporti):
(tempo di viaggio Edolo-Ponte di Legno 30 min)

CODICE	PERCORSO	FREQUENZA
BS1	Sesto S.Giovanni-Aerop. Orio-Ponte di Legno	3 corse/g
BS2	Edolo-Ponte di Legno	13 corse/g
BS2	Ponte di Legno-Passo Tonale	4 corse/g
B646	Mezzana-Fucine (Ossana)	9/16 corse/g (est./inv.)
B646	Fucine (Ossana)-Passo Tonale	11/9 corse/g (est./inv.)



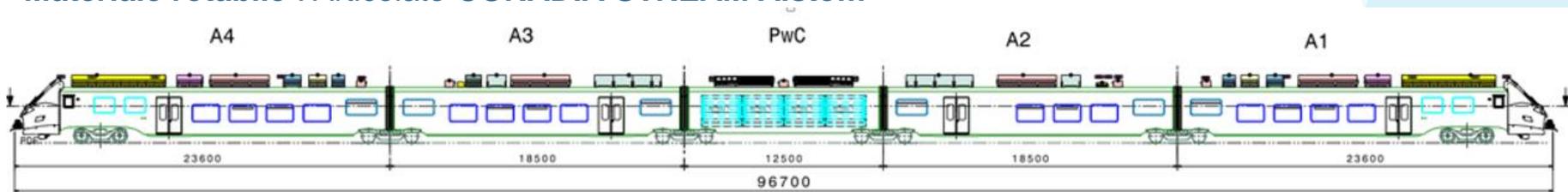
SCENARIO 1

NUOVA LINEA DA EDOLO A PONTE DI LEGNO

Scenario 1 - prevede per la **nuova linea ferroviaria Edolo-Ponte di Legno** (attraverso i comuni intermedi di Incudine, Vezza d'Oglio, Vione, Temù), le seguenti caratteristiche tecniche:

- Scartamento standard (1435mm) (eventuale doppio scartamento 1435mm e 1000mm nella stazione di Ponte di Legno di interscambio, nel caso di prolungamento in Trentino)
- Binario singolo
- Armamento: rotaie da 60 kg/m (anziché 50 kg/m) su traverse in cls
- Pendenza max 3,5%
- Raggio planimetrico min 200 m
- Sezione galleria 58 mq
- Sistema di trazione: idrogeno

Materiale rotabile : Articolato **CORADIA STREAM** Alstom



- Lunghezza totale 96,7m (5 unità), così composta:
 - A1, A4 (unità di testa): 23,6 m
 - PwC (unità centrale contenente celle a idrogeno / batterie / serbatoi) 12,5 m
 - A2, A3 (unità intermedie): 18,5 m
- Posti a sedere / in piedi: circa 260 / circa 250
- Raggio di curvatura minimo in linea 150m
- Pendenza max 4,0%
- Carrelli di estremità (2) motorizzati
- Velocità max 140km/h
- Potenza 1170 MW
- Peso assiale massimo 18 t / Peso totale massimo, a pieno carico (2 assi/carrello) 216 t
- Consumo specifico (idrogeno) 0,40-0,48 kg/km.
- Autonomia 550 km - 600 km
- Tempo di ricarica completa serbatoi idrogeno 40 minuti

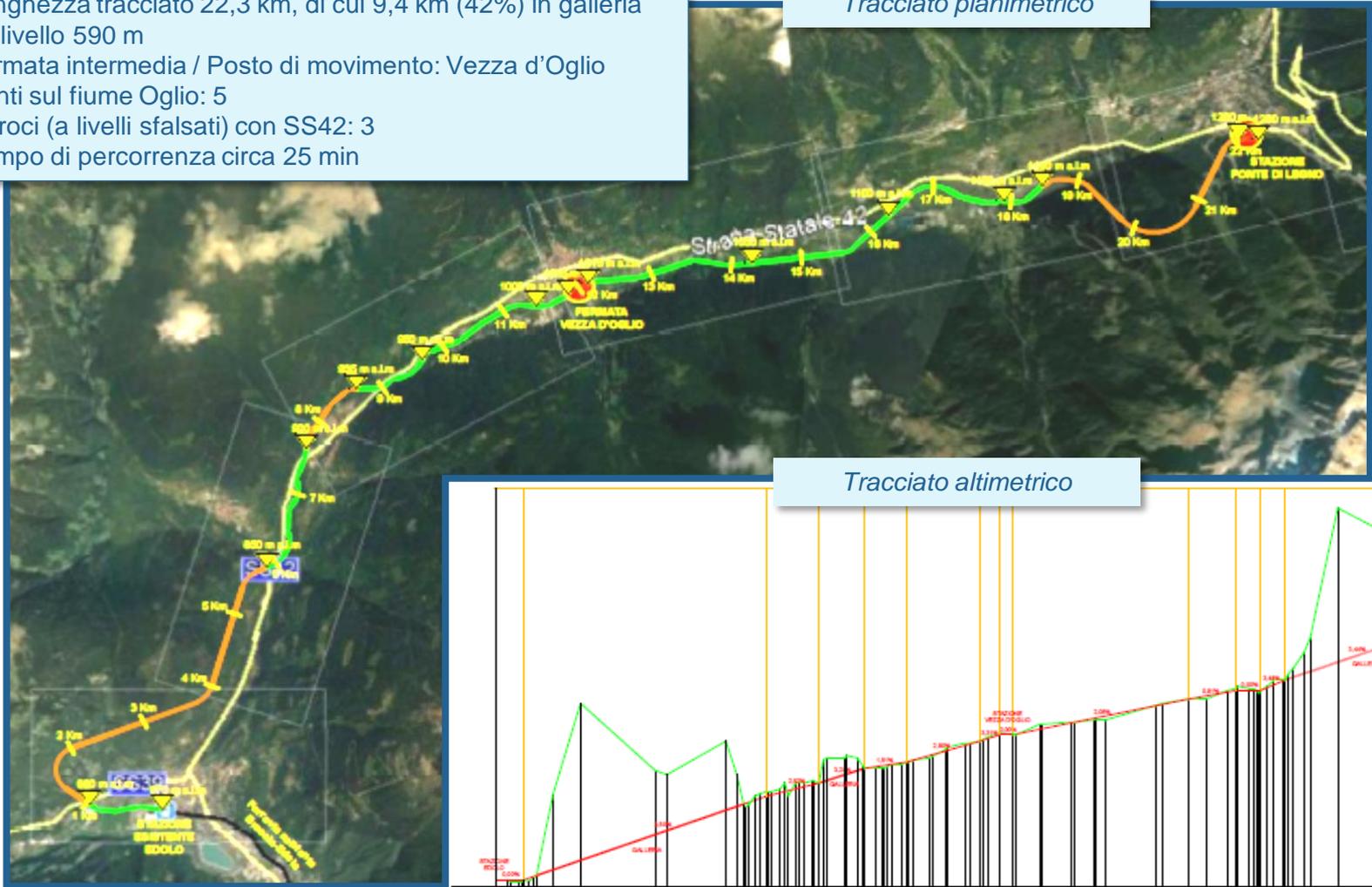
(fonte Alstom)

SCENARIO 1

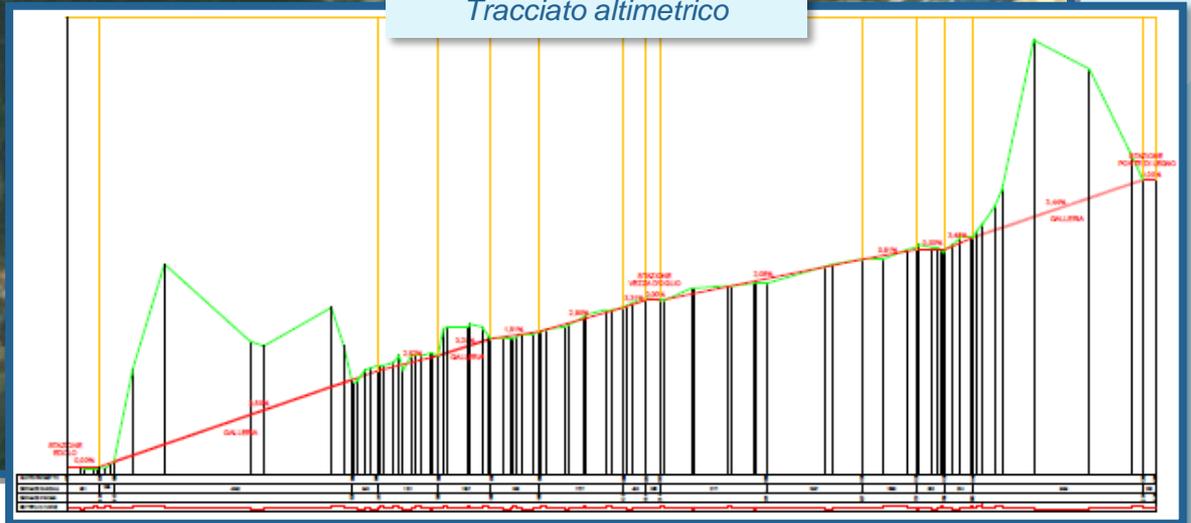
NUOVA LINEA DA EDOLO A PONTE DI LEGNO

- Lunghezza tracciato 22,3 km, di cui 9,4 km (42%) in galleria
- Dislivello 590 m
- Fermata intermedia / Posto di movimento: Vezza d'Oglio
- Ponti sul fiume Oglio: 5
- Incroci (a livelli sfalsati) con SS42: 3
- Tempo di percorrenza circa 25 min

Tracciato planimetrico



Tracciato altimetrico



SCENARIO 2

ESTENSIONE NUOVA LINEA IN TRENTINO - VAL DI SOLE

Scenario 2 - comprende **4 alternative** ottenute combinando le tipologie di scartamento (standard / metrico) e di sistema di trazione (idrogeno / elettrico) con 2 alternative di tracciato, cioè:

- prosecuzione da Ponte di Legno attraverso la Val Sozzine fino all'imbocco della galleria del Tonale (**Scenari 2A, 2C**),
- in prosecuzione diretta da Ponte di Legno verso l'imbocco della galleria del Tonale (**Scenari 2B, 2D**), in entrambi i casi superando il passo del Tonale in galleria con pendenza pressoché orizzontale.

SCENARIO (VARIANTI)	ITINERARIO	QUOTE ACCESSI TUNNEL	TRAZIONE TRENO	PARAMETRI TRACCIATO	CARATTERISTICHE	SERVIZIO
2A	Ponte di Legno – Val Sozzine – Stavel – Vermiglio – Ossana	Val Sozzine: circa 1.320 Stavel: circa 1.320 m	Idrogeno	Pendenza max 3,5% Raggio planimetrico > 200 m Sezione galleria 58 mq	Lunghezza tracciato 21,0 km, di cui 13,5 km (64%) in galleria. Dislivello 290 m. Fermata intermedia / Posto di movimento Vermiglio. Ponti Torrente Sozzine e Torrente Vermigliana Tempo di percorrenza 25-30 min	Trasbordo in Trentino
2B	Ponte di Legno – Stavel – Vermiglio – Ossana	Ponte di Legno: circa 1.245 m Stavel: circa 1.320 m	Idrogeno	Pendenza max 3,5% Raggio planimetrico > 200 m Sezione galleria 58 mq	Lunghezza tracciato 21,0 km, di cui 14,4 km (69%) in galleria. Dislivello 290 m. Fermata intermedia / Posto di movimento Vermiglio. Ponte Torrente Vermigliana Tempo di percorrenza 25-30 min	Trasbordo in Trentino
2C	Ponte di Legno – Val Sozzine – Stavel – Vermiglio – Ossana	Val Sozzine: circa 1.390 m Stavel: circa 1.320 m	Elettrica	Pendenza max 5,0% Raggio planimetrico > 100 m Sezione galleria 52 mq	Lunghezza tracciato 20,9 km, di cui 12,1 km (58%) in galleria. Dislivello 290 m. Fermata intermedia / Posto di movimento Vermiglio. Ponti Torrente Sozzine e Torrente Vermigliana Tempo di percorrenza 25-30 min	Trasbordo a Ponte di Legno
2D	Ponte di Legno – Stavel – Vermiglio – Ossana	Ponte di Legno: circa 1.245 m Stavel: circa 1.320 m	Elettrica	Pendenza max 5,0% Raggio planimetrico > 100 m Sezione galleria 52 mq	Lunghezza tracciato 203 km, di cui 13,2 km (65%) in galleria. Dislivello 290 m. Fermata intermedia / Posto di movimento Vermiglio. Ponte Torrente Vermigliana Tempo di percorrenza 25-30 min	Trasbordo a Ponte di Legno

SCENARIO 2

ESTENSIONE NUOVA LINEA IN TRENTINO – VAL DI SOLE

In Trentino il prolungamento della Ferrovia Trento-Malè a Marilleva è entrato in esercizio nel 2003, il prolungamento a Mezzana nel 2016. Il previsto ulteriore prolungamento fino a Fucine (frazione di Ossana) è in fase di studio (*fonte: sito web Trentino Trasporti*).

Nello **studio di pre-fattibilità** lo studio del tracciato è limitato al percorso **Ponte di Legno-Ossana**, senza considerare la tratta Ossana-Mezzana.

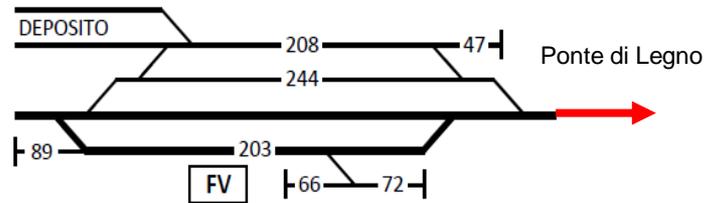
Tracciati planimetrici



STAZIONI / FERMATE

Le stazioni/fermate **sono individuate verificandone la fattibilità funzionale e tecnica**, senza approfondirne la collocazione che andrà studiata d'intesa con gli enti locali e richiederà ulteriori analisi degli aspetti di inserimento urbanistici ed ambientali.

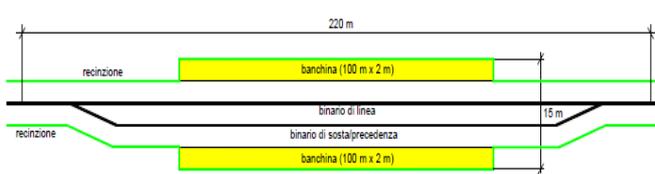
EDOLO



DIMENSIONI MINIME PER FERMATA FERROVIARIA



DIMENSIONI MINIME PER STAZIONE FERROVIARIA CON N.1 BINARIO DI SOSTA/PRECEDENZA



DIMENSIONI MINIME PER STAZIONE FERROVIARIA CON N.2 BINARIO DI SOSTA/PRECEDENZA



Ipotesi localizzativa a Vezza d'Oglio



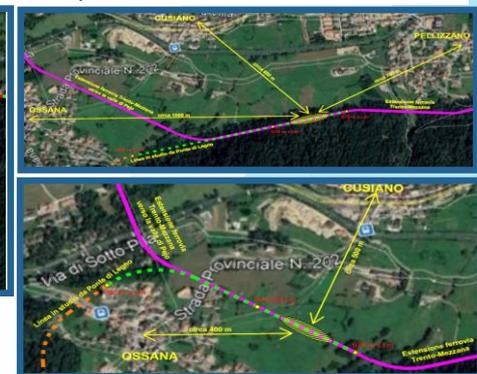
Ipotesi localizzativa a Ponte di Legno



Ipotesi localizzativa a Vermiglio



Ipotesi localizzative a Ossana



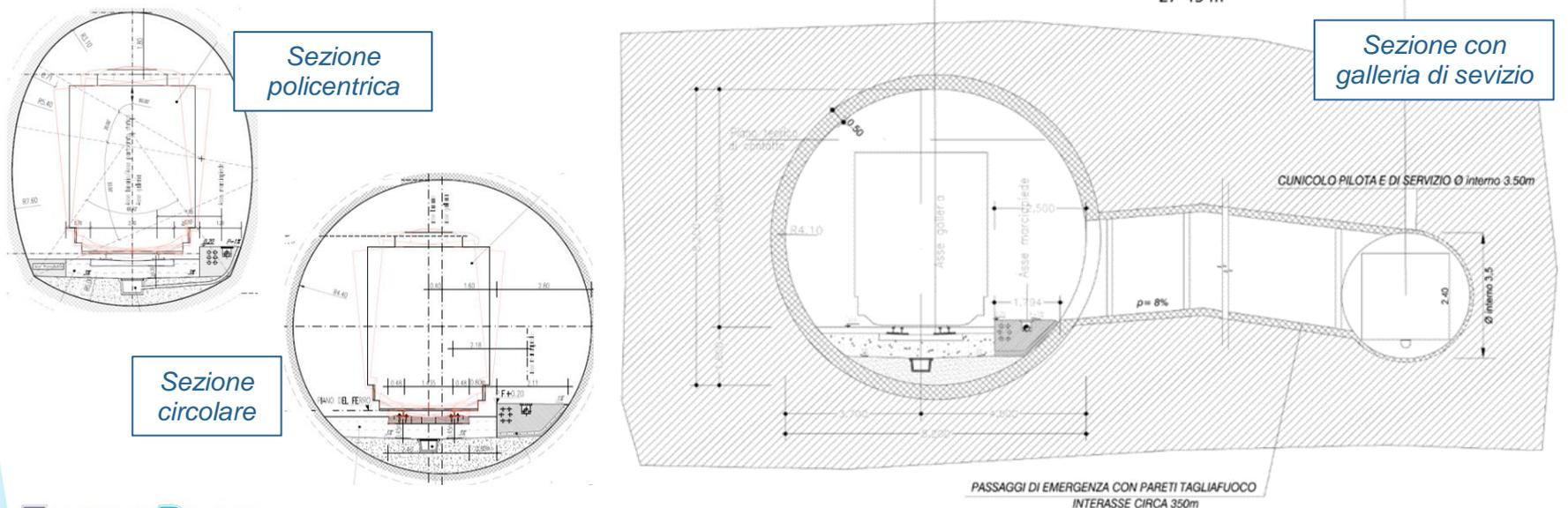
OPERE D'ARTE MAGGIORI - GALLERIE

I tracciati studiati **Scenario 1 e Scenario 2**, sono per tratte significative in galleria.

Sia la galleria Edolo-Incudine (Scenario 1), lunghezza 4,8km circa, che la galleria di base sotto il passo del Tonale (Scenario 2), lunghezza 10km circa, ricadono nella casistica dell'art. 1.3.5 del DM 28/10/2005 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie" che prevede "Per garantire l'esodo delle persone dovranno essere presenti idonee vie di uscita/accessi secondo le indicazioni seguenti: Gallerie a singola canna: finestre di accesso carrabili, ogni 4km circa".

Nel primo caso (la galleria potrà essere a sezione circolare o policentrica a seconda della tecnica di scavo adottata), potrà essere realizzato un accesso laterale carrabile alla galleria dalla SS42, mentre nel secondo caso (la maggiore lunghezza favorisce l'ipotesi dello scavo con fresa a sezione circolare) dovrà essere realizzata una galleria di servizio a fianco della galleria ferroviaria.

Sezioni tipo in galleria linea semplice binario scartamento standard



COSTI DI REALIZZAZIONE

La stima dei costi di realizzazione è **basata su costi parametrici applicati alle diverse quantità/tipologie di opera**, tratti da recenti realizzazioni e progetti di opere similari.

Tali importi devono in ogni caso considerarsi orientativi e soggetti a variazioni nelle successive fasi progettuali, in misura anche consistente, per effetto delle scelte che verranno concretamente adottate dai decisori pubblici.

Per lo **Scenario 1 (470 milioni di €)**, il costo della stazione di rifornimento idrogeno (Scenari 1, 2A e 2B) non è considerato, ipotizzando di usufruire della stazione di rifornimento prevista per la linea Brescia-Edolo.

COSTI DI COSTRUZIONE (milioni €)	
Opere civili	398
Armamento	24
Impianto sicurezza/segnalamento	31
Stazione di rifornimento idrogeno (marginale)	-
Impianto trazione elettrica	-
Posti di movimento	-
Stazione Capolinea/Direzione Centr. Oper.	17
TOTALE COSTO DI COSTRUZIONE	470

TRATTO EDOLO-PONTE D.L. SCENARIO 1	
	398
	24
	31
	-
	-
	-
	17
	470

TRATTO PONTE DI LEGNO-OSSANA			
SCENARIO 2A	SCENARIO 2B	SCENARIO 2C	SCENARIO 2D
480	503	411	431
25	25	22	22
30	30	29	29
-	-	-	-
-	-	22	22
4	4	4	4
-	-	-	-
539	563	489	508

Per lo **Scenario 2 (490-560 milioni di €)**, le alternative di scenario 2C e 2D a scartamento metrico e trazione elettrica hanno costo di costruzione inferiore alle alternative di scenario 2A e 2B, viceversa preferibili per continuità delle caratteristiche tecniche e del servizio con la linea Brescia-Edolo esistente.

PROSPETTIVE DI ESERCIZIO – NODO DI ROVATO

Ipotesi di esercizio nuova linea da Edolo a Ponte di Legno

- tempo di percorrenza stimato: circa 25 minuti
 - tempo di «giro» (ciclo andata-ritorno con soste ai capolinea): poco meno di 1 ora.
 - frequenza bioraria: delle corse sul percorso Brescia-Edolo 8 coppie di corse giornaliere
 - sosta attuale ai capilinea di Brescia e Edolo: complessivamente pari a 1 ora
- Il prolungamento delle corse da Edolo a Ponte di Legno sarebbe **sostanzialmente compatibile con il servizio attuale** mantenendone inalterata la frequenza, e quindi senza aggiungere materiale rotabile

Ipotesi di estensione del servizio verso Milano e verso Bergamo

L'uso della tratta **Bornato-Rovato** e l'**interscambio a Rovato** senza trasbordo, con l'inversione di marcia dei treni a Rovato (Figura 1) e il riassetto del nodo (Figura 2), renderebbero possibili:

- un servizio diretto da Ponte di Legno a Milano (percorso ferroviario 180km anziché 208km)
- un servizio diretto da Ponte di Legno a Bergamo (percorso ferroviario 145km anziché 173km) e in prospettiva all'aeroporto di Orio al Serio qualora raccordato alla linea Brescia-Bergamo.



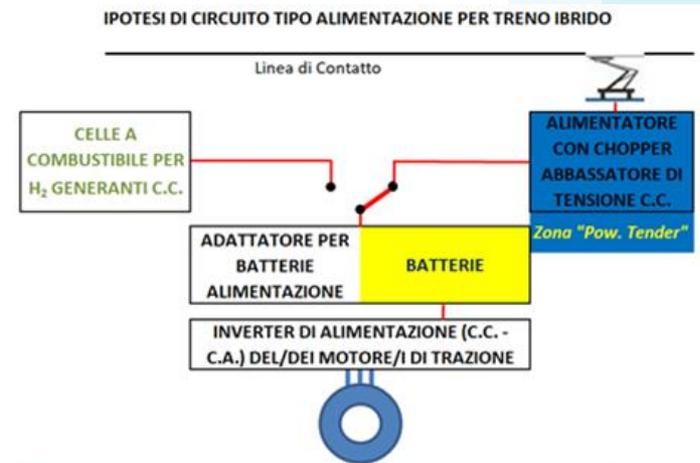
PROSPETTIVE DI ESERCIZIO – TRENO IBRIDO

L'estensione di alcune corse giornaliere con O/D Ponte di Legno da un lato e Milano o Bergamo dall'altro (via Bornato-Rovato), implicherebbe percorrenze significative aggiuntive su linee elettrificate. Sembra quindi **opportuno valutare la fattibilità di un treno "ibrido" o "bimodale" idrogeno-elettrico , e il relativo ciclo di utilizzo dell'idrogeno.**

La "catena energetica" di alimentazione del treno ad idrogeno è un processo avente un rendimento complessivo $0,20\div 0,27$ (da 1 kWh elettrico, via idrogeno, si otterrebbero circa $0,20\div 0,27$ kWh elettrici utili per far funzionare un motore elettrico di trazione) (*fonte Politecnico di Milano*).

L'accesso del treno a idrogeno all'alimentazione elettrica richiede che il treno sia dotato di pantografi di captazione della corrente dalla linea di contatto, e di una ulteriore fase intermedia del processo corrispondente al trasferimento dell'energia elettrica dal pantografo alle batterie del treno, effettuata tramite apposito dispositivo (abbassatore di tensione continua, detto anche "frazionatore o chopper").

Il rendimento complessivo del processo potrebbe essere dell'ordine di $0,6\div 0,7$ (da 1 kWh elettrico, si otterrebbero $0,6-0,7$ kWh elettrici utili, e un significativo risparmio energetico rispetto all'uso dell'idrogeno come combustibile di trazione). Nella figura è rappresentato lo schema di alimentazione delle batterie tramite pantografo a confronto con l'alimentazione tramite celle a idrogeno.

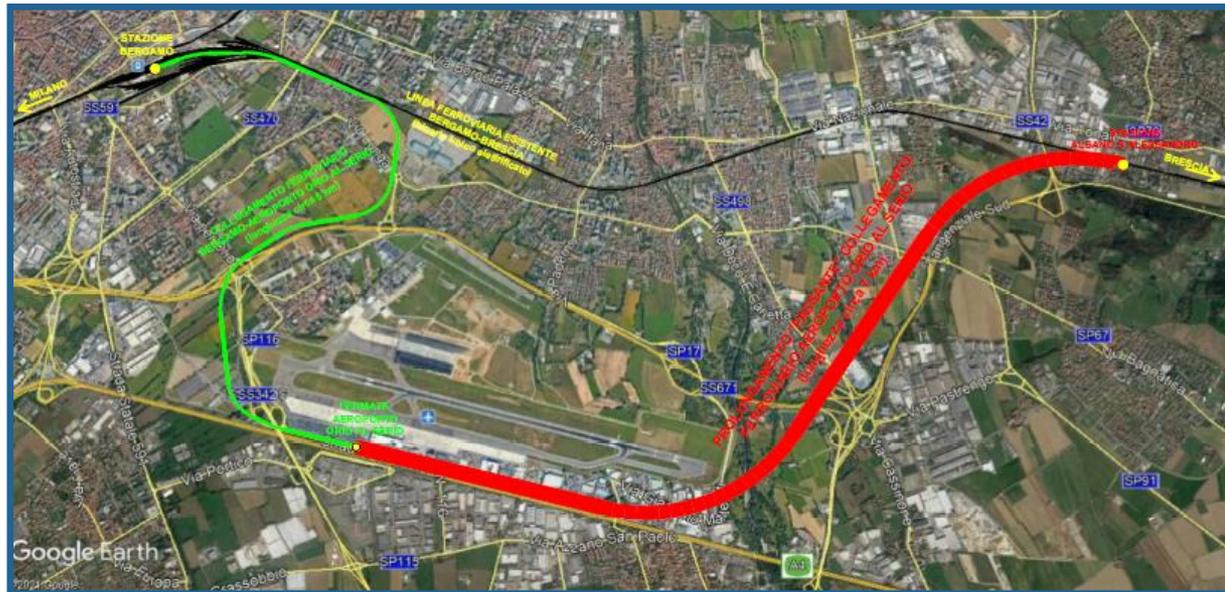


L'ipotesi di un treno "ibrido" o "bimodale" idrogeno-elettrico sembra quindi la soluzione più conveniente per l'impiego ottimale dei treni alimentati a idrogeno: peraltro tale soluzione è già allo studio non solo nel campo dei produttori di materiale rotabile, ma anche nel campo dei gestori delle reti e dei servizi.

COLLEGAMENTO AEROPORTO ORIO AL SERIO

Per migliorare le connessioni con l'aeroporto di Orio al Serio (BG), attualmente solo su gomma, è in corso un'analisi da parte di SACBO (società di gestione dell'aeroporto) di un collegamento ferroviario dell'aerostazione di Orio al Serio con la stazione di Bergamo dove si attestano le linee FNM Milano-Bergamo e Brescia-Bergamo (progetto RFI/Italferr, binario unico di circa 5 km, tracciato in verde nella figura).

Nella prospettiva di esercizio di un collegamento all'aeroporto anche dalla linea della Valle Camonica via Bornato-Rovato, peraltro giustificata dall'essere buona parte del traffico passeggeri gravitante sull'aeroporto con origine/destinazione nelle province di Brescia e Verona), potrebbe essere valutato anche un collegamento dell'aerostazione di Orio al Serio alla linea Bergamo-Rovato-Brescia a est dell'aeroporto (circa 7 km), evitando a tali passeggeri un trasbordo a Bergamo e/o una inversione di marcia del treno.



CONCLUSIONI

SCENARIO 1

- Prolungamento della linea Brescia- Edolo in Alta Valle Camonica fino a Ponte di Legno
- Tracciato di circa 22km fortemente condizionato dai parametri della pendenza massima longitudinale (3,5%) e del raggio delle curve planimetriche (> 200 m)
- Collocazione delle stazioni di Ponte e della fermata di Vezza d'Oglio (nonché degli attraversamenti del fiume Oglio e della SS42) da studiare d'intesa con gli enti locali
- Costo preliminare orientativo poco meno di 0,5 miliardi di € *

SCENARIO 2

- Ulteriore prolungamento verso il Trentino con varie opzioni di sottoattraversamento del Passo del Tonale e il percorso in Val di Sole fino a Ossana con alternative di scartamento e sistema di alimentazione dei treni
- Costo preliminare orientativo poco più di 0,5 miliardi di € *

* Costi orientativi e soggetti a variazioni nelle successive fasi progettuali, in misura anche consistente, per effetto delle scelte che verranno concretamente adottate dai decisori pubblici.

LA SOLUZIONE STUDIATA (SCENARIO 1) RISULTA IN LINEA CON GLI OBIETTIVI PREFISSATI:

- Miglioramento accessibilità Alta Valle Camonica
- Potenziamento servizio di trasporto pubblico
- Valorizzazione turistica del territorio e della sua immagine («*Green Valley*»)
- Ricerca di soluzioni di trasporto a basso / nullo impatto (treni ad idrogeno)
- Integrazione con reti di trasporto extraregionali (Trentino) nell'ambito delle «*Ferrovie Alpine*»
- Integrazione con linee / servizi e nodi di trasporto di valenza nazionale (asse Torino-Milano-Venezia-Trieste, aeroporto di Orio al Serio)

Grazie per l'attenzione!

Enrico Cantoni
TRANSPLAN Srl - Milano